

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

Vorwort

Karl-Heinz Otto, Ruhr-Universität Bochum

Im März 2015 fand im Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum (RUB) das HGD-Symposium mit dem Titel „Geographie und naturwissenschaftliche Bildung – Der Beitrag des Faches für Schule, Lernlabor und Hochschule“ statt. Es war das vierte HGD-Symposium, das das Geographische Institut der RUB ausrichten durfte.

Die ersten drei Bochumer HGD-Symposien, die allesamt von unserem verehrten Kollegen Herrn Prof. Dr. Eberhard Kross organisiert wurden, beschäftigten sich mit folgenden Themen:

- Geographische Strukturgitter (1978),
- Internationale Erziehung im Geographieunterricht (1991),
- Globales Lernen im Geographieunterricht – Erziehung zu einer nachhaltigen Entwicklung (2003).

In 2015, beim mittlerweile 21. HGD-Symposium, stand der thematische Schwerpunkt „Geographie und naturwissenschaftliche Bildung – Der Beitrag des Faches für Schule, Lernlabor und Hochschule“ im Fokus des wissenschaftlichen Diskurses.

Das den nationalen Bildungsstandards der DGfG (2014, S. 11) zu Grunde gelegte Basismodell des Gesamtsystems Mensch-Erde umfasst gleichberechtigt naturgeographische und humangeographische (Sub-)Systeme. „Naturwissenschaftliche Bildung macht natürliche Phänomene erfahrbar und verstehbar; sie setzt sich zugleich mit den spezifischen Methoden naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinander. Gesellschaftswissenschaftliche Bildung ermöglicht das Verständnis sozialer, politischer und wirtschaftlicher Ereignisse, Strukturen und Prozesse; sie umfasst auch die Beschäftigung mit gesellschaftswissenschaftlichen Methoden.“ (DGfG 2014, S. 5). Angesichts zentraler gesellschaftlicher Herausforderungen wie Klimawandel, Ressourcenkonflikte, Vulnerabilität und Resilienz kommt für die Entwicklung einer raumbezogenen Handlungskompetenz (DGfG 2014, S. 5) insbesondere den Interaktionen bzw. Überschneidungen dieser beiden (Sub-)Systeme auf verschiedenen Maßstabsebenen (von lokal bis global) eine zentrale Bedeutung zu.

Folgt man dem von Weichhart (2003) entwickelten „Drei-Säulen-Modell“, dann stellt die Auseinandersetzung mit der Interaktion von Gesellschaft und Umwelt ein eigenständiges Erkenntnisobjekt dar, welches durch spezifische Problem- und Fragestellungen gekennzeichnet ist, die weder in der Physischen Geographie noch in der Humangeographie untersucht werden. Zugleich wird in diesem

Modell aber auch die Eigenständigkeit von Humangeographie und Physiogeographie respektiert (GEBHARDT ET AL. 2011, S. 76).

Damit ist die Physische Geographie bzw. die naturwissenschaftliche Bildung sowohl aus der Sicht der Hochschuldisziplin Geographie als auch des Geographieunterrichts essentieller Bestandteil des Faches. Nicht zuletzt die von der Bildungspolitik in den 1970er Jahren eher zufällige und willkürliche Zuordnung des Schulfaches Geographie zum gesellschaftlichen Aufgabenfeld aber hat lange Zeit dazu geführt, die Diskussion über naturwissenschaftliche Bildung im Rahmen der Geographiedidaktik und des Schulfaches Geographie zu vernachlässigen. Das Symposium in Bochum hat sich bewusst dieses Desiderats angenommen und sich explizit mit dem Thema „Geographie und naturwissenschaftliche Bildung“ im wissenschaftlichen Diskurs auseinandergesetzt.

In den übrigen MINT-Fächern (vor allem in Biologie, Chemie und Physik) hat in den vergangenen Jahren eine intensive sowohl theoriegeleitete als auch unterrichtspraktische Diskussion um das Themenfeld naturwissenschaftliche Bildung stattgefunden. Das Symposium hat ausdrücklich über den eigenen „Tellerrand“ geschaut und die dort gewonnenen Erkenntnisse mit einbezogen.

An zahlreichen Hochschul-/Universitätsstandorten – so auch an der Ruhr-Universität Bochum – sind in den vergangenen Jahren bis heute mehr als 200 Lernlabore entstanden, in denen vielfältige naturwissenschaftlich ausgerichtete Unterrichtsmodulare für die MINT-Fächer angeboten werden. Deshalb wurde auf diesem Symposium auch das Potenzial von Lernlaboren insbesondere für den physiogeographisch/naturwissenschaftlich orientierten Geographieunterricht eingehend beleuchtet.

Insgesamt wurde das Thema „Geographie und naturwissenschaftliche Bildung“ also auf unterschiedlichen Ebenen und aus differenten Perspektiven diskutiert und kritisch reflektiert:

1. Die didaktische Theorieentwicklung in den MINT-Fächern hat neue Impulse und Ansätze hervorgebracht, die sich mit naturwissenschaftlicher Bildung auseinandersetzen.
2. Neu konzipierte physiogeographisch/naturwissenschaftlich ausgerichtete, kompetenzorientierte Module für den Geographieunterricht in der Schule und vor Ort wurden vorgestellt und didaktisch beleuchtet.
3. Die Potenziale von Lernlaboren, einerseits als Ort für geographiedidaktische Forschungen und andererseits als außerschulische Lernorte, standen darüber hinaus im Vordergrund.

Die zahlreichen Beiträge auf dem Bochumer Symposium haben einen breiten Bogen gespannt, der von theoretischen Ansätzen über didaktisch-konzeptionelle Beiträge bis hin zu empirischen Forschungsarbeiten reicht.

Danksagung

Karl-Heinz Otto, Ruhr-Universität Bochum

Das Geographische Institut und insbesondere der Arbeitsbereich Geographiedidaktik bedanken sich beim Vorstand des HGD für die Möglichkeit ein viertes Symposium auszurichten und dabei ein wichtiges Thema in den Fokus zu stellen und mit der Community erstmalig umfassend zu diskutieren.

Für die perfekte Ausrichtung und Organisation des 21. HGD-Symposiums möchte ich mich ausdrücklich bei dem Team der Geographiedidaktik des Geographischen Instituts der RUB bedanken, namentlich bei Dr. Klaus Jebbink, Dr. Klaus H. Jägersküpper, Jelena Deutscher, Sabrina Flake, Franziska Früh, Saskia Weitekamp, Corinna Durchfeld, Melanie Voss und Thomas Völkner.

Ohne die vielen langen und kurzen Arbeitssitzungen und die zahlreichen großen und kleinen Erledigungen, die das Team während der über einjährigen Vorbereitungszeit realisiert hat, wäre das Symposium sicherlich weniger erfolgreich verlaufen.

Bochum, im Juni 2016

Inhaltsverzeichnis

Teil 1: Theoretische Aspekte

Geographie und Scientific Literacy – Der Beitrag der Geographie zur naturwissenschaftlichen (Grund-)Bildung (Otto, K.-H.).....	1
Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Definitionen, Fakten (Labudde, P.).....	23
Ordnung muss sein! Wohin mit der Geographie im „System der Wissenschaften“? Eine disziplinhistorische Skizze (Schultz, H. D.)	41
Erfahrungsbasiertes Verstehen geowissenschaftlicher Phänomene – Wie mithilfe der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens typische Lernschwierigkeiten in geowissenschaftlichen Kontexten interpretiert und prognostiziert werden können (Felzmann, D.; Conrad, D.; Basten, T.).....	84
Der Einsatz experimenteller Arbeitsweisen zur Förderung geographischen Systemverständnisses bei Schüler/innen und Lehramtsstudierenden (Brockmüller, S.; Volz, D.; Siegmund, A.).....	104
Warum subjektive Erklärungen von geographischen Phänomenen Sinn machen – Ein Blick in die Denkprozesse eines Schülers (Reinfried, S.).....	124
Defizite beim Experimentieren – Welche Schwierigkeiten haben Lernende beim offenen Experimentieren im Geographieunterricht? (Peter, C.).....	139
Entwicklung einer Methodendatenbank für die naturwissenschaftliche Aus- und Weiterbildung im Bereich Outdoor Education (Lindau, A.-K.; Thürkow, D.; Jäger, K.; Dette, C.; Lindner, M.).....	155
Das Professionswissen von Lehramtsstudierenden zur Förderung von systemischem Denken im Unterricht – eine Interventionsstudie (Schuler, S.; Rosenkränzer, F.; Fanta, D.; Hörsch, C.; Rieß, W.).....	172
Mensch:Umwelt:System – Zur Einbettung naturwissenschaftlichen Lernens (Gryl, I.; Schlottmann, A.; Kanwischer, D.)	188

Teil 2: Von der Theorie zur Praxis: Versuche und Experimente für das Schülerlabor

KEMIE: Kinder erleben mit ihren Eltern Chemie – Theoretischer Hintergrund, Konzept und Evaluation eines etablierten Lernarrangements für Kinder und ihre Eltern im Alfred Krupp-Schülerlabor der Ruhr-Universität Bochum (Sommer, K.; Russek, A.; Kleinhorst, H.; Kakoschke, A.; Efing, N.)	206
Stadtklima im Schülerlabor (Schult, C.).....	222
Quellwasser und Trinkwasserqualität – Entstehung von Quellen, Schüttungsverhalten und Wasserqualität (Reinfried, S.).....	235
„Biogas“ im geographischen Lehr-Lernlabor (Mönter, L.; Lütje, S.; Schlitt, M.) .	239
Experiment zur Schneebrettlawine (Rempfler, A.)	253
Das GeoWindow, ein innovatives Unterrichtsmedium (Faller, M.; Falk, G.).....	258
„Kannst du mir das Wasser reichen?“ – Kompetenzorientierter Geographieunterricht durch den Einsatz eines Hochwasser- und Überschwemmungsmodells (Weitekamp, S.; Früh, F.)	263



Teil 1: Theoretische Aspekte

Geographie und Scientific Literacy – Der Beitrag der Geographie zur naturwissenschaftlichen (Grund-)Bildung

von Karl-Heinz Otto, Ruhr-Universität Bochum

Abstract

Zahlreiche Geographische Institute an deutschen Universitäten und Hochschulen gehören heute geowissenschaftlichen und/oder naturwissenschaftlichen Fakultäten an (z. B. Justus-Liebig-Universität Gießen). Oftmals sind sie sogar in Gebäudekomplexen gemeinsam mit anderen naturwissenschaftlichen Fächern wie Biologie, Chemie und Physik räumlich verortet (z. B. Ruhr-Universität Bochum). Andererseits gibt es Geographische Institute, die ganz oder teilweise sozial- bzw. gesellschaftswissenschaftlichen Fakultäten zugeordnet sind (z. B. Bergische Universität Wuppertal). Die augenscheinlich widersprüchliche Zuordnung zu unterschiedlichen Wissenschaftsbereichen ist für eine Hochschuldisziplin sicherlich ungewöhnlich, aber dennoch plausibel zu erklären, was im vorliegenden Beitrag erfolgt. Darüber hinaus wird in diesem Aufsatz aufgezeigt, weshalb das Schulfach Geographie – das von der Bildungspolitik in den 1970er Jahren eher zufällig dem gesellschaftlichen Aufgabenfeld zugeordnet wurde – ebenso gut den Naturwissenschaften und damit den heutigen MINT-Fächern hätte zugerechnet werden können und welchen spezifischen Beitrag es zur naturwissenschaftlichen (Grund-)Bildung (Scientific Literacy) beisteuert.

Schlagworte: Naturwissenschaftliche Bildung, Geographie als Schulfach, Geographie als Hochschuldisziplin, Scientific Literacy, Drei-Säulen-Modell, Brückenfach

0 Prolog

Die Frage was Geographie – als Wissenschaft, als Universitätsfach – ist, ist nicht einfach zu beantworten, weil es unterschiedliche Antworten darauf gibt (GEBHARDT ET AL. 2011A, S. 49):

„Was ist Geographie?“ Damit kann gemeint sein, ...

- (1) ... das Verständnis des Faches in den Fachdefinitionen und Selbstreflexionen von Geographen.
- (2) ... die Frage nach der institutionalisierten Geographie an Schulen und Hochschulen, nach Standorten Geographischer Institute, Lehrstühlen/Professuren, außeruniversitären Forschungs- und Bildungseinrichtungen.

(3) ... die Frage nach den Forschungs- und Lehrgegenständen an den Universitäten oder Schulen, den Themen, die in wissenschaftlichen Projekten bearbeitet, den Fragestellungen, die in Lehrveranstaltungen behandelt werden.

(4) ... was Geographen in ihrer beruflichen Praxis tun.

Aus diesen Antworten ergibt sich eine weitere Frage: „Was bedeutet dies wiederum für das Schulfach Geographie?“

1 Naturwissenschaftliche (Grund-)Bildung (Scientific Literacy)

Die Idee einer Naturwissenschaftlichen Bildung für alle Gesellschaftsmitglieder ist schon recht alt, denn bereits im Jahr 1847 hielt James Wilkinson einen Vortrag mit dem Thema: „Scientific for All“ (GRÄBER 2002, S. 8). Der Begriff „Scientific Literacy“ wurde hingegen erstmals 1952 von J. B. Cohen verwendet (vgl. COHEN/WATSON 1952). Seitdem sind zahlreiche Definitionen erarbeitet worden. In PISA wird naturwissenschaftliche (Grund-)Bildung wie folgt definiert (vgl. OECD 2007, S. 41f.):

- „Das naturwissenschaftliche Wissen einer Person und deren Fähigkeit, dieses Wissen anzuwenden, um Fragestellungen zu identifizieren, neue Erkenntnisse zu erwerben, naturwissenschaftliche Phänomene zu erklären und auf Beweisen basierende Schlüsse über naturwissenschaftliche Sachverhalte zu ziehen.
- Das Verständnis der charakteristischen Eigenschaften der Naturwissenschaften als eine Form menschlichen Wissens und Forschens.
- Die Fähigkeit zu erkennen, wie Naturwissenschaften und Technologien unsere materielle, intellektuelle und kulturelle Umgebung prägen.
- Die Bereitschaft, sich mit naturwissenschaftlichen Themen und Ideen als reflektierender Bürger auseinanderzusetzen.“

In der Scientific Community besteht weitgehend Konsens darüber, dass naturwissenschaftliche (Grund-)Bildung verschiedene fachliche Kompetenzen und Wissensformen einschließlich überfachlicher Kompetenzen wie beispielsweise Problemlöse-, Kooperations- und Reflexionsfähigkeit umfasst (vgl. LABUDE & MÖLLER 2012, S. 13). Darüber hinaus spielen aber auch affektive Komponenten wie Neugierde und Interesse an naturwissenschaftlichen Phänomenen und Prozessen eine wichtige Rolle (vgl. NORRIS & PHILIPPS 2003; OSBORNE & DILLON 2008). Im Rahmen naturwissenschaftlicher (Grund-)Bildung hat besonders die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung eine herausgehobene Bedeutung. Nicht zuletzt deshalb sehen die Bildungsstandards der MINT-Fächer (inklusive des Faches Geographie) hierfür eigenständige Kompetenzbereiche vor (vgl. KMK 2005a, b, c; DGrG 2014). In diesem Kontext hat das Experimentieren, das von Experten als die wichtigste empirische Methode der modernen Naturwissen-

schaften eingestuft und als „didaktischer Königsweg“ des naturwissenschaftlichen Arbeitens und Denkens beschrieben wird (vgl. PRENZEL & PARCHMANN 2003, S. 16), eine entsprechend herausragende Position. Und dies gilt ebenso für das Fach Geographie (vgl. FISCHER ET AL. 2003, S. 194f.; LETHMATE 2006, S. 4f.; MAYER/ZIEMEK 2006, S. 6f.; OTTO 2009, S. 5f.; FRISCHKNECHT-TOBLER/LABUDDE 2010, S. 134f.; OTTO ET AL. 2010, S. 140; MÖNTER/HOF 2012, S. 297) (s. u.).

Naturwissenschaftlicher Unterricht erfolgt in Deutschland in der Regel in den Fächern Biologie, Chemie, Geographie, Physik und Sachunterricht, darüber hinaus aber auch in anderen Fächern, wie beispielsweise Natur und Technik (Bayern) oder Naturphänomene (Baden-Württemberg). In anderen Staaten, etwa in der Schweiz oder Kanada, wurden zu diesem Zweck Integrationsfächer wie „Natur-Mensch-Mitwelt“ (ADAMINA & MÜLLER 2008) oder „Science-Technology-Society“ (SOLOMON & AIKENHEAD 1994) eingerichtet. Angesichts der Tatsache, dass in verschiedenen Bundesländern daran gedacht wird, „benachbarte“ Fachdidaktiken zu sogenannten „Bereichsdidaktiken“ zusammenzufassen, haben die Vorsitzenden der fachdidaktischer Fachgesellschaften schon frühzeitig eine eindeutige Position bezogen und festgestellt, dass

- „die Fachdidaktiken interdisziplinär angelegt sind;
- sie für die Kooperation in Hochschule und Schule immer aufgeschlossen waren und sind;
- jedoch die Bindung an ihre Bezugsdisziplinen unabdingbar ist“ (KVFF 1998, S. 27).

2 Geographie als Wissenschafts- bzw. Hochschuldisziplin

In der modernen Geographie haben sich verschiedene Traditionslinien getroffen, die vor allem mit dem Namen Alexander von Humboldts (1769-1859) und Carl Ritters (1779-1859) verknüpft sind (vgl. Beitrag von H. D. Schultz in diesem Band). Ersterer war primär Naturwissenschaftler, obwohl er als Humanist auch zu politischen und sozialen Fragen der damaligen Zeit Stellung nahm, Letzterer hat mit seiner Idee der Prägung der Erdoberfläche durch die Wechselwirkung zwischen Natur und Mensch oder der Suche nach Verbreitungsmustern und deren kausalen Ursachen ebenso grundlegende, bis heute gültige Konzepte und Denkweisen des Faches entwickelt und auf diesen Bausteinen das Gebäude der Geographie als eigenständige Wissenschaft mit errichtet. Zu bedeutenden Protagonisten der wissenschaftlichen Geographie entwickelten sich für die Physische Geographie insbesondere Ferdinand von Richthofen (1833-1905), für die Human- bzw. Anthropogeographie Friedrich Ratzel (1844-1904). Ersterer erwarb sich mit seinen Feldforschungen in China und seinem Werk „Führer für Forschungsreisende“ (1866) breites Ansehen auf dem Gebiet der empirischen Forschung, speziell in der Geomorphologie. Das zentrale Anliegen Ratzels war es, die Anthropogeogra-

phie mit der gleichen wissenschaftlichen Fundierung zu betreiben, wie dies die Physische Geographie in jener Zeit bereits tat (vgl. GEBHARDT ET AL. 2011a). Heute ist die Geographie eine Fachdisziplin „mit akkumulierten Paradigmen“ (LESER/SCHNEIDER-SLIWA 1999, S. 148) und einer großen Vielfalt an Fragestellungen, Forschungsansätzen und methodischen Zugriffen. Die Teilgebiete und die zentralen Teildisziplinen der Geographie sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Gliederung der Geographie in ihre Teilgebiete (fett) und Teildisziplinen (nach: BORSODORF 1999, S. 46; GEBHARDT ET AL. 2011b, S. X-XIII)

GEOGRAPHIE			
Allgemeine (bzw. thematische) Geographie		Regionale Geographie	
Physiogeographische Teildisziplinen	Humangeographische Teildisziplinen	Landschaftskunde	Länderkunde
<ul style="list-style-type: none"> ● Klimageographie ● Geomorphologie ● Bodengeographie ● Hydrogeographie ● Biogeographie ● Landschafts- und Stadtökologie 	<ul style="list-style-type: none"> ● Sozialgeographie ● Geographie des ländlichen Raumes ● Stadtgeographie ● Wirtschaftsgeographie ● Geographie des Handels und der Dienstleistungen ● Geographie der Freizeit und des Tourismus ● Verkehrsgeographie ● Politische Geographie ● Bevölkerungsgeographie ● Geographische Entwicklungsforschung ● Historische Geographie 	<ul style="list-style-type: none"> ● Geographie der Mittelgebirgslandschaften ● Geographie der Hochgebirge ● Geographie der Küstenlandschaften ● Geographie der tropischen Tiefländer ● Geographie der Mittelerrangebiete ● Geographie des Orients ● usw. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Landeskunde Tirols ● Landeskunde Österreichs ● Länderkunde Mitteleuropas ● Länderkunde Lateinamerikas ● usw.

Demnach gliedert sich das moderne System der Hochschulgeographie in die Allgemeine Geographie (auch Thematische Geographie), mit einem überwiegend nomologischen, d. h. auf allgemeine Gesetzmäßigkeiten gerichteten Erkenntnisinteresse sowie die Regionale Geographie mit einem überwiegend idiographischen, also auf die Erklärung individueller Sachverhalte gerichteten Erkenntnisinteresse. Beide „Geographien“ stehen in einem komplementären Verhältnis

zueinander. In der gegenwärtigen Praxis der modernen Geographie steht die Allgemeine Geographie allerdings im Vordergrund (vgl. u. a. BLOTEVOGEL 2002, S. 15). Während die Allgemeine Geographie in die physio- und humangeographischen Teildisziplinen untergliedert wird, umfasst die Regionale Geographie die Landschaftskunde und die Länderkunde.

Die naturwissenschaftliche Physiogeographie (auch Physische Geographie genannt) untersucht die Struktur und Dynamik unserer physischen Umwelt und der in ihr wirksamen Kräfte und ablaufenden Prozesse. Sie befasst sich mit verschiedenen Sphären der Erde (Geosphären) auf unterschiedlichen Maßstabsebenen. Dazu zählen Lithosphäre, Hydrosphäre und Kryosphäre, Pedosphäre sowie Atmosphäre. Neben diesen vorwiegend abiotisch geprägten Sphären tritt die biotisch bestimmte Biosphäre mit Flora und Fauna (vgl. Abb. 1). Die ursprüngliche strikte Abgrenzung der physiogeographischen Teildisziplinen untereinander ist heute allerdings teilweise aufgelöst. Dies ist insbesondere bei der von Carl Troll (1899-1975) begründeten Landschaftsökologie von essentieller Bedeutung, bei der gerade die Synthese im Mittelpunkt steht.

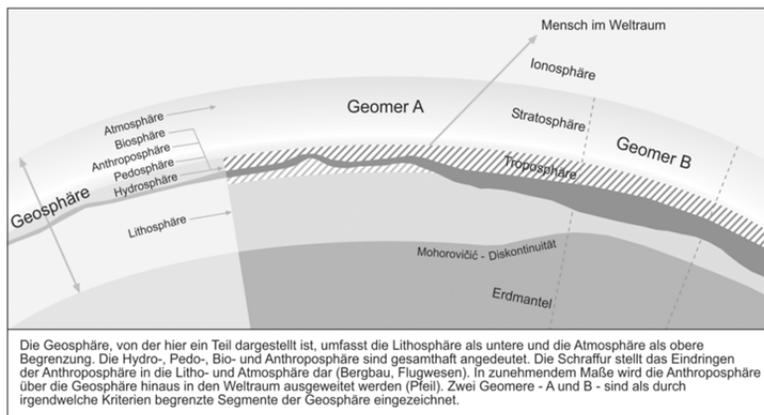


Abb. 1: Aufbau der Geosphäre (aus: BORSODORF 1999, S. 31; nach CAROL 1963, S. 23)

Die gesellschaftswissenschaftlich ausgerichtete Humangeographie (auch Anthropogeographie, Kulturgeographie oder Wirtschafts- und Sozialgeographie genannt) beschäftigt sich hingegen mit der Struktur und Dynamik von Kulturen, Gesellschaften, Ökonomien und der Raumbezogenheit des menschlichen Handelns. Im Verlaufe ihrer Entwicklung haben sich die Physische Geographie und die Humangeographie mehr und mehr zu eigenständigen Zweigen innerhalb der Fachdisziplin mit sehr unterschiedlichen Basiszugriffen, Fragestellungen und Methoden herausgebildet. Vielfach arbeiten beide Geographien bei der Lösung

von spezifischen Problemstellungen getrennt und unabhängig voneinander, bisweilen aber auch systemisch, integrativ miteinander (vgl. BLOTEVOGEL 2002, S. 15). „Angesichts der großen Bedeutung, die der physischen Umwelt als der natürlichen Grundlage menschlichen Lebens zukommt, und angesichts der Tatsache, dass diese Grundlage durch menschliche Eingriffe immer mehr in ihrer Funktionsfähigkeit gestört und bedroht ist, kommt einer Betrachtung der vielfältig vernetzten Zusammenhänge zweifellos eine herausgehobene Bedeutung zu. Diese übergreifende Betrachtungsweise kann man als den Kern der Geographie bezeichnen. Geographie ist jedoch nicht nur eine Form wissenschaftlicher Beschäftigung mit unserer sozialen und physischen Umwelt, sondern zugleich auch ein integraler Bestandteil im Leben jedes einzelnen Menschen. Sie kann dazu beitragen, unser Alltagsleben interessanter zu gestalten und unser Engagement für die Welt und die Menschen zu wecken bzw. zu steigern“ (vgl. DGfD 2016, S. 1 f.).

Auch die Regionale Geographie hat zwei große Richtungen, die durch ein unterschiedliches Erkenntnisinteresse gekennzeichnet ist. Der Länderkunde geht es jeweils um einen spezifischen Erdräum oder Landschaftsraum (etwa ein Stadtteil, ein Bundesland, eine individuelle Landschaft wie der Bayerische Wald). Dieser Raum wird auf seine Individualität in der Synthese aller Geofaktoren hin untersucht, d. h. idiographisch. Demgegenüber befasst sich die Landeskunde nicht mit Raumindividuen, sondern mit Raumtypen (etwa Hochgebirge, Küsten, gemäßigte Breiten) (vgl. BORS DORF 1999, S. 44/45).

Die Geographie als Wissenschaftsdisziplin stellt also die Erkenntnisse über physische und soziale Prozesse in den konkreten Kontext von Orten und Regionen und vermittelt so ein differenziertes Bild der unterschiedlichen Kulturen, Wirtschaftsformen, politischen Systeme, Umwelten und Landschaften unseres Planeten. Dabei versucht die moderne Humangeographie, nicht nur die vielfältigen räumlichen Differenzierungen und Prozesse des sozio-ökonomischen Strukturwandels, sondern auch die Ursachen und Auswirkungen gesellschaftlicher Ungleichheiten aufzuzeigen (vgl. DGfD 2016, S. 1 f.). Damit ist die Geographie neben der Psychologie wohl die einzige Hochschuldisziplin mit sowohl naturwissenschaftlicher als auch gesellschaftswissenschaftlicher Blickrichtung.

Aus ihrer Fachgeschichte heraus ist in der Geographie eine sogenannte doppelte Dichotomie erwachsen: die Welt einerseits idiographisch und andererseits nomothetisch zu betrachten, einerseits Naturwissenschaft und andererseits Gesellschaftswissenschaft zu sein (vgl. Abb. 2; GEBHARDT ET AL. 2011b, S. 75).

	Naturwissenschaftliche Grundperspektive	Gesellschaftswissenschaftliche Grundperspektive
idiographisch	Länderkunde	
nomothetisch	Landschaftskunde	
	physiogeographische Einzeldisziplinen	Allgemeine Geographie anthropogeographische Einzeldisziplinen

Abb. 2: Doppelte Dichotomie in der Geographie (nach GEBHARDT ET AL. 2011b, S. 74).

Dies wiederum ist der Grund für den Methodenpluralismus der die Hochschulgeographie kennzeichnet. Die Bandbreite reicht von naturwissenschaftlich analytischen Labor- und Datierungsmethoden in der Physiogeographie bis hin zu geisteswissenschaftlichen Verfahren wie beispielsweise der Diskursanalyse. In der Außensicht der Geographie werden dabei bisweilen die physiogeographischen Methoden pauschal dem naturwissenschaftlichen Spektrum zugeordnet und die humangeographischen Verfahren in die geistes- und sozialwissenschaftliche Tradition gerückt. Dieses Bild einer methodischen Dichotomie innerhalb der Geographie, die parallel zur inhaltlichen Untergliederung in die oben beschriebenen großen Teilbereiche verläuft, löst sich jedoch bei genauer Betrachtung auf. Stattdessen eröffnet sich dem Betrachter ein Kleidoskop gleitender Übergänge und methodischer Diversitäten auf beiden Seiten. So hat zum Beispiel die zunehmende Anwendung mathematisch-statistischer Verfahren in der Humangeographie seit den 1960er- und 1970er-Jahren zur Gründung eines Arbeitsbereiches geführt, der sich konzeptionell an naturwissenschaftlichen Erhebungsmethoden und Techniken der Datenanalyse orientiert. Umgekehrt ist eine Reihe von Arbeitsweisen der klassischen Naturlandschaftsdeutung in der Physiogeographie von ihrer Herangehensweise durchaus an hermeneutisch-interpretativen Verfahren aus den Geisteswissenschaften orientiert (vgl. REUBER/GEHARDT 2011, S. 91/92).

Die lange anhaltende Diskussion nach dem Verhältnis ihrer naturwissenschaftlichen und gesellschaftswissenschaftlichen Seite, hat bereits früh dazu geführt, die Geographie als Brückenfach bzw. Integrationsfach zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaften zu betrachten. Die im Verlaufe der Fachgeschichte erfolgte Spezialisierung und Differenzierung der Teildisziplinen hat jedoch – wie weiter oben ausgeführt – zu Folge gehabt, dass die Physische Geographie und die Humangeographie in ihren Kernfeldern weit auseinander gedriftet sind und heute gewissermaßen Vertreter zweier unterschiedlicher Wissenschaftskulturen darstellen. Aus diesem Grund ist die Vorstellung, die Geographie erfüllt stets eine Brückenfunktion, im Grunde nicht haltbar (vgl. MÖNTER 2011, S. 5). Als Gegen-

entwurf hierzu wird von verschiedenen Autoren das sogenannte Drei-Säulen-Modell bevorzugt (vgl. u. a. WEICHHART 2005, GEBHARDT ET AL. 2011a). In diesem Modell stellt die Auseinandersetzung mit der Interaktion von Gesellschaft und Umwelt ein eigenständiges Erkenntnisobjekt dar, welches durch spezifische Problem- und Fragestellungen gekennzeichnet ist, die weder in der Physiogeographie noch in der Humangeographie untersucht werden. GEBHARDT ET AL. (2011b, S. 75) treten deshalb dafür ein, besser vom Drei-Säulen-Modell der Geographie zu sprechen (vgl. Abb. 3), weil darin die Eigenständigkeit von Physiogeographie und Humangeographie respektiert wird und die geographische Gesellschaft-Umwelt-Forschung zugleich als davon abgesetzter, spezifischer Forschungs- und Arbeitsbereich definiert ist (GEBHARDT ET AL. 2011b, S. 76).

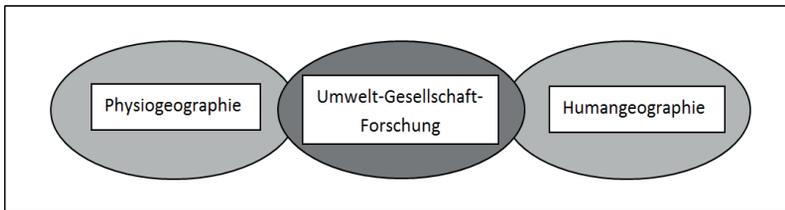


Abb. 3: Das Drei-Säulen-Modell der Geographie (nach GEBHARDT ET AL. 2011b, S. 76; verändert nach WEICHHART 2005)

Folgt man den repräsentativen Ergebnissen der jüngsten, von der Deutschen Gesellschaft für Geographie im Jahr 2013 durchgeführten Studie zum Image der Geographie in Deutschland, in der insgesamt 1000 Probanden (800 Bürger und je 100 Medienvertreter und Entscheidungsträger) befragt wurden, dann gehören physiogeographische und Umweltthemen (u. a. Naturrisiken, Klimaforschung, Umweltprozesse) zu den besonders wichtigen Forschungsthemen der Geographie (vgl. GANS/HEMMER 2015). Damit trägt die Geographie wesentlich dazu bei, die zentralen Fragen unseres Planeten zu lösen und die komplexen Beziehungen zwischen Gesellschaft und Umwelt besser zu verstehen. Sie ist das Fach, das naturwissenschaftliche und gesellschaftswissenschaftliche Kenntnisse/Perspektiven verbindet.

„Geographie vermittelt Bildung für das Leben. Geographisches Wissen und geographisches Engagement sind essentiell für das 21. Jahrhundert, ein Jahrhundert, in dem unsere Erde von anhaltendem Bevölkerungswachstum, von weitreichenden globalen Umweltveränderungen, von sozialer und ökonomischer Ungleichheit und von einer zunehmenden Verknappung natürlicher Ressourcen geprägt sein wird. Diese Probleme sind eine ernste Herausforderung für das friedliche Zusammenleben der Menschen, für die kulturelle Toleranz, für eine gerechte Erdpolitik und speziell für die Aufgabe eines nachhaltigen Managements von

Lebensräumen, natürlichen Ressourcen und Landschaften“ (http://dgfg.geography-in-germany.de/?page_id=159).

In Anbetracht dieser Herausforderungen kommt den Geographinnen und Geographen eine Schlüsselrolle zu. Sie vermitteln Wissen über Problemzusammenhänge, wecken Verständnis und Engagement für Belange der Zukunftssicherung des menschlichen Lebens auf dem Planeten Erde und leisten im Rahmen ihrer fachlichen Kompetenz fundierte Beiträge zur Lösung von Problemen. Dieses gemeinsame Anliegen verbindet die in verschiedenen Bereichen unserer Gesellschaft tätigen Geographinnen und Geographen: in Schule und Bildung, in Wissenschaft und Forschung, in Wirtschaft und Verwaltung (vgl. http://dgfg.geography-in-germany.de/?page_id=159).

Zwischenfazit

Geographie als Wissenschaftsdisziplin ist einerseits eine Naturwissenschaft, denn sie untersucht mit naturwissenschaftlichen Methoden natürliche Phänomene wie z. B. Oberflächenformen, Böden, Klima und Vegetation in ihrem Zusammenhang. Sie ist andererseits eine Gesellschaftswissenschaft, denn sie analysiert mit entsprechenden Methoden gesellschaftliche und wirtschaftliche Phänomene mit ihren Ansprüchen an den Raum. Darüber hinaus ist Geographie einerseits eine empirische Wissenschaft, denn Forschungen im Gelände oder Labor in der Physischen Geographie und Befragungen oder Datenauswertungen am PC in der Humangeographie sind essentiell und andererseits eine theoretische Wissenschaft, da die Entwicklung von Modellen (z. B. Klimamodellen) oder von Theorien (z. B. des räumlichen Diffusions- und Innovationsverhaltens) zu ihren zentralen Aufgaben gehört.

3 Geographie als Unterrichtsfach

Das Schulfach Geographie genießt in der Öffentlichkeit einen weitaus positiveren Ruf, als dies manche Fachvertreter gemeinhin glauben. Die jüngste Imagestudie der Deutschen Gesellschaft für Geographie (vgl. HEMMER/HEMMER/MIENER 2015, S. 48ff.) belegt dies eindeutig. Denn nach Meinung der 800 deutschlandweit befragten Probanden liefert das Schulfach Geographie einen wesentlichen Beitrag zur Allgemeinbildung und wird von ihnen zugleich als wichtiges und interessantes Unterrichtsfach eingestuft. Letztere Aussage unterstützen auch verschiedene Interessensstudien, die u. a. von HEMMER/HEMMER (2010) durchgeführt wurden. In einer Vergleichsstudie mit anderen Schulfächern betonten Schülerinnen und Schüler darüber hinaus insbesondere die Aktualität, die Wissenschaftlichkeit und den Realitätsbezug des Geographieunterrichts (vgl. HEMMER/HEMMER 2010).

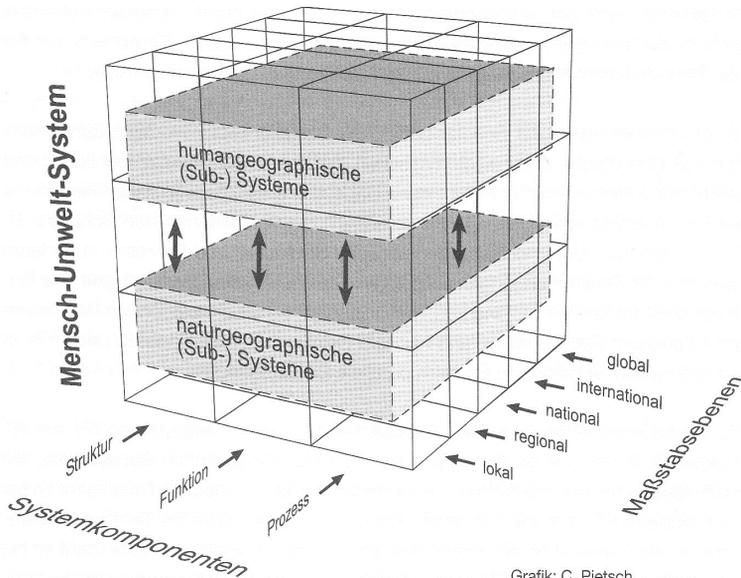
Geographie wird in den allgemeinbildenden Schulen zum Teil als eigenständiges Schulfach und zum Teil in sogenannten Integrationsfächern unterrichtet. Als

eigenständiges Unterrichtsfach wird es vor allem in Gymnasium durchgängig angeboten. In der Sekundarstufe I ist es in einigen Bundesländern eigenständiges Schulfach (so z. B. in den Realschulen in Nordrhein-Westfalen), in anderen wird es wiederum im Rahmen eines Integrationsfaches gelehrt (z. B. in Baden-Württemberg im Fach Gesellschaftslehre). Dies gilt auch für die Sekundarstufe II. Der Sachunterricht in der Primarstufe existiert in vielen Bundesländern als Integrationsfach, in dem neben anderen natur- und gesellschaftswissenschaftlichen Inhalten und Methoden auch genuin geographische Frage- und Problemstellungen thematisiert und behandelt werden. Hier stehen beispielsweise Naturphänomene, natürliche Zyklen und natürliche Kreisläufe ebenso im Vordergrund wie Natur-Mensch-Beziehungen (GDSU 2013, S. 46f.).

Die primäre Bezugswissenschaft für das Schulfach Geographie in den Sekundarstufen I und II ist die gleichnamige Hochschuldisziplin; sie ist aber keineswegs die einzige. Denn die Schulgeographie repräsentiert weitere geowissenschaftliche und damit besonders naturwissenschaftlich ausgerichtete Hochschuldisziplinen. Hierzu gehören u. a. Geologie, Geophysik, Mineralogie, Meteorologie, Ozeanographie. Weil Geographie das einzige Schulfach ist, in dem auch andere Geowissenschaften behandelt werden, wurde es bereits 1996 im Rahmen der „Leipziger Erklärung zur Bedeutung der Geowissenschaften in Lehrerbildung und Schule“ als geowissenschaftliches Zentrierungsfach herausgestellt. Darüber hinaus werden in der Schulgeographie ausgewählte Inhalte und Methoden verschiedener Kultur-, Gesellschafts- und Planungswissenschaften, wie beispielsweise die Völkerkunde, die Wirtschaftswissenschaften, die Politikwissenschaften, die Soziologie und die Raumplanung unterrichtet (vgl. Otto 2015, S. 460). Die grundsätzliche Bedeutsamkeit physiogeographischer und anderer geowissenschaftlicher Inhalte und Methoden für den gegenwärtigen und zukünftigen Geographieunterricht steht außer Zweifel und ist dementsprechend in den vergangenen Jahren auch immer wieder hervorgehoben worden, so z. B. 1999 im Leipziger Memorandum, 2003 von Arbeitsgruppe Curriculum 2000+ der DGFG und ebenfalls 2003 im Memorandum zur geographischen Bildung und Erziehung in Deutschland „Geowissenschaften und Globalisierung“ des Verbandes Deutscher Schulgeographen e.V. (VDSG).

Geographische Bildung basiert auf der Vermittlung einer umfassenden räumlichen Orientierungskompetenz, die deutlich über topographisches Orientierungswissen hinausgeht und die Fähigkeit zu einem adäquaten Umgang mit Karten ebenso einschließt wie die Fähigkeit zur Orientierung im Realraum und die Fähigkeit zur Reflexion von Raumwahrnehmungen und Raumkonstruktionen. Geographische Bildung zielt in der Schule ferner darauf ab, Schüler zu befähigen, raumbezogene Strukturen, Funktionen und Prozesse sowie die für die Zukunft des Planeten Erde und das Zusammenleben der Menschen epochalen Problemfelder (u. a. Klimawandel, Naturrisiken, Katastrophenvorsorge, Bevölkerungsentwicklung, Migration, Disparitäten und Ressourcenkonflikte) aus geographi-

scher Perspektive erfassen, analysieren und bewerten zu können (HEMMER 2011, S. 64; DGfG 2014, S. 5). Dabei wird der Raum in den verschiedenen Maßstabebenen nicht nur als Containerraum und als ein System von Lagebeziehungen verstanden, sondern gleichfalls als subjektiver Wahrnehmungsraum sowie in der Perspektive seiner sozialen, technischen und gesellschaftlichen Konstruiertheit (WARDENGA 2002, S. 8f.). Um die komplexen Wechselbeziehungen zwischen Mensch und Umwelt sowie innerhalb der physio- und humangeographischen Subsysteme verstehen und beurteilen zu können, ist eine integrative, systemische und mehrperspektivische Betrachtungsweise notwendig, die sowohl naturwissenschaftliche als auch gesellschaftswissenschaftliche Formen der Erkenntnisgewinnung umfasst (vgl. Abb. 4).



Grafik: C. Pietsch

Abb. 4: Basiskonzepte der Analyse von Räumen im Schulfach Geographie (aus: DGfG 2014, S. 11)

Der besondere Beitrag des Schulfaches Geographie zur Welterschließung liegt also in der Auseinandersetzung mit den Wechselwirkungen zwischen Natur und Gesellschaft in Räumen verschiedener Art und Größe. Somit ist es zum einen das Schulfach, das sich zentral mit der Kategorie Raum befasst, zum anderen verbindet es natur- und gesellschaftswissenschaftliche Erkenntnisse (vgl. DGfG 2014, S. 5). „Leitziele des Geographieunterrichts sind demnach die Einsicht in die Zusam-

menhänge zwischen natürlichen Gegebenheiten und gesellschaftlichen Aktivitäten in verschiedenen Räumen der Erde und eine darauf aufbauende raumbezogene Handlungskompetenz“ (DGfG 2014, S. 5).

Die Verknüpfung naturwissenschaftlicher und gesellschaftswissenschaftlicher Bildung ist ein Alleinstellungsmerkmal des Schulfaches Geographie und hat unmittelbare Folgen für seine Kompetenzstruktur (vgl. Tab. 2; HEMMER 2011, S. 64). Diese umfasst ebenso wie die rein naturwissenschaftlichen Fächer (Biologie, Chemie und Physik) die Kompetenzbereiche Fachwissen (F), Erkenntnisgewinnung/ Methoden (M), Kommunikation (K), Beurteilung/Bewertung (B). Parallel zu den Geisteswissenschaften weist die Geographie zusätzlich Handlung (H) als eigenen Kompetenzbereich aus, was mit dem Leitziel der raumbezogenen Handlungskompetenz legitimiert werden kann. Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal des Schulfaches Geographie bildet der Kompetenzbereich Räumliche Orientierung (O), der die besondere Bedeutung der Orientierungsfähigkeit unterstreicht (DGfG 2014, S. 9). Für diese sechs Kompetenzbereiche wurden Regelstandards formuliert, die von den Schülern mit dem Erreichen des Mittleren Bildungsabschlusses zu erwerben sind (LENZ 2008, S. 2).

Die Kompetenzen der sechs Bereiche sollen mit Blick auf die Leitziele des Faches sowohl zu einem Verständnis natürlicher und gesellschaftlicher Zusammenhänge in verschiedenen Räumen der Erde führen als auch zu einer reflektierten, ethisch begründeten und verantwortungsbewussten raumbezogenen Handlungsfähigkeit. Die sechs Kompetenzbereiche sind nicht überschneidungsfrei. Die in der Schule angestrebte geographische Gesamtkompetenz resultiert – gemäß der Logik der Kompetenzentwicklung – nicht aus der Addition, sondern aus der Verflechtung der einzelnen Kompetenzbereiche. Die Kompetenzen und Standards der verschiedenen Bereiche werden im Geographieunterricht nicht isoliert, sondern im Rahmen konkreter Problemstellungen und im Kontext erworben (vgl. DGfG 2014, S. 8/9).

Um den Anteil des Schulfaches Geographie an der naturwissenschaftlichen (Grund-)Bildung explizit zu dokumentieren, werden im Folgenden beispielhaft zwei der insgesamt fünf Kompetenzbereiche mit den dazugehörigen Standards ausführlicher vorgestellt. Zur besseren Kenntlichkeit sind die naturwissenschaftlich bzw. systemisch integrativ ausgerichteten Standards kursiv hervorgehoben. Eine eindeutige Zuordnung ist allerdings nicht immer möglich, so dass einige Standards, auch wenn sie nicht kursiv gekennzeichnet sind, dennoch naturwissenschaftliche bzw. systemisch integrative Fähigkeiten umfassen.

Tab. 2: Kompetenzbereiche der Nationalen Bildungsstandards für das Fach Geographie (verändert nach: DGfG 2014, S. 9)

Kompetenzbereich	zentrale Kompetenzen
Fachwissen (F)	Fähigkeit, Räume auf den verschiedenen Maßstabsebenen als natur- und humangeographische Systeme zu erfassen und Wechselbeziehungen zwischen Mensch und Umwelt analysieren zu können.
Räumliche Orientierung (O)	Fähigkeit, sich in Räumen orientieren zu können (topographisches Orientierungswissen, Kartenkompetenz, Orientierung in Realräumen und die Reflexion von Raumwahrnehmungen).
Erkenntnisgewinnung/ Methoden (M)	Fähigkeit, geographisch/geowissenschaftlich relevante Informationen im Realraum sowie aus Medien gewinnen und auswerten sowie Schritte zur Erkenntnisgewinnung in der Geographie beschreiben zu können.
Kommunikation (K)	Fähigkeit, geographische Sachverhalte zu verstehen, zu versprachlichen und präsentieren zu können sowie sich im Gespräch mit anderen darüber sachgerecht austauschen zu können.
Beurteilung/Bewertung (B)	Fähigkeit, raumbezogene Sachverhalte und Probleme, Information in Medien und geographische Erkenntnisse kriterienorientiert sowie vor dem Hintergrund bestehender Werte in Aufsätzen beurteilen zu können.
Handlung (H)	Fähigkeit und Bereitschaft, auf verschiedenen Handlungsfeldern natur- und sozialraumgerecht handeln zu können.

3.1 Kompetenzbereich Fachwissen

Das Fachwissen wird im Schulfach Geographie nach den Kompetenzen F1 bis F5 gegliedert, in die jeweils die natur- und humangeographischen Subsysteme, die Maßstabsebenen und die Systemkomponenten einfließen (vgl. Abb. 4). Bei der Kompetenz F1 geht es um die Fähigkeit, das ganze System Erde als Teil des Sonnensystems, also eines übergeordneten Systems, zu beschreiben (vgl. Tab. 3). Bei den Kompetenzen F2 und F3 steht die Fähigkeit im Mittelpunkt, Räume als naturgeographische bzw. humangeographische Systeme (z. B. Ökosystem Meer,

Stadt als System) zu erfassen. Die zentrale Aufgabe des Geographieunterrichts ist es jedoch, die Kompetenz F4 aufzubauen. Hier sollen die Schülerinnen und Schüler die Fähigkeit erwerben, Entwicklungen und Problemstellungen in Räumen zu untersuchen, bei denen naturgeographische und humangeographische Faktoren in ihrem Zusammenwirken betrachtet werden (z. B. Stadtklima, Flussregulierung und Hochwasser, Trinkwasserversorgung). Der Aufbau dieser Kompetenz ist eine wichtige Grundlage der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Mit dem Aufbau der Kompetenzen F1 bis F4 erreichen die Schülerinnen und Schüler zugleich mit der Kompetenz F5 die Fähigkeit einer selbstgesteuerten Analyse von individuellen Räumen im Rahmen einer problemorientierten Regionalen Geographie (vgl. DGfG 2014, S. 12).

Tab. 3: Standards für den Kompetenzbereich Fachwissen (Quelle: DGfG 2014, S. 13-16)

<p>F1 Fähigkeit, die Erde als Planeten zu beschreiben</p> <p><i>Schülerinnen und Schüler können</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • S1 grundlegende planetare Merkmale (z. B. Größe, Gestalt, Aufbau, Neigung der Erdachse, Gravitation beschreiben¹), • S2 die Stellung und Bewegungen der Erde im Sonnensystem und deren Auswirkungen erläutern (Tag und Nacht, Jahreszeiten).
<p>F2 Fähigkeit, Räume unterschiedlicher Art und Größe als naturgeographische Systeme zu erfassen</p> <p><i>Schülerinnen und Schüler können</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • S3 die natürlichen Sphären des Systems Erde (z. B. Atmosphäre, Pedosphäre, Lithosphäre) nennen und einzelne Wechselwirkungen darstellen, • S4 gegenwärtige naturgeographische Phänomene und Strukturen in Räumen (z. B. Vulkane, Erdbeben, Gewässernetz, Karstformen) beschreiben und erklären, • S5 vergangene und zu erwartende naturgeographische Strukturen in Räumen (z. B. Lageveränderung der geotektonischen Platten, Gletscherveränderungen) erläutern, • S6 Funktionen von naturgeographischen Faktoren in Räumen (z. B. Bedeutung des Klimas für die Vegetation, Bedeutung des Gesteins für den Boden) beschreiben und erklären, • S7 den Ablauf von naturgeographischen Prozessen in Räumen (z. B. Verwitterung, Wettergeschehen, Gebirgsbildung) darstellen, • S8 das Zusammenwirken von Geofaktoren und einfache Kreisläufe (z. B. Höhenstufen der Vegetation, Meeresströmungen und Klima, Ökosystem tropischer Regenwald, Wasserkreislauf) als System darstellen, • S9 ihre exemplarisch gewonnenen Kenntnisse auf andere Räume anwenden.

F3 Fähigkeit, Räume unterschiedlicher Art und Größe als humangeographische Systeme zu erfassen

Schülerinnen und Schüler können

- S10 vergangene und gegenwärtige humangeographische Strukturen in Räumen beschreiben und erklären; sie kennen Vorhersagen zu zukünftigen Strukturen (z. B. politische Gliederung, wirtschaftliche Raumstrukturen, Bevölkerungsverteilungen),
- S11 Funktionen von humangeographischen Faktoren in Räumen (z. B. Erschließung von Siedlungsräumen durch Verkehrswege) beschreiben und erklären,
- S12 den Ablauf von humangeographischen Prozessen in Räumen (z. B. Strukturwandel, Verstädterung, wirtschaftliche Globalisierung) beschreiben und erklären,
- S13 das Zusammenwirken von Faktoren in humangeographischen Systemen (z. B. Bevölkerungspolitik, Welthandel, Megastädte) erläutern,
- S14 die realen Folgen sozialer und politischer Raumkonstruktionen (z. B. Kriege, Migration, Tourismus) erläutern,
- S15 humangeographische Wechselwirkungen zwischen Räumen (z. B. Stadt – Land, Entwicklungsländer – Industrieländer)
- S16 ihre exemplarisch gewonnenen Erkenntnisse auf andere Räume anwenden.

F4 Fähigkeit, Mensch-Umwelt-Beziehungen in Räumen unterschiedlicher Art und Größe zu analysieren

Schülerinnen und Schüler können

- S17 das funktionale und systematische Zusammenwirken der natürlichen und anthropogenen Faktoren bei der Nutzung und Gestaltung von Räumen (z. B. Standortwahl von Betrieben, Landwirtschaft, Bergbau, Energiegewinnung, Tourismus, Verkehrsnetze, Stadtökologie) beschreiben und analysieren,
- S18 Auswirkungen der Nutzung und Gestaltung von Räumen (z. B. Rodung, Gewässerbelastung, Bodenerosion, Naturrisiken, Klimawandel, Wassermangel, Bodenversalzung) erläutern,
- S19 an ausgewählten einzelnen Beispielen Auswirkungen der Nutzung und Gestaltung von Räumen (z. B. Desertifikation, Migration, Ressourcenkonflikte, Meeresverschmutzung) systematisch erklären,
- S20 mögliche ökologisch, sozial und/ oder ökonomisch sinnvolle Maßnahmen zur Entwicklung und zum Schutz von Räumen (z. B. Tourismusförderung, Aufforstung, Biotopvernetzung, Geotopschutz) erläutern,
- S21 Erkenntnisse auf andere Räume der gleichen oder unterschiedlichen Maßstabsebene anwenden sowie Gemeinsamkeiten und Unterschiede (z. B. globale Umweltprobleme, Regionalisierung und Globalisierung, Tragfähigkeit der Erde und nachhaltige Entwicklung) darstellen.

F5 Fähigkeit, individuelle Räume unterschiedlicher Art und Größe unter bestimmten Fragestellungen zu analysieren

Schülerinnen und Schüler können

- S22 geographische Fragestellungen (z.B. *Gunst-/ Ungunstraum, Gleichwertigkeit von Lebensbedingungen in Stadt und Land*) an einen konkreten Raum (z. B. *Gemeinde/ Heimatraum, Bundesland, Verdichtungsraum, Deutschland, Europa, USA, Russland*) richten,
- S23 zur Beantwortung dieser Fragestellungen Strukturen und Prozesse in den ausgewählten Räumen (z. B. *Wirtschaftsstrukturen in der EU, Globalisierung der Industrie in Deutschland, Waldrodung in Amazonien, Sibirien*) analysieren,
- S24 Räume unter ausgewählten Gesichtspunkten (z. B. *die Bevölkerungspolitik in Indien und China; das Klima Deutschlands, Russlands und der USA; die Naturausstattung von Arktis und Antarktis*) vergleichen,
- S25 Räume nach bestimmten Merkmalen kennzeichnen und sie vergleichend gegeneinander abgrenzen (z. B. *Entwicklungsländer – Industrieländer, Verdichtungs- und Peripherräume in Deutschland und Europa*).

¹⁾Naturwissenschaftliche bzw. systemisch integrative Fähigkeiten sind *kursiv* gedruckt.

3.2 Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung/Methoden

Methodenkompetenz ist für Schülerinnen und Schüler eine absolut notwendige Voraussetzung, vor allem auch für lebenslanges Lernen. Zur Beantwortung geographischer und geowissenschaftlicher Fragen und Problemstellungen wird im Geographieunterricht eine Vielzahl von Methoden und auch Medien eingesetzt. Methodenkompetenz im Geographieunterricht beinhaltet drei Teilfähigkeiten: (M1) Die Kenntnis von Informationsquellen, -formen und -strategien, (M2) die Fähigkeit der Informationsgewinnung und (M3) die Fähigkeit der Informationsauswertung (vgl. Tab. 4). Die Beurteilung von Informationen wird in den Bildungsstandards dem Kompetenzbereich Beurteilung/Bewertung zugeordnet, die Kommunikation über Informationen sowie die Präsentation von Informationen dem Kompetenzbereich Kommunikation (vgl. Tab. 2; DGfG 2014, S. 18/19).

Schülerinnen und Schüler nutzen im Geographieunterricht grundsätzlich zwei Möglichkeiten der Informationsgewinnung. Einerseits gewinnen sie Informationen aus den verschiedenen traditionellen oder digitalen Medien und Informationsquellen, andererseits können sie auf Exkursionen in der geographischen Realität sowie durch einfache Versuche und Experimente eigene Daten generieren (u. a. durch Beobachten, Befragen, Kartieren, Zählen, Messen) (vgl. DGfG 2014, S. 19). Im Geographieunterricht wird besonders Wert auf systematische Informationsauswertung gelegt, indem die Schülerinnen und Schüler die Infor-

mationen strukturieren, die bedeutsamen Einsichten herausarbeiten, mit anderen Informationen verknüpfen und in andere Informationen umsetzen. Mit diesen Fähigkeiten erreichen sie auch eine Lesekompetenz bezüglich sogenannter nicht-kontinuierlicher Texte nach PISA. Im Geographieunterricht lernen die Schülerinnen und Schüler ebenfalls, wie Geographen und Geowissenschaftler in der Forschung ihre Erkenntnisse gewinnen und bahnen damit die Fähigkeit (M4) an, grundsätzlich die gleiche Schrittabfolge bei ihrer Suche nach Erkenntnissen und Lösungen zu vollziehen (vgl. DGF 2014, S. 20).

Tab. 4: Standards für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung/Methoden (Auszug aus: DGF 2014, S. 20-21)¹⁾

<p>M1 Kenntnis von geographisch/geowissenschaftlich relevanten Informationsquellen, -formen und -strategien</p> <p>Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> • S1 geographisch relevante Informationsquellen, sowohl klassische (z. B. Fachbücher, Gelände) als auch technikgestützte (z. B. Internet, DVDs), nennen, • S2 geographisch relevante Informationsformen/ Medien (z. B. Karte, Foto, Luftbild, Zahl, Text, Diagramm, Globus) nennen, • S3 grundlegende Strategien der Informationsquellen und –formen sowie Strategien der Informationsauswertung beschreiben.
<p>M2 Fähigkeit, Informationen zur Behandlung von geographischen/geowissenschaftlichen Fragestellungen zu gewinnen</p> <p>Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> • S4 problem-, sach-, und zielgemäß Informationen aus Karten, Texten, Bildern, Statistiken, Diagrammen usw. auswählen, • S5 problem-, sach- und zielgemäß Informationen im Gelände (z. B. durch Beobachtungen, Kartieren, Messen, Zählen, Probennahme, Befragen) oder durch einfach Versuche und Experimente¹⁾.
<p>M3 Fähigkeit, Informationen zur Behandlung geographischer/geowissenschaftlicher Fragestellungen auszuwerten</p> <p>Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> • S6 geographisch relevante Informationen aus klassischen und technisch gestützten Informationsquellen sowie aus eigener Informationsgewinnung strukturieren und bedeutsame Einsichten herausarbeiten,

- S7 die gewonnenen Informationen mit anderen geographischen Informationen zielorientiert verknüpfen,
- S8 die gewonnenen Informationen in andere Formen der Darstellung (z. B. Zahlen in Karten oder Diagramme) umwandeln.

M4 Fähigkeit, die methodischen Schritte zu geographischer/geowissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung in einfacher Form zu beschreiben und zu reflektieren

Schülerinnen und Schüler können

- S9 selbstständig einfache geographische Fragen stellen und dazu Hypothesen formulieren,
- S10 einfache Möglichkeiten der Überprüfung von Hypothesen beschreiben und anwenden,
- S11 den Weg der Erkenntnisgewinnung in einfacher Form beschreiben.

¹⁾Naturwissenschaftliche bzw. systemisch integrative Fähigkeiten sind *kursiv* gedruckt.

Der Beitrag des Geographieunterrichts zur naturwissenschaftlichen (Grund-) Bildung ließe sich besonderen auch mit Hilfe der Aufgabenbeispiele dokumentieren, die in den nationalen Bildungsstandards beschrieben sind (DGfG 2014). Darauf wird an dieser Stelle aber verzichtet, um den Umfang dieses Beitrages nicht unnötig aufzublähen.

4 Geographische/geowissenschaftliche Aufgabenbeispiele aus den PISA-Studien

Einen weiteren Beleg dafür, dass das Schulfach Geographie ein MINT-Fach ist, liefern nicht zuletzt die bisher von der OECD durchgeführten PISA-Studien (von 2000 bis 2012). Denn in den Bereichen „Naturwissenschaftliche Grundbildung“ und „Problemlösen“ wurden den Schülerinnen und Schülern neben anderen auch explizit geographische und andere geowissenschaftliche Aufgaben gestellt. Hier finden sich u. a. Aufgaben zu den Problem-/Themenfeldern Ozon, Tschaensee, Artenvielfalt, Klimaänderung, Tageslicht, Bewässerung, Windenergie, Saurer Regen und Treibhauseffekt (IPN 2013).

5 Fazit

Grundsätzlich hat naturwissenschaftliche (Grund-)Bildung einen Bildungswert für sich und damit für das Weltverständnis. Naturwissenschaftliche Kenntnisse und Fähigkeiten erlauben dem Individuum darüber hinaus eine aktive Partizipation an

gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklung und naturwissenschaftliche Forschung. Aus diesem Grund ist sie wesentlicher Bestandteil der Allgemeinbildung (DGfG 2014; KMK, 2007a, b, c). Naturwissenschaftliche (Grund-)Bildung hat zum Ziel, Phänomene erfahrbar und begreifbar zu machen, die Sprache und Geschichte der naturwissenschaftlichen Disziplinen zu verstehen, ihre Resultate zu kommunizieren sowie sich mit ihren spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinanderzusetzen. Hierzu gehört das theorie- und hypothesengeleitete naturwissenschaftliche Arbeiten, das eine analytische und vernunftgeleitete Betrachtung der Welt gestattet (KMK 2007a, b, c; DGfG 2014).

Bei der naturwissenschaftlichen (Grund-)Bildung geht es – entsprechend des von PISA aufgegriffenen Konzeptes der Scientific Literacy – also sowohl um ein Verständnis wichtiger Konzepte und Erklärungsmuster als auch um die Methoden der Wissensproduktion und deren Grenzen.

Im vorliegenden Artikel konnte belegt werden, dass das Schulfach Geographie als Brückenfach bzw. Drei-Säulen-Fach und geowissenschaftliches Zentrierungsfach hierzu einen wichtigen Beitrag leistet, weil es neben naturwissenschaftlichem (physiogeographischem/geowissenschaftlichem) Fachwissen besonders auch methodische Fähigkeiten/Fertigkeiten im naturwissenschaftlichen Bereich vermittelt.

Eine integrative, systemische Betrachtung geographischer/geowissenschaftlicher Phänomene und Prozesse ist gleichermaßen auf naturwissenschaftliche und gesellschaftswissenschaftliche Grundlagen und Erkenntnisse angewiesen. Nur durch die Synthese natur- und gesellschaftswissenschaftlicher Aspekte/Perspektiven kann es im Geographieunterricht gelingen, den Besonderheiten integrativer Mensch-Umwelt-Systeme gerecht zu werden. Dies ist zugleich das zentrale Alleinstellungsmerkmal des Geographieunterrichts.

Literatur

Alfred-Wegener-Stiftung für Geowissenschaften in Gemeinschaft mit der Deutschen Gesellschaft für Geographie e.V. und dem Institut für Länderkunde in Leipzig (1996): Leipziger Erklärung zur Bedeutung der Geowissenschaften in Lehrerbildung und Schule. 30. Oktober 1996. Leipzig.

ADAMINA, M./MÜLLER, H. (2008): Lernwelten: Natur – Mensch – Mitwelt. Bern.

BLOTEVOGEL, H. H. (2002): Geographie. In: Brunnotte, E./Gebhardt, H./Meurer, M./Meusburger, P./Nipper, J. (Hrsg.) (2002): Bd. 2, S. 14-16.

BORSODORF, A. (1999): Geographisch denken und wissenschaftlich arbeiten. Eine Einführung in die Geographie und in Studientechniken. Gotha, Stuttgart.

- COHEN, I. B./WATSON, F. G. (Eds.) (1952): General Education in Science. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGfG) (Hrsg.) (2003): Grundsätze und Empfehlungen für die Lehrplanarbeit im Schulfach Geographie. Arbeitsgruppe Curriculum 2000+ der Deutschen Gesellschaft für Geographie (DGfG). Bonn.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGfG) (Hrsg.) (2014): Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss – mit Aufgabenbeispielen. 8. Auflage. Bonn.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGfG) (Hrsg.) (2016): Geographie – Eine Disziplin stellt sich vor. Passau. (dgfd-geography-in-Germany.de) [28.03.2016]
- FISCHER, H. E./KLEMM, K./LEUTNER, D./SUMFLETH, E./TIEMANN, R./WIRTH, J. (2003): Naturwissenschaftsdidaktische Lehr-Lernforschung: Defizite und Desiderata. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 9, S. 135-153.
- FRISCHKNECHT-TOBLER, U./LABUDDE, P. (2010): Beobachten und Experimentieren. In: Labudde, P. (Hrsg.): Fachdidaktik Naturwissenschaft. 1.-9. Schuljahr. Bern, Stuttgart, Wien, S. 133-148.
- GANS, P./HEMMER, I. (Hrsg.) (2015): Zum Image der Geographie in Deutschland. Ergebnisse einer empirischen Studie. Leipzig.
- GEBHARDT, H./GLASER, R./RADTKE, U./REUBER, P. (2011a): Verschiedene Antworten auf die Frage nach der Geographie. In: Gebhardt, H./Glaser, R. Radtke, U./Reuber, P. (Hrsg.): Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. Heidelberg, S. 49-70.
- GEBHARDT, H./GLASER, R. RADTKE, U./REUBER, U.(2011b): Das Drei-Säulen-Modell der Geographie. In: Gebhardt, H./Glaser, R. Radtke, U./Reuber, P. (Hrsg.): Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. Heidelberg, S. 71-83.
- GESELLSCHAFT FÜR DIDAKTIK DES SACHUNTERRICHTS (GDSU) (Hrsg.) (2013): Perspektivrahmen Sachunterricht. Bad Heilbrunn.
- GRÄBER, W. (2002): „Scientific Literacy“ – Naturwissenschaftliche Bildung in der Diskussion. In: Döbrich, P. (Hrsg.): Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachtagung am 15. Dezember 1999 / GPPF, Gesellschaft zur Förderung Pädagogischer Forschung; DIPF, Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung. Frankfurt (=Materialien zur Bildungsforschung, Bd. 7).
- HEMMER, M. (2011): Geographie als Unterrichtsfach in der Schule. In: Gebhardt, H./Glaser, R. Radtke, U./Reuber, P. (Hrsg.): Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. Heidelberg, S. 64-66.

- HEMMER, I./HEMMER, M./MIENER, K. (2015): Zum Image der Geographie – Schulfach. In: Gans, P./Hemmer, I. (Hrsg.): Zum Image der Geographie in Deutschland. Ergebnisse einer empirischen Studie. Leipzig, S. 48-63.
- KMK – Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005a): Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. München.
- KMK – Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005b): Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München.
- KMK – Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005c): Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. München.
- KVFF – Konferenz der Vorsitzenden Fachdidaktischer Fachgesellschaften (Hrsg.) (1998): Fachdidaktik in Forschung und Lehre. Kiel.
- LABUDEDE, P./MÖLLER, K. (2012): Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, H. 1, S. 11-36.
- LESER, H./SCHNEIDER-SLIWA, R. (1999): Geographie – eine Einführung. Aufbau, Aufgaben und Ziele eines integrativ-empirischen Faches. Braunschweig. (=Das Geographische Seminar).
- LETHMATE, J. (2006): Experimentelle Lehrformen und Scientific Literacy. In: Praxis Geographie, Jg. 36, H. 11, S. 4-11.
- MAYER, J./ZIEMEK, H.-P. (2006): Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. In: Unterricht Biologie, Jg. 30, H. 317, S. 4-12.
- MÖNTER, L. O. (2011): Die Verknüpfung von natur- und gesellschaftswissenschaftlicher Bildung. Kennzeichen des Geographieunterrichts? In: Geographie und Schule. Jg. 33, H. 191, S. 4-10.
- MÖNTER L. O./HOF, S. (2012): Experimente. In: Haversath, J.-B. (Mod.): Geographiedidaktik. Theorie – Themen – Forschung. Braunschweig, S. 289-313.
- OECD (2007): PISA 2006: Schulleistungen im internationalen Vergleich: Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von Morgen. Paris.
- OTTO, K.-H. (2009): Experimentieren als Arbeitsweise im Geographieunterricht. In: Geographie und Schule, Jg. 31, H. 180, S. 4-15.
- OTTO, K.-H. (2015): Geowissenschaften im Geographieunterricht. In: Wefer, G./Schmieder, F. [Hrsg.]: Expedition Erde. Wissenswertes und Spannendes aus den Geowissenschaften. 4. Auflage. Bremen, S. 458-461.

- OTTO, K.-H./MÖNTER, L. O./HOF, S./WIRTH, J. (2010): Das geographische Experiment im Kontext empirischer Lehr-/Lernforschung. In: Geographie und ihre Didaktik/Journal of Geography Education, Jg. 38, H. 3, S. 133-145.
- PRENZEL, M./PARCHMANN, I. (2003): Kompetenz entwickeln. Vom naturwissenschaftlichen Arbeiten zum naturwissenschaftlichen Denken. In: Unterricht Chemie, Jg. 14, H. 76/77, S. 15-17.
- REUBER, P./GEBHARDT, H. (2011): Wissenschaftliches Arbeiten in der Geographie. Einführende Gedanken. In: Gebhardt, H./Glaser, R. Radtke, U./Reuber, P. (Hrsg.): Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. Heidelberg, S. 89-102.
- SOLOMON, J./AIKENHEAD, G. (Hrsg.) (1994): STS education: International perspectives on reform. Toronto.
- VERBAND DEUTSCHER SCHULGEOGRAPHEN E.V. (VDSG) (Hrsg.) (2003): Geowissenschaften und Globalisierung. Memorandum zur geographischen Bildung und Erziehung in Deutschland. (Schriften 7). Bretten.
- WARDENGA, U. (2002): Alte und neue Raumkonzepte für den Geographieunterricht. In: geographie heute, Jg. 23, H. 200, S. 8-11.
- WEICHHART, P. (2005): Auf der Suche nach der „dritten Säule“. Gibt es Wege von der Rhetorik zur Pragmatik? In: Müller-Mahn, D./Wardenga, U. (Hrsg.): Möglichkeiten und Grenzen integrativer Forschungsansätze in Physischer Geographie und Humangeographie. Leipzig, S. 109-136.

Fächerübergreifender¹ naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Definitionen, Fakten

von Peter Labudde, Pädagogische Hochschule Nordwestschweiz (FHNW)

Abstract

„Im Integrationsfach Naturwissenschaft erwerben Schülerinnen und Schüler weniger Wissen als in einem gefächerten Unterricht mit Biologie, Chemie und Physik je als Einfächern. – Integrationsansätze fördern das vernetzte Denken; damit unterstützen sie Lernprozesse und tragen zu einer umfassenden naturwissenschaftlichen Bildung bei.“ Beruhen derartige Meinungsäußerungen auf Mythen oder Fakten? Um diese Frage zu beantworten, werden zunächst der Status quo von Science- und Fachunterricht beschrieben, Argumente für fächerübergreifenden Unterricht zusammengestellt sowie Begriffe wie Integrationsfach und Interdisziplinarität definiert. Im Weiteren geht es um die konkrete Umsetzung im Unterricht: Anhand von typischen Unterrichtskonzepten und -einheiten werden Charakteristika eines Faches Science bzw. der damit angestrebten naturwissenschaftlichen Bildung erarbeitet. Ein nächster Teil ist empirischen Untersuchungen zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht und zu Integrationsansätzen wie Science-Technology-Society (STS) im angelsächsischen Raum gewidmet. Im Résumé folgen eine Zusammenfassung sowie eine persönliche Beurteilung der Chancen und Herausforderungen, der Vor- und Nachteile von Science- bzw. Fachunterricht.

Schlagworte: Fächerübergreifender Unterricht, Interdisziplinarität, Naturwissenschaftliche Bildung, Science-Technology-Society (STS), empirische fachdidaktische Forschung.

1 Einleitung

Diskussionen zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht basieren häufig auf „Glauben und Meinen“ bzw. „auf Mythen“. Im vorliegenden Beitrag wird versucht Mythen zu klären und eine Übersicht zu geben. Der Beitrag gliedert sich in fünf Abschnitte:

- Status quo von Science- und Fachunterricht,
- Argumente für fächerübergreifenden Unterricht,
- Definitionen und Beispiele,
- empirische Forschungsergebnisse,
- Résumé.

¹ Der Ausdruck „fächerübergreifend“ wird in diesem Beitrag als Oberbegriff verwendet. Für eine Begriffsklärung sei auf den dritten Abschnitt „Definitionen und Beispiele“ verwiesen.

Der Übersichtsartikel ist eng am Vortrag orientiert, welcher am 27.03.2015 anlässlich des HGD-Symposiums an der Ruhr-Universität Bochum bzw. in einer Vorversion am 11. Sept. 2013 an der Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik in München gehalten wurde.

2 Status quo von Science- und Fachunterricht

Je nach Land bzw. Bildungssystem und je nach Schulstufe scheint die Organisation des naturwissenschaftlichen Unterrichts eine klare Angelegenheit zu sein. Bei den einen sind die Fächer Biologie, Chemie und Physik getrennt, bei den anderen gibt es ein so genanntes Integrationsfach wie „Naturkunde“ oder im Englischen „Science“.

Integrierter Unterricht: „Ist doch klar!“ In der Primarschule, welche mit Ausnahme von Deutschland und Österreich überall sechs Schuljahre umfasst, ist weltweit in allen Ländern das Integrationsfach Sachunterricht eine Selbstverständlichkeit. Das Gleiche gilt in mehreren Bundesländern, z.B. Baden-Württemberg oder Berlin, auch noch für das 5./6. Schuljahr, die so genannte Orientierungsstufe: „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ oder „Naturkunde“ heißt es im Fächerkanon. Ebenfalls im 7.-9. Schuljahr bleibt es in vielen Ländern beim Integrationsfach, so in fast allen Schweizer Kantonen und auch in vielen angelsächsischen Ländern. Für Schweizer Hauptschul- oder Realschullehrkräfte „ist doch klar“, dass ein Integrationsfach mit dem Titel „Natur und Technik“ (D-EDK, 2014) oder „Natur-Mensch-Mitwelt“ (ERZIEHUNGSDIREKTION BERN, 2013) unterrichtet wird. Sie staunen ungläubig, wenn sie hören, dass im nördlichen Nachbarland Biologie, Chemie und Physik als Einzelfächer unterrichtet werden. Und auch in PISA (Programme for International Student Assessment; OECD 2006) wird von einer *Scientific Literacy* gesprochen und nicht nach Fächern getrennt von einer biologischen, chemischen und physikalischen Bildung.

Gefächelter Unterricht: „Ist doch klar!“ In der Sekundarstufe I ist der gefächerte Unterricht, d. h. Biologie, Chemie und Physik als Einzelfächer, in vielen Ländern eine Selbstverständlichkeit. Unter anderem in fast allen deutschen Bundesländern, in Österreich und Frankreich. Für deutsche Realschullehrkräfte „ist doch klar“, dass die Fächer getrennt unterrichtet werden. Sie staunen ungläubig, wenn sie hören, dass im südlichen Nachbarland ein Integrationsfach mit einem Titel wie „Natur und Technik“ oder „Natur-Mensch-Mitwelt“ unterrichtet wird. In der Sekundarstufe II ist der gefächerte Unterricht weltweit der Normalfall. Das Gleiche gilt für die Tertiärstufe: Biologie, Chemie und Physik lauten die wissenschaftlichen Disziplinen, auch wenn in den letzten Jahrzehnten neue interdisziplinäre Wissenschaften wie Umweltwissenschaften oder Nanoscience dazugekommen sind.

Beispiel „Batterien“: Egal ob Integrationsfach oder gefächerter Unterricht, viele engagierte Lehrpersonen entwickeln und unterrichten immer wieder interessante Unterrichtseinheiten, in welchen sie zwei oder mehr Fächer verbinden oder koordinieren. Als typisches Beispiel mag das folgende dienen: Ein Chemie- und Physiklehrer, René Broch und Martin Hermann der Sekundarschule Frenke in Liestal/Schweiz, unterrichten die gleiche 9. Klasse in Chemie bzw. Physik. Im Rahmen des Schweizer Modellversuchs Swiss Science Education (SWiSE 2016) wollen sie eine fächerübergreifende Projektarbeit durchführen lassen. Das Thema „Batterien“ geben sie vor. Als Vorkenntnisse bringen die Schülerinnen und Schüler in Chemie die Begriffe Säure, Base und Metall mit, in Physik die Begriffe Ladung, Stromstärke, Spannung und Widerstand. Hingegen sind Aufbau und Funktion einer Batterie noch nicht bekannt. Im Rahmen der Projektarbeit erhalten die Schülerinnen und Schüler die Aufgaben 1. sich über Aufbau und Funktion einer Batterie zu informieren, 2. eine Batterie zu bauen, welche eine Leuchtdiode zum Leuchten bringt, 3. ein Projektjournal zu führen und 4. die Batterie der Klasse zu präsentieren und zu erklären. Die Aufgaben, die Rahmenbedingungen und die Bewertungskriterien werden der Klasse schriftlich abgegeben (BROCH & HERMANN 2013). Den Schülerinnen und Schülern stehen 10 Doppelstunden à 90 Minuten verteilt auf 5 Wochen zur Verfügung. Es wird eine Note erteilt, welche zusammen mit anderen Noten aus den üblichen schriftlichen Prüfungen sowohl für die Chemie- wie auch die Physik-Zeugnisnote zählt.

Mythen: Auf beiden Seiten sind die verschiedensten Meinungen und Aussagen zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht zu hören. Zum Beispiel:

- „Fächerübergreifender Unterricht steigert das Interesse für die naturwissenschaftlichen Fächer.“ Diese Aussage ist als Hypothese einzustufen, welche empirisch überprüft werden muss (siehe den vorletzten Abschnitt dieses Beitrags).
- „Integrationsansätze fördern das vernetzte Denken und unterstützen so den Lernprozess.“ Auch diese Behauptung bedarf der empirischen Überprüfung (s. u.).
- „Fächerübergreifender Unterricht bedeutet Team-Teaching und Projektunterricht.“ Falsch, denn nach den gängigen Definitionen bzw. Beschreibungen gibt es ganz verschiedene Varianten von fächerübergreifendem Unterricht. Team-Teaching oder Projektunterricht sind denkbar, stellen jedoch keine notwendige Bedingung dar.

- „Es gibt zu wenige Beispiele für fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht.“ Auch diese Behauptung stuft ich als falsch ein. Zahlreiche Beispiele sind gut dokumentiert; es lassen sich viele Unterrichtseinheiten bzw. Lehrmittel zum fächerübergreifenden Unterricht finden.
- „In einem Integrationsfach Naturwissenschaft lernen die Schülerinnen und Schüler weniger als im gefächerten Unterricht mit Biologie, Chemie und Physik je als Einzelfach.“ Ein Argument, das zu überprüfen ist (s. u.).

„Was ist da eigentlich klar?“ Für die einen ist der integrierte Unterricht „klar“, für die anderen der gefächerte Unterricht. Ein Widerspruch, erklärbar durch unterschiedliche Traditionen und Sozialisationen. Es gibt kein eindeutiges „klar“. Klar hingegen scheinen mir zwei andere Dinge: Erstens, der integrierte naturwissenschaftliche Unterricht ist auf der Ebene der deutschen Bundesländer zu einem Spielball der Bildungspolitik geworden. Wechselte die Regierung in einem Bundesland, kam es in der Vergangenheit in der Orientierungs- bzw. Sekundarstufe I verschiedentlich zu einem Wechsel vom gefächerten zum integrierten Ansatz bzw. vice versa vom integrierten zum gefächerten Ansatz. Zweitens, es gibt nur wenige Bildungsfragen, welche so kontrovers diskutiert werden und in denen so viel „Glauben und Meinen“ vorherrscht, d. h. ein Argumentieren ohne sich auf empirische Resultate abzustützen.

3 Argumente für fächerübergreifenden Unterricht

In der Literatur lässt sich ein breites Spektrum von Argumenten für fächerübergreifenden Unterricht finden. Für eine Zusammenstellung sei verwiesen auf Labudde (2003, 2008). Folgende Begründungen stehen seit über 25 Jahren im Mittelpunkt:

1. Vernetzen von Inhalten bzw. Unterstützen von Lernprozessen: Fächerübergreifender Unterricht trägt dazu bei vorhandenes und neues Wissen sowie neue Wissensfragmente untereinander zu verbinden. Dieses Argument beinhaltet mindestens zwei Begründungen bzw. Argumentationslinien: Einerseits trägt es konstruktivistische Züge. Denn wird das Vorverständnis der Schülerinnen und Schüler konsequent in den Unterricht einbezogen, kommt es quasi wie von selbst zu fächerübergreifendem Unterricht. Das Vorverständnis von Kindern und Jugendlichen ist meist noch nicht streng in Fachschubladen sortiert, sondern breit gefächert. Oder umgekehrt argumentiert, mit fächerübergreifenden Ansätzen lässt sich das Vorverständnis der Lernenden besser einbeziehen. Andererseits geht es um die Vernetzung alter und neuer Inhalte bzw. neuer Inhalte untereinander. Einzelne, manchmal unverstandene Wissensfragmente aus verschiedenen Fächern sollen nicht alleine für sich stehen, sondern miteinander verbunden sein.

2. *Schlüsselprobleme der Menschheit*: Zu diesen Problemen gehören u. a. die Versorgung mit Energie, der Umgang mit Rohstoffen, die Klimaerwärmung, die Verteilung von Arm und Reich, das Verhältnis bzw. die Rollen der Geschlechter. Bereits KLAFKI (1996) betonte die Bedeutung der Schlüsselprobleme der Menschheit für Schulcurricula und forderte mehr fächerübergreifenden Unterricht. Diese Forderung und Argumentation finden sich auch bei einer belgischen Arbeitsgruppe um Fourez, welche sinngemäß formuliert: Um ein Schlüsselproblem der Menschheit in einem Modell zu beschreiben und dann zu lösen, bedarf es der Kooperation mehrerer Disziplinen bzw. Institutionen (MAINGAIN, DUFOUR & FOUREZ 2002). Übertragen auf den Schulunterricht könnte das bedeuten: Jugendliche entwickeln die Bereitschaft, ein Problem in einem Modell zu beschreiben und dann zu lösen, indem sie ihr Wissen aus mehreren Fächern bzw. mehrere Gesichtspunkte vernetzen (LABUDE, 2006)

3. *Wissenschafts- und Berufspropädeutik bzw. kompetenzorientiertes Lernen*: Das Argument der Wissenschaftspropädeutik findet sich vor allem in älteren Publikationen zum fächerübergreifenden Unterricht. In einer neueren Terminologie würde es vielleicht heißen „auf die Naturwissenschaften bezogenes kompetenzorientiertes Lernen“. Es wurde bzw. wird argumentiert, dass fächerübergreifender Unterricht – besser als gefächerter Unterricht – auf den späteren Wissenschaftsbetrieb und Berufsalltag vorbereitet. Mit fächerübergreifendem Unterricht werden Fähigkeiten und Fertigkeiten aufgebaut, die für Wissenschaft und Beruf von besonderer Bedeutung sind. In neuerer Terminologie könnte es lauten: Fächerübergreifender Unterricht trägt zur Förderung eines breiten Spektrums von Kompetenzen bei, welche in Wissenschaft und Beruf unabdingbar sind.

4. *Überfachliche Kompetenzen*: Zu den überfachlichen Kompetenzen zählen unter anderem Kooperationsbereitschaft oder Problemlösefähigkeit. GROB & MAAG MERKI (2001) haben 36 derartige überfachliche Kompetenzen zusammengestellt. Auch wenn sie selbst diese nicht in Beziehung zu fächerübergreifenden Unterricht setzen, lässt sich das bei einigen machen. So sei die Hypothese gewagt, dass sich zum Beispiel die vier überfachlichen Kompetenzen Umweltkompetenz, Problemlösefähigkeit, Ambiguitätstoleranz und Differenziertes Denken besonders gut im fächerübergreifenden Unterricht fördern lassen. Andere Kompetenzen, wie zum Beispiel Kooperationsbereitschaft, relative Autonomie, Selbstakzeptanz oder Kreativität, lassen sich vermutlich gleichermaßen im disziplinären wie im fächerübergreifenden Unterricht fördern.

5. *Lernen in Projekten und durch Experimentieren*: Fächerübergreifende Unterrichtseinheiten werden oftmals als Projektunterricht (FREY 2012) oder zumindest projektartiger Unterricht konzipiert mit einem hohen Anteil an Experimenten. Projektunterricht zeigt oftmals fächerübergreifende Ansätze. Das eine dient als

Vehikel zur Förderung des anderen und vice-versa. Es wird argumentiert, dass sich mit fächerübergreifendem Unterricht das Lernen in Projekten fördern lässt.

6. Gender gerechter Unterricht: Chemie und noch mehr Physik zählen bei jungen Frauen zu den unbeliebten Schulfächern (PFENNING & RENN 2010, AKADEMIEN DER WISSENSCHAFTEN SCHWEIZ 2014). Ihr Interesse an ihnen ist gering, das Gleiche gilt für das fachspezifische Selbstkonzept. Zudem lassen sich in vielen internationalen Studien der letzten Jahrzehnte, wie TIMSS oder PISA, Leistungsdifferenzen zwischen den beiden Geschlechtern feststellen (OECD, 2007, 2010). Junge Männer schneiden signifikant besser ab als junge Frauen. Mit fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht soll der naturwissenschaftliche Unterricht Gender gerechter werden, d. h. die Differenzen zwischen Mädchen und Jungen bzw. jungen Frauen und Männern sollen sich verringern.

7. Interesse der Lernenden: Ein häufig gehörtes Argument für fächerübergreifenden Unterricht lautet, dass er das Interesse der Lernenden am naturwissenschaftlichen Unterricht und an die Naturwissenschaften erhöht. Die Begründungen hierfür sind vielfältig, unter anderem: fächerübergreifende Unterrichtsinhalte und -konzepte sind für viele Schülerinnen und Schüler häufig interessanter als rein fachliche Inhalte; Schülerinnen und Schüler, die sich zwar für Biologie, aber nicht für Physik oder Chemie interessieren, lassen sich durch fächerübergreifenden Unterricht auch für physikalische oder chemische Fragen, Phänomene und Zusammenhänge motivieren; mit dem interdisziplinären Vernetzen von Inhalten werden neue Einsichten ermöglicht und die Befriedigung beim Lernen erhöht.

Die hier aufgeführten Argumente lassen sich in vielen Schriften zum fächerübergreifenden Unterricht – in bzw. mit Naturwissenschaften – finden. Nur in wenigen Fällen werden sie empirisch abgestützt (s. u.). Oft bleibt es beim „Glauben und Meinen“ (s. o.).

4 Definitionen und Beispiele

Der Begriffswirrwarr bezüglich fächerübergreifenden Unterrichts und Interdisziplinarität ist gewaltig. Bevor weiter unten einzelne Begriffe erklärt werden, sei auf einige allgemeine Charakteristika und Grundsätzlichkeiten eingegangen:

- Es gibt verschiedene Formen von fächerübergreifendem Unterricht.
- Der Begriff „fächerübergreifend“ wird meist als Oberbegriff verwendet, so auch im vorliegenden Buchbeitrag.

- Als synonymen Oberbegriff benutzen viele Autoren und Autorinnen das Wort „interdisziplinär“. Analog wird im Englischen und in allen lateinischen Sprachen von „interdisciplinary“, „interdisciplinaire“, „interdisciplinare“ und ähnlich gesprochen, ebenfalls als Oberbegriff.
- Es ist sinnvoll, fächerübergreifenden Unterricht aus zwei Perspektiven bzw. Ebenen zu definieren und zu charakterisieren, der Ebene der Inhalte und der Ebene der Stundentafel, so wie dies bereits HUBER (1994) vor zwanzig Jahren vorgeschlagen hat.

Ebene der Inhalte – Begriffsklärung: Auf dieser Ebene, manchmal auch als Ebene der Fächer bezeichnet, lassen sich drei Typen von fächerübergreifendem Unterricht unterscheiden (HUBER 1994; LABUDE 2003, 2006):

1. Fächerschreitend (intradisziplinär): Von einem Fach, daher auch Fach im Singular, wird eine Verbindung zu einem anderen Fach hergestellt. Hier handelt es sich um die am einfachsten umzusetzende Form von fächerübergreifendem Unterricht. Zum Beispiel behandelt eine Physiklehrerin im Rahmen der Hydromechanik nicht nur physikalische Inhalte, sondern geht auch ausführlich auf die Messung des Blutdrucks ein, auf die physikalische und medizinische Erklärung und Bedeutung des oberen und unteren Messwertes (LABUDE 1996). Einige Personen würden diese Art von fächerübergreifendem Unterricht vielleicht noch nicht als fächerübergreifend bezeichnen, sondern eher als anwendungsorientierten Physikunterricht.
2. Fächerverbindend (multi- oder pluri-disziplinär): In zwei oder mehr Fächern wird das gleiche Thema zur gleichen Zeit (oder leicht zeitverschoben) erarbeitet. Zum Beispiel sprechen sich zwei oder mehr Lehrpersonen der gleichen Klasse ab, mit den Schülerinnen und Schülern das Thema „Zeit“ zu erarbeiten: In Biologie, Physik, Geographie/Geologie, Geschichte, Deutsch, Sport oder Philosophie erschließen sich die Lernenden verschiedenste Aspekte des Begriffs „Zeit“.
3. Fächerkoordinierend (interdisziplinär im engen Sinn, problemorientiert): Im Mittelpunkt dieser Variante von fächerübergreifendem Unterricht steht immer eine Frage oder ein Problem. Ausgehend von diesem suchen die Schülerinnen und Schüler nach einer Antwort oder einer Lösung. Ein klassisches Beispiel lautet: „Wie lässt sich der Energieverbrauch unserer Schule reduzieren?“ Die Beantwortung dieser Frage und die konkrete Umsetzung und Evaluation entsprechender Maßnahmen bedürfen der Kompetenzen aus verschiedensten Fächern, u. a. Physik, Wirtschaft und Psychologie.

In den Wissenschaften und der Forschung werden die Begriffe ähnlich verwendet, allerdings meist nur die lateinisch stämmigen, d. h. intra-, multi-, pluri- und interdisziplinär. Als weiterer Begriff kommt manchmal noch transdisziplinär dazu, eine Verbindung zwischen Wissenschaft(en) und Politik.

Ebene der Stundentafel – Begriffsklärung: Auf dieser Ebene geht es ausschließlich um die Stundentafel, d. h. um den Fächerkanon. Welche Fächer enthält die Stundentafel bzw. der Stundenplan. In Bezug auf den fächerübergreifenden Unterricht, auch hier als Oberbegriff verstanden, lassen sich zwei Varianten unterscheiden:

- I. Fächerergänzend: Neben den Einzelfächern Biologie, Chemie, Physik und den weiteren gängigen Schulfächern gibt es in der Stundentafel ein fächerergänzendes Angebot. So führt die Kantonsschule Frauenfeld/Schweiz, ein traditionsreiches Gymnasium, seit mehreren Jahren in der gymnasialen Oberstufe so genannte „Themennachmittage“, die – verteilt auf mehrere Nachmittage – fächerübergreifenden Themen gewidmet sind. Oder das Realgymnasium Leibnitz/Österreich führt neben den drei Einzelfächern ein weiteres Fach, das so genannte „Naturwissenschaftliche Labor“ (www.nwl.at), d. h. ein Labor, aber nicht für jede Naturwissenschaft einzeln, sondern für alle zusammen.
- II. Integriert: Die Fächer Biologie, Chemie, Physik und manchmal noch weitere Fächer werden zu einem Fach zusammengefasst. Typische Beispiele sind der Sachunterricht in der Grundschule, das Fach „Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen“ im 5./6. Schuljahr in Baden-Württemberg, das Fach „Naturkunde“ oder „Naturwissenschaften“ im 5./6. Schuljahr bzw. in Gesamtschulen in einzelnen Bundesländern, das Fach „Natur-Mensch-Mitwelt“ für das 1.-9. Schuljahr im Kanton Bern (ERZIEHUNGSDIREKTION DES KANTONS BERN 1995), welches neben den drei Naturwissenschaften auch noch Geographie, Geschichte, Religion und Hauswirtschaft umfasst. Ein Integrationsfach bedeutet nicht, dass alle Inhalte immer fachüberschreitend, fächerverbindend oder fächerkoordinierend unterrichtet werden. Im Integrationsfach kann es sehr wohl Phasen geben, in denen rein chemische oder physikalische Inhalte erarbeitet werden.

Begriffswirrwarr - Versuch einer Ordnung: In der folgenden Übersicht werden die Begriffe verschiedener Autoren zusammen- und gegenübergestellt (Tab. 1). Es geht dabei um Begriffe zum fächerübergreifenden Unterricht auf der Ebene der Inhalte.

Tab. 1: Gegenüberstellung der Begriffe verschiedener Autoren

Autor	Huber 1994	Mögling 1998	Labudde 2013	Maingain et al. 2002	BBT 2001
<i>Ober- begriff</i>	<i>Fächerüber- greifend</i>	<i>Fächerüber- greifend</i>	<i>Fächerüber- greifend</i>	<i>Interdiscipl. au sens large</i>	<i>Inter- disziplinär</i>
Unter- begriffe	Fachüber- schreitend	Fächer- integrierend	Fachüber- schreitend	Trans- Disciplinaire	Intra- disziplinär
	Fächer- verbindend	Fächerkoor- dinierend	Fächer- verbindend	Multi-/pluri- Disciplinaire	Multi-/Pluri- disziplinär
	Fächerkoor- dinierend		Fächerkoor- dinierend	Interdiscipl. au sens strict	Inter- disziplinär

Die Übersicht zeigt, dass die Worte „fächerübergreifend“ bzw. „interdisziplinär“ als Oberbegriffe gelten, die Autoren verschiedene Typen von fächerübergreifendem Unterricht unterscheiden, sie die Unterbegriffe aber nicht einheitlich verwenden. Im Folgenden mögen einige konkrete Beispiele die Begriffe illustrieren.

Beispiel 1 „Batterien“: Beim weiter oben skizzierten Beispiel Batterien handelt es sich auf der Ebene der Inhalte um fächerkoordinierenden Unterricht. Der Chemie- und der Physiklehrer haben sich zusammengetan, um gemeinsam eine Projektarbeit durchführen zu lassen. Mit dem Auftrag „Baut eine Batterie, welche eine LED zum Leuchten bringt“ steht *eine* Frage bzw. *ein* Problem im Mittelpunkt. Auf der Ebene der Stundentafel wird nichts geändert, d. h. im Stundenplan tauchen wie an dieser Schule üblich die beiden Fächer Chemie und Physik je einzeln auf. Es handelt sich also weder um ein fächerergänzendes noch um ein integriertes Unterrichtsangebot. Was die beiden Lehrer hingegen machen ist, dass sie während fünf Wochen je eine Chemie- und Physikstunde pro Woche für die Projektarbeit vorsehen.

Beispiel 2 „Erdöl – und in Zukunft?“: In dieser 20 bis 30 Schulstunden umfassenden Unterrichtseinheit, entwickelt von WAGNER & STUCKI (2008), sollen die Schülerinnen und Schüler:

- „für die Energieproblematik lokal wie global sensibilisiert werden,
- Maßnahmen zum verringerten Energiebedarf kennenlernen und für den persönlichen Einsatz überdenken,
- sich exemplarisch mit Alternativen zu fossilen Brennstoffen auseinandersetzen,
- selbstständig mit Informationsbroschüren, Lehrtexten und Experimentieranleitungen arbeiten,
- eine Gruppenpräsentation selbstständig entwickeln und der Klasse präsentieren.“

Diese fächerübergreifende Unterrichtseinheit ist auf der Ebene der Inhalte fächerkoordinierend, denn es steht wie bereits beim Beispiel „Batterien“ ein Problem im Mittelpunkt: Erdöl als fossiler Brennstoff und Alternativen zu ihm. Die Schülerinnen

und Schüler müssen sich chemische, physikalische, geografische, wirtschaftliche und psychologische Inhalte erarbeiten und vernetzen. Die Unterrichtseinheit findet im Fach „Natur-Mensch-Mitwelt“ (NMM; siehe oben) statt, d. h. in einem Integrationsfach, welches im Kanton Bern so im Lehrplan vorgegeben ist. Dieses Beispiel zeigt eindrücklich, welche Möglichkeiten ein (naturwissenschaftliches) Integrationsfach bietet.

Beispiel 3 „Unser Boden – mehr als der letzte Dreck?“ In dieser Unterrichtseinheit wird das Thema „Boden“ aus der biologischen und chemischen Perspektive erarbeitet. Die Biologie- und die Chemielehrkraft haben sich abgesprochen während fünf Wochen, d.h. während zwei Mal 10 Stunden, das Thema gleichzeitig zu behandeln (STORZ & AMMANN 2008). Es handelt sich auf der Ebene der Inhalte um einen typischen fächerverbindenden (multi-, pluridisziplinären) Unterricht: Der Inhalt „Boden“ ist abgesprochen; biologisches und chemisches Wissen werden verbunden. Aber es steht – anders als im fächerkoordinierenden Unterricht – nicht *eine* Frage bzw. *ein* Problem im Zentrum. Auf der Ebene der Studententafel handelt es sich um eine Schweiz spezifische Variante: Wie sich in Deutschland die Schülerinnen und Schüler für einen Leistungskurs entscheiden müssen, haben die Schweizer Jugendlichen die Wahl zwischen verschiedenen so genannten Schwerpunktfächern. Ein Schwerpunktfach lautet „Biologie und Chemie“. Es handelt sich um *ein* Fach, welches im Zeugnis und im Abitur mit nur *einer* Note auftaucht. An manchen Schulen wird das Fach von einer Lehrperson, in den meisten Fällen aber von zwei Personen unterrichtet. Beim vorliegenden Beispiel „Unser Boden – mehr als der letzte Dreck?“ wäre es also eigentlich ein Integrationsfach, welches aber doch wie zwei getrennte Fächer unterrichtet wird (WIDMER 2011).

Beispiel 4 „Natur – Mensch – Mitwelt“: Wie bereits oben erwähnt handelt es sich um den Namen eines Schulfachs im Kanton Bern (Erziehungsdirektion des Kantons Bern, 1995), welches vom 1. bis 9. Schuljahr seinen festen Platz in der Studententafel besitzt. Schülerinnen und Schüler, Eltern und Lehrkräfte reden kurz von „NMM“; ein Alltagsbegriff im Kanton Bern, welcher allen geläufig und vertraut ist. Die Inhalte von NMM sind nach Themenbereichen geordnet. Für den naturkundlichen Teil von NMM lauten sie: Energie – Materie, Wahrnehmen – Reagieren – Regulieren, Grundbausteine des Lebens, Pflanzen – Tiere – Menschen. Hinzu kommen Themenbereiche, welche als „fächerübergreifend“ bezeichnet werden und nicht nur die Naturkunde, sondern auch andere Teile von NMM umfassen, d.h. Geographie, Geschichte, Religion oder Hauswirtschaft. Zu den fächerübergreifenden Themenbereichen gehören: Ökosysteme, Natur erhalten – Raum gestalten, Erde – Sonne – Universum, Arbeitswelten, Rohstoffe – Energie, Bevölkerung – Menschen unterwegs, Menschen einer Welt, Gesundheit – Wohlbefinden, Zukunft. Für alle Themenbereiche sind detaillierte Lernziele und -inhalte notiert. Damit werden auf der Ebene der Inhalte günstige Voraussetzungen für fächerverbindenden oder fächer-

koordinierenden Unterricht geschaffen, was aber nicht bedeutet, dass phasenweise auch disziplinär unterrichtet wird, d.h. dass ausschließlich biologische, chemische oder physikalische Inhalte im Mittelpunkt stehen. Auf der Ebene der Stunden-tafel handelt es sich um ein Integrationsfach.

5 Empirische Forschungsergebnisse

Während zwar recht viele Publikationen mit Unterrichtsvorschlägen zum fächer-übergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht zu verzeichnen sind, gibt es nur wenige empirische Studien dazu. Im Folgenden werden vier paradigmatische empirische Publikationen vorgestellt: eine englische Metastudie von Bennet, Lubben & HOGARTH (2007), die Dissertation von KLOS (2009) zur Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht in Nordrhein-Westfalen, die Dissertation von Åström (2008) zu „Defining Integrated Science Education and Putting it to Test“ in Schweden und eine Studie zum „Fachsystematischen Unterricht“ von MERZYN (2013) in Deutschland.

Eine englische Metaanalyse: Unter dem Titel „*Bringing Science to Life: A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches to Science Teaching*“ (STS: Science – Technology – Society) stellen BENNET, LUBBEN & HOGARTH (2007) die Resultate von 17 englischsprachigen Studien zusammen, welche sie zuvor nach genau definierten, transparenten Kriterien ausgewählt haben. Sie kommen zum Schluss, dass ein Kontext basierter STS-Unterricht zu einer positiveren Einstellung gegenüber dem naturwissenschaftlichen Unterricht und partiell auch zu den Naturwissenschaften führt als gefächerter Unterricht. Das gilt in besonderem Maße für Mädchen, so dass sich die Geschlechterdifferenz hinsichtlich der Einstellungen verkleinert. Die Autorinnen der Metaanalyse belegen ihre Resultate eindrucklich, auch wenn sie bei einer Vielzahl der von ihnen untersuchten Studien Mängel monieren, so die fehlende Unabhängigkeit der Evaluatoren/-innen, die ihrer Einschätzung nach manchmal ungenügenden Instrumente, eine Konfundierung von Vernetzung, Inhalten und Unterrichtsmethoden.

Integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht im 5./6. Schuljahr: SILKE KLOS (2008) führt im Rahmen ihrer Dissertation ein Quasi-Experiment durch: Die Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe hatten im 5./6. Schuljahr einen integrierten Naturwissenschaftsunterricht, diejenigen der Kontrollgruppe im 5./6. Schuljahr zwei Jahre Biologie und in der 6. Klasse zusätzlich Physik jeweils als Einzelfächer. Klos befragte in Experimental- und Kontrollgruppe je 300 Personen und zwar am Anfang und Ende des 7. Schuljahres, in welchem beide Gruppen Biologie und Chemie als Einzelfächer hatten. Die Befragung umfasste u.a. den „Naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen Test“ (NAW-Test) und einen Fachtest in Chemie (KLOS ET AL. 2008). Zu den Hauptresultaten der Dissertation zählen (KLOS 2008; KLOS & SUMFLETH 2012):

- Im Integrationsfach Naturwissenschaften wird mehr experimentiert als im Fachunterricht Biologie; hingegen bestehen keine Unterschiede zum Fach Physik. Ein integrierter Unterricht scheint also, zumindest partiell, zu anderen Unterrichtsmethoden, vor allem zu mehr Experimentieren zu führen.
- In der Kontrollgruppe und noch ausgeprägter in der Experimentalgruppe weisen die Mädchen gemäss NAW-Test größere prozessbezogene Kompetenzen auf als die Jungen.
- Die Mädchen der Experimentalgruppe zeichnen sich durch ein gleich hohes Fachinteresse aus wie die Jungen, was für die Mädchen und Jungen der Kontrollgruppe nicht gilt.
- Im Fachttest Chemie gibt es keine Unterschiede zwischen Experimental- und Kontrollgruppe. Der in der 5./6. Klasse vorhergehende Naturwissenschaftsunterricht scheint bezüglich des Erwerbs von naturwissenschaftlichem Fachwissen gegenüber dem gefächerten Unterricht weder Vor- noch Nachteile aufzuweisen.

Integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht und seine Resultate in PISA: In Schweden haben die SI-Schulen die Möglichkeit entweder die Naturwissenschaften als Integrationsfach anzubieten oder aber als je drei Einzelfächer. Die Schwedin Maria ÅSTRÖM (2008) ging in ihrer Dissertation der Frage nach, ob die Schülerinnen und Schüler mit Integrationsunterricht in PISA anders abschneiden als diejenigen mit gefächertem Unterricht. In einem ersten Schritt definierte sie *integrated science education* im Kontext des schwedischen Schulsystems, um so zwischen den beiden naturwissenschaftlichen Unterrichtskonzepten – hier integriert, da gefächert – genau unterscheiden zu können. Ein Vergleich der PISA-Resultate zwischen den beiden Schülergruppen „Integrierte Naturwissenschaften“ versus „Biologie, Chemie, Physik als Einzelfächer“ brachte folgende Resultate:

- In PISA 2003 gibt es in Naturwissenschaften keinerlei Unterschiede zwischen den beiden Schülergruppen. Das gilt sowohl für die Gesamtheit der 15-Jährigen wie auch je separat für die Mädchen bzw. Knaben als Untergruppen.
- Das Gleiche gilt für PISA 2006 mit dem Testschwerpunkt Naturwissenschaften: Keinerlei Unterschiede bei der Gesamtheit der Population wie auch bei den Knaben. Hingegen eine kleine Leistungsdifferenz bei den Mädchen zugunsten der gefächert unterrichteten. Åström führt diese Differenz allerdings auf die Stichprobe zurück: die Mädchen, welche integriert unterrichtet wurden, schnitten nicht nur in Naturwissenschaften etwas schlechter ab als die Knaben, sondern auch in Mathematik und Lesekompetenz.

Die Studie von Åström ist insofern bemerkenswert als sie integrierten mit gefächertem naturwissenschaftlichem Unterricht vergleicht, welche im gleichen Land und

Bildungssystem stattfinden, d.h. alle weiteren die Bildung beeinflussenden Parameter wie Aus- und Weiterbildung der Lehrpersonen, Ausrüstung der Schulen oder Zusammensetzung der Schülerschaft dürften für beide Schülerpopulationen die gleichen sein.

Fachsystematischer Unterricht als umstrittene, aber etablierte Konzeption: GOTTFRIED MERZYN (2013) untersucht in seiner Studie zwar nicht integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht, aber er stellt die Frage, seit wann und warum sich fachsystematischer Unterricht – welcher als Kontrapunkt zu fächerübergreifendem Unterricht bezeichnet werden kann – so eindrücklich als Unterrichts- und Bildungskonzept für Biologie, Chemie und Physik in Deutschland behauptet. Merzyn stellt fest, dass die Diskussion über Vor- und Nachteile des fachsystematischen Ansatzes bereits seit über 100 Jahren geführt wird und dass es starke Pro- wie auch Kontra-Argumente gibt. Seinen Untersuchungen und Überlegungen nach haben folgende Umstände die fachsystematische Konzeption so stark gemacht: Das Lehramtsstudium an der Universität bietet Fachsystematik in Reinkultur. Die Konzeption ist bekannt und akzeptiert; man erspart sich bei gefächertem Unterricht die Auseinandersetzung mit schwierigen fachdidaktischen Fragen zu Stoffauswahl, Umgang mit Schülervorstellungen oder Unterrichtsmethoden. Zudem: „Fachsystematischer Unterricht hat in der Wissenschaft eine Patronin von höchstem Ansehen, [...] das gibt Sicherheit, Selbstbewusstsein und Stolz.“ (MERZYN 2013, S. 268)

Die Argumente zugunsten fächerübergreifenden Unterrichts auf dem Prüfstand der Empirie: Welche der Argumente des zweiten Abschnitts werden durch empirische Studien unterstützt, welche nicht bzw. noch nicht? Fasst man die Ergebnisse der vier erwähnten Publikationen zusammen, lassen sich mehrere Ergebnisse festhalten. Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht:

- erhöht das Interesse am naturwissenschaftlichen Unterricht (siehe oben Argument 7 „Interesse der Lernenden“);
- trägt zu einem Gender gerechteren Unterricht bei, in welchem Mädchen eine positivere Einstellung zum Schulfach und partiell auch zu den Naturwissenschaften entwickeln (Argument 6);
- fördert die naturwissenschaftlichen Kompetenzen bei Jugendlichen (Argument 3 „Wissenschafts- und Berufspropädeutik bzw. kompetenzorientiertes Lernen“);
- verändert die Unterrichtskultur hin zu mehr Experimentieren (partiell Argumente 5 „Lernen in Projekten“);
- führt im PISA-Test zu den gleichen Resultaten wie gefächertes Unterricht, d.h. *das* Kontra-Argument gegen fächerübergreifenden Unterricht wird zumindest im PISA-Test nicht bestätigt.

Andere Argumente zugunsten des fächerübergreifenden Unterrichts wurden bisher – meines Wissens nach – bisher nicht empirisch untersucht, zumindest nicht explizit. Dazu zählen die bessere Vernetzung von Wissen (Argument 1), der Umgang mit Schlüsselproblemen der Menschheit bzw. allgemein mit komplexen Problemen (Argument 2) oder die Förderung überfachlicher Kompetenzen (Argument 4).

6 Résumé

Beim folgenden Rück- und Ausblick werden drei Schwerpunkte gesetzt: Fächerübergreifender Unterricht auf der Ebene der Inhalte, fächerübergreifender Unterricht auf der Ebene der Studentafel, Desiderata für Bildungspolitik, fachdidaktische Forschung, Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen.

Fächerübergreifender Unterricht auf der Ebene der Inhalte: Lehrpersonen, welche in ihrem Unterrichts- und Schulalltag mehr interdisziplinär unterrichten wollen, finden in Lehrmitteln und Fachzeitschriften eine Vielzahl von konkreten Beispielen. Das Rad muss nicht neu erfunden werden. Ob eine kurze Sequenz fachüberschreitenden Unterrichts oder eine Blockwoche bzw. ein Quartal mit fächerkoordinierendem Unterricht, die Literatur für Lehrkräfte wartet mit einem breiten Spektrum von Unterrichtsideen auf. Für fächerübergreifenden Unterricht gibt es zahlreiche Argumente, von denen allerdings nur ein Teil empirisch gesichert ist. Zu letzteren zählen Interessen- und Kompetenzförderung, Gendergerechtigkeit und partiell auch Veränderung der Unterrichtskultur. Auf der anderen Seite gibt es nur wenige Gegenargumente, von denen zudem – meines Wissens – keines empirisch gesichert ist. Dass der Unterricht bei vielen Lehrpersonen nach wie vor viel stärker an der Fachsystematik als an fächerübergreifenden Inhalten oder an lebensnahen Kontexten orientiert ist, hängt nicht mit Kontraargumenten gegen mehr Interdisziplinarität zusammen, sondern mit Fachsozialisation im Studium, dem Ausweichen vor Auseinandersetzungen und schwierigen fachdidaktischen Fragen sowie der Rückendeckung durch die starke „Patronin Fachwissenschaft“. Zudem sind auch die Aus- und Weiterbildung für fächerübergreifenden Unterricht noch ausbaufähig. Dass es auch genau umgekehrt aussehen kann, zeigen die Aus- und Weiterbildung und entsprechende Sozialisation der Lehrkräfte für das Integrationsfach "Mensch und Umwelt" in der Zentralschweiz an der PH Luzern (BROVELLI 2014).

Fächerübergreifender Unterricht auf der Ebene der Studentafel: Hier gibt es gewaltige Unterschiede zwischen verschiedenen Ländern bzw. Bildungssystemen. So sehr im einen System ein integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht selbstverständlich ist, so sehr ist im anderen System gefächerter Unterricht selbstverständlich. In beiden Systemen wird das jeweilige Konzept nicht hinterfragt. Geht man davon aus, dass in einem Integrationsfach auf der Ebene der Inhalte mehr fachüberschreitend, fächerverbindend und fächerkoordinierend unterrichtet wird als

im gefächerten Unterricht, lassen sich die oben erwähnten empirischen Resultate auf den Integrationsunterricht übertragen. Das Kontraargument, welches gegen integrierten Unterricht immer wieder vorgebracht wird, dass Schülerinnen und Schüler weniger lernen als im gefächerten Unterricht, harrt einer empirischen Überprüfung. Zumindest in den schwedischen PISA-Resultaten lässt es sich nicht belegen; auch generell lässt sich in PISA kein Unterschied zwischen Ländern mit bzw. ohne integrierten Unterricht feststellen. Andere Kontraargumente bzw. Probleme könnten da schon eher Gewicht haben. Zum einen die Frage nach der Ausbildung von Lehrpersonen auf ein Integrationsfach Naturwissenschaften hin: Dorothee Brovelli (2014) zeigt auf, wie die Pädagogische Hochschule Luzern als erste Hochschule im deutschsprachigen Raum seit zehn Jahren erfolgreich ein entsprechendes Studienprogramm *für angehende* Lehrkräfte Sekundarstufe I umgesetzt. Zum anderen das Problem etwaiger Stundenreduktionen: Bei Sparmaßnahmen ist es politisch einfacher eine Stunde bei einem vier- oder fünfständigen Integrationsfach zu kürzen als bei einem Ein- oder Zweistundenfach Chemie oder Physik.

Desiderata für Bildungspolitik, fachdidaktische Forschung, Aus- und Weiterbildung: Welche Wünsche hinsichtlich der Weiterentwicklung des fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts bestehen?

- Die Diskussion über fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht vom „Glauben und Meinen“ sowie vom bildungspolitischen Ballast befreien;
- klar definierte Begriffe verwenden und die Ebene der Inhalte von der Ebene der Stundentafel unterscheiden;
- weitere empirische Studien zur Wirksamkeit fächerübergreifenden Unterrichts mit neu zu konzipierenden validen und reliablen Instrumenten durchführen;
- die Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen in Bezug auf fächerübergreifenden Unterricht überdenken und weiterentwickeln.

Literatur

- AKADEMIEN DER WISSENSCHAFTEN SCHWEIZ (2014). MINT-Nachwuchsbarometer. Bern: Akademien der Wissenschaften
- ÅSTRÖM, M. (2008). Defining Integrated Science Education and Putting It to Test. Departement of Social and Welfare Studies (PhD-Thesis). Norrköping, Sweden: Mittuniversitetet
- BBT (2001). Rahmenlehrplan für die Berufsmaturität: technische Richtung, gestalterische Richtung, gewerbliche Richtung. Bern: Bundesamt für Berufsbildung und Technologie BBT

- BENNETT, J., LUBBEN, F., & HOGARTH, S. (2007). Bringing Science to Life: A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches to Science Teaching. *Science Education*, 91, 347-370
- BROCH, R. & HERMANN, M. (2013). Eine einfache Batterie selber herstellen: eine Projektarbeit für Schülerinnen und Schüler der 9. Klasse. Liestal, Schweiz: Sekundarschule Frenke
- BROVELLI, D. (2014). Integrierte naturwissenschaftliche Lehrerbildung – Entwicklung professioneller Kompetenz bei Lehramtsstudierenden. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20 (1), 21-32
- D-EDK (2014). Lehrplan 21. Luzern: Deutschschweizer Erziehungsdirektorenkonferenz. www.lehrplan21.ch
- ERZIEHUNGSDIREKTION DES KANTONS BERN (1995). Lehrplan Volksschule: Primarstufe und Sekundarstufe I. Bern: Berner Lehrmittel- und Medienverlag BLMV. www.nmm.ch
- FREY, K. (2012. 12. Auflage). Die Projektmethode: Der Weg zum bildenden Tun. Weinheim: Beltz
- GROB, U., & MAAG MERKI, K. (2001). Überfachliche Kompetenzen. Theoretische Grundlegung und empirische Erprobung eines Indikatorensystems. Bern: Peter Lang
- HUBER, L. (1994). Wissenschaftspropädeutik und Fächerübergreifender Unterricht - Eine unerledigte Hausaufgabe der allgemeinen Didaktik. In M. A. Meyer & W. Plöger (Hrsg.), *Allgemeine Didaktik, Fachdidaktik und Fachunterricht*. Weinheim,: Beltz, 243-253
- KLAFKI, W. (1996). Grundzüge eines neuen Allgemeinbildungskonzepts. Im Zentrum: Epochaltypische Schlüsselprobleme. In W. Klafki (Hrsg.), *Neue Studien in Bildungstheorie und Didaktik*. Weinheim: Beltz, 43-81
- KLOS, S. (2007). Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht – Der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts (Dissertation). Berlin: Logos
- KLOS, S., HENKE, C., KIEREN, C., WALPUSKI, M., & SUMFLETH, E. (2008). Naturwissenschaftliches Experimentieren und chemisches Fachwissen - zwei verschiedene Kompetenzen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(3), 304-321
- LABUDDE, P. (1996, 3. Auflage). *Alltagsphysik in Schülerversuchen*. Bonn: Dümmler

- LABUDDE, P. (Hrsg.) (2003). Fächer übergreifender Unterricht in und mit Physik: Eine zu wenig genutzte Chance. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 1(2), 48-66
- LABUDDE, P. (2006). Fachunterricht und fächerübergreifender Unterricht: Grundlagen. In K.-H. Arnold; J. Wiechmann & J. Sandfuchs (Hrsg.), Handbuch Unterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 441-447
- LABUDDE, P. (2008). Naturwissenschaften vernetzen - Horizonte erweitern: Fächerübergreifender Unterricht konkret. Seelze: Kallmeyer
- MAINGAIN, A., DUFOUR, B., & FOUREZ, G. (2002). Approches didactiques de l'interdisciplinarité. Bruxelles, DeBoeck Université
- MERZYN, G. (2013). Fachsystematischer Unterricht: Eine umstrittene Konzeption. Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht, 66 (5), 265-269
- MÖGLING, K. (1998). Fächerübergreifender Unterricht - Wege ganzheitlichen Lernens in der Schule. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt
- OECD (2006). Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development
- OECD (2007). PISA 2006: Schulleistungen im internationalen Vergleich: Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von Morgen. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development
- OECD (2010). PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do. Student Performance in Reading, Mathematics and Science. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development
- PFENNING, U., & RENN, O. (2010). Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften: Wissenschaftlicher Abschlussbericht. Stuttgart: Universität Stuttgart, Lehrstuhl für Umwelt- und Techniksozialisation
- STORZ, M., & AMMANN, E. (2008). Unser Boden – mehr als der letzte Dreck? In P. Labudde (Hrsg.), Naturwissenschaften vernetzen - Horizonte erweitern: Fächerübergreifender Unterricht konkret. Seelze: Kallmeyer, 143-153
- SWISE (2016). Swiss Science Education / Naturwissenschaftliche Bildung Schweiz. www.swise.ch
- WAGNER, U., & STUCKI, H. (2008). Erdöl – Und in Zukunft? In P. Labudde (Hrsg.), Naturwissenschaften vernetzen - Horizonte erweitern: Fächerübergreifender Unterricht konkret. Seelze: Kallmeyer, 222-235

- WALPUSKI, S. & SUMFLETH, E. (2012). Kompetenzen und Interesse fördern: Das Unterrichtskonzept Naturwissenschaft in NRW. *Unterricht Chemie*, 23 (130/131), 88-91
- WIDMER, I. (2011). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht: Umsetzung und Beurteilung von Schülerleistungen im Gymnasium (Dissertation). Basel: Universität Basel

Ordnung muss sein! Wohin mit der Geographie im „System der Wissenschaften“? Eine disziplinhistorische Skizze*

von Hans-Dietrich Schultz, Humboldt Universität zu Berlin

Abstract

Fächer, egal ob in Wissenschaft oder Schule, entstehen und vergehen in einem Feld von wechselnden Alternativen und wechselnden historischen Umständen. Um 1800 umfasste das, was im deutschen Sprachraum Geographie genannt wurde, eine Vielzahl von Einzeldisziplinen (Geographien), deren Gegenstände alles Mögliche umfassten. Zwei Richtungen traten besonders in den Vordergrund, eine naturwissenschaftliche, und eine historisch-politische bzw. kulturwissenschaftliche Richtung. Das mit der Akademisierung der Geographie nach 1870 von einigen Hochschulgeographen vorangetriebene Projekt, die naturwissenschaftliche Richtung als die eigentliche Geographie zu etablieren, die alle Geowissenschaften vereinte, war zwar gut begründet und nicht völlig chancenlos, doch vor allem bildungspolitisch unerwünscht. So blieb auch die historisch-politische Geographie ein Teil der „eigentlichen“ Geographie. Die Einheit des Faches wurde nunmehr über den Raumbegriff hergestellt, der als Land und Landschaft konkretisiert wurde. Natur und Mensch, Materie und Geist fanden im Bild der Landschaft ihren sichtbaren Ausdruck, Geographie wurde bis in die 1960er Jahre identisch mit „Länderkunde“. Seit einiger Zeit ist die traditionelle Fächerstruktur wieder stark in Bewegung begriffen, was zum Teil heftige Reaktionen hervorruft. Ein Blick zurück in die Fachgeschichte kann zeigen, dass dies immer schon so war, und zu mehr Gelassenheit beitragen.

Schlagerworte: Wissenschaftsgeschichte, Physische Geographie, Humangeographie, Einheitsgeographie, Länderkunde

1 „Fächerdämmerung“?

Noch erfolgt die schulische Bildung weitgehend gefächert und die Ausbildung der Lehrer an den Hochschulen und im Referendariat ebenso. Dieses Fachlehrerprinzip, für das Geographen seit dem 19. Jahrhundert vehement gekämpft haben, führt dazu, dass sich der Lehrer nur oder nur vorwiegend für sein Fach bzw. seine Fächer interessiert und kompetent fühlt mit der Folge, dass er Schüler, die ihn nach etwas „Fachfremdem“ fragen, an den „zuständigen“ Fachlehrer verweist. So lernen die Schüler schon früh ein Denken in Fächern.

* Kursivstellen innerhalb von Zitaten dieser Skizze folgen Hervorhebungen im Original. In dem historischen Bildungskampf zwischen Humanisten und Realisten standen die höheren Jungenschulen im Fokus. Lehrerinnen und Schülerinnen sind, wo dies sachlich zutrifft, selbstverständlich stets mitgemeint.

Genau hier sehen Kritiker des Fächerprinzips das zentrale Problem, dass nämlich die Fächer vom Schüler fälschlicherweise als Ausdruck und Abbild der Wirklichkeit selbst missverstanden würden, während der Fachlehrer der Illusion erliege, dass es den Schülern schon irgendwie gelingen werde, zusammenzufügen, was er selbst als (mehr oder weniger) „Fachidiot“ nicht muss bzw. schafft: aus der Addition der Fächer sich ein zusammenhängendes Bild von dieser Wirklichkeit zu machen. Die Kritiker würden daher die Schule lieber von ihrem relativ konsequenten Prinzip der Fachlichkeit zugunsten neuer Kombinationen und Fusionen befreien. Für LIESSMANN, einen österreichischen Philosophen, führt diese anbrechende „Fächerdämmerung“ mit ihrer „neuen Disziplinlosigkeit“ (2014, S. 61) „zu einer Verwahrlosung des Denkens und einer Abwertung des Wissens“ (S. 76). Ohne Zerschlagung der Wirklichkeit in Fächer keine Bildung! Denn: „Gerade weil in der Wirklichkeit alles mit allem zusammenhängt, wir aber diese Totalität nicht erfahren können, müssen wir sie durch die Disziplinierung der Fächer analytisch durchdringen und dann in ihren Zusammenhängen zu begreifen versuchen“ (S. 68). Wer nicht über das Rüstzeug der Fächer verfüge, könne nicht in fächerübergreifenden Projekten erfolgreich arbeiten. Fächerzusammenlegungen haben für LIESSMANN daher „vorab [...] weniger einen pädagogischen als einen kabarettistischen Wert“ (S. 72). Es darf gelacht werden!

Ein Blick in die Schulgeschichte zeigt jedoch, dass der Fächerkanon der Moderne trotz seiner im Kern erstaunlichen Stabilität und Widerstandsfähigkeit durchaus Veränderungen erfahren hat. Er ist (Analoges gilt für die Hochschulen) unter bestimmten gesellschaftspolitischen Bedingungen und Erfordernissen entstanden und wurde bei veränderten Umständen, wengleich oft erst im Zuge langwieriger und heftiger intellektueller Bürgerkriege, diesen angepasst. Welche Fächer der Kanon umfasst und welche draußen vor der Schultür bleiben müssen, wie die aufgenommenen Fächer inhaltlich zugeschnitten und nach Schularten und Schulstufen stundenmäßig gewichtet werden, das hing und hängt u. a. von den Präferenzen und Prioritäten der um Macht und Einfluss kämpfenden (Bildungs-)Eliten unter den jeweils vorherrschenden Rahmenbedingungen und verfügbaren Medienressourcen ab.

Für den Wissenschaftshistoriker bedeutet dies, auch nach Konzepten zu fragen, die konkurrierend kursierten, bevor sich ein bestimmtes durchgesetzt und den Raum der Möglichkeiten auf ein vermeintlich alternativloses Vorgehen verengt hat. Entsprechend wäre ebenfalls zu überlegen, wie die Entwicklung des Fächerkanons an Schulen und Hochschulen verlaufen wäre, wenn sich ein solches konkurrierendes Konzept durchgesetzt hätte. Diese konjunktivische Fragestellung gilt zwar als verpönt – „Hätte, hätte, Fahrradkette“, lautet ein populärer Spruch –, doch für den Alt- und Allround-Historiker Alexander DEMANDT ist sie geradezu konstitutiv, wie er in seiner „Unge-schehenen Geschichte“ (1986) an zahlreichen Beispielen gezeigt und mit einer Fülle von theoretischen Argumenten untermauert hat. Selbst die Gegner des Konjunktivs *müssen* unfreiwillig auf das Nichtgeschehene zurückgreifen, um ihren Gewichtun-

gen und wertenden Schlüssen Plausibilität zu verleihen. Wertungen, die bisher widerspruchlos akzeptiert wurden, können im Lichte denk- und realisierbarer Alternativen geradezu in ihr Gegenteil verkehrt werden. Vor allem aber setzt die Behauptung, aus der Geschichte lernen zu können und zu wollen, logisch voraus, dass aus ungeschehener Geschichte geschehene Geschichte hätte werden können, andernfalls wäre alles stets so gekommen, wie es kommen musste, ohne dass jemand daran etwas hätte ändern können. Bezogen auf die Geographie (hier die klassische) heißt dies: Musste sie werden, was sie wurde, oder gab es im Laufe ihrer allmählichen Durchsetzung dazu Alternativen?

Damit ist die Frage aufgeworfen: „Was ist Geographie?“, die das ganze 19. Jahrhundert hindurch und darüber hinaus – einmal mehr, einmal weniger – virulent blieb und bis heute für Aufregung sorgt, obwohl ihr Alfred HETTNER, der methodologische Dogmatiker und Mächtetern-Chorführer unter den damaligen Geographen, bereits Ende des 19. Jahrhunderts die aus seiner Sicht ultimative Antwort gegeben hatte, nämlich zu sein, was sie „zu allen Zeiten“ gewesen sei: *Länderkunde*, welche „die Verschiedenheiten der Erdräume kennen“ lehre, nur dass diese „eigentliche Aufgabe“ (1898, S. 316) zuweilen verdeckt worden sei. Natürlich war auch HETTNER nicht blind dafür, dass der Kanon der Wissenschaften einer Entwicklung unterlag, also Veränderungen durchmache, und so hielt er nichts von *apriorischen* Konstruktionen, die ganz verschieden ausfallen könnten. Doch er unterstellte, dass sich mit wachsender Arbeitsteilung die historische Entwicklung immer mehr am „inneren Zusammenhang“ der Dinge orientiere, um schließlich im „richtigen“ System der Wissenschaften anzukommen. Die allein sachgerechte Systematik existierte für HETTNERs gleichsam schon als platonische Idee, die die Geographie nach mancherlei Ab- und Irrwegen auf die ihr „vorgezeichneten Bahnen“ (1898, S. 316) einschwenken ließ: „Eine falsche oder unzureichende Systematik kann die wissenschaftliche Forschung und Lehre in falsche Bahnen lenken und dadurch auch die Fruchtbarkeit der Wissenschaft empfindlich schädigen. Eine richtige Systematik dagegen trägt zur Verkleinerung der Reibungsflächen bei und kann auch auf Gebiete aufmerksam machen, in welche die Wissenschaft noch nicht hineingeleuchtet hat“ (1905, S. 251).

Ferdinand v. RICHTHOFEN hat dagegen in seiner berühmten Leipziger Antrittsrede von 1883, die vielen Geographen als die eigentliche Programmrede der Geographie galt, mit einem alternativen Weg zur Länderkunde geliebäugelt, der auf einen fiktiven Rollentausch zwischen den beiden sogenannten Gründern der modernen Geographie, Alexander v. HUMBOLDT und Carl RITTER, basierte: „Hätte Humboldt die letztere [die Geographie] auf dem einzigen, damals für sie an einer Universität bestehenden Lehrstuhl vorgetragen, und wäre Ritter der Privatgelehrte gewesen, so hätte vielleicht die physikalische Geographie, welche den synthetischen Länderbeschreibungen fast unvermittelt gegenüberstand, den Sieg davon getragen“ (RICHTHOFEN 1883, S. 44 f.). Die Länderkunde, historisch wie logisch für HETTNER die einzig richtige Art, Geographie zu betreiben, wäre ausgefallen.

Die folgenden Ausführungen, im Wesentlichen begrenzt auf die Zeit von 1800 bis 1918, sollen zeigen, dass die deutsche Geographie auf ihrem Weg in die Landschafts- und Länderkunde an Abzweigungen vorbeikam, die durchaus Alternativen dazu erkennen ließen, die bei etwas mehr Mut der Altpatruellierten des Faches eine Realisierungschance gehabt hätten. Als hemmend werden sich dabei die Phobien der geisteswissenschaftlichen Eliten gegen die invasiven Naturwissenschaften und deren vermeintliche Flucht aus der Religion sowie die starke Rolle der bildungspolitischen Intentionen des Staates erweisen, so dass die klassische akademische Geographie sich schließlich der länderkundlichen Tradition der Schule beugte und ihr intensiver Flirt mit den Naturwissenschaften ein kurzlebiges Intermezzo blieb.

2 Erste Versuche, die Geographie neu zu definieren

Wer die Geschichte der wissenschaftlichen Geographie betrachtet, muss also auch das Schulfach Geographie und die Diskussion um seine Bildungsbedeutung im Kontext der anderen Schulfächer einbeziehen. Selbst KANT und HERDER, bis heute von Geographen wie Schulgeographen gerne ihres großen Namens wegen als Werbeträger instrumentalisiert, hielten die Geographie nur für eine *wissenschaftspropädeutische Schulwissenschaft*, die durch eine allgemeine Weltorientierung den verschiedensten Berufen und Bedürfnissen diene, dabei nicht zuletzt dem Zeitungsleser und der gesellschaftlichen Konversation, kurz: dem „gesunden Menschenverstand“ (KANT). Akademisch musste sie gelehrt werden, weil die gewöhnlichen Schulen versagten. Zahlreiche Geographien wurden unterschieden, so die astronomische oder mathematische Geographie, die Topographie, die physi(kali)sche Geographie mit oder ohne Geologie, die Völkerkunde und die Staatsgeographie, dazu weitere Teilgeographien, wie die medizinische, gewerbliche, kirchliche oder moralische Geographie, allesamt *Realienwissenschaften*, die teils den Naturwissenschaften, teils den anthropologischen (oder historischen) Wissenschaften zugeordnet wurden (z. B. RESEWITZ 1773). Für die Politik war noch die Militärgeographie von Bedeutung. Dieses Nebeneinander wurde weder als störend empfunden noch als Zersplitterung bedauert. Ein guter Geograph und Lehrbuchautor war, wer die Stoffmassen mit einem bequemen Schema bändigte. Eine Einheitsgeographie war noch nicht das Ziel.

Realien waren alle Fächer mit einem empirischen Weltbezug, also neben der Heimat-, Welt- und Erdkunde (Geographie) auch Geschichte, Naturgeschichte, Naturlehre und Chemie, aus denen wiederum weitere Fächer ausgegliedert werden konnten, z. B. Astronomie, Meteorologie, Mineralogie, Land- und Gartenbau. Die Fächer der klassischen Studien, vor allem Griechisch und Latein, galten als *Humaniora*. Noch 1872 firmierten Geschichte, Geographie und Naturbeschreibung in den preußischen „Allgemeinen Bestimmungen“ von 1872 für die Volksschulen als „Realien“ (S. 595). Zwischen Vertretern beider Fächergruppen kam es im 19. Jahrhundert wiederholt zu heftigen Schlagabtauschen: auf der

Seite der Realien die Anhänger gemeinnütziger und berufspraktischer Kenntnisse, auf der Seite der Humaniora die Verteidiger eines auf das Individuum zugeschnittenen antiken Vollkommenheitsideals. Allein die Humaniora galten den Freunden des Altertums als bildend, während die Sachfächer einer lebenspraktischen Ausbildung dienen und statt wahrer Geistesbildung lediglich eine Fachbildung vermitteln würden. Aus der Realiengruppe stand die Geschichte mit dem Menschen als geistbetontem Gegenstand den Humaniora am nächsten, wobei die Geographie als natürliche Basis der Geschichte sich hier anschloss.

In diesem explosiven bildungspolitischen Umfeld starteten um 1800 erste Versuche, der Geographie ein bestimmteres Profil und eine präzisere Aufgabenbestimmung zu geben. 1810 wurde dann an der neugegründeten Berliner Universität eine außerordentliche Geographieprofessur, 1820 eine zweite eingerichtet, aus der 1825 eine ordentliche wurde. Die erste erhielt August ZEUNE, der Direktor der Berliner Blindenanstalt, der mit seinem „Versuch einer wissenschaftlichen Erdbeschreibung“, der „Gea“ (1808), der bisherigen Staatengeographie eine „immerwährende“ natürliche Geographie gegenübergestellt hatte, die zweite wurde mit Carl RITTER besetzt, der zuletzt als Gymnasiallehrer tätig und durch seine „Erdkunde“ erst bekannt und dann berühmt geworden war. Zusammen mit Alexander v. HUMBOLDT wird er, in der Gewichtung mit den Zeitläuften schwankend, als „Begründer“ der modernen Geographie geführt. RITTERS Professuren waren jedoch gar keine reinen Geographiestellen die ordentliche Professur war z. B. eine für „Länder- und Völkerkunde und Geschichte“. Die „Länderkunde“ hatte es mit Naturgebieten („Ländern“), die „Völkerkunde“ mit Siedlungsgebieten und die „Geschichte“ mit politischen Räumen („Staaten“) zu tun. RITTER vertrat somit keine Einzeldisziplin, sondern eine Verbundwissenschaft, deren Teile aufeinander verwiesen, was in der üblichen Rede, er habe den ersten Lehrstuhl der Geographie erhalten, untergeht und zu Fehldeutungen führen kann.

Was verstand RITTER unter Geographie? Sie sei, definierte er, die „Wissenschaft der irdischerfüllten Raumverhältnisse“ (RITTER 1834, S. 1), so wie die Geschichte die „Wissenschaft der irdischerfüllten Zeitverhältnisse“ (S. 2) sei. Beschäftige sich der Historiker mit dem „Nacheinander von Begebenheiten“ resp. der „Aufeinanderfolge und die Entwicklung der Dinge im Einzelnen und im Ganzen“, so der Geograph mit den „Beschreibungen und Verhältnissen des Nebeneinander der Örtlichkeiten, als solche, in ihren besondersten Vorkommen wie in ihren allgemeinsten tellurischen Erscheinungen“ (S. 1). Die ‚Ordnung der Dinge‘ und der ‚Lauf der Dinge‘ waren zwei Seiten derselben Medaille. Der Geograph war somit einmal zuständig für „die arithmetischen [...] und geometrischen Verhältnissen der Räume“, dann aber auch für ihre „materiellen Erfüllungen [...] nach ihren Verbreitungsverhältnissen, Verbreitungssphären und Verbreitungsgesetzen über die Erde [...] und [nach] den Erscheinungen die aus ihren irdischgegebenen Combinationen unter sich, wie zu den Stellungen, Gestalten und Formen, zu den Summen, Größen und Distanzen hervorgehen“ (S. 5 f.). Die „Stoffe, Formen und inwohnenden Kräfte des Materials

an sich“ und „ihre Naturgesetze“ gingen den Geographen jedoch nichts an, dafür seien „die Lehren der Naturwissenschaften, der Physik und Chymie“ (S. 5) zuständig. RITTERS Geographie war, verbunden mit der Geschichte, auf die äußere, dem unbewaffneten Auge makroskopisch sichtbare Welt orientiert.

Damit kam eine „blos physikalische oder sogenannte natürliche Geographie“, die rigoros alles Historische verwarf und „den vollen Inhalt“ (1834, S. 3) der Aufgabenbestimmung verfehlte, für RITTER nicht in Frage. Solche Versuche seien „nicht tief genug in das Wesen der allgemeinen Physik“ (S. 3) eingedrungen. Ebenso lehnte er die umgekehrte Verfahrensweise ab, „die historische Seite für die höhere Bedeutung dieser Wissenschaft“ anzusehen und den Lehrbüchern „durch die Beimischung des Historischen die wahre Würze und die höhere Weihe zu geben“ (S. 3). Sie seien zwar nicht gänzlich unbrauchbar, aber für den „wissenschaftlichen Fortschritt“ bedeutungslos, es fehle ihnen der wissenschaftliche Zusammenhang, der aus der Geographie heraus festgestellt werden müsse. Wer in die „Breite und Fläche“ statt in „die Tiefe“ gehe und sein „eigenthümliches Feld“ überwuchere, verkenne das „Wesen“ (S. 6) der Geographie und bringe sich um die von ihm erwarteten Erkenntnisse. Um eine Wissenschaft aber, „welche erst des Reizes der Übertragung, oder der Nutzenanwendung aus andern Wissenschaften“ bedürfe, stehe es „schlimm“, sie sei eine „todtgeborne“ (S. 4).

Dass neben der Erdrinde und den Pflanzen und Tieren auch „die Menschenwelt mit ihren Völkern und geistig belebten Individuen“ zu den „materiellen Erfüllungen“ der Räume gehörte, obwohl nicht „an die Scholle gebunden“, begründete RITTER einerseits damit, dass sie „in ihrer physischen wie geistigen Entfaltung durch dieselbe mannichfach bedingt“ (1834, S. 6) sei. Da aber andererseits das Menschengeschlecht „seinem eignen Entwicklungsgange nach ethischen Gesetzen“ folge, gerate es „in den bedingenden Conflict mit der fortschreitenden physischen Entwicklung seines Wohnortes, der Erde“, und so seien auch diese Gesetze ein Teil der Geographie, „gleichsam der Schlußstein“ (S. 6). Die Geographie hatte es somit nach RITTER mit einer doppelten Art von Bewegung zu tun, einer „bloß physischen“ und einer vom Menschen getragenen „beseelten“ (S. 9), folglich auch mit zwei Entwicklungen, die nach unterschiedlichen Gesetzen und Geschwindigkeiten abließen, aber gleichwohl durch die Kulturmittel des Menschen ineinander verschränkt waren. Das „Erdsystem“ verändere sich „in seinem historischen Leben“ (S. 11), die Naturverhältnisse verlören „immer mehr und mehr von der bindenden und fesselnden Gewalt für die Völker“ (S. 14) und würden in eine „Kulturlandschaft“ (S. 13) umgewandelt. „In diesem Wechsel der physikalischen Verhältnisse des Erdplaneten durch das Element der Geschichte“ liege „der wesentliche Unterschied der Geographie, als Wissenschaft der Gesamtverhältnisse der tellurischen Seite der Erde“ (S. 10) gegenüber der Astronomie. Damit sei das Feld der Geographie „genau genug abgesteckt“, ein „Abirren in die Nachbargebiete“ (S. 7) vermieden.

Beseelte und unbeseelte Natur, mechanische, physische und intellektuelle Gewalten standen sich bei RITTER jedoch nicht derart gegenüber, dass auf der einen Seite

das Leben und auf der anderen nur ein „todtes Aggregat“ lag, die Erde selbst trug ihm zufolge ihre „Lebenskeime zu weiterer Entfaltung in sich“ und wurde „erst durch dieses ihr lebendiges Princip zu einem Ganzen“ (RITTER 1862, S. 13). Gott hatte sie mit mehr oder minder begabten Erdstellen ausgestattet, um dem Menschen Wohnplatz und „Erziehungshaus“ zu sein. Durch ihre schon dem Auge sichtbare Gestalt, ihre Gliederung, Erstreckung und Anordnung steuerten sie den Umgang der Völker mit der Natur ihrer Länder, wobei RITTER darauf setzte, dass es dereinst genialen Forschern gelingen werde, „mit ihrem Scharfblick zugleich die natürliche wie die sittliche Welt“ zu umspannen, um „aus der Totalität ihrer welt-historischen Begebenheiten“ den „nothwendigen Entwicklungsgang jedes einzelnen Volks auf der bestimmten Erdstelle vorherzuweisen“. So würden sie ihm sagen können, welcher Weg „genommen werden müsste, um die Wohlfahrt zu erreichen“, die „jedem treuen Volke von dem ewig gerechten Schicksale zugetheilt“ (RITTER 1822, S. 5f.) worden sei. Das war RITTERS angewandte Geographie.

So viel wusste RITTER selbst schon: *Nacheinander* würden die Kontinente gemäß ihrer individuellen Gestalt und ihren besonderen Naturverhältnissen dem Gang der Kultur über die Erde den Weg weisen. Aktuell habe Europa die Führungsrolle, doch schon dämmere das doppelte Amerika als künftiger Führungskontinent am Horizont herauf mit Aussicht des Nordens „auf eine neue strahlende Welt der Zukunft im Süden“, wie sich „leicht voraussehen“ (RITTER 1852, S. 244f.) lasse. Das war reine *Teleologie*, die die Völker über Land und Meer ihrem Ziel entgegenzog: ihrer völligen Emanzipation von den entwicklungshemmenden Fesseln der Natur. Am Ende würde, RITTER dachte in Jahrtausenden, die ganze Erde, selbst ihre minderbegabten Stellen, durch den Menschen „bemeistert“ (S. 245) sein. Die *Globalisierung* war somit ein von Gott seiner Schöpfung eingepprägtes Entwicklungsprogramm, das der zivilisierte Europäer umsetzte. Und die Geographie begleitete ihn dabei als „die Lehre von unserm Planeten nach seinen Theilen, Eigenschaften und wesentlichen Verhältnissen, als einem selbständigen planetarischen Erdganzen, in seinen Beziehungen zur Natur und zu dem Menschen, und zu Gott seinem Schöpfer“ (1862, S. 17). RITTER folgte damit der „Trinität“, die „für jede Bildungsplanung“ der realistischen Fächer „vorgegeben“ (SCHÖLER 1970, S. 18) war.

Für eine verbesserte Stellung der Geographie an den Schulen reichte seine Aufgabenpräzisierung jedoch nicht. Als Fundament und Schauplatz der Geschichte blieb das Fach ein Unter- und Mittelstufenfach ohne Chance, in die prestigestarke Oberstufe der höheren Schulen vorzustoßen, was den Historikern nur recht sein konnte. Sie dachten nicht daran, sich für die Geographie oder gar noch die Naturgeschichte stark zu machen, um womöglich Stunden einzubüßen. Auch konnten sie für Jahrzehnte auf die Behördenvertreter bauen, die in ihrer Jugend den Geographieunterricht nur als traurig-absurdes Pauk- und Drillfach erlebt hatten, dessen Stoff rasch wieder aus dem Gedächtnis verweht war.

3 Der Bildungskrieg zwischen Realisten und Humanisten

Für RITTER eröffnete die Wissenschaft einen Weg zu Gott. In der äußeren Welt glaubte er auf die Spuren seines Wirkens zu stoßen, um deren Sinnhaftigkeit aufzudecken. Das taten vor ihm (und seinen Anhängern) die *Physikotheologen*, dass blieb noch lange Zeit (ob empfunden oder nur als strategische Leerformel eingesetzt) nach Ritters Tod das Bekenntnis vieler Schulgeographen und Lehrbuchautoren des Faches. Selbst Ferdinand v. RICHTHOFEN, für die physikalische Seite der wissenschaftlichen Geographie stehend (s. u.), wollte sich letztlich mit seiner Forschung dem „Gesamtplan der Schöpfung“ (1883, S. 72) nähern. In der Schule war ein Bedenken des Irdischen im Lichte des Gottesreiches geradezu selbstverständlich, nicht nur in Religion. Auch für den Geographieunterricht galt, dass er das Ziel einer „christlichen Jugendbildung“ verfehle, wenn er „dem Götzen des *Utilitätsprincips*“ diene und nicht dem „demüthigen Christensinn“ (PRANGE 1859, S. 290). Jede wahre Bildung gehe über ihren unmittelbaren materiellen Zweck hinaus und Sorge für ein „Gottesbewußtsein“ (VÖLTER 1839, S. 8) bei den Schülern. Bei jeder Gelegenheit sollte auf die Würde und Erhabenheit des *Schöpfergottes* und die Herrlichkeit und Größe seiner Werke hingewiesen werden, nur nicht zu aufdringlich moralisierend. Noch zur Zeit der Weimarer Republik forderte Fritz BRAUN, ein völkischer Schulgeograph, den Erdkundigen auf, „vor der Schönheit und Herrlichkeit unseres mütterlichen Planeten wie im Gebet zu knien“, um „den“ zu erahnen, „dem die grüne Erde als Schemel seiner Füße dienen soll“; nur so werde er „dem *tieftsten Wesen* der Erdkunde wirklich gerecht“ (1928, S. 24). Man ginge also fehl, hielte man RITTERS religiöse Einbettung der Geographie für eine aus der Zeit gefallene Singularität. Ohne Nachweis, auch die religiösen Interessen zu fördern, brauchte seinerzeit kein Fach Forderungen an das Bildungssystem zu stellen. Fächer, die ohne religiösen Resonanzboden waren, die aber aus lebenspraktischen Gründen nicht völlig aus der Schule herausgehalten werden konnten, sollten unbedingt begrenzt bleiben. Das betraf besonders die *Naturwissenschaften* unter den Realien, denen nachgesagt wurde, den christlichen Schöpfergott zu einem Trugbild herabzuwürdigen. Solches naturwissenschaftliche Denken galt als Frucht der Aufklärung, als Brutstätte des Atheismus, der Zügellosigkeit und Aufmüpfigkeit.

In der Tat war unübersehbar, dass mit dem Aufstieg der Naturwissenschaften die Frage nach dem Sinn der Welt und des Lebens neu aufgerollt wurde und beantwortet werden musste. Doch auch über das, was als unnatürlich bzw. naturwidrig galt, konnten höchst unterschiedliche Auffassungen bestehen. Konsequenz zu Ende gedacht, war die Sinnfrage somit eine Frage des Aushandelns, Moral eine Art Geschäft, bei dem Nutzen und Schaden für die Betroffenen abgewogen wurden. Für Gott aber blieb nur noch Platz als eine Projektion des Menschen auf die Natur, die seiner unbefriedigten Sehnsucht nach *absoluten* Sinn entsprungen war (vgl. BLOM 2011, S. 202ff.). Dieser antireligiöse Trend blieb allerdings keine rein philosophische Auseinandersetzung von und für Salon-Atheisten. Als Institutio-

nenkritik wurde die Aufklärung praktisch, sie wollte den Menschen aus seiner „selbst verschuldeten Unmündigkeit“ (Kant) herausführen, indem sie ihn ermutigte, sich nicht länger fremdsteuern zu lassen, sondern sich seines eigenen Verstandes zu bedienen. Das ging gegen die Unterdrückung durch Kirche und Staat, gegen die 'raffenden' Stände, die es sich im Diesseits wohlgehen ließen und die Ausgebeuteten und Geschundenen auf ein glücklicheres Leben im Jenseits vertrösteten, das die Aufklärung als Chimäre entlarvt hatte. So ist es nur allzu verständlich, wenn die Unterrichtsverwaltungen mit Argwohn auf die den Fächerkanon der höheren Schulen bedrängenden Naturwissenschaften blickten und Widerstand leisteten.

Der *Bildungskrieg*, der darüber ausbrach und als eine Art *Glaubenskrieg* eine Flut von Schriften produzierte, hatte es in sich. Er wurde von beiden Seiten, den Befürwortern eines verstärkten Naturunterrichts wie den Verteidigern der theologisch-griechisch-lateinischen, kurz der *gelehrten Bildung*, mit großer Verbissenheit geführt. Parallel zur Frage einer Ausweitung des naturwissenschaftlichen Unterrichts, wofür vorrangig die unmittelbar für das Leben ausbildenden Realanstalten in Frage kamen, ging es auch um einen Abbau der *Berechtigungsschranken*, die dafür sorgten, dass bestimmte Berufe, so im akademischen Bereich, im Staatsdienst und beim Militär, exklusiv den Absolventen der Gymnasien vorbehalten waren. Würden die Abschlüsse der Realanstalten aufgewertet und der Zugang zu den besagten Berufsfeldern geöffnet, so wäre die herausgehobene Stellung der Gymnasialabiturienten gefährdet gewesen. Der *Bildungskrieg* war also auch ein Kampf um gesellschaftliche Positionen, der Kampf um die Klassen ein Klassenkampf, in dem die Verteidiger des Bestehenden u. a. mit folgenden Argumenten die naturwissenschaftliche Zeitströmung aufzuhalten gedachten:

- das *Revolutionsargument*: Die Realanstalten, hieß es, gefährdeten die bestehende Gesellschaft. „Umwälzungsmenschen“ zögen sie heran, „die Alles bessern wollen, nur nicht sich selbst“, „ein *gebildeter* Mensch, der den Namen verdient“, werde „nie aus ihnen hervorgehen“ (Anonymus, zit. n. THIERSCH 1838, S. 250). Demgegenüber sei darauf zu bestehen, dass jeder den Platz einnehme, auf den ihn die Vorsehung gestellt habe, statt sich dagegen aufzulehnen.
- das *Stofferstickungs-* oder *Verflachungsargument*: Durch die Ausweitung der Naturwissenschaften auf den höheren Schulen verwandelten sich diese in „Dampfmaschinen des Enzyklopädismus“ (GROßMANN 1834, S. 183). Mitteilungen würden nicht mehr verarbeitet, das Gedächtnis stumpfe ab, Unstetheit, Verwirrung und Chaos entstünden, wo Innehalten und Konzentration gefordert seien. Realschüler nähmen „eine viel flachere Geistesbildung ins Leben“ mit als die Gymnasialschüler (MOMMSEN 1874, S. 167).

- das *Hybrisargument*: Wer auf der Basis der sichtbaren Erscheinungen und greifbaren Dinge Verallgemeinerungen vornehme, verführe „den Geist zu einer Art wissenschaftlichen Aberglauben“, der „die schönen und sinnigen Schlüsse“ auf diesen Gebieten „für wahr“ nehme, ohne sie je überprüfen zu können. Ja, er ahne nicht einmal, „wieviel zur Feststellung einer einzigen solchen, dem realen Sein abgewonnenen Wahrheit gehöre“ (SCHEIBERT 1848, S. 131).
- das *Trivialisierungs-* oder *Spaßargument*: Der Naturunterricht fördere Denkfaulheit statt Denkarbeit. Die eingesetzten Luxusmedien – „Bilderchen, Experimentchen, Kabinettsstückchen“ – würden nur die „Schaulust der Jugend“ bedienen, „Anekdotchen aus Reisebeschreibungen, Receptchen für den Hausbedarf und [...] Würze des Vortrags“ die nötige Ernsthaftigkeit fehlen lassen, während bei den alten Sprachen, der Mathematik und Geschichte es nichts für „verwöhnte Gaumen“ gebe, weil ihr „Lösungswort [...] Ernst und Anstrengung“ (GROßMANN 1834, S. 183) heiße.
- das *Gottlosigkeits-* oder *Sittenlosigkeitsargument*: Ein der Sinnenwelt ausgelieferter Mensch verliere jeden Bezug zur Religion und Transzendenz und jeden sittlichen Halt, er verrohe unvermeidlich. Mit ihrem „Zerlegen und Anatomieren von Pflanzen und Thieren“ verleite die Naturwissenschaft erfahrungsgemäß „oft zum Materialismus und Pantheismus“; nur „eine poetische Ansicht der Natur, durch gesunden Natursinn, durch fromme Naturbetrachtung“ (GROßMANN 1834, S. 187) bewahre davor und biete moralischen Gewinn.

Somit schien fraglich, ob die Naturwissenschaften überhaupt einen Bildungswert für den menschlichen Geist und wenn, dann auf jeden Fall keinen mit den Humaniora gleichwertigen besaßen. Anderes könne nur „eitler Wahn“ sein, dem „Hirne der Thoren“ (MOMMSEN 1874, S. 168) entsprungen. Gedankenbildung der Jugend sei einzig durch die *formale* Bildung der klassischen Studien zu erreichen, sie sei auch als Vorschule der Moderne geeignet und befähige gleichermaßen zum Studium der Naturwissenschaften, während die *materiale* Bildung der Naturwissenschaften, wie die Natur selbst, den Charakter des rein *Äußerlichen* und *Oberflächlichen* an sich trage und, wenn überhaupt, nur einseitig bilde. Unbeeindruckt von den rauschenden, theoretischen wie praktischen Erfolgen der Naturwissenschaften wurde noch Anfang des 20. Jahrhunderts „die eherne Gesetzmäßigkeit der Natur“ für ungeeignet gehalten, die Jugend zu erziehen, das könnten nur „Menschengeist und Menschenschicksal“ der Antike: „Den Griechen sind wir, sind alle Kulturvölker, ewig Schuldner“ (ROTHER 1906, S. 5 u. 7). Außerdem verstanden sich die Humanisten als Sittenwächter, denn nur der *Geist der Antike* könne das sitten- und gottlose Tier im Menschen, seine Bestialität, bekämpfen und seine Seele retten. Ein Staat aber, der auf Äußerlichkeiten aufbaue, der lege den Grund für seinen Verfall. Was für düstere Aussichten!

Um Spott auf die obskuren Abwehrargumente der Gymnasialapologeten waren die Befürworter der Realbildung freilich nicht verlegen. Warum, ätzte SCHMEDIG (1872, S.28), unterrichtete man nicht auch in Volksschulen alte Sprachen, wo sie doch so bildend seien, statt dort Heimatkunde, Geographie oder Deutsch zu lehren? Wenn wenigstens die Kenntnisse der Gymnasiasten in den alten Sprachen, oft beklagt, nicht so katastrophal ausgefallen wären! Doch selbst wenn der „Geist der Antike“ dem antiken Geist nahe gekommen und nicht durch quälende Grammatikübungen vertrieben worden wäre: Wer wollte ernsthaft glauben, dass die Beherrschung der Kräfte der Natur und das Verständnis technischer Errungenschaften, wie der Dampfmaschine, über den Umweg des Erlernens der alten Sprachen führte? Jedermann sah zudem, dass die angewandten Naturwissenschaften das Leben des Einzelnen schützen und verbessern halfen und den gesellschaftlichen Wohlstand mehrten. Die Welt war längst auf breiter Front in die Zukunft aufgebrochen und ökonomisch eine Verkehrseinheit geworden, Deutschland musste sich dem Wettbewerb der Nationen stellen. So schien es Ende des 19. Jahrhunderts überfällig zu sein, dass die Wertschätzung der ‘Sache’ die Superiorität der ‘Form’ ablöste, um den „Weltbürger“ (ROHMÄBLER 1847, S. 20) zum Naturkundigen zu machen und das Volk für Weltaufgaben zu schulen – auf Kosten der Antike, aber im Namen des Fortschritts der Menschheit und seiner von Rekord zu Rekord eilenden Dynamik. Allerdings war da noch die Bastion der Kirche, die sich der Mediziner Rudolf VIRCHOW vornahm. Ihre Dogmenbildung fessele den freien Geist, während die Naturwissenschaft „dem Gedanken neue Bahnen“ (1871, S. 33) eröffne. Werde die naturwissenschaftliche Methode, die „eigentlichen Maxime des Denkens und des sittlichen Handelns“, zur „Methode der ganzen Nation“, so finde diese ihre „wahre Einheit“ (S. 34). Die Macht der *Religion*, als Königin der Wissenschaften auftretend (was zeitweise auch die Geographie tat), war aber so stark, dass viele Naturwissenschaftler, zumal oft selbst religiös, sich mit ihr nicht anzulegen wagten und lieber arrangierten. Weitere Argumente gegen Kirchenwahn und humanistische Anmaßungen waren:

- *das Gottesargument*: Die Natur, protestierte man, sei nicht sündig und verdorben, wie Kirche und Philosophen behaupteten, sie „führt zu Gott, – sie zeigt und gibt Gott. Die Natur ist die ewige Verlautbarung Gottes: sie ist nicht bloß Endlichkeit und Vergänglichkeit, sondern in ihrem wahren und tiefsten Wesen Gottes Selbstoffenbarung. Gott ist in allem Sein gegenwärtig und ohne ihn würde nichts das Sein haben“ (SCHMIDT 1857, S. 136). Wer die Natur nicht als Gottes Tempel betrachte und ihn in ihr sehe, der leugne ihn und mache sich des Frevels schuldig. Folglich müsse „die höchste Vernunft – nicht die menschliche, – in der Natur gesucht werden, nicht durch subjective, sondern durch objective Naturbetrachtung“ (KÜTZING 1850, S. VIII). „So steht also die Naturwissenschaft durchaus auf christlichem Boden und ist ihrem ganzen Wesen nach religiös“ (S. 17). Statt den Gottesbegriff zu zerstören, hätten die Naturwissenschaften „den

größten Antheil an der Verbesserung der Begriffe von Gott und seinem Wesen, so wie von seinem Verhältnisse zu den Menschen“ (ZIMMERMANN 1851, S. 20). Wer den Dingen auf den Grund gehe, erfasse die Gedanken, die Gott in sie gelegt habe. Das hatte auch eine methodische Konsequenz: Nur „unter freiem Himmel“ lerne man „die Erde verstehen“, hier erst fühle der Mensch „*das Walten des Schöpfers und ein gesungenes Dankgebet unter dem blauen Dom gehört wohl zu dem Schönsten, was Gotte erhören mag!*“ (HARTWICH 1882, S. 11 u. 29). Solche erlebte Religionsstunde sei für den Schüler bei weitem überzeugender als die dogmatische Überlieferung.

- *das Erkenntnis- oder Wahrheitsargument*: Die Naturwissenschaften würden durch immer genauere empirische Beobachtung die harten Tatsachen der Wirklichkeit vermitteln, die wiederum unter der Herrschaft der ewigen, unveränderbaren Wahrheit der Naturgesetze stünden, denen sich auch der Mensch fügen müsse. Er könne der Natur die ehernen Gesetze nicht vorschreiben, sondern sich ihrer nur bedienen. So träten an die Stelle wahnhafter Einbildungen und okkulten Schicksalsmächte, die den Geist des Menschen lähmen, die Naturkräfte mit ihren kausalen Notwendigkeiten. „Durch die Selbstkenntniß, verbunden mit der Erkenntniß der Welt- und Gottgesetze, *führt die Naturwissenschaft [...] in das Reich der Wahrheit ein* und sichert einerseits vor Vorurtheil und Aberglaube, indem sie Unnatürliches von Uebernatürlichem unterscheiden lehrt, und andererseits vor Unglaube und Sceptizismus, indem sie auf jedem Punkte der Natur die Spuren einer göttlichen Welt nachweist“ (SCHMIDT 1857, S. 134). „Wodurch anders, als durch sie, sind die kindlichen Begriffe über Himmel und Erde zur Klarheit gereift? Welche Wissenschaft hat die wunderlichen Vorstellungen über die Weltregierung, über den Wohnsitz des höchsten Wesens, die trotz des Christenthums unter den Völkern unseres Erdtheils wucherten, so gründlich aufgehellt als sie?“ (ZIMMERMANN 1851, S. 20).
- *das Vernunftargument*: Gott habe keine unvernünftige Welt geschaffen, im Gegenteil: überall herrsche Vernunft, auch wenn sie in der Natur verborgen liege, sei sie „sicherlich keine andere als die, welcher wir selbst gehorchen sollen“, nur dass sie allein im Menschen „zum Selbstbewußsein gekommen“ sei. Auch sei „die Vernunft der Natur ganz unabhängig von der des Menschen; denn sie war schon da, noch ehe es Menschen gab“. Der umgekehrte Fall gelte jedoch nicht, denn „als integrierender Theil des Ganzen“ könne er „auch nur in der Wechselwirkung mit dem Ganzen zum richtigen Begriffe seines vernünftigen Wesens kommen“ (ZIMMERMANN 1851, S. 3). Indem die Naturwissenschaft „durch Einschau in die Lebens- und Weltgesetze zu einer wahren Welt- und Lebensanschauung“ führe, leite sie „zur Selbsterkenntniß an“ (SCHMIDT 1857, S. 134).

- das *Denkschulungsargument*: „Die Naturwissenschaft bildet und entwickelt zuerst und vornehmlich die *Denkvermögen*. Sie ist eines der wesentlichsten Nahrungsmittel für die Denkwelt“ (SCHMIDT 1857, S. 133). Die Naturgesetze könnten bewiesen werden, an ihnen könne sich der menschliche Geist schulen. Im Gegensatz zum aprioristischen Vorgehen der humanistischen Fächer schritten sie auf induktivem Wege vom Einzelfall zum Allgemeinen, von der sinnlichen Beobachtung zu Regel und Gesetz. Zu Recht würden daher die Naturwissenschaften als exakte Wissenschaften bezeichnet. Die Gelehrsamkeit der alten Sprachen bestehe hingegen aus Grammatik-Paukereien und Auswendiglernen, jede Denkarbeit, die diesen Namen verdiene, fehle.

- das *ästhetisch-emotionale Argument*: Außer zentrales Mittel der Denkschulung zu sein, biete sich ein Anschauungsunterricht *im Freien*, in Feld, Wald und Flur, auch als Quelle unschuldiger Freude an, einem großen Ganzen anzugehören, das alles umschließt. „Und damit ist die Naturwissenschaft denn auch ein *Nahrungsmittel für das Gefühlsleben*. Ohne daß sie, mit Umgehung des Kernes der Natur, in Gefühlsschwelgereien und Naturseligkeiten, in ästhetischen Phrasen und teleologischen Betrachtungen unterzugehen braucht, weckt und erregt sie die ewigen, allem Dasein zugrunde liegenden Ideen, nach welchen und durch welche Gott die Welt geschaffen hat: vom Standpunkte Gottes aus und der allgemeinen Bezüge des Kosmos aus ist Alles Gesetz und Harmonie. [...] Die wahre Naturwissenschaft ernährt die Gefühle der Schönheit, der Sittlichkeit und der Religion“ (SCHMIDT 1857, S. 134 f.). Bleibe jedoch das „Verstandesauge“ tot, würden nur „isolierte, von dem Ganzen getrennte Einzelheiten“ erscheinen, die überall nur „Gesetzlosigkeit und Anomalie“ (S. 135) erkennen könnten.

- das *Anti-Revolutionsargument*: Naturwissenschaftliche Bildung zeige uns Gott als „Allerhalter, der Alles im Zaume des Gesetzes“ halte und „Gesetz und Ordnung als heilige Gebote achten“ (GORGAS 1849, S. 530 f.) lehre. Als „*Vernichterin alles Egoismus*“ wecke und errege sie „auch im Menschen die volle und vollständige Aufhebung und Auflösung des Einzellebens in das Gottleben der Liebe. Wer mit der Natur Freund ist, in dem hat das Gemeine und Unedle keinen Raum“ (SCHMIDT 1857, S. 135). Erst die Hingabe an das Objektive der Natur gebe dem Einzelnen die wahre Freiheit, die nicht darin bestehe, die Individualität auszuweiten. Verbunden mit „der Sicherheit im Kennen und Können“ erwachse daraus „Bestimmtheit im Wollen und Thun: *Charakterstärke also auch verleiht die Kenntniß und Liebe der Natur*. Endlich aber ist sie das weise und hohe *Vorbild aller menschlich-sittlichen Einrichtungen in Staat und Gesellschaft*: an ihren ewigen unveränderlichen Gesetzen lernt der Mensch, was Gesetz heißt, und nur mit solchen gottewigen Gesetzen vermag er einen Gottesstaat und eine Gottesgesellschaft zu errichten“ (S. 136). So stehe die Wissenschaft von der Natur für *Einheit, Gleichgewicht und Harmonie*, nicht für Spaltung des Volkes. Naturwissen-

schaftliche Bildung stärke den Zusammenhalt eines Volkes und fördere das Gemeinwohl. So wie die Natur Unterschiede kenne, so auch die Gesellschaft. Naturliebe und Naturkenntnisse seien daher die beste Palliativmedizin gegen revolutionäre Umtriebe.

Doch wie glaubwürdig war das, wenn ein auch in Deutschland einflussreicher englischer Selbmadewissenschaftler, Henry Thomas BUCKLE, der die Kulturgeschichte von Naturgesetze regiert sah, mit Gewissheit verkündete: „Naturwissenschaft ist wesentlich demokratisch“ (1860, Bd. I/2, S. VI)? Stand nicht doch mit ihr, die vielen als Paradigma von Wissenschaft überhaupt galt, die ganze bisherige Gesellschaftsordnung zur Disposition? BUCKLE jedenfalls verkündete: „Die Unterordnung des Ranges verschwindet vor der Unterordnung des Wissens. [...] Die Halle der Wissenschaft ist der Tempel der Demokratie. Die zu lernen kommen, bekennen ihre eigene Unwissenheit, legen in gewissem Grade ihre eigene Ueberlegenheit ab, und beginnen zu begreifen, dass die Größe der Menschen nicht an dem Glanze ihrer Titel oder der Würde ihrer Geburt hänge“ (S. 371). Die Botschaft war eindeutig: Naturwissenschaftliches Wissen befördert die Auflösung hierarchischer Gesellschaftsstrukturen (vgl. MEHR 2009, S. 49-82).

Bezüglich der *curricularen* Organisation des naturwissenschaftlichen Unterrichts gingen die Auffassungen auseinander. RICHTER legte sich auf ein nach Klassenstufen vorgehendes sukzessives Modell fest. In den oberen Klassen sollte „das *Ineinandergreifen aller dieser Theile der Naturwissenschaften* [...] in einigen Hauptzügen“ gezeigt werden, darunter „die Wechselwirkung der Thier- und Pflanzenwelt, die unaufhörlich fortgehenden Umwandlungen der Erde, sogar der Felsen und Gesteine“ (RICHTER 1834, S. 51). An die Spitze des naturwissenschaftlichen Unterrichts setzte er die „wissenschaftliche *Astronomie*“ und die „physische und endlich psychische *Anthropologie*“ (S. 51). ROßMÄBLER, ein Frontmann der naturwissenschaftlichen Bewegung, wollte auf den Gymnasien nur die „ungetheilte Naturwissenschaft, die *Naturgeschichte*“ zulassen, nicht Einzeldisziplinen, die auf die Universität gehörten. „*Multum non multa*“ lautete seine Devise. Würde man einzelne Fächer aufnehmen, gäbe es sofort Streit um ihre Anteile oder „gar um den Vortritt“ (ROßMÄBLER 1847, S. 31). LOEW lehnte das arbeitsteilige Fachprinzip für die Naturwissenschaften an der Schule grundsätzlich ab, die ihrem „Wesen nach immer propädeutisch, nicht systematisch“ sei: „Eine universelle Vorbereitung auf das Verständniß des Zusammenhangs sämtlicher Naturwissenschaften muss dem Schulunterricht höher stehen als eine einseitige Fachbildung für künftige Chemiker und Physiker“ (1874, S. 307). LOEWs Credo lautete daher: „Die Naturwissenschaft an der Schule ist eine untheilbare Einheit; ihre Zerreißung und einseitige Betreibung kann auf den wissenschaftlichen Sinn des Schülers nur lähmend und hemmend wirken“ (S. 307).

Natürlich konnten auch die Humanisten nicht ignorieren, dass „das Buch der Natur geöffnet“ war und seine „dunkle Schrift“ für immer mehr Menschen zur

Offenbarung im Umgang mit ihr wurde. Die reale Welt wurde, für jeden sichtbar, „nach ihren Belehrungen [...] umgestaltet“ (DILTHEY 1841, S. 277). Der Zug zur Weltwirtschaft wurde schon früh bemerkt und für unumkehrbar gehalten. Es schien daher manchen Humanisten nicht klug zu sein, in purer Abwehrhaltung zu verharren. Zwar blieben sie bezüglich des lebenspraktischen Gesichtspunkts skeptisch, kamen aber, wie DILTHEY, den Realisten insoweit entgegen, als sie eine Ausweitung naturkundlicher Kenntnisse an den Gymnasien hinnehmen wollten, wenn diese zur Steigerung der Humanität und der Erweiterung des geistigen Horizontes beitragen würden. „Nicht die Natur an sich“ komme für das Gymnasium in Frage, „sondern nur die Natur, die auf den Geist“ (S. 278) einwirke.

Jahrzehnte später verdamnte der berühmte Historiker Heinrich v. TREITSCHKE das Streben nach realistischer Bildung als „Modekrankheit des Jahrhunderts“ (1883, S. 168). Den „ewigen Klagen über die mangelhaften literarischen, botanischen, geographischen Kenntnisse der Gymnasiasten“ (S. 169f.) durch Einführung weiterer Unterrichtsfächer entgegenzukommen, sei verfehlt und belaste die Schüler nur. Er erziehe nur Durchschnittsmenschen, „Zeitungsleser und Zeitungsschreiber“, die „über Alles“ (S. 162) mitreden wollten, auch wenn sie ahnungslos und unwissend seien. Die Gymnasien sollten allerdings „den Wahn“ aufgeben, „eine abgeschlossene Bildung“ zu vermitteln; sie sollten auf die Universität vorbereiten, mehr nicht, dies aber „für die ganze *universitäts literarum*, die Naturwissenschaften so gut wie die Geisteswissenschaften“, wozu neben Religion das Lesen der alten Klassiker und an dritter Stelle der deutsche Aufsatz diene, „allen anderen Schulfächer“, also auch der Geschichte, die er selbst vertrat, gebühre „neben diesen nur ein bedingter Werth“ (S. 178).

Klarer Befürworter eines naturwissenschaftlichen Unterrichts war dagegen Georg KERSCHENSTEINER, Stadtschulrat in München, der in den Naturwissenschaften nebst Mathematik „eine große Einheit mit gewaltiger Bildungskraft und tiefen ethischen Werten“ (1912, S. 246) erblickte und bei ihnen „das Selberdenken und Selbermachen am besten aufgehoben sah: „Das Wertvollste, was wir einem Schüler geben können, ist eben nicht das Wissen, sondern eine gesunde Art des Wissenserwerbes und eine selbständige Art des Handelns“ (S. 66). Wer anderes behaupte, habe keine Ahnung von den Naturwissenschaften, es treffe nur auf eine verfehltete Unterrichtspraxis zu, die sich am sprachlichen Unterricht orientiere. Bestrebungen, ein bestimmtes Fach zum Konzentrationsfach der naturwissenschaftlichen Realien zu machen, wies er zurück. Die Geographie kam für ihn jedenfalls nicht als „Ersatz für einen soliden naturwissenschaftlichen Unterricht“ in Frage, weil ihr das Experiment fehle und der größte Teil ihres Wissensmaterials vom Schüler „nicht erarbeitet, sondern vom Lehrer gegeben“ werde. So bleibe „die bildende Kraft der spärlichen Geistesübungen“ der Geographie „immer zweifelhafter Natur“ (1917, S. 54f.). Dass geologische Experimente in der Geographie möglich waren und seinerzeit propagiert wurden, übersah er.

4 Zwei Kulturen oder eine?

Seit Ende des 18. Jahrhunderts beunruhigte die wissenschaftliche Diskussion die Frage, ob es zwei Arten von Wissenschaft und damit auch zwei Arten von Wahrheit gebe, eine naturwissenschaftliche und eine historische, oder nur ein Kontinuum mit der Perspektive, Materielles und Geistiges miteinander verschmelzen zu können. Philosophen, wie SCHELLING und HEGEL, schienen mit ihren Einheitsvorstellungen vom Natur-Geist-Verhältnis die Lösung parat zu haben, doch distanzierten sich empirisch arbeitende Naturwissenschaftler immer mehr von den spekulativen Ideen der damaligen Philosophie und wehrten sich immer entschiedener gegen deren Anspruch, ihnen ihre als absurd empfundenen Gedankenflüge als verbindliches Weltbild aufzudrücken. So sei, beobachtete Hermann v. HELMHOLTZ, zeitweise „ein schneidender und scharfer Gegensatz [...] zwischen den Naturwissenschaften auf der einen und den Geisteswissenschaften auf der anderen Seite“ (1862/1903, S. 165) aufgekommen.

HELMHOLTZ selbst sah diesen „Gegensatz wirklich in der Natur der Dinge begründet“ (S. 165). Während die Naturwissenschaften, deren Besonderheit voll ausgeprägt „in den experimentierenden und mathematisch ausgebildeten Fächern, am meisten in der reinen Mathematik“ (S. 175), zu erkennen sei, meist „ihre Inductionen bis zu scharf ausgesprochenen allgemeinen Regeln und Gesetzen“ führen könnten, hätten es die Geisteswissenschaften „überwiegend mit Urtheilen nach psychologischem Tactgefühl zu thun“. Nur „durch psychologische Anschauung“ könne z. B. der Historiker „die oft sehr verwickelten und mannigfaltigen Motive der handelnden Völker und Individuen“ aufspüren, nachdem er zuvor „die Glaubwürdigkeit der Berichterstatter“ (S. 172) geprüft habe. Der Naturwissenschaftler könne dagegen seine Annahmen „direkt mit der Wirklichkeit vergleichen“, um „falsche Resultate zu erkennen“ (S. 178). Auch gelinge es ihm „verhältnismässig leicht“, auf der Basis von „Beobachtung und Erfahrung zu allgemeinen Gesetzen von unbedingter Gültigkeit und ausserordentlich umfassendem Umfange“ zu gelangen. „Der Natur gegenüber“ bestand für HELMHOLTZ kein Zweifel, „dass wir es mit einem ganz strengen Causalnexus zu thun haben, der keine Ausnahmen zulässt“, weshalb der Naturforscher seine Arbeit auch nicht eher beenden dürfe, ehe er „ausnahmslose Gesetze gefunden“ (S. 178) habe. Anders die Gegenseite, die bezüglich der Auffindung von Gesetzen vor „unüberwindlichen Schwierigkeiten“ (S. 175) stehe und im Vergleich zum Naturwissenschaftler die schwerere Aufgabe habe.

Gleichwohl empfahl HELMHOLTZ den Geisteswissenschaften, sich an der höheren wissenschaftlichen Norm der Naturwissenschaften zu orientieren und von ihnen methodisch zu lernen, nämlich die Tatsachen zu achten und zu sammeln, dem sinnlichen Schein „ein gewisses Mißtrauen“ entgegenzubringen, „überall nach einem Causalnexus zu suchen und einen solchen vorauszusetzen“ (S. 179). Er warnte davor, „nach unmittelbarem praktischen Nutzen“ zu jagen, was verge-

bens sein werde, doch müsse der Wissenschaftler sich auch „belohnt sehen durch das Bewusstsein, [...] seinerseits beigetragen zu haben zu dem wachsenden Kapital des Wissens, auf welchem die Herrschaft der Menschen über die dem Geiste feindlichen Kräfte beruht“ (S. 182). Denn gemeinsamer Zweck aller Wissenschaften sei es, „den Geist herrschend zu machen über die Welt“ (S. 183), wozu beide, Naturwissenschaften wie Geisteswissenschaften, in Kooperation beitragen müssten.

Schärfer noch als HELMHOLTZ betonten andere Naturwissenschaftler den Primat des naturwissenschaftlichen Denkstils und mischten sich mächtig in die Bildungs- und Kulturkontroverse zwischen Realismus und Humanismus ein. „Auf dem Boden der Induction und Technik“ ruhe „unsere Wissenschaft und Cultur so sicher“, wie uns vorher „antike Wissenschaft und Cultur“ „auf dem Boden der Speculation und Aesthetik schwankend aufgebaut und Einsturz drohend“ erschienen seien, verkündete selbstbewusst der Physiologe DU BOIS-REYMOND (1877, S. 276) und sah in der Naturwissenschaft „das absolute Organ der Cultur“ und in der „Geschichte der Naturwissenschaft die eigentliche Geschichte der Menschheit“ (S. 271) dokumentiert. Die technischen Fortschritte seien das Ergebnis theoretischer Reflexionen, BACONS Wort „Wissen ist Macht“ habe sich erfüllt, die Naturwissenschaften hätten die eurozentrische Weltsicht überwunden und seien zum „wahren internationalen Band der Völker“ (S. 272) geworden. Durch Übertragung des naturwissenschaftlichen Denkstils auf die Sozial- und Geschichtswissenschaften schien auch die Kluft zwischen beiden Wissenschaftsgruppen überwindbar. DU BOIS-REYMOND verlangte daher von den Kulturgeschichtsschreibern, sich mit der Geschichte der fortschreitenden Beherrschung der Natur durch den Menschen von der Prähistorie bis hin zur modernen Industriegesellschaft zu beschäftigen. Nicht Könige und Kaiser sollten ihre Helden sein, sondern Naturwissenschaftler und Techniker.

Den Kulturhistorikern reichte es jedoch nicht, nur die Helden auszutauschen, auch nicht, einfach das Handeln der Staatsmänner zum Experiment der Historiker zu verklären, durch das der „Beweis für die Richtigkeit historischer Auffassungen und Urtheile“ (MAURENBRECHER 1884, S. 26) erbracht werde, vielmehr machten sie das gesamte materielle Leben zu ihrem Gegenstand und pflegten eine dezidierte Ursache-Wirkungs-Rhetorik. Selbst die großen sittlichen Ideen, von denen sich die angeblich nicht minder großen Männer der Geschichte leiten ließen, wurden unter dem Eindruck der *Evolutionslehre* DARWINS durch den wirtschaftlichen und politischen *Daseinskampf* ersetzt, der ebenso unwandelbaren Gesetzen gehorche wie die Natur. So schien der die Grenzen seiner Disziplin verlassende Historiker mit dem Naturwissenschaftler gleichzuziehen, ja selbst ein Naturwissenschaftler zu werden und zu Erkenntnissen zu kommen, die frei von teleologischen Sinn-Spekulationen waren. Wenn gar daran gedacht wurde, eine regional differenzierte Geschichte des Kulturfortschritts zu schreiben, so wird die Nähe zum Mensch-Natur-Programm der klassischen Geographie greifbar. „Kulturge-

schichte“ und „Kulturgeographie“ (seit den 1830/40er Jahren in der Geographie parallel mit dem Begriff der „Kulturlandschaft“ häufiger vorkommend) bewegten sich aufeinander zu. Hätte sich die Kulturgeschichte damals tatsächlich mit dieser Fragestellung durchsetzen können, so wäre es zweifellos eng geworden für eine Geographie in der Tradition RITTERS und KAPPS, wohingegen die Chancen für eine rein naturwissenschaftliche Geographie gestiegen wären.

Wie eng, zeigt das Beispiel Eberhard GOTHEINS, des gelehrten Historikers, der auch als Hochschullehrer der Nationalökonomie weiterhin Historiker blieb und sich für die Kulturgeschichte die „Führerschaft unter den Geisteswissenschaften“ wünschte. Sie sei dazu „berufen“, allen anderen Geisteswissenschaften „den Boden“ für die Einzelarbeit zu ebnen „und ihre getrennten Resultate wieder“ (S. 34) zu vereinigen, ein Anspruch, den die Geographie für sich ganz ähnlich erhob, nur über die Naturwissenschaften gleich mit. Von GOTHEIN wurde die Geographie dagegen „als der grundlegende [Teil] der Kulturgeschichte“ (1889, S. 41f.) reklamiert, so wie sie von HERDER, HUMBOLDT und RITTER konzipiert worden sei. Zwar sei ihr „unwandelbarer Zweck“, die Erde „als Wohnsitz des Menschengeschlechts“ zu betrachten und „den Einfluß der Naturbedingungen auf Wesen und Entwicklung der Völker darzustellen“, wodurch sie zur „Brücke von der Geisteswissenschaft zur Naturwissenschaft geworden“ sei, „aber ihr eigentlicher Gegenstand“, den sie erklären wolle, sei doch die Entwicklung des Menschen, „nicht die des Erdballs“, und zwar gerade auch „in den höchsten Formen des Kulturlebens [...] den Einfluß der Naturbedingungen nachzuweisen“ bis „tief hinein in Religion, Kunst, Wissenschaft“ (S. 42). Wer Carl NEUMANNs Vorlesungen gehört habe, der wisse, „wie die Wissenschaften der Geschichte und der Geographie, die nur der Systemgeist von einander trennen“ könne, „aus einer Wurzel sprießen“ (S. 42). Die Natur-Seite der Kulturgeschichte sollte hier also von der Geographie geliefert werden. Das war RITTER pur!

In diesen varianten- und konfliktreichen Diskurs (vgl. SCHLEIER 2008; MEHR 2009), der hier nur angedeutet werden kann, platzte Wilhelm DILTHEY mit seiner (an sich nicht neuen) Unterscheidung von innerer und äußerer Erfahrung, von Einfühlung und Beobachtung. Die definitive Lösung des Streites schien in Sicht: „Die Natur erklären wir, das Seelenleben verstehen wir“ (1894, S. 1314). Im ersten Fall brauchte man Hypothesen, um isolierte Fakten in einen Zusammenhang zu bringen, der somit konstruiert wurde, im zweiten war der Zusammenhang im psychischen *Erleben* der Wirklichkeit bereits gegeben. Während die Natur dem Menschen als bloss konstruierbare Einheit fremd und unfassbar bleiben musste, war der Mensch, da nicht Natur, durch die Kräfte seines Seelenlebens oder Gemüts stets bei sich selbst. So zog DILTHEY eine scharfe Trennlinie zwischen beiden Bereichen, die sich methodisch nicht vertragen, ihre Autonomie schien gesichert. Konsequenterweise hätten damit jedoch die Kulturhistoriker auf die Feststellung von Kausalzusammenhängen komplett verzichten müssen, was ihr Arbeitsgebiet stark eingeschränkt hätte.

Doch DILTHEY bekam Konkurrenz durch die Philosophen Wilhelm WINDELBAND (1904) und Heinrich RICKERT (1899), die davon ausgingen, dass *ein und dieselbe Wirklichkeit* von *zwei verschiedenen Gesichtspunkten* aus empirisch betrachtet werden könne. Der Naturwissenschaftler interessierte sich für das Allgemeine und Gesetzmäßige, der Kulturwissenschaftler für das Einzelne und Individuelle, der eine suchte nach dem Gemeinsamen von Vorgängen, der andere nach deren Eigenart. Eine prinzipielle Trennung dieser beiden Sichtweisen – der *nomothetischen* und der *idiographischen* – nahmen die beiden Philosophen jedoch nicht an, sie würden vielmehr in das jeweils andere Feld herüberreichen, doch ohne die Grenze zwischen ihnen aufzuheben.

HETTNER, der geographisches Beobachten und Erkennen als wesensgleich mit den „übrigen Naturwissenschaften“ sah, wenn auch, wie diese selbst untereinander, „im einzelnen davon verschieden“, reagierte rasch (vgl. hierzu WARDENGA 1995, S. 91ff.). Schon ein einfacher Spaziergang in der Landschaft lasse das Besondere der Geographie empfinden, erst recht aber ein geschulter Blick; darum habe die Geographie auch „einen selbständigen Bildungswert“ (1895, S. 13). RICKERTS Unterscheidung zwischen „Gesetzeswissenschaften“ und „Ereigniswissenschaften“, die dieser mit der Unterscheidung „Naturwissenschaft“ und „Geschichte“ bzw. „Kulturwissenschaft“ gleichsetzte, mache Geisteswissenschaften, die auch Gesetzeswissenschaften seien, zu Naturwissenschaften, während umgekehrt manche Naturwissenschaften nur „mit großen Einschränkungen“ (1905, S. 255) noch solche seien. Wenn aber RICKERTS Unterscheidung, die auch von Geographen geteilt wurde, für HETTNER nicht zum Aufbau eines „Systems der Wissenschaften“ taugte, das auch der Geographie gerecht wurde: Wohin gehörte sie dann? Was war der „tiefere innere Sinn“ der historischen Entwicklung, ihr „logischer Grund“ (HETTNER 1927, S. 113) jenseits von Willkür und Zufall? Gab es überhaupt einen, und welche Bedeutung hatte er für den Bildungskampf?

5 Die Geographie eine Naturwissenschaft?

Für RITTER stand schon 1804 fest: Wirken Land und Bewohner wechselseitig aufeinander ein, dann müssen „*Geschichte* und *Geographie* immer unzertrennliche Gefährtinnen bleiben“, wobei er die Geschichte primär als „*Culturgeschichte*“ auffasste, während die Geographie für die „*physicalische Beschaffenheit*“ zuständig sein sollte, die alles zusammenhalte und „jedem Theile seinen eigenthümlichen Charakter und sein Leben“ (1804, S. VI) gebe. Wenig später erklärte er die Geographie zum „Band der Natur und Menschen-Welt“ und stellte sie zwischen Naturgeschichte und Geschichte (nebst Völkerkunde). Alle drei würden „Arm in Arm nach *einem* Ziele, dem Universum, wandeln“ und nur vereint „dieses hohe Ziel [...] erreichen“. Niemals dürften sie isoliert werden und auf „abgesteckten Heerstraßen [...] neben einander voranschreiten“, „eifersüchtig auf ihr Gebiet“ (1806, S. 206) achtend. Bei der Umsetzung dieses Programms konnte sich RITTER, der nach Ord-

nung in der Erdnatur suchte, allerdings dem mathematischen Zug der Zeit zu „Form und Zahl“ (1852, S. 130) nicht entziehen und versuchte Küstenlängen der Kontinente in Relation zu ihrer Fläche zu setzen und diese auf geometrische „Kern- oder Grundgestalten“ zu bringen. So glaubte er, die welthistorische Aufgabe der Räume im Entwicklungsgang der Kultur auf einen kurzen Ausdruck bringen zu können, um sich „schwerfällige und umständliche Beschreibungen“ zu ersparen, „die nur zu endlosen Einzelheiten führen“ (S. 131) würden.

Auch Alexander v. HUMBOLDT, der in der Geographie vorrangig für ihre physikalische und biologische Seite steht, die RITTER um die kulturgeschichtliche erweitert habe, beschränkte sich bei seiner Arbeit nicht auf eine rein physikalische Empirie, sondern korrelierte klimatische Verhältnisse mit dem Charakter und dem Kulturzustand der Völker, die er durch das globale und lokale Klima mitbestimmt sah. Daneben widmete er sich aber auch staatenkundlichen Studien (Mexiko und Cuba). *Empirische Gesetze* waren für ihn lediglich ein erster Schritt in der wissenschaftlichen Arbeit; „das höchste, selten erreichte Ziel aller Naturforschung“ sei „das Erspähen des *Kausalzusammenhanges* selbst“, der mit deutlichster Evidenz dort zu erkennen sei, wo sich „das Gesetzliche auf mathematisch bestimmbare Erklärungsgründe“ (1850, S. 8) zurückführen lasse. HUMBOLDTs Ausflug in die schulische Welt – er hatte den Inhalt für ein Lehrbuch der physikalischen Erdkunde für Hinduschulen zusammengestellt – scheiterte kläglich, weil er völlig überzogen die Kenntnis aller anderen Naturwissenschaften und ihre Bezüge zueinander als bekannt voraussetzte und jede Abspeckung seines Lehrplanes als Zumutung empfand (vgl. HUMBOLDT 1848). PESCHEL (1868, S. 118f.) sagte ihm nach, er habe „in dem Wahne“ gelebt, mit dem Kosmos „ein *Volksbuch*“ geschrieben zu haben, tatsächlich hätten es jedoch nur wenige verstanden.

Doch ob ein Autor nun auf RITTER oder HUMBOLDT schwor, das Hauptproblem der damaligen Geographie blieb ersichtlich ungelöst. Ihre Handbücher waren noch immer Packhäuser alles Möglichen. Was auf, unter oder über der Erde an Fakten aufzutreiben war, wurde dort abgelegt, während der Nachweis der von RITTER wie HUMBOLDT verlangten „Wechselwirkung“ zwischen Land und Volk weitgehend vernachlässigt wurde. So schien die Geographie immer mehr zu einem vielköpfigen Monstrum zu werden. Es sei, stöhnte Karl v. RAUMER, „als hätten sich in unserer Zeit alle Wissenschaften und Künste bei der Geographie ein Rendez-vous zu einem Familienfest gegeben, weil sie erst jetzt sich ihrer Verwandtschaft bewußt geworden“ seien: „Da kommen Astronomen, Physiker, Botaniker, Zoologen, Mineralogen, Sprachforscher, Statistiker – wer kann sie alle aufzählen?“ (1847, S. 132). Verschlankung und Abgrenzung musste die Devise heißen, um diese Fehlentwicklung zu beenden.

Doch auch KAPPS ambitionierter Versuch, mit HERDER, RITTER und vor allem HEGEL Geographie und Geschichte zu einer *philosophischen* Erdkunde „verwachsen zu lassen“ (1845, Bd. 1, S. VII), führte in eine Sackgasse. Für Naturwissenschaftler musste es ein Graus sein, dass KAPP trotz Anerkennung des heliozentrischen

Weltbildes mit der „höheren Wahrheit des geocentrischen Scheins“ spielte und im Menschen den „werdenden Gottmenschen“ (S. 38f.) erblickte, dessen Kulturarbeit die „Kluft zwischen Natur und Geist“ überbrücke und „die Natur zu sich“ (1845, Bd. 2, S. 365) selbst bringe, d. h. sie vollende. Als unterrichtbar galt KAPPS „Philosophische Erdkunde“, die mehr Geschichtsphilosophie als Erdkunde war, jedoch nicht, und so hatte sich die Geographie in der Stundentafel der humanistischen Partei als Unterbau der Geschichte festgefahren, als deren bloße Hilfswissenschaft sie galt. Eigene Bildungsansprüche waren damit blockiert. Die Geographie, charakterisiert der Mathematik- und Physik-Oberlehrer Johann Heinrich DEINHARDT treffend deren Misere, laufe neben der Geschichte her „wie der Schatten neben einem in der Sonne sich bewegenden Körper“ (1837, S. 113).

Immerhin waren einige Vertreter der Gymnasialpartei unter dem Druck der naturwissenschaftlichen Bewegung bedingt aufgeschlossen und reformwillig. Zwar traten sie i. d. R. nicht für eine durchgreifende Besserstellung der Geographie als selbständiges Schulfach ein, befürworteten aber eine stärkere Berücksichtigung der physischen Geographie als angewandte Naturlehre. DEINHARDT hielt diese zusammen mit der mathematischen Geographie und Physik sogar für unentbehrlich zur Erreichung des gymnasialen Bildungsziels, weil sie dem Schüler die „idealen Bänder“ aufzeige, „die die äußere Naturthätigkeit durchziehen und zusammenhalten“. In einem solchen naturwissenschaftlichen Unterricht verwandele sich die „reale“ Natur „in ein Ideales“; sie verliere „den Charakter ihrer Aeußerlichkeit“ und nehme „den der Innerlichkeit“ (S. 113 f.) an.

Ähnlich äußerte sich GROßMANN. Die mathematischen und physischen Teile der Geographie würden in Verbindung mit der Physik „zu einer großartigen Auffassung der Natur“ (1834, S. 185) an den höheren Schulen führen. Außerdem wollten wohlmeinende Gymnasialvertreter der Geographie stellvertretend für die ungeliebte Naturgeschichte einiges aus der Produktenkunde überlassen. Und der bereits zitierte Karl SCHMIDT traute ihr gar auf dem Gymnasium den „Abschluß des naturwissenschaftlichen Unterrichts“ zu, soweit sie „zur mathematischen, physikalischen, zoologischen, botanischen, mineralogischen, geologischen und ethnographischen Geographie“ werde. Er begründete das damit, dass „durch sie eine Repetition der Grundgesetze alles Lebens“ erfolgen könne, „ein Totalbild von dem Leben des Weltalls gewonnen und am Erdleben das Menschenleben, am Menschenleben das Erdleben erkannt“ (1857, S. 148) werde. Indem die Anschauung der *realen* Natur vom *idealen* Standpunkt des Geistes aus den Zielen des Gymnasiums angepasst, d. h. vergeistigt wurde, bekam die Geographie als Naturwissenschaft den *sittlichen* Erziehungsauftrag, dem Schüler „das ewig Nothwendige in der Freiheit“ aufzuzeigen und ihn „den ewigen Gesetzen der göttlichen Liebe zu unterwerfen“ (DEINHARDT 1837, S. 115).

Zu der mit der Geschichte auf der Unter- und Mittelstufe verknüpften Geographie ritterscher Prägung hielt die naturwissenschaftliche Bewegung hingegen meist Distanz. Schon Anfang der 1840er Jahre registrierte von geographischer

Seite LÜDDE (1842, S. 42f.), dass es Erdwissenschaftlern unangenehm sei, mit der Geographie in Verbindung gebracht zu werden. Alles wolle man sein, nur nicht als Geograph gelten, der eine minderrangige Schuldisziplin vertrete. Ein Real- schullehrer hielt Kollegen vor, „Ritters wissenschaftliche Auffassung“ der Geographie als Schulgeographie missverstanden zu haben, doch sei es „sinnlos“, mit 10 – 12jährigen Schülern „die oro- und hydrographischen Verhältnisse bis zur Langeweile“ durchzunehmen, „jeden Hügel und jeden Bach selbst in fremden Erdtheilen“, während „die Orts-, Staaten- und Völkerkunde“ (N.N. 1848, S. 111) vernachlässigt werde. Noch Jahrzehnte später wettete der Direktor eines Real- gymnasiums, die Geographie werde „bezüglich ihres Wertes für die allgemeine Geistesbildung völlig überschätzt“ und firmiere zu Recht auf der Mittel- und Oberstufe nur als Hilfswissenschaft der Geschichte. Mit der mathematischen Geographie sei es „natürlich ganz etwas anderes“ (WECK 1890, S. 42f.).

Erschwerend kam hinzu, dass der teleologische Standpunkt RITTERS und seiner Schüler nicht in das naturwissenschaftliche Weltbild vom Gleichgewicht der Kräfte passte. Die Erde nur als einen für den Menschen von Gott eingerichteten „Wohnplatz“ zu betrachten statt als Selbstzweck, war für den Physik- und Mathematiklehrer Christian Heinrich NAGEL (1840, S. 250ff.) Ausdruck „des größten menschlichen Egoismus“. Erst recht aber hielt er die Vorstellung vom Tod als „der Sünde Sold“, wie sie der RITTER-Schüler ROUGEMONT in seiner „Geographie des Menschen“ predigte, für absurd: „Ferne sey es, daß in unseren Anstalten dieser finstere Geist der Naturbetrachtung Eingang finde.“ So war RITTERS Projekt einer wissenschaftlichen Geographie bei allen Lobgesängen darauf schon Jahrzehnte vor seinem Tod vielen nicht mehr zeitgemäß erschienen. Wer es trotz des Nimbus seines Namens riskierte, sein Konzept in Frage zu stellen, wurde ignoriert. Julius FRÖBEL (durch v. HUMBOLDT ermutigt) war der einzige, auf den RITTER, wenn- gleich unwillig, reagierte, denn er war längst davon überzeugt, dass sein Plan alternativlos war und nicht weiter diskutiert zu werden brauchte. Durch RITTERS Diskussionsverweigerung und die seiner kritiklosen Bewunderer wurde eine Weiterentwicklung des Fachverständnisses auf der schmalen akademischen Ebene für lange Zeit abgeblockt. Ob ein HUMBOLDT auf dem Lehrstuhl eine andere Entwicklung eingeleitet hätte, ist denkbar, aber natürlich offen.

Immerhin wird die Richtung, in die diese Kritik an RITTER gegangen wäre, deutlich, wenn man mit FRÖBEL davon ausgeht, dass „ein und derselbe Stoff [durchaus] nach verschiedenen Ideen“ (1836, S. 3) bearbeitet werden könne, was unweigerlich einen je anderen Typus von Wissenschaft zur Folge haben müsse. Unter Geographie verstand er im weitesten Sinne die „Betrachtung der irdischen Dinge nach ihrer Zusammenstellung im Raume“ bzw. „die Ordnung der Dinge im Raume“, die aber bei ihm, je nach der besonderen Art der Betrachtung, zu einer anderen Geographie führte: einer „reinen“, einer „politischen“, einer „historisch-philosophischen“ und einer „physiognomischen“ (1836, S. 16f.), nicht aber zu einer Einheitsgeographie. An FRÖBEL anknüpfend, stellte sich der Pädagoge Eduard MAGER

auf den Standpunkt, dass sich keine „Wissenschaft aus Thatsachen und Ideen“ bilden lasse, „die nicht consubstanzial“ seien. Gleichwohl habe man solche, „die Geographie ist eine davon“ (1846, S. 393). Die „natürliche“ und „menschliche Erdkunde“ seien nämlich zwei grundverschiedene Dinge, „nicht zwei *Theile* der Erdkunde, sondern zwei *Arten* oder *Gattungen*“, „generisch verschieden, gerade so scharf und so genau, wie z. B. die somatische Anthropologie (Anatomie, Physiologie, Naturgeschichte des Menschen) von der pragmatisch-historischen verschieden“ sei, „obschon es nicht an Wirrköpfen gefehlt“ habe, „die auch hier vereinigen wollten“ (S. 396). GERLANDS Jahrzehnte später erfolgte Provokation, beide „Arten“ zu trennen, wühlte zwar die Fachkollegen bis auf den Grund auf, lief aber, bildungspolitisch bedingt, ins Leere (s. u.).

6 Geographie und Schulgeographie nach der Reichsgründung

Anfangs eher zögernd, später zügiger und in mehreren Schüben kam es nach der Reichsgründung zur Einrichtung von Lehrstühlen und Extraordinariaten, die den entscheidenden Schritt zur endgültigen Akademisierung der Geographie brachten. Zwar wurde erst jüngst wieder suggeriert, diese habe in kausalem Zusammenhang mit der Kolonialpolitik des Deutschen Reiches gestanden, wer anderes behauptete, relativiere die Fachgeschichte, „anstatt sie historisch kritisch zu analysieren“ (GRÄBEL 2015, S. 16), doch wird diese Anklage nicht durch neue Belege gestützt, sondern lebt allein von der *Political correctness*, denn abgesehen davon, dass eine deutsche Kolonialpolitik erst seit 1884 existierte, ist das ursprüngliche Motiv für die Lehrstuhlgründung, zumindest für Preußen, eindeutig durch die historischen Umstände und Äußerungen der politischen Akteure belegbar (vgl. Stenographische Berichte 1875, S. 585ff., SCHULTZ 1980, S. 65ff.; Brogiato 2015, S. 165): Es war, wie der 1875 berufene Hermann WAGNER wiederholt erinnerte (so 1904, S. 225), der Wunsch der Bildungsverwaltung nach einer *Verbesserung der Lehrerbildung*. Nicht von ungefähr rekrutierten sich die ersten Lehrstuhlvertreter überwiegend aus der Oberlehrerschaft, deren Fakultas von der Mathematik bis zu den alten Sprachen reichte, weil von ihnen eine bessere Lehre als etwa von Forschungsreisenden erwartet wurde (BROGIATO 2005, S. 59ff.). Diese zu Universitätsprofessoren aufgestiegenen Schulleute sahen sich unvorbereitet vor das Experiment gestellt, bestimmen zu müssen, was *wissenschaftliche* Geographie sei, um verbreitete Zweifel an ihrer Wissenschaftlichkeit auszuräumen und Befürchtungen zu widerlegen, mit der Akademisierung des Faches beginne der Abstieg der Universitäten zu bloßen Volksbildungsanstalten. Der erste Professor für Geographie, mit der dieser Aufstieg 1871 begann, war der gelehrte Jurist Oskar PESCHEL in Leipzig, der zuvor als Redakteur der Augsburger Wochenzeitschrift „Das Ausland“ gewirkt hatte. Die Leipziger Philosophische Fakultät hatte auf eine ministerielle Anfrage hin den Wunsch nach einer solchen Professur einstimmig bestätigt und auf das Wirken RITTERS verweisen, durch den die Geo-

graphie „zu einer Wissenschaft im höchsten Sinne des Wortes“ geworden sei. In dem Beschluss ist jedoch nicht von *der* Geographie, sondern ihren „einzelnen Zweigen“ die Rede, einerseits der „eigentlichen Geographie und Ethnographie“, die „an Umfang wie an Genauigkeit und Zuverlässigkeit gewonnen“ habe, und einen „physikalischen Teil“, durch den „feste Gesetze erforscht und begründet worden“ seien. Handel und Industrie könnten geographischer Bildung nicht entbehren, und „für die Geschichte der Völker“ sei sie „zur Lehrerin“ geworden. Man wünsche sich für die Professur einen „Gelehrten ersten Ranges“, „der von den Ideen Carl Ritters durchdrungen“ (zit. n. GÄRTNER 1992, S. 46f.) sei.

PESCHEL galt nun allerdings gerade nicht als Vertreter der ritterschen Richtung, sondern als Initiator der *naturwissenschaftlichen Aufbruchstimmung* bei Geographen nach 1870, aber sein Kampf gegen RITTERS Teleologie und gegen die Ahnungslosigkeit der „Mehrzahl der Schulgeographen“ bezüglich der „wahren Ziele und Zwecke“ (1868, S. 121) des Faches ließ ihn mitnichten dessen Mensch-Natur-Thema und speziell die Frage nach der Abhängigkeit der Völker von den geographischen Verhältnissen aufgeben, ja, er erklärte es geradezu zum „Ziel“ der Geographie, „die Wirkung von Naturgesetzen in den großen historischen Begebenheiten unseres Geschlechtes nachzuweisen“ (S. 130). Auf keinen Fall aber dürfe der Geograph sich fachlich einengen lassen, vielmehr müsse er die Erkenntnisse „aus sehr verschiedenen wissenschaftlichen Fächern“ (S. 130) miteinander verknüpfen. Noch eindeutiger machte sich GUTHE, Zweitplatziertes auf der Leipziger Berufsliste, für die „*historische* Geographie“ stark, die „erst die eigentliche Geographie“ sei, „welche wesentlich nur die Zustände der einzelnen Völker und die physischen Ursachen“ zu ihrem Forschungsgegenstand habe; die mathematische und die physische Geographie waren ihm hingegen nur „Hilfsmittel“ (S. 2).

Hermann WAGNER, der im Geographischen Taschenbuch von 1878 bis 1891 die methodologische Literatur akribisch vorstellte und im Lichte seines eigenen Geographieverständnisses kommentierte, warnte hingegen entschieden davor, denjenigen zu folgen, die den Forschungen „nach Ursache und Wirkung von Erscheinungen“ nur „eine Endform vorschreiben [...] wollen, nämlich die, ‘Gesetze zu finden’“, dies dürfe nur geschehen, wenn alle Wissenschaften dieses Ziel verfolgten oder die Geographie zu den Disziplinen gehöre, „welche ihre Lehren in der kurzen Form der ‘Gesetze’ zusammenzufassen pflegen“, doch treffe beides auf sie nicht zu, wenn, wie üblich, unter „Gesetz“ verstanden werde, dass „ein und dieselbe Ursache überall die nämliche Wirkung zur Folge“ (1880, S. 543) habe. WAGNER glaubte daher, die Mehrheit der „Theoretiker und Practiker“ hinter sich zu wissen, wenn er das „Wesen der Erdkunde“ in einem „Dualismus“ sah, womit für ihn zugleich anerkannt war, dass sie „in ihrem heutigen Entwicklungsstadium *keine einheitliche Wissenschaft, sondern ein Complex von solchen*“ (S. 544) sei. Er sah jedenfalls keinen Grund, die Reputation einer Wissenschaft davon abhängig zu machen, ob sie Gesetze suche, und blieb lebenslang dabei, dass die „moderne Geographie“, die „im Gegensatz zu Ritter und seiner Zeit [...] alle Erscheinungsformen der Erde in

ihrer Wechselwirkung *gleichmäßiger* zur Geltung bringen“ wolle, „ihren dualistischen Charakter nicht“ abstreifen könne, „so lange die Hauptfrage der Stoffauswahl sich *nach dem Wert für den Menschen* richte“ (WAGNER 1920, S. 34).

Tatsächlich war eine Einheitsgeographie im theologisch-teleologischen Sinne angesichts der rasanten Fortschritte der Naturwissenschaften auf den verschiedensten Gebieten ohne Zukunftschancen. Es war ein vergeblicher Weckruf, wenn RUGE sich dagegen stemmte, die Geographie „fast gewaltsam“ den Naturwissenschaften anzuschließen, und den teleologischen Zug der ritterschen Geographiekonzeption, wie übrigens auch später RATZEL (1899, S. 33ff.), verteidigte, weil sonst die Gefahr bestehe, „ihre Stellung als allgemeine Kulturwissenschaft verkümmert zu sehen“ (1873, S. 4). Nur in philosophischen Nischen (so HERMANN 1870 u. ROMUNDT 1895) konnte RITTERS Ansatz sich noch halten. Neue, naturwissenschaftlich arbeitende Geographen warfen der „Schaar frömmelnder Pädagogen“ vor, „den genialen Gedanken Ritter’s für ihre Zwecke“ ausgebeutet zu haben, um „in jeder noch so bedeutungslosen geographischen Eigenthümlichkeit den bekannten ‘Finger Gottes’“ zu erblicken „und – horribile dictu! – aus der Erdkunde ein religiöses Bildungsmittel“ (SUPAN 1876, S. 58) zu machen.

Der Schwerpunkt der Geographie wurde nun in die Naturwissenschaften verlagert, während ihre bislang dominierende historische Seite, die auf die Völker ausgerichtet war, stark zurückgefahren, wenn auch nicht aufgegeben wurde. In dieser veränderten Position sollte sie durch einen eigenständigen Oberstufenunterricht bis zum Schulabschluss die „Gebrechen“ von Gymnasien wie Realschulen – die „philologische Einseitigkeit“ auf der einen, die „zu grosse Mannigfaltigkeit der Studienfächer“ (KIRCHHOFF 1882, S. 97) auf der anderen Seite – gleichermaßen heilen. Die Stundenforderungen, zu denen diese Kehrtwende zu berechtigen schien, wehrten Gymnasialvertreter jedoch geschickt ab, indem sie darauf verwiesen, dass die meisten physischen Inhalte der Geographie sich leicht auf die bereits bestehenden Naturwissenschaften aufteilen ließen. Immerhin wünschte sich eine Koryphäe wie der Physiologe DU BOIS-REYMOND bei einer Reform der Gymnasien in den höheren Klassen neben anderen Naturwissenschaften auch mehr „physikalische Geographie“ (DU BOIS-REYMOND 1877, S. 293).

Weiter vorangetrieben wurde der betont naturwissenschaftliche Weg der Geographie durch Ferdinand v. RICHTHOFEN in seiner Leipziger Antrittsrede von 1883, die von manchen Geographen als die eigentliche Programmrede der modernen Geographie empfunden wurde. Explizit sprach er vom „Aufschwung des naturwissenschaftlichen Wissens und Denkens“ als dem „Charakter des neuen Zeitalters“, der „nothwendiger Weise in der wissenschaftlichen Geographie und ihrer Methode“ (S. 47) reflektiert werden müsse, deren bisherige Entwicklung er als Geschichte eines weitgehenden Kontaktverlustes zu ihren naturwissenschaftlichen Grundlagen begriff. Schon fünf Jahre zuvor, 1877, hatte er deutlich gemacht, dass er dies ändern wolle, und am Schluss des ersten Bandes seines großen China-Werkes die „wissenschaftliche Geographie“ darauf festgelegt, ihren „Gegenstand

in erster Linie“ in der „Oberfläche der Erde für sich“ zu sehen, „unabhängig von ihrer Bekleidung und ihren Bewohnern“, denn dies sei „die einzige Domäne, welche ihr ausschliesslich“ (RICHTHOFEN 1877, S. 730) zustehe.

Damit hatte v. RICHTHOFEN nach WAGNER „die naturwissenschaftliche Grundlage aller [!] geographischen Vorstellungen aufs Schärfste betont“ (1878, S. 613). Zudem band der gelernte Geologe die Geographie fest an die Geologie, die ihre „gesicherte Grundlage“ bilde, und erklärte die sogenannte Geognosie zum „Gemeinbesitz“ von Geologen und Geographen, während die übrigen geologischen Bereiche schon weiter vom Arbeitsfeld des Geographen entfernt lägen. Neben diesem Kernbereich ließ v. RICHTHOFEN noch „angewandten Zweige“ als Geographie zu, d. h. solche, deren Erscheinungen unter dem spezifisch geographischen Gesichtspunkt der „causalen Wechselbeziehungen“ (RICHTHOFEN 1877, S. 731) mit der Beschaffenheit der Erdoberfläche und ihrer Formen betrachtet wurden. Auch RITTERS „vergleichende Erdkunde“ fiel hierunter; sie sei ein „integrirenden Theil der Geographie“, weil sie sich eben dieser „geographischen Methode“ bediene. Staatenkunde und Ethnologie waren für v. RICHTHOFEN hingegen keine Geographie mehr, doch seien sie aus Konvention wohl nicht entfernbar.

In seiner Antrittsrede von 1883 bekräftigte und präzierte v. RICHTHOFEN die 1877 entwickelten Grundgedanken, erweiterte aber die Erdoberfläche zur Erdhülle, bestehend aus Erde, Wasser und Luft. Wer sich in der Geschichte der Geographie etwas auskennt, weiß natürlich, dass die Erdoberfläche seit RITTERS Tagen als Gegenstand des Faches präsentiert wurde, doch bekam diese Festlegung durch die Autorität des weltberühmten Chinaforschers ein völlig neues Gewicht. Auch von „Wechselwirkung“ oder „Wechselbeziehungen“ ist seit RITTER die Rede, doch kritisierte v. RICHTHOFEN, dass RITTERS „von hohen Ideen getragene philosophische Richtung“ ungeeignet gewesen sei, eine „auf Messung und Beobachtung beruhende“ (1883, S. 45) Forschungsmethode zu konzipieren. Eine *Begrenzung* des Faches stand für v. RICHTHOFEN jedoch nicht an, stattdessen registrierte er eine „allseitigen Erweiterung“ (S. 46) der Geographie, die durch die neue naturwissenschaftliche Vertiefung möglich geworden sei. Aufgaben, die nur noch einen lockeren, unvermittelten Zusammenhang mit ihr gehabt hätten, würden nun „wieder von ihr aufgenommen“ (S. 47). Doch gerade seine Ausführungen zum Verhältnis von Geographie und Geologie überzeugten wenig. Eher unbemerkt blieb, dass er RITTERS auf das Verhältnis von Mensch und Natur bezogenes Wechselwirkungskonzept, das ja für diesen die ganze Geographie ausmachte, jetzt ohne Erwähnung RITTERS auf RATZEL übertrug und als „dynamische Anthropogeographie“ vereinnahmte, von der er sich den Aufstieg zu einem System „gesetzmäßiger Causalbeziehungen“ (S. 59) versprach. Gegen Ende seiner Rede gestand er allerdings überraschend den Vertretern der ritterschen Richtung zu, dass die „heutige wissenschaftlichen Geographie“ erst aus der Vereinigung der „exacten Methode der Naturwissenschaften“ und der „idealen Anschauungsweise“ (S. 72) RITTERS hervorgehe, obwohl er doch gerade diese ideale Richtung für forschungsun-

tauglich hielt. Was aus der Fusion von „Methode“ und „Anschauungsweise“ herauskommen sollte, ließ er offen.

Während v. RICHTHOFEN eine Absage an RITTERS Richtung scheute, aber auch WAGNERS Dualismus zurückwies und „die Einheitlichkeit“ (v. RICHTHOFEN 1883, S. 46) des Faches bereits durch den kausalen Bezug seines gesamten Wissens auf die Erdoberfläche genügend gesichert sah, holte Georg GERLAND, der Straßburger Ordinarius, vier Jahre nach v. RICHTHOFENS Programmrede zum großen Paukenschlag aus und definierte die Geographie als *reine Naturwissenschaft*: als *Geophysik* in einem umfassenden Sinne, die das menschlich-historische Element abwerfen, dagegen das Erdinnere hinzunehmen sollte, da sich dieses von der Erdrinde gar nicht abgrenzen lasse. Für GERLAND war eine streng einheitliche Geographie, die zwei völlig verschiedene Formen von Kausalität, eine „physikalische“ und eine „psychologische“ oder „psychophysische“ (ein an FECHNER erinnernder Ausdruck), in sich begriff, unmöglich. Mit „Wechselwirkung“ als Zentralbegriff der Geographie meinte er nur die „Wechselwirkung“ der „an die Erdmaterie gebundenen Kräfte“, von denen ihre „Bildung und Umbildung“ (S. VII) abhing, nicht die Beziehungen des Menschen zur Natur. Der Mensch als ein nach Motiven handelndes, *wollendes* Wesen habe in einer naturwissenschaftlichen Geographie nichts zu suchen, er stehe vielmehr der Natur „selbständig und eigenartig [...] gegenüber“ (S. XXV). Seine Reaktionen könnten wir nicht durch induktive Beobachtung erschließen, sondern nur „durch unser eigenes Gefühl begreifen“, weil noch ein „dunkles Etwas, ein X“ dazwischentrete, die „Seele als DurchgangsmEDIUM“: „Wir verstehen die menschliche Reaction nur, weil wir selbst Menschen sind und uns mitfühlend in andere hineinversetzen können“ (S. XXVI). GERLANDS Devise lautete daher: Dem Geographen die „Natur der Länder“ (S. XLVII), dem Historiker den handelnden Umgang des Menschen mit ihr (S. LII)! Das sei auch der Weg, um die Geographie praktisch verwertbar zu machen.

GERLANDS Vorschlag hatte für jüngere Geographen, die vom naturwissenschaftlichen Zeitgeist beflügelt waren, etwas Bestrickendes, blieb aber aus bildungspolitischen Gründen chancenlos. Der preußische Kultusminister v. GOßLER hatte 1889 auf dem Achten Deutschen Geographentag, also kurz nach GERLANDS Radikalvorschlag für die Geographie, unmissverständlich klargestellt, dass eine Abkehr vom Menschen nicht ohne Auswirkungen auf die Stellung der Geographie im Lehrplan der Schulen bleiben könne; denn der Lehrplan sehe sie als „Bindeglied zwischen den beiden großen Gruppen der Disciplinen“ vor, um „in bevorzugtem Maße an der harmonischen Ausbildung unserer Jugend mitzuwirken“ und „dem jugendlichen Geist die Einheit des Wissens zu vermitteln“ (GOßLER 1889, S. 5). Dieser Wink mit der amtlichen Zaunlatte (später kamen noch staatsbürgerliche Erziehungswünsche hinzu) wurde verstanden. Die Schule war mit großem Abstand das Hauptberufsfeld für Geographiestudierende, dementsprechend würde bei einer Umsetzung von GERLANDS Vorschlag die Zahl der Studierenden (inklusive der Hörgelder) massiv zurückgehen. Den tonangebenden Ordinarien war sofort klar, dass die historisch-politische Seite

des Faches nicht aufgegeben werden durfte. Eine verbesserte Stellung im Stundenplan der preußischen höheren Anstalten versprach der Minister jedoch nicht, obwohl sein Wort von der bevorzugten Rolle der Geographie als integratives Fach im Fächerkanon der höheren Schulen dies erfordert hätte.

So standen die Geographen nach dem Brücken-Ukas der preußischen Unterrichtsverwaltung vor dem Dilemma, entweder mit dem methodischen *Dualismus* des Faches zu leben, hier „die Idee des Erdganzen“, dort „die Beziehungen zwischen Land und Volk“, um beide Seiten „gleichmässig“ (WAGNER 1884, S. 544) zu bedienen, was vielen intellektuell wenig haltbar erschien, oder nach einer neuen *Einheitsformel* zu suchen, die den durch v. RICHTHOFEN aufgewerteten Gegenstand der Geographie, die Erdoberfläche oder Erdhülle, überzeugender in ein geschlossenes Konzept einband. Den Mut, den Konfliktfall mit dem Ministerium zu riskieren, brachte man dagegen nicht auf, die Gefahr, auf der höheren Schule zu stagnieren und Lehramtsstudierende zu verlieren, schien wohl zu groß; nur durch die Wahl der Forschungsthemen zeigten jüngere Geographen, dass sie die naturwissenschaftliche Richtung favorisierten. So kam es für ein paar Jahrzehnte zur Dominanz der *Geomorphologie*, die möglicherweise nicht erfolgt wäre, wären nicht eine Reihe von Geographen, u. a. v. RICHTHOFEN und Albrecht PENCK, als gelernte Geologen auf die Lehrstühle gekommen, die von dorthier die Oberflächengeologie mitbrachten und als Geomorphologie zum Kerngebiet der Geographie umerklärten.

Kurz vor der Jahrhundertwende ging v. RICHTHOFEN dann doch dazu über, die „ideale“ Richtung, die ihm 1883 noch als Gipfelpunkt der Geographie erschien, jetzt aus der Geographie zu verstoßen. Das preußische Kultusministerium ließ er in einer Denkschrift wissen, dass RITTERS Geographie „methodisch nicht entwicklungsfähig“ sei und ihre Verbindung mit der Geschichte „verhängnisvoll“ (RICHTHOFEN 1898, S. 159) für die akademische Stellung des Faches. Dort, wo die *kausale* Abhängigkeit des Menschen von der Natur endete und seine *bewusste* Tätigkeit begann, sollte v. RICHTHOFEN zufolge die Geographie aufhören. Eine Großstadt wie Berlin fiel im Grunde aus der Geographie heraus, weil eine kausale Beziehung zum Erdboden fehle (RICHTHOFEN 1897/98, S. 679). Der Minister lehnte ab; selbst die Nennung der Lehrerbildung in der Denkschrift als erstes von fünf Zielen einer Geographie ohne RITTER und der Hinweis, dass Deutschland gegenüber den großen Nachbarstaaten in der geographischen Forschung zurückgefallen sei, half nicht.

Doch v. RICHTHOFEN gab nicht einfach auf. In der Eröffnungsrede zum Internationalen Geographenkongress in Berlin, 1899, lancierte er seine Vorstellungen vom Umbau der Geographie auch öffentlich vor großem Publikum. Die physische Geographie sah er im Kern aus der *Geomorphologie* bestehen, für die er „darüber hinaus aber noch die Klimatologie, die Ozeanologie und die dynamische Erforschung des Zusammenwirkens von Boden, Atmosphäre und Wasser zur Gestaltung der Erdoberfläche“ beanspruchte. Geologie, Geodäsie, Meteorologie und Geophysik, mit denen die Geomorphologie enge Berührung habe, seien dagegen „längst unabhängig“ geworden. Gleichwohl würden sie sich in der physischen

Geographie „wie Radiesen in einem Brennpunkt vereinigen“, „wo sie einen Theil ihrer praktischen Anwendung“ fänden. „Warum nicht alle „zu einer Naturwissenschaft von der Erde“ zusammenfassen? Was in den USA an einer Universität (Chicago) schon verwirklicht worden sei, „sollte allgemeiner“ auch für Deutschland „als Ziel festgehalten werden“ (RICHTHOFEN 1901, S. 28f.). Entlastung hieß die Devise. All die Erscheinungen, die „unmittelbar ursächlich“ mit „der Welt der Organismen und dem Menschen“ verbunden seien, müsse der Geograph an die Botanik, Zoologie, Ethnologie und physische Anthropologie abtreten, während die Nationalökonomie bereits „einen großen Bereich der Beziehungen des Menschen zum Erdboden“ behandle. RATZELS Neubegründung der *Anthropogeographie* hielt v. Richthofen jedoch für ein sinnvolles Unterfangen, da durch sie der National-Ökonomie und der Geschichte die geographischen Grundlagen zu „Boden, Wasser und Klima“ vermittelt werden könnten. RITTERS Schwerpunkt wird von ihm dagegen ausgelagert: „Es ist dadurch eine Geographie der Geschichte entstanden, deren Gegenstand dem eigentlichen Forschungsbereich des Geographen nicht [!] mehr zugehört, wenn auch Wechselbeziehungen vielfach vorhanden sind“ (S. 29).

Ob jedoch die naturwissenschaftlichen Grundlagendisziplinen überhaupt bereit gewesen wären, die errungene Eigenständigkeit zugunsten der physischen Geographie als Leitdisziplin aufzugeben, welche nach v. RICHTHOFENS Vorstellungen die Ergebnisse jener „einheitlich“ (1898, S. 683) zusammenfassen sollte, ist höchst fraglich, eher wäre zu erwarten gewesen, dass sie ein solches Ansinnen als *Übergriffigkeit* abgewiesen hätten. Noch unwahrscheinlicher aber wurde die von ihm gewünschte Richtung durch die neuen Lehrpläne Preußens für die höheren Schulen. Hier hatte die preußische Verwaltung festgelegt, dass die Geographie „unbeschadet“ ihrer „Bedeutung als Naturwissenschaft“, soviel war man bereit zu konzessieren, „vor allem“ und nicht nur *en passant* „den praktischen Nutzen des Faches für die Schüler ins Auge zu fassen“ habe, daher dürfe „die physische Erdkunde nicht grundsätzlich vor der politischen“ bevorzugt werden. Beide seien vielmehr in der Länderkunde „in möglichst enge Verbindung zu setzen“ (Lehrpläne 1901, S. 520). Der Länderkunde wurde damit ihre Wissenschaftlichkeit amtlich bezeugt, doch ohne die Lage sogleich zu beruhigen, weil diese Verbindung von der Naturseite oder von der Seite des Menschen her angegangen werden konnte und es für beide Primatansprüche unter Geographen gab. So vergrößerten die rasch Zulauf bekommenden Befürworter von mehr Kultur- und Wirtschaftsgeographie, aber auch Politischer Geographie in Absetzung von einer einseitigen naturwissenschaftlichen Bildung noch vor dem Ersten Weltkrieg das Stimmengewirr weiter.

Besonders bedrohlich wurde die Lage der Schulgeographie durch die 1901 von Preußen verfügte Gleichwertigkeit der humanistischen und der realistischen Bildung. Für die Bewegung der Naturforscher und Ärzte war dies Anstoß genug, sich mit neuer Kraft schulpolitisch zugunsten von Biologie und Geologie ins Zeug zu legen (vgl. SCHULTZ 1989, S. 132ff.). Die Biologie hatte durch Darwins pädagogisch

unerwünschte Evolutionslehre, die Gott aus der Natur herausdrängte, curricular einen schweren Rückschlag erlitten, die Geologie war bisher nur gelegentlich selbstständig in den Stundentafeln einzelner Reichsländer vertreten, zumeist aber ihr Inhalt über die verschiedensten Fächer verteilt. Wegen ihrer vielfältigen Beziehungen zu den Naturwissenschaften und zum modernen, technisch-industriellen Leben galt sie jedoch als Fach der Zukunft mit erheblichem Bildungspotenzial. Speziell in Gegenden, die geologisch viel hergaben, wurde sie zudem von Volksschullehrern sehr geschätzt. Das war jedoch weit weniger gefährlich als eine eventuelle Etablierung der Geologie auf der Oberstufe der höheren Schulen. Würde sie dort mit eigenen Stunden fest etabliert, grübe sie wahrscheinlich den entsprechenden Stundenwünschen der Geographen das Wasser ab. Die Geographie hätte dann der Geologie als Steigbügelhalterin gedient, selbst aber das Nachsehen gehabt. Doch nicht alle Schulmethodiker gingen den geologischen Weg mit und rückten Gegenwartsfragen sowie kulturgeographische Aspekte ins Zentrum eines problemorientierten Geographieunterrichts, wozu sie sich pädagogisch bzw. lernpsychologisch legitimiert sahen. Entsetzt geißelte LAMPE (1908, S. 98) diese Strömung als ungeographisch, ja „Vergewaltigung des erdkundlichen Lehrstoffs“. Eine blinde „Konzentrationswut“ habe ihre Vertreter befallen, die sich „verheerend auf den erdkundlichen Sinn“, also auf Fachidentität und Fachgrenzen, auswirken konnte. „Schöngeistige Redensarten“ seien aber noch keine Erdkunde. In dieser chaotischen Situation gerieten führende Schulgeographen in Panik und schlugen sich auf die Seite der Geologieanhänger mit dem Vorschlag, ein Doppelfach *Geologie-Geographie* einzurichten, was heftige innergeographische Reaktionen auslöste. Kurz vor Beginn des Weltkriegs kam es schließlich nach zähen Verhandlungen mit dem „Deutschen Ausschuss für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht“ (DAMNU) zu einem Friedensabkommen (vgl. SCHULTZ 1989, S. 143ff.). Die *Länderkunde*, deren Wissenschaftlichkeit bislang umstritten war, fand nun als *Chorologie* den Segen der mit der Geographie um die Stundentafeln konkurrierenden Fächer. So war zumindest die Gefahr einer Stoffausdünnung durch das Angebot der Naturwissenschaften, die Geographie von Teilen ihrer Inhalte zu entlasten, gebannt, was ihre Stundenforderungen weniger glaubhaft gemacht hätte. Der Verhandlungsführer der Geographen war ausgerechnet der von der Geologie herkommende Albrecht PENCK, der Zeit seines Berufslebens eine rein naturwissenschaftliche Geographie gegenüber ihren kultur- und geisteswissenschaftlichen Teilen und einer mit der Geschichte verknüpften Länderkunde favorisierte. Nicht von ungefähr sah er in einer „*Biogeographie*“, welche die Geographie des Menschen einschloss, das naturwissenschaftliche Seitenstück zur „*Physiogeographie*“. Es werde sich zeigen, dass der menschliche Wille, der „zur Charakteristik einer Sonderstellung der Anthropogeographie benutzt“ werde, in Wirklichkeit „Ausdruck einer Einwirkung der Umgebung auf den Menschen“ sei und „das Drama menschlicher Geschichte [...] zu einem guten Teile Folge seines Schauplatzes“ (1905, S. 251). Vor PENCK stellte schon RATZEL die Anthropogeographie zur Biogeographie; ihre

Gesetze würden allerdings nur Wahrscheinlichkeitsgesetze von geringerer mathematischer Strenge als der 'harten' Naturwissenschaften sein (vgl. SCHULTZ 2014b). Für HETTNER war RATZELS Anthropogeographie dagegen überwiegend nur eine Propädeutik der „allgemeinen Geographie“ (1907, S. 524).

7 HETTNER'S Scheinkonstruktivismus der Länderkunde

Mit dem Votum Preußens für die „Länderkunde“ war der Kampf um das Profil der Schulgeographie und damit auch der wissenschaftlichen Geographie entschieden, als deren Abbild die schulische galt: Einheitlichkeit für beide! HETTNER mochte sich als Sieger fühlen, weil er die wissenschaftliche Geographie genau dorthin haben wollte und im Gegensatz zu v. RICHTHOFEN keine Periode der Ausweitung, sondern „der Einschränkung und Sammlung“ (1898, S. 315) propagiert hatte. Gegen die badischen Lehrer gerichtet, aber auch die Dualisten im eigenen Lager betreffend, dekretierte er als selbsternannter Paradigmenwächter *ex cathedra*: Wer „heute noch die mathematisch-physikalische Geographie auf die eine, die politische Geographie auf die andere Seite“ stelle, der habe das „Wesen der Geographie“ verkannt, die doch gerade als Länderkunde „den Zusammenhang von Natur und Menschen darzulegen“ (1902, S. 101) habe. Schon früh hatte HETTNER sich auf die rittersche Seite geschlagen und darauf festgelegt, dass es („neben Psychologie und Völkerkunde“) die Geographie sei, „die Natur und Geist“ umspanne und „zwischen den Naturwissenschaften und den Geisteswissenschaften eine Brücke“ schlage, wodurch sie „zur mächtigen Förderin einer einheitlichen, wahrhaft philosophischen Weltanschauung“ (1895, S. 14) werde. Somit war ihm auch „der Geist eines Volkes [...] ebenso ein Kind der Landesnatur wie sein Körper oder seine Werke“ (1907, S. 523).

Aus dem Brückenmotiv leitete HETTNER ab, „daß die Geographie etwa zur Hälfte naturwissenschaftlichen Charakter“ habe und auf die Hilfsdienste der Naturwissenschaften angewiesen sei, auch gestand er zu, dass es schwierig sei, Natur und Mensch „gemeinsam“ gerecht zu werden und „in ihrer Wechselwirkung“ zu betrachten, doch liege dies „in der Natur der Sache“ und lasse sich „nicht ändern“, da der Mensch selbst und seine Werke „nun einmal an die Natur gebunden“ (1911, S. 55) seien. Jede geographische Arbeit hatte aus HETTNER'S Sicht mit der sicheren Feststellung der geographischen Tatsachen zu beginnen, wobei all jene Tatsachen wegfallen sollten, die nicht schon selbst an verschiedenen Erdstellen verschieden waren. In einem zweiten Schritt galt es dann die übriggebliebenen Tatsachenreihen der unterschiedlichsten Bereiche miteinander zu vergleichen, um festzustellen, ob zwischen ihnen ein Ursache-Wirkungs-Verhältnis existierte. Traf dies zu, sprach HETTNER von „Landschaft“ oder „Land“.

Schon HETTNER'S Festklammern an den Tatsachen wie einst RANKE'S an den Fakten zeigt unmissverständlich: Ein *Konstruktivist* in einem *antirealistischen* Sinne war er nicht.

Zwar erklärte er immer, dass eigentlich nur der einzelne Punkt auf der Erdoberfläche individuell im geographischen Sinne sei, nicht aber die Zusammenfassung solcher Punkte zu Ländern und Landschaften, ja, er gestand sogar zu, dass diese „Zusammenfassung [...] nicht in der Natur vorhanden“ sei, sondern vom „Willen“ und „Takt“ des einzelnen Forschers abhängen und von diesem erst „in die Natur eingetragen“ werde, so dass es keine richtige Gliederung geben könne, während alle anderen falsch seien. Damit rügte er die Schulgeographen, die die Existenz bestimmter Naturgebiete einfach als gegeben voraussetzten, während HETTNER sie als ein *sekundäres Produkt* der geographischen Arbeit ansah. Das bedeutete aber keinen Freifahrtschein für konstruktivistische Beliebigkeit, dann hätte HETTNER jede Gliederung als gleichberechtigt zulassen müssen, was er nicht tat. Es gab für ihn „zweckmäßige“ und „unzweckmäßige“ (1893, S. 193), und diese Wertung bezog sich nicht auf einen Abgleich mit den Intentionen bzw. der Perspektive des jeweiligen Forschers, sondern auf eine möglichst gute Übereinstimmung mit der Wirklichkeit. Was vom Geographen als Komplex von Landschaften zusammengefasst wurde, war für HETTNER keine Fiktion der Wirklichkeit, keine Unwirklichkeit, sondern ihr Gegenteil. Hierin war er kompromisslos.

So formulierte er 1908, es sei „Aufgabe der Länderkunde [...], in begrifflicher Nachbildung [!] der Wirklichkeit [!] die Erdteile, Länder, Landschaften, Örtlichkeiten zu beschreiben und in ihrer Eigenart zu erklären“ (S. 1). In seinem Lehrbuch von 1927 scheint die Kapitelüberschrift „Die Konstruktion der räumlichen Zusammenhänge“ (S. 195) zwar zunächst anderes anzudeuten, doch die Klarstellung erfolgt auf den Fuß. „Konstruktion“ meint für HETTNER nicht das Darstellungsproblem im schriftstellerischen Sinne, sondern die „Untersuchung [...] der räumlichen Zusammenhänge“, eine „Forschung“, die neben die „Untersuchung der Ursachen“ treten müsse, weil die „Komplexe und Systeme [...] wirkliche [!] Gebilde“ seien, „die von der Wissenschaft erkannt werden“ müssten. Der Länderkundler fülle damit die Lücken seiner Beobachtung, die ja nur ausnahmsweise lückenlos sein könne, und bemühe sich „um die Herstellung und das Verständnis wirklich [!] vorhandener Zusammenhänge“. Und um ganz sicher zu gehen, schob HETTNER noch nach: „Wenn man dafür das Wort Konstruktion gebraucht, so soll damit nicht eine Neuschaffung behauptet werden; denn bei Lichte besehen handelt es sich nur [!] um Rekonstruktionen [!], um Wiederherstellungen [!] der Wirklichkeit“ (S. 195f.).

Somit steht fest, für HETTNER ist wissenschaftliches Arbeiten kein Neuschaffen, sondern ein Nachschaffen der Wirklichkeit im Bewusstsein, also genau das, was der Konstruktivist für unmöglich hält. Aufgabe der Geographie ist, zu zeigen, was ist! Direkter, unmittelbarer kann der Kontakt zur „Wirklichkeit“ im Rahmen einer *empirischen* Wissenschaft gar nicht gesucht werden, da ist keine Luft mehr für einen Konstruktivismus in einem *nicht-trivialen* Sinne, in dessen Nähe HETTNER nach der Lektüre der brillanten Studie Ute WARDENGAS (1995) von manchen Geographen heute etwas vorschnell gerückt wird. Die Wirklichkeit verdämmt bei ihm nicht konstruktivistisch, sie ist nicht nur Deutung; die Begriffe lösen sich

nicht subjektzentriert von dem ab, was sie bezeichnen. Die darstellende „länderkundliche Komposition“, von der HETTNER abhängig machte, ob jemand „ein rechter Geograph“ (1908b, S. 568) war oder nicht, verlangte allerdings vom Darsteller im Gegensatz zur „Konstruktion“, welche die Lücken in der Beobachtung überbrücken sollte, auch literarisches Geschick, ohne das keine Vorstellung vom Zusammenhang der Erscheinungen entstehen konnte. Hier war Subjektivität, die schon mit der Auswahl des Stoffes begann, unvermeidlich. Wenn HETTNER über jene „vielen“ naiven Naturforscher, die „die allgemeinen Begriffe für wirklich und die allgemeinen Gesetze für bare Wahrheiten“ nähmen, obwohl diese „doch immer [nur] hypothetischen Charakter“ (1905, S. 257) besäßen, den epistemologischen Stab brach, so besagt dies nur, dass sich Begriffe und Gesetzesannahmen der Wirklichkeit gegenüber als ungeeignet bzw. Irrtum erweisen können.

Obwohl nun die Länderkunde, die v. RICHTHOFEN noch gegenüber der Allgemeinen Geographie zurückgesetzt hatte, Zielpunkt des Faches geworden war, wurden die länderkundlichen Werke von ihren Verfassern oft als eher populärwissenschaftlich und für ein breiteres Publikum gedacht heruntergedimmt, sogar von HETTNER selbst, der seine Länderkunde als „kurze wissenschaftliche Darstellung“ für Lehrer und Studierende wie „überhaupt für alle Gebildeten“ (1907, Vorwort) schrieb, mithin nicht primär als Wissenschaftler für Wissenschaftler. Der Weltkrieg brachte dann neue Irritationen, weil die kriegsmotivierte Bereitschaft tonangebender Kreise, die Geographie nach Kriegsende an den höheren Schulen besserzustellen, darauf hinauslief, sie (was 1924/25 in Preußen geschehen) mit Deutsch und Geschichte zu einer deutschkundlichen Fächergruppe zu verbinden. Das war allerdings vielen Schulgeographen durchaus recht, die seit längerem nach mehr Mensch verlangten, politisch wie wirtschaftlich, und die alte Staatengeographie, die als tot galt, nicht ungerne wiederbelebt gesehen hätten.

Die Hochschullehrer wehrten ab (vgl. BROGIATO 1998, Bd. 1, S. 369ff.), doch gestand PENCK zu, dass eine noch fehlende Staatenkunde ein „überaus nötiges Glied zwischen Geographie und Geschichte“ (1916, S. 238) sei. Sie könnte der Geschichte für die Gegenwart sein, was die Geologie der Geographie für die Vergangenheit, nämlich die „Geschichte der Gegenwart vom politischen, wirtschaftlichen und kulturellen Standpunkte aus“ (S. 238) zu pflegen. „Politische Geographie, Wirtschaftsgeographie, Verkehrsgeographie und Kulturgeographie“ würden dieser Staatenkunde als „Grenzgebiete der Geographie zur Seite“ stehen, denn auch das „gesamte staatliche Leben“ spiele sich „auf der Erdoberfläche ab“ (S. 238). Doch sei die Staatenkunde auf keinen Fall ein integraler Bestandteil der Geographie (der „Länderkunde“), nur die Grenzgebiete verbänden sie mit der Geographie, so wie die Morphologie nicht Teil der Geologie sei. Beide, der politische Geograph wie der Morphologe, müssten der Geographie die Stange halten. Einige Geographen wie Geologen verdächtigten die PENCK-Schule allerdings der Geologisierung der Geographie

und der Vernachlässigung des Menschen. Eine solche Gefahr sah RATZEL (1891, S. VI) bereits zu v. RICHTHOFENS Zeiten für das Fach heraufziehen.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Fächer fallen nicht vom Himmel, sie pausen auch keine Seinsordnung ab, die im Gang der Geschichte nach Irrungen und Wirrungen notwendig durchbricht, sie mussten nicht werden, was sie zu einer bestimmten Zeit waren, sie müssen nicht bleiben, was sie gegenwärtig sind. Nur im Rückblick erscheinen Entwicklungen evident alternativlos, erfolgreiche wie gescheiterte. Zur jeweiligen Gegenwart gab es Optionen für die Zukunft, die trotz aller Vorgaben noch ein relativ unbestelltes Feld von Möglichkeiten waren. Ungeschehene (Wissenschafts-) Geschichte zu betreiben, heißt somit, die Vergangenheit als Schnittpunkt von Gegenwart und Zukunft zu betrachten, um solche Optionsmöglichkeiten zu erkennen. Das wurde hier in begrenztem Maße versucht.

Massiv unter Druck kam die „Schulwissenschaft“ Geographie im 19. Jahrhundert durch die prosperierenden Naturwissenschaften, die sie alt aussehen ließen. Soweit sie sich als staatenkundliches Kaleidoskopfach mit physischem Unterbau gab, dessen Streugutsammlungen von fernen Himmelskörpern bis zur Truppenstärke von Staaten, vom Innersten der Erde bis zu den Wappen von Adelshäusern reichen konnten, genügte sie immer weniger modernen wissenschaftlichen Anforderungen, wie sie von den Naturwissenschaften vorgegeben wurden. Diese hatten sich, noch Anfang des 19. Jahrhunderts ganz im Schatten der philologisch-historischen Wissenschaften stehend und unter der tonangebenden Naturphilosophie leidend, von deren spekulativen Verirrungen befreit und waren zu einem grenzenlos scheinenden Siegeszug durchgestartet, der einem ganzen Zeitalter den Namen gab. An die Stelle der alten Überheblichkeit der Geisteswissenschaften trat nun die neue Arroganz der beobachtenden, experimentellen, nach Gesetzmäßigkeiten suchenden Naturwissenschaften, deren Vertreter es dem einst übergroßen Gegner mit gleicher Münze und oft nicht weniger brachialer Rhetorik heimzahlten. Für einige extreme Naturwissenschaftler gab es überhaupt nur noch Naturwissenschaften (vgl. RUSINEK 2005, S. 329).

Vor dem Hintergrund dieses alle Lebensbereiche durchdringenden Siegeszuges der Naturwissenschaften und der sich zu ihren Gunsten wandelnden geistigen Atmosphäre lag es für die Geographie nahe, auf den Zug aufzuspringen und sich selbst ein rein bzw. fast rein naturwissenschaftliches Profil zu geben, um endlich von der asymmetrischen, geradezu symbiotischen Anbindung an die Geschichte als deren Hilfsdisziplin wegzukommen, während es für die politisch-historische Richtung, ihre staatenkundliche Seite, immer enger wurde. Der massive Widerstand der Gymnasialpartei gegen eine Öffnung zugunsten der Naturwissenschaften ließ diesen Weg gleichwohl nicht ohne Risiko erscheinen. Daneben gab es die Option einer dualistischen Entwicklung, die zwei Geographien akzeptierte, eine

geophysische und eine *kulturhistorische*, doch war diese mit der negativen Vorstellung einer Verbiegung des Wesens der Geographie, einer Janusköpfigkeit bzw. Zwitternatur assoziiert und lief dem starken Wunsch nach einem einheitlichen, geschlossenen Weltbild entgegen.

Der vielen Geographen so attraktiv erscheinende naturwissenschaftliche Weg wurde politisch abgewürgt, ihn im Verbund mit anderen Geowissenschaften doch noch zu realisieren, scheiterte nicht zuletzt an deren Desinteresse. Für eine Neuauflage der Staatenkunde fehlte ein ausreichender Diskussionsvorlauf, erst der verlorene Krieg führte mit der umstrittenen Geopolitik in diese Richtung, produzierte aber einen Dauerstreit mit der nicht minder umstrittenen Politischen Geographie (vgl. Kost 1988). So kam zwar nicht, was kommen musste, aber dieser Eindruck kann durchaus entstehen: Die Geographie entwickelte ein disziplinäres *Sonderbewusstsein*, das in der Schulgeographie und in Teilen der universitären Geographie noch heute nachhallt und *in nuce* bei RITTER angelegt war, dass sie nämlich als *chorologische* oder *Raumwissenschaft* jenseits der Kluft zwischen Natur- und Geistes- bzw. Kulturwissenschaften und damit zwischen dem rein Stofflichen und dem rein Formalen, zwischen Anschauung und Ideen, zwischen Realismus und Humanismus stehe. Ob schulisch oder akademisch, sie sei „Zusammenschau“, „Synthese“, „Sammellinse“, „inneres Band“, „Einheits-“ oder „Vereinigungspunkt“, „Brennpunkt“ „Kristallisationspunkt“, „Mittel-“ oder „Zwischenglied“, kurz die „Universal-“ oder Zentralwissenschaft“, das „Mittelpunktfach“ für alle Natur und Mensch betreffenden Sachverhalte, die sie zum Ganzen der (geographischen) Landschaft verbinde, integriere, konzentriere, vermittele, vereinige, verschlinge, verkette, verknüpfe, verflechte, verwebe, verschmelze, versöhne, verklammere, überbrücke oder wie immer die Formulierungen lauten (und lauten), die ausdrücken sollten, dass die Geographie den Gegensatz der beiden Denkweisen ausgleiche, ja überwinde. Die klassische Geographie war hiernach kein normales Fach unter Fächern, sondern ein Fach *über* den Fächern, letztlich also mehr als ein Fach – sie war eine Welt, deren Gesetz und Sinn, dabei stets Gefahr laufend, sich zuviel anzuschließen und zuzumuten.

Immerhin schien mit der Länderkunde die Objektfrage geklärt, doch gingen die methodologischen Kämpfe, angeheizt durch Fragen zur „*nationalen Erziehung*“ bzw. „*Staatsbürgerkunde*“ (vgl. SCHULTZ 1989, S. 347 ff.), ungebremst weiter, ja, nahmen durch den unerwartet verlorenen Weltkrieg und die ideologischen Strömungen der Nachkriegszeit an Bissigkeit und persönlicher Ranküne noch zu. Schon der Vorkriegs-Sieg HETTNERs war getrübt durch die (hier ausgelassene) Auseinandersetzungen mit seinem Konkurrenten Otto SCHLÜTER, der ebenfalls alleinige Deutungshoheit für die Bestimmung von Gegenstand und Ziel der Geographie beanspruchte und HETTNERs Kriterien (zu Recht) als leer verwarf. In der Nachkriegszeit stand HETTNER schon bald unter Dauerbeschuss. In Artikelserien gegen die Kritiker des länderkundlichen Schemas und alle Reformströmungen im Gefolge des holistischen und völkischen Zeitgeistes rief er sich vergeblich

auf. Der Sturz des Faches und speziell seiner Schulvertreter in den weltanschaulichen Abgrund war nach dem Januar 1933 nicht mehr aufzuhalten, dafür sorgte schon neben gehörigem Opportunismus die antidemokratische Grundeinstellung der großen Mehrheit der Geographen. Der Mythos des „Brückenfaches“ konnte sich jedoch halten, ehe er in den 1960er Jahren als fauler Zauber entlarvt wurde und verblasste. Doch heißt es bekanntlich: Tote leben länger! Mythen erst recht! Gern wird ignoriert, dass der Zusammenprall von Interessen kein Zusammenprall von Elementarteilchen ist, Verantwortung nichts, was einer gleichgültigen Natur abverlangt werden könnte, sondern einzig dem handelnden Menschen. Diese Kluft verschwindet nur im Potemkinschen Dorf einer auf Einklang gestimmten Ganzheitsrhetorik, die der Umweltbildung mehr schadet als nützt.

Gleichwohl bietet das noch glimmende Brückenmotiv mit seiner „Hintergrundstrahlung“ (WARDENGA 2011, S. 14) einigen Geographen weiterhin das Gefühl, *echte* Geographen zu sein, während andere in Physischer und Humangeographie verschiedene Welten sehen und sich auf einen der Teilbereiche fokussieren, wie ihr Zitierverhalten zeigt. Besonders fällt dies mit humangeographischer Schlagseite bei der Fachdidaktik auf (vgl. AUFENVENNE, STEINBRINK 2014), obwohl gerade für die Schule die Verknüpfung von „Natur und Gesellschaft“ (OTTO 2015, S. 234), die sog. „dritte Säule“ des Faches, als ihr besonderer Bildungsbeitrag gilt. In wieweit dieser Anspruch realisierbar ist, dürfte jedoch davon abhängen, ob eine gesamtgeographische Ausbildung (von den Zulieferdisziplinen ganz abgesehen) überhaupt noch möglich ist. Jedenfalls passen angesichts der neu konzipierten Studiengänge im Gefolge der Bologna-Reform die fachlichen Lehrangebote noch weniger als früher mit den inhaltlichen Bedürfnissen der Schule zusammen. Aber auch die Schulfächer selbst bewegen sich, Altfächer geraten unter Neuformierungsdruck, während neue „Fächer“ wie Alltags-, Gesundheits- oder Ernährungsbildung gefordert werden und z. T. schon realisiert sind. Last not least sieht sich die Wirtschaft unter den aktuellen Bedingungen der Globalisierung mehr denn je an den allgemeinbildenden Schulen vernachlässigt und hält ihre vorherrschende Mitvertretung durch Geschichte, Sozialkunde und Geographie für ein dringend abzustellendes Provisorium. Der Kampf der Fächer um Stundentafeln und Lehrpläne der Schulen hat an Schwung zugenommen, die üblichen Fachegoismen werden zur Verteidigung der Besitzstände aus dem Zeughaus geholt, während die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts dabei eher im Wege stehen.

In dieser Situation mag der Rat des verstorbenen Medienwissenschaftlers Neil POSTMAN nützlich sein, der sich für die Lehrerbildung wünschte, „der Geschichte von ‚Fächern‘ mehr Aufmerksamkeit“ zu widmen, „damit sie Verständnis dafür gewinnen, wann und warum Fächer entstanden. Das würde alle Leute, die mit der Schule zu tun haben, vor einer zu großen Rigidität schützen und der Erstarrung der Kategorien vorbeugen“ (1995, S. 135). POSTMAN schlug für eine Neuordnung des schulischen Fächerkanons vor, „Archäologie, Anthropologie und Astronomie zu Hauptfächern“ (S. 133) zu machen. Es lohnt sich nachzulesen, was er

darunter verstand. Ist allerdings der *point of no return* für die prekär gewordene Stellung des Menschen in der Welt erreicht, brauchen wir über Fächer nicht mehr zu reden, die „Schöpfungsmimikry“ hat uns wieder – wenn überhaupt.

Literatur

- ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN (1872). In: Centralblatt für die gesammte Unterrichts-Verwaltung in Preußen 14, Nr. 10, S. 586-599.
- AUFVENNE, P., STEINBRINK, M. (2014): Säulen der Einheit: Zur Stellung integrativer Autor_innen in der deutschen Geographie. In: Geographische Revue 16, S. 23-55.
- BLOM, P. (2011): Böse Philosophen. München.
- BRAUN, F. (1929): Die Erdkunde als ethisches Schulfach. In: Deutsches Philologenblatt 37, S. 24.
- BROGIATO, H. P. (1998). „Wissen ist Macht – geographisches Wissen ist Weltmacht“. Die schulgeographischen Zeitschriften im deutschsprachigen Raum (1880-1945). 2 Bde. Trier.
- BROGIATO, H. P. (2005): Geschichte der deutschen Geographie im 19. und 20. Jahrhundert – ein Abriss. In: SCHENK, W., SCHLIEPHAKE, K. (Hrsg.): Anthropogeographie. Gotha, Stuttgart, S. 41-81.
- BROGIATO, H. P. (2015): Von der Expedition zur Schulwissenschaft. Die Entwicklung der Geographie im 19. Jahrhundert. In: RUNGE, J. (Hrsg.): Arktis bis Afrika – 150 Jahre wissenschaftliche Geographie in Deutschland. Frankfurt a.M. 2015, S. 161-207.
- BUCKLE, H. T. (1860): Geschichte der Civilisation in England, übers. von Arnold Ruge. Bd. 1/I, Bd. I/2, Bd. 2, Leipzig, Heidelberg 1860-1861.
- DEINHARDT, J. H. (1837): Der Gymnasialunterricht nach den wissenschaftlichen Anforderungen der jetzigen Zeit. Hamburg 1837.
- DEMANDT, A. (1986): Ungeschehene Geschichte. 2., verb. Aufl. Göttingen.
- DILTHEY, K. (1841): Ueber das Studium der Naturwissenschaften in Gymnasien. In: Paränesen für studierende Jünglinge 6, S. 274-295.
- DILTHEY, W. (1894): Ideen über eine beschreibende und zergliedernde Psychologie. In: Sitzungsberichte der Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. zu Berlin. 2. Halbbd. Berlin, S. 1309-1407.

- DU BOIS-REYMOND, E. (1877/1886): Kulturgeschichte und Naturwissenschaft. In: Du Bois-Reymond: Reden. Bd. 1. Leipzig.
- FRÖBEL, J. (1836): Entwurf eines Systems der geographischen Wissenschaften. In: Mittheilungen aus dem Gebiete der theoretischen Erdkunde. Bd. 1. Zürich, S. 1-35, 121-132.
- GERLAND, G. (1887): Vorwort. In: Beiträge zur Geophysik 1, S. I-LIV.
- GOßLER, G. VON (1889): Ansprache. In: Verhandlungen des achten Deutschen Geographentages zu Berlin 1889. Berlin, S. 3-6.
- GORGAS, R. (1849): Die Naturwissenschaften als ein Gemeingut des Volkes. In: Pädagogische Monatschrift 3, S. 529-536.
- GROßMANN, C. (1847): Separatvotum [zuerst 1834]. In: Der naturwissenschaftliche Unterricht auf Gymnasien. Dresden, Leipzig, S. 173-187.
- HARTWICH, E. (1882): Woran wir leiden. Freie Betrachtungen und praktische Vorschläge über unsere moderne Geistes- und Körperpflege in Volk und Schule. 3. Aufl. Düsseldorf.
- HELMHOLTZ, H. V. (1862/1903): Ueber das Verhältnis der Naturwissenschaften zur Gesamtheit der Wissenschaft. In: Vorträge und Reden Bd. 1, 5. Aufl. Braunschweig, S. 157-185.
- HERMANN, C. (1870): Philosophie der Geschichte. Leipzig.
- HETTNER, A. (1893): Über den Begriff der Erdteile und seine geographische Bedeutung. In: Verhandlungen des zehnten Deutschen Geographentages zu Stuttgart. Berlin, S. 188-198.
- HETTNER, A. (1895): Geographische Forschung und Bildung. In: Geographische Zeitschrift 1, S. 1-19.
- HETTNER, A. (1898): Die Entwicklung der Geographie im 19. Jahrhundert. In: Geographische Zeitschrift 4, S. 305-320.
- HETTNER, A. (1902): Zur Ausbildung der Geographielehrer. Geographische Zeitschrift 8, S. 100-102.
- HETTNER, A. (1905): Das System der Wissenschaften. In: Preußische Jahrbücher 122, S. 251-277.
- HETTNER, A. (1907): Grundzüge der Länderkunde. Bd. 1: Europa. Leipzig.
- HETTNER, A. (1908): Die geographische Einteilung der Erdoberfläche. In: Geographische Zeitschrift 14, S. 1-13, 94-110, 137-150.

- HETTNER, A. (1911): Der Geographielehrer. In: Südwestdeutsche Schulblätter 28, S. 54-59.
- HETTNER, A. (1927): Die Geographie, ihre Geschichte, ihr Wesen und ihre Methoden. Breslau.
- HUMBOLDT, A. v. (1848): Plan der physikalischen Geographie für Hinduschulen. In: Briefwechsel Alexander von Humboldt's mit Heinrich Berghaus aus den Jahren 1825–1858 [Brief vom 2. Nov. 1848]. Bd. 3. Leipzig 1863, S. 54-61.
- HUMBOLDT, A. v. (1850): Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. Gesammelte Werke Bd. 3. Stuttgart.
- KAPP, E. (1845): Philosophische Erdkunde. 2 Bde. Braunschweig.
- KERSCHENSTEINER, G. (1912): Grundfragen der Schulorganisation. Leipzig, Berlin.
- KERSCHENSTEINER, G. (1917): Das Grundaxiom des Bildungsprozesses und seine Folgerungen für die Schulorganisation. Berlin.
- KIRCHHOFF, A. (1882): Einleitung zu den Verhandlungen über Schulgeographie. In: Verhandlungen des Ersten Deutschen Geographentages zu Berlin 1881. Berlin, S. 91-102.
- KOST, K. (1988): Die Einflüsse der Geopolitik auf Forschung und Theorie der Politischen Geographie von ihren Anfängen bis 1945. Bonn.
- KÜTZING, F. T. (1850): Die Naturwissenschaften in den Schulen als Beförderer des christlichen Humanismus. Nordhausen.
- LAMPE, F. (1908): Zur Einführung in den erdkundlichen Unterricht an mittleren und höheren Schulen. Halle a.S.
- LEHRPLÄNE UND LEHRAUFGABEN FÜR DIE HÖHEREN SCHULEN IN PREUßEN. Erdkunde. In: Centralblatt für die gesamte Unterrichts-Verwaltung in Preußen 1901, S. 518-521.
- LIESSMANN, K. P. (2014): Geisterstunde. Die Praxis der Unbildung. Wien.
- LOEW, E. (1874): Die Stellung der Schule zur Naturwissenschaft. In: Central-Organ für die Interessen des Realschulwesens 2, S. 255-311.
- LÜDDE, J. G. (1842): Die Methodik der Erdkunde. Magdeburg.
- MAGER, K. W. E. (1846): Einige Gedanken über die sog. Erdkunde. In: Pädagogische Revue 12, S. 393-415.
- MAURENBRECHER, W. (1884): Geschichte und Politik. Akademische Antrittsrede. Leipzig.

- MEHR, C. (2009): Kultur als Naturgeschichte. Opposition und Komplementarität zur politischen Geschichtsschreibung 1850-1890? Berlin.
- MOMMSEN, T. (1874): Sechzehn Thesen über die Frage zur Gymnasialreform. In: Preußische Jahrbücher 34, S. 149-184.
- N.N. = Ein Realschulmann (1848): Die deutsche Realschule. In: Deutsche Vierteljahrs-Schrift 11, Heft 2, 57-125.
- NAGEL, C. H. (1840): Die Idee der Realschule nach ihrer theoretischen Begründung und praktischen Ausführung. Ulm.
- OTTO, K.-H. (2015): Geographie – (k)ein MINT-Fach!? Der Beitrag der Geographie zur naturwissenschaftlichen (Grund-)bildung (Scientific literacy). In: MNU. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 68, Heft 3, S. 231-236.
- PENCK, A. (1916): Der Krieg und das Studium der Geographie. In: Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 51, S. 158-176, 222-248.
- PESCHEL, O. (1868): Die Erdkunde als Unterrichtsgegenstand. In: Deutsche Vierteljahrs-Schrift 31, Heft 2, S. 103-131.
- POSTMAN, N. (1995): Keine Götter mehr. Das Ende der Erziehung. Berlin.
- PRANGE, W.: (1859) Geographie. In: Pädagogischer Jahresbericht für Deutschlands Volksschullehrer 12, S. 280-371.
- RATZEL, F. (1882-1891): Anthropogeographie. 2 Bde. Stuttgart [Bd. 1: 2., verb. Aufl. 1899].
- RAUMER, K. VON (1847): Geschichte der Pädagogik vom Wiederaufblühen klassischer Studien bis auf unsere Zeit. Teil 3/1. Stuttgart.
- RESEWITZ, F. G. (1773): Die Erziehung des Bürgers zum Gebrauch des gesunden Verstandes, und zur gemeinnützigen Geschäftigkeit. Kopenhagen.
- RICHTER, H. E. (1847): Denkschrift der Gesellschaft Isis. In: Der naturwissenschaftliche Unterricht auf Gymnasien. Dresden, Leipzig, S.17-66.
- RICHTHOFEN, F. VON (1877): China. Ergebnisse eigener Reisen und darauf gegründeter Studien. Bd. 1. Berlin.
- RICHTHOFEN, F. VON (1883): Aufgaben und Methoden der heutigen Geographie. Leipzig.
- RICHTHOFEN, F. VON (1897/98; 1908): Vorlesungen über Allgemeinen Siedlungs- und Verkehrsgeographie [zuletzt gehalten im WS 1897/98], bearb. u. hrsg. v. O. Schlüter. Berlin.

- RICHTHOFEN, F. VON (1898): Denkschrift. In: Engelmann, Gerhard: Die Hochschulgeographie in Preußen 1810-1914. Wiesbaden 1983, S. 157-165.
- RICHTHOFEN, F. VON. (1901): Eröffnungsrede. In: Verhandlungen des Siebenten Internationalen Geographen-Kongresses Berlin 1899. Teil 1. Berlin, S. 17-33.
- RICHTHOFEN, F. VON (1903): Triebkräfte und Richtungen der Erdkunde im 19. Jahrhundert. In: Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 38, S. 655-692.
- RICKERT, H. (1899): Kulturwissenschaft und Naturwissenschaft. Freiburg.
- RITTER, C. (1834): Über das historische Element in der geographischen Wissenschaft. Berlin.
- RITTER, C. (1822): Die Erdkunde im Verhältniß zur Natur und zur Geschichte des Menschen, oder allgemeine, vergleichende Geographie. Teil 1/1: Afrika. 2., verb. Aufl. Berlin.
- RITTER, C. (1852): Einleitung zur allgemeinen vergleichenden Geographie und Abhandlungen zur Begründung einer mehr wissenschaftlichen Behandlung der Erdkunde. Berlin.
- RITTER, C. (1862): Allgemeine Erdkunde. Vorlesungen an der Universität zu Berlin, hrsg. v. H. A. DANIEL. Berlin.
- ROMUNDT, H. (1895): Ein Band der Geister. Entwurf einer Philosophie in Briefen. Leipzig.
- ROBMÄBLER, E. A. [anonym publiziert] (1847: Der Gymnasial-Actus im Freien. Dresden, Leipzig.
- ROTHER, G. (1906): Humanistische und nationale Bildung, eine historische Betrachtung. Berlin.
- ROUGEMONT, F. (1839): Geographie des Menschen, ethnographisch, statistisch und historisch, übers. u. bearb. v. C. H. HUGENDUBEL. 2 Bde. Berlin, Chur, Leipzig.
- RUGE, S. (1873): Das Verhältnis der Erdkunde zu den verwandten Wissenschaften. Programm der Annen-Realschule (Realschule Erster Ordnung) zum 2. und 3. April 1873. Dresden.
- Rusinek, B.-A. (2005): „Bildung“ als Kampfplatz. Zur Auseinandersetzung zwischen Geistes- und Naturwissenschaften im 19. Jahrhundert. In: Jahrbuch für historische Bildungsforschung Bd. 11, S. 315-350.
- SCHEIBERT, C. G. (1848): Das Wesen und die Stellung der höhern Bürgerschule. Berlin.

- SCHLEIER, H. (2008): Geschichte der deutschen Kulturgeschichtsschreibung. Bd. 1: Vom Ende des 18. bis Ende des 19. Jahrhunderts. Waltrop.
- SCHMEDIG, F. (1872): Realschule und Gymnasium. In: Pädagogisches Archiv 14, S. 1-68.
- SCHÖLER, W. (1970): Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts im 17. bis 19. Jahrhundert. Berlin.
- SCHULTZ, H.-D. (1980): Die deutschsprachige Geographie von 1800 bis 1970. Ein Beitrag zur Geschichte ihrer Methodologie. Berlin.
- SCHULTZ, H.-D. (1989): Die Geographie als Bildungsfach im Kaiserreich. Osnabrück.
- SCHULTZ, H.-D. (2014a): Fach unter Fächern oder was sonst? Eine disziplingeschichtliche Skizze zur deutschen Geographie. In: Geographische Revue 16(2014), H. 1, S. 20-54.
- SCHULTZ, H.-D. (2014b): Friedrich Ratzel – Pionier moderner Sozialgeografie? Ein Missverständnis. In: Kulturosoziologie 23, Heft 3, S. 54-66.
- STENOGRAPHISCHE BERICHTE. Haus der Abgeordneten. 25. Sitzung am 9. März 1875. Bd. 1. Berlin 1875, S. 595-611.
- SUPAN, A. (1876): Ueber den Begriff und Inhalt der geographischen Wissenschaft und die Grenzen ihres Gebietes. In: Mitteilungen der k. u. k. geographischen Gesellschaft in Wien 19, S. 54-75.
- THIERSCH, F. (1838): Ueber den gegenwärtigen Zustand des öffentlichen Unterrichts in den westlichen Staaten von Deutschland, in Holland, Frankreich und Belgien. T. 1. Stuttgart, Tübingen.
- TREITSCHKE, H. v. (1883): Einige Bemerkungen über unser Gymnasialwesen. In: Preußische Jahrbücher 51, 158-190.
- VIRCHOW, R. (1871): Die Aufgaben der Naturwissenschaften in dem neuen nationalen Leben Deutschlands. Berlin.
- VÖLTER, L. (1839): Der Unterricht in der Erdkunde. Andeutungen zur organischen Gestaltung desselben auf christlich-wissenschaftlichem Standpunkte. Reutlingen 1839
- WAGNER, H. (1878): Der gegenwärtige Standpunkt der Methodik der Erdkunde. In: Geographisches Jahrbuch 7, Gotha 1878, S. 550-636.
- WAGNER, H. (1880): Bericht über die Entwicklung der Methodik der Erdkunde. In: Geographisches Jahrbuch 8, Gotha 1881, S. 523-598.

- WAGNER, H. (1884): Bericht über die Entwicklung der Methodik und des Studiums der Erdkunde (1883–1885). In: Geographisches Jahrbuch 10, Gotha 1885, S. 539-648.
- WAGNER, H. (1904): Geographie nebst Meereskunde und Ethnographie. In: LEXIS, W. (Hrsg.): Das Unterrichtswesen im Deutschen Reich. Bd. 1. Berlin. S. 225-242.
- WAGNER, H. (1920): Lehrbuch der Geographie. Bd. 1/T. 1: Allgemeine Erdkunde. Einleitung. – Mathematische Geographie. Hannover.
- WARDENGA, U. (1995): Geographie als Chorologie. Zur Genese und Struktur von Alfred Hettners Konstrukt der Geographie. Stuttgart.
- WARDENGA, U. (2011): Geographie als Brückenfach – oder: Arbeit am Mythos. In: entgrenzt. Studentische Zeitschrift für Geographisches Nr. 1, S. 5-16.
- WECK, G. (1890): Vor der Entscheidung. Meinungen und Wünsche zur Schulreform. Berlin.
- WINDELBAND, W. (1904): Geschichte und Naturwissenschaft. Straßburg.
- ZEUNE, A. (1808): Gea. Versuch einer wissenschaftlichen Erdbeschreibung. Berlin.
- ZÖGNER, L. (1981): Die Carl-Ritter Ausstellung in Berlin – eine Bestandsaufnahme. In: LENZ, K. (Hrsg.): Carl Ritter – Geltung und Deutung. Berlin, S. 213-229.

Erfahrungsbasiertes Verstehen geowissenschaftlicher Phänomene – Wie mithilfe der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens typische Lernschwierigkeiten in geowissenschaftlichen Kontexten interpretiert und prognostiziert werden können

von Dirk Felzmann, Universität Göttingen; Dominik Conrad, Universität Bayreuth; Thomas Basten, Gutenberg-Universität Mainz

Abstract

Viele geowissenschaftliche Phänomene entziehen sich unserer direkten Erfahrung und sind daher gemäß der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens nur metaphorisch verständlich. Eine systematische Analyse von Sprache aber auch Gestik ermöglicht die Rekonstruktion der von Schülern genutzten konzeptuellen Metaphern und trägt zu einem vertieften Verständnis typischer in geowissenschaftlichen Kontexten auftretender Lernschwierigkeiten bei. Neben der Auswahl einer geeigneten konzeptuellen Metapher, dem Erkennen der Grenzen einer metaphorischen Übertragung und einem oftmals notwendigen Wechsel auf die Ebene des Mikrokosmos kann es für das Verständnis geowissenschaftlicher Phänomene entscheidend sein, den Zugriff auf eine angemessene konzeptuelle Metapher in unterschiedlichen Kontexten zu koordinieren. Neben dieser analytischen Funktion verspricht die Konstruktion von Lernangeboten vor dem Hintergrund der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens einen wertvollen Beitrag zur Entwicklung lokaler fachdidaktischer Theorien zum Lehren und Lernen geowissenschaftlicher Sachverhalte zu leisten.

Schlagworte: Konzeptuelle Metaphern, Theorie des Erfahrungsbasierten Verstehens, sprachsensibler Geographieunterricht, Gestik, Passatkreislauf, Gletscher, Plattentektonik

1 Einleitung

In den letzten Jahren haben theoretische Ansätze aus der Kognitionslinguistik verstärkt Einzug in die naturwissenschaftsdidaktische Vorstellungsforschung gehalten. Sie dienen primär als analytisches Werkzeug, um Verstehensprozesse von Lernern zu rekonstruieren. Damit verbunden können sie auch als Hilfe für die Konzeption von Lernumgebungen genutzt werden. Besonders die theoretischen Ansätze des Neurolinguisten George *Lakoff* und des Philosophen Mark *Johnson* zur Rolle von Metaphern in unserer Sprache wurden für die Conceptual Change – Forschung adaptiert. Im deutschsprachigen Raum hat der Biologiedidaktiker Harald *Gropengießer* darauf aufbauend die Theorie des erfahrungsbasierten

Verstehens formuliert. Im englischsprachigen Raum wird der Ansatz in den Naturwissenschaftsdidaktiken unter den Bezeichnungen „Conceptual Metaphor Theory“ und „Embodied Cognition“ thematisiert.

Dieser Beitrag hat das Ziel, den aktuellen Stand dieses fachdidaktischen Ansatzes zu skizzieren und durch empirische Befunde aus der Vorstellungsforschung zu geowissenschaftlichen Sachverhalten zu illustrieren. Konkret handelt es sich hierbei um Forschungen zu Schülervorstellungen zur Passatzirkulation, zu Gletschern/Eiszeiten sowie zur Plattentektonik (s. Tab. 1).

Tab. 1: Übersicht über die Forschungsarbeiten, aus denen die in diesem Beitrag zitierten Schüleräußerungen stammen

Themengebiet	Probanden	Erhebungsmethode	Lernerperspektive
Plattentektonik (CONRAD 2014, 2015a)	15 (8w, 7m) Schüler der 9. Klassenstufe aus 8 verschiedenen Klassen an 4 bayerischen Gymnasien	15 problemzentrierte Einzelinterviews (WITZEL 2000); kommunikative Validierung mittels Strukturlegetechnik (SCHEELE ET AL. 1992)	
Gletscher und Eiszeiten (FELZMANN 2013, 2014)	21 (10w, 11m) Schüler der achten Klasse eines Gymnasiums in Lüneburg	7 Vermittlungsexperimente (STEFFE, THOMPSON 2000) à 2 x 90 Minuten mit jeweils 3 Schülern; Kombination aus Interviewphasen und Vermittlungsphasen	
Passatkreislauf (BASTEN 2013)	30 (12w, 18m) Schüler der 10. Klassenstufe aus 9 verschiedenen Klassen an 4 Gymnasien in Landau	10 leitfadengestützte Interviews mit Gruppen von je 3 Schülern (HOPF 2012)	

2 Die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens

LAKOFF und JOHNSON (1998, 1999; LAKOFF 1987) zeigen, dass unsere Sprache sehr stark metaphorisch geprägt ist. Ihr Metaphernbegriff reicht über das traditionelle Verständnis einer Metapher als sprachliches Stilmittel weit hinaus. Nach Lakoff und Johnson (1998, 1999) nutzen wir besonders dann unbewusst Metaphern, wenn wir einen nicht direkt verständlichen Zielbereich mithilfe einer Übertragung oft grundlegender körperlicher Erfahrungen verstehen. Ein Satz wie „Die

Geographiedidaktik nimmt Anregungen aus der Naturwissenschaftsdidaktik auf“ strukturiert die Geographiedidaktik als einen Container, in den etwas hinein gelegt oder gefüllt werden kann.

Container sind im Gegensatz zur Geographiedidaktik direkt körperlich erfahrbar: Sie lassen sich etwa ertasten und letztlich lässt sich auch unser Körper als ein Behälter erfahren, der wie ein Container eine klare Grenze nach außen hat und in den hinein etwa Nahrung gelangen kann. Lakoff & Johnson (1999, S. 30ff.) skizzieren eine Reihe von so genannten verkörperten Schemata („image schemata“), die einerseits sich leicht auf grundlegende körperliche Erfahrungen zurückführen lassen und andererseits eben die Funktion

übernehmen als (unbewusst benutzte) Metaphern abstrakte, nicht erfahrbare Sachverhalte zu strukturieren. Wie bei jeder Metapher kann zwischen einem Quellbereich und einem Zielbereich unterschieden werden: In unserem Beispiel wäre der Container der Quellbereich, die Geographiedidaktik der Zielbereich (s. Abb. 1). Wie bei jeder Metapher beleuchtet der Quellbereich immer nur bestimmte Aspekte im Zielbereich, in unserem Beispiel etwa beleuchtet das Container-Schema die Geographiedidaktik hinsichtlich ihres Verhältnisses zur Naturwissenschaftsdidaktik auf der inhaltlichen Ebene. Andere Aspekte, etwa die wahrgenommene Entwicklung der Geographiedidaktik, werden dadurch nicht beleuchtet. Für sie müssen gegebenenfalls andere Metaphern genutzt werden, etwa ein Kreis-Schema oder ein Start-Weg-Ziel-Schema: „Die Geographiedidaktik dreht sich in den letzten Jahren im Kreis“, oder aber: „...ist ein gutes Stück vorangekommen“. Deutlich wird daraus, dass oft ein multipler Gebrauch von Metaphern zur Strukturierung eines Sachverhaltes nötig ist.

Niebert, Riemeier und Gropengiesser (2013; 2015) haben für die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens den Ansatz des Evolutionsbiologen Vollmer adaptiert, wonach unser kognitives System im Laufe der Evolution an die mittleren Dimensionen des so genannten Mesokosmos angepasst wurde. Jenseits davon, im so genannten Makro- und Mikrokosmos machen wir keine direkten Erfahrungen, weil wir Sachverhalte dieser Dimensionen eben nicht wahrnehmen können (VOLLMER 1986). Naturwissenschaftliche Forschung erfolgt aber gerade

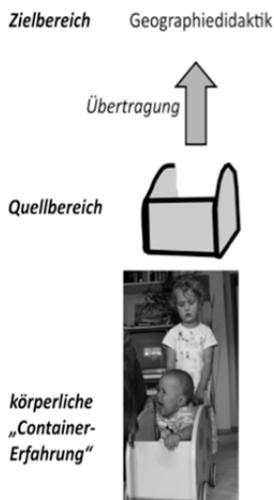


Abb. 1: Entstehung und metaphorische Nutzung des Container-Schemas

auch auf diesen Maßstabebenen: Geowissenschaftliche Forschung fokussiert primär auf Sachverhalte, die dem Makrokosmos zugeordnet werden können, Chemie und Physik wiederum fokussieren auf den Mikrokosmos. Da also viele naturwissenschaftliche Sachverhalte nicht direkt erfahrbar sind, konstruieren wir zu deren Verständnis konzeptuelle Metaphern (s. Abb. 2). Diese konzeptuellen Metaphern haben ihren Ursprungsbereich häufig in unmittelbaren körperlichen Erfahrungen oder zumindest in Erfahrungen innerhalb des Mesokosmos.

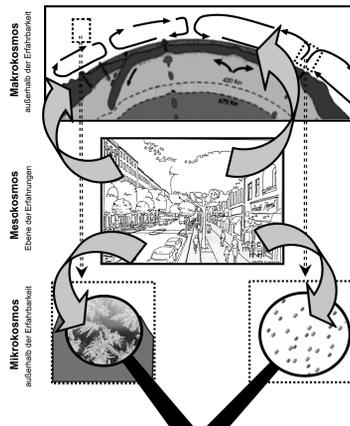


Abb. 2: Erfahrungen im Mesokosmos werden metaphorisch auf Mikro- und Makrokosmos übertragen (verändert nach: FELZMANN 2013, S. 31)

3 Die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung

3.1 Rekonstruktion konzeptueller Metaphern von Experten und Laien

Ein wesentliches Tätigkeitsfeld der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung zu konzeptuellen Metaphern besteht in einer vergleichenden Rekonstruktion der konzeptuellen Metaphern, die Experten und Laien zu einem bestimmten Sachverhalt nutzen (AMIN 2015). Als Analysematerial fungieren hierbei für die Expertenperspektive Fachbuchtexte, Vorträge von bedeutenden Wissenschaftlern, Videoaufzeichnungen von Lehrpersonen oder Transkripte zum lauten Denken von Experten beim Bearbeiten einer Aufgabe. Für die Analyse der Laienperspektiven dienen Transkripte aus Interviews, Vermittlungsexperimenten, und Aufgabenbearbeitungen unter Nutzung des lauten Denkens von Schülern und Studenten sowie Textexzerpte aus Datenbanken.

Der Vergleich dieser Aussagen kann stärker aus einer lernpsychologischen Perspektive zum Verhältnis „Expertentum-Laientum“ oder aus einer fachdidaktischen Perspektive zu Lernschwierigkeiten bei diesem konkreten Sachverhalt erfolgen. Letztere Perspektive lässt sich leicht in fachdidaktische Forschung mit dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion (KATTMANN, DUIT, GROPENGIESSER, KOMOREK 1997) integrieren. Dort erfolgt ein dezidierter Vergleich der fachwissenschaftlichen Perspektive („Fachliche Klärung“) und der Lernerperspektive auf den relevanten Sachverhalt, um daraus Konsequenzen zur Vermittlung des Sachverhaltes abzuleiten.

Forschungsfragen hierbei können sein:

- Nutzen Experten und Laien für einen bestimmten Sachverhalt die gleiche konzeptuelle Metapher oder nutzen sie unterschiedliche konzeptuelle Metaphern? Fachdidaktisch gewendet: Besteht erfolgreiches Lernen eines Sachverhaltes in der Aufgabe der einen konzeptuellen Metapher zugunsten einer anderen?
- Unterscheiden sich Experten und Laien darin, dass sie die Grenzen der metaphorischen Übertragbarkeit auf einen Sachverhalt unterschiedlich setzen? Fachdidaktisch gewendet: Besteht erfolgreiches Lernen eines Sachverhaltes im Lernen dieser Grenzen?
- Wie beeinflusst der Kontext die Wahl einer konzeptuellen Metapher? Zeichnet sich bei einem multiplen Metapherngebrauch zu einem Sachverhalt Expertentum durch das Wissen aus, in welchen Kontexten welche konzeptuellen Metaphern angemessen sind? Fachdidaktisch gewendet: Besteht erfolgreiches Lernen eines Sachverhaltes in der angemessenen Koordination verschiedener konzeptueller Metaphern innerhalb unterschiedlicher Kontexte?

3.2 Analyse von Gesten

Eine weitere Perspektive der fachdidaktischen Forschung zu konzeptuellen Metaphern fokussiert auf das Verhältnis zwischen Gesten und Wörtern. Gesten als unmittelbare körperliche Aktionen gelten aufgrund der hohen Bedeutung körperlicher Erfahrungen für die Ausbildung kognitiver Ressourcen („embodied cognition“) als ein wichtiges Fenster, um die konzeptuellen Metaphern von Personen zu rekonstruieren. Ihre Rekonstruktion kann zur Triangulation der aus der Analyse der sprachlichen Äußerungen rekonstruierten konzeptuellen Metaphern dienen. HERRERA und RIGGS (2013) dokumentierten, wie Studierende bei der Erläuterung stratigraphischer Prozesse verkörperte Schemata gleichzeitig in Sprache und Gestik ausdrückten. DREYFUß ET AL. (2015) analysieren Momente, in denen Sprache und Gestik beim Erklären eines abstrakten Sachverhaltes (Energie) nicht übereinstimmen. Sie sehen darin Hinweise dafür, dass der Sprecher in diesem Moment zwei konzeptuelle Metaphern gleichzeitig nutzt (z.B. ENERGIE IST EINE

SUBSTANZ UND ENERGIE IST EINE VERTIKALE POSITION). CONRAD (2014, 2015a) rekonstruiert konzeptuelle Metaphern im Kontext der Plattentektonik durch eine Triangulation einer systematischen Metaphernanalyse mit einer Analyse der Gestik. In einer Folgestudie (CONRAD 2015b) wird die Wirksamkeit eines gezielten Einsatzes von Gestik zur Aktivierung geeigneter konzeptueller Metaphern beim Verständnis von Prozessen an konstruktiven und destruktiven Plattengrenzen untersucht.

3.3 Analyse von Lernprozessen

Eine stark praxisorientierte fachdidaktische Perspektive bedient sich der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens, um Lernangebote zu einem bestimmten Sachverhalt zu entwickeln und diese Lernangebote dann in ihrer Wirkung auf Lernende zu evaluieren.

Diese Lernangebote fokussieren besonders auf die Arbeit mit Analogien und die Ermöglichung neuer Erfahrungen im Unterricht. Analogien sind eine Form reflektiert eingesetzter Metaphern. Gemäß den obigen Ausführungen betonen NIEBERT, MARSCH und TREAGUST (2012) die Notwendigkeit, dass der Quellbereich von Analogien zu einem naturwissenschaftlichen Sachverhalt in der (körperlichen) Erfahrungswelt der Schüler liegen sollte. LANCOR (2012) lässt Studenten eigene Analogien zum gleichen Sachverhalt (Energie) in verschiedenen Kontexten (Chemie, Ökologie, Physik) konstruieren, um so eine reflektierte Koordination der unterschiedlichen konzeptuellen Metaphern für Energie einzuüben.

GROPENGIÉBER fasst ausgehend von der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens zusammen, dass Lernangebote entweder neue Erfahrungen ermöglichen müssen, die bisher im Mesokosmos nicht möglich waren (z.B. mit Hilfe eines Mikroskops), oder dass konzeptuelle Metaphern für das Verständnis abstrakter Sachverhalte angeboten werden müssen. Diese sollten dezidiert auf die relevanten verkörperten Schemata verweisen, meistens in Form von Analogien (GROPENGIÉSSER 2007; NIEBERT, GROPENGIÉSSER 2015).

3.4 Diskussionspunkte

Zentrale Diskussionspunkte zur Integration der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens in die Conceptual-Change-Forschung betreffen die folgenden Punkte: a) Aus einer stärker methodologischen Perspektive wird bemängelt, dass es keine klaren Kriterien für die Abgrenzung eines verkörperten Schemas gibt (SHERIN 2015). Von LAKOFF UND JOHNSON (1999) beispielhaft aufgeführte verkörperte Schemata lassen sich logisch in „Bestandteile“ zerlegen, z.B. ein Container-Schema in einen Außenraum, eine Wand und einen Innenraum. Gleichzeitig lassen sich verschiedene verkörperte Schemata zu Kategorien höherer Ordnung zusammenfassen. Damit entsteht ein „Ebenenproblem“, da nicht eindeutig bestimmt werden kann, auf welcher Ebene ein verkörpertes Schema als gestaltartig strukturierte kognitive Ressource vorliegt: Könnte ein Container-Schema nicht

ein Spezialfall eines allgemeineren „Körper-Schemas“ sein oder zusammengesetzt sein aus einem „Wand-“ und einem „Boden-Schema“?

b) Diese methodologische Unschärfe ist mit einer terminologischen Unschärfe verbunden. TREAGUST und DUIT (2015) weisen darauf hin, dass etwa der Begriff „conceptual metaphor“ in verschiedenen fachdidaktischen Publikationen unterschiedlich verstanden wird. Im deutschsprachigen Raum kommt zusätzlich eine terminologische Unschärfe durch die Frage der Übersetzung englischsprachiger Begriffe dazu, so etwa die Frage, ob die „Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens“ mit „Conceptual Metaphor Theory“ deckungsgleich ist.

c) Hinsichtlich der Anschlussfähigkeit dieses Ansatzes an andere theoretische Ansätze der Conceptual Change-Forschung wird insbesondere eine große Nähe zu diSessas p-Prims (s. Beitrag von REINFRIED) gesehen. Beide Ansätze postulieren erfahrungsbasierte kleinste Elemente, die bei der Konstruktion von Vorstellungen zu abstrakten naturwissenschaftlichen Konzepten aktiviert und miteinander verknüpft werden (JEPPSON, HAGLUND, AMIN 2015). SHERIN (2015) weist diese Gleichsetzung zurück. Er sieht in konzeptuellen Metaphern eine Form von p-Prims neben einer Reihe anderer Typen von p-Prims.

d) Die Beobachtung, dass für bestimmte Sachverhalte ein multipler Metapherngebrauch nötig ist und ,dass unser Metapherngebrauch meistens unreflektiert erfolgt, wirft die Frage auf, welche übergeordnete kognitive Instanz den Gebrauch dieser unterschiedlichen Metaphern koordiniert (AMIN 2015). Damit verschiebt sich auch der Ansatzpunkt, an dem Lernangebote für einen erfolgreichen Konzeptwechsel ansetzen müssen.

4 Beispiele aus der geographiedidaktischen Forschung

4.1 Unangemessene Übertragung von Alltagserfahrungen

Mit Hilfe der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens lassen sich typische Kategorien unangemessener Übertragung von Alltagserfahrungen auf geowissenschaftliche Phänomene bilden. Neben der Nutzung einer dem Verständnis hinderlichen konzeptuellen Metapher (Kategorie 1) sowie der Problematik des Erfassens der Grenzen einer Metapher (Kategorie 2) liegt eine weitere Barriere im Verständnis der Geowissenschaften darin, dass die Erklärung geowissenschaftlicher Prozesse häufig reduktionistischer Natur ist: letztlich sollen die analysierten geowissenschaftlichen Prozesse auf grundlegende physikalische oder chemische Prinzipien zurückgeführt werden. Damit folgt in Verstehensprozessen zu geowissenschaftlichen Sachverhalten nach dem ersten „Sprung“ auf die Ebene des Makrokosmos' ein zweiter „Sprung“ auf die Ebene des Mikrokosmos'. Entsprechend sind mehrfache metaphorische Übertragungen vom im Mesokosmos angesiedelten Ursprungsbereich auf den Zielbereich im Makro- bzw. Mikrokosmos nötig. Schüler weisen in ihren Erklärungen die Tendenz auf, lediglich den

Erfahrungsraum Mesokosmos für ihre Erklärungen geowissenschaftlicher Phänomene heranzuziehen (Kategorie 3) (CONRAD, BASTEN, FELZMANN 2014). Die genannten Lernschwierigkeiten sollen nun anhand empirischer Befunde illustriert werden.

Kategorie 1: Lerner und Wissenschaftler greifen für die Beschreibung eines geowissenschaftlichen Sachverhaltes auf unterschiedliche konzeptuelle Metaphern zurück.

Die Kontinente befinden sich im Schnitt 4,5 km oberhalb der durchschnittlichen Höhenlage der Tiefseeböden (TARBUCK, LUTGENS 2009, S. 25). Zur Erklärung dieses Sachverhaltes nutzen Fachwissenschaftler eine Metaphorik des Schwimmens und stellen sich den Mantel hierbei wie eine Flüssigkeit vor, aus der aufgrund von Dichteunterschieden und unterschiedlicher Mächtigkeit die Kontinente stärker herausragen als die Ozeanböden. Sie nutzen den Quellbereich 'Schwimmende Objekte', um den Zielbereich 'unterschiedliche Höhenlagen von Kontinenten und Ozeanböden' zu erfassen.

Wissenschaftler:

„Weil die kontinentale Kruste zwar mächtiger ist, aber eine geringere Dichte hat als die ozeanische Kruste, ragen die Kontinente nach oben und treiben wie Flöße auf dem dichteren Erdmantel, ähnlich wie Eisberge auf den Ozeanen.“ (GROTZINGER ET AL. 2008, S. 11; Hervorh. d. Verf.)

Schüler erklären die unterschiedlichen Höhenstufen beispielsweise durch Meteoriteneinschläge, Ausschürfungen durch Wasser oder Sedimentationsprozesse. Diese von der Fachwissenschaft abweichenden Vorstellungen resultieren unter anderem aus der Nutzung unterschiedlicher konzeptueller Metaphern. Hierbei verwenden Schüler die konzeptuelle Metapher ERDOBERFLÄCHE IST EINE DURCH MATERIALZU- UND/ODER WEGNAHME UNEBEN GEWORDENE FLÄCHE. Vermutlich greifen sie hierbei auf Erfahrungen zurück, die sie schon als kleines Kind im Sandkasten machen konnten. Eine glatte Fläche kann durch Materialzugabe bzw. -wegnahme zu einer Fläche mit unterschiedlichen Höhenniveaus umgewandelt werden.

Schüler:

„Entweder war die Erde ursprünglich alles auf einem Level und dann sind die Ozeane rein, das Land ist weggegangen (wurde abgetragen) oder die Kontinente sind, so wie sie jetzt sind, gewachsen“ (Olaf 269-275; Hervorheb. d. Verf.).

„Vielleicht sind Asteroiden eingeschlagen, obwohl das ziemlich unwahrscheinlich ist, weil das eine so große Fläche ist. Dann geht die Erde da, wo die einschlagen, weg.“ (Mirja 518-521; Hervorh. d. Verf.)

„Ich glaube, die zwei Höhenniveaus kommen durch das Wasser zustande, das von der einen Fläche abträgt und auf die andere aufhäuft.“ (Viola 472-473; Hervorh. d. Verf.)

Kategorie 2: Lerner und Wissenschaftler nutzen für die Beschreibung eines geowissenschaftlichen Sachverhaltes die gleiche konzeptuelle Metapher, setzen aber unterschiedliche Grenzen der Übertragbarkeit der Metapher.

Wissenschaftler und Schüler nutzen zum Verständnis von Luftbewegungen die konzeptuelle Metapher LUFT IST FLIEßENDES WASSER, aber in unterschiedlicher Weise.

Wissenschaftler:

Luft „strömt“ entlang eines „Gefälles“ vom „Hoch“ zum „Tief“. Sie kann „gestaut“ werden oder in eine „Tiefdruckrinne“ fließen. (WEISCHET, ENDLICHER 2008, S. 134ff., Hervorh. d. Verf.).

Schüler:

Die Luft strömt vom Hochdruck- zum Tiefdruckgebiet, wobei diese nicht auf gleicher Höhe liegen. Das Hochdruckgebiet ist ja so schräg oben und das Tiefdruckgebiet schräg unten. Die Luft strömt oder fließt dann auch so schräg. (Julian: 202-213, Hervorh. d. Verf.).

Während Wissenschaftler die Metapher heranziehen, um die Art der Luftbewegung zu erfassen, greifen Lerner auf sie zurück, um die Ursache der Luftbewegung zu begreifen. Sie verstehen die Metapher des Druckgefälles wörtlich und nehmen einen Höhenunterschied zwischen Hoch und Tief (auch hier wörtlich) an. Ähnlich wie fließendes Wasser ein Gefälle benötigt, setzt sich Luft in der Lernervorstellung unter dieser Bedingung in Bewegung.

Kategorie 3: Lerner greifen bei der Erklärung geowissenschaftlicher Prozesse auf Erfahrungen im Mesokosmos zurück statt sie auf der Ebene des Mikrokosmos zu erklären.

Gletschereis entsteht überwiegend aus einzelnen Schneeflocken. Die Eiskristalle der Schneeflocken verändern bei der Gletschereisentstehung ihre Form, sodass eine kompaktere Lagerung der Eiskristalle möglich wird. Die hierfür verantwortlichen Prozesse finden insbesondere auf einer mikroskopischen Ebene statt. Sie umfassen Schmelz- und Wiedergefrierprozesse von Eiskristallteilen, thermodynamisch bedingte Reduktionen der Oberflächengröße der Eiskristalle („altern“ und „rekristallisieren“) und mechanische Veränderungen der Eiskristallstruktur: *„Für einen Geologen ist ein Stück Eis im weitesten Sinn ebenfalls ein ‚Gestein‘, eine Masse aus Kristallen des ‚Minerals‘ Eis. [...] Locker gepackte Schneeflocken – jede einzelne ein Kristall des ‚Minerals‘ Eis – altern und rekristallisieren zu dem festen ‚Gestein‘ Eis.“ (GROTZINGER ET AL. 2008, S. 576; Hervorh. d. Verf.).*

In den Vermittlungsexperimenten erklärten die Lerner zu Beginn häufig die Entstehung von Gletschern und Gletschereis mit dem Prozess, den sie für die Eisentstehung aus dem Alltag kennen: das Gefrieren flüssigen Wassers in einem einmaligen Prozess. Sie griffen damit auf den im Mesokosmos angesiedelten Quellbereich ‚Eisentstehung in Gewässern‘ zurück, um den Zielbereich ‚Gletschereisentstehung‘ zu erklären, und mussten folglich keine mikroskopische Ebene

berücksichtigen. Gletschern entstanden demnach durch das Gefrieren großer Seen oder Flutmassen:

„Eis entsteht ja aus Wasser, wir haben ziemlich viel Wasser, 72 oder 71 Prozent ist Wasser. Aber das Wasser muss ja irgendwie auf das Land kommen, weil das kann ja nicht sein, dass einfach die Seen in diesen Steppen und auf dem Land einfrieren und dadurch kommen jetzt Gletscher oder so. Das muss ja irgendwie herkommen.“(Ralf 467; Hervorh. d. Verf.).

4.2 Der Einfluss des Kontextes auf die Wahl der konzeptuellen Metapher

Der folgende Transkriptausschnitt ist gegen Ende des Vermittlungsexperimentes zum Thema „Gletscher/Eiszeiten“ angesiedelt. Die Schüler hatten mittlerweile alle relevanten Informationen zu Gletscherentstehung, Gletscherbewegung und Gesteintransport durch Gletscher vermittelt bekommen. In der nun folgenden Aufgabe (siehe Abb. 3) sollten sie dieses Wissen anwenden: Wo befindet sich der 1898 auf dem Gletscher abgelegte, große Stein (roter Punkt) im Jahr 2005? Hierbei wird deutlich, wie aufgrund des neuartigen Kontextes der Aufgabe die Schüler den Zugriff auf die angemessene konzeptuelle Metapher koordinieren müssen.

1579 Ralf (nach dem Vorlesen des Aufgabentextes): Ist das Eis zurückgegangen?

1580 Lehrer: Die ganze Zeit ist der Gletscher kleiner geworden, jedes Jahr, oder egal, eigentlich (unverständlich).

1581 Lars: Also war es kein Fließgleichgewicht mehr.

1582 Ralf: Also müsste der Stein ja praktisch den Berg hoch gegangen, gekommen sein.

1583 Dieter: Nein, eigentlich nicht. (...).

1585 Dieter: Der Gletscher hat sich ja nicht bewegt, der ist einfach nur abgeschmolzen und es kam nichts mehr nach. (...).

1588 Ralf: Wäre er gerade heruntergefallen, wäre er hier.

1589 Dieter :mm.

1590 Ralf: Aber bis da geht das Eis nur, und, oder ist der Stein nicht mehr im Gletscher, muss er nicht mehr im Gletscher sein?

1591 Lehrer: 2005?

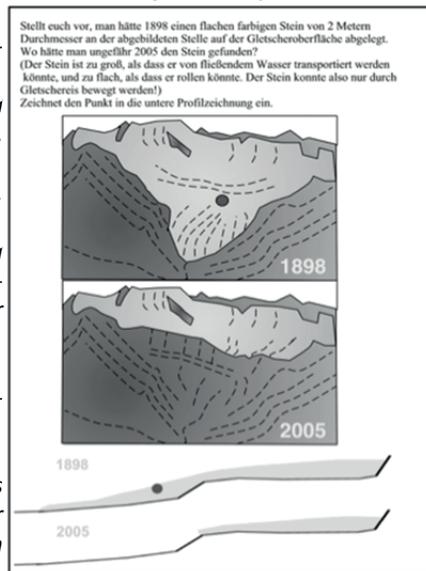


Abb. 3: Aufgabenstellung zum Thema „Gesteintransport durch Gletscher“ (im Original mit Fotos)

1592 Ralf: Ja.

1593 Lehrer: Nein, da wird, da kann er irgendwo, irgendwo (betont) sein.

(...).

1599 Ralf: Er kann nicht wieder da hoch kommen irgendwie.

(...).

1609 Dieter: (...) Hier oben ist oben. Da sind über null grad (zeigt auf Gletscheranfang) und hier unten sind unter null grad, das heißt, wo würde er abschmelzen? Natürlich, äh, über null grad, das heißt, hier unten...

1610 Lars: Ja.

1611 Dieter: ...das heißt, er würde langsam, wenn man jetzt von 1898 ausgehen würde, dann würde er so zurückgehen (Handbewegung nach hinten).

1612 Ralf: Genau.

1613 Dieter: Aber wenn jetzt, wenn jetzt hier oben wieder etwas Neues nachkommen würde durch den stetigen, äh, Fall von Schnee,

1614 Ralf: würde er nach vorne wandern.

1615 Dieter: Ja.

1616 Ralf: Also sagen wir einfach mal, dort (weist auf Punkt zwischen den beiden Gletscherenden), ein bisschen weiter nach vorne gegangen, also sagen wir zwei Finger mehr, da.

In der ersten Reaktion auf die Aufgabe greift Ralf auf die konzeptuelle Metapher EIN GLETSCHER IST EIN REFLEXIVER EISKÖRPER zurück (1582). Diese konzeptuelle Metapher baut auf der grundlegenden körperlichen Erfahrung auf, dass bestimmte Körper „sich ausdehnen“, „wachsen“ bzw. „sich zusammenziehen“, „schrumpfen“ können, dass also die Außengrenzen sich relativ zum Körper vor oder zurück bewegen können. In der Logik dieser Metapher geht der Stein auf dem Gletscher mit dem schrumpfenden Gletscher zurück, also den Berg hoch. Diese konzeptuelle Metapher ist fachlich angemessen, um etwa die Wirkung der Klimaänderung auf die Größe eines Gletschers zu beschreiben. Entsprechende Formulierungen finden sich folglich auch in Lehrbüchern (FELZMANN 2014). In diesem Kontext (oder auch im Kontext „Effekte der pleistozänen Gletscher auf das Relief Norddeutschlands“) ist diese konzeptuelle Metapher aber nicht angemessen.

Dieter (1585) greift dann auf die konzeptuelle Metapher EIN GLETSCHER IST EIN EISKÖRPER zurück. Im Laufe der Zeit schmilzt der tiefer liegende Teil dieses Eiskörpers weg und der darauf befindliche Stein bleibt folglich an der Stelle liegen, an der er 1898 abgelegt worden wäre, nur eben nun auf dem ehemaligen Gletscherbett liegend statt auf Eis. Diese konzeptuelle Metapher baut auf der Erfahrung auf, dass Körper in ihrer Masse und Form konstant bleiben, es sei denn, es wird Material von ihnen abgeschnitten oder anderweitig entfernt. Im Kontext „Beschreibung der geographischen Verbreitung von Gletschern“ wird auf diese konzeptuelle Metapher zurückgegriffen, etwa wenn es heißt, dass „weite

Regionen Eurasiens und Nordamerikas mit mächtigen Gletschern und Inlandeis bedeckt“ waren (STRAHLER, STRAHLER 2009, S. 646). So lange Gletschereis bei kleiner werdenden Gletschern noch nicht zu Toteis geworden ist, ist diese konzeptuelle Metapher im Kontext „Gesteintransport“ aber nicht angemessen.

Schließlich nutzt Dieter (1613) die konzeptuelle Metapher EIN GLETSCHER IST EIN FLUSS. Demnach erfolgt ein kontinuierlicher Fluss von Eis vom Akkumulationsgebiet ins Ablationsgebiet, so dass der Stein mit dem fließenden Eis noch ein Stück weiter talwärts transportiert wurde, bevor er an der Gletscherfront zum Liegen kam. Diese konzeptuelle Metapher führt zu einer angemessenen Lösung hinsichtlich der Lage des Steines.

In der Analyse der Vermittlungsexperimente und der Fachliteratur konnten insgesamt vier verschiedene konzeptuelle Metaphern zur Beschreibung von Gletschern rekonstruiert werden (FELZMANN 2014). Drei davon werden innerhalb der hier dargestellten Episode bei den Schülern aktiviert. Der entscheidende Lernzuwachs für Ralf und Dieter innerhalb des Vermittlungsexperimentes besteht offensichtlich in der Fähigkeit, diese konzeptuellen Metaphern in Abhängigkeit vom Kontext angemessener koordinieren zu können.

4.3 Gesten: Analyse von Gesten zur Rekonstruktion konzeptueller Metaphern

Die von Schülern genutzten konzeptuellen Metaphern zeigen sich in der Sprache, aber auch in der Gestik. Dies soll am Beispiel der Konvergenz von Lithosphärenplatten verdeutlicht werden. Schüler verstehen die Erdoberfläche mit Hilfe der konzeptuellen Metapher DIE ERDOBERFLÄCHE IST EINE MIT DICHT NEBENEINANDER LIEGENDEN PLATTEN BEDECKTE FLÄCHE. Die Nutzung dieser konzeptuellen Metapher im Kontext von Plattenbewegungen führt dazu, dass Schüler Plattengrenzen nicht durch über lange geologische Zeiträume feststehende Bewegungsrichtung der Lithosphärenplatten charakterisieren. Tektonische Platten können sich aus Sicht der Schüler mal in die eine, mal in die andere Richtung bewegen. Eine Zerstörung und eine erneute Produktion ozeanischer Lithosphäre ist nicht Bestandteil der Vorstellungen der Schüler. Passend hierzu nutzen die Lernenden beim Verständnis der Konvergenz von Lithosphärenplatten den Quellbereich des 'Aufeinander- und Untereinanderschiebens zweier Körper'. Dies wird in der Sprache deutlich: „Dann müssen sie sich ja irgendwohin bewegen. Also bewegt sich die eine über die andere“, „dann schiebt sich die eine drunter oder die andere schiebt sich drüber“. Aber auch in der Gestik zeigt sich bei den meisten Schülern beim Äußern dieser Vorstellung die gleiche konzeptuelle Metapher (s. Abb. 4) (CONRAD 2014; 2015a).



Abb. 4: „Dann schiebt sich die andere „sag ich jetzt mal, auf die andere drauf“ (CHRISTOPH, V2, 6:13).

Im Falle der Erklärung der Subduktion verdunkelt die konzeptuelle Metapher des Aufeinander- oder Untereinanderschiebens zum einen, dass ozeanische Lithosphäre in den Mantel aufgenommen wird. Zum anderen können sich zwei Körper, die sich übereinanderschieben, auch wieder auseinander bewegen. Auch dies wird in der redebegleitenden Gestik einiger Schüler deutlich (s. Abb. 5).

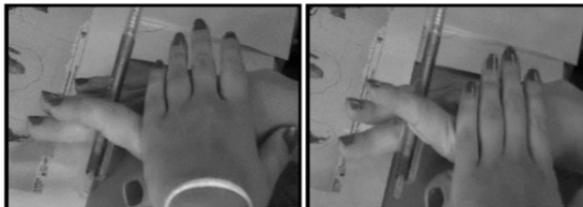


Abb. 5: „ Wenn die jetzt aufeinanderlagen und dann auseinander gehen“ (VIOLA, V2, 26:26)

Im Gegensatz zu Schülern nutzen Fachwissenschaftler die konzeptuelle Metapher SUBDUZIEREN OZEANISCHER LITHOSPHERE IST EINTAUCHEN (EINSINKEN). Diese Metapher beleuchtet, dass eine nach unten gerichtete Bewegung ozeanischer Lithosphäre stattfindet (CONRAD 2014). Im Rahmen einer explorativen Eyetracking-Studie (CONRAD 2015b) zeigte sich das Potenzial bewusst eingesetzter Gesten für Vermittlungsprozesse: Wenn die Lehrkraft bei der Erklärung der Konvergenz zweier Platten die eine Hand sehr steil nach unten führte, wurde die fachlich angemessenere Metapher des Einsinkens anschließend häufiger von den Schülern genutzt als bei einer Erklärung ohne Einsatz von Gesten bei ansonsten gleichen Bedingungen.

4.4 Die Wirksamkeit von Analogien und die Konstruktion eigener Analogien

Die folgende Episode aus dem Vermittlungsexperiment zu „Gletscher/Eiszeiten“ ist innerhalb der zentralen Vermittlungsphase angesiedelt. Den Schülern wurde unmittelbar vor dem folgenden Transkriptausschnitt eine Erläuterung des Prinzips eines Fließgleichgewichtes gegeben, die sie auf die alltagsweltlichen Beispiele „Geld in einer Geldbörse über mehrere Tage hinweg“, „Wasser in einem Toilettenspülkasten über mehrere Stunden hinweg“ und „Zahl der Schüler einer Schule über mehrere Jahre hinweg“ anwenden sollten. Anschließend wurden sie darum gebeten, zu erklären, warum ein Gletscher sich auch in einem Fließgleichgewicht befindet. Den Schülern waren zu diesem Zeitpunkt die Größe und Form pleistozäner Gletscher in Europa aber nicht die Themen Gletscherentstehung und Gletscherbewegung vermittelt worden.

843 Lars: *Das muss ja irgendwo hinwandern, dieses Eis.*

844 Dieter: *Wir gehen einfach davon aus, dass es bereits.*

845 Lars: *Es wandert irgendwo hin, sagen wir: von Norden nach Süden, wie wir es schon im Beispiel hatten.*

(...).

849 Ralf: *Südlich ist es wärmer als nördlich.*

850 Lars: *Und im Süden fließt etwas ab.*

851 Ralf: *Wenn das eine...*

852 Lars: *Das kann man gut mit der Schule vergleichen.*

853 Ralf: *Aufstieg, Aufstiegszone und die Abnahmezone.*

854 Lars: *Das kann man aber auch gut mit der Schule vergleichen. Im Süden nehmen wir die 12. Klässler und die 13. Klässler, die machen das Abitur, kommen weg. Dann ist da eine Lücke, und dann sagt die Schule: "oh, zu wenig Schüler". Dann kommen wieder Schüler nach, in diesem Fall Eis (?) (nicht eindeutig verständlich), dass das immer konstant bleibt. (macht ausgleichende Bewegungen mit beiden Händen).*

855 Ralf: *Nur dass die Temperatur daran schuld ist, dass es wieder gefriert und Nachschub kommt. Als würde der Gletscher praktisch etwas essen und zunehmen, und unten, da schmilzt das halt weg, das ist ja praktisch wie Stoffwechsel beim Menschen, man isst was und scheidet es wieder aus.*

856 Dieter: *Ja, ist so.*

857 Ralf: *Eben!*

858 Dieter: *Das heißt, der Körper befindet sich eigentlich auch, nein, eigentlich nicht.*

859 Ralf: *Nein, es wird auch noch etwas für die Energie, die wir aber auch ausgeben um Handlung zu machen.*

860 Dieter: *Ja, aber trotzdem, das ist ja wiederum in einem anderen Zeitraum.*

861 Ralf: *Ja, aber so könnte man das sehen: Auf der einen Seite ist Schwund und auf der anderen Seite kommt halt wieder etwas dazu und das ist halt, dass neues*

Eis nachrückt und das andere schmilzt halt weg, und so ist es halt ein Fließgleichgewicht.

862 Dieter: Mm, ja das war es!

Diese Episode kann als Illustration des Ansatzes von LAKOFF UND JOHNSON (1998, 1999) interpretiert werden, wonach wir mit dem Körper und vom Körper aus denken. Ralf konstruiert ohne Aufforderung eine eigenständige Analogie (853/855). Diese verweist auf die unmittelbarste körperliche Erfahrung von Fließbewegungen gemäß eines Fließgleichgewichtes, nämlich auf den Ernährungs- und Ausscheidungsvorgang. Diese Analogie liegt zugleich den deutschsprachigen Fachbegriffen „Nährgebiet“ und „Zehrgebiet“ zugrunde, welche die drei Schüler zu diesem Zeitpunkt des Vermittlungsexperimentes noch gar nicht kannten. In der dargestellten Episode wird auch deutlich, dass Lars mit Hilfe der alltagsbasierten Analogie zur Entwicklung der Schülerzahl einer Schule das Prinzip Fließgleichgewicht angemessen auf die Menge an Gletschereis und dessen Fließrichtung übertragen kann (852/854). Mit beiden Analogien wird damit die konzeptuelle Metapher EIN GLETSCHER IST EIN FLUSS (IM GLEICHGEWICHT) konstruiert.

Der Ausschnitt verweist zusätzlich auf methodologische Aspekte, wie die Vorstellungsforschung zur Konzeption von Lernumgebungen beitragen kann: Mit Hilfe von Vermittlungsexperimenten kann die Lernwirksamkeit von Analogien (z. B. GLETSCHER IST WIE SCHÜLERZAHL EINER SCHULE) analysiert werden. Durch offene Frageformate können die Schüler aufgefordert werden, eigene Analogien zu entwickeln, die eine Verankerung in der Lebenswelt der Schüler garantieren und deren didaktischer Wert anschließend analysiert werden kann.

Durch hohe und freie Redeanteile der Schüler in Vermittlungsexperimenten kann auch analysiert werden, mit welchen selbstgewählten Wörtern die Schüler den relevanten Sachverhalt beschreiben. In diesem Falle erwiesen sich die Wörter „nachkommen“ und „weggehen“ über die verschiedenen Untersuchungsgruppen hinweg als zentral zur Beschreibung des Flusses von Gletschereis. Sie verweisen auf alltägliche Erfahrungen, bei denen feste Körper einem Fließgleichgewicht entsprechen, und helfen somit Analogien für den Unterricht zu entwickeln. Aus den hier genannten Befunden lässt sich ableiten, dass eine Menschenschlange an einer Kasse eine angemessene und auf grundsätzliche körperliche Erfahrungen basierende Analogie darstellt: Menschen gehen am Kopf der Schlange weg und gleichzeitig kommen wieder neue Menschen nach, die Schlange bleibt in etwa gleich groß, ist aber kontinuierlich in Bewegung und kann dabei Material (z. B. Geld) transportieren und ablegen (an der Kasse).

5 Konsequenzen

5.1 Fachdidaktische Forschung

Welchen Mehrwert hat die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens für die geographiedidaktische Forschung zu Schülervorstellungen?

Bei der Rekonstruktion der Schülervorstellungen kann sie helfen, aufgrund der gestaltartigen Struktur verkörperter Schemata eine passende Ebene zu finden, die nicht zu allgemein und nicht zu konkret ist. Eine sehr konkrete Ebene führt zur Formulierung einer unübersichtlichen Zahl an Vorstellungen. Eine sehr allgemeine Ebene hat letztlich wenig Unterrichtsrelevanz, weil sich die einzelnen Schüleraussagen darin kaum wiederfinden lassen. Eine Hilfe könnte sein, in die Rekonstruktion der Vorstellungen methodisch kontrolliert die Analyse der Gestik der Probanden zu integrieren.

Durch ihren Fokus auf den möglichen relevanten Erfahrungshintergrund einer Vorstellung kann die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens helfen, Hypothesen zur Genese bestimmter Vorstellungen aufzustellen.

Ein besonderes Potenzial hat sie für die Entwicklung konkreter Lernangebote zu einem bestimmten Sachverhalt. Durch ihren Fokus auf die Aspekte Körper, Erfahrung und Sprache fördert sie einen expliziten Einsatz von Sprache, Gestik und anderen Repräsentationsformaten, um gezielt bestimmte (körperliche) Erfahrungen anzusprechen und auf den relevanten Sachverhalt zu beziehen. Auf diese Weise kann zur Entwicklung lokaler fachdidaktischer Theorien (LOFT) zum Lehren und Lernen des relevanten Sachverhaltes beigetragen werden. Bisher gibt es allerdings keine quantitativen empirischen Belege, dass derart entwickelte Lernangebote gegenüber Unterrichtsmaterialien überlegen wären, die auf Basis anderer Konzepte entwickelt sind.

Forschung zur (Weiter-)Entwicklung lokaler fachdidaktischer Theorien unter Nutzung der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens sollte aufgrund der Bedeutung unterschiedlicher Kontexte, der Notwendigkeit sehr offener Ausdrucksmöglichkeiten für die Probanden und der Rolle von Analogien prozessorientiert angelegt sein. Wenigstens in einem zweiten Schritt im Anschluss an ein Interview sollten die Probanden Vermittlungssituationen ausgesetzt sein.

5.2 Schulpraxis

Die hier skizzierte theoretische Perspektive auf Lernprozesse zu geowissenschaftlichen Sachverhalten betont auch einige generelle Leitlinien für den Unterricht zu geowissenschaftlichen/physischgeographischen Sachverhalten.

Erfahrungen ermöglichen:

Unmittelbare Erfahrungen sind zu vielen geowissenschaftlichen Sachverhalten nicht möglich. Zeitliche und räumliche Dimensionen können etwa mit Hilfe von Animationen wenigstens so heruntergebrochen werden, dass eine mediale Erfahrung geowissenschaftlicher Prozesse wie Plattentektonik oder Gletscherbewegung ermöglicht wird. Sofern möglich sollten Erfahrungen im Mikrokosmos, wenn sie zum Verständnis eines geowissenschaftlichen Phänomens beitragen (z. B. das Betrachten von Schnee mit Hilfe einer Lupe), in den Unterricht integriert werden.

Konkrete Bezüge zu (körperlichen) Erfahrungen herstellen:

Durch sprachliche, gestische und zeichnerische Verweise auf grundlegende körperliche Erfahrungen, die auf den relevanten Sachverhalt übertragen werden müssen, wird die Konstruktion angemessener konzeptueller Metaphern unterstützt. Vorgegebene oder selbst entwickelte Analogien können hier wesentlich zur Stützung dieser konzeptuellen Metaphern eingesetzt werden. Eine hohe Sensibilität gegenüber dem Sprachgebrauch sowie der Gestik der Schüler hilft der Lehrkraft zu rekonstruieren, ob die Konstruktion dieser angestrebten konzeptuellen Metaphern erfolgreich ist. Dazu müssen die Schüler Raum haben, Sachverhalte in eigenen Worten zu formulieren. Die Einführung von Fachbegriffen sollte erst im Anschluss an diese Bezeichnungen der grundlegenden (körperlichen) Erfahrungen erfolgen.

Reflexion der konzeptuellen Metaphern hinsichtlich ihrer Grenzen und verschiedener Kontexte:

Analogien, wozu auch Modellexperimente gezählt werden können, müssen hinsichtlich der Grenzen ihrer Übertragbarkeit auf den originalen Sachverhalt reflektiert werden. Aber auch nicht dezidiert didaktisch eingesetzte Metaphern, etwa in Sachtexten, können Anlass zur Reflexion der Grenzen der Übertragbarkeit sein. Mit der Frage, was die konzeptuelle Metapher an dem originalen Sachverhalt erhellt und was sie aber auch verdunkelt, kann das Verständnis darüber gefördert werden, in welchen Kontexten welche Aspekte durch welche konzeptuellen Metaphern angemessen beleuchtet werden können.

Literatur

- AMIN, T. G. (2015): Conceptual Metaphor and the Study of Conceptual Change: Research synthesis and future directions. In: International Journal of Science Education 37, Heft 5-6, S. 966-991. doi:10.1080/09500693.2015.1025313
- CONRAD, D. (2014): Erfahrungsbasierendes Verstehen geowissenschaftlicher Phänomene: eine didaktische Rekonstruktion des Systems Plattentektonik.

- Bayreuth: Internet: <https://epub.uni-bayreuth.de//id/eprint/1716/> (08.10.2015).
- CONRAD, D. (2015a): Schülervorstellungen zur Plattentektonik – Ergebnisse einer qualitativen Interviewstudie. In: Zeitschrift für Geographiedidaktik 43, Heft 3, S. 175-204.
- CONRAD, D. (2015b): Die Rolle der Gestik beim Verstehen geowissenschaftlicher Phänomene. Eine Eyetracking-Studie. Posterpräsentation am Deutschen Kongress für Geographie am 03.10.2015 in Berlin.
- CONRAD, D., BASTEN, T. & FELZMANN, D. (2014): Verstehen auf der Grundlage von Erfahrung – Wie mithilfe der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens typische Lernschwierigkeiten in geowissenschaftlichen Kontexten interpretiert und prognostiziert werden können. In: Zeitschrift für Geographiedidaktik 42, Heft 3, S. 147-178.
- DREYFUS, B. W., GUPTA, A., & REDISH, E. F. (2015): Applying Conceptual Blending to Model Coordinated Use of Multiple Ontological Metaphors. In: International Journal of Science Education 37, Heft 5-6, S. 812-838. doi:10.1080/09500693.2015.1025306
- FELZMANN, D. (2013): Didaktische Rekonstruktion des Themas "Gletscher und Eiszeiten" für den Geographieunterricht. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion (Vol. 41). Oldenburg.
- FELZMANN, D. (2014): Using Metaphorical Models for Describing Glaciers. In: International Journal of Science Education 36, Heft 16, S. 2795–2824. doi:10.1080/09500693.2014.936328
- GROPENGIESSER, H. (2007): Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In: KRÜGER, D, VOGT, H. (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Heidelberg, S. 105-116.
- GROTZINGER, J., JORDAN, T. H., PRESS, F., SIEVER, R. (2008): Press/Siever - Allgemeine Geologie. Berlin, Heidelberg.
- HERRERA, J. S., RIGGS, E. M. (2013): Relating Gestures and Speech: An analysis of students' conceptions about geological sedimentary processes. In: International Journal of Science Education 35, Heft 12, S. 1979–2003. doi:10.1080/09500693.2013.775609
- HOPF, C. (2012): Qualitative Interviews. In: FLICK, U., KARDORFF, E., VON STEINKE, I. (Hrsg.): Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Reinbek, S. 349-359.
- JEPPSSON, F., HAGLUND, J., AMIN, T. G. (2015): Varying Use of Conceptual Metaphors across Levels of Expertise in Thermodynamics. In: International Journal of

Science Education 37, Heft 5-6, S. 780-805.
doi:10.1080/09500693.2015.1025247

- KATTMANN, U., DUIT, R., GROPENGIESSER, H., KOMOREK, M. (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 3, Heft 3, S. 3–18.
- LAKOFF, G. (1987): *Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal about the Mind*. Chicago
- LAKOFF, G., JOHNSON, M. (1998). *Leben in Metaphern*. Heidelberg.
- LAKOFF, G., JOHNSON, M. (1999): *Philosophy in the Flesh: The embodied mind and its challenge to western thought*. New York.
- LANCOR, R. A. (2014): Using Student-Generated Analogies to Investigate Conceptions of Energy: A multidisciplinary study. In: *International Journal of Science Education* 36, Heft 1, S. 1-23. doi:10.1080/09500693.2012.714512
- NIEBERT, K., & GROPENGIESSER, H. (2015): Understanding Starts in the Mesocosm: Conceptual metaphor as a framework for external representations in science teaching. In: *International Journal of Science Education* 37, Heft 5-6, S. 903–933. doi.org/10.1080/09500693.2015.1025310
- NIEBERT, K., MARSCH, S., TREGUST, D. F. (2012): Understanding needs embodiment: A theory-guided reanalysis of the role of metaphors and analogies in understanding science. In: *Science Education* 96, Heft 5, S. 849–877. doi:10.1002/sce.21026
- NIEBERT, K., RIEMEIER, T., GROPENGIESSER, H. (2013): The Hidden Hand that Shapes Conceptual Understanding. Choosing Effective Representations for Teaching Cell Division and Climate Change. In: TSUI, C.-Y., TREGUST, D. (Hrsg.): *Multiple representations in biological education*. New York, S. 293–310.
- SCHEELE, B, GROEBEN, N. CHRISTMANN, U. (1992): Ein alltagssprachliches Struktur-Lege-Spiel als Flexibilisierungsversion der Dialog-Konsens-Methodik. In SCHEELE, B. (Hrsg.): *Struktur-Lege-Verfahren als Dialog-Konsens-Methode*. Heidelberg, S. 152-197.
- SHERIN, B. (2015): On Conceptual Metaphor and the Flora and Fauna of Mind: Commentary on Brookes and Etkina, and Jeppsson, Haglund, and Amin. In: *International Journal of Science Education* 37, Heft 5-6, S. 806–811. doi.org/10.1080/09500693.2015.1025248
- STEFFE, L. P., THOMPSON, P. W. (2000): *Teaching Experiment Methodology: Underlying Principles and Essential Elements*. In: KELLY, A.E., LESH, R.A.

(Hrsg.): Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education. Mahwah, S. 267–306.

STRAHLER, A. H., STRAHLER, A. N. (⁴2009): Physische Geographie. Stuttgart.

TARBUCK, E., LUTGENS, F. (2009): Allgemeine Geologie. München.

TREAGUST, D. F., DUIT, R. (2015): On the Significance of Conceptual Metaphors in Teaching and Learning Science: Commentary on Lancor; Niebert and Gropengiesser; and Fuchs. In: International Journal of Science Education 37, Heft 5-6, S. 958–965. doi.org/10.1080/09500693.2015.1025312

VOLLMER, G. (1986): Was können wir wissen? Band 2: Die Erkenntnisse der Natur. Stuttgart.

WEISCHET, W., ENDLICHER, W. (⁷2008): Einführung in die Allgemeine Klimatologie. Stuttgart.

WITZEL, A. (2000): Das problemzentrierte Interview. In: Forum Qualitative Sozialforschung Volume 1, No. 2. Internet: <http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/1132/2519> (05.10.2015)

Der Einsatz experimenteller Arbeitsweisen zur Förderung geographischen Systemverständnisses bei Schüler/innen und Lehramtsstudierenden

von Svenja Brockmüller, Daniel Volz, Alexander Siegmund, Pädagogische Hochschule Heidelberg

Abstract

Das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung unter Bewältigung der globalen Herausforderungen ist untrennbar verbunden mit der Fähigkeit systemischen Denkens im Sinne kognitiver Fähigkeiten zur Lösung komplexer dynamischer Probleme. Der Geographie als raumbezogene Wissenschaft von den wechselseitigen Beziehungen zwischen Natur und Gesellschaft kommt hier eine besondere Bedeutung zu. Die Einsicht in die Zusammenhänge von natürlichen und gesellschaftlichen Systemen und eine darauf aufbauende raumbezogene Handlungskompetenz sind daher gleichermaßen Leitziel des Geographieunterrichts wie Rahmenvorgabe der darauf ausgerichteten Lehramtsausbildung im Fach Geographie (DGFG 2012, DGFG 2009). Daraus leitet sich insbesondere auch die Frage nach geeigneten methodisch-didaktischen Ansätzen zur Förderung des systemischen Denkens ab. Ausgehend von der übergreifenden Fokussierung auf die Wirksamkeit experimenteller Arbeitsweisen in Bezug auf systemisches Denken stellt dieser Beitrag die beiden anlässlich des HGD-Symposiums 2015 vorgestellten Studien „Der Einsatz von Modellexperimenten und Computersimulationen zur Förderung geographischen Systemverständnisses bei Schüler/innen“ (BROCKMÜLLER) sowie „Die Förderung systemischen Denkens bei Lehramtsstudierenden durch den Einsatz experimenteller Arbeitsweisen im Bereich Physische Geographie“ (VOLZ) zusammenfassend vor.

Ausgehend von einer Darlegung der verwendeten Definition von geographischer Systemkompetenz und einer theoriegeleiteten Ableitung der Fördermöglichkeiten des systemischen Denkens durch experimentelle Arbeitsweisen werden Design, Erhebungsinstrumente und erste Ergebnisse bzw. Auswertungsverfahren der beiden Studien vorgestellt.

Schlagerworte: Systemdenken, Systemverständnis, Fachsprache, experimentelle Arbeitsweisen, Modelle, Interventionsstudie, Schüler/innen, Lehramtsstudierende, Wirkdiagramm, Concept Map

1 Geographisches Systemverständnis

"Denken und Handeln in räumlichen Strukturen, Prozessen, Geoökosystemen und weltweiten Zusammenhängen" – mit dieser Gliederung formulierte Köck

(z.B. 1985, 1993) bereits weit vor der Jahrtausendwende wesentliche Elemente des geographischen Systemkonzepts. Ausgehend von der Veröffentlichung der Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Bildungsabschluss (DGfG 2014) und der darin vorgenommenen Festschreibung des Systemkonzepts als Hauptbaskonzept des Faches rückte die Frage nach einer Konzeptualisierung Geographischer Systemkompetenz im Rahmen eines Kompetenzmodells ins Zentrum einer Reihe geographiedidaktischer Forschungsarbeiten. Auch für das Leitbild einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) bildet Systemverständnis die Grundlage für die Abschätzung und Beurteilung ökonomischer, ökologischer, gesellschaftlicher und politischer Folgen von räumlichen Eingriffen. RIESS (2013) unterstreicht den Gedanken, dass Personen sich nur dann an einer umweltgerechten bzw. nachhaltigen Entwicklung von Räumen beteiligen können, wenn sie komplexe Zusammenhänge erkennen und verstehen, da sie überhaupt erst dadurch in die Lage versetzt werden beeinflussend einzugreifen.

1.1 Definition

Ausgehend vom internationalen Forschungsstand zum Systemdenken definierten zunächst VIEHRIG ET AL. (2011) Geographische Systemkompetenz über diejenigen kognitiven Leistungsdispositionen, die notwendig sind, um in spezifischen Kontexten geographische Systeme analysieren, erfassen und ihnen gegenüber angemessen handeln zu können.

Die von VIEHRIG ET AL. (2011, 2012, im Druck) vorgenommene theoriegeleitete Entwicklung eines messtheoretisch fundierten und geographiedidaktisch begründeten Kompetenzmodells zur Beschreibung von Teilfähigkeiten und Niveaustufen und dessen psychometrische Absicherung führte zur Ausweisung der Dimensionen „Systeme erfassen und analysieren“ (basierend auf ASSARAF, ORION 2005), „gegenüber Systemen handeln“ (basierend auf GREIFF, FUNKE 2009) und „räumliches Denken“ (basierend auf GERSMEHL, GERSMEHL 2006) auf drei Niveaustufen. Von REMPFLER, UPHUES (2011, 2012, MEHREN ET AL. 2014) wurden zunächst die Dimensionen „Systemorganisation“, „Systemverhalten“ (basierend auf SOMMER 2005) und „systemadäquate Handlungsintention“ (basierend u. a. auf KÖCK 1985, OSSIMITZ 2000, ROST ET AL. 2003, RIESS, MISCHO 2008) angenommen und ebenfalls auf jeweils drei Niveaustufen ausdifferenziert. Nach Überprüfung im Rahmen einer empirischen Studie konnten die beiden ersten Dimensionen zusammengefasst werden (MEHREN ET AL. 2015). Von einer Arbeitsgruppe um RIESS (vgl. BRÄUTIGAM 2014, RIESS ET AL. 2015) wurde ein heuristisches Kompetenzstrukturmodell entwickelt, dessen Fokus in besonderer Weise auf der qualitativen und quantitativen Modellierung von Systemen legt. Hierbei wurden die Dimensionen „Deklaratives/konzeptuelles systemisches Wissen“, „Systemmodellierungsfähigkeit“, „Fähigkeit zur Nutzung von Systemmodellen beim Lösen von komplexen

dynamischen Problemen“ sowie „Bewertung von Systemmodellen und Ergebnissen der Modellanwendung“ ausgewiesen.

1.2 Fördermöglichkeiten des systemischen Denkens durch experimentelle Arbeitsweisen

Die hervorgehobene Bedeutung systemischen Denkens im Kontext einer Bildung für nachhaltige Entwicklung hat neben den zuvor dargestellten Ansätzen zur Ableitung eines Kompetenzstrukturmodells auch zu einer verstärkten Auseinandersetzung mit der Frage nach gewinnbringenden methodisch-didaktischen Ansätzen zur Förderung des geographischen Systemverständnisses geführt. Ausgehend von einem naturwissenschaftlich geprägten Systemverständnis rückt dabei im Kontext der vorgestellten Studien der Verbund experimenteller Arbeitsweisen in den Mittelpunkt des Interesses, zu dem neben dem Experiment i. e. S. auch das Beobachten, Untersuchen und das Modellieren zu zählen sind (vgl. OTTO 2009).

Das Experiment ist eine klassische fachwissenschaftliche Methode der Naturwissenschaften zur Identifikation von Elementen und Beziehungen in einem System sowie der Folgen einer Beeinflussung des Systems. Dies schlägt sich auch in der von OTTO (2009) für die Geographiedidaktik etablierten Definition eines Experiments nieder. Als Zweckbestimmung wird dabei ausdrücklich das Aufdecken kausaler Zusammenhänge benannt, um daraus Regelmäßigkeiten und allgemeine Gesetzmäßigkeiten abzuleiten. Bezogen auf die Förderung systemischen Denkens leitet sich daraus die Vermutung ab, dass Experimente einen positiven Beitrag zur Entwicklung der Fähigkeit leisten, einen komplexen Wirklichkeitsbereich als System erkennen, Systemelemente identifizieren und ihre Wechselwirkungen im Rahmen des forschenden Lernens beschreiben zu können.

Wo aufgrund der Größe oder der mangelnden Sichtbarkeit eines Phänomens die unmittelbare Untersuchung von Strukturen und Prozessen nicht möglich ist, wird versucht, einen Prozess oder einen Zusammenhang mit Hilfe eines Modells begreifbar zu machen (SOMMER ET AL. 2012, vgl. auch BROCKMÜLLER et al. angenommen). Laut WIRTH (1979) repräsentieren Modelle hier Teilaspekte der Wirklichkeit, die für ein spezifisches Problem relevant sind, als vereinfachte Systeme und illustrieren Zusammenhänge oder Prozesse. Sie erleichtern Schüler/innen somit das Verständnis komplexer Dynamiken (HOFFMANN ET AL. 2012) und können genutzt werden um Erklärungen zu formulieren oder Vorhersagen zu treffen (SCHUBERT 2013). BIRKENHAUER (1997) empfiehlt den Einsatz von Modellen zum Verständnis und zur Reflexion räumlicher Fragestellungen sowie zur Evaluation

verschiedener Lösungsmöglichkeiten im Sinne einer verantwortungsvollen Raumplanung. WIKTORIN (2013) betont die Stärke geographischer Modelle im Kontext von Unterricht, indem diese den Schüler/innen einen Zugang zum systemischen Denken ermöglichen. Ihr Beitrag liege zunächst in der Visualisierung räumlicher Sachverhalte und neben der Vereinfachung böten sie für das Systemverständnis darüber hinaus den Vorteil einer akzentuierten Strukturierung von Wissensbeständen sowie der Ausbildung eines kritischen Reflexionsvermögens (ebd., S. 8). Durch die hypothesenprüfende Anwendung des Modells unter Berücksichtigung einer experimentellen Fragestellung verbinden sich beide methodischen Ansätze zum Modellexperiment (vgl. SOMMER ET AL. 2012).

Bei der Untersuchung des Verhaltens komplexer dynamischer Systeme kommt neben konkret-gegenständlichen Modellen den rechnergestützten Verfahren in Form von Computersimulationen eine besondere Bedeutung zu. Bei Computersimulationen liegen wesentliche Prozessparameter in Form mathematischer Formeln zugrunde – im Prinzip handelt es sich also um Modelle, die auf mathematischen Gleichungen beruhen und die aufgrund ihrer Komplexität mit dem Computer ausgewertet werden. Generell kann zwischen Simulationen mit Black-Box-Modellen mit unbekannter bzw. nicht offen gelegter innerer Struktur und Simulationen mit Glas-Box-Modellen mit offen einsehbarer Modellstruktur unterschieden werden (vgl. RIESS ET AL. 2015). RINSCHEDÉ (2007) unterstreicht für den Einsatz von Computersimulationen aus didaktischer Sicht die Erleichterung des Denkens in vernetzten Systemen, die Verdeutlichung der negativen Konsequenzen monokausalen Denkens sowie den Erwerb kybernetischen Wissens durch Einsicht in dynamische Systeme. Schwierigkeiten können in einer zu starken Vereinfachung von Systemen bzw. Reduzierung von Parametern oder in einer fehlenden „Mathematisierbarkeit“ von Problemen liegen. Der Abstraktionsgrad weist dabei auch in Abhängigkeit vom Vorhandensein und vom Umfang einer Visualisierung eine große Bandbreite auf. Die Ableitung der den Simulationen zugrunde liegenden Modellcharakteristika stellt daher eine besondere Herausforderung an die Lernenden dar (DE JONG, VAN JOOLINGEN 1998).

Obwohl den experimentellen Arbeitsweisen in der zuvor dargestellten Weise häufig Lernerfolge in Bezug auf verschiedene Zieldimensionen zugeschrieben werden, existieren domänenübergreifend mehrheitlich methodenbezogene Forschungsarbeiten zum Beitrag des Experimentierens im Kontext von Scientific Literacy (vgl. OTTO ET AL. 2010, HAHN ET AL. 2013, PETER 2013). Einige Untersuchungen liefern Hinweise darauf, dass das Experimentieren den Wissenszuwachs und die Behaltensleistung bei Schüler/innen gegenüber einem Unterricht ohne Experimente fördern kann (vgl. hierzu STEIGERT, SCHRENK 2012). Zur Frage der Wirksamkeit experimenteller Arbeitsweisen auf die Entwicklung systemischen Denkens liegen jenseits dieser Teilaspekte bislang nur wenige Forschungsergebnisse vor –

eine besondere Rolle nehmen hierbei Computersimulationen ein, deren Einsatz sich als wirkungsvolles Instrument zur Vermittlung dynamischer Systemeigenschaften erwiesen hat (vgl. u.a. RIESS 2013).

Als bedeutsame Ansätze der Förderung des systemischen Denkens haben sich in der empirischen Forschung darüber hinaus neben der Vermittlung am geographischen Inhalt und der Berücksichtigung aller erkannten Kompetenzdimensionen u. a. die graphische Repräsentation eines Systems (beispielsweise anhand von Wirkdiagrammen oder Concept Maps) erwiesen (vgl. zusammenfassend MEHREN ET AL. 2014).

2 Interventionsstudien zur Förderung geographischen Systemverständnisse

Ausgehend von der zuvor dargestellten Bedeutung des Systemkonzepts und dem identifizierten Forschungsbedarf werden derzeit in der Abteilung Geographie der Pädagogischen Hochschule Heidelberg zwei Interventionsstudien zur Wirksamkeit experimenteller Arbeitsweisen zur Förderung des geographischen Systemverständnisses bzw. des systemischen Denkens durchgeführt. Die gemeinsame Bezugnahme zu den Themenfeldern Klima und Boden berührt dabei jeweils komplexe natürliche Systeme, die mit ihren vielfältigen natürlichen und anthropogenen Einflussfaktoren wiederum idealtypische Beispiele dynamischer Mensch-Umwelt-Systeme darstellen. Der Schutz von Klima und Boden als unverzichtbare Grundlagen menschlichen Lebens gehören dabei zu den globalen Herausforderungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung.

2.1 Systemverständnisförderung bei Schüler/innen (Brockmüller)

Der Förderung geographischen Systemverständnisses kommt bei Jugendlichen als „Akteuren von Morgen“ eine maßgebliche Bedeutung zu. Eine der zentralen Forschungsfragen aus didaktischer Sicht ist dabei, wie – d. h. in welchen Kontexten oder mit welchen Methoden – ein größtmöglicher Kompetenzzuwachs erreicht werden kann. Die laufende Studie untersucht deshalb im Rahmen eines Methodenvergleichs das Potenzial verschiedener experimenteller Arbeitsweisen zur Förderung des geographischen Systemverständnisses. Am Beispiel des Problemfelds Bodenerosion erfassen, analysieren und bewerten Schüler/innen Elemente und Prozesse des komplexen Systems an der Schnittstelle von Pedosphäre und Klima unter Einfluss menschlicher Nutzung (vgl. BROCKMÜLLER & JUNGKUNST 2015). Eingebettet in drei methodisch differenzierte Unterrichtskonzepte erfolgt die Analyse des Systemverhaltens einmal mit Hilfe von konkret-gegenständlichen Modellexperimenten, einmal mittels abstrakt-digitaler Computersimulationen und einmal mit einem kombinierten Ansatz aus beiden methodischen Zugängen.

2.1.1 Design, Erhebungsinstrumente und Stichprobe

Basierend auf dem Forschungshintergrund und der daraus abgeleiteten Forschungsfrage wurden im Rahmen der laufenden Interventionsstudie drei Treatments zum Thema Bodenerosion entwickelt und in Form eines experimentellen Designs mit randomisierten Stichproben vergleichend untersucht (vgl. THEYßEN 2014). Die Untersuchung findet im Kontext des Projekts „Regionalen Klimawandel beurteilen lernen – ReKli:B“ und des dafür entwickelten Moduls „Bodenabtrag“ statt. Die Untersuchungsgruppe besteht aus Schüler/innen der Klassenstufen 10-12 an Gymnasien in Baden-Württemberg. Alle Untersuchungsteilnehmer/innen besuchen für die Teilnahme an der Studie das als Schülerlabor geöffnete Geco-Lab, Kompetenzzentrum für geoökologische Raumerkundung an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg. Den Auftakt des Treatments bildet eine gemeinsame Einführung in den Systembegriff, das Problemfeld Bodenerosion und dessen Auffassung als System. Im Anschluss daran erarbeiten die Teilnehmer/innen in den drei Gruppen mit der ihnen jeweils zugewiesenen Methode hypothesenprüfend die Einflussfaktoren von Bodenerosion. Darauf aufbauend testen sie Anpassungs-/Schutzstrategien hinsichtlich ihrer Effizienz, um diese abschließend hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit zu bewerten. Bei der Arbeit mit konkret-gegenständlichen und/oder digital-abstrakten Modellen arbeiten die Schüler/innen kooperativ und selbstgesteuert in Kleingruppen ohne direkte Instruktion durch eine Lehrperson. Das gesamte Treatment umfasst dabei für alle drei Gruppen die einheitliche Dauer von ca. drei Stunden.

In einem Prä-Post-Test-Design wird die Wirksamkeit der verschiedenen methodischen Zugänge auf das geographische Systemverständnis unter Berücksichtigung des Lernstil-Inventars und der Motivation erfasst. Vor und nach der Intervention wird durch die Schüler/innen der drei Experimentalgruppen ein Systemverständnis test durchgeführt. Die Aufgabenformate richten sich auf die Identifikation von Systemorganisation und Systemverhalten, die Modellierung von Systemen in Form von Wirkdiagrammen sowie auf Prognosen zur Auswirkung von Systemeingriffen bzw. dynamischen Veränderungen im Rahmen von Zukunftsszenarien. Weitere offene sowie „multiple choice“-Fragen adressieren die Systemmodellreflexion (Gültigkeit, Vorhersageunsicherheit etc.). Bezugnehmend auf die aktuellen Erkenntnisse der geographiedidaktischen Systemkompetenzforschung wurden dazu zwölf Testitems entwickelt, die den folgenden vier Dimensionen A bis D theoretisch zugeordnet sind (vgl. Tab. 1):

Tab. 1: Zuordnung der Testitems zu den theoretisch zugrunde gelegten vier Dimensionen von Systemverständnis (Pilotstudie)

	Systemverständnisstest zum Einsatz von Bodenerosionsmodellen und -simulationen (Studie Brockmüller)	Freiburger Kompetenzstrukturmodell zum systemischen Denken (Brätigam 2014; Rieß, Schüler & Hörsch 2015)	The Heidelberg Inventory of Geographic System Competency Model (Viehrig et al. 2011, 2012, accepted)	Empirisch überprüftes Kompetenzstruktur- und -stufenmodell zur geographischen Systemkompetenz (Mehren et al. 2015)
Dimension A	Items 1, 2a, 2b, 2c (Systemtheoretisches Grundwissen)	1: Deklaratives/konzeptuelles systemisches Wissen		
Dimension B	Item 3 (Systemelemente und Wechselwirkungen identifizieren, abbilden und interpretieren)	2: Systemmodellierungsfähigkeit	1: comprehend and analyze systems; 3: spatial thinking	1: Systemorganisation und Systemverhalten
Dimension C	Item 4, 5a, (5b) (Mittels Systemmodellen Erklärungen geben, Prognosen treffen und Strategien entwerfen)	3: Fähigkeit zur Nutzung von Systemmodellen beim Lösen von komplexen dynamischen Problemen	[2: evaluating possibilities to act towards systems]	2: Systemadäquate Handlungsintention
Dimension D	Item 7a, 7b, 7c, 7d (Gültigkeit und Vorhersageunsicherheit von Systemmodellen bestimmen)	4: Bewertung von Systemmodellen und Ergebnissen der Modellanwendung		

Die Lernstildiagnose nach KOLB (dt. Fassung nach HALLER, NOWACK O.J.) sowie die Kurzskala intrinsischer Motivation (nach WILDE ET AL. 2009) werden gemeinsam mit personenbezogenen Angaben zu Alter, Geschlecht, Schule, Vornoten etc. einmalig erhoben.

Nach zwei Fragebogen-Vortestungen mit 15 bzw. 30 Erstsemesterstudierenden konnte die Pilotstudie mit 78 Schüler/innen der Klassenstufe 10 (vier Parallelklassen) erfolgreich durchgeführt werden. Die Schüler/innen jeder Klasse wurden zufällig in folgende drei Experimentalgruppen aufgeteilt:

- Gruppe 1: Computersimulation, vgl. Abb. 1 (abstrakt-digital, insg. 27 SuS),
- Gruppe 2: Modellexperiment, vgl. Abb. 2 (konkret-gegenständlich, insg. 27 SuS),
- Gruppe 3: Kombination aus 1. und 2, insg. 24 SuS.



Abb. 1: Abstrakt-digitale Computersimulation „ABAG interaktiv“ zur Bodenerosion (aus: BRANDHUBER ET AL. 2012)



Abb. 2: Konkret-gegenständliches Modellexperiment zur Bodenerosion (eigene Aufnahme)

2.1.2 Erste Ergebnisse

Nach durchgeführtem Prätest (n=78) ergab die Itemanalyse in R folgende zentrale Erkenntnisse:

- Die Itemschwierigkeit (nach DAHL) des Items 1 ist mit 80,77 etwas zu niedrig.
- Die Itemschwierigkeiten der Items 7a-d liegen allesamt unter 10 und sind somit etwas zu hoch.
- Die Schwierigkeiten der Items 2a bis 5b sind akzeptabel.
- Die Trennschärfen der zwölf Items liegen zwischen 0,29 und 0,54 und sind somit akzeptabel.

- Eine explorative Hauptachsenanalyse legt nahe, dass zwei Faktoren (Hauptachsen) bestehen.
- Eine erneute Hauptachsenanalyse mit festgelegter Faktorenanzahl 2 und orthogonaler Faktorenrotation zeigt, dass die Items 4 bis 7d mit einer internen Konsistenz (Cronbachs α) von 0,73 auf Hauptachse 1 laden.
- Die Items 1 bis 2c laden mit einer internen Konsistenz (Cronbachs α) von 0,69 auf Hauptachse 2.
- Inhaltlich lässt sich Hauptachse 1 mit Items verbinden, die spezielles, inhaltsgebundenes Systemdenken abbilden, während die Items der Hauptachse 2 eher allgemeines systemtheoretisches Grundwissen erfassen.

Erste Ergebnisse der ANOVA (einfaktoriellen Varianzanalyse) bezüglich des Gruppenvergleichs mittels Post-Hoc-Test (Tukey HSD Test) in SPSS zeigen, dass im Prä- wie im Posttest auf der Stufe 0,05 keine signifikanten Gruppenunterschiede bestehen. Bei der ermittelten Effektstärke η^2 von 0,023 besteht bei $n=78$ jedoch eine Aufdeckungswahrscheinlichkeit bestehender Gruppenunterschiede von lediglich 19,4 %. Die deutlich höhere Teilnehmerzahl in der Hauptstudie lässt in diesem Punkt jedoch eine Verbesserung erwarten.

Tab. 2: T-Test (Mittelwertvergleich PRÄ-POST der Pilotstudie)

	Gesamt	Gruppe 1 Computer	Gruppe 2 Modell	Gruppe 3 Kombi
Gesamtsumme	0,001*	0,001*	0,001*	0,001*
Summe Items 1, 2a-c (=Faktor 2)	0,059	0,068	0,262	0,823
Summe Item 3	0,001*	0,001*	0,001*	0,001*
Summe Items 4-5a,b	0,001*	0,001*	0,001*	0,001*
Summe Items 7a-d	0,001*	0,001*	0,024*	0,133
Summe Items 3-7 (=Faktor 1)	0,001*	0,001*	0,001*	0,001*

*) Die Mittelwertdifferenz ist auf der Stufe 0,05 signifikant.

Tab. 2 zeigt signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen Prä- und Posttest, und zwar bei allen drei Testgruppen (Computersimulation, Erosionsmodell sowie Kombination) über die Gesamtsumme der Items. Bei nach Faktoren getrennter Betrachtungen zeigen jedoch lediglich die inhaltsgebundenen Items (Faktor 1) signifikante Mittelwertdifferenzen.

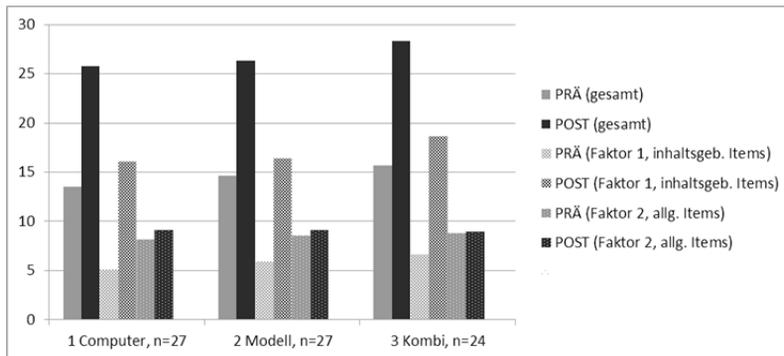


Abb. 3: Graphische Darstellung des Mittelwertvergleichs der Pilotstudie

Abb. 3 zeigt, dass Gruppe 3 (Kombination) im Gesamtdurchschnitt sowohl das beste Testergebnis als auch den höchsten durchschnittlichen Item-Punktzuwachs erzielt. Hier sind zusätzlich die nach Faktoren getrennten durchschnittlichen Punktzahlen aufgetragen, die für die speziellen, inhaltsgebundenen Items in allen drei Gruppen signifikant zunehmen. Für die allgemeinen, systemtheoretischen Items ist in allen Gruppen ein leichter, jedoch nicht signifikanter Anstieg festzustellen.

Als Zwischenfazit der Pilotstudie kann zunächst festgehalten werden, dass sowohl konkret-gegenständliche Bodenerosionsmodelle als auch abstrakt-digitale Bodenerosionssimulationen zur inhaltsgebundenen Förderung geographischen Systemverständnisses geeignet sind. Alle drei Gruppen konnten durch die Intervention signifikant profitieren – die Gruppe “Kombination”, die die Gelegenheit zur Arbeit sowohl mit den konkret-gegenständlichen Bodenerosionsmodellen als auch mit den abstrakt-digitalen Computersimulation hatte, erzielt dabei das beste Gesamtergebnis. Eine Auswertung bezüglich der vermuteten Lernstilabhängigkeit der drei methodischen Zugänge steht noch aus. Für die Hauptstudie muss der Fragebogen bezüglich der durch die Pilotierung erkannten Item-Auffälligkeiten überarbeitet und ergänzt werden, zudem muss aufgrund der geringen Effektstärke des bisherigen Tests eine möglichst hohe Probandenzahl angestrebt werden.

2.2 Förderung systemischen Denkens bei Lehramtsstudierenden (Volz)

„Der Kompetenzerwerb der Schülerinnen und Schüler im Geographieunterricht ist wesentlich abhängig von der Professionalität der Lehrenden“ – mit dieser Formel unterstreichen die Rahmenvorgaben für die Lehrerausbildung im Fach Geographie an deutschen Universitäten und Hochschulen (DGfG 2009) im

Kontext der zuvor vorgestellten Studie die Wichtigkeit, systemisches Denken auch bei Lehramtsstudierenden zu fördern und sie darauf aufbauend zu befähigen, wirksame Lernprozesse zum systemischen Denken selbst zu initiieren. Bereits die Grundlagenveranstaltungen in der Studieneingangsphase sollen dabei der Förderung des verstehenden Lernens (meaningful learning, vgl. NOVAK 2002), des konzeptuellen Verständnisses von Inhalten (conceptual understanding) sowie dem Aufbau vernetzten Wissens (vgl. u.a. SCHAAL 2006) als Basis geographischer Systemkompetenz dienen.

In der Praxis steht diese Zielsetzung vor besonderen Herausforderungen: Die Mehrfachlichkeit des Lehramtsstudiums bedingt eine hohe Heterogenität in Bezug auf die eingebrachten geographischen Kompetenzen, zugleich steht zur Förderung dieser Kompetenzen ein im Vergleich zum Fachstudium deutlich reduzierter Zeitrahmen zur Verfügung. Das tradierte Format der Vorlesung und das damit verbundene Nebeneinander der Teildisziplinen in den Grundlagenveranstaltungen führt bei den Studierenden häufig zum Aufbau isolierterter Wissensbestände – die Auswertung von Klausuren deuten darüber hinaus auf eine teilweise geringe Integration neu erworbenen Wissens und den Erhalt von Fehlvorstellungen hin. „Anschlussfähiges Fachwissen (Verfügungswissen)“ (DGfG 2009, S. 9) kann im Hinblick auf systemisches Denken jedoch nur erreicht werden, wenn übergeordnete Grundprinzipien und systemische Zusammenhänge erschlossen und Teilsphären in ihrer Organisation und ihrem Verhalten als (Sub-) Systeme erkannt, beschrieben und modelliert werden können.

Die eingangs dargestellten theoriegeleiteten Annahmen zur Wirksamkeit experimenteller Arbeitsweisen in Bezug auf die Identifikation von Systemelementen und die Beschreibung ihrer Wechselwirkungen waren vor diesem Hintergrund Ausgangspunkt zur Entwicklung eines neuen Lehr-Lern-Konzepts für die Grundlagenveranstaltung zur Physischen Geographie an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg.

Der etablierte Dreiklang aus Vorlesung, Übung und Tutorium erhält dabei eine neue inhaltliche wie zeitliche Schwerpunktsetzung durch zusätzliche Übungszeit im Lehr-Lern-Labor mit der Möglichkeit zur lernerzentrierten Erarbeitung systemrelevanter Strukturen und Prozesse durch Beobachten, Untersuchen, Experimentieren und Modellieren. Der Fokus liegt dabei nicht auf der Förderung von Methodenkompetenz im Hinblick auf Scientific Literacy – vielmehr nutzt das Lehr-Lern-Konzept die experimentellen Arbeitsweisen als Methode zur lernerzentrierten Erkenntnisgewinnung durch die Studierenden.

2.2.1 Design, Erhebungsinstrumente und Stichprobe

Basierend auf den zuvor dargestellten Grundüberlegungen wurde das Konzept für die Vorlesungen und darauf abgestimmten Übungen zu den Themenbereichen „Bodenkunde“ (2 Vorlesungen/2 Übungen) und „Klimatologie“ (2 Vorlesungen/2 Übungen) exemplarisch umgesetzt und im Rahmen eines experimentellen Untersuchungsdesigns mit Vergleichsgruppe im Prä-Post-Testverfahren untersucht. Die Forschungsfrage richtet sich dabei auf den Beitrag experimenteller Arbeitsweisen zur Förderung des systemischen Denkens bei Lehramtsstudierenden. Untersucht werden der Erwerb und die Veränderungen konzeptuellen Wissens sowie die mit Präkonzepten verbundenen Veränderungen der begrifflichen Bedeutungszuweisung.

Unter Beachtung der Vorgaben des Modulhandbuchs tritt dabei an die Stelle einer Vorlesung mit 90 min für alle Studierenden ein auf die Einführung grundlegender Konzepte, Strukturen und Prozessen konzentriertes Vorlesungsformat mit lediglich 45 min Dauer. Die Erarbeitung der vorgestellten Strukturen und Prozesse erfolgt im Anschluss daran im Rahmen einer mit 90 min Dauer auf das Doppelte verlängerten Übung. Im Rückgriff auf das in der Vorlesung vermittelte Faktenwissen nutzen die Studierenden verschiedene experimentelle Arbeitsweisen zur Identifikation von Systemelementen und zur Beschreibung ihrer Wechselwirkungen (vgl. Abb. 4). Als Lernort dient das Geco-Lab, Kompetenzzentrum für geökologische Raumerkundung der Abteilung Geographie an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg.

Die Vergleichsgruppe nimmt im gleichen Zeitfenster an einem Übungsformat mit klassischen Lehr-Lern-Methoden teil. Die Problemstellungen der Übungsaufgaben sind dabei weitestgehend gleich, Unterschiede ergeben sich nur in der Wahl der eingesetzten Medien (u. a. Diagramme, graphische Modelle) und der daran angepassten Lösungsstrategien.

Um eine möglichst gleiche Besetzung von Treatment- und Vergleichsgruppe hinsichtlich der Lernvariablen zu erreichen, wurde eine Parallelisierung mit Bildung von „matched samples“ vorgenommen (vgl. THEYBEN 2014). In einer Vorerhebung wurden hierfür die auf das Vorwissen ausgerichtete Kontrollvariable „Geographie als Schulfach“ (Oberstufe 4-stündig, 2-stündig, gar nicht), das Interesse am Einsatz ausgewählter geographischer Arbeitsweisen im Studium („Interesse am Einsatz von Experimenten“, vgl. HEMMER, HEMMER 2010) sowie die Vorerfahrung mit Experimenten im Schulunterricht („Häufigkeit des Einsatzes“, vgl. PETER 2013) erfasst.

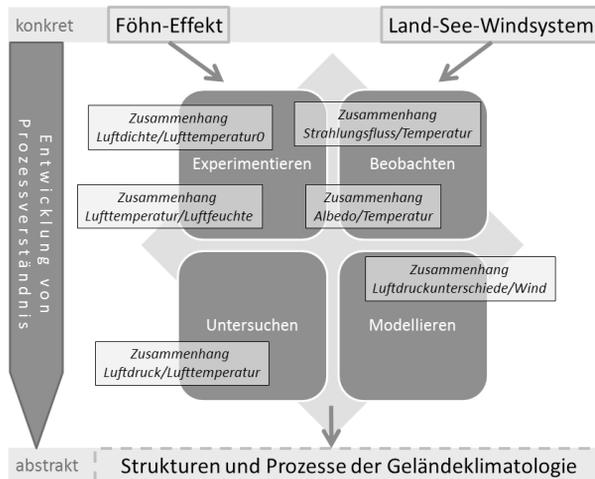


Abb. 4: Vom Konkreten zum Abstrakten: Experimentelle Arbeitsweisen zur Erarbeitung grundlegender Strukturen und Prozesse am Beispiel ausgewählter Phänomene der Geländeklimatologie

Als Diagnoseinstrument zur Erfassung des systemrelevanten Wissens sowie vorhandener Fehlvorstellungen dient die Externalisierung mit Hilfe offener Concept Maps in einem papierbasierten Verfahren. Das Ausmaß, in dem Lernende verschiedene Konzepte bzw. Propositionen miteinander verknüpfen, lässt sich dabei als ein Ausdruck der Qualität des Verständnisses der gelernten Wissensinhalte begreifen (vgl. zur Bedeutung von Concept Mapping als Diagnoseinstrument für das systemische Denken zusammenfassend JAHN ET AL. 2015). Eine Methodenschulung zu Beginn des Semesters führt alle Studierenden in die Charakteristika und die Arbeit mit einer Concept Map ein.

Auf dieser Grundlage fertigen alle Studierenden im Rahmen der Studie folgende Concept Maps an:

- 1) Concept Map zum Thema „Boden“ nach dem Besuch der beiden zugehörigen Vorlesungen und Übungen. Die Erstellung der Concept Map erfolgt mit Hilfe der drei Leitfragen
 - „Woraus besteht Boden?
 - „Wie entsteht Boden?“
 - „Welche Funktionen erfüllt Boden?“
 (vgl. zur Wahl der Leitfragen auch AMRHEIN 2002).

- 2) Concept Map zum Thema „Klima“ nach dem Besuch der beiden zugehörigen Vorlesungen und Übungen. Die Erstellung der Concept Map erfolgt mit Hilfe der Leitfragen
- „Was ist Klima?“
 - „Warum ist das Klima nicht überall gleich ausgeprägt?“
 - „Wie kommt Bewegung von Luftmassen in der Atmosphäre zustande?“

Mit Blick auf die Frage nach einer Verknüpfung von Konzepten erfolgt darüber hinaus zu zwei Zeitpunkten die durch ein Impulsbild angeregte Erstellung einer Concept Map zum Thema „Bodenerosion“ – aus systemischer Sicht zu verstehen als Resultat eines komplexen Wirkungsgefüges erosionsbestimmender Faktoren an der Schnittstelle von Klima und Boden sowie unter dem Einfluss menschlicher Nutzung: Die Erhebung erfolgt 1. zu Beginn des Semesters und 2. nach Beendigung des Treatments zum Thema „Bodenkunde“ (zusammen mit der Concept Map zum Thema „Boden“).

Zur Diagnose konzeptueller Veränderungen erfolgt zu zwei Zeitpunkten die ebenfalls durch ein Impulsbild angeregte Erstellung einer Concept Map zum Begriff „Wolke“ – aus systemischer Sicht zu verstehen als Subsystem von „Klima“ bzw. Teilausschnitt atmosphärischer Strukturen und Prozesse. Die Erhebung erfolgt 1. zu Beginn des Semesters (zusammen mit der ersten Concept Map zum Thema „Bodenerosion“) sowie 2. nach Beendigung des Treatments zum Thema „Klimatologie“ (zusammen mit der Concept Map zum Thema „Klima“).

Eine Pilotstudie konnte im Wintersemester 2014/15 mit 60 Lehramtsstudierenden erfolgreich abgeschlossen und ausgewertet werden. Nach Überarbeitung der Treatments hinsichtlich der Pilotierungsergebnisse konnte die Hauptstudie im Sommersemester 2015 mit 26 Studierenden durchgeführt werden, davon 14 als Teilnehmer der Laborübung.

2.1.2 Auswertung

Aktuell erfolgt die Auswertung der erhobenen Concept Maps. Bezogen auf die Concept Maps zu den Themen „Boden“ und „Klima“ steht dabei zunächst die Analyse der strukturellen Qualität auf Grundlage von Strukturindizes im Vordergrund (vgl. BOLLMANN-ZUBERBÜHLER 2008, MEHREN ET AL. 2014). Eine Analyse der inhaltlichen Qualität richtet sich darüber hinaus auf den Aspekt der (korrekten) Integration von Konzepten und Relationen, die auf neu erworbenes systemrelevantes Wissen im Kontext des Treatments hinweisen. Beim Vergleich der Concept Maps „Wolke“ und „Bodenerosion“ zwischen den verschiedenen Aufnahmezeitpunkten stehen neue, identische, veränderte oder fehlende Konzepte und Relationen im Mittelpunkt des Interesse – es wird daher neben einer Verände-

rungsdiagnose quantitativer Art v.a. auch eine qualitative Auswertung vorgenommen. Hierfür werden maximal kontrastierend ausgewählte Concept Maps insbesondere im Hinblick auf die Benennung wesentlicher Strukturelemente und die Entwicklung von Prozessverständnis analysiert. Die Auswertung in Bezug auf die Kategorien „Systemstruktur“, „Systemgrenze“, „Systeminteraktion“ und „Systemdynamik“ (vgl. MEHREN et al. 2014) richtet das Augenmerk auf die Entwicklung von Komplexität, Abstraktion und Präzision, die den Kern der von BENNETTS (2005) benannten Dimensionen einer verbesserten geographischen Konzeptualisierung bilden (vgl. auch TAYLOR 2013). Der qualitative Ansatz ermöglicht die Unterscheidung von Komplexität im Sinne zunehmender Breite einerseits (durch Erweiterung des thematischen Rahmens) sowie zunehmender Tiefe andererseits (durch Zunahme von Details innerhalb des Themas). Der treffende Einsatz von Fachsprache kann hierbei die Präzision von Concept Maps durch gezielte Reduktion umschreibender Begrifflichkeiten auch und gerade bei quantitativer Reduktion von entbehrlichen/redundanten Elementen und Relationen erhöhen und ist somit auch sichtbares Zeichen für den kognitiven Prozess des Abstrahierens (vgl. VYGOTSKIJ 2002). Die Auswertung im Hinblick auf fachsprachlich verursachte Bedeutungserweiterungen und Bedeutungsverengungen sowie differentielle Bedeutungsunterschiede (vgl. STEINMETZ 2010) berücksichtigt daher, dass sowohl eine gesteigerte Komplexität von Concept Maps als auch eine Komplexitätsreduktion (Beschränkung auf den wesentlichen Kern) gleichermaßen Ausdruck eines weiterentwickelten Prozessverständnisses sein können.

3 Fazit

Denken und Handeln in räumlichen Strukturen und Prozessen – diese grundlegenden Elemente von Geographie als Wissenschaft, Studienfach und Unterrichtsgegenstand stellen im Zeichen des globalen Wandels und der damit verbundenen Dynamik aller geographischen Teilsysteme die Beteiligten vor große Herausforderungen. In den Fokus rücken daher Ansätze zur Förderung systemischen Denkens – nicht nur bei Schüler/innen, sondern auch und gerade bei Lehramtsstudierenden in ihrer besonderen Funktion als domänenspezifische Multiplikatoren der Geographie.

Die vorgestellten Studien tragen zu einer vertieften Kenntnis der Wirksamkeit experimenteller Arbeitsweisen auf die Förderung systemischen Denkens bei. Ausgerichtet auf eine dreifache Funktion als Lehlabor, Lernlabor und didaktische Forschungswerkstatt bietet das Geco-Lab, Kompetenzzentrum für geökologische Raumerkundung, dabei Raum zur Verknüpfung zentraler Konzepte der Geographie mit naturwissenschaftlichen Methoden der Erkenntnisgewinnung und schafft auf verschiedenen Ebenen den institutionellen Rahmen für Beiträge zu einer nachhaltigen Entwicklung.

Literatur

- AMRHEIN, R. (2002): Mit Concept Maps über Lernerfolge reflektieren? Pädagogik und Fachdidaktik für Lehrer/innen. Klagenfurt.
- ASSARAF, O., ORION, N. (2005): Development of system thinking skills in the context of system education. In: *Journal of research in science teaching* 42, Heft 5, S. 518–560.
- BIRKENHAUER, J. (1997): Modelle im Geographieunterricht. In: *Praxis Geographie* 27, Heft 1, S. 4–8.
- BENNETTS, T. (2005): Progression in geographical understanding. In: *International Research in Geographical and Environmental Education* 14, Heft 2, S. 112–132.
- BOLLMANN-ZUBERBÜHLER, B. (2008): Lernwirksamkeitsstudie zum systemischen Denken an der Sekundarstufe I. In: FRISCHKNECHT-TOBLER, U., NAGEL, U., SEYBOLD, H. (Hrsg.): *Systemdenken. Wie Kinder und Jugendliche komplexe Systeme verstehen lernen*. Zürich, S. 99–118.
- BRANDHUBER, R., AUERSWALD, K., LANG, R., MÜLLER, A., RIPPEL, A. (2012): *ABAG interaktiv*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Freising.
- BRÄUTIGAM, J. I. (2014): *Systemisches Denken im Kontext einer Bildung für nachhaltige Entwicklung. Konstruktion und Validierung eines Messinstrumentes zur Evaluation einer Unterrichtseinheit*. Dissertation am Institut für Pädagogische Psychologie der Pädagogischen Hochschule Freiburg.
- BROCKMÜLLER, S., JUNGKUNST, H.F. (2015): Was tun, wenn der Boden sich vom Acker macht?! Einflussfaktoren erkennen und verstehen, Schutzstrategien beurteilen. In: *Praxis Geographie*, Heft 5, S. 36–41.
- BROCKMÜLLER, S., VIEHRIG, K., SCHULER, C., MRAZEK, J., VOLZ, D., SIEGMUND, A. (angenommen): Enhancement of geographical systems thinking through the use of models. In: Lavonen, J., Juuti, K., Lampiselkä, J., Uitto, A., Hahl, K. (Hrsg.): *Science Education Research: Engaging learners for a sustainable future, Proceedings of the ESERA 2015 Conference*.
- DAHL, G. (1971): Zur Berechnung des Schwierigkeitsindex bei quantitativ abgestufter Aufgabenbewertung. In: *Diagnostica*, Heft 17, S. 139–142.
- DE JONG, T., VAN JOOLINGEN, W. R. (1998): Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. In: *Review of Educational Research* 68, Heft 2, S. 179–201.

- DGfG (2009): Rahmenvorgaben für die Lehrerbildung im Fach Geographie an deutschen Universitäten und Hochschulen. Bonn.
- DGfG (2014): Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss mit Aufgabenbeispielen. Bonn.
- GERSMEHL, P. J., GERSMEHL, C. A. (2006): Wanted: A Concise List of Neurologically Defensible and Assessable Spatial Thinking Skills. In: *Research in Geographic Education*, Heft 8, S. 5–38.
- GREIFF, S., FUNKE, J. (2009): Measuring Complex Problem Solving: The MicroDYN approach. In: SCHEUERMANN, F. (Hrsg.): *The transition to computer-based assessment. Lessons learned from large-scale surveys and implications for testing*. Luxembourg, S. 157–163.
- HAHN, S., STILLER, C., STOCKEY, A., WILDE, A. (2013): Experimentierend zur naturwissenschaftlichen Grundbildung – Entwicklung und Evaluation eines kompetenzorientierten Kurses für die Eingangsphase zur Oberstufe. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 19, S. 417–425.
- HALLER, H. D., NOWACK, I. (o.J.): *Lernstildiagnose*. Pädagogisches Seminar Göttingen.
- HEMMER, I., HEMMER, M. (Hrsg.) (2010): Schülerinteresse an Themen, Regionen und Arbeitsweisen des Geographieunterrichts, Ergebnisse der empirischen Forschung und deren Konsequenzen für die Unterrichtspraxis. In: *Geographiedidaktische Forschungen* 46. Weingarten.
- HOFFMANN, K. W., DICKEL, M., GRYL, I., HEMMER, M. (2012): Bildung und Unterricht im Fokus der Kompetenzorientierung. Aktuelle Anfragen an die Geographiedidaktik. In: *Geographie und Schule* 34, Heft 195, S. 4–13.
- JAHN, M., VIEHRIG, K., FIENE, C., SIEGMUND, A. (2015): Mit Concept Maps systemisches Denken von Schüler/innen bewerten. In: Budke, A., Kuckuck, M. (Hg.): *Geographiedidaktische Forschungsmethoden, Praxis Neue Kulturgeographie* 10, S. 341–367.
- Köck, H. (1985): Systemdenken – geographiedidaktische Qualifikation und unterrichtliches Prinzip. In: *Geographie und Schule* 7, Heft 33, S. 15–19.
- Köck, H. (1993): Raumbezogene Schlüsselqualifikation – der fachimmanente Beitrag des Geographieunterrichts zum Lebensalltag des Einzelnen und Funktionieren der Gesellschaft. In: *Geographie und Schule* 15, Heft 84, S. 14–22.
- KOLB, D. (1985): *Learning style inventory*. Boston.

- KRONER, B., SCHAUER, H. (1997): Unterricht erfolgreich planen und durchführen. Köln.
- MEHREN, R., REMPFLER, A., ULRICH-RIEDHAMMER, E. M. (2014): Denken in komplexen Zusammenhängen. Systemkompetenz als Schlüssel zur Steigerung der Eigenkomplexität von Schülern. In: Praxis Geographie 44, Heft 4, S. 4–8.
- MEHREN, R., ULRICH-RIEDHAMMER, E. M., REMPFLER, A., BUCHOLZ, J., HARTIG, J. (2015): Wie lässt sich Systemdenken messen. Darstellung eines empirisch validierten Kompetenzmodells zur Erfassung geographischer Systemkompetenz. In: Geographie aktuell und Schule 37, Heft 215, S. 4–15
- NOVAK, J. D. (2002): Meaningful Learning: The Essential Factor for Conceptual Change in Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies Leading to Empowerment for Learners. In: Science Education 86, Heft 4, S. 548–571.
- OSSIMITZ, G. (2000): Entwicklung systemischen Denkens. Theoretische Konzepte und empirische Untersuchungen. Klagenfurter Beiträge Didaktik Mathematik. München.
- OTTO, K.-H. (2009): Experimentieren als Arbeitsweise im Geographieunterricht. In: Geographie und Schule 31, Heft 180, S. 4–15.
- OTTO, K.-H., MÖNTER, L. (2015): Scientific Literacy im Geographieunterricht fördern. Experimentelle Lehr-/Lernformen und Modellexperimente. In: geographie heute, Jg. 36, Heft 322, S. 2–7.
- OTTO, K.-H., MÖNTER, L., HOF, S., WIRTH, J. (2010): Das geographische Experiment im Kontext empirischer Lehr-Lern-Forschung. In: Geographie und ihre Didaktik 38, Heft 3, S. 133–145.
- PETER, C. (2013): Problemlösendes Lernen und Experimentieren, Eine Interventions- und Evaluationsstudie zur naturwissenschaftlichen Kompetenzentwicklung im Geographieunterricht. Dissertation an der naturwissenschaftlichen Fakultät der Justus-Liebig-Universität Gießen.
- REMPFLER, A., UPHUES, R. (2011): Systemkompetenz im Geographieunterricht. Die Entwicklung eines Kompetenzmodells. In: STÖBER, G., HENRY, R., MEYER, C. (Hrsg.): Geographische Bildung. Kompetenzen in didaktischer Forschung und Schulpraxis. Braunschweig, S. 36–42.
- REMPFLER, A., UPHUES, R. (2012): System competence in geography education. Development of competence models, diagnosing pupils' achievement. In: European Journal of Geography 3, Heft 1, S. 6–22.
- RIESS, W., MISCHO, C. (2008): Wirkungen variierten Unterrichts auf systemisches Denken. In: FRISCHKNECHT-TOBLER, U., NAGEL, U., SEYBOLD, H. J. (Hrsg.): System-

- denken - Wie Kinder und Jugendliche komplexe Systeme verstehen lernen. Zürich, S. 135–147.
- RIESS, W. (2013): Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (BNE) und Förderung des systemischen Denkens. In: *Anliegen Natur*, Heft 35, S. 55–64.
- RIESS, W., SCHULER, S., HÖRSCH, C. (2015): Wie lässt sich systemisches Denken vermitteln und fördern? Theoretische Grundlagen und praktische Umsetzung am Beispiel eines Seminars für Lehramtsstudierende. In: *Geographie aktuell und Schule* 37, Heft 215, S. 16–29.
- RINSCHEDI, G. (2007): *Geographiedidaktik*. Paderborn.
- ROST, J., LAUSTRÖER, A., RAAK, N. (2003): Kompetenzmodelle einer Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. In: *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule* 8, Heft 52, S. 10–15.
- SCHAAL, S. (2006): Fachintegratives Lernen mit digitalen Medien – Die theoriegeleitete Entwicklung und Evaluation einer hypermedialen Lernumgebung für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Realschule. In: *Didaktik in Forschung und Praxis*, Band 32. Hamburg.
- SCHUBERT, J. C. (2013): Modelle. In: BÖHN, D., OBERMAIER, G. (Hrsg.): *Wörterbuch der Geographiedidaktik. Begriffe von A-Z*. Braunschweig, S. 199–200.
- SOMMER, C. (2005): Untersuchung der Systemkompetenz von Grundschulern im Bereich Biologie. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrecht-Universität zu Kiel. Kiel.
- SOMMER, K., KLEIN, M., STEFF, H., PFEIFER, P. (2012): Modellexperimente, Zwischen Anschauungselement und Erkenntnisgewinnung. In: *Unterricht Chemie* 23, Heft 132, S. 2–9.
- STACHOWIAK, H. (1973): *Allgemeine Modelltheorie*. Wien, New York.
- STEIGERT, T., SCHRENK, M. (2012): Fördert eigenständiges Experimentieren die Entwicklung wissenschaftsnaher Vorstellungen zum Pflanzenstoffwechsel? – Teilprojekt 3. In: RIEB, W., WIRTZ, M., BARZEL, B., SCHULZ, A. (Hrsg.): *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht, Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten*. Münster, S. 199–211.
- STEINMETZ, K. (2010): Zur Entwicklung einer Fachsprache im Chemieunterricht der vierten Schulstufe, eine Fallstudie. Diplomarbeit an der Universität Wien.
- STRACKE, I. (2004): Einsatz computerbasierter Concept Maps zur Wissensdiagnose in der Chemie. Münster, New York, München, Berlin.

- TAYLOR, L. (2013): Concept formation and progress in learning geography. In: LAMBERT, D., JONES, M. (Hrsg.): *Debates in Geography Education*. New York, S. 302–313.
- THEISEN, H. (2014): Methodik von Vergleichsstudien zur Wirkung von Unterrichtsmedien. In: KRÜGER, D., PARCHMANN, I., SCHECKER, H. (Hrsg.): *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg, S. 67–79.
- VIEHRIG, K., GREIFF, S., SIEGMUND, A., FUNKE, J. (2011): Geographische Kompetenzen fördern. Erfassung der Geographischen Systemkompetenz als Grundlage zur Bewertung der Kompetenzentwicklung. In: STÖBER, G., HENRY, R., MEYER, C. (Hrsg.): *Geographische Bildung. Kompetenzen in didaktischer Forschung und Schulpraxis*. Braunschweig, S. 49–57.
- VIEHRIG, K., SIEGMUND, A., FUNKE, J., WÜSTENBERG, S., GREIFF, S. (accepted): The Heidelberg inventory of geographic system competency model. In: LEUTNER, D., FLEISCHER, J., GRÜNKORN, J., KLIEME, E., (Eds.) (Hrsg.): *Competence Assessment in Education: Research, Models and Instruments*.
- VIEHRIG, K., SIEGMUND, A., WÜSTENBERG, S., GREIFF, S., FUNKE, J. (2012): Systemisches und räumliches Denken in der geographischen Bildung. Erste Ergebnisse zur Überprüfung eines Modells der Geographischen Systemkompetenz. In: HÜTTERMANN, A., KIRCHNER, P., SCHULER, S., DRIELING, K. (Hrsg.): *Räumliche Orientierung. Räumliche Orientierung, Karten und Geoinformation im Unterricht*. Braunschweig, S. 95–102.
- VYGOTSKIJ, L. S. (2002). *Denken und Sprechen*. Weinheim, Basel.
- WIKTORIN, D. (2013): Graphische Modelle im Geographieunterricht. Handlungsorientierter Einsatz von und kritischer Umgang mit Modellen. In: *Praxis Geographie* 43, Heft 12, S. 4–7.
- WILDE, M., BÄTZ, K., KOVALEVA, A., URHAHNE, D. (2009): Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). Testing a short scale of intrinsic motivation. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 15, S. 31–45.
- WIRTH, E. (1979): *Theoretische Geographie*. Wiesbaden.

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 situationspezifisch Erklärungen konstruieren, die nicht mit Theorien im wissenschaftlichen Sinn vergleichbar sind. Die Konzeptionen von Laien werden als ein lockeres Gefüge vieler elementarerer 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 oder 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 Wissensrepertoirs eines Lernenden. Durch das Hinzukommen von neuen Wissens-elementen (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 Wissens-elemente 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.

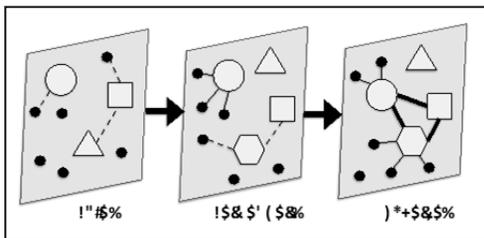


Abb. 1: Schematisierte Darstellung der Wissensentwicklung vom Laien zum Experten (nach diSessa 2002, verändert). Im Laienwissen sind Wissens-elemente, die aus wissenschaftlicher Sicht nicht zusammengehören, miteinander verknüpft. Das Laienwissen verändert sich im Lernprozess allmählich, indem neue Wissens-elemente 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 entsprechen 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 & DISSA (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 (DISSA 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 Wissens-elementen 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 unterirdischer 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.

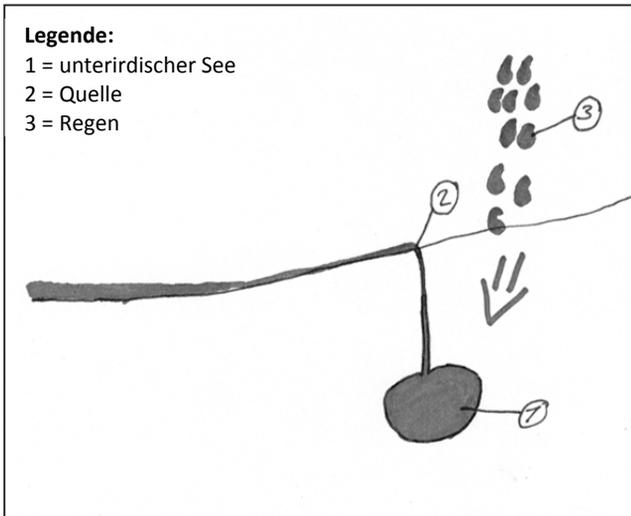


Abb. 2: Vorstellung des 14-jährigen Schülers Max zur Entstehung einer Quelle (REINFRIED, TEMPELMANN & AESCHBACHER 2012).

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 ist, 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 artesische 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 artesische 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> , DISSA 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 Hohlräume 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 herauspritzen, 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 umschiffert 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 zusammengenommen 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-systsci.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.

Defizite beim Experimentieren – Welche Schwierigkeiten haben Lernende beim offenen Experimentieren im Geographieunterricht?

von Carina Peter, Philipps-Universität Marburg

Abstract

Die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung gewann im Zuge der Reformierung des deutschen Bildungssystems als Konsequenz der mittelmäßigen Ergebnisse deutscher Schülerinnen und Schüler in internationalen Vergleichsstudien an Bedeutung. Beispiel dafür ist die Methode des Experimentierens, die auch im Bereich der Geographiedidaktik einen hohen Stellenwert einnimmt. Problemorientierte Unterrichtsansätze wurden gefordert, empirisch evaluiert und sollen fortan in die Schulpraxis implementiert werden. Entsprechend werden in den Fachdidaktiken der Naturwissenschaften aktuelle Forschungsfragen verstärkt auf Methoden und die damit einhergehende Entwicklung und Evaluierung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen formuliert. In der empirischen Lehr- und Lernforschung werden bisweilen Lehr-/ Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern im Kontext des Experimentierens (z. B. Grube 2010, Hammann 2004, Hof 2011, Mayer 2007) untersucht. Auch in der Geographie wird das Experiment als fachspezifische Methode diskutiert (z. B. Mönter, Hof 2012, Otto et al. 2010). Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, die naturwissenschaftliche Arbeitsweise im Kontext der geographiedidaktischen Lehr-/Lernforschung vorzustellen und im Speziellen Problemfelder bzw. Defizite der Lernenden im offenen Experimentierprozess zu ermitteln und zu diskutieren.

Schlagworte: naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung, offenes Experimentieren im Geographieunterricht, Defizite und Schwierigkeiten, Kompetenzstufenmodell

1 Einleitung

Der Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung steht seit Jahren im Fokus der Lehr- und Lernforschung. Befunde liegen sowohl von den internationalen Vergleichsstudien wie PISA (DEUTSCHES-PISA-KONSORTIUM 2001, DEUTSCHES-PISA-KONSORTIUM 2004, DEUTSCHES-PISA-KONSORTIUM 2007, OECD 2010) als auch von den Fachdisziplinen der Didaktiken der Naturwissenschaften (z. B. EHMER 2008, GRUBE 2010, HAMMANN 2004, HOF 2011, MAYER 2007) und der pädagogischen Psychologie (z. B. CHEN, KLAHR 1999, VAN JONG, JOOLINGEN DE 1998) vor. Die Forderung nach einer naturwissenschaftlichen Grundbildung unserer Schülerinnen und Schüler wurde u.a. im Rahmen der PISA-Erhebung 2006 formuliert (PRENZEL 2007). Gemeint ist

dabei die Fähigkeit zur Anwendung des naturwissenschaftlichen Wissens, um Fragestellungen zu erkennen, neues Wissen anzueignen, naturwissenschaftliche Phänomene zu beschreiben und aus Belegen Schlussfolgerungen ziehen zu können. Dem Experiment als Arbeitsweise im Unterricht wird eine zentrale Rolle im Kontext der naturwissenschaftlichen Grundbildung sowie in den naturwissenschaftsdidaktischen Forschungsbereichen und deren Unterrichtspraxis zugesprochen.

Obwohl dem Experiment als naturwissenschaftliche Arbeitsweise in den Studien der Nachbardisziplinen im Kontext der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und Kompetenzförderung eine besondere Bedeutung zugemessen wird und es zugleich ein hohes Interesse bei Schülerinnen und Schülern im Geographieunterricht weckt (HEMMER, HEMMER 2010), wird es in der Praxis des Geographieunterrichts selten eingesetzt (HEMMER, HEMMER 2010). Gerade das Experiment als naturwissenschaftliche Methode bietet aber die Chance, der Forderung einer stärkeren Problemorientierung und methodisch fundierten Erkenntnisgewinnung, wie es seit den ersten PISA-Ergebnissen zunehmend gefordert wurde, auch im Geographieunterricht gerecht zu werden. Die verstärkte Zuwendung der Geographiedidaktik zur Erkenntnisgewinnung durch die Methode des Experimentierens, die in verschiedenen fachdidaktischen Publikationen zum Tragen kommt (z. B. LETHMATE 2006, MÖNTER, HOF 2012, OTTO 2009, OTTO ET AL. 2010, OTTO, MÖNTER 2009), verdeutlicht den hohen Stellenwert der Methode auch aus geographiedidaktischer Perspektive (OTTO 2009). Im Folgenden werden Kompetenzen im offenen Experimentierprozess ermittelt und spezielle Problemfelder diskutiert.

2 Experimente im Geographieunterricht

Experimente im Geographieunterricht können anhand unterschiedlicher Kategorien klassifiziert werden, im Einzelnen nach geographisch-inhaltlichen Aspekten, nach Versuchsanordnung, nach didaktischen oder methodischen Anlagen oder dem Grad der Schüleraktivität (MÖNTER, HOF 2012). Der Grad der Selbstständigkeit im Kontext der Schüleraktivität geht mit der Öffnung des Experiments im Sinne eines offenen Experimentierprozesses einher. Dabei definiert Otto (2009) ein Experiment als eine Beobachtung unter künstlichen, möglichst veränderbaren Bedingungen. Variablen werden kontrolliert (Kontrollvariablen) und ein Kontrollansatz sollte konzipiert werden. Beim Experiment werden durch Isolation, Kombination und Variation von Variablen Erkenntnisse gewonnen, die zur Erklärung von Prozessen und Phänomenen herangezogen werden können und aus denen sich Regelmäßigkeiten und allgemeine Gesetzmäßigkeiten ableiten lassen. Dabei sollen die Ergebnisse möglichst reproduzierbar sein. Der Experimentierprozess unterliegt im Regelfall einem methodischen Ablauf, der als experimenteller Algorithmus bezeichnet wird (OTTO 2009).

3 Forschungsstand und Forschungsfragen

Spezifische Problemfelder in der Methode des Experimentierens wurden bereits in Studien der Didaktiken der Naturwissenschaften (z. B. HAMMANN 2004, MAYER 2007, GRUBE 2010, HOF 2011), den Bildungswissenschaften und der pädagogischen Psychologie (z. B. PRENZEL 2007, VAN JONG, JOOLINGEN DE 1998) erhoben. Demnach weisen Lernende spezifische Defizite innerhalb der einzelnen Teilkompetenzen [(i) Fragestellung formulieren, (ii) Hypothesen generieren, (iii) Planung eines Experiments (iv) Daten auswerten] auf.

Die Kompetenz eine naturwissenschaftliche *Fragestellung zu formulieren* wird laut GRUBE (2010) als anspruchsvolle Teilkompetenz diskutiert. Auch mit Blick auf die PISA-Studien verdeutlicht PRENZEL (2007) die Schwierigkeit deutscher Schülerinnen und Schüler eine naturwissenschaftliche Fragestellung zu erkennen, sie scheinen mit diesem Kompetenzbereich am wenigsten vertraut zu sein. MAYER ET AL. (2008) belegen, dass die Leistungen der Schülerinnen und Schüler in den Kompetenzbereichen *Fragestellung formulieren* sowie *Planung eines Experiments* geringer sind als in den Kompetenzbereichen *Hypothesen generieren* und *Daten auswerten*. Als Ursache wird die Möglichkeit benannt, dass bei den Kompetenzbereichen *Hypothesen generieren* und *Daten auswerten*, im Gegensatz zur Teilkompetenz *Fragestellung formulieren*, auf bereits bekannte Konzepte wie das Fachwissen oder fachspezifische Konzepte zurückgegriffen werden kann. Weiterhin nennt GRUBE (2010) das epistemologische Verständnis im Kontext der Teilkompetenz *Fragestellung formulieren* als besonders schwierigkeitsinduzierend. „Bei der Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Fragestellung müssen die Lernenden eine Vorstellung davon besitzen, was diese von einer nicht-naturwissenschaftlichen Frage unterscheidet“ (GRUBE 2010, S. 90.).

VAN JONG, JOOLINGEN DE (1998) identifizieren im Kompetenzbereich *Hypothesen generieren* drei Problemfelder: (i) Fehlendes Wissen darüber, wie Hypothesen aufgestellt werden, (ii) die Hypothesenrevision erfolgt nicht auf Grundlage der gesammelten Daten, (iii) Vermeidung der Formulierung von Hypothesen, die als abwegig und damit als unwahrscheinlich erachtet werden. Weiterhin werden nach HAMMANN (2004) ein unsystematisches Vorgehen sowie die gänzliche Vermeidung der Hypothesenformulierung (= Experimentieren ohne Hypothesen) benannt.

VAN JONG, JOOLINGEN DE (1998) beschreiben die Tendenz von Lernenden beim Planen eines Experiments gezielt solche Daten zu suchen, die die eigene Hypothese bestätigen. Es werden nicht zufriedenstellende Experimente konzipiert, d.h. bei der Variation werden zu viele Variablen variiert, Variablen werden falsch variiert bzw. Variablen werden falsch zugeordnet, so dass keine Rückschlüsse aus dem Experiment gezogen werden können (GLASER ET AL. 1992, VAN JONG, JOOLINGEN DE 1998). Zur Planung eines Experiments wird nicht die gesamte Breite an Informationen genutzt, dann jedoch wiederholt durchgeführt. Experimente werden

geplant, die zur Hypothesenüberprüfung nicht geeignet sind. Insbesondere jüngere Schülerinnen und Schüler im Alter von 10 Jahren haben Schwierigkeiten mit dem systematischen Vorgehen in einem Experiment (SIEGLER, LIEBERT 1975). Oftmals wird nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum vorgegangen. Dagegen beschreibt HAMMANN (2004), dass Schülerinnen und Schüler bereits in der Grundschule fähig sind, das systematische Variieren und Kontrollieren von Variablen erlernen zu können.

Im Kompetenzbereich *Daten auswerten* werden insbesondere zwei Problemfelder benannt, demnach werden zum einen aus Daten falsche Rückschlüsse gezogen und zum anderen haben Lernende Schwierigkeiten mit der Auswertung von graphischen Darstellungen/Diagrammen (KLAHR, DUNBAR 1987, KLAHR ET AL. 1993, LACHMAYER ET AL. 2007, VAN JONG, JOOLINGEN DE 1998,).

HOF (2011) untersucht angeleitete und offene Lernumgebungen. Die mit offener Lernumgebung unterrichteten Schülerinnen und Schüler verzeichnen durch forschendes Lernen einen höheren Kompetenzerwerb. Im Fachwissen ist dieser jedoch nicht langfristig zu belegen. WALPUSKI und SUMFLETH (2007) ermitteln in einer Studie zur experimentellen Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht (HAMMANN ET AL. 2007) einen hohen Lernerfolg durch offene Lernformen. Durch Nachfragen erhielten die Schülerinnen und Schüler jedoch Hilfestellung. SADEH und ZION (2012) zeigen, dass offene Unterrichtsmethoden im Biologieunterricht eine höhere Zufriedenheit bei Lernenden auslösen als angeleitete. Auf der anderen Seite empfinden die gleichen Schülerinnen und Schüler den Zeitaufwand für das Protokollierung und Dokumentierung, zur Ergründung des Phänomens sowie zur Formulierung der Fragestellung im offenen Unterrichtsprozess als größer und auch als schwieriger (SADEH, ZION 2012).

Die hier vorgestellte Studie ist ein Teilausschnitt einer Gesamtstudie, in der die Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern durch problemlösendes Lernen untersucht wurde (PETER 2014). In dem vorliegenden Beitrag wird der Frage nachgegangen, ob durch offene Lernumgebungen spezifische Schwierigkeiten bei den einzelnen Teilkompetenzen des Experimentierens identifiziert werden können. Gerade die Ausführung der Problemfelder zu den Teilkompetenzen – *Fragestellung formulieren, Hypothesen generieren, Planung eines Experiments, Daten auswerten* – verdeutlicht die Schwierigkeiten von Lernenden hinsichtlich des angemessenen Umgangs sowie der angemessenen Anwendung der Experimentiermethode im Unterricht. Demnach wird davon ausgegangen, dass in einer offenen Lernsituation spezifische Defizite in allen vier Teilkompetenzen ermittelt werden.

4 Forschungsdesign

Das Sampling entspricht einem gezielten Sampling (FLICK 2011), bei dem die Gruppenergebnisse der Schülerinnen und Schüler erhoben und anhand einer Evaluationsmatrix (= Kompetenzstufenmodell; s. Tab. 1) analysiert werden. 30 Gruppen werden gebildet, die sich aus Schülerinnen und Schülern zusammensetzen, die in explorativer und offener Unterrichtsform in einer Gruppengröße von drei bis vier Lernenden zusammenarbeiten. Die Probanden sind in der 6. Jahrgangsstufe einer Förderstufe sowie einer integrierten Gesamtschule und im Durchschnitt 12,28 Jahre alt. Die Geschlechterverteilung beträgt 50 % weibliche Teilnehmerinnen und 50 % männliche Teilnehmer.

Den Lerngruppen wird das Phänomen präsentiert, dass der Salzgehalt der Ostsee von Südwesten nach Nordosten abnimmt. Das Phänomen sollen sie anschließend mit Hilfe eines Experimentes ergründen. Dabei sollen sie ihr Vorgehen protokollieren und eine schriftliche Auswertung der Ergebnisse vornehmen. Die Vorteile der eigenständigen Protokollierung liegen darin, dass alle Probanden zur gleichen Zeit das Experiment durchführen können. Sie werden in ihrer Arbeitsaktivität nicht durch fremde Personen gehemmt und es entstehen vergleichbare Ergebnisse in allen Gruppen der verschiedenen Klassen und Schulen in schriftlicher Form. Störende Effekte wie Interview- oder Versuchsleitereffekte können ähnlich den non-reaktiven Verfahren vermieden werden. Den Lerngruppen wird ein Materialpool / Materialtisch dargeboten. Die Lerngruppen sollen das aufgezeigte Phänomen mit den bereitstehenden Materialien (Materialauswahl / Materialpool – standardisiert bei allen Gruppen) untersuchen. Die Schülergruppen müssen selbstgesteuert und kooperativ im offenen Unterrichtsprozess den Erkenntnisweg konstruieren und dokumentieren. Die Datenaufbereitung erfolgt anschließend durch die Transkription der Protokolle sowie das Redigieren, d.h. die deutliche Formulierung, bei der der Schreibstil erhalten bleibt (KRÜGER, RIEMEIER 2007). Der Codierung und der computergestützten Auswertung durch MAXQDA folgt die Zuordnung der Daten in das Kompetenzstufenmodell, um den Kompetenzstand der Schülerinnen und Schüler theoriegeleitet bewerten zu können. Die Codierung erfolgt durch unabhängige Personen unter Berücksichtigung der Inter-Coder-Reliabilität.

Das Kompetenzstufenmodell, das als Evaluationsmatrix zur Bewertungsgrundlage herangezogen wird, basiert im Kern auf einem Kompetenzentwicklungsmodell von HAMMANN (2004). Dieses aus der Biologiedidaktik stammende Modell wird durch die Teilkompetenz *Fragestellung formulieren* erweitert und hinsichtlich fachspezifischer Merkmale angepasst.

Tab. 1: Kompetenzstufenmodell (verändert nach HAMMANN 2004)

	Frage formulieren	Hypothesen generieren	Experiment planen	Daten auswerten
3	logische Formulierung der Fragestellung	systematische Suche nach Hypothesen und erfolgreiche Hypothesenrevision	systematischer Umgang mit Variablen und Kontrollansatz	Daten werden in adäquater Weise zur Überprüfung von Hypothesen herangezogen
2	teilweise logische Formulierung der Fragestellung	systematische Suche nach Hypothesen	systematischer Umgang mit Variablen	weitgehend logische Analyse, Probleme bei der Bewertung von Daten, die den Erwartungen widersprechen
1	unlogische Formulierung der Fragestellung	unsystematische Suche nach Hypothesen	teilweise systematischer Umgang mit Variablen	unlogische Analyse der Daten
0	keine Frage beim Experimentieren	keine Hypothesen beim Experimentieren	unsystematischer Umgang mit Variablen	Daten werden nicht auf Hypothesen bezogen

Die Kompetenzstufe 3 als höchste Kompetenzstufe wird mit für die jeweilige Teilkompetenz beschreibenden Merkmalen definiert. Für die Teilkompetenz *Fragestellung formulieren* umfasst die logische Formulierung der Fragestellung (Kompetenzstufe 3) drei folgende Merkmale:

- Frage wird adäquat formuliert,
- Frage steht im Zusammenhang mit dem Phänomen oder Problem,
- Frage ist überprüfbar.

Die Teilkompetenz *Hypothesen generieren* wird unter der Kompetenz der systematischen Suche nach Hypothesen und der erfolgreichen Hypothesenrevision definiert, die ebenfalls drei Merkmale in der Kompetenzstufe 3 umfasst:

- Hypothesen beziehen sich auf die Fragestellung,
- multiple Hypothesen werden formuliert (H1 und H0),
- erfolgreiche Hypothesenrevision.

In der Teilkompetenz *Experiment planen* umfasst der systematische Umgang mit Variablen und dem Kontrollansatz vier Merkmale in der Kompetenzstufe 3:

- abhängige und unabhängige Variablen werden adäquat differenziert,
- Variation der unabhängigen Variable erfolgt,
- Kontrollvariablen werden konstant gehalten,
- Kontrollansatz vorhanden.

Für die Teilkompetenz *Daten auswerten*, wobei die Daten in adäquater Weise zur Überprüfung von Hypothesen herangezogen werden, werden folgende Merkmale in der Kompetenzstufe 3 beschrieben:

- Beobachtung wird genau beschrieben,
- Ergebnisse werden auf Problem rückbezogen und fachlich korrekt entsprechend dem Raumbispiel interpretiert,
- Analyse gelingt auch bei Anomalien (z.B. Messfehlern).

Auf Grundlage des Kompetenzstufenmodells wird eine Codieranleitung mit 16 Codes entsprechend der 16 Felder (vier Kompetenzen mal 3 + 0 Stufen) konzipiert, die als Codiermatrix fungiert. Die Textpassagen der Ergebnisse aus dem offenen Experimentierprozess werden der Matrix zugeordnet, so dass zum einen Problemfelder identifiziert und zum anderen Kompetenzen der Lerngruppen kategorisiert werden können.

5 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden differenziert in die vier Teilkompetenzen dargestellt.

5.1 Fragestellung formulieren

In dieser Teilkompetenz wird insbesondere das Problemfeld der nicht adäquaten Formulierung aufgedeckt. Durch die Formulierungsschwierigkeiten ist eine Überprüfbarkeit durch ein Experiment nicht möglich, wie der folgende Protokollauschnitt verdeutlicht: *Vermischen sich die unterschiedlichen Bereiche mit Salzgehalt der Ostsee nicht?* Die Frage steht im Zusammenhang mit dem Phänomen, wird jedoch undeutlich formuliert. Zwei Problemfelder werden in der Teilkompetenz identifiziert: (i) Frage adäquat formulieren; (ii) Frage ist überprüfbar.

5.2 Hypothesen generieren

Diese Teilkompetenz ist durch drei Merkmale charakterisiert: (i) Hypothesen beziehen sich auf die Fragestellung, (ii) multiple Hypothesen werden formuliert, (iii) erfolgreiche Hypothesenrevision. Die Schülerergebnisse lassen auf spezifische Probleme schließen: (i) den Hypothesen fehlt eine genauere Beschreibung bzw. eine Begründung; (ii) die Hypothesenrevision widerspricht den eigenen Beobachtungen (erfolgt nicht auf Grundlage der eigenen Beobachtungen); (iii) die Hypothesenrevision fehlt (es erfolgt keine Hypothesenrevision); (iv) Hypothesen stehen nicht im Zusammenhang. Das Problemfeld der nicht im Zusammenhang stehenden Hypothesen wird im Protokollausschnitt eines Schülers deutlich. *Hypothese (1): Das Salzwasser ist schwerer als das Süßwasser und deshalb vermischt es sich nicht. Gegenhypothese (0): Die Temperatur hat keinen Einfluss auf die Vermischung von Salz- und Süßwasser.* Eine in der Hypothese (1) nicht definierte Variable (Temperatur) wird in der Gegenhypothese benannt. Die Variable Temperatur steht mit Hypothese (1) nicht im Zusammenhang, vielmehr scheint eine weitere Hypothese (2) im Sinne multipler Hypothesen angemessen. Dem Faktor Temperatur wird zudem in den folgenden Planungs- und Auswertungsphasen nicht weiter nachgegangen. Das Vorgehen wird als unsystematische Suche (Kompetenzstufe 2) kategorisiert.

5.3 Planung eines Experiments

In der Teilkompetenz Planung eines Experiments werden Probleme im Umgang mit Kontrollvariablen, Kontrollansatz und Variation erhoben. Konkret handelt es sich um folgende Problemfelder: (i) Nicht alle Kontrollvariablen werden berücksichtigt; (ii) fehlender Kontrollansatz; (iii) fehlerhafte, unlogische Variation der Variablen; (iv) fehlende Variation der Variablen. Der folgende Ausschnitt aus einem Schülerprotokoll (s. Abb. 1) verdeutlicht, dass die Planung nur bedingt zur Hypothesenüberprüfung geeignet ist. Es wird vermutet, dass das Salzwasser in den unteren Schichten sein muss. Demgegenüber werden zwei Experimentieransätze entgegen dieser Vermutung konzipiert. Das Salzwasser wird in den oberen Schichten positioniert, hier markiert in den Farben rot und blau (verdeutlicht durch die Mengenangabe des Salzes von jeweils 10 bzw. 50 g). Der Kontrollansatz wird demnach nicht richtig konzipiert bzw. die Variation der Variablen wird unlogisch geplant.

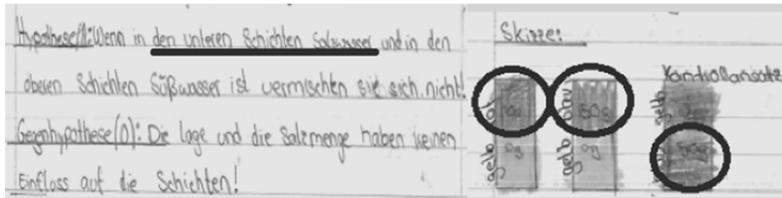


Abb. 1: Textpassage zur Teilkompetenz Experiment planen

5.4 Daten auswerten

Drei Problemfelder werden in der Teilkompetenz *Daten auswerten* identifiziert: (i) Fehlende Interpretation – fehlender Rückbezug auf das Ausgangsproblem; (ii) unangemessener Umgang mit Ergebnissen, die den eigenen Erwartungen widersprechen/unangemessener Umgang mit Anomalien; (iii) fehlende Methodendiskussion. Die fehlende Übertragung auf das Raumbispiel (Interpretation) sowie widersprüchliche Erklärungen im Kontext der Beobachtungen (unangemessener Umgang mit Anomalien) werden als Defizite im Umgang mit den Daten ermittelt. Das folgende Protokollbeispiel verdeutlicht den unangemessenen Umgang mit Ergebnissen, die den eigenen Erwartungen widersprechen. Die Schülergruppe hat folgende Beobachtung protokolliert: *Der Kontrollansatz **vermischt sich**. Der 2. Versuch, da sieht man, **dass es sich vermischt**. Beim 3. Versuch hat es sich alles deutlich vermischt. Der Kontrollansatz vermischt sich sichtbar. Beim 2. Versuch **vermischt es sich deutlich**. Der 3. Versuch: da hat sich alles vermischt.* In der anschließenden Erklärung werden die zuvor formulierten Beobachtungen ignoriert. Die Erklärung lautet: ***Das Salz vermischt sich nicht**, weil es schwerer ist. Das mit dem höheren Gehalt ist schwerer und schwimmt deswegen nach unten. Bei dem Kontrollansatz vermischt sich alles, weil nur 50 g darin sind.* Die Formulierung der Beobachtung zeigt, dass es bei allen drei Durchführungen zu einer Vermischung der Wasserschichten kommt. Eine Anomalie ist aufgetreten, die den erwarteten Beobachtungen widerspricht. Der daraufhin folgende Erklärungsansatz „...vermischte sich nicht...“ verdeutlicht den unangemessenen Umgang mit den Beobachtungen. Es treten unerwartete Ergebnisse auf, die von den Schülerinnen und Schülern nicht berücksichtigt werden. Die eigenen Annahmen werden hingegen als Grundlage der Erklärung sowie der Hypothesenrevison verwendet. Eine Fehler- oder Methodendiskussion oder Reflexion erfolgt nicht, die im Sinne eines entsprechenden Umgangs mit Anomalien auf Basis der Methode angemessen ist. Eine Zusammenfassung der ermittelten spezifischen Problemfelder kann Tabelle 2 entnommen werden.

Tab. 2: Problemfelder beim offenen Experimentieren

Teilkompetenz	Problemfelder im offenen Experimentieren
Fragestellung formulieren	<ul style="list-style-type: none"> • Frage adäquat formulieren • Frage ist überprüfbar
Hypothesen generieren	<ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung bzw. Begründung fehlt • die Hypothesenrevision widerspricht den eigenen Beobachtungen (erfolgt nicht auf Grundlage der eigenen Beobachtungen), • die Hypothesenrevision fehlt (es erfolgt keine Hypothesenrevision), • Hypothesen stehen nicht im Zusammenhang mit der Fragestellung,
Experiment planen	<ul style="list-style-type: none"> • fehlende Kontrollvariablen, • fehlender Kontrollansatz, • fehlerhafte oder unlogische Variation der Variablen, • fehlende Variation der Variablen,
Daten auswerten	<ul style="list-style-type: none"> • fehlender Rückbezug auf das Ausgangsproblem (fehlende Interpretation), • unangemessener Umgang mit Ergebnissen, die den eigenen Erwartungen widersprechen/unangemessener Umgang mit Anomalien • fehlende Methodendiskussion • fehlende Reflexion.

Auf Grundlage des Kompetenzmodells werden 16 Codes definiert, die auf den vier Teilkompetenzen [(i) Fragestellung formulieren, (ii) Hypothesen generieren, (iii) Planung eines Experiments, (iv) Daten auswerten] und den Kompetenzstufen beruhen. Die Textpassagen der Protokolle werden von unabhängigen Personen durch Codierung den Kompetenzbereichen (= 16 Codes) zugeordnet. Die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Codierung wurde in einem Reliabilitätstest bestätigt. Insgesamt ergibt die Codierung der Protokolle die folgende Einstufung (s. Abb. 2).

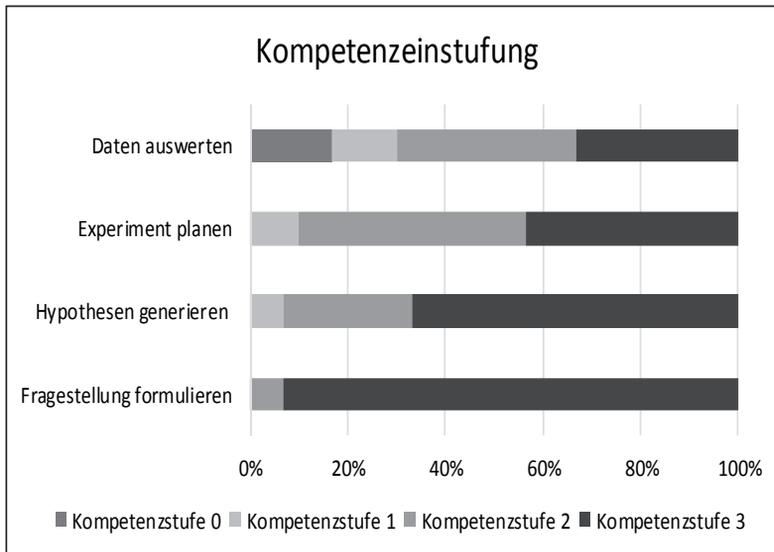


Abb. 2: Kompetenzeinstufungen im offenen Experimentierprozess

Im offenen Experimentieren wird in der höchsten Kompetenzstufe (3) die folgende Reihenfolge der Teilkompetenzen vom niedrigsten zum höchsten Niveau ermittelt: Daten auswerten → Planung eines Experiments → Hypothesen generieren → Fragestellung formulieren. Die Mehrzahl der Probanden erreichen in den Teilkompetenzen *Fragestellung formulieren* und *Hypothesen generieren* ein systematisches und adäquates Kompetenzniveau (Kompetenzstufe 3). In den Bereichen *Planung eines Experiments* und *Daten auswerten* erreicht die Mehrzahl der Gruppen die Kompetenzstufe 2.

6 Diskussion

In allen vier Teilkompetenzen konnten spezifische Problemfelder ermittelt werden, die mit Blick auf die Studien von VAN JONG, JOOLINGEN DE (1998), MAYER ET. AL (2008) etc. ausgewertet werden. Ergänzt durch die Einstufung der Textpassagen in die Codiermatrix, die auf dem Kompetenzmodell basiert (s. Tab. 1), kann die Experimentierkompetenz differenziert analysiert werden. In der Teilkompetenz *Fragestellung formulieren* kann eine eindeutige Abstufung der Kompetenzstufen im Kompetenzmodell nur bedingt aufgezeigt werden. Die hohe Anzahl der Kompetenzeinstufungen in die höchste Stufe (3) könnte auf einen Deckeneffekt hinweisen, die Niveaustufen scheinen zu schwach ausgeprägt zu sein. MÖNTER, HOF (2012) formulieren im Zusammenhang mit der geographischen Fragestellungen

die Möglichkeit, dass die Frage enger gefasst werden könnten. Auf diese Weise könnte eine differenziertere und detailliertere Stufung der Teilkompetenz ermöglicht werden, die im höchsten Niveau zwischen abhängigen und unabhängigen Variablen unterscheiden und zugleich die methodische Umsetzbarkeit bzw. Reflexion beinhaltet (MÖNTER, HOF 2012).

In der Teilkompetenz *Hypothesen generieren* spricht HAMMANN (2007) dem Umgang mit Hypothesen eine besondere Bedeutung zu. Dabei wird in der vorliegenden Erhebung deutlich, dass manche Lernenden die Hypothesenrevision gänzlich vernachlässigen oder fehlerhaft machen. VAN JONG, JOOLINGEN DE (1998) beschreiben in ihrer Studie ähnliche Probleme, wonach die Verifikation bzw. Falsifikation der Hypothesen nicht auf Grundlage der gesammelten Daten erfolgt. Der fehlende Zusammenhang zur Fragestellung bzw. zum Ausgangsphänomen könnte durch enger gefasste Fragestellungen konkretisiert werden. VAN JONG, JOOLINGEN DE (1998) benennen weiterhin das fehlende Wissen darüber, wie Hypothesen formuliert werden sowie die Vermeidung von Hypothesen, die als unwahrscheinlich erachtet werden. Dieses Problemfeld konnte in der vorliegenden Erhebung nicht bestätigt werden. Die Schülerinnen und Schüler waren vielmehr sicher in der Formulierung von Hypothesen, ein Verständnis der Hypothesenformulierung lag vor.

In der Teilkompetenz *Planung eines Experiments* wurden drei spezifische Problembereiche erhoben, die mit (i) Kontrollvariablen, (ii) Kontrollansatz und (iii) Variation der Variablen einhergehen. Manche Lerngruppen (i) identifizierten nicht alle Kontrollvariablen. Jedoch ist dieses Problemfeld als nicht sonderlich stark ausgeprägt zu bezeichnen, d. h. fehlende Kontrollvariablen wurden nur in Einzelfällen festgestellt. Kontrollvariablen wurden generell von fast allen Gruppen identifiziert, bei wenigen Ausnahmen mit fehlenden Einzelvariablen. Der (ii) Kontrollansatz stellte die Lerngruppen vor deutlich größere Schwierigkeiten. Er wurde entweder nicht geplant oder nicht benannt. Die (iii) fehlerhafte Variation zeichnet sich aus durch unlogische Planungen oder das Fehlen von Variationsansätzen. Das von VAN JONG, JOOLINGEN DE (1998) als nicht zufriedenstellendes Experiment bezeichnete Vorgehen als die Variation von zu vielen Variablen zu verstehen, konnte auch hier in einzelnen Gruppen aufgezeigt werden. Einige Lerngruppen variierten ohne Rücksicht auf die zuvor formulierten Hypothesen. Das Vorgehen nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum wurde in der offenen Experimentierphase nicht beobachtet. Insgesamt wurden in dieser Teilkompetenz niedrige Kompetenzeinstufungen erreicht. Dies deckt sich teilweise mit Ergebnissen von MAYER ET AL. (2008), wonach die Planung eines Experiments die Lernenden vor besondere Schwierigkeiten stellt. In der Teilkompetenz *Planung eines Experiments* wird ein hohes Maß an wissenschaftlichem Verständnis gefordert, was die Notwendigkeit einer intensiven Förderung des systematischen Vorgehens impliziert. Die Fähigkeit zu fördern, Variablen zu identifizieren, zu kontrol-

lieren und zu variieren bedarf demnach einer intensiveren Zuwendung im Unterrichtsprozess.

In der Teilkompetenz *Daten auswerten* wurde ein Problemfeld insbesondere im Bereich Transfer bzw. Übertragung auf das Raumbeispiel identifiziert. Die Lernenden übertragen die gewonnenen Daten nicht auf die Fragestellung bzw. führen die Erkenntnisse aus dem Experiment nicht auf das Phänomen zurück. Es wäre möglich, dass der Transfer bzw. die Übertragung auf das Raumbeispiel im Verständnis der Probanden zu gering verankert war und ein Schwerpunkt auf die konzeptionellen und praktischen Phasen gelegt wurde. Als Konsequenz dieser Befunde wird eine Differenzierung der Teilkompetenz *Daten auswerten* in die Teilkompetenzen *Auswertungs-* und *Interpretationskompetenz* empfohlen. Der abschließenden Interpretationsphase sollte eine besondere Bedeutung zugemessen werden. Neben den Interpretationsdefiziten wird ein unangemessener Umgang mit Anomalien, d. h. dem Umgang mit Ergebnissen, die den eigenen Erwartungen widersprechen, deutlich. Die Auswertung erfolgt nicht auf Grundlage der ermittelten, sondern auf Basis der erwarteten Daten. Das Problemfeld im unangemessenen Umgang mit Anomalien wurde bereits in vorausgegangenen Studien aufgezeigt (HAMMANN 2004, KLAHR ET AL. 1993, KLAHR, DUNBAR 1987, VAN JONG, JOOLINGEN DE 1998) und kann in der vorliegenden Studie bestätigt werden. Insgesamt konnten in allen Teilkompetenzen – (i) Fragestellung formulieren, (ii) Hypothesen generieren, (iii) Planung eines Experiments, (iv) Daten auswerten – spezifische Defizite erhoben werden.

7 Fazit und Ausblick

Experimentieren im Geographieunterricht stellt Schülerinnen und Schüler vor spezifische Schwierigkeiten. Defizite werden dabei in allen vier Teilkompetenzen der Experimentiermethode ermittelt. Diese scheinen jedoch unterschiedlich stark ausgeprägt zu sein. Für die Schulpraxis bedeutet dies, dass für einzelne Teilkompetenzen eine intensivere zeitliche Auseinandersetzung im Unterricht empfohlen werden kann. Insbesondere im Einführungsunterricht in die Methode des Experimentierens können gezielte Anleitungsmaterialien und Instruktionen sowie differenzierte Hilfestellungen zum individuellen Kompetenzerwerb beitragen. Ein Übergang oder Wechsel von zunächst angeleiteten hin zu offenen Unterrichtsphasen könnte ebenfalls eine positive Wirkung auf den individuellen Kompetenzerwerb haben.

Konkret werden Schwierigkeiten und differenzierte Problemfelder insbesondere in der Teilkompetenz Planung eines Experiments und der Teilkompetenz Daten auswerten deutlich. Bei der Teilkompetenz Planung eines Experiments sollte der Umgang mit Variablen verstärkt gefördert werden. Ein angemessener und systematischer Umgang mit Variablen stellt die Lernenden auch nach erfolgter (einmaliger) Förderung vor Schwierigkeiten. Daher sollte bei Unterrichtskonzepten

ten, die die Planung eines Experiments beinhalten, der Einsatz von Variablen intensiver berücksichtigt werden. Neben der Variablenidentifikation sollten Unterrichtskonzepte verstärkt die Förderungen der methodischen Teilschritte der Variation von Variablen sowie der Konzeption eines Kontrollansatzes beinhalten. Um den Schwierigkeiten im Unterricht angemessen entgegenwirken zu können, kann ein Wechsel von zunächst angeleiteten Unterrichtsphasen hin zu einer schrittweisen Öffnung empfohlen werden. Hilfestellungen (z.B. Hilfekarten) können den individuellen Kompetenzerwerb unterstützen.

In der Teilkompetenz Daten auswerten konnten insbesondere in der Interpretationsphase sowie im Umgang mit Ergebnissen, die den eigenen Erwartungen widersprechen, Defizite ermittelt werden. Im offenen Lernprozess scheinen die Schülerinnen und Schüler der Interpretations- und Reflexionsphase eine geringere Bedeutung beizumessen. Dabei ist gerade die Rückführung zum Ausgangsproblem oder Ausgangsphänomen grundlegend. Dies ist darauf zurückzuführen, dass durch problemorientierte Lernsituationen nicht nur methodische Kompetenzen sondern auch fachliche Sachverhalte erarbeitet und entsprechendes Wissen erworben werden kann. Dies wird jedoch vorrangig durch die abschließende Interpretations- und Reflexionsphase ermöglicht. Auch hier könnten angeleitete Unterrichtsformen den Denk- und Lernprozess unterstützen. Ein primär offener Unterrichtsprozess zur Interpretation und Reflexion der Ergebnisse scheint bei jüngeren Schülerinnen und Schüler weniger geeignet.

Insgesamt könnte eine wiederholende Förderung mit unterschiedlicher Intensität innerhalb der einzelnen Teilschritte sowie einem Wechsel von offenen und angeleiteten Phasen insbesondere in den Planungs- und Interpretationsphasen zu einem höheren Kompetenzerwerb führen. Im Sinne eines Spiralcurriculums, bei dem sowohl die Öffnungsphasen als auch der Schwierigkeitsgrad und die Komplexität zunehmen, könnten die Schülerinnen und Schüler im Laufe ihrer Schulzeit in ihrer Methodenkompetenz zielführend und effektiv gefördert werden. Zudem kann durch die Förderung des naturwissenschaftlichen, systematischen Vorgehens unter Berücksichtigung der spezifischen Problemfelder ein Naturwissenschaftsverständnis gebildet werden, dem wiederum im Kontext des Paradigmas des „Lebenslangen Lernens“ eine besondere Bedeutung zugemessen wird.

Literatur

CHEN, Z., KLAHR, D. (1999): EMPIRICAL ARTICLES - Cognition and Language - All Other Things Being Equal Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. In: Child development 70, Heft 5, S. 1098–1120.

- EHMER, M. (2008): Förderung von kognitiven Fähigkeiten beim Experimentieren im Biologieunterricht der 6. Klasse. Eine Untersuchung zur Wirksamkeit von methodischem, epistemologischem und negativem Wissen. Kiel.
- FLICK, U. (2011): Qualitative Sozialforschung. Eine Einführung. Reinbek bei Hamburg.
- GLASER, R., SCHAUBLE, L., ZEITZ, C. (1992): Scientific reasoning across different domains. In: CORTE, E. D. (Hrsg.): Computer-based learning environments and problem solving. Berlin, New York, S. 345–373.
- GRUBE, C. (2010): Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Kassel.
- HAMMANN, M. (2004): Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung - dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 57, Heft 4, S. 196–203.
- HAMMANN, M., GANSER, M., HAUPT, M. (2007): Experimentieren können. Kompetenzentwicklungsmodelle und ihre Nutzung im Unterricht. In: Geographie heute 28, 255-256, S. 88–91.
- HEMMER, I., HEMMER, M. (2010): Schülerinteresse an Themen, Regionen und Arbeitsweisen des Geographieunterrichts. Ergebnisse der empirischen Forschung und deren Konsequenzen für die Unterrichtspraxis.
- HOF, S. (2011): Wissenschaftsmethodischer Kompetenzerwerb durch Forschendes Lernen. Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie. Kassel, Hess.
- KLAHR, D., DUNBAR, K. (1987): Dual space search during scientific reasoning. [Pittsburgh, Pa.].
- KLAHR, D., DUNBAR, K., FAY, A. L. (1993): Heuristic for scientific Experimentation: a developmental study. In: cognitive psychology 25, S. 111–146.
- KRÜGER, D., RIEMEIER, T. (2007): Qualitative Auswertung von Vermittlungsexperimenten zur Wirkung von Lernangeboten – Eine Untersuchung im Rahmen Entwicklungsorientierter Evaluationsforschung. In: BAYRHUBER, H. (Hrsg.): Kompetenzentwicklung und Assessment. Innsbruck, Wien, Bozen, S. 87–107.
- LACHMAYER, S., NERDEL, C., PRECHTL, H. (2007): Modellierung kognitiver Fähigkeiten beim Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 13, S. 145-160.
- LETHMATE, J. (2006): Experimentelle Lehrformen und Scientific Literacy. In: Praxis Geographie 36, Heft 11, S. 4–11.

- MAYER, J. (2007): Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In: KRÜGER, D., VOGT, H. (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Berlin, New York, S. 177–187.
- MAYER, J., GRUBE, C., MÖLLER, A. (2008): Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In: HARMS, U., SANDMANN, A. (Hrsg.): Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik. 3. Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften. Innsbruck, Wien, München, Bozen, S. 63–81.
- MÖNTER, L. O., HOF, S. (2012): Experimente. In: HAVERSATH, J. (Hrsg.): Geographiedidaktik. Theorie, Themen, Forschung, S. 289–313.
- OTTO, K.-H. (2009): Experimentieren als Arbeitsweise im Geographieunterricht. In: Geographie und Schule 31, Heft 180, S. 4–15.
- OTTO, K.-H., MÖNTER, L. O. (2009): Das „Scientific Discovery as Dual Search-Modell“ - eine Theorie für die geographiedidaktische (Kompetenz-)Forschung. In: Geographie und ihre Didaktik. Journal of Geography Education. 37, S. 136–141.
- OTTO, K.-H., MÖNTER, L. O., HOF, S., WIRTH, J. (2010): Das geographische Experiment im Kontext empirischer Lehr/Lernforschung. In: Geographie und ihre Didaktik 38, Heft 3, S. 133–145.
- PETER, C. (2014): Problemlösendes Lernen und Experimentieren in der geographiedidaktischen Forschung. Eine Interventions- und Evaluationsstudie zur naturwissenschaftlichen Kompetenzentwicklung im Geographieunterricht. Gießen, Justus-Liebig-Universität, Diss., 2014. Gießen.
- PRENZEL, M. (Hrsg.) (2007): PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie. Münster.
- SADEH, I., ZION, M. (2012): Which Type of Inquiry Projects Do High School Biology Students Prefer: Open or Guided? In: Research Science Education 42, Heft 5, S. 45–66.
- SIEGLER, R., LIEBERT, R. M. (1975): Acquisition of formal scientific reasoning by 10- and 13-year-olds: Designing a factorial experiment. In: Developmental Psychology 11, Heft 3, S. 401–402.
- VAN JONG, JOOLINGEN DE (1998): Scientific Discovery Learning With Computer Simulations of Conceptual Domains.
- WALPUSKI, M., SUMFLETH, E. (2007): Strukturierungshilfen und Feedback zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 13, 181-198.

Entwicklung einer Methodendatenbank für die naturwissenschaftliche Aus- und Weiterbildung im Bereich Outdoor Education

von Anne-Kathrin Lindau, Detlef Thürkow, Kathrin Jäger, Christian Dette, Martin Lindner, alle Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Abstract

Die Analyse von Natur- und Kulturräumen sowie die Steigerung des Erkenntnisgewinns durch Geländemethoden hat eine wesentliche Bedeutung im Bildungsbereich (DGfG 2014). Auch aus Sicht der Schulen nimmt die "Outdoor-Education" traditionell und fächerbezogen einen hohen Stellenwert ein (HEYNOLDT 2014). Bisher fehlt jedoch ein umfassendes Bildungsangebot, das eine Vielzahl von Ideen zu Outdoor-Education-Settings bereitstellt. Ein großes Potenzial liegt dabei in der Gestaltung von Exkursionen, um das Lehren und Lernen ortsbezogen zu ergänzen. In einem Gemeinschaftsprojekt des Instituts für Geowissenschaften und Geographie sowie des Zentrums für multimediales Lehren und Lernen der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg wurde dafür eine Outdoor-Methoden-Datenbank entwickelt. Die fachlichen Inhalte in Form von Methodenerläuterungen, Video- und Informationsmaterialien sind in der Datenbank räumlich verknüpft sowie Standorten und Exkursionsrouten zugeordnet. Die einzelnen Module der Datenbank können separat genutzt und/oder zu eigenen Exkursionen zusammengestellt werden.

Schlagerworte: Lehrerbildung, Outdoor Education, Erkenntnisgewinnung, Geländemethoden

1 Problemstellung

Die Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss im Fach Geographie formulieren als ein wesentliches Ziel des Geographieunterrichts, die Fähigkeitsentwicklung, Natur- und Kulturräume analysieren zu können, wobei den Kompetenzbereichen Fachwissen und Erkenntnisgewinnung eine zentrale Bedeutung zukommt (DGfG 2014).

Der Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung mit seinen Kompetenzen und Inhalten gehört zum zentralen Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung, die im deutschsprachigen Raum *Charakteristik der Erkenntnisgewinnung* (engl. nature of science), als *wissenschaftliche Untersuchungen* (engl. scientific inquiry) und als *wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen* (engl. practical work) bezeichneten werden (Abb. 1). Das Ziel dieses Ansatzes ist es, dass

Lernende ein Verständnis darüber entwickeln, wie der Erwerb wissenschaftlicher Erkenntnisse abläuft und wie wissenschaftliche Methoden angewendet werden können bzw. welchen Aussagewert die Ergebnisse unter Nutzung der Methodik besitzen (MAYER 2007).

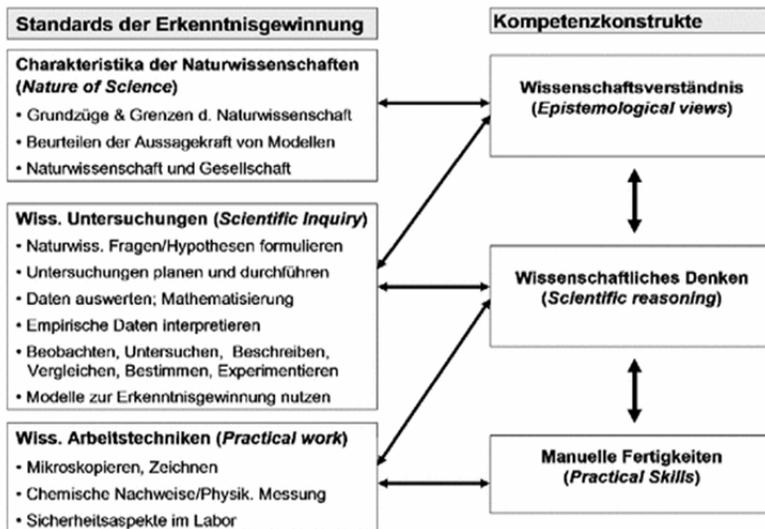


Abb. 1: Rahmenkonzept wissenschaftlicher Kompetenzen (MAYER, 2007, S. 178)

Aus Sicht der Schulen und Hochschulen nimmt der Outdoor-Education-Bereich traditionell und fächerbezogen einen hohen Stellenwert ein. Geländeexkursionen und Lehrveranstaltungen im Feld sind zentrale Bestandteile der Ausbildung in naturwissenschaftlichen Fächern wie Geographie, Geologie und Biologie (DGfG 2010, DGfG 2014, KMK 2004).

Es gibt eine unüberschaubare Anzahl an Exkursionskonzepten und Vorschlägen für die Geländearbeit, die vielfältig dokumentiert und publiziert wurden (DEWITT, STORKSDIECK 2008, DILLON, RICKINSON, TEAMEY, MORRIS, YONG CHAI, SANDERS 2006, LÖBNER 2010, HEYNOLDT 2014). Verbreitet besteht jedoch die Einschränkung, diese vielfältigen Angebote schnell und zielgerichtet zu recherchieren und effizient für Lernanlässe zu nutzen. Ein umfassendes Bildungsangebot, welches eine Vielzahl von Einzelideen systematisch geordnet innerhalb von Outdoor-Lernsettings bereitstellt und die Einbindung mobiler Endgeräte berücksichtigt, fehlt bisher gänzlich. Darüber hinaus sind die Möglichkeiten, digitale Endgeräte (z. B. Smartphones

und Tablets) in Exkursionen oder Geländeübungen einzubinden, in der Literatur nur ansatzweise dokumentiert (LUDE, SCHAAL, BULLINGER, BLECK 2013, FEULNER 2013, FEULNER, OHL 2015). Es ist daher unseres Erachtens notwendig, bestehende schulische, universitäre und Umweltbildungs-Lernsettings sinnvoll durch mobile Anwendungen und daran angelehnte webbasierte Service-Angebote zu ergänzen sowie bestehende Lernangebote für eine mobile Nutzung zu optimieren.

Der vorliegende Artikel stellt auf der Grundlage der Rahmenvorgaben für die universitäre Lehrerbildung sowie der Bildungsstandards für das Fach Geographie die inhaltlich-systemische Konzeption einer onlinebasierten Datenbank für den Bereich Outdoor Education vor. Zur Umsetzung kommen moderne Methoden der Geoinformatik und Medientechnik zum Einsatz, auf welche ebenfalls eingegangen wird. Darüber hinaus erfolgen eine Diskussion der Einsatzmöglichkeiten und eine Darstellung geplanter weiterer Schritte.

2 Ausgangssituation und Legitimation für Hochschule und Schule

Innerhalb des Unterrichtsgeschehens kommt der Lehrkraft eine wesentliche Bedeutung zu, daher nimmt die Lehrerbildung eine zentrale Funktion ein (BLÖMKE, KAISER, LEHMANN 2008, HELMKE 2015). Das Aufgabenfeld sowie die dafür nötigen Wissensbestände, Einstellungen, Motivationen sowie Fähigkeiten und Fertigkeiten sind sehr vielfältig, wie BAUMERT und KUNTER (2006) im Modell der professionellen Handlungskompetenz zusammenfassen.

Die Standards für Lehrerbildung benennen im Kompetenzbereich „Unterrichten“ folgendes:

„Lehrerinnen und Lehrer sind Fachleute für das Lehren und Lernen, Kompetenz 1: Lehrerinnen und Lehrer planen Unterricht unter Berücksichtigung unterschiedlicher Lernvoraussetzungen und Entwicklungsprozesse fach- und sachgerecht und führen ihn sachlich und fachlich korrekt durch [...]“ (KMK 2004, S. 7).

Bezogen auf das Unterrichtsfach Geographie wird die Bedeutung von Exkursionen und Geländemethoden innerhalb der Professionalisierung von zukünftigen Geographielehrer/-innen hervorgehoben. In den Rahmenvorgaben für die Lehrerausbildung an deutschen Universitäten und Hochschulen (DGfG 2010) wird dieser Bereich mehrfach explizit benannt. Innerhalb der fachlichen Studieninhalte besteht die Forderung nach „Exkursionen“ sowie nach der „Informationsbeschaffung im Gelände“. Im Bereich der fachspezifischen Methoden sollen Lehramtsstudierende in die Lage versetzt werden, „Exkursionen als fachspezifische Methode unter Berücksichtigung schulpraktischer Gegebenheiten planen und

durchführen zu können“. Weiterhin wird im Bereich der Medien und Unterrichtsmethoden „die Arbeit im Gelände“ betont (DGfG 2010, S. 6 ff.). Die mehrmalige Nennung zeigt die Bedeutung von Exkursionen sowie der Arbeit im Gelände im Rahmen der universitären Geographielehrerbildung als eine fachspezifische Tradition. Für eine erfolgreiche Lehrerbildung im Unterrichtsfach Geographie ist es notwendig, die Forderung nach der Gestaltung von geeigneten Lerngelegenheiten im Gelände sowie während Exkursionen für zukünftige Lehrkräfte zu realisieren.

Im schulischen Bereich nehmen Exkursionen bzw. Tätigkeiten im Gelände innerhalb des Geographieunterrichts ebenfalls eine wesentliche Bedeutung ein, wie die Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss Geographie (2014) zeigen:

„Kompetenzbereich: Erkenntnisgewinnung

M2 Fähigkeit, Informationen zur Behandlung von geographischen/ geowissenschaftlichen Fragestellungen zu gewinnen

Die Schülerinnen und Schüler können

S5 problem-, sach- und zielgemäß Informationen im Gelände (z. B. Beobachten, Kartieren, Messen, Zählen, Probennahme, Befragen) oder durch einfache Versuche und Experimente gewinnen“ (DGfG 2014, S. 20).

In unseren Augen liegt die Entwicklung eines digitalen Lehr- und Lernangebotes für den Outdoor-Education-Bereich nahe, der die zahlreichen – aber meist autark existierenden – Bildungsangebote bündelt, neu konzipiert und in einer zeitgemäßen Form für ortsbezogene mobile Lerngelegenheiten im Gelände bereitstellt, da dies die universitäre Lehrerbildung im Bereich der Exkursionen und Geländearbeiten mit dem Schwerpunkt der Erkenntnisgewinnung sinnvoll unterstützen kann.

3 Vorarbeiten

Vor diesem Hintergrund entwickeln die Autor/-innen seit zwei Jahren eine webbasierte Datenbank für Outdoor Education. Dabei wurden in einem Verbund aus Geographiedidaktiker/-innen, Geoinformatikern und Kartographen des Fachgebietes Geofernerkundung sowie Mitarbeiter/-innen der Arbeitsgruppe Naturwissenschaften des Zentrums für multimediales Lehren und Lernen (@LLZ) gemeinsam die konzeptionellen Grundlagen einer Methodendatenbank aus didaktischer und medientechnischer Sicht erarbeitet. Die Gesamtkonzeption berücksichtigt langjährige Forschungsarbeiten und -ergebnisse der Autoren.

Die Arbeitsgruppe Didaktik der Geographie beschäftigt sich seit mehreren Jahren mit dem Prozess der Lehrerprofessionalisierung von zukünftigen Lehrkräften für

das Unterrichtsfach Geographie. In diesem Zusammenhang liegt der Schwerpunkt auf dem Bereich Outdoor Education (LINDNER, LINDAU U. FINGER 2015), insbesondere der Wildnisbildung (LINDAU 2015, HALVES, HEIDENREICH 2014). Der Fokus der Forschung liegt auf folgenden Fragestellungen:

- Inwiefern können universitäre Lehrveranstaltungen zur Entwicklung des Professionswissens sowie der Selbstwirksamkeitserwartungen in der Lehrerbildung beitragen (LINDAU, FINGER 2013, HOTTENROTH 2015),
- welche Potenziale und Grenzen weisen videographische Aufnahmen im Gelände für die Unterrichtsforschung auf und wie muss die Methode der Videographie, die im Bereich der Unterrichtsforschung im Klassenraum fest etabliert ist, für den Outdoor-Bereich methodisch angepasst werden (LINDAU, FINGER, LINDNER 2015),
- wie können virtuelle Raumerkundung für die Nutzung im Gelände konzipiert und realisiert werden (LINDAU 2014, SCHMIDT, LINDAU, FINGER 2013).

Im Fachgebiet Kartographie und Geofernerkundung werden im Rahmen der Lernplattformen WEBGEO (www.webgeo.de) und GEOVLEX (www.geovlex.de) seit 15 Jahren interaktive Lernmodule für die geographische Grundausbildung programmiert. Die technisch mit Methoden der Geoinformatik umgesetzten E-Learning-Konzepte verfolgen konsequent die Umsetzung des Blended-Learning-Modells. Schwerpunkte der Entwicklungen sind dabei:

- wie lassen sich virtuelle Raumerkundung für naturnahe und renaturierte Landschaftsräume entwickeln und umsetzen (z. B. Fischland-Darß-Zingst, Goitzsche-Mulde-Region (THÜRKOW, GLÄBER, KRATSCHE 2005),
- wie müssen 3D- und 4D-Geovisualisierungen zu raum-zeitlichen Geoprozessen entwickelt werden, um diese zur Steigerung des Erkenntnisgewinns in Online-Lernmodule zu integrieren (GLÄBER, THÜRKOW, DETTE, SCHEUER 2010, THÜRKOW 2014),
- welche ontologie- und servicebasierten Architekturen sind für eine verbesserte Usability der webbasierten Lernplattformen zu nutzen bzw. zu entwickeln (SCHEUER, THÜRKOW, GLÄBER 2009, SCHIELE, MÖLLER, BAAR, THÜRKOW, MÜLLER-HANNEMANN 2012).

Das Zentrum für multimediales Lehren und Lernen betreut und begleitet seit drei Jahren die Digitalisierung von Lehr- und Lernprozessen an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Durch eine didaktische und technische Beratung bestimmter multimedialer Lehrprojekte und die konkrete Mitwirkung an deren Umsetzung wird eine Qualifikation neu entwickelter Lernmittel erreicht. Dazu

gehören sowohl Konzeption als auch Medienproduktion für die Bereicherung der Präsenzlehre im Rahmen des Blended-Learning-Modells.

4 Ziele

Ziel des hier vorgestellten Projektes ist die Entwicklung einer internetbasierten Datenbank zur Förderung der naturwissenschaftlichen Bildung (Scientific Literacy) in Hochschule und Schule. Naturwissenschaftliche Bildung beabsichtigt, natürliche Phänomene erfahrbar und verstehbar zu machen mit dem Ziel, zukünftig gesellschaftlich verantwortungsvoll handeln zu können. Sie setzt sich zugleich mit den spezifischen Methoden naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinander (DGfG 2014).

In den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss im Unterrichtsfach Geographie wird der Entwicklung der Methodenkompetenz ein eigener Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung/Methoden“ zugewiesen. Es werden bei der Erkenntnisgewinnung zwei Zugangsweisen unterschieden, zum einen die Informationsgewinnung mithilfe von Medien, zum anderen die Informationsgewinnung durch die Erhebung von eigenen Daten durch Geländearbeiten und/oder Experimente (HEMMER 2008).

Der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung wurde im Projekt ESNaS durch die Analyse und Synthese von mehreren nationalen und internationalen Konstrukten in die Teilbereiche *Naturwissenschaftliche Untersuchungen*, *Naturwissenschaftliche Modellbildung* und *Wissenschaftstheoretische Reflexion* gegliedert (Abb. 2).



Abb. 2: Differenzierung des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung in Kompetenzteilbereiche und Aspekte (aus WELLNITZ, FISCHER, KAUERTZ, MAYER, NEUMANN, PANT, SUMFLETH, WALPUSKI, 2012, S. 272)

Für den Outdoor-Education-Bereich spielt insbesondere der Teilbereich *Naturwissenschaftliche Untersuchungen* eine zentrale Rolle, da hier *Fragestellungen*, *Hypothesenbildung*, die Entwicklung eines *Untersuchungsdesigns* sowie die *Datenauswertung* thematisiert werden. Für eine sinnvolle und erkenntnisgeleitete Datengewinnung im Gelände sind diese Aspekte unabdingbar. Innerhalb des *Untersuchungsdesigns* werden für die Analyse des Geländes eine Vielzahl an Geländemethoden (z. B. Boden- und Wasseranalyse) verwendet, die mittels der Methoden-Datenbank veranschaulicht werden sollen.

Systemisch-inhaltliche Ziele

Vor dem Hintergrund der Erkenntnisgewinnung im Realraum ist es das Ziel, ein Webportal zu entwickeln, das ein umfassendes Angebot von Materialien und Ideen für Outdoor-Education-Settings anbietet. Der angeschlossenen Datenbank liegt ein ganzheitlicher systemorientierter Ansatz zugrunde, der eine Einordnung sowie eine Verbindung zwischen Teilangeboten ermöglicht. Dies ist zugleich die Voraussetzung für die Integration neuer überregionaler Themen und Standorte.

Der inhaltliche Einstieg in die Thematik wird durch den systemischen Ansatz erleichtert. Eine nachfolgende Unterteilung in allgemein- und regionalgeographische Themenfelder soll es den Nutzer/-innen ermöglichen, die allgemeingültigen Regel- und Gesetzmäßigkeiten der Erde mit regionalen Themen im Rahmen von Exkursionen zu kombinieren.

Einen wesentlichen Aspekt nimmt schließlich der partizipative Ansatz bei der Nutzung und Gestaltung der Datenbank ein. In diesem Zusammenhang sollen folgende Teilziele verfolgt werden:

1. Sammeln und Dokumentieren von Geländemethoden auf einem schulischen bzw. populärwissenschaftlichen Niveau,
2. Sammeln und Dokumentieren von Outdoor-Learning-Standorten, die zu Exkursionsrouten zusammengestellt werden können,
3. Anbieten der Möglichkeit, eigene Geländemethoden und Routen in die Datenbank zu integrieren.

Als Nutzer/-innen für die Datenbank stehen besonders Studierende, Lehrer/-innen und Schüler/-innen in Hochschule und Schule im Fokus.

5 Umsetzung

5.1 Inhaltliche und systemische Konzeption

Die Erde ist durch Mensch-Umwelt-Beziehungen in unterschiedlichen Teilräumen auf verschiedenen Maßstabebenen charakterisiert. Das Unterrichtsfach Geographie beschäftigt sich besonders mit dem systemischen Ansatz, indem unterschiedliche Räume unter verschiedenen Fragestellungen analysiert und miteinander vernetzt werden. Dabei kann die Aufgabe der Geographie als Einsicht in die Zusammenhänge zwischen natürlichen Gegebenheiten und gesellschaftlichen Aktivitäten in verschiedenen Räumen der Erde beschrieben werden mit dem Ziel, eine raumbezogene Handlungskompetenz zu entwickeln (DGfG 2014). Die Erkundung von Realräumen (Gelände) sowie die Erkenntnisgewinnung durch Methoden mithilfe wissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen stellen hier einen wesentlichen Bestandteil geographischer Bildung dar. Eine Bedeutung kommt dabei insbesondere den natur- und geisteswissenschaftlichen Nachbarfächern zu, da eine Analyse nur ganzheitlich und interdisziplinär zielführend erfolgen kann (DGfG 2010). Diese Ansätze wurden in der Architektur der Datenbank (Abb. 3) umgesetzt.

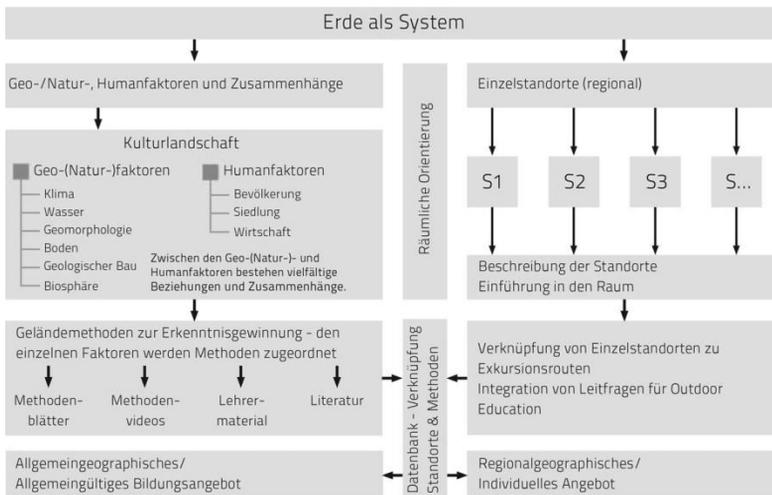


Abb. 3: Inhaltlich-systemische Konzeption der Outdoor-Education-Datenbank

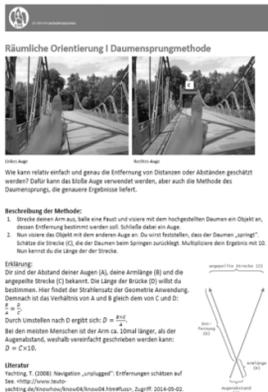
Ausgangspunkt ist somit der System-Erde-Gedanke, der zu einer inhaltlichen Zweiteilung - in einen allgemeingültigen und einen regionalen Teil - führt. Ziel ist es auf der einen Seite, allgemeingültige Outdoor-Bildungsangebote zu präsentie-

ren, die auf unterschiedliche Orte übertragbar sind. Auf der anderen Seite werden unterschiedliche regionale Standorte eingebunden, die durch ihre individuellen und einmaligen Merkmale charakterisiert werden können. Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit, Einzelstandorte in unterschiedlichen Kombinationsmöglichkeiten zu Exkursionsrouten zusammenzustellen. Dabei werden vorgefertigte Routen einbezogen. Gleichzeitig können Nutzer/-innen aus dem Angebot der Einzelstandorte individuelle Routen zusammenstellen. Einzelstandorte und Routen sind durch eine hohe Interdisziplinarität geprägt.

5.2 Inhaltliche Differenzierung

Der allgemeingeographische Bereich (Abb. 3, links) bildet den ersten Teil des inhaltlichen Zugangs ab und geht von der klassischen Gliederung des Systems Erde in Form von Faktoren aus. Dadurch können alle Bereiche einer zu analysierenden Landschaft beschrieben werden. Die Unterscheidung der Faktoren erfolgt in Geo-(Natur-)faktoren und Humanfaktoren. Als Geofaktoren werden alle Faktoren zusammengefasst, die natürlichen Ursprung sind. Die Humanfaktoren beschreiben die Bereiche, die vom Menschen geschaffen werden und wurden. Die Faktoren zusammengenommen, können als Landschaft oder Geoökosystem verstanden werden, an dieser Stelle ist eine geoökologische Annäherung unter Beachtung mehrerer Faktoren (Geoökosystemanalyse) gleichzeitig möglich.

Die einzelnen Faktoren können auf einer untergeordneten Ebene mithilfe konkreter Bildungsangebote, wie z. B. Geländemethoden, in unterschiedlicher medialer Aufbereitung analysiert werden. Daher werden – soweit möglich – die Geländemethoden den einzelnen Faktoren zugeordnet. Die Methoden können als Methodenblatt (PDF), als Lehrerhandreichung (PDF), als Video und Fotodokumentation abgerufen werden (Abb. 4). Weiterhin ergänzt die Rubrik „Literatur/Bibliothek“ das Angebot. In der Planung ist zurzeit die Option, dass im Gelände ermittelte Messwerte mithilfe eines Online-Formulars in die Datenbank eingegeben werden können. Dadurch sollen Messreihen über einen längeren Zeitraum erfasst werden.



Vertiefende Literatur:

Yachting, T. (2008): Navigation „unplugged“: Entfernungen schätzen auf See. <<http://www.teuto-yachting.de/Knowhow/know04/know04.htm#fuss>>. Zugriff: 2014-05-02

Abb. 4: Geländemethoden in der Print- und Videodarstellung

Eine zweite Zugangsmöglichkeit bildet der regionalgeographische Bereich. Hier werden lokale Punkte und einzelne Standorte des Outdoor-Learnings angelegt, die durch fachliche aber auch lokal bedeutsame Informationen ergänzt werden. Die einzelnen Standorte sind auf einer Karte visualisiert und können zu Exkursionsrouten zusammengestellt werden (Abb. 5). Es ist möglich, Einzelstandorte mit Angeboten geeigneter Geländemethoden aus dem allgemeingeographischen Bereich zu kombinieren. Durch die gezielte Anordnung von einzelnen Standorten können thematisch-orientierte Routen zusammengestellt werden, die sich wiederum auf die Geo- und Humanfaktoren beziehen.

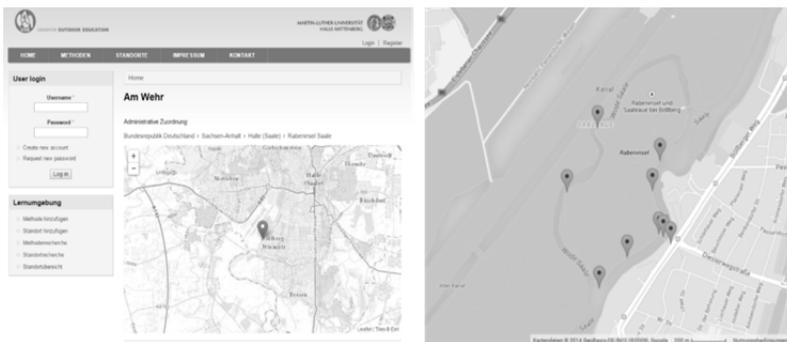


Abb. 5: Standort und Exkursionsroute in der Outdoor-Education-Datenbank

5.3 Der partizipative Ansatz

Neben der Bereitstellung von Bildungsangeboten im methodischen und standortbezogenen Bereich ist ein weiteres Projektziel, die Nutzer/-innen aktiv in die Gestaltung und Erweiterung des bestehenden Angebotes einzubinden. Dazu wird die Möglichkeit eröffnet, zum einen die bestehenden Geländemethoden, Standorte und Exkursionsrouten in eigene Konzepte einzubinden, indem aus der Vielzahl der Standorte eine individuelle Exkursionsroute zusammengestellt wird. Zum anderen können die Geländemethoden-Beschreibungen als PDF heruntergeladen und ausgedruckt werden. Eine interaktive Nutzung und die Vermeidung des Ausdrucks sind durch Abruf der Inhalte im Gelände mithilfe mobiler Endgeräte möglich und gewünscht.

Durch diese Vorgehensweise wird erwartet, dass sich das Angebot über die regionalen Grenzen der Projektinitiator/-innen und über den fachlichen Fokus der Geographie und Biologie hinaus erweitert und einen Beitrag zur Etablierung des Outdoor-Learnings im schulischen Kontext und in der Lehrerbildung leistet, damit der Stellenwert der authentischen Lernorte und damit der Outdoor Education verbessert wird. In diesem Zusammenhang wird besonders die Einbindung von mobilen Endgeräten Beachtung finden, wenn ein Mehrwert gegenüber traditionellen Vorgehensweisen erkennbar ist.

5.4 Technische Umsetzung

Die technische Konzeption der Outdoor-Education-Datenbank folgt dem Blended-Learning-Ansatz, indem die Applikation sowohl dem lernbegleitenden Einsatz zur Vor- und Nachbereitung von Exkursionen als auch der direkten Anwendung im Gelände genügt. Dies wird durch eine Umsetzung auf der Basis von Web Services erreicht. Einzige Voraussetzung zur Nutzung ist ein zeitgemäßes internettaugliches Endgerät (Computer, Tablet, Smartphone).

Die zunächst geplante Nutzung vorhandener Lern-Management-Systeme erwies sich wegen der spezifischen geographischen bzw. geowissenschaftlichen Anforderungen an die Applikation (z. B. Verortung der Geländemethoden in interaktiven Karten, Bereitstellung von Erklärungswissen mithilfe von Geovisualisierungen) als ungeeignet. Deshalb basiert das Portal auf einer eigens programmierten, datenbankgestützten Lernumgebung, welche in ein Drupal-basiertes Content Management System (CMS) integriert ist. Ein besonderer Vorteil von Drupal liegt in den direkten Implementierungsmöglichkeiten von aktuellen, standardkonformen Web-Mapping- und Geoinformations-Technologien (PALAZZO, TURNBULL 2012). Somit bietet dieses Framework ausgezeichnete technische Möglichkeiten, die in den vorangegangenen Ausführungen gekennzeichneten Anforderungen an

die raumbezogene Vernetzung von Methoden und geographischen Standorten ganzheitlich über ein Webportal umzusetzen.

Einen Überblick zur technischen Konzeption gibt das Fließschema in Abbildung 6. Die Datenbank ist modular aufgebaut und somit beliebig erweiterbar. Die Komponenten basieren mit Ausnahme der mit Spezialsoftware erstellten Geovisualisierungen auf Open Source Technologien, so dass für den Kern der Applikation keine Lizenz- und Wartungskosten entstehen. Zur Speicherung der Methoden und Standorte kommt eine PostgreSQL-Datenbank zum Einsatz. Das den Exkursionsrouten zugrunde liegende Kartenmaterial bzw. die Geobasisdaten zur Georeferenzierung von Exkursionsstandorten und Routen wird über eine Geodateninfrastruktur (GDI) verwaltet, deren Web Map Services (WMS) und Web Feature Services (WFS) durch die Software Geoserver zur Verfügung gestellt werden. Darüber erfolgt im System eine raumbezogene Vernetzung zu vorhandenen Lernapplikationen und Lernmaterialien der erfolgreichen geowissenschaftlichen Forschungsprojekte WEBGEO und GEOVLEX.

Zur Gewährleistung der Interoperabilität der Daten sind internationale Normen der International Organization for Standardization (ISO) und Standards des Open Geospatial Consortium (OGC) implementiert.

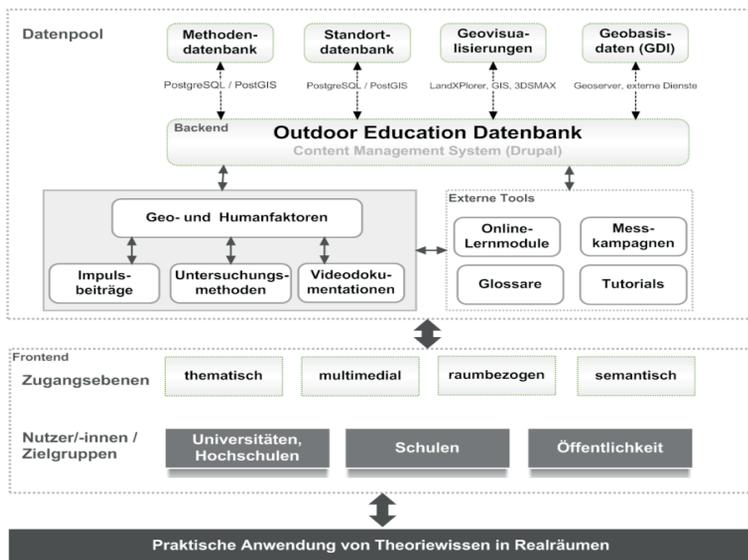


Abb. 6: Fließschema zur technischen Umsetzung der Outdoor-Education-Datenbank

Die fachliche und inhaltliche Konzeption erfolgt für die Nutzer/-innen zielgruppenorientiert und folglich in unterschiedlichen Informationstiefen. Das effiziente Auffinden und Analysieren der standortbezogenen Lernmaterialien wird dabei durch die Implementierung von Semantik- und Ontologiekonzepten gestützt (SCHEUER, THÜRKOW, GLÄBER 2009).

6 Einsatzmöglichkeiten

Die Outdoor-Education-Datenbank umfasst vielfältige Inhalte für fachwissenschaftliche und fachdidaktische Exkursionen im Schul- und Hochschulkontext. Die Exkursionen dienen der Entwicklung von Kompetenzen, besonders in den Bereichen der Erkenntnisgewinnung und räumlichen Orientierung durch die Verwendung von Geländemethoden.

Derzeitige Angebote beinhalten vor allem Lehr- und Lernmaterialien, die während fachdidaktischer Lehrveranstaltungen zum Thema Outdoor Education von Lehramtsstudierenden der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg erarbeitet wurden. Der bisherige Datenpool an Exkursionsstandorten bezieht sich somit bisher vorwiegend auf naturnahe Gebiete innerhalb des Stadtgebietes von Halle. Die Methoden liegen jedoch im allgemeingeographischen Bereich und können z. B. innerhalb der universitären Lehre in die bestehenden Angebote in Form von geländemethodischen Lehrveranstaltungen integriert werden. Darüber hinaus wird besonders in der Lehrerbildung ein großes Potenzial gesehen, da die Angebote für den Erwerb von geländemethodischen Kompetenzen auf einem schulischen Niveau genutzt werden können. Ergänzend geben die Methoden, Standorte und Routen der Datenbank Anregungen und Ideen, eigene Exkursionsvorschläge zu entwickeln und in die Datenbank aufzunehmen. Für den schulischen Bereich kann die Datenbank von Lehrer/-innen und Schüler/-innen für die Planung, Durchführung und Auswertung von Exkursionen und Geländeübungen genutzt werden.

7 Ausblick

In Zukunft sollen weitere Geländemethoden, Standorte und Exkursionsrouten in die Datenbank integriert werden. Hierfür werden besonders Studierende aus obligatorischen Lehrveranstaltungen zum Thema Outdoor Education eingebunden. Um nicht nur Methoden innerhalb des geographischen und naturwissenschaftlichen Fächerkanons anzusprechen, ist geplant, Geländemethoden weiterer Fachbereiche in die Datenbank zu integrieren. Durch die Einbeziehung von Methoden, die außerhalb der geographischen und biologischen Betrachtungsweisen liegen, kann das Fächerspektrum erweitert und somit der Anteil der Interdisziplinarität erhöht werden. Einen weiteren Entwicklungsbereich betreffen die Konzeption und die technische Umsetzung von Eingabefeldern von Messer-

gebnissen, um die im Gelände erhobenen Messdaten in vorhergehende Datenreihen zu integrieren und graphisch darstellen zu können.

Darüber hinaus werden für die Sicherung der Mess- oder Beobachtungsergebnisse in Zukunft interaktive Formulare mit Eingabefeldern angeboten.

Ein zusätzliches partizipatives Angebot ist in der Erstellung von weiteren Materialien und Geländemethoden durch die Nutzer/-innen zu sehen. Hierfür wird die Möglichkeit erarbeitet, dass nach einer Sichtung der angebotenen Materialien durch eine autorisierte Person, neue Informationen und Geländemethoden in Form von PDFs und Videos in die bestehende Website integriert werden. Zudem können neue Standorte oder Exkursionsrouten mit erläuternden Informationen zur Erweiterung des Angebotes Eingang in die Datenbank finden. Dadurch sind geeignete Standorte überregional abrufbar und nutzbar.

Im Zuge einer Evaluation wird die Wirksamkeit der Outdoor-Education-Datenbank in Schule und Hochschule gemessen. Dafür soll die Design-Based-Research-Methode genutzt werden, um die Datenbank parallel weiterentwickeln zu können (SANDOVALL, BELL 2004). Aus Sicht der Lehrerprofessionalisierung wird nach Fertigstellung der Datenbank untersucht, inwiefern die Lernplattform geeignet ist, Kompetenzen zur Organisation von Outdoor-Lerngelegenheiten bei zukünftigen Lehrkräften zu entwickeln.

Um das Bildungsangebot einer breiteren Nutzer/-innengruppe sowie der internationalen Forschungscommunity zugänglich zu machen, werden die bisherigen Angebote derzeit ins Englische übersetzt.

Literatur

- BLÖMEKE, S., KAISER, G. LEHMANN, R. (HRSG.) (2008): Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare. Münster.
- DEWITT, J., STORKSDIECK, M. (2008): A short review of school field trips: key findings from the past and implications for the future. In: Visitor Studies 11, Heft 2. S. 181-197.
- DGF – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (Hrsg.) (2014): Bildungsstandards im Fach Geographie für den mittleren Schulabschluss. 8. Aufl. Bonn.

- DGFG – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (Hrsg.) (2010): Rahmenvorgaben für die Lehrerbildung im Fach Geographie an deutschen Universitäten und Hochschulen. Bonn.
- DILLON, J., RICKINSON, M., TEAMEY, K., MORRIS, M., YONG CHAI, M., SANDERS, D. (2006): The value of outdoor learning: evidence from research in the UK and elsewhere. In: *School Science Review* 87, Heft 320, S. 107-111.
- FEULNER, B. (2013): Nutzung und Einsatz mobiler Endgeräte in der Lehramtsausbildung. Mobiles ortsbezogenes Lernen mit Geogames. In: Neeb, K., U. Ohl und J. Schockemöhle (Hrsg.): *Hochschullehre in der Geographiedidaktik. Wie kann die Ausbildung zukünftiger Lehrerinnen und Lehrer optimiert werden?* Gießen, S. 105-112.
- FEULNER, B., OHL, U. (2014): Mobiles Ortsbezogenes Lernen im Geographieunterricht. In: *Praxis Geographie*, Heft 7/8, S. 4.-8.
- GLÄBER, C., THÜRKOW, D., DETTE, CH., SCHEUER, S. (2010): The development of an integrated technical-methodical approach to visualise hydrological processes in an exemplary post-mining area in Central Germany. In: *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 65, S. 275-281.
- HALVES, J., HEIDENREICH, M. (2014): Wildnis macht stark – Wildnisbildung im Nationalpark Harz. In: LANGENHORST, B., LUDE, A., BITTNER, A. (Hrsg.): *Wildnisbildung. Neue Perspektiven für Großschutzgebiete.* oekom-Verlag. München, S. 141-156.
- HELMKE, A. (2015): *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts.* 6. Aufl. Weinheim.
- HEMMER, M. (2008): Der Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung/Methoden“. In: *Praxis Geographie*, 38. Heft 7/8, S. 4-8.
- HEYNOLDT, B. (2014): Outdoor Education im Spannungsfeld von Tradition und Implementation. Eine qualitative Studie. In: HAFFER, S.; PETER, C. (Hrsg.): *Herausforderungen in der Geographiedidaktik. Medien, Kompetenzen, Leitbilder, Realbegegnungen.* Gießener Geographische Manuskripte, Bd. 8, S. 21-34.
- HOTTENROTH, D. (2015): Professionalisierung von Lehramtsstudierenden am Beispiel Wildnisbildung. Eine Explorative Längsschnittstudie. In: WENDT, P.-U. (Hrsg.): *Wildnis macht stark! Schüren-Verlag.* Marburg, S. 46-68.
- KMK (2008): *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss.* München, Neuwied.

- KMK (2004): Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Online: http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung.pdf (25.09.2015)
- LINDAU, A.-K. (2015): Das Projekt „Wildnis macht stark“ - Wildnisbildung in der universitären Geographielehrerbildung. In: WENDT, P.-U. (Hrsg.): Wildnis macht stark! Marburg. S. 30-45.
- Lindau, A.-K. (2014): Der Einsatz der virtuellen Exkursion im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Maxton-Küchenmeister, J., Meßinger-Koppelt, J. (Hrsg.): Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht. Hamburg. S. 261-270.
- LINDAU, A.-K., FINGER, A. (2013): Uni macht Schule. Studierende organisieren eine geographisch-biologische Schülerexkursion. In: Neeb, K., Ohl, U., Schockemöhle, J. (Hrsg.) Hochschullehre in der Geographiedidaktik. Gießen. S. 138-145.
- LINDAU, A.-K., FINGER, A., LINDNER, M. (2015): Videografie im Gelände. In: Geographiedidaktische Forschungsmethoden. Praxis Neue Kulturgeographie. Münster. (in press)
- LÖBNER, M. (2010): Exkursionen im Erdkundeunterricht: didaktisch gewünscht und in der Realität verschmäht? Ergebnisse einer empirischen Untersuchung an mittelhessischen Gymnasien. Gießen.
- LUDE, A., SCHAAL, ST., BULLINGER, M., BLECK, S. (2013): Mobiles Ortsbezogenes Lernen in der Umweltbildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung. Hohengehren.
- MAYER, J. (2007): Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In: Kürger, D., Vogt, H. (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden. Berlin, Heidelberg. S. 177-186.
- PALAZZO, A., TURNBALL, TH. (2012): Mapping with Drupal. Sacramento.
- SANDOVAL, W. A., BELL, PH. (2004): Design-Based Research Methods for Studying Learning in Context: Introduction. In: Educational Psychologist 39, Heft 4. S. 199-201.
- SCHUEER, S., THÜRKOW, D., GLÄBER, D. (2009): Ontologisches Web-GIS als Rich Internet Application Framework. In: FOSSGIS 2009: Proceedings zur Anwenderkonferenz für Freie und Open Source Software für Geoinformationssysteme, 17. - 19.03.2009, Hannover, S. 1-9.

- SCHIELE, S., MÖLLER, M., BLAAR, H., THÜRKOW, D., MÜLLER-HANNEMANN, M. (2012): Parallelization strategies to deal with non-localities in the calculation of regional land-surface parameters. In: Computers & Geosciences 44, July 2012, S. 1.9.
- SCHMIDT, D., LINDAU, A.-K., FINGER, A. (2013): Die Methode der virtuellen Exkursion in Hochschule und Schule. In: Hallesches Jahrbuch. Halle. S. 145-157.
- THÜRKOW, D. (2014): H₂O EXTREM - interaktives Lernen. In: Moderne Lehre gestalten, anwenden - motivieren - vernetzen. In: @LLZ (Hrsg.) Tagungsband zur Jahrestagung für multimediales Lehren und Lernen, Zentrum für multimediales Lehren und Lernen der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 07.11.2014. Halle (Saale), S. 65-77.
- THÜRKOW, D, GLÄBER, C., KRATSCH, S. (2005): Virtual Landscapes and Excursions – Innovative Tools as a Means of Training in Geography. In: KÖNIG, G., LEHMANN, H., KÖHRING, R. (Hrsg.): Tools and Techniques for E-Learning, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVI-6/W30, Proceedings of the ISPRS working group VI/1 – VI/2, June 01-03, 2005 Potsdam, Berlin, o. S.
- WELLNITZ, N., FISCHER H. E., KAUERTZ, A., MAYER, J., NEUMANN, I., PANT, H. A., SUMFLETH, E., WALPUSKI, M. (2012): Evaluation der Bildungsstandards – eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung, In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 18, S. 261-291.

Das Professionswissen von Lehramtsstudierenden zur Förderung von systemischem Denken im Unterricht – eine Interventionsstudie

von Stephan Schuler, Pädagogische Hochschule Ludwigsburg; Frank Rosenkränzer, Daniela Fanta, Christian Hörsch, Werner Rieß, alle Pädagogische Hochschule Freiburg

Abstract

Der vorliegende Beitrag stellt eine Interventionsstudie vor, die sich dem systemischen Denken aus einer bestimmten Perspektive widmet: Es geht um das Professionswissen, das Lehrkräfte der Fächer Biologie und Geographie benötigen, um systemisches Denken bei ihren Schülerinnen und Schülern fördern zu können. Diese Interventionsstudie ist eingebettet in das von unserer Arbeitsgruppe durchgeführte und vom BMBF finanzierte Forschungsprojekt SysThema (systems thinking in ecological and multidimensional areas). Die Studie widmet sich der Frage, wie sich bei Lehramtsstudierenden der Fächer Geographie und Biologie im Kontext von Nachhaltigkeitsthemen sowohl das systemische Denken als auch die Fähigkeit, systemisches Denken im Unterricht zu vermitteln, fördern lässt. Damit werden zwei zentrale Kategorien des Professionswissens von Biologie- und Geographielehrkräften in den Blick genommen, die als Content Knowledge (CK, Fachwissen) und Pedagogical Content Knowledge (PCK, Fachdidaktisches Wissen) bezeichnet werden (vgl. SHULMAN 1987; BROMME 2008). Bei der Konzeption und Durchführung der Studie haben wir drei Ziele verfolgt: Die Entwicklung von Messinstrumenten zur Messung von systemischem Denken (CK) und fachdidaktischem Wissen zur Förderung von systemischem Denken (PCK), die Konzeption und Durchführung von variierten Lehrveranstaltungen (Interventionen) mit Lehramtsstudierenden zur Förderung dieses Professionswissens und schließlich die Messung und Analyse der Wirkungen dieser variierten Interventionen. Der Beitrag gibt einen Überblick über die Theoriegrundlagen, erläutert das Forschungsdesign der Studie und verweist auf weitere Beiträge, in denen die Messinstrumente und die Ergebnisse detailliert vorgestellt werden.

Schlagworte: Systemisches Denken, Systemkompetenz, Bildung für nachhaltige Entwicklung, Professionswissen, Fachwissen, CK, fachdidaktisches Wissen, PCK

1 Theoretische Grundlagen

1.1 Systemisches Denken

Die meisten Themenfelder der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) sind gekennzeichnet durch eine hohe Komplexität und einen systemischen Charakter. Ein zentrales Anliegen der BNE ist deshalb die Förderung des systemischen Denkens. Besonders deutlich wird dies bei ROST ET AL. (2003), die in ihrem BNE-Kompetenzmodell drei zentrale Kompetenzen auflisten: Systemkompetenz, Bewertungskompetenz und Gestaltungskompetenz (hier rein handlungsbezogen definiert). Darüber hinaus hat das Systemkonzept in den beiden für diese Studie relevanten Fächern Geographie und Biologie ganz generell eine herausragende Bedeutung. In den Bildungsstandards für das Fach Biologie (KMK 2004, S. 6) wird die Förderung des multiperspektivischen und systemischen Denkens als besondere Aufgabe des Biologieunterrichts herausgestellt. Ebenso nimmt das Systemkonzept im Geographieunterricht einen zentralen Stellenwert ein und wird als „Hauptbaskonzept“ des Faches beschrieben (DGfG 2014, S. 10).

Systemisches Denken wird nach RIEß und MISCHO (2008, S. 2018) als die Fähigkeit definiert „komplexe Wirklichkeitsbereiche als Systeme erkennen, beschreiben und möglichst modellieren (z.B. strukturieren, organisieren) und erklären zu können. Dazu gehören die Fähigkeiten, Systemelemente und Wechselbeziehungen bestimmen zu können, zeitliche Dimensionen (Dynamiken) zu erfassen, sowie die Fähigkeit, auf Basis der eigenen Modellierungen Erklärungen geben, Prognosen treffen und weiche Technologien entwerfen zu können.“

Ausgehend von dieser Definition wurde im Rahmen des SysThema-Projektes in der Arbeitsgruppe um Rieß das heuristische Freiburger Kompetenzstrukturmodell entwickelt, das vier Kompetenzdimensionen des systemischen Denkens unterscheidet (vgl. Abb. 1 und RIEß ET AL. 2015):

- *Dimension 1 - Deklaratives/konzeptuelles systemisches Wissen:* In dieser Dimension geht es um grundlegende kognitive Komponenten des systemischen Denkens, unter anderem um die Kenntnisse des Systembegriffs, Grundsätze einer systemwissenschaftlichen Betrachtungsweise von Ausschnitten der Wirklichkeit und Eigenschaften komplexer Systeme.
- *Dimension 2 – Systemmodellierungsfähigkeit:* Die zweite Dimension zielt auf Fähigkeiten, die sich auf systemwissenschaftliche Methoden zur Erkenntnisgewinnung beziehen. Im Mittelpunkt stehen die Fähigkeiten, Systemmodelle unterschiedlicher Art verstehen und konstruieren zu können, z. B. Wirkungsgraphen qualitativer Systemmodelle mit Kästchen (Systemelemente) und Pfeilen (Relationen).

Tab. 1: Das Freiburger Kompetenzstrukturmodell zum systemischen Denken (aus: RIEß ET AL. 2015, S. 18)

Kompetenzdimensionen	Teilfähigkeit 1	Teilfähigkeit 2	Teilfähigkeit 3	Teilfähigkeit 4
<i>Dimension 4: Bewertung von Systemmodellen und Ergebnissen der Modellanwendung</i>	Die Strukturgültigkeit von Systemmodellen bestimmen können	Die Verhaltensgültigkeit von Systemmodellen bestimmen können	Die Anwendungsgültigkeit bestimmen können	Die Vorhersageunsicherheit bestimmen können
<i>Dimension 3: Fähigkeit zur Nutzung von Systemmodellen beim Lösen von komplexen dynamischen Problemen (systemische Problemlösefähigkeit)</i>	Einschätzen können, ob für die Bearbeitung vorliegender Probleme auf ein Systemmodell rekurriert werden sollte	Einschätzen können, welcher Systemmodelltyp (u.a. qualitativ vs. quantitativ) für die Bearbeitung eines Problems adäquat ist	Mit Hilfe qualitativer Systemmodelle Erklärungen geben, Prognosen treffen und Technologien entwerfen können	Mit Hilfe quantitativer Systemmodelle Erklärungen geben, Prognosen treffen und Technologien entwerfen können
<i>Dimension 2: Systemmodellierungsfähigkeit</i>	Systemelemente und Wechselwirkungen identifizieren können; Subsysteme und Systemgrenzen bestimmen können	Systemisch modellierbare Wirklichkeitsbereiche mit Hilfe von Texten/Wortmodellen verstehen bzw. abbilden können	Qualitative Systemmodelle (u.a. Wirkungsgraph, Wirkungsmatrix) lesen, interpretieren und konstruieren können	Quantitative (kontinuierliche) Systemmodelle verwenden, interpretieren und konstruieren können
<i>Dimension 1: Deklaratives/konzeptuelles systemisches Wissen</i>	Systemtheoretisches Grundwissen (Systembegriff, Systemstruktur, Systemverhalten, ...)	Kenntnis von Wirklichkeitsbereichen, die als Systeme betrachtet werden können; von exemplarischen einfachen und komplexen Systemen	Kenntnis von Systemhierarchien	Kenntnis von Eigenschaften komplexer Systeme (strukturelle / dynamische Komplexität, Nichtlinearität, Emergenz, Selbstorganisation, Integrität)

- *Dimension 3 - Fähigkeit zur Nutzung von Systemmodellen beim Lösen von komplexen dynamischen Problemen (systemische Problemlösefähigkeit):* In dieser Dimension werden Fähigkeiten benannt, die bei der Bearbeitung von

komplexen dynamischen Problemen mit Hilfe von Systemmodellen benötigt werden. Dazu zählt u. a. die Analyse von qualitativen und quantitativen Systemmodellen mit dem Ziel, Erklärungen zu geben, Prognosen zu treffen und Technologien (Maßnahmen) daraus ableiten zu können.

- *Dimension 4 - Bewertung von Systemmodellen und Ergebnissen der Modellanwendung:* In den Systemwissenschaften gehört eine Beurteilung der Reichweite und Grenzen der Systemmodelle sowie der auf Basis der Modellierung gewonnenen Erkenntnisse zu den Pflichtaufgaben. Die Fähigkeiten, die zur Erfüllung entsprechender Aufgaben notwendig sind, werden in der Dimension 4 aufgeführt.

Im Vergleich zu dem in der Geographiedidaktik weit verbreiteten Modell der Systemkompetenz von REMPFLE und UPHUES (2011) ist unser Modell deutlicher an der in den Naturwissenschaften dominanten Allgemeinen Systemtheorie nach BERTALANFFY (1968) orientiert und betont deutlicher systemwissenschaftliche Methoden der Modellierung und Analyse von qualitativen und quantitativen Systemmodellen (vgl. BOSSEL 2007; IMBODEN, KOCH 2008; MATTHIES 2010). Zudem enthält unser Modell keine Niveaustufen und integriert als wichtige Dimension Fähigkeiten zur Bewertung von Systemmodellen und Ergebnissen der Modellanwendung. Inzwischen ist es allerdings zu einer gewissen Angleichung gekommen: Im Zuge einer empirischen Validierung haben MEHREN ET AL. (2015) ihr Modell auf zwei Dimensionen reduziert, die recht gut mit unserem Modell korrespondieren. Die neue Dimension 1 (Systemorganisation und Systemverhalten, umfasst v.a. systemische Struktur, Grenze, Emergenz, Interaktion und Dynamik) weist viele Parallelen mit Dimension 2 in unserem Modell auf, die neue Dimension 2 (systemadäquate Handlungsintention, umfasst v. a. systemische Prognose und Regulation) korrespondiert gut mit Dimension 3 in unserem Modell. Damit die BNE-Schlüsselqualifikation „systemisches Denken“ zusammen mit den Werkzeugen und Analysemethoden der Systemwissenschaften Einzug in den Schulunterricht erhält, müssen angehende Lehrkräfte dazu befähigt werden, einen Unterricht zu planen, der systemisches Denken gezielt fördert und damit die zunehmende Vernetzung, Dynamik und Zielpluralität unserer Welt für Schülerinnen und Schüler durchdringbar macht (RIEB 2010; RIEB, MISCHO 2010; BRÄUTIGAM 2014; FRISCHKNECHT-TOBLER 2008).

1.2 Professionswissen von Lehrkräften

Das Professionswissen der Lehrkräfte und seine große Bedeutung für den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler wurde in den vergangenen Jahren in der Bildungsforschung vermehrt diskutiert (ABELL 2007; HATTIE 2009). Nach BAUMERT und KUNTER (2006) ist das Professionswissen ein zentraler Bestandteil der profes-

sionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften neben Überzeugungen und Werthaltungen, motivationalen Orientierungen und selbstregulativen Fähigkeiten.

Als grundlegend für die Lehrerprofessionsforschung zählen die Arbeiten von SHULMAN (1987), der das Professionswissen der Lehrkräfte in sieben Kategorien unterteilt:

- 1) Fachwissen (content knowledge, CK)
- 2) Allgemein pädagogisches Wissen (pedagogical knowledge, PK)
- 3) Fachdidaktisches Wissen (pedagogical content knowledge, PCK)
- 4) Wissen über den Lehrplan (curriculum knowledge)
- 5) Wissen über Erziehungsziele und Erziehungswerte (knowledge of educational ends)
- 6) Wissen über die Lerngruppe (knowledge of learners) und
- 7) Wissen über den pädagogischen Kontext (knowledge of educational context).

Von diesen sieben Kategorien sind die ersten drei, das allgemeine pädagogische Wissen (PK), das fachliche Wissen (CK) und das fachdidaktische Wissen (PCK), von besonderem Interesse, da sie auf theoretischem Wissen basieren und daher in der Lehrerbildung direkt vermittelt werden können (BOROWSKI ET AL. 2012). Entsprechend konzentrieren sich viele aktuelle Studien auf diese ersten drei Wissenskomponenten (BAUMERT, KUNTER 2006; ABELL 2007; SCHMELZING 2010).

Welches spezifische Professionswissen benötigen Lehrkräfte, um systemisches Denken bei Schülerinnen und Schülern fördern zu können und welche Aspekte dieses Professionswissens können im Rahmen einer Seminarveranstaltung wirksam vermittelt werden?

Da es sich beim allgemeinen pädagogischen Wissen um ein generelles fachübergreifendes Wissen handelt, das zur Schaffung und Optimierung von Lehr-Lernsituationen grundsätzlich notwendig ist (BAUMERT ET AL. 2009, S. 60), konzentriert sich unsere Studie vor allem auf die fachspezifische Förderung und Messung von Fachwissen (CK) und fachdidaktischem Wissen (PCK).

Beim Fachwissen geht es im Kern darum, dass die Lehramtsstudierenden selbst die Fähigkeit zum systemischen Denken erwerben. Das oben skizzierte Freiburger Kompetenzmodell zum systemischen Denken mit seinen vier Kompetenzdimensionen ist deshalb auch konstitutiv für die Auswahl und Strukturierung der entsprechenden fachwissenschaftlichen Seminarinhalte. Zugleich ist es auch die Basis für die Konzeption des Messinstruments zur Erfassung des systemischen Denkens, mit dem letztlich das Fachwissen (CK) der Lehramtsstudierenden gemessen werden soll.

Beim fachdidaktischen Wissen, das die Lehrkräfte für die Förderung systemischen Denkens benötigen, wird eine Konzeptualisierung vorgenommen, die im nachfolgenden Kapitel vorgestellt wird.

1.3 PCK zur Förderung systemischen Denkens

Das fachdidaktische Wissen (PCK) wird von SHULMAN (1986) als Verbindung von fächerübergreifendem pädagogischem Wissen (PK) und fachspezifischem Fachwissen (CK) verstanden. MAGNUSSON ET AL. (1999) bezeichnen dieses Wissen auch als das Ergebnis einer Transformation von Wissen der beiden anderen Wissens-kategorien, das insofern auch eine gewisse Basis aus pädagogischem Wissen und fachlichem Wissen voraussetzt.

In der Lehrerexpertiseforschung wurden verschiedene Konzeptualisierungen zum fachdidaktischen Wissen entwickelt (GROSSMAN 1990; KROMREY, RENFROW 1991; VAN DRIEL ET AL. 1998; MAGNUSSON ET AL. 1999; HASHWEH 2005; PARK, OLIVER 2008; LEE, LUFT 2008; PARK ET AL. 2010). In den Ansätzen von SCHMELZING (2010), TEPNER ET AL. (2012), sowie GROBSCHEDL ET AL. (2014) werden zwei Facetten des fachdidaktischen Wissens aufgegriffen, die als allgemein akzeptiert gelten können: Wissen um fachspezifische Instruktions- und Vermittlungsstrategien und Wissen um fachbezogene Schülerkognitionen (u.a. Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten).

Viele dieser Ansätze sehen auch in curricularem Wissen bzw. einem Wissen über Zielkriterien und Kompetenzen einen wichtigen Bestandteil von fachdidaktischem Wissen. Da auch wir der Meinung sind, dass dieses Wissen unabdingbar für Lehrkräfte ist, um Unterricht zielorientiert planen und durchführen zu können, haben wir in Anlehnung an GROSSMAN (1990), MAGNUSSON ET AL. (1999) und ABELL (2007) diese dritte Wissensfacette ebenfalls bei unserer Konzeptualisierung berücksichtigt.

Lehrkräfte müssen also über die folgenden fachdidaktischen Wissensfacetten verfügen, um systemisches Denken effektiv fördern und komplexe BNE-relevante Themen unterrichten zu können (vgl. ROSENKRÄNZER in Vorbereitung c):

- (1) *Das Wissen über Zielkriterien und Kompetenzen* zum Erwerb von systemischem Denken umfasst das Wissen um die Kompetenzdimensionen und Teilfähigkeiten des Kompetenzmodells zum systemischen Denken (vgl. RIEß ET AL. 2015), sowie Kenntnisse darüber, wie diese überprüft und bewertet werden können. Diese Wissensfacette stellt laut PETERSON und TREAGUST (1995) insbesondere für Lehramtsstudierende einen wichtigen Bestandteil dar, da ihm eine besondere Bedeutung bei der zielorientierten Planung und Durchführung von Unterricht zukommt.
- (2) *Das Wissen über Instruktions- und Vermittlungsstrategien* beinhaltet das Wissen über spezifische Unterrichtsmethoden, geeignete Repräsentationsformen, Beispiele und Modelle zur Förderung von systemischem Denken.

Ebenso werden Kenntnisse spezifischer Unterrichtsstrategien und -methoden zur Vermittlung von Teilfähigkeiten der einzelnen Kompetenzdimensionen des systemischen Denkens sowie die Beurteilung von bereits vorhandenen Unterrichtsmaterialien zu dieser Wissensfacette gezählt.

- (3) Die Facette *Wissen über Schülerkognitionen* vor und während des Lernprozesses zum systemischen Denken besteht aus Wissen über spezifische Schülerkognitionen zum systemischen Denken sowie aus Wissen über mögliche Anknüpfungspunkte und Lernhindernisse der Schülerinnen und Schüler im Lernprozess. Dieses Wissen ermöglicht es den Lehrkräften, sich in die Position der Schülerinnen und Schüler zu versetzen, Schülervorstellungen zu erkennen und somit zu beurteilen, welche (fachlichen) Faktoren das Lernen von systemischem Denken fördern oder behindern (vgl. SHULMAN 1986).

2 Zielsetzung und Konzeption der Interventionsstudie

2.1 Zielsetzung, Forschungsrahmen und Fragestellung

Diese Interventionsstudie wurde im Rahmen des SysThema-Projekts an den Pädagogischen Hochschulen Freiburg und Ludwigsburg durchgeführt, das von 2011 bis 2015 vom BMBF im Rahmen des Förderprogramms „Forschungspotenziale im Bereich Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)“ gefördert wurde. Das Ziel dieser Studie war es, bei Lehramtsstudierenden zum einen das systemische Denken zu fördern und zum anderen das fachdidaktische Wissen zur Förderung von systemischem Denken im Kontext der schulischen BNE in geeigneten Seminaren zu vermitteln und die Wirkung dieser Seminare zu evaluieren.

Die übergeordnete Fragestellung des SysThema-Projektes lautete: Wie wirken sich Lerninhalte variiert Interventionen (Seminare für Lehramtsstudierende) aus auf (1) die Fähigkeit zum systemischen Denken (CK), (2) das fachdidaktische Wissen (PCK) zur Förderung systemischen Denkens, (3) die epistemologischen Überzeugungen zum systemischen Denken, (4) die Fähigkeit zum komplexen dynamischen Problemlösen von Lehramtsstudierenden der Fächer Biologie und Geographie?

Für jeden der vier Zielbereiche in dieser Fragestellung wurde ein eigenes Messinstrument eingesetzt. Die hier vorgestellte Studie konzentriert sich auf die ersten beiden Zielbereiche (CK und PCK), für die im Projekt auch neue Messinstrumente entwickelt und getestet wurden (zur Messung von systemischem Denken, CK, vgl. FANTA ET AL. in Vorbereitung a; zur Messung von fachdidaktischem Wissen, PCK, vgl. ROSENKRÄNZER et al in Vorbereitung c). Nur diese beiden Teilfragestellungen werden in diesem Beitrag aufgegriffen und nachfolgend näher erläutert.

2.2 Forschungsdesign und Sampling

Bei unserer Studie handelt es sich um eine quasiexperimentelle Prä-Post-Follow-up-Studie mit drei Experimentalgruppen und einer Kontrollgruppe (vgl. Abb. 1). Für diese Intervention wurden drei verschiedene Seminare für Lehramtsstudierende der Fächer Geographie und Biologie zum Themenfeld Mensch-Umwelt-Systeme entwickelt und an den Pädagogischen Hochschulen Freiburg und Ludwigsburg durchgeführt. In den Seminaren der drei Experimentalgruppen wurde der Anteil der fachwissenschaftlichen (CK) und der fachdidaktischen (PCK) Seminarinhalte variiert: Ein Seminar war fast ausschließlich fachwissenschaftlich ausgerichtet, ein anderes fast ausschließlich fachdidaktisch und das dritte Seminar beinhaltete eine Mischung von sowohl fachwissenschaftlichen als auch fachdidaktischen Inhalten. Jedes Seminar hatte einen Umfang von insgesamt 14 Seminareinheiten zu je 90 Minuten.

Durch diese Variation der Seminare soll in der Interventionsstudie geklärt werden, mit welcher Kombination von fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Inhalten die Studierenden wirksam gefördert werden können.

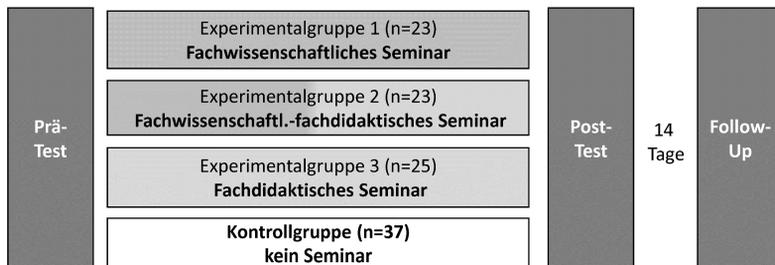


Abb. 1: Forschungsdesign mit drei Experimentalgruppen

Die Intervention wurde im Sommersemester 2013 mit insgesamt 108 Lehramtsstudierenden der Fächer Biologie und Geographie an den Pädagogischen Hochschulen Ludwigsburg und Freiburg durchgeführt. Die drei Experimentalgruppen umfassen jeweils 23 bis 25 Studierende, die Kontrollgruppe 37 Studierende.

2.3 Entwicklung der Messinstrumente zur Erfassung von CK und PCK

Das Messinstrument zum systemischen Denken (CK) besteht aus einem Fragebogen mit offenen, halb-offenen sowie Multiple-Choice-Aufgaben. Er basiert auf dem oben vorgestellten Kompetenzmodell zum systemischen Denken und umfasst insgesamt 23 Items, darunter je sieben Items in den Kompetenzdimensionen 1, 2 und 3, wobei drei Items der Dimension 3 computerbasiert bearbeitet

wurden, und zwei Items in Dimension 4. Eine ausführliche Darstellung des Messinstruments und seiner Testung ist in FANTA ET AL. (in Vorbereitung a) zu finden. Zur Erfassung des fachdidaktischen Wissens (PCK) wurde als Messinstrument ein Fragebogen entwickelt, der sich nach den oben genannten drei Facetten des fachdidaktischen Wissens, die mit jeweils fünf Items (Facette 1 und 2) bzw. drei Items (Facette 3) abgedeckt werden, gliedert. Die Items enthalten neben einigen Multiple-Choice-Aufgaben überwiegend Aufgaben mit einem offenen Antwortformat, das für die Erfassung von fachdidaktischem Wissen oft besser geeignet ist (vgl. BAUMERT ET AL. 2009; SCHMELZING ET AL. 2008). Die offenen Aufgaben wurden bei der Auswertung mit einem aufwändigen Kodiersystem bepunktet und damit für die Messung quantifiziert. Eine detaillierte Darstellung des PCK-Fragebogens und seiner Testung ist in ROSENKRÄNZER ET AL. (in Vorbereitung c) zu finden. Ein drittes, ergänzendes Messinstrument, mit dem CK und PCK anwendungsbezogen erfasst werden können, basiert auf einer etwa fünfminütigen Videovignette, die eine gestellte, suboptimale Unterrichtsszene zum Thema „Ökosystem See“ in einer sechsten Schulklasse zeigt. Die Probanden müssen diese Unterrichtssequenz analysieren und in einem offenen Aufgabenformat aus fachwissenschaftlicher und fachdidaktischer Perspektive beurteilen. Dieser Videovignettest soll das anwendungsbezogene Professionswissen der Studierenden testen, da sie bei der Beurteilung der Unterrichtssequenz auf ihr deklarativ-fachdidaktisches Wissen zurückgreifen und dieses zur Anwendung bringen müssen. Eine ausführliche Darstellung dieser Teilstudie findet sich in ROSENKRÄNZER ET AL. (in Vorbereitung b). Diese im Rahmen des SysThema-Projekts neu konzipierten Messinstrumente wurden mehrfach pilotiert.

2.4 Die Intervention: drei variierte Seminare für Lehramtsstudierende der Fächer Geographie und Biologie

Für die drei Experimentalgruppen der Studie wurden drei verschiedene Seminare zum Themenfeld Mensch-Umwelt-Systeme entwickelt. Tabelle 2 bietet einen Überblick über alle 14 Seminareinheiten mit je 90 Minuten Dauer in allen drei Seminartypen.

Nach der Vermittlung von Grundlagen zu Systemwissenschaften und Systemanalyse, zum Ökosystem Wald und zu den Syndromen des globalen Wandels in den ersten drei Seminareinheiten differenzierten sich die drei Seminare nach ihren fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Anteilen. Das erste Seminar (Experimentalgruppe 1) legte den Schwerpunkt auf fachwissenschaftliche Inhalte und Methoden aus den Systemwissenschaften. Die Studierenden lernten unter anderem an verschiedenen Fallbeispielen, wie man qualitative und quantitative Systeme modelliert, analysiert und bewertet (z. B. ein Waldökosystem, das Sahel-Syndrom zur Bodendegradation oder die Überfischungsproblematik). Das dritte

Seminar (Experimentalgruppe 3) hatte einen fachdidaktischen Schwerpunkt. Hier standen die Konzeptualisierung systemischen Denkens im Kompetenzstrukturmodell, die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler sowie verschiedene Unterrichtsmethoden zur Förderung systemischen Denkens im Vordergrund. Dabei wurde mit inhaltlich ähnlichen Mensch-Umwelt-Systemen wie im fachwissenschaftlichen Seminar gearbeitet, allerdings in didaktisch reduzierter Form und stets unter der Zielsetzung, dass die Studierenden lernen sollten einen Unterricht zu planen, mit dem das systemische Denken bei Schülerinnen und Schülern gefördert werden kann. Das gemischte Seminar (Experimentalgruppe 2) setzte sich zu etwa gleichen Teilen aus fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Inhalten zusammen. Für diese gemischte Ausrichtung wurden jeweils die zentralen Seminarbausteine aus den beiden anderen Seminaren ausgewählt und neu zusammengestellt.

Im Einzelnen wurden dabei Seminarbausteine zu folgenden Inhalten entwickelt und erprobt:

- a) zum Thema Wald mit Inhalten wie Waldfunktionen, Nährstoffkreislauf und Nahrungsbeziehungen, Biodiversität in heimischen Wäldern, Totholz, Waldbewirtschaftungsformen, Wald im Spannungsfeld von Ökologie und Ökonomie,
- b) zum Themenfeld „Syndrome des globalen Wandels“ mit Inhalten wie Grundlagen des Syndromansatzes, Erarbeitung von Raubbausyndrom und Sahel-Syndrom (u. a. Überfischung, Waldzerstörung und Desertifikationsproblematik weltweit; geoökologische, ökonomische und gesellschaftliche Strukturen und Prozesse in der Sahelzone, mehrdimensionale Wechselwirkungen, Modellierung des Syndrom-Kerns als Beziehungsgeflecht, mögliche Gegenmaßnahmen), Übertragung des Sahel-Syndrommusters auf andere Fallbeispiele (z. B. Zerstörung von Regenwäldern), Modellierung anderer Syndrome; Modellierung und Systemverhalten von Weltmodellen und Klimasystemmodellen; kritische Bewertung des Syndromansatzes und der Modellierung sozio-ökonomischer Systeme,
- c) zur Einführung in die Systemwissenschaften und ihrer Methoden: Geschichte, Arbeitsweise, Begriffe, qualitative Systemmodelle (Konstruktion und Analyse), quantitative Systemmodelle (Konstruktion, Analyse und Bewertung), Werkzeuge zur Systemmodellierung, Durchführung von Computersimulationen mit der Software Vensim (www.vensim.com),
- d) zum Thema „PCK zur Förderung von Systemkompetenz“ mit Inhalten wie: Konzeptualisierungsansätze systemischen Denkens, das heuristische Kompetenzmodell und Teilkompetenzen systemischen Denkens, empfohlene Mittel (Artikulation und Unterrichtsmethoden) zur Förderung systemischen Denkens, das „Modell Problemorientierten Lehrens und Lernens“ (MoPoLL) als Vorgehensweise zur Förderung systemischen Denkens (RIEB ET AL. in Vorbereitung), Erkenntnisse aus der empirischen Forschung zur Förderung systemi-

schen Denkens, Methoden und Materialien zur Planung einer Unterrichtseinheit zur Förderung systemischen Denkens.

Einen zusammenfassenden Überblick über alle Seminareinheiten in den drei Experimentalgruppen bietet Tabelle 2. Eine detailliertere Darstellung der Intervention mit Lehrmaterialien zu ausgewählten Seminarbausteinen ist in RIEß ET AL. (2015) zu finden.

Tab. 2: Überblick über die drei Experimentalbedingungen und die Seminarinhalte. Fachdidaktische Seminareinheiten sind kursiv und mit hellerem Hintergrund gedruckt, fachwissenschaftliche in Normalschrift und dunklerem Hintergrund.

SE	Experimentalgruppe 1: Fachwiss. Seminar	Experimentalgruppe 2: Fachwiss./fachdid. Seminar	Experimentalgruppe 3: Fachdid. Seminar
1	Ökosystem Wald		
2	Syndrome des globalen Wandels		
3	Einführung in die Systemwissenschaften und die Systemanalyse		
4	Wirkungsanalyse 1: qualitative Modellierung u. Analyse einfacher Systeme (Inselpopulation & Wald)	Wirkungsanalyse 1: qualitative Modellierung u. Analyse einfacher Systeme (Inselpopulation & Wald)	<i>Schülervorstellungen zu Systemen und ihre Bedeutung im Lernprozess</i>
5	Wirkungsanalyse 2: qualitative Modellierung u. Analyse komplexer Systeme (Sahel-Syndrom)	Wirkungsanalyse 2: qualitative Modellierung u. Analyse komplexer Systeme (Sahel-Syndrom)	<i>Konzeptualisierung von systemischem Denken (Begriff, Begründung, Ansätze)</i>
6	Modellbildung 1: Quantitative Modellierung + Simulation mit Vensim (elementare Wachstumsmodelle)	Modellbildung 1+2: Quantitative Modellierung + Simulation mit Vensim (elementare Wachstumsmodelle)	<i>Zielkriterien für die Förderung systemischen Denkens (u.a. Kompetenzmodell)</i>
7	Modellbildung 2: Vertiefung mit Vensim: einfache Räuber-Beute-Systeme	Modellbildung 3: Konstruktion kontinuierlicher Systemmodelle mit Vensim (komplex, nichtlinear: Insel)	<i>Unterrichtsmethoden 1: Theorie u. Überblick, Handlungsmuster, erfahrungsbaasierte Methoden</i>
8	Modellbildung 3: Konstruktion kontinuierlicher Systemmodelle mit Vensim (komplexe, nichtlineare Systeme: Insel + Wald)	Computersimulation und Verhaltensanalyse 1: Analyse des Systemverhaltens mit Vensim (Inselmodell)	<i>Unterrichtsmethoden 2: Qualitative Systemmodellierung und -analyse (Inselmodell, Wald)</i>
9		Computersimulation und Verhaltensanalyse 2 mit Modellbewertung: Analyse des Systemverhaltens, Szenarien, Modellbewertung mit Vensim (Überfischung)	<i>Unterrichtsmethoden 3: Systemanalyse mit Computersimulationen (Waldwirtschaft)</i>
10	Computersimulation und Verhaltensanalyse 1 mit Modellbewertung: Analyse des Systemverhaltens, Szenarien, Modellbewertung (Insel- und Waldmodell)	<i>Konzeptualisierung von Systemischem Denken: (Begriff, Begründung, Ansätze)</i>	<i>Unterrichtsmethoden 4: Syndrom-Wirkungsgefüge, Szenario-Technik (Sahel)</i>

11	Computersimulation und Verhaltensanalyse 2 mit Modellbewertung: Transfer auf komplexes Modell mit Vensim (Überfischung)	Zielkriterien für die Förderung systemischen Denkens (u.a. Kompetenzmodell)	Unterrichtsmethoden 5 Mystery-Methode (Flutkatastrophe durch Taifun)
12	Wiederholung und Transfer: System- u. Verhaltensanalyse, Modellbewertung u. -kritik mit dem Weltmodell „World 3“	Unterrichtsmethoden: Handlungsmuster mit Anwendungsbeispielen	Wiederholung / Planung einer Unterrichtseinheit zur Förderung system. Denkens (eigenes Thema)
13	Transfer u. Bewertung: Globaler Klimawandel: Klimamodelle, Szenarien, Syndrome; Bewertung und Grenzen des Systemansatzes	Schülervorstellungen: zu Systemen und ihre Bedeutung im Lernprozess	Planung einer Unterrichtseinheit zur Förderung system. Denkens
14	Planung u. Präsentation einer Unterrichtseinheit zur Förderung system. Denkens	Planung u. Präsentation einer Unterrichtseinheit zur Förderung system. Denkens	Präsentation u. Diskussion der Unterrichtseinheiten

3 Ausblick: Erste Ergebnisse

Damit Lehrkräfte bei ihren Schülerinnen und Schülern das im Kontext von komplexen BNE-Themen benötigte systemische Denken vermitteln und fördern können, müssen sie zunächst selbst das entsprechende Professionswissen erwerben. In seinem fachspezifischen Kern besteht dieses Professionswissen aus der Fähigkeit zum systemischen Denken (Fachwissen, CK) und aus dem fachdidaktischen Wissen zur Förderung systemischen Denkens (PCK).

Im Rahmen des SysThema-Projektes haben wir in einer quasiexperimentellen Interventionsstudie untersucht, durch welche Seminarinhalte und Seminartypen diese beiden Bestandteile des Professionswissens wirksam gefördert werden können. Dazu mussten auf der Basis von theoretischen Konzeptualisierungen von systemischem Denken (Kompetenzmodell mit vier Dimensionen) und PCK zur Förderung systemischen Denkens (drei Wissensfacetten) neue Messinstrumente entwickelt und getestet werden.

Der Schwerpunkt dieses Beitrags lag darauf, einen Überblick über die theoretische und methodische Konzeption des Gesamtprojekts zu geben.

Ein erstes Projektergebnis kann an dieser Stelle schon berichtet werden. Es betrifft die theoretische Konzeptualisierung: Die Unterscheidung zwischen Content Knowledge (CK – Fachwissen) und Pedagogical Content Knowledge (PCK – fachdidaktisches Wissen) konnte durch den Einsatz der beiden Messinstrumente empirisch bestätigt werden. Systemisches Denken (CK) und PCK zur Förderung systemischen Denkens können als zwei unterscheidbare Komponenten des Professionswissens betrachtet werden, die zwar miteinander korrelieren (zum Prä-Test: $r=0.227^*$; zum Post-Test: $r=0.533^{***}$), gleichwohl hinlänglich unterschiedlich sind. In der Aus- und Fortbildung von Lehrerinnen und Lehrern gilt es, beide

Wissensbereiche zu thematisieren und zu vermitteln. Eine einseitige und fast ausschließlich fachwissenschaftliche Ausbildung wird dieser Forderung nicht gerecht, insbesondere wenn die Fähigkeit zur Anwendung der Wissensarten in beruflichen Kontexten angestrebt wird.

Eine detailliertere Auswertung der Wirkungsstudie erfolgt im Hinblick auf die Entwicklung des systemischen Denkens bei FANTA ET AL. (in Vorbereitung b), im Hinblick auf die Entwicklung des PCK zur Förderung systemischen Denkens bei ROSENKRÄNZER ET AL. (in Vorbereitung a).

Zudem wollen wir in weiteren Untersuchungen auch der Fragen nachgehen, wie bedeutsam die Vermittlung eines umfassenden fachdidaktischen Wissens (PCK) im Vergleich zur Vermittlung von systemwissenschaftlichem Fachwissen (CK) ist.

Literatur

- ABELL, S. K. (2007): Research on science teacher knowledge. In: ABELL, S. K. (Hrsg.): Handbook of research on science education. Mahwa, S. 1105–1149.
- BAUMERT, J., KUNTER, M. (2006): Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 9(4), S. 469–520.
- BAUMERT, J., KUNTER, M., BLUM, W., BRUNNER, M., VOSS, T., JORDAN, A., KLUSMANN, U., KRAUSS, S., NEUBRAND, M., TSAI, Y-M. (2009): Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. In: American Educational Research Journal 47, Heft 1, S. 133-180.
- BERTALANFFY, L. von (1968): General system theory: Foundations, development, applications. New York: Braziller.
- BOROWSKI, A., CARLSON, J., FISCHER, H., GESS-NEWSOME, J., HENZE, I., KIRSCHNER, S., VAN DRIEL, J. (2012): Different models and methods to measure teachers' pedagogical content knowledge. In: DAUGBJERG, P. (Hrsg.): Science teachers' narratives on motivation and commitment. A story about recruitment and retention. European Science Education Research Association. Lyon, France.
- BOSSEL, H. (2007): Systems and models. Complexity, dynamics, evolution, sustainability. Norderstedt: Books on Demand.
- BRÄUTIGAM, J. (2014): Systemisches Denken im Kontext einer Bildung für nachhaltige Entwicklung. Konstruktion und Validierung eines Messinstruments zur Evaluation einer Unterrichtseinheit. Dissertation, Pädagogische Hochschule Freiburg.
- BROMME, R. (2008): Lehrerexpertise. In: SCHNEIDER, M., HASSELHORN, M. (Hrsg.): Handbuch der Pädagogischen Psychologie. Göttingen: Hogrefe. S. 159-167.

- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGfG) (2014): Nationale Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss – mit Aufgabenbeispielen. 8. Aufl. Bonn.
- FANTA, D., BRÄUTIGAM, J., RIEß, W. (in Vorbereitung a): Entwicklung und Validierung eines Messinstrumentes zur Erfassung von systemischem Denken von Biologie und Geographie-Studierenden.
- FANTA, D., BRÄUTIGAM, J., RIEß, W. (in Vorbereitung b): Teaching systems thinking: Evaluating an intervention for biology and geography university students.
- FRISCHKNECHT-TOBLER, U., NAGEL, U., SEYBOLD, H.J. (2008): Systemdenken – Wie Kinder und Jugendliche komplexe Systeme verstehen lernen. Zürich: Pestalozzianum.
- GROSSMAN, P. (1990): The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education. New York: Teacher College Press.
- GROßSCHEDEL, J., MAHLER, D., KLEICKMANN, T., HARMS, T. (2014): Content-related knowledge of biology teachers from secondary schools: Structure and learning opportunities. In: International Journal of Science Education 36, Heft 14, S. 1-32.
- HASHWEH, M. (2005): Teacher pedagogical constructions: A reconfiguration of pedagogical content knowledge. In: Teachers and Teaching: Theory and Practice 11, Heft 3, S. 273–292.
- HATTIE, J. (2009): Visible learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London, New York: Routledge.
- IMBODEN, D. M., KOCH, S. (2008): Systemanalyse: Einführung in die mathematische Modellierung natürlicher Systeme. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- KMK (2005): Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. München.
- KROMREY, J. D., RENFROW, D. D. (1991): Using Multiple Choice Examination Items to Measure Teachers' Content Specific Pedagogical Knowledge. Paper presented at the Annual Meeting of the Eastern Educational Research Association. Online unter: <http://eric.ed.gov/?id=ED329594> (aufgerufen im Januar 2016)
- LEE, E., LUFT, J. A. (2008): Experienced Secondary Science Teachers' Representation of Pedagogical Content Knowledge. In: International Journal of Science Education 30(10), S. 1343-1363.
- MAGNUSSON, S., KRAJCIK, J., BORKO, H. (1999): Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In: GESS-NEWSOME, J.,

- LEDERMAN, N.G. (Hrsg.): Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education. Boston: Kluwer, S. 95-132.
- MATTHIES, M. (2010): Einführung in die Systemwissenschaft. Vorlesungsskript der Universität Osnabrück. Osnabrück: Institut für Umweltsystemforschung.
- MEHREN, R., REMPFER, A., ULRICH-RIEDHAMMER, E. M., BUCHHOLZ, J., HARTIG, J. (2015): Wie lässt sich Systemdenken messen? Darstellung eines empirisch validierten Kompetenzmodells zur Erfassung geographischer Systemkompetenz. In: Geographie und Schule aktuell 37. Heft 215, S. 4-16.
- MISCHO, C., RIEB, W. (2008): Förderung systemischen Denkens im Bereich von Ökologie und Nachhaltigkeit. In: Unterrichtswissenschaft 36(4), S. 346 – 364.
- PARK, S., OLIVER, S. J. (2008): Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. In: Research in Science Education 38, Heft 3, S. 261–284.
- PARK, S., JANG, J.-Y., CHEN, Y.-C., JUNG, J. (2010): Is Pedagogical Knowledge (PCK) Necessary for Reformed Science Teaching? Evidence from an Empirical Study. In: Research in Science Education 41, Heft 2, S. 245-260.
- PETERSON, R., TREAGUST, D. (1995): Developing preservice teachers' pedagogical reasoning ability. In: Research in Science Education 25(3), S. 291-305.
- REMPFLER, A., UPHUES, R. (2011): Systemkompetenz und ihre Förderung im Geographieunterricht. In: Geographie und Schule 189, Heft 33, S. 22-33.
- RIEB, W. (2010): Bildung für nachhaltige Entwicklung – theoretische Analysen und empirische Studien. Münster: Waxmann.
- RIEB, W., MISCHO, C. (2010): Promoting systems thinking through biology lessons. In: International Journal for Science Education 32, Heft 6, S. 705-725.
- RIEB, W., SCHULER, S., HÖRSCH, C. (2015): Wie lässt sich systemisches Denken vermitteln und fördern? Theoretische Grundlagen und praktische Umsetzung am Beispiel eines Seminars für Lehramtsstudierende. In: Geographie aktuell und Schule 37, Heft 215, S. 16-29.
- RIEB, W., STAHL, E., BLUMENSCHIN, P. (in Vorbereitung): Wie können naturwissenschaftliche Problemlösefähigkeiten im Unterricht und Studium wirksam gefördert werden? Auf dem Weg zu bewährten Lehr-/Lernverfahren.
- ROSENKRÄNZER, F., HÖRSCH, C., SCHULER, S., RIEB, W. (in Vorbereitung a): Student teachers' pedagogical content knowledge (PCK) for teaching systems thinking: Effects of an intervention.

- ROSENKRÄNZER, F., KRAMER, T., HÖRSCH, C., RIEß, W., SCHULER, S. (in Vorbereitung b): Promoting Student Teachers' Content Related Knowledge in Teaching Systems Thinking: Measuring Effects of an Intervention Through Evaluating a Videotaped Lesson.
- ROSENKRÄNZER, F., STAHL, E., HÖRSCH, C., SCHULER, S., RIEß, W. (in Vorbereitung c): Das Fachdidaktische Wissen von Lehramtsstudierenden zur Förderung von systemischem Denken: Konzeptualisierung, Operationalisierung und Erhebungsmethode.
- SCHMELZING, S. (2010): Das fachdidaktische Wissen von Biologielehrkräften. Berlin: Logos-Verlag.
- SCHMELZING, S., WÜSTEN, S., SANDMANN, A., NEUHAUS, B. (2008): Evaluation von zentralen Inhalten der Lehrerbildung: Ansätze zur Diagnostik des fachdidaktischen Wissens von Biologielehrkräften. In: Lehrerbildung auf dem Prüfstand 1, Heft 2, S. 617-638.
- SHULMAN, L. (1986): Those who understand: Knowledge growth in teaching. In: Educational Researcher 15, Heft 2, S. 4–14.
- SHULMAN, L. S. (1987): Knowledge and teaching of the new reform. In: Harvard Educational Review 57(1), S. 1–22.
- TEPNER, O., BOROWSKI, A., DOLLNY, S., FISCHER, H., JÜTTNER, M., KIRSCHNER, S., LEUTNER, D., NEUHAUS, B., SANDMANN, A., SUMFLETH, E., THILLMANN, H., WIRTH, J. (2012): Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 18, S. 7-28.
- VAN DRIEL, J., VERLOOP, N., DE VOS, W. (1998): Developing science teachers' pedagogical content knowledge. In: Journal of Research in Science Teaching 35(6), S. 673-695.

Mensch:Umwelt:System – Zur Einbettung naturwissenschaftlichen Lernens

Inga Gryl, Universität Duisburg-Essen; Antje Schlottmann, Detlef Kanwischer, beide Goethe-Universität Frankfurt

Abstract

Dieser Beitrag zeigt Zugänge zum naturwissenschaftlichen Lernen über integrative, der Mensch-Umwelt-Forschung entlehnte Ansätze auf. Diese Herangehensweise inkludiert die Zielstellung eines systemischen Verständnisses von Geographie, wie es u. a. in den Bildungsstandards postuliert und gefordert wird, und ist ein Zugang zur Sensibilisierung für Herausforderungen im Zusammenspiel von Umwelt und Mensch, etwa im Bereich der (ökologischen) Nachhaltigkeit. Derartige Herausforderungen stellen zugleich einen der Begründungszusammenhänge für naturwissenschaftliches Lernen dar, und sind dennoch nicht ohne die Thematisierung menschlicher Aktivitäten und Deutungen denkbar.

Der Beitrag diskutiert, ausgehend von unterschiedlichen fachwissenschaftlichen Ansätzen zum „Drei-Säulen-Modell“ (vgl. WEICHHART 2003), praktikable Methoden, wie eine integrative Betrachtung von *Umwelt*, in all der Komplexität und den menschlichen Bezügen und Deutungen des Begriffs, didaktisch aufbereitet und umgesetzt werden kann. Der Beitrag stützt sich auf ein durch die Referent_innen verantwortetes Sammelbandprojekt zur Thematik (vgl. GRYL, SCHLOTTMANN & KANWISCHER, 2015). Die Ergebnisse des Projekts verdeutlichen, dass naturwissenschaftliches Lernen tatsächlich pragmatisch in eine integrative Herangehensweise eingebettet werden kann, dies jedoch ohne eine notwendige Reflexion der ontologischen Grundannahmen, die im Hintergrund wirksam werden, nicht sinnvoll möglich ist.

Wir sind uns durchaus der (Tradition der) unterschiedlichen Sprachsysteme und Methoden natur- und gesellschaftswissenschaftlichen Denkens und Arbeitens bewusst, ohne diese dichotomisieren zu wollen. Schließlich existieren Beispiele aktueller geographischer Forschungen, die sozialwissenschaftliche Fragestellungen quantitativ und naturwissenschaftliche epistemologisch bearbeiten und die ihrerseits Inspiration für neue, integrative Zugänge sind. Idealerweise öffnet eine integrative Herangehensweise einen Zugang zu Relationalität, Vielperspektivität und Komplexität, wie sie geographischer Bildung eigen sein soll, und bereichert damit nicht nur naturwissenschaftliche Bildung an entscheidender Stelle.

Schlagworte: Geographiedidaktik, Systemtheorie, Mensch-Umwelt-Forschung, Politische Ökologie, Nachhaltigkeit

1 Einleitung

Naturwissenschaftliche Bildung hat in den letzten Jahren einen höheren Stellenwert in der bildungspolitischen Debatte in Deutschland erhalten. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Das Spektrum reicht von einer zunehmenden Technisierung unseres Alltags über den aktuellen Fachkräftemangel in Deutschland bis hin zu den globalen Umweltveränderungen. Insbesondere aber hat, neben diesen Aspekten, auch das unerwartet schlechte Abschneiden der deutschen Schülerinnen und Schüler in internationalen Vergleichsstudien dazu beigetragen, dass die naturwissenschaftliche Bildung ganz oben auf der bildungspolitischen Agenda steht (vgl. LABUDDE & MÖLLER 2012). Geographische Bildung, insofern sie sowohl naturwissenschaftliche wie auch sozial- und geisteswissenschaftliche Lernbereiche umfasst, ist von dieser Situation direkt betroffen. Zugleich ist festzustellen, dass auch die naturwissenschaftliche Bildung sozial- und geisteswissenschaftliche Themen und Bezüge aufweist. Das Konzept der naturwissenschaftlichen Grundbildung berücksichtigt u. a. „die Fähigkeit zu erkennen, wie Naturwissenschaften und Technologie unsere materielle, intellektuelle und kulturelle Umgebung prägen“ (OECD 2007, S. 13). Aus Sicht der geographischen Bildung wird die definitorische Beschreibung dieser Fähigkeit jedoch um folgenden Satz erweitert: „Weil die genannten Prozesse ihre Dynamik aus den Wechselwirkungen zwischen naturgeographischen Gegebenheiten und menschlichen Aktivitäten erhalten, können diese Qualifikationen insbesondere durch eine Verknüpfung von naturwissenschaftlicher und gesellschaftswissenschaftlicher Bildung aufgebaut werden“ (DGfG 2014, S. 5). Ressourcenkonflikte, Umweltveränderungen, Strategien der nachhaltiger Entwicklung, Ernährungssicherheit, Landnutzungswandel, Management natürlicher Ressourcen, Naturschutz, Probleme des Küstenschutzes, Umweltwahrnehmung, Landschaftsplanung und Hazards sind nur einige der vielen Themen, die an Fragen der Mensch-Umwelt-Beziehungen angedockt sind, und somit naturwissenschaftliche wie gesellschaftswissenschaftliche Bildungsaspekte enthalten. Die umfangreiche Auflistung verdeutlicht den zentralen Stellenwert von Mensch-Umwelt-Beziehungen als Gegenstand des Geographieunterrichts.

Perspektivisch stellt sich allerdings die Frage, wie die naturwissenschaftliche Bildung im Fach Geographie im Kontext der Mensch-Umwelt-Beziehungen umgesetzt werden sollte. Die Berechtigung dieser Frage soll folgendes Beispiel illustrieren: Im Themenheft „Fächerübergreifender Unterricht in Geographie und Naturwissenschaften“ der Zeitschrift „Praxis Geographie“ hat Hofmann (2004) einen Unterrichtsvorschlag zum Thema „Kochen mit dem Kochspiegel. Praktische Erarbeitung – Solarenergie im Fächerübergreif“ vorgestellt. Hierbei wird eine fächerübergreifende Verknüpfung zwischen physischer Geographie, Geschichte und Physik erläutert. Die Schüler bauen einen Solarkocher, kommentieren die Archimedes-Sage, setzen sich mit dem Reflexionsgesetz und der möglichen

positiven Bedeutung von Kochspiegeln für den Schutz der Vegetation (Reduktion des Holzbedarfs) und der damit einhergehenden Verringerung der Bodendegradation in Wüstengebieten auseinander. Ein Schüler wird möglicherweise aus dieser Unterrichtseinheit herausgehen und begeistert sein von den Möglichkeiten der Solarenergie hinsichtlich der Bekämpfung der Bodendegradation in der Sahelzone. Zugleich kann er sich freuen, dass er ganz nebenbei auch Stoff aus Physik und Geschichte gelernt hat. Aber er wird vielleicht auch verständnislos mit dem Kopf schütteln und sich fragen, warum nicht schon längst alle Afrikaner in der Sahelzone mit einem Solarkocher ihr Essen zubereiten und somit ihre eigene Umwelt schützen – Sonne ist doch im Überfluss vorhanden und die technische Umsetzung ist so einfach. Diese Frage ist nicht nur verständlich, sondern situativ klug. Schließlich hat er nichts erfahren über die kulturelle Bedeutung des Dreipunkt-Feuers in Afrika, die Lebensweise der Nomaden, über alltäglich angepasste Technologien, über die verschiedenen Akteure auf unterschiedlichen Handlungs- und Maßstabsebenen und die damit verknüpften Macht- und Interessenskonstellationen sowie über politisch-rechtliche und sozioökonomische Rahmenbedingungen. Anders gesagt: Er hat nichts gelernt über die gesellschaftlichen Bedingungen, aus denen das von ihm erkannte Problem erst erschließbar wird. Hiermit wird der Kern der Kritik an diesem Unterrichtsvorschlag sichtbar. Das erworbene physikalische, technische, historische und geographische Wissen ist isoliert, nicht akteurs- und kontext- bzw. regionspezifisch (vielmehreurozentristisch) und eignet sich daher nicht, um die Ressourcenschutzproblematik in Wüsten- und Trockengebieten zu diskutieren, obwohl dies eine Teilaufgabe des Unterrichtsvorschlags ist.

Dieses Beispiel verdeutlicht, dass es keineswegs einfach ist, für Herausforderungen im Zusammenspiel von Mensch und Umwelt in der Schule zu sensibilisieren und systemisches Denken zu fördern. Dies betrifft auch ausdrücklich die naturwissenschaftliche Bildung, da derartige Herausforderungen einen hohen Stellenwert für den Begründungszusammenhang des naturwissenschaftlichen Lernens im Allgemeinen (vgl. LABBUDE & MÖLLER 2012) und im Geographieunterricht im Besonderen darstellen. Dies leitet über zu der Frage, welche Ansätze bestehen, um die naturwissenschaftliche Bildung im Fach Geographie im Kontext der Mensch-Umwelt-Beziehungen gewinnbringend zu implementieren. Diesbezüglich hat die Fachwissenschaft Geographie in den letzten Jahren einige Vorschläge im Rahmen der Diskussion zum so genannten „Drei-Säulen-Modell“ (WEICHART 2003; 2005; 2008; s.a. KÖCK 2008; WARDENGA 2011) entwickelt. Auch wenn der Geographieunterricht kein verkleinertes Abbild der geographischen Fachwissenschaft ist, so ist es doch hilfreich, diese Ansätze bezüglich ihres Bedeutungsinhalts für die geographische Bildung und für die fruchtbare Implementierung des naturwissenschaftlichen Lernens im Geographieunterricht noch einmal genauer in den Blick zu nehmen (vgl. MÖNTER 2011). Dies soll hier jedoch nicht grundlagentheoretisch, sondern anhand eines konkreten Vorschlags geschehen. Wir

werden daher zunächst den Ansatz der politischen Ökologie als eine mögliche Zugangsweise vorstellen und ihn dann im Feld weiterer Ansätze, die eine integrative Betrachtung von Umwelt ermöglichen und didaktisch in Wert setzen können, positionieren und diskutieren. Abschließend werden die Ergebnisse pointiert und die zukünftige Entwicklung des naturwissenschaftlichen Lernens im Geographieunterricht diskutiert.

2 Fallbeispiel: Politische Ökologie

Der Ansatz der Politischen Ökologie hat sich seit Mitte der 1980er Jahren zu einem zentralen Paradigma im deutsch- und englischsprachigen Raum entwickelt.

Damals war es insbesondere die geographische Entwicklungsforschung, die sich den Fragen stellte, warum etwa auf ökologische Nachhaltigkeit ausgerichtete Projekte eben nicht entsprechend der Begrifflichkeit nachhaltig waren (zumindest nicht in dem Sinne, dass die Maßnahmen, sowohl technologisch als auch bildungsbezogen im Sinne von „knowledge transfer“ über die Projektlaufzeit hinaus Bestand haben würden), warum die Hilfe zur Selbsthilfe oftmals buchstäblich im Sande verlief, warum die so genannte „grüne Revolution“ zwar Grün auf die Felder brachte, aber keine stabilen Ökosysteme schuf und schon gar keine nachhaltige Nahrungsversorgung für die Bevölkerung.

In einem richtungsweisenden Beitrag „Changing environments or changing views?“ formulierte Blaikie (1995) die Grundidee der Politischen Ökologie: Statt eine andere bzw. technisch zu verbessernde oder zu schützende Umwelt anzuvizieren, muss die Wissenschaft vielmehr die Perspektive ändern, und sie muss sich vor allem einer Vielfalt von Perspektiven auf Gegenstände und Problemzusammenhänge öffnen. Denn Umwelt, so die Grundthese, wird zu jeder Zeit und unter unterschiedlichen Bedingungen und Voraussetzungen sozial und damit auch politisch konstruiert.

Ausgangspunkt war also eine Unzufriedenheit mit der damals vorherrschenden apolitischen Ökologie, d. h. einer primär auf naturwissenschaftlichen Analysen beruhenden Umweltforschung, die als zentrale Hypothese von einer Begrenztheit der natürlichen Ressourcen ausgeht und Prozesse von Umweltveränderungen oftmals als „natürlich“ (z. B. Klimawandel und Überbevölkerung) ansieht.

Dabei ging es aber nicht darum, die physischen Gegebenheiten radikal konstruktivistisch aufzulösen: „This is not to say that there is not a 'real world', real physical changes out there independent of our gaze. Of course the physical world exists and changes independently of human consciousness, but we have to experience and interpret it in various individual and shared ways“ (BLAIKIE 1995, S. 203).

Gleichzeitig ging es auch nicht darum, den Sozialkonstruktivismus als theoretischen Überbau von Weltanschauungen zu propagieren oder um eine generelle

Kritik an den Naturwissenschaften. Mit der Fokussierung des Politischen wurde vielmehr ein strukturalistisches Denken auch in den Sozialwissenschaften kritisiert, das in der Praxis der Entwicklungszusammenarbeit zu höchst problematischen Ergebnissen führte. Große Entwicklungshilfeorganisationen, die vornehmlich auf technische Zusammenarbeit setzten und zum Beispiel großmaßstäbige Brunnenbauprojekte erfolgreich durchführten, vergaßen, dass zum Erfolg neben der technischen Fertigstellung und dem Funktionieren auch Menschen gehören, die das Recht und die Möglichkeiten haben, diesen Brunnen zu nutzen.

In politisch-ökologischer Perspektive wird Umwelt daher „als ein Schlachtfeld divergierender Interessen betrachtet“ (KRINGS 2008, S. 8), auf dem um Macht, Verfügungsrechte und Einfluss gerungen wird und auf dem es immer Sieger und Verlierer gibt. Der Anspruch besteht nun also darin, umweltbezogene Herausforderungen, wie z. B. Ressourcenkonflikte und Landdegradationen als Ausdruck politischer Interessens- und Machtstrukturen sowie sozialer Spannungen und Ungleichheiten zwischen einzelnen Umweltakteuren anzusehen. Gleichzeitig ist klar, dass für deren Verständnis auch eine Analyse der raumzeitlichen gesellschaftlichen Kontexte notwendig ist (vgl. REUBER 2012; KRINGS 2013). Die naturräumlichen Bedingungen werden als Bedingungen gesellschaftlicher Praxis erkannt, nicht aber als hinreichende Begründung von Ressourcenknappheit oder Umweltkonflikten. Um diese zu erklären, müssen naturwissenschaftliche Befunde mit politischen, sozialen und kulturellen Ausgangsfragen verbunden werden (vgl. Abb. 1).

Abbildung 1 veranschaulicht die interdisziplinär ausgerichteten theoretischen Bezüge der Politischen Ökologie und das Zusammenwirken von sozialwissenschaftlicher und physisch-geographischer Forschung bei der Analyse von Umweltveränderungen. Je nach Kontext und Fragestellung werden in einzelnen empirischen Projekten unterschiedliche Ansätze miteinander kombiniert. Vor diesem Hintergrund verwundert es auch nicht, dass die Politische Ökologie über keine feststehende Methodologie verfügt. Gleichwohl gibt es einige übergreifende methodische Kennzeichen (vgl. SCHMIDT 2013, S. 50 f.):

1. Mehrebenenanalysen,
2. Akteurs- und Interessenorientierung,
3. Politisch-ökonomische und ethnographische Analyse,
4. Historische Analyse,
5. Diskursanalyse,
6. Ökologische Feldstudien und Messung von Degradation.

Wir können an dieser Stelle nicht alle zum Einsatz kommenden methodischen Prinzipien erläutern und werden daher nur auf die Mehrebenenanalyse und auf die Akteurs- und Interessenorientierung als zwei der wichtigsten und markantesten Analyseansätze der Politischen Ökologie eingehen.

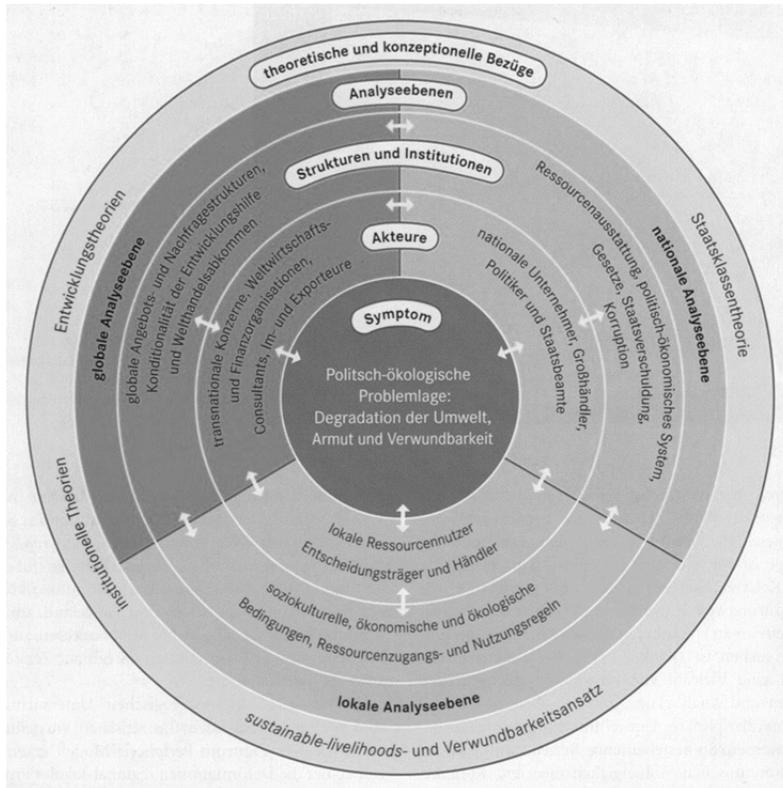


Abb. 1: Theoretisch-konzeptionelle Bezüge politisch-ökologischer Analysen (aus: KRINGS, 2013, S. 1100)

Anhand der Abbildung 1 wird deutlich, „dass Umweltveränderungen an einem Ort oder in einem Gebiet aus dem Zusammenwirken von sehr unterschiedlichen Akteursinteressen (nämlich von place-based und non-place-based actors) auf lokal-regionaler, nationaler und internationaler Ebene resultieren“ (KRINGS 2008, S. 6). Diese Kernhypothese leitet über zu den zentralen forschungsleitenden Fragen einer klassischen politisch-ökologischen Analyse:

- Welche Akteure sind auf welchen Handlungsebenen in Umweltveränderungen involviert?
- Welche Interessen verfolgen sie und über welche Handlungsmacht verfügen sie, um ihre Ziele umzusetzen?

- Wie beeinflussen politisch-rechtliche und sozioökonomische Strukturen und Institutionen auf den unterschiedlichen Maßstabsebenen sowie historische Vorgaben und kulturelle Praktiken den Zugang, das Management und die Nutzung lokaler Land- und Naturressourcen?

Die sich hierbei abzeichnenden wechselseitigen Beziehungen zwischen Analyseebene, Strukturen und Institutionen sowie Akteuren bei der Analyse von Ressourcenkonflikten und Umweltdegradationen werden ebenfalls in der Abbildung 1 verdeutlicht. Wichtiger Ausgangspunkt ist dabei immer eine konkrete politisch-ökologische Problemlage. Diese ist nun aber nicht präskriptiv räumlich abzugrenzen, sondern wird von vornherein als Gemenge von sozialen Akteuren, ihren verfügbaren (materiellen und diskursiven) Ressourcen, ihren Interessen und Wahrnehmungen gedacht. Der Einbezug verschiedener Analyseebenen erfolgt dann fallspezifisch, ausgehend von der konkreten Problemlage und ihren verschiedenen Dimensionen. Diese Problemorientierung und die dementsprechende Vorgehensweise sind insofern entscheidend, als dass damit ein Zurückfallen in a-soziale Containerkategorien vermieden wird, welche mit der Mehrebenenanalyse oftmals verbunden waren. Verwundbar, so wird deutlich, ist nicht eine scheinbar homogene Region, sondern sind die mit ihr verbundenen Akteure. In den neuen Ansätzen wird vielmehr einer Dynamik Rechnung getragen: Es wird davon ausgegangen, dass politisch-ökologische Interaktionsprozesse zu einer stetigen Neuaushandlung und -konstruktion der geographischen Maßstäbe führen (KRINGS 2008, S. 6-7).

Aus Abbildung 1 und den vorgestellten zentralen Forschungsfragen lassen sich Unterrichtsfragen generieren. Bezogen auf das eingangs vorgestellte Unterrichtsbeispiel zum Thema „Kochen mit dem Kochspiegel“, bei dem auch die Ressourcenschutzproblematik in Wüsten- und Trockengebieten als eine Teilaufgabe diskutiert werden soll, müssten z. B. folgende übergreifende Fragen in Bezug auf den konkreten politisch-ökologischen Zusammenhang thematisiert werden:

- Worin und für wen besteht das Problem der Umweltveränderung?
- Wer handelt in diesem Problemfeld?
- Wer hat Zugang zu welchen naturräumlichen Ressourcen?
- Unter welchen naturräumlichen Rahmenbedingungen wird gehandelt?
- Wie verändern sich die naturräumlichen Rahmenbedingungen? Was sind die jeweiligen Interessen und Motive des Handelns?
- Wer verfügt über welche Form von Macht?
- Wer spricht, wer schweigt?
- Welche Maßstabsebenen müssen bei der Analyse des Problems berücksichtigt werden?
- Unter welchen Gesetzen wird gehandelt?

- Unter welchen soziokulturellen, ökonomischen und ökologischen Bedingungen wird gehandelt?
- Wie ist der zeitliche Verlauf der Handlungen?
- Welche Lösungsmöglichkeiten gibt es und wo müsste eine Lösung ansetzen?
- Welche Rolle können Solarkocher bei der Lösung der Problematik spielen?
- Was werden die Folgen und Nebenfolgen des Einsatzes von Solarkochern sein?

Wenn die Schülerinnen und Schüler zu solchen Fragen gelangen, können sie auch ein Verständnis dafür entwickeln, dass der Einsatz von Kochspiegeln auf lokaler Ebene zum einen nicht einfach umgesetzt werden kann, sondern abhängig ist von vielfältigen Aspekten auf unterschiedlichen Ebenen, und dass sich zum anderen vielleicht weitaus erfolgreichere Lösungsmöglichkeiten der Ressourcenschutzproblematik auf politischer, wirtschaftlicher oder legislativer Ebene anbieten.

Eine weitere Möglichkeit der didaktischen Umsetzung wäre, dass die Schülerinnen und Schüler anhand der Schilderung eines Falles und seines „Scheiterns“ („Warum setzen sich Solarkocher trotz ihrer prinzipiellen Eignung nicht durch?“) selber dem Problem fragend auf die Spur kommen, indem sie dem Prinzip des forschenden Lernens folgend Forschungsfragen und ggf. auch ein kleines Forschungsprojekt entwickeln, das zur Beantwortung der Ausgangsfrage führt. Sie werden dann sehr schnell verstehen, dass es sowohl sozialwissenschaftlicher als auch naturwissenschaftlicher Kenntnisse bedarf, um den Fall zu klären.

Das angeführte theoriegeleitete Beispiel einer politisch-ökologischen Analyse verdeutlicht das notwendige Zusammenspiel zwischen naturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Bildung bei der Behandlung von umweltbezogenen Herausforderungen. Es wird zudem erkennbar, welche fruchtbaren Anregungen sich aus fachwissenschaftlichen Ansätzen für die Unterrichtspraxis ergeben. Dieser Aspekt leitet über zu einer kurzen kritischen Diskussion und Positionierung der Politischen Ökologie im Feld der weiteren fachwissenschaftlichen Ansätze, die eine integrative Betrachtung ermöglichen.

3 Kritische Diskussion und Positionierung der Politischen Ökologie im Feld integrativer Ansätze

„Forschungsansätze kann man mit Brillen vergleichen, durch die man die Wirklichkeit – oder zumindest das, was wir dafür halten – unterschiedlich sieht. Jede Forschungsperspektive hat, je nach Zuständigkeitsbereich, spezifische Sehschärfen, aber auch tote Winkel“ (WERLEN 2000, S. 13).

Die Politische Ökologie ist sicher nicht der einzige und auch nicht der einzig richtige Weg zu einer integrativen Ansatzweise als Verbindung natur- und sozialwissenschaftlicher Analyse sowie natur- und sozialwissenschaftlicher Bildung.

Im Zuge der Diskussion um eine „dritte Säule“ (WEICHHART 2008) haben sich bereits einige Versuche um integrative Ansätze in der Geographie und ihrer Didaktik abgezeichnet. Hierzu zählen insbesondere handlungs-, system- und diskurstheoretische Perspektiven, in jüngster Zeit aber vor allem Ansätze, die unter dem Begriff der Akteurs-Netzwerk-Perspektiven bzw. der „mehr-als-repräsentationalen“-Perspektiven zusammengefasst werden können. Die Vielfalt dieser Alternativen soll hier nicht im Einzelnen vorgestellt werden (vgl. hierzu u. a. FELGENTREFF, GLADE 2008 für die Fachwissenschaft; MÖNTER 2011 sowie GRYL ET AL. 2015 für die Fachdidaktik). Anhand einer kurzen Diskussion ihrer spezifischen Sehschärfen und toten Winkel in Bezug auf die Integration sozial- und naturwissenschaftlicher Perspektiven lässt sich aber der Ansatz der Politischen Ökologie noch einmal gut im Feld integrativer Ansätze positionieren und dementsprechend konturieren. Letztlich werden dabei auch Stärken und Schwächen der anderen existierenden Ansätze erkennbar.

Ausgangspunkt der Betrachtung sind die besonderen Sehschärfen der Politischen Ökologie: Der Ansatz weist eine große Nähe zur Handlungstheorie auf. Das hat zunächst den Vorteil, dass in alltagsweltlichen Begriffen operiert wird – Interessen und Ziele von Akteuren oder Akteursgruppen sind leicht nachvollziehbare Kategorien. Aber auch der Begriff der Natur und des Naturraums folgt einem Verständnis, wie es der Denktradition naturwissenschaftlicher Forschung (und Bildung) entspricht. Damit wendet sich die Politische Ökologie zwar von raum- oder naturdeterministischen Perspektiven klar ab, ist aber vom begrifflichen Vokabular her kompatibel mit traditionellen naturwissenschaftlichen Perspektiven, wie sie auch unser alltägliches Verständnis von der Natur und ihren Gegenständen durchziehen.

Insbesondere ist der Praxisbezug der Politischen Ökologie hervorzuheben. Durch diesen und die damit verbundene sehr konkrete und offensichtliche Notwendigkeit eines Zusammendenkens von (physischen und technischen) Bedingungen von Gesellschaftlichkeit einerseits, und den sozialen Praktiken und Problemwahrnehmungen andererseits, wird die Politische Ökologie also auf besondere Weise interessant für die Geographiedidaktik.

Die Politische Ökologie ist zudem besonders geeignet für eine problemorientierte Betrachtung: Wahrnehmungen, (umkämpften) Bedeutungen und Deutungshoheiten wird großes Gewicht beigemessen. Ein Problem, so wird klar, wird erst zu einem solchen, wenn es jemandem als Problem erscheint bzw. wenn es diskursiv zum Problem gemacht wird. Daraus ergeben sich von selbst die Anschlussfragen, etwa die, für wen eine Degradation natürlicher Ressourcen problematisch ist und für wen nicht, und welche Interessen hinter bestimmten Problemdarstellungen in den Medien stehen.

So wird sehr einsehbar, warum ökologische Handlungskompetenz nicht technisch zu übersetzen ist, auch wenn das verführerisch einfach erscheint. Als Vermittlungsziel lässt sie sich angesichts komplexer Problemlagen nur erreichen,

wenn ökologische Zusammenhänge nicht behandelt werden, als seien sie unabhängig von politischen Zusammenhängen erfahrbar und bewertbar, und schon gar nicht so, als könnten technische, naturwissenschaftlich fundierte Lösungen zu Armut, Hunger, Unterversorgung oder den Risiken des Klimawandels unabhängig von sozio-politischen Bedingungen praktisch erfolgreich umgesetzt werden.

Etwas blinder ist die Politische Ökologie hingegen in Bezug auf eine kritische Analyse des alltagsweltlichen Vokabulars, dessen sie sich selbst bedient. Denn dieses ist in einer spezifischen Weise an der Konstruktion von Umwelt beteiligt und dient bestimmten Interessen, die aber nicht auf einzelne Akteure zurückzuführen sind. Hier sind diskurstheoretische, insbesondere aber auch systemtheoretische Ansätze besser geeignet (LUHMANN 2004; EGNER, RATTER 2008). Ihre Stärke liegt in der Beobachtung der Kommunikation von Bedeutungen, ergo der Beobachtung dessen, wie Gesellschaft und ihre Teilsysteme Umwelt beobachten. Mit der Frage, unter welchen Bedingungen sie das tun, werden auch scheinbare Selbstverständlichkeiten kritisch verhandelbar. Wie wird etwa eine ökologische Rhetorik („Gleichgewicht“; „Vielfalt“) mit Raumabstraktionen verbunden („Idylle“; „Heimat“) und kommunikativ für politische und ökonomische Interessen wirksam (vgl. KLÜTER 2003)?

Systemtheoretischen Ansätzen wird allerdings, wie auch der Politischen Ökologie, eine gewisse Blindheit gegenüber physischen Materialitäten zugeschrieben. Diese Kritik ist oftmals eine Frage des epistemologischen Hintergrunds der wissenschaftlichen Betrachtung und damit verbundener, dem cartesianischen Dualismus folgenden oder sich von ihm distanzierenden Ontologien. Doch auch wenn es in systemtheoretischer Sicht durchaus Theorien zur Kopplung von (u.a. physisch-materiell beschaffenen) Umwelten und sozialen Systemen gibt (LIPPUNER 2010; EGNER ET AL. 2008), leisten die systemtheoretischen Ansätze in der Tat keine „andere“ Art des Zusammendenkens von materiellen und sinnhaften Gegenständen (sogenannten „Hybriden“), sondern bleiben Differenztheorien (LIPPUNER 2008).

An dieser Kritik setzen Akteurs-Netzwerkperspektiven (LAW, HASSARD 1999) bzw. die Perspektiven der non- bzw. more-than-representational Geographie (u. a. grundlegend THRIFT 2007; exemplarisch STRÜVER 2011) an. In der Abkehr von anthropozentrischen Sichtweisen stellen sie das Primat des Menschen und seine Konstruktion der Unterscheidung von Natur und Kultur oder Geist und Materie in Frage. So gelingt ein stärkeres Inbetrachtziehen der Konstruktion von Dualismen sowie deren gesellschaftlicher Bedingtheit. Zentrales Anliegen ist das Verständnis von so genannten Soziomaterialitäten, also Phänomenen, die der neuen Theorie zufolge ontologisch nicht entweder dem einen oder dem anderen „Reich“ zugeordnet werden können und daher erkenntnistheoretisch und analytisch auch nicht getrennt werden sollten. Vielmehr geht es um ein Neudenken der Beziehung und Verbindung von Materiellem und Nicht-Materiellem sowie von Sinnhaftem und Sinnlichem für die Erschließung der Netzwerke, in denen die hetero-

genen Gebilde ihre Wirkung entfalten (u. a. WHATMORE 2002). Ein Brunnen wird dann nicht als technisches Werkzeug zur Wasserentnahme betrachtet, sondern als ein komplexes und sich perspektivisch und in seiner Gestalt stetig veränderndes Netzwerk aus dem Boden, in den der Stein eingelassen ist, den Bakterien, die in seinem Wasser schwimmen, den Menschen, die ihn besuchen, ihren Erwartungen und Gefühlen etc. Dieser Blick und das performative Verfolgen des Akteur-Netzwerkes führt zu überraschenden Einsichten und neuen Weltansichten (für eine Umsetzung im schulischen Bereich s. BAUER 2015). Mit einer solchen Betrachtung einher geht allerdings auch ein tiefgreifendes Hinterfragen und eine Veränderung nicht nur der naturwissenschaftlichen, sondern auch der sozialwissenschaftlichen Denktraditionen, welche die universitären und schulischen Curricula durchziehen.

Im Gegensatz zur Politischen Ökologie sind Akteurs-Netzwerk-Theorien und auch Systemtheorien zudem nicht nur bzgl. der Durchbrechung von Denkroutinen herausfordernd, sondern auch alltagssprachlich nicht leicht anschlussfähig. Insbesondere für die naturwissenschaftlich ausgelegte Geographie bemerkte Noel Castree bzgl. der Akteurs-Netzwerk-Theorien im Jahr 2003 noch: "... it is scarcely plausible that physical geographers will be responsive to such ontological neologisms as 'imbroglios' and 'quasi-objects' (and who can blame them?!)" (CASTREE 2003, S. 206).

Allerdings ist angesichts komplexer Problemlagen, die wir gesellschaftlich erkennen, eine fortlaufende kritische Auseinandersetzung mit integrativen Ansätzen und deren Operationalisierung für die Praxis der Vermittlung nötig. Und wo sollte eine Neuformierung von Denkroutinen stattfinden, wenn nicht zu Beginn der geographischen Sozialisation in der Schule? In diesem Zusammenhang scheint auch eine kritische Auseinandersetzung der bildungsprogrammatisch verankerten „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ nötig.

4 Pointierung und Ausblick

Vor den skizzierten fachwissenschaftlichen Ansätzen erscheint die eingangs konstatierte Erkenntnis, dass es bereits für scheinbar einfache Fragestellungen im Bereich der Geographie nicht genügt, allein naturwissenschaftliches Wissen einzubeziehen, geradezu banal. Die aufgezeigten Ansätze sind wegweisend für die Ergänzung und Erneuerung des Erfassens komplexer Systeme, derer es bedarf. Gleichwohl existieren auch im Feld der geographischen Bildung bereits genutzte didaktische Ansätze, die sich Fragen der Mensch-Umwelt-Beziehungen widmen, und auf die daher im Ausklang dieses Beitrages ein prüfender Blick geworfen werden soll.

Aktuelle Ansätze gehen dabei, so viel ist festzuhalten und positiv herauszustellen, deutlich über eine klassische Umweltbildung hinaus. Denn wie der naturwissenschaftliche Blick allein nicht ausreichend ist, ist auch eine der klassischen Um-

weltbildung eigene dichotome Mensch-Umwelt-Orientierung, die den Menschen mehrheitlich als Störfaktor natürlicher Prozesse begreift, nicht geeignet zur Analyse komplexer Zusammenhänge. Insofern muss etwa der Ansatz einer Ecological Literacy als unzureichend angesehen werden, welcher über ein stark naturwissenschaftlich geprägtes Ökosystemverständnis umweltförderliches Handeln generieren will (vgl. ORR 1992).

Environmental Literacy wiederum ist ein vor allem im US-amerikanischen Raum bekanntes Schlagwort, das Kompetenzen der Einsicht in Mensch-Umwelt-Verhältnisse erfassen will. Im Sinne der NAAEE (2012, S. 2-3) beispielsweise soll ein Lernender möglichst folgende Fähigkeiten erlangen: „makes informed decisions concerning the environment; is willing to act on these decisions to improve the wellbeing of other individuals, societies, and the global environment; and participates in civic life.“ Programmatisch werden spezifische Kompetenzen formuliert, beispielsweise Wissen in den Bereichen “physical and ecological systems; social, cultural and political systems; environmental issues; multiple solutions to environmental issues; and citizen participation and action strategies“ (NAAEE 2012, S. 3). Auf diese Weise werden die Vernetzung mit dem Bereich einer Citizenship Education und die Einbettung in gesellschaftliche Machtverhältnisse verdeutlicht. Kategorien wie „ecomangement, persuasion, consumer/economic action, political action, and legal action“ sowie „environmental activism, non-activist behaviors in the public sphere, private sphere environmentalism, and other environmentally significant behavior“ (NAAEE 2012, 4) differenzieren diese Bezüge und fungieren als Grundlage einer möglichen Messbarkeit etwa im Rahmen einer kommenden PISA-Studie. Allerdings wird diese Lesart insbesondere in der praktischen Anwendung selten aufgegriffen. Stattdessen dominiert eine politische Programmatik, die weit entfernt von jeglicher Ausdifferenzierung oder gar Fundierung ist. In den durch Outdoor-Learning inspirierten Environmental-Literacy-Programmen der US-Bundesstaaten wird dies im Besonderen deutlich (vgl. u. a. WISCONSIN DEPARTMENT OF PUBLIC INSTRUCTION 2011, S. 9). Letztendlich gelingt es damit auch dem Ansatz einer Environmental Literacy gegenwärtig nicht, das theoretische wie methodische Potenzial einer Politischen Ökologie und anderer erkenntnistheoretischer Zugänge nur ansatzweise auszureizen. Zudem fehlt in dieser Übersicht die selbstreflexive, wie auch zur Reflexion von Macht- und Sprachspielen und sozialen Konstruktionen einladende Ebene der unter Punkt 3 diskutierten Ansätzen. Als Quintessenz bleibt zumindest die früh ausgesprochene Grundlage aller dieser Interpretationen nach Roth (1992), dass naturwissenschaftliches Denken allein nicht ausreicht, um Environmental Literacy zu erlangen.

Interessanterweise existiert ebenfalls unter dem Namen Environmental Literacy ein völlig anderer, aus verschiedenen Fachwissenschaften hervorgehender Ansatz, der vor allem der Förderung des Forschens und Arbeitens zu angewandten wissenschaftlichen Fragen dient. Zunächst aus den einzelnen Disziplinen (Biolo-

gie, Psychologie, Soziologie, Wirtschaftswissenschaften, Industrial Ecology) heraus angedacht, werden Mensch-Umwelt-Zusammenhänge schließlich mit Hilfe einer „disciplined interdisciplinarity“ (SCHOLZ 2011, S. xix) zu einem Modell der „Human Environment Systems“ zusammengeführt. Didaktische Fragestellungen werden allerdings lediglich an einer einzelnen Stelle als mögliche, dem Leser obliegende Anwendung unter dem Label „societal didactics“ (SCHOLZ 2011, S. xxi) bedient. Die Herangehensweise wird stark von fachspezifischen Methoden und fachinhaltlichen Zusammenhängen geleitet, so dass eine fachdidaktische Ausdifferenzierung auch hier noch ein großes Desiderat darstellt.

Eine Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE), die durch die entsprechende UN-Dekade große Aufmerksamkeit erfahren hat, strebt ein explizit bildungsbezogenes komplexeres Programm an (vgl. DEUTSCHE UNESCO-KOMMISSION 2011). Der hier verwendete Nachhaltigkeitsbegriff umfasst neben Ökologie auch Ökonomie und soziale Sphäre, so dass nicht nur natürliche Ressourcen, sondern auch Fragen der räumlichen/globalen wie auch zeitlichen/intergenerativen Verteilungsgerechtigkeit zur Sprache kommen. Dieser Nachhaltigkeitsbegriff stellt im Rahmen eines entsprechenden umfassenden politischen Programms die Basis der Kompetenzvermittlung an Lernende dar: „Education for Sustainability provides people with the knowledge, skills, ways of thinking, and opportunities to promote a healthy and livable world. It is a holistic and systems-based approach to teaching and learning that integrates social justice, economics, and environmental literacy“ (WISCONSIN DEPARTMENT OF PUBLIC INSTRUCTION 2011, S. 16). In Kompetenzkatalogen und Curricula werden entsprechende Teilkompetenzen und Möglichkeiten der unterrichtlichen Förderung ausformuliert (u.a. Gestaltungskompetenz im Projekt transfer-21 o.J.). Da BNE allerdings initial ein politisch gesteuertes Top-Down-Programm ist, krankt der Ansatz an dreierlei: Einerseits fehlt ihm die theoretische Fundierung. In Teilprojekten und den zahlreichen Praxisprojekten mag sie gelegentlich und punktuell nachgereicht werden, aber letztendlich beraubt eine alleinige normative Setzung ohne durchdachte, gemeinsame theoretische Fundierung den Ansatz von vorneherein seiner Wirkkraft und Umsetzbarkeit. Die systemischen Zusammenhänge innerhalb des Nachhaltigkeitsbegriffs und die Realisierbarkeit der Zielstellung Nachhaltigkeit bleiben weitestgehend unklar. Zum anderen begünstigen die normativen Setzungen des Ansatzes die Reproduktion bestehender Machtverhältnisse etwa zwischen dem globalen Norden und dem globalen Süden (DANIELZIK, FLECHTKER 2015). Der Nachhaltigkeitsbegriff wird aus der Perspektive des Entwicklungsstandes und der historischen Entwicklung des globalen Nordens heraus gedacht. Tatsächlich ist er problemlos geeignet, verschiedene ökonomische und politische Interessen jenseits scheinbar objektiver Kriterien von Gerechtigkeit zu bedienen. Lateinamerikanische Lehrerververtretungen fordern vor diesem Hintergrund bereits seit geraumer Zeit eine Alternative in Form einer kritischen Umweltbildung (MANIFESTO 2005). BNE besitzt also keine inhärenten Instrumente, über den eigenen normativen Ansatz und dabei

angewandte Begriffe zu reflektieren. Darüber hinaus folgt BNE, abgesehen von dem punktuellen Hinweis auf Lernen mit Dilemmata, einem idealistischen Aktions-, Lösungs- und Machbarkeitsideal, das Machtungleichgewichte und Interessen kaum erfasst, sondern quasi nur Sieger kennt (vgl. DEUTSCHE UNESCO-KOMMISSION 2011). So gesehen ist auch BNE selbst ein Fall für eine Analyse im Rahmen der Politischen Ökologie, wenn es um die Interessen der an der Formulierung dieses Programms beteiligten oder eben nicht beteiligten Akteure geht oder im Rahmen von Diskursanalysen, wenn ihr Sprachduktus und damit verbundene Deutungshoheiten in den Fokus rücken.

Zusammen mit den methodischen Implikationen aus oben genannten erkenntnistheoretischen Ansätzen kann jedoch, neben der skizzierten wie kritisierten Programmatik und ihrer Methodik, auch ein Blick auf inhaltliche Fragestellungen sinnvoll sein, um die Notwendigkeit und die Herausforderungen einer komplexeren, systemisch orientierten und damit theoretisch fundierten Betrachtung von Mensch-Umwelt-Zusammenhängen im Unterricht noch einmal zu betonen. Hierfür eignet sich im Besonderen der Begriff des Anthropozäns.

Das Anthropozän – ein aktuell viel diskutierter (LIPPUNER ET AL. 2015) und nicht unumstrittener Begriff (vgl. WELZER 2014) – gilt als Anwärter für die Bezeichnung der aktuellen geologischen Epoche, in der der Mensch unumkehrbar und tiefgreifender als je zuvor die Erde gestaltet und prägt (CRUTZEN ET AL. 2011). Als Beginn kann beispielsweise die Industrialisierung angesehen werden mit ihrer Veränderung des Kohlenstoffhaushalts und der Zusammensetzung der Erdatmosphäre. Darüber hinaus wird das Anthropozän u.a. über die Übernutzung von Ressourcen, den Klimawandel, die Produktion von Artefakten, Müll und Sondermüll und gezielten Eingriffen in den Genpool definiert. Daraus resultieren tiefgreifende Probleme und damit lohnende wie dringliche Fragen der zukünftigen Gestaltung, aber auch des zukünftigen Begreifens von Mensch-Umwelt-Beziehungen jenseits traditioneller Kategorien und Grenzen (vgl. LIPPUNER ET AL. 2015). Zum Beispiel Fragen wie diese:

Wie würde eine Gesellschaft aussehen, die tatsächlich gerecht und haushaltend agieren würde? Welche Gesellschaftsform würde diese nicht unbedingt ideale Utopie befördern? Ist weiteres ökonomisches Wachstum, das dem Anthropozän den polemischen Beinamen „Kapitalozän“ (ALTVATER 2013, S. 71) einbringt, vor dem Hintergrund der aktuellen Gestaltung von Wertschöpfungsketten überhaupt haltbar? Wie viele Menschen können, dürfen auf der Erde leben? Sind wir für das Überleben bereit, Rückschritte in Kauf zu nehmen? Kann Technik überhaupt realistisch alle unsere Nachhaltigkeitsprobleme lösen? Etc.

Diese Fragen können als Weiterführung der konkreten fallorientierten Fragen, die im durch Fragen der Politischen Ökologie aufgewerteten Unterrichtsbeispiel oben gestellt sind, auch unterrichtlich angewandt werden. Sie sind nicht allein philosophischer Art, sie erfordern nicht nur (neues, anderes) Denken, sondern

vielmehr auch Entscheiden und Handeln. Die Herstellung von Handlungskompetenz muss wiederum die Schule nach Kräften fördern. Die Komplexität dieser (niemals vollends objektiv und allgemein zufriedenstellend zu „lösenden“) Herausforderungen bedarf im Gegensatz zu einem naiv anmutenden Nachhaltigkeitsbegriffs der BNE elaborierter, erkenntnistheoretisch fundierter Kenntnisse in den Natur- wie Gesellschaftswissenschaften, die mündig, verantwortlich und kompetent angewandt werden und dadurch auch in die Lage versetzen, herkömmliche Denkroutinen zu verlassen und Disziplinargrenzen kritisch zu verhandeln (vgl. SCHLOTTMANN 2015).

Noch einmal und abschließend lässt sich zusammenfassen: Ansätze wie die Politische Ökologie bilden, richtig verstanden, nicht die (isolierte) politische Dimension der Ökologie (hier die Ökologie, dort ihre politische Rahmung oder Umsetzung), sondern vermitteln, dass Ökologie immer schon politisch ist – und einer entsprechenden wissenschaftlichen Betrachtung bedarf. Naturwissenschaftliches Denken produziert in diesem Zusammenhang nur eine – wenn auch je nach Fragestellung sinnvolle – Wahrheit von vielen. Ökologische (integrative) Bildung indessen ist immer auch politische Bildung.

Literatur

- ALTVATER, W. (2013): Wachstum, Globalisierung, Anthropozän. Steigerungsformen einer zerstörerischen Wirtschaftsweise. In: Emanzipation 3, Heft 1, S. 71-88.
- BAUER, I. (2015): Akteur-Netzwerk-Theorie im Geographieunterricht? Das Beispiel „Wasser“. In: GRYL, I., SCHLOTTMANN, A., KANWISCHER, D. (Hrsg.): Mensch:Umwelt:System – Theoretische Grundlagen und praktische Beispiele für den Geographieunterricht. Münster. S. 251-266.
- BLAIKIE, P.M. (1995): Changing environments or changing views? A political ecology for developing countries. In: Geography 80, Heft 3, S. 203–214.
- CRUTZEN, P., MASTRANDREA, M., SCHNEIDER, S., DAVIS, M., SLOTERDIJK, P. (2011): Das Raumschiff Erde hat keinen Notausgang. Energie und Politik im Anthropozän. Berlin.
- DANIELZIK, C.-M., FLECHTKER, B. (2015): Wer mit Zweitens anfängt. Bildung für nachhaltige Entwicklung kann Machtwissen tradieren. In: iz3w 2015, Ausgabe 329, S. 8-10.
- DGfG (Deutsche Gesellschaft für Geographie) (2014): Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss. 8. Aufl., Berlin.
- DEUTSCHE UNESCO-KOMMISSION (2011): UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“2005–2014.

- http://www.bneportal.de/fileadmin/unesco/de/Downloads/Dekade_Publicationen_national/Nationaler_Aktionsplan_2011.pdf (Zugriff: 2015-03-16).
- EGNER, B., RATTER, B., DIKAU, R. (2008): Umwelt als System- System als Umwelt? Systemtheorien auf dem Prüfstand. München.
- GRYL, I., SCHLOTTMANN, A., D. KANWISCHER (2015): Mensch:Umwelt:System – Theoretische Grundlagen und praktische Beispiele für den Geographieunterricht. Münster.
- HOFMANN, B. (2004). Kochen mit dem Kochspiegel. Praktische Erarbeitung – Solarenergie im Fächerübergreif. In: Praxis Geographie, Heft 1, S. 19-22.
- KÖCK, H. (2008): Thesen zur innergeographischen Integration von natur- und sozialwissenschaftlicher Dimension als Voraussetzung für eine mögliche Brückenfunktion. In: geographische revue, Heft 1, S. 31-39.
- KRINGS, T. (2008): Politische Ökologie - Grundlagen und Arbeitsfelder eines geographischen Ansatzes zur Mensch-Umweltforschung. In: Geographische Rundschau 60, Heft 12, S. 4 – 9.
- KRINGS, T. (2013): Politische Ökologie. In: GEBHARDT, H., GLASER, R., RADTKE, U., REUBER, P. (Hrsg.): Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage. München, S. 1097 – 1105.
- LABUDDE, P., MÖLLER, K. (2012): Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Heft 1, S. 11-36.
- LAW, J., HASSARD, J. (1999, eds.): Actor network theory and after. London: Blackwell.
- LIPPUNER, R., WIRTHS, J., GOEKE, P. (2015): Das Anthropozän — eine epistemische Herausforderung für die spätmoderne Sozialgeographie In: <http://www.raumnachrichten.de/diskussionen/1988-roland-lippuner-johannes-wirths-und-pascal-goeke-das-anthropozan> (Zugriff: 2015-09-15).
- LIPPUNER R. (2008): Die Abhängigkeit unabhängiger Systeme. Zur strukturellen Kopplung von Gesellschaft und Umwelt. In: EGNER, H., RATTER, B., DIKAU, R. (Hrsg.): Umwelt als System – System als Umwelt. Systemtheorien auf dem Prüfstand. München, S. 103-117.
- LIPPUNER, R. (2010). Operative Geschlossenheit und strukturelle Kopplung: Zum Verhältnis von Gesellschaft und Umwelt aus systemtheoretischer Sicht. In: Geographische Zeitschrift 98, Heft 4, S. 194–212.
- MANIFIESTO (POR LA EDUCACIÓN AMBIENTAL) (2005): Manifiesto por la educación ambiental. www.anea.org.mx/Enlaces.htm (Zugriff: 2015-03-20).

- MÖNTER, L. (2011): Die Verknüpfung von natur- und gesellschaftswissenschaftlicher Bildung. In: *Geographie und Schule* 33, Heft 191, S.4-10.
- NAAEE (NORTH AMERICAN ASSOCIATION FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION) (2012): *Developing a Framework for Assessing Environmental Literacy. Executive Summary.* <http://www.naaee.net/sites/default/files/framework/EnvLiteracyExeSummary.pdf> (Zugriff: 2015-03-23).
- OECD (Hrsg.) (2007): *PISA 2006: Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von morgen. Kurzzusammenfassung.* Online: <http://www.oecd.org/pisa/>
- ORR, D.W. (1992): *Ecological Literacy. Education and the Transition to a Postmodern World.* Albany, NY.
- REUBER, P. (2012): *Politische Geographie.* Paderborn.
- ROTH, C. E. (1992): *Environmental literacy. Its roots, evolution, and directions in the 1990s.* Columbus, OH.
- SCHLOTTMANN, A. (2015): (Wie) ist Systemkompetenz möglich? Humangeographische, erkenntnistheoretische und pragmatische Perspektiven für eine integrative geographische Bildung. In: GRYL, I., SCHLOTTMANN, A., KANWISCHER, D. (Hrsg.): *Mensch:Umwelt:System – Theoretische Grundlagen und praktische Beispiele für den Geographieunterricht.* Münster. S. 99-128.
- SCHMIDT, M. (2013): *Mensch und Umwelt in Kirgistan. Politische Ökologie im postkolonialen und postsozialistischen Kontext.* Stuttgart.
- SCHOLZ, R.W. (2011): *Environmental Literacy in Science and Society.* Cambridge.
- STRÜVER, A. (2011): Der Konstruktivismus lernt laufen: "Doing more-than-representational geography". In: *Social Geography* 6(1), 1-13.
- THRIFT, N. (2007): *Non-Representational Theory. Space, Politics, Affect.* London.
- TRANSFER-21 (o.J.): *Gestaltungskompetenz Lernen für die Zukunft - Definition von Gestaltungskompetenz und ihrer Teilkompetenzen.* <http://www.transfer-21.de/index.php?p=222> (Zugriff: 2015-03-16).
- WARDENGA, U. (2011): *Geographie als Brückenfach – oder: Arbeit am Mythos.* In: *Entgrenzt. Studentische Zeitschrift für Geographisches*, Heft 1, S. 4-16.
- WEICHHART, P. (2003): *Physische Geographie und Humangeographie – eine schwierige Beziehung: Skeptische Anmerkungen zu einer Grundfrage der Geographie und zum Münchner Projekt einer „integrativen Umweltwissenschaft“.* In: HEINRITZ, G. (Hrsg.): *Integrative Ansätze in der Geographie – Vor-*

bild oder Trugbild?: Münchner Symposium zur Zukunft der Geographie. Eine Dokumentation. Passau, S. 17-3.

WEICHHART, P. (2005): Auf der Suche nach der „dritten Säule“. Gibt es Wege von der Rhetorik zur Pragmatik? In: MÜLLER-MAHN, D., WARDENGA, U. (Hg.): Möglichkeiten und Grenzen integrativer Forschungsansätze in Physischer Geographie und Humangeographie. Leipzig, S. 109-136.

WEICHHART, P. (2008). Der Mythos vom „Brückenfach“. In: Geographische Revue 10, Heft 1, S. 59–69.

WELZER, H. (2014): Lost in the Anthropocene? – Nachhaltige Wissenschaft in der Epoche der Menschheit. Vortrag auf der Tagung 25 Jahre ISOE. <http://www.isoe.de/medien/news/news-single/25-jahre-isoe-tagung-lost-in-the-anthropocene-nachhaltige-wissenschaft-in-der-epoche-der-me-1/> (Zugriff: 2015-03-24).

WERLEN, B. (2000): Sozialgeographie. Bern. Stuttgart. Wien.

WHATMORE, S. (2002): Hybrid geographies: natures cultures spaces. London.

WISCONSIN DEPARTMENT OF PUBLIC INSTRUCTION (2011): Wisconsin's Plan to Advance Education for Environmental Literacy and Sustainability in PK-12 Schools. <http://www.uwsp.edu/cnr-ap/wcee/Documents/env-literacy-plan.pdf> (Zugriff 2015-09-16).

Teil 2: Von der Theorie zur Praxis: Versuche und Experimente für das Schülerlabor

KEMIE: Kinder erleben mit ihren Eltern Chemie – Theoretischer Hintergrund, Konzept und Evaluation eines etablierten Lernarrangements für Kinder und ihre Eltern im Alfred Krupp-Schülerlabor der Ruhr-Universität Bochum

von Katrin Sommer, Ruhr-Universität Bochum; Adrian Russek, Neues Gymnasium Bochum; Helma Kleinhorst, Märkische Schule Wattenscheid; Annette Kakoschke, Carl-Friedrich-Gauß Gymnasium Gelsenkirchen; Nicolas Efinger, Ruhr-Universität Bochum

Abstract

KEMIE – Kinder erleben mit ihren Eltern Chemie – ist ein inzwischen etabliertes experimentelles Lernarrangement für Kinder und ihre Eltern im Alfred Krupp-Schülerlabor der Ruhr-Universität Bochum. Es dient der Förderung nachhaltigen Interesses von Kindern an der Naturwissenschaft Chemie. Im Oktober 2015 startete der achte KEMIE-Jahrgang mit 82 Eltern-Kind-Paaren.

KEMIE zeichnet sich durch eine besondere Langfristigkeit aus. Pro KEMIE-Jahrgang erhalten die Kinder (dritte bis fünfte Jahrgangsstufe) und ihre Eltern die Möglichkeit, an neun Lerneinheiten (à drei Zeitstunden) mit monatlich wechselnden Themenschwerpunkten teilzunehmen. Das dafür entwickelte didaktische Konzept bietet die Begegnung mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen an motivierenden, aus der Lebenswelt der Kinder und Eltern stammenden Phänomenen und Fragestellungen. An den sieben bislang durchgeführten KEMIE-Jahrgängen haben 613 Eltern-Kind-Paare teilgenommen. Knapp 70 % der Eltern-Kind-Paare nehmen mindestens sieben Lerneinheiten wahr (SOMMER ET AL. 2013).

KEMIE setzt von Anfang an auf eine systematische und aufeinander aufbauende Evaluation. Sie dient einerseits der internen Weiterentwicklung und Verfeinerung des Vermittlungskonzeptes und andererseits der Untersuchung spezifischer Fragestellungen, wie beispielsweise dem Einfluss von KEMIE auf die Interessensentwicklung. Es zeigt sich, dass nicht nur die Kinder, sondern auch die Eltern profitieren: Die Kinder gehen mit einem hohen Interesse aus dem Lernarrangement KEMIE heraus; die Eltern nehmen durch KEMIE bewusster wahr, dass der Alltag durch die Naturwissenschaft Chemie geprägt ist.

Auf der Basis der inhaltlichen Geschlossenheit, der langfristigen Konzeption und der identifizierten Wirksamkeit bietet KEMIE Ansätze und Impulse für zukünftige Aktivitäten in den Bereichen Forschung und Entwicklung. Im Bereich Entwicklung

ist die curriculare Einbindung von KEMIE in die existierende Lehrveranstaltung „Das Schülerlabor als außerschulischer Lernort“ geplant; außerdem werden Möglichkeiten der Übertragbarkeit von KEMIE an andere Lernorte (z. B. Schule) und/oder Standorte geprüft. Aus Forschungsperspektive dürften die umfangreichen Audiodaten der Eltern-Kind-Kommunikation während der KEMIE-Lerneinheiten von besonderem Interesse sein.

Schlagworte: Alfried Krupp-Schülerlabor der Ruhr-Universität Bochum, Eltern und Kinder erleben Chemie, naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, Experimentieren

1 Eine Vision

Das Fußballspiel lebt von der Leidenschaft der Spieler. Die Naturwissenschaft Chemie lebt von der Leidenschaft ihrer Wissenschaftler. Wie gewinnt man aber neue Spieler? Im Fußball ist das ganz einfach: Elterliches Interesse vorausgesetzt, werden sie ihre Kinder – schon lange bevor diese die Schulbank drücken – im ortsansässigen Fußballverein anmelden. Im wöchentlichen Training – und in so mancher privaten Trainingseinheit mit Vater (oder Mutter) – lernen die Kleinen Taktiken und Strategien kennen und üben diese ein. Dabei sind Geduld und Ausdauer unerlässlich. Bei den samstäglichen Turnieren stellen sie ihre erworbenen Kompetenzen unter Beweis, bringen Kreativität mit ein und hoffen auf das kleine bisschen Glück, das es auch braucht, um erfolgreich zu sein und Spiele zu gewinnen. Die Eltern sind aktiv und emotional eingebunden, wenn sie mit ihren Kindern üben, sie samstags zum Turnier begleiten, anfeuern, mitjubeln oder trösten. Da blickt man als Wissenschaftler fast neidvoll auf den Fußballplatz. Und eine Frage liegt in der Luft: Kann es gelingen, dass ein gemeinsames Erlebnis „naturwissenschaftliches Forschen“ so selbstverständlich sein wird wie der (natürlich) gemeinsame Besuch von Kindern und Eltern auf dem Fußballplatz?

2 Erste Ansätze und ihre fachdidaktischen Konzeptionen

Kann man Eltern und Kinder überhaupt gemeinsam forschen und experimentieren lassen?

Eine erste Variante wird an der Municipal University von Omaha (Nebraska) in den 1960er Jahren praktiziert (O`CONNOR, 1960). Ziel des Projektes ist es, Kindern und Eltern chemisches Fachwissen zu vermitteln und grundlegende Abläufe naturwissenschaftlicher Arbeit aufzuzeigen. Man erhofft sich, das allgemeine Interesse der 10- bis 14-jährigen Kinder und Jugendlichen an Chemie zu steigern. Die sechs Versuchstage haben einen strikten Ablauf: Einem einstündigen Vortrag mit Demonstrationsexperimenten folgt eine einstündige Arbeitsphase im Labor. Am ersten Versuchstag steht das Thema Atomaufbau im Mittelpunkt. Die Teil-

nehmer lernen sowohl die Elementarteilchen als auch die Kettenreaktionen kennen, und im Labor kommt der Geiger-Zähler zum Einsatz. Die sehr stark fachwissenschaftliche Akzentuierung durchzieht das gesamte Projekt, wie ein Blick auf die Inhalte erkennen lässt: „Säuren, Basen und Salze sowie Siliconchemie“, das „Kohlenstoffatom“ oder „Makromoleküle“; die dazugehörigen Experimente widmen sich u. a. der Darstellung von Chlorwasserstoffgas, Sauerstoff oder Aspirin.

Das Projekt „Exploring Chemistry for Parents and Children“ – 1976 an der Washburn University of Kansas initiiert – unterwirft sich als erstes dem Verbot formeller Vorträge (COHEN, 1979). Stattdessen steht das Lernen durch eigene Experimente und Demonstrationsexperimente sowie durch Gruppengespräche im Vordergrund. Die Themenauswahl der sechs zweistündigen Experimentiereinheiten für Kinder und Eltern orientiert sich trotz der gesteigerten Interaktion zwischen Kindern und Eltern immer noch stark an den Konzepten der Fachwissenschaft Chemie (z. B. „Säure und Base“ sowie „Elektrochemie“).

Neben dieser und anderen Einzelmaßnahmen legen die USA im Jahr 1986 das landesweite Programm „PACTS“ („Parents and Children for Terrific Science“) auf, um praktische naturwissenschaftliche Erfahrungen innerhalb der Familie zu fördern (KELTER & PAULSON 1990). Zudem will man das Bewusstsein für Naturwissenschaften allgemein steigern und beispielsweise die Eltern mobilisieren, sich in den Schulen für die Anerkennung der Naturwissenschaften als Hauptfach zu engagieren.

Allein in den Jahren 1987 bis 1989 fördert „PACTS“ 41 Einzelprojekte an Schulen und Hochschulen, stellvertretend seien die „Workshops for Moms, Dads and Kids: How to be a Kitchen Chemist“ genannt. Sie richten sich an sozial benachteiligte Familien mit Kindern der vierten bis sechsten Jahrgangsstufe (HERMENS & MCCOY, 1986). Diese Kinder sollen die Möglichkeit erhalten, ihre grundsätzliche Neugier an Naturwissenschaften und ihre vorhandenen Fähigkeiten auszuleben. Die Eltern werden mit einbezogen, damit sie als Folge der Teilnahme die häusliche Lernumgebung ihrer Kinder positiv beeinflussen können.

Der Kurs „How to be a Kitchen Chemist“ und sein Nachfolger „Chemistry and The Real World“ bestehen aus jeweils zwei Treffen à 90 Minuten und konzentrieren sich auf die Verknüpfung von chemischen Inhalten mit der Lebenswelt der Kinder. Das gelingt zum einen mit Themen aus der Lebensmittelchemie oder der Chemie des menschlichen Körpers und zum anderen durch Themen mit Bezug zur regionalen Industrie. So verwundert es nicht, wenn die Papierherstellung Teil des Programms ist, schließlich ist die Papierindustrie im Bundesstaat Wisconsin ein wichtiger Industriezweig (HERMENS & MCCOY 1986).

Diese exemplarisch ausgewählten Projekte spiegeln die didaktische Entwicklung der Eltern-Kind-Projekte wider: aus thematischer Sicht wenden sie sich von primär fachlichen Inhalten (Basiskonzepten) immer stärker alltags- und anwendungsbezogenen Themen zu – ohne am Ende „Küchenchemie“ zu betreiben,

auch wenn das der Titel „How to be a Kitchen Chemist“ vermuten lässt. Aus methodischer Sicht gelingt der lernpsychologisch geforderte Wandel von der Instruktion zur Konstruktion; das Experiment spielt aber in allen Fällen eine entscheidende Rolle – wenn auch mitunter öfter als Demonstrations- denn als „Schüler“-Experiment. Eine weitere Veränderung betrifft die betreuenden Akteure. Während es in den ersten Projekten ausschließlich Wissenschaftler sind, arbeiten Projekte in der jüngeren Zeit auch mit Studierenden bzw. Schülern höherer Jahrgangsstufen. Beispiele dafür sind die „Science for Kids“ des Williams College in Williamstown, Massachusetts (KOEHLER ET AL. 1999), und „Gemeinsam: Kinder und Eltern experimentieren“ der Berufsbildenden Schule Technik 1 Ludwigshafen (Berufsbildenden Schule Ludwigshafen).

Das Projekt „Science for Kids“, das aus experimentellen Workshops besteht, gibt es seit dem Jahr 1999 (KOEHLER ET AL. 1999). Die Workshops zu den verschiedenen Themen werden im Rahmen einer Lehrveranstaltung des Colleges von Studierenden entwickelt und durchgeführt. So erfüllt dieses Eltern-Kind-Projekt gleich zwei Bedürfnisse. Den Eltern-Kind-Paaren werden praktische Erfahrungen mit Naturwissenschaften ermöglicht, um das Interesse an Chemie und dem Experimentieren zu Hause zu wecken und zu fördern. Den betreuenden Studenten wird die Möglichkeit geboten, chemische Themen für Viertklässler entsprechend aufzuarbeiten und sie ihnen näher zu bringen. Das Beispiel aus Ludwigshafen folgt seit dem Jahr 2003 einem ähnlichen Prinzip. Schüler der Chemie-Leistungskurse betreuen – nach einer Schulung – die Eltern-Kind-Paare je einen Samstagvormittag bei ihren Arbeiten im Labor (Berufsbildenden Schule Ludwigshafen).

Bei der Evaluierung der Wirksamkeit der Eltern-Kind-Projekte gleichen sich nahezu alle angeführten Beispiele: Man begnügt sich in der Regel mit Aussagen, dass Eltern und Kinder das jeweilige Projekt mit Begeisterung aufgenommen haben. Als Indikatoren für diese Beurteilung gelten beispielsweise die Forderungen nach weiterführenden Projekten sowie die Anwesenheitsquote von 90 %. Grundlegende empirische Befunde lassen alle Beiträge vermissen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es Konzepte gibt, welche die Eltern-Kind-Beziehung nutzen, um den Kindern einen Zugang zu Naturwissenschaften zu ermöglichen. Allerdings fehlen in den meisten Fällen eine langfristige Konzeption sowie eine systematische Evaluation. Genau an dieser Stelle setzt das Lernarrangement KEMIE – Kinder erleben mit ihren Eltern Chemie (SOMMER, RUSSEK, KLEINHORST, KAKOSCHKE & EFING 2013) ein.

3 KEMIE – Kinder erleben mit ihren Eltern Chemie

3.1 Das Konzept von KEMIE

3.1.1 Zielgruppe

„Kinder erleben mit ihren Eltern Chemie“ (KEMIE) setzt auf die Eltern-Kind-Beziehung und richtet sich an Kinder der dritten bis fünften Jahrgangsstufe und ihre Eltern. Primärer Ort dieses gemeinsamen Lernens ist ein außerschulischer Lernort, das biologisch-chemische Labor im Alfred Krupp-Schülerlabor der Ruhr-Universität Bochum. Eingerichtet wie ein "echtes" Labor schafft es Authentizität und ist großzügig genug, um 32 Teilnehmern, also 16 Eltern-Kind-Paaren, zeitgleich die Gelegenheit zum Forschen und Experimentieren zu geben. Damit wird der außerschulische Lernort Schülerlabor hinsichtlich der angesprochenen Zielgruppe – genauer gesagt der beiden Zielgruppen – nämlich Kinder und ihre Eltern – neu definiert.

3.1.2 Inhalte

Inhaltlich setzt KEMIE auf die Begegnung mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen. Aber: Es gibt kein Stricken ohne Wolle. Erst an konkreten, motivierenden, aus der Lebenswelt der Kinder und Eltern stammenden Phänomenen und Fragestellungen sowie mit konkreten (chemischen) Untersuchungsmethoden lassen sich die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen erfahren. Die Eltern-Kind-Paare erleben, was es heißt, an die Natur eine Frage zu stellen, diese Frage mit geeigneten chemischen Methoden, z. B. Extraktion von Fett oder Brennpote bei unterschiedlichen Textilstoffen, zu untersuchen und aus den experimentellen Befunden eine Schlussfolgerung zu ziehen. Durch diese Vorgehensweise erlangt das Experiment eine besondere Position und zeigt, wie Wissen in einer empirischen Wissenschaft entsteht. Die Beispiele, an denen der Weg der Erkenntnis beschritten wird, sind so gewählt, dass bei jeder KEMIE-Einheit eine naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise im Vordergrund steht (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Methoden der Naturwissenschaften – umgesetzt an chemischen Gegenständen in KEMIE (aus: SOMMER ET AL. 2013, S. 230)

Methoden der Naturwissenschaften nach Osborne ET AL. [6]	<i>Methodische Schwerpunkte im KEMIE-Projekt (Kapitelnummer):</i> inhaltliche Umsetzung
Beobachtung und Messung	<i>Wahrnehmung, Beobachtung und Erkenntnis (3.1):</i> Nachweis von Stärke, Mikroskop-Führerschein, Mikroskopische Beobachtung verschiedener Stärkekörner und Anwendung auf Lebensmittel
	<i>Messen – quantitatives Beobachten (3.2):</i> Halbquantitative und quantitative Bestimmung des Zuckergehalts in Kinderpunsch sowie Bestimmung des Alkoholgehalts im Glühwein; Vergleichsreihe
Analyse und Interpretation von Daten	<i>Daten sammeln, analysieren und interpretieren (3.3):</i> Bau und Funktionsweise der selbsterhitzenden Kakaodose (basiert auf der Reaktion von Calciumoxid und Wasser); Temperaturkurven zeichnen und interpretieren
	<i>Vergleichen und Klassifizieren (3.8):</i> Klassifikation von Stoffen anhand der Struktur-Eigenschafts-Beziehung (am Beispiel von Textilstoffen) sowie Eigenschaft-Anwendungsbeziehung (am Beispiel der Schichtdicken von Aluminiumfolien)
Vielfalt der Naturwissenschaftlichen Methode & Experimentelle Methode und kritisches Nachprüfen	<i>Methode(n) – Markenzeichen einer Wissenschaft (I) (3.4):</i> Ausgewählte Inhaltsstoffe von Chips (Fett und Kochsalz), Brenner-Führerschein
	<i>Methode(n) – Markenzeichen einer Wissenschaft (II) (3.5):</i> Ausgewählte Inhaltsstoffe von Brausetabletten (Farbstoffe und Kohlenstoffdioxid-Träger)
Experimentelle Methode und kritisches Nachprüfen	<i>Anwendung der isolierenden Variablenkontrolle (3.6):</i> Parameter beim Cola-mentos-Versuch; quantitative Extraktion von Mandelöl
Naturwissenschaft und Fragen	<i>Generierung von Forschungsfragen (3.9):</i> Entwicklung von Forschungsfragen am Beispiel von Badesalz
Hypothese und Vorhersage	<i>Generierung und Überprüfung von Hypothesen (3.7):</i> Bestimmung von Emulsionsarten von Cremes und anderen Alltagsprodukten
Kreativität	z.T. in Form von experimentellen Hausaufgaben

So legt eine Einheit den Fokus auf die "Analyse und Interpretation von Daten", bei einer anderen Einheit steht die Auseinandersetzung mit "Naturwissenschaften und Fragen" im Mittelpunkt, oder es wird thematisiert, was man unter "Beobachtung und Messung" versteht. Diese drei exemplarisch genannten "Methoden der Naturwissenschaften" gehören zu einer Gruppe von Methoden, die durch OSBORNE ET AL. (2003) als die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen identifiziert wurden, welche im Naturwissenschaftsunterricht gelehrt werden sollten. Wir haben diese zur Strukturierung von KEMIE herangezogen und ein spiralcurricular aufgebautes Vermittlungskonzept geschaffen, das fachdidaktische Grundlagen (z. B. Berücksichtigung der Leitlinie "Alltagsbezug") und aktuelle naturwissenschaftsdidaktische Forschungsergebnisse vereint.

Um die Umsetzung des Konzeptes anschaulicher werden zu lassen, soll die Lerneinheit der selbsterhitzenden Kakaodose kurz vorgestellt werden. Bei dieser Einheit liegt der Schwerpunkt auf "Analyse und Interpretation von Daten". Die Eltern-Kind-Paare untersuchen zunächst den Aufbau der Dose und die Funktionsweise der Einzelkomponenten. Ein weißer Feststoff und eine gelbe Flüssigkeit werden in ihrem Zusammenwirken als "Heizelemente" identifiziert. In einem Becherglas zusammengebracht wird die drastische Temperaturerhöhung (ca. 90°C) bei dieser exothermen chemischen Reaktion verfolgt, die Werte werden tabellarisch und graphisch festgehalten. Könnte man solch ein Hightech-Produkt auch selbst herstellen? Dazu bedarf es der Kenntnis der stofflichen Natur der Komponenten. Während der weiße Feststoff als Calciumoxid deklariert ist, fehlt diese Information für die gelbe Flüssigkeit. Die Untersuchung der gelben Flüssigkeit auf ihre Stoffeigenschaften dient dem Aufstellen einer begründeten Vermutung über deren stoffliche Natur. Die Eltern-Kind-Paare wählen aufgrund ihres Vorwissens zu untersuchende Eigenschaften aus - klassisch sind u. a. Brennbarkeit und Lösungsverhalten, aber auch die Gefrierfähigkeit wurde schon geprüft. All diese Elemente eröffnen für Kinder und Eltern die Möglichkeit für selbstentdeckendes Lernen. Die begründete Vermutung, dass es sich bei der Flüssigkeit um Wasser handeln könnte, wird erneut experimentell überprüft: u. a. über die Ermittlung der maximalen Reaktionstemperatur von Calciumoxid mit Wasser und deren Vergleich mit der Reaktionstemperatur von Calciumoxid und der gelben Flüssigkeit. Dieser Schritt ist repräsentativ für das wissenschaftlich-analytische Denken und Handeln in der Naturwissenschaft Chemie. Könnte anstelle von Calciumoxid auch ein anderer Stoff für den Selbstbau der Dose genutzt werden? Verschiedene Stoffe (u. a. Rohrreiniger, Kochsalz, Calciumchlorid (in Frostschutzmitteln enthalten)) stehen für diese Untersuchung zur Verfügung und runden damit den synthetischen Teil des Vorgehens mit einem deutlichen Technikbezug ab.

3.1.3 Umfang

Mit der Langfristigkeit setzt KEMIE neue Maßstäbe. Über neun Monate hinweg läuft ein KEMIE-Jahrgang, der schuljahreskonform im Oktober startet und im Juni endet. Er besteht also aus neun Lerneinheiten – jeden Monat eine neue, dreistündige Lerneinheit (vgl. Tab. 1). Jede Lerneinheit wiederum wird familienfreundlich wahlweise Freitagnach-, Samstagvor- und Samstagnachmittag angeboten. Für 80 Eltern-Kind-Paare werden vor dem Hintergrund der Laborkapazitäten (max. 16 Eltern-Kind-Paare pro Termin) pro Monat fünf Termine benötigt, d. h. ein Freitagnachmittag, zwei Samstagvormittage und zwei Samstagnachmittage. Jedes Eltern-Kind-Paar nimmt an einem dieser Termine pro Monat teil. Dafür meldet es sich vorher an – das erzeugt Verbindlichkeit und schafft zugleich eine Verpflichtung, den Termin auch tatsächlich wahrzunehmen. An dieser Stelle sei das besondere Engagement der Betreuer (ein wissenschaftlicher Mitarbeiter und zwei wissenschaftliche Hilfskräfte) für das Lernarrangement herausgestellt: sie teilen für KEMIE ihre Wochenenden mit den Eltern-Kind-Paaren. Aber die Mühen werden belohnt: 70% der Eltern-Kind-Paare nehmen an mindestens sieben Lerneinheiten teil.

Neben den neun dreistündigen Lerneinheiten im Labor stellt KEMIE mit experimentellen Hausaufgaben ein zusätzliches Angebot bereit. Somit können sich Kinder und ihre Eltern vertiefend mit dem neu Gelernten auseinandersetzen und auch den Elternteil, der nicht im Labor dabei ist, daran teilhaben lassen. Außerdem erkennen sie, dass Chemie nicht nur in einem perfekt ausgestatteten Labor, sondern auch zu Hause, in ihrem Alltag, existiert. Mit üblicherweise im Haushalt vorfindbaren Dingen, wie Kartoffeln, Kerzen oder Sonnenmilch, kann spannenden Fragen nachgegangen werden. Damit wird der Transfer ins häusliche Umfeld vorbereitet und der Weg geebnet, auch zukünftig naturwissenschaftliche Fragen experimentell zu untersuchen.

3.2 Der theoretische Hintergrund von KEMIE

Das didaktische Konzept ist durch drei Merkmale gekennzeichnet: (1) Einbeziehung der Eltern, (2) Langfristigkeit und (3) Begegnung mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen an motivierenden aus der Lebenswelt der Kinder und Eltern stammenden Phänomenen und Fragestellungen. Die Entscheidung für diese Merkmale ist aus Erkenntnissen der fachdidaktischen und bildungswissenschaftlichen Forschung motiviert.

3.2.1 Einbeziehung der Eltern

Upmeier zu BELZEN & VOGT (2001) haben festgestellt, dass das Interesse bei Kindern *"mehr vom Elternhaus als von Erzieherinnen bzw. Lehrpersonen"* angeregt wird. Den Eltern kommt also eine zentrale Rolle bei der Interessensbildung ihrer

Kinder zu. Das trifft sicher auch für die Naturwissenschaften zu. Aber wie sollen Eltern derartige Entwicklungsgelegenheiten für ihre Kinder schaffen (Schneewind, 2006), wenn sie selbst vom negativen Image des Unterrichtsfaches Chemie geprägt sind? Möchte man also Kinder für Chemie und andere Naturwissenschaften interessieren, müssen die Eltern in den Blickwinkel rücken und aktiv eingebunden werden – beispielsweise durch ein gemeinsames Lernarrangement für Kinder und Eltern. Die Einbindung der Eltern führt dazu, dass sich die Kinder länger und fokussiert mit dem Gegenstand beschäftigen (CROWLEY ET AL. 2001). Und darüber hinaus leistet ein gemeinsames Lernarrangement einen echten Beitrag zur Familienbildung: *“... parents feel that the program activities change their family learning dynamic, giving them an opportunity to step outside of their traditional role as homework “dictator” to instead work alongside their children to do activities and feel okay about not having all the answers.”* (ELLENBOGEN, LUKE & DIERKING 2004, S. 54). Somit hat ein gemeinsames Lernarrangement wie KEMIE nicht eine, sondern eigentlich zwei Zielgruppen – nämlich Kinder und ihre Eltern, bei dem die Eltern ganz nebenbei die Naturwissenschaft Chemie vielleicht neu entdecken.

Die gewählte Altersgruppe der Kinder liegt in der Tatsache begründet, dass das Interesse und die kognitive Aufgeschlossenheit gegenüber naturwissenschaftlichen und technischen Dingen bei Kindern früh geprägt werden. Die dafür notwendige Initialzündung sollte bei den Kindern bis zu einem Alter von 10 Jahren – also bis zum Ende der Grundschulzeit – erfolgen (ZIEFELE & JAKOBS 2009). Neben der Offenheit, mit der die Kinder den Naturwissenschaften gegenüberstehen, bringen sie eine hohe Motivation mit, sich mit Naturwissenschaften zu beschäftigen. Bei den Sechs- bis Zehnjährigen ist diese hohe Motivation unabhängig von den schulischen Leistungen gegeben (PRENZEL ET AL. 2003).

3.2.2 Langfristigkeit

Mit der Entstehung der Schülerlabor-Szene stellt sich immer wieder auch die Frage nach der Wirksamkeit dieses außerschulischen Lernortes. Die Ergebnisse zeigen, dass ein einmaliger Schülerlabor-Besuch schon einen positiven Effekt auf das Interesse an Naturwissenschaften hat (u. a. ENGELN 2004), allerdings ist dieser Effekt nicht nachhaltig (BRANDT ET AL. 2008). Guderian (2007) spricht den einmaligen Besuchen eine „Catch“-, aber keine „Hold“-Funktion zu. Das anfängliche Interessensniveau kann erst bei einem erneuten Besuch wieder annähernd erreicht werden. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass ein wirksames Lernarrangement von einer langfristigen Konzeption geprägt sein muss, so dass eine wiederholte, systematische Beschäftigung mit der Naturwissenschaft Chemie möglich ist. Das spiegelt sich in der neunmonatigen Projektdauer von KEMIE wider. Darüber hinaus fordert Guderian (2007) eine Nachbereitung im Unterricht – wir

ermöglichen eine Nachbereitung im Sinne einer vertiefenden Beschäftigung mit dem Format der experimentellen Hausaufgaben.

3.2.3 Begegnung mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen an motivierenden, aus der Lebenswelt der Kinder und Eltern stammenden Phänomenen und Fragestellungen

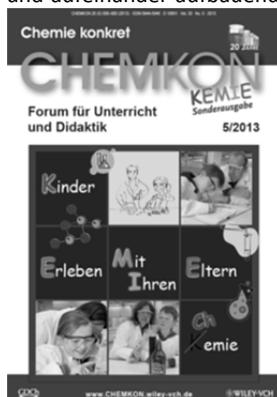
Im Mittelpunkt steht die Begegnung mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, die das spiralcurricular aufgebaute Vermittlungskonzept tragen (vgl. 3.1.2. Inhalte). Bei der Vermittlung wird stets die Balance zwischen Instruktion und Konstruktion angestrebt, um den Teilnehmern Kompetenzerfahrung zu ermöglichen. Die Teilnehmer erlangen so einen Einblick in die Naturwissenschaft Chemie, ohne dass ein vorgezogener Chemieunterricht praktiziert wird.

Die Beispiele, an denen die Denk- und Arbeitsweisen erfahrbar werden, entstammen der Lebenswelt der Kinder und Eltern – sei es Tütensuppenpulver, eine selbsterhitzende Kakaodose, Verpackungen aus Aluminiumfolie oder Badesalz. Damit ist die Verbindung zur Lebenswelt integrativer Bestandteil des didaktischen Konzeptes, so wie es auch für den Chemieunterricht grundsätzlich gefordert (PFEIFER ET AL. 2003) und in der Unterrichtskonzeption „Chemie im Kontext“ (DEMUTH ET AL. 2008) grundlegend ist.

Sowohl beim Arbeiten im (Schüler-)Labor als auch im häuslichen Umfeld wird der didaktisch-methodische Weg durch zielgruppenadäquate Lernmaterialien unterstützt. Sie sind dem wissenschaftlichen Erkenntnisweg entsprechend strukturiert und die einzelnen Elemente durch "Klein-Einstein"-Comics (z. B. "Frage-Einstein") gekennzeichnet. Aus diesen Lernmaterialien entsteht über die neun Lerneinheiten hinweg das persönliche "KEMIE-Laborbuch" eines jeden Eltern-Kind-Paares.

3.3 Ausgewählte Ergebnisse der systematischen Evaluation von KEMIE

KEMIE setzt von Anfang an auf eine systematische und aufeinander aufbauende Evaluation. Sie dient (1) der internen Weiterentwicklung und Verfeinerung des Vermittlungskonzeptes einschließlich der Lernmaterialien, (2) der Beschreibung der Teilnehmerstatistik und der Teilnehmergruppe sowie (3) der Untersuchung spezifischer Fragestellungen.



3.3.1 Interne Weiterentwicklung und Verfeinerung des Vermittlungskonzeptes

Für die Weiterentwicklung des Vermittlungskonzeptes einschließlich der Lernmaterialien wurden die Erfahrungen der Projektleiter, die Ergebnisse der nichtteilnehmenden Beobachtung durch geschulte Master of Education-Studierende und die Ergebnisse von Feedback-Fragebögen (drei Jahrgänge lang am Ende jeder Lerneinheit von Kindern und Eltern getrennt ausgefüllt) genutzt. Es liegt nun ein etabliertes experimentelles Vermittlungskonzept mit transferfähigen Lernmaterialien vor. Das Konzept und das Material sind in einer Sonderpublikation der Zeitschrift „Chemkon“ (SOMMER ET AL. 2013) erschienen und online verfügbar (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ckon.v20.5/issuetoc>).

3.3.2 Beschreibung der Teilnehmerstatistik und der Teilnehmergruppe

Beschreibung der Teilnehmerstatistik: Seit dem Start im Jahr 2008 blickt KEMIE heute auf sieben erfolgreich absolvierte Jahrgänge mit insgesamt 613 Eltern-Kind-Paaren zurück. Die Durchhaltequote ist äußerst stabil: 70% der Eltern-Kind-Paare nehmen mindestens sieben Lerneinheiten wahr. Ab Oktober 2015 startete der achte Jahrgang mit 82 Eltern-Kind-Paaren.

Beschreibung der Teilnehmergruppe: Im Pretest wurden die soziodemographische Daten sowie vertiefend bei den Eltern der berufliche Hintergrund erhoben. Damit soll herausgefunden werden, welche Klientel das Angebot wahrnimmt. 58% der Eltern haben ein Studium absolviert (davon 28% mit naturwissenschaftlichem Hintergrund), 26% der Eltern verfügen über keinen Studienabschluss (16% keine Angaben). Während 37% der Eltern einen beruflichen naturwissenschaftlichen Hintergrund haben, verfügen 51% über keinen naturwissenschaftlichen Hintergrund (12% keine Angabe). Es ist bemerkenswert, dass man mit dem Angebot vor allem Eltern ohne einen naturwissenschaftlichen Hintergrund erreicht, also Eltern, die vor dem Beginn von KEMIE vermutlich weniger motiviert oder in der Lage waren, naturwissenschaftliche Fähigkeiten und Interessen ihrer Kinder gezielt zu fördern. Umso bedeutsamer ist es für eine nachhaltige Interessensentwicklung der Kinder, wenn bei diesen Eltern durch KEMIE Einstellung, Interessen und Fähigkeiten in den Naturwissenschaften gefördert werden.

3.3.3 Untersuchung spezifischer Fragestellungen

Die Begleituntersuchung dient der Untersuchung der Wirksamkeit von KEMIE und der Nutzung des Hausaufgabenangebotes.

Wirksamkeit von KEMIE: Mit einer Fragebogenstudie im Pre-Post-Testdesign mit Kontrollgruppenvergleich wurde der Einfluss der Teilnahme an KEMIE a) bei den Eltern u. a. auf ihre Einstellungen zu und Ansichten über Naturwissenschaften (Skala der IGLU-Studie) und b) bei den Kindern auf das Interesse an Naturwissen-

schaften und auf die Generellen Tätigkeitsanreize (PMI, Rheinberg) sowie c) bei den *Kindern* das Vorhandensein von Medien mit naturwissenschaftlichem Kontext untersucht (RUSSEK 2011). So konnte RUSSEK (2011) zeigen, dass es a) bei den *Eltern* im Posttest zu einer signifikanten Steigerung innerhalb der Skala "Relevanz von Naturwissenschaften im Alltag" kommt. Die Eltern nehmen also bewusster wahr, dass der Alltag durch die Naturwissenschaft Chemie geprägt ist. Es ist davon auszugehen, dass diese gesteigerte Wahrnehmung der Relevanz von Naturwissenschaften im Alltag auch nach Abschluss von KEMIE eine gute Voraussetzung dafür ist, dass sich Eltern und Kinder immer wieder mit Naturwissenschaften im Alltag beschäftigen und so das Interesse der Kinder konsolidiert wird. Dass b) dieses Interesse bei den *Kindern* vorhanden ist, zeigen die Ergebnisse der Kinderbefragung. Die Kinder, die an KEMIE teilnehmen, haben zwar bereits vor Beginn ein höheres Interesse an Naturwissenschaften als die Kinder der Kontrollgruppe. Diese Differenz vergrößert sich jedoch noch leicht zum Ende hin, so dass die KEMIE-Kinder mit einem hohen Interesse an Naturwissenschaften aus dem Lernarrangement herausgehen. Interessanterweise besitzen die Mädchen der Experimentalgruppe nach Abschluss von KEMIE einen höheren Anreiz, sich mit Naturwissenschaften zu beschäftigen, als die Mädchen der Kontrollgruppe (EG: $M = 4.51$, $SE = .20$; KG: $M = 3.94$, $SE = .11$; $t(42) = 2.368$; $p < .05$; $r = .34$) (Russek 2011, S. 160). Das spiegelt sich c) u. a. im Besitz von Experimentierbaukästen wider: hier ist bei den Mädchen der Experimentalgruppe - im Gegensatz zu den Jungen - ein signifikanter Anstieg zu verzeichnen (RUSSEK 2011, S. 160). Es darf angenommen werden, dass der signifikante Anstieg bei den Mädchen auf die KEMIE-Teilnahme zurückzuführen ist.

KLEINHORST (2013) hat, exemplarisch auf naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen bezogen, den Umgang mit Variablenkontrolle mit einem spezifischen Instrument (Flugzeug- und Drachenaufgabe, Grygier) untersucht und festgestellt, dass vor allem teilnehmende Kinder im Grundschulalter von KEMIE profitieren. So steigert sich die Experimentalgruppe zwischen den Messzeitpunkten Pretest ($Md = 1,47$) und Posttest ($Md = 2,08$) signifikant (Wilcoxon-Test: $T = 33,5$; $p = 0,009$; $r = - 0,43$). Auch die Kontrollgruppe weist eine signifikante Steigerung zwischen den beiden Messpunkten (t_0 : $Md = 1,17$; t_1 : $Md = 1,30$) auf (Wilcoxon-Test: $T = 81$; $p = 0,039$; $r = - 0,25$), wobei hier jedoch im Vergleich zur Experimentalgruppe nur ein kleiner Effekt vorliegt.

KAKOSCHKE (2014) hat in ihrer Dissertation untersucht, welche Lehrziele von Kindern bzw. Eltern in den einzelnen Einheiten grundsätzlich wahrgenommen werden. Dabei hat sie festgestellt, dass die Eltern deutlich häufiger als die Kinder die methodische Komponente wahrnehmen. Das unterstreicht, dass die Eltern an dieser Stelle unterstützend wirken können. Auf der anderen Seite zeigt sich, dass besonders faszinierende Inhalte zu einer internen Konkurrenz um die Wahrnehmung führen, bei der das methodische Lehrziel unterliegt – eine wichtige Erkenntnis für die Fachdidaktik.

Nutzung des Hausaufgaben-Angebotes: Wird das Angebot der experimentellen Hausaufgaben angenommen (ist bei jedem zweiten Eltern-Kind-Paare der Fall), dann werden die Aufgaben meistens von den Kindern und Eltern gemeinsam realisiert. Das zeigt, dass bei Kindern und Eltern im Anschluss an eine KEMIE-Einheit eine hohe Motivation besteht, auch in der häuslichen Umgebung gemeinsam weiter zu experimentieren (RUSSEK 2011, S. 150; EFING ET AL. 2015, S. 25). Das trägt sicherlich dazu bei, dass auch nach Abschluss von KEMIE Eltern und Kinder sich im Alltag zu Hause weiter mit Naturwissenschaften beschäftigen werden, so dass das Interesse der Kinder (und wohl auch der Eltern) konsolidiert wird.

3.4 Die Perspektive von KEMIE

Auf der Basis der inhaltlichen Geschlossenheit, der langfristigen Konzeption und der identifizierten Wirksamkeit bietet KEMIE Ansätze und Impulse für zukünftige Aktivitäten in den Bereichen Forschung und Entwicklung.

Aus *Forschungsperspektive* dürften die umfangreichen Audiodaten der Eltern-Kind-Kommunikation während der KEMIE-Lerneinheiten besonders interessant sein, deren Auswertung erstmals die Entwicklung eines Modells der Eltern-Kind-Kommunikation und ihrer Bedingungen in einem experimentellen naturwissenschaftlichen Lernarrangement außerhalb formaler Lernumgebungen ermöglichen.

Die *Entwicklungsperspektive* sieht die curriculare Einbindung von KEMIE in die bereits existierende Lehrveranstaltung „Das Schülerlabor als außerschulischer Lernort“ des Studiengangs „Master of Education - Chemie“ an der Ruhr-Universität Bochum vor. So erhalten die Studierenden die Möglichkeit, sowohl klassische Schülerlaborprojekte (Betreuung von Schulklassen) als auch ein weiteres Format – nämlich die Betreuung der Eltern-Kind-Paare – kennenzulernen.

Last but not least kann das Lernmaterial – abgekoppelt von der eigentlichen Zielgruppe des Eltern-Kind-Projektes – gewinnbringend im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht eingesetzt werden. Hier erweisen sich ehemalige Teilnehmer (Eltern), die Lehrkräfte für Chemie oder eine andere Naturwissenschaft sowie Seminarlehrer sind, ebenso wie ehemalige Betreuer und studentische Hilfskräfte von KEMIE, die jetzt im Referendariat oder Schuldienst sind, als Nutzer und Multiplikatoren an ihren Schulen. Damit erlangt KEMIE noch eine ganz andere Ebene der Nachhaltigkeit.

4 Die abschließende Analyse

Die entwickelte Idee „KEMIE – Kinder erleben mit ihren Eltern Chemie“ möchte aufgrund der erzielten Ergebnisse als Anregung dienen, um den Austausch in eine neue Dimension zu führen. Die Eltern-Kind-Paare sind nicht die Konsumenten-

ten, denen fertige Ergebnisse vorgestellt werden; sie lernen vielmehr durch einen Einblick in naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen den Weg der Erkenntnis kennen – Schritt für Schritt. Damit werden sie zu Akteuren. Der inhaltlichen Ausgestaltung, z. B. der Einbindung aktueller Forschungsmethoden oder Forschungsergebnisse mit Relevanz für die Öffentlichkeit, und der Adressatengruppe, z. B. ältere Kinder und ihre Eltern, sind keine Grenzen gesetzt. Durch die problemlose Übertragbarkeit ließe sich dieser Ansatz auch für den bei Verbundprojekten wie Sonderforschungsbereichen geforderten Wissenstransfer in die Öffentlichkeit hervorragend nutzen.

Als Wissenschaftler werden Sie mit Erstaunen feststellen, wie interessiert die Kleinen sind und vor allem wie sich der Wandel der Eltern von der Begleitperson zum interessierten Lernpartner vollzieht. Dann soll noch einer sagen, Naturwissenschaften sind nicht so spannend wie Fußball.

Literatur

- BERUFSBILDENDEN SCHULE TECHNIK 1 LUDWIGSHAFEN.
<http://t1.bbslu.de/chemieprojekt/index.htm> (letzter Zugriff: 04.09.2013).
- BRANDT, A., MÖLLER, J. & KOHSE-HÖINGHAUS, K. (2008). Was bewirken außerschulische Experimentierlabors? Ein Kontrollgruppenexperiment mit Follow up-Erhebung zu Effekten auf Selbstkonzept und Interesse. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 22 (1), 5-12.
- COHEN, S. H. (1979). Exploring Chemistry for Parents and Children. *J. Chem. Educ.* 56/11, 736–737.
- CROWLEY, K., CALLANAN, M.A., JIPSON, J.L., GALCO, J., TOPPING, K. & SHRAGER, J. (2001). Shared Scientific Thinking in Everyday Parent-Child Activity. *Science Education* 85, S. 712-732.
- DEMUTH, R., GRÄSEL, C., PARCHMANN, I. & RALLE, B. (Hrsg.) (2008). *Chemie im Kontext – Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*. Münster: Waxmann.
- EFING, N., KAKOSCHKE, A. & SOMMER, K. (2015). Experimentelle Hausaufgaben – Vernetzung von Schülerlabor und Elternhaus am Beispiel des Projekts KE-MIE. *Unterricht Chemie* 26 (147), S.24-29.
- ELLENBOGEN, K.M., LUKE, J.J. & DIERKING, L.D. (2004). Family Learning Research in Museums: An Emerging Disciplinary Matrix? *Science Education* 88 (1), S48-S58.

- ENGELN, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos.
- GUDERIAN, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte – der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik. Dissertation. Humboldt-Universität zu Berlin.
- HERMENS, R. A., MCCOY, K. E. (1986). Chemistry for Mommies and Daddies. *J. Chem. Educ.* 63/8, 696.
- KAKOSCHKE, A. (2014). Wahrnehmung intendierter Lehrziele in einer Eltern-Kind-Intervention mit dem Schwerpunkt nature of science. Göttingen: Sierke.
- KELTER, P. B., PAULSON, J. R. (1990). Kitchen Chemistry. A PACTS Workshop for Economically Disadvantaged Parents and Children. *J. Chem. Educ.* 10, 892–895.
- KLEINHORST, H. (2013). KEMIEplus - Konzeption und Wirksamkeit von Experimentiereinheiten mit dem Schwerpunkt "naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen". Dissertation, Ruhr-Universität Bochum (www-brs.ub.ruhr-uni-bochum.de/netahtml/HSS/Dis/KleinhorstHelma/diss.pdf)
- KOEHLER, B. G., PARK, L. Y., KAPLAN, L. J. (1999). Science for Kids Outreach Programs: College Students Teaching Science to Elementary School Students and Their Parents. *J. Chem. Educ.* 76/11, 1505-1509.
- O'CONNOR, R. (1960). *J. Chem. Educ.* 12, 639 -640.
- OSBORNE, J., COLLINS, S., RATCLIFFE, M., MILLAR, R. & DUSCHL, R. (2003). What "Ideas about Science" Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching* 40 (7), S. 692-720.
- PFEIFER, P., LUTZ, B. & BADER, H.J. (Hrsg.) (2003). *Konkrete Fachdidaktik Chemie*. München: Oldenbourg.
- PRENZEL, M., GEISER, H., LANGEHEINE, R. & LOBEMEIER, K. (2003). Das naturwissenschaftliche Verständnis am Ende der Grundschule. In W. Bos ET AL. (Hrsg.), *Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Münster: Waxman, S. 93 – 115.
- RUSSEK, A. (2011). *KEMIE - Kinder erleben mit ihren Eltern Chemie*. Göttingen: Sierke.
- SCHNEEWIND, K. A. (2006). Familienpsychologie. In D.H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz, S.187-200

- SOMMER, K., RUSSEK, A., KLEINHORST, H., KAKOSCHKE, A. & EFING, N. (2013). Kinder und Eltern machen gemeinsame Sache. *Chemkon* 20 (5), S. 213-348 (Sonderheft).
- UPMEIER ZU BELZEN, A. & VOGT, H. (2001). Interessen und Nicht-Interessen bei Grundschulkindern. *IDB - Berichte des Institutes für Didaktik der Biologie* 12 (10), 17 – 31.
- ZIEFELE, M. & JAKOBS, E. (2009). *Wege zur Technikfaszination*. Berlin: Springer, S. 125.

Stadtklima im Schülerlabor

von Cristal Schult, Universität zu Köln

Abstract

Städte sind in der durch Globalisierung immer komplexer werdenden Welt oft Orte der Entwicklung, des Wachstums und der Vernetzung. Zugleich sind sie für ihre Bewohner Lebens- und Gestaltungsraum. Durch ihre große Bedeutung hinsichtlich wirtschaftlicher Faktoren und wachsender Einwohnerzahlen, rückt das „Ökosystem Stadt“ (vgl. Henninger, 2011) auf vielen Forschungsgebieten in den Fokus. Das K.Ö.L.N.-Projekt (Kreatives. Ökologisches. Lernen für Nachhaltigkeit.) hat das Ziel Schülerinnen und Schülern das komplexe Thema Stadtklima (Kölns) als Teil des „Ökosystems Stadt“ näher zu bringen. Dies geschieht im Zdl-Schülerlabor der Universität zu Köln durch ein fächerübergreifendes Basismodul und weiterführend in einer Unterrichtsreihe an der Schule. Die Interdisziplinarität des Projekts liegt in der Einbringung der naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie, Geographie und Physik in die sechs Stationen des Basismoduls sowie in die Unterrichtsreihe. Um der Komplexität des Themas entgegen zu wirken, wird ein Fokus auf das Klimatelement Temperatur als Bindeglied aller Experimente gelegt. Durch das Prä-Posttest-Design der Studie, werden der Wissensstand, -zuwachs und die Motivation der Schülerinnen und Schüler an bestimmten Punkten im Verlaufe des Projekts überprüft. Interviews und Feedbackbögen werden erhoben und analysiert, um die Perspektiven der verschiedenen Akteure des Projekts zu zeigen. Des Weiteren erstellen die Schülerinnen und Schüler am Ende des Projektes eine Mindmap bzw. Concept-Map mit der ihre Vernetzungen zum Stadtklima visualisieren. Der Beitrag beschäftigt sich unter anderem mit der Implementierung des Basismoduls, der Durchführung des Projekts und der Analyse der Mindmaps.

Schlagnworte: Stadtklima, Schüleruntersuchungen, Stationenlernen, (Schüler-) Labor, Mindmaps, Concept-Maps

1 Einleitung

In der heutigen Zeit ist der globale Klimawandel nicht nur in der Forschung Gegenstand, sondern auch in der Bildung. Der Mensch und seine Lebensräume, vor allem die Stadt und das „Ökosystem Stadt“ (vgl. HENNINGER 2011) rücken hierbei auch immer mehr in den Fokus. Laut den Zahlen der Vereinten Nationen ist der Verstädterungsgrad seit 1950 weltweit um etwa 25 % gestiegen und die Prognosen besagen bis zum Jahre 2050 einen weiteren Anstieg um etwa 15 % auf 68,7 % (vgl. UNITED NATIONS 2014). In Europa und Deutschland beträgt der Verstädte-

rungsgrad heute bereits um die 70 %. Für ihre Bewohner sind Städte Lebens- und Gestaltungsraum sowie Orte der Entwicklung, des Wachstums und der Vernetzung. Die lokalen klimatischen Veränderungen, welche unter dem Begriff des Stadtklimas zusammengefasst werden können, sind nur eine Herausforderung, die mit der starken Verstädterung einhergeht.

Das Thema Stadtklima findet in den Curricula der naturwissenschaftlichen Fächer nur teilweise Beachtung. Häufig wird das Thema nur der Geographie zugeordnet, obwohl es ein Thema und Forschungsbereich ist, welcher aus der Perspektive aller Naturwissenschaften untersucht werden muss, um umfassend verstanden zu werden. Aus bildungswissenschaftlicher Sicht ist es ein Thema, das praxis- und handlungsorientiert ist und sich somit gut für Stationenlernen, Lernen am Modell und Experimentieren eignet.

2 K.Ö.L.N.-Projekt

Das K.Ö.L.N.-Projekt (Kreatives.Ökologisches.Lernen. für Nachhaltigkeit.) setzt an diesen Punkten an. Im außerschulischen Lernort Zdl-Schülerlabor (Zdl = Zukunft durch Innovation) an der Universität zu Köln und in der lokalen Umgebung (Schule und Stadtgebiet) können Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I im Rahmen des fächerübergreifenden Projekts an sechs Stationen verschiedene Aspekte des komplexen Themas Stadtklima kennenlernen und untersuchen. Diese werden ihnen durch die oben bereits genannten Methoden Stationenlernen, Lernen am Modell und Experimentieren näher gebracht. Dafür bedienen sie sich der Inhalte und Methoden der unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Fächer, hier Chemie, Biologie, Geographie, Physik und Mathematik. An einem oder mehreren Terminen können die Schülerinnen und Schüler unter Betreuung von Lehramtsstudierenden der entsprechenden Fächer die Stationen durchlaufen. Weiterführend wird das Projekt in einer Unterrichtsreihe oder in Projektarbeiten an der Schule fortgeführt.

2.1 Wichtige Aspekte aus den Bildungsstandards und Kernlehrplänen für Erdkunde und Physik

2.1.1 Erdkunde

Betrachtet man beispielsweise im Vergleich die Bildungsstandards und Kernlehrpläne für Nordrhein-Westfalen in den Fächern Erdkunde und Physik für die Sekundarstufe I, stellt man fest, dass das Thema Stadt hauptsächlich in der Geographie verankert ist. Allerdings werden Methoden wie Versuche und durch Experimente eigene Daten erheben, eher den Exkursionen, also außerschulischen Lernorten statt dem Unterricht zugeordnet (vgl. DGF 2014, S. 19). Nur im Bereich der Erkenntnisgewinnung und Methodenkompetenz werden sie explizit

erwähnt, insbesondere unter der Teilfähigkeit M2, Standard 5 „Schülerinnen und Schüler können problem-, sach- und zielgemäß Informationen im Gelände [...] oder durch einfache Versuche und Experimente gewinnen“ (vgl. DGfG, 2014, S. 20). In den Kernlehrplänen verhält es sich ähnlich. Hier finden die Begriffe Experiment, Modell und Versuch unter MK4 und MK5 Erwähnung in den Kernlehrplänen der Real- und Hauptschule (vgl. Schulministerium NRW 2011). Im Lehrplan für das Gymnasium kommen das Experiment und der Versuch begrifflich nicht mehr vor (vgl. Schulministerium NRW 2007). Dabei wird in den Bildungsstandards und in den Kernlehrplänen die Vermittlung einer raumbezogenen Handlungskompetenz zur zentralen Aufgabe des Geographieunterrichts erklärt (vgl. SCHULMINISTERIUM NRW 2007, S. 15 ff).

2.1.2 Physik

In den Bildungsstandards und Kernlehrplänen der Physik ist das Experiment viel häufiger eingebettet und nicht nur für die Erkenntnisgewinnung von größerer Bedeutung, sondern auch für die Kommunikation und Bewertung (vgl. KULTUSMINISTERKONFERENZ 2004). Im Kernlehrplan der Physik hat „das Experiment (...) eine zentrale Bedeutung für die naturwissenschaftliche Erkenntnismethode und somit auch eine zentrale Stellung im Physikunterricht. Im Hinblick auf die anzustrebenden prozessbezogenen Kompetenzen kommt den Schülerexperimenten eine herausgehobene Bedeutung zu.“ (SCHULMINISTERIUM NRW 2011, S. 9). Auch im Kernlehrplan der Realschule heißt es, dass Experimente und Messungen charakteristische Bestandteile einer spezifisch naturwissenschaftliche Erkenntnismethode und einer besonderen Weltsicht sind (vgl. SCHULMINISTERIUM NRW 2011, S. 9). In den Bildungsstandards finden sich die Begriffe Modell und Experimente häufig wieder, beispielsweise in den Kompetenzbereichen Erkenntnisgewinnung (E4-8), Bewertung B3 und Kommunikation K3. (vgl. KULTUSMINISTERKONFERENZ 2004). Das Thema Stadtklima findet allerdings keine explizite Erwähnung, sondern nur Prozesse, welche für das Stadtklima, dessen Phänomene und Auswirkungen eine Rolle spielen.

Ähnlich verhält es sich in den Fächern Biologie und Chemie. Besonders um das fächerübergreifende Basismodul für das K.Ö.L.N.-Projekt zu erstellen, waren diese Aspekte des Curriculums wichtig.

2.2 Das fächerübergreifende Basismodul des K.Ö.L.N.-Projekts

Das fächerübergreifende Basismodul besteht aus sechs Stationen zum Stadtklima, findet im Schülerlabor statt und bildet zugleich das Fundament des K.Ö.L.N.-Projektes (s. Abb. 1).

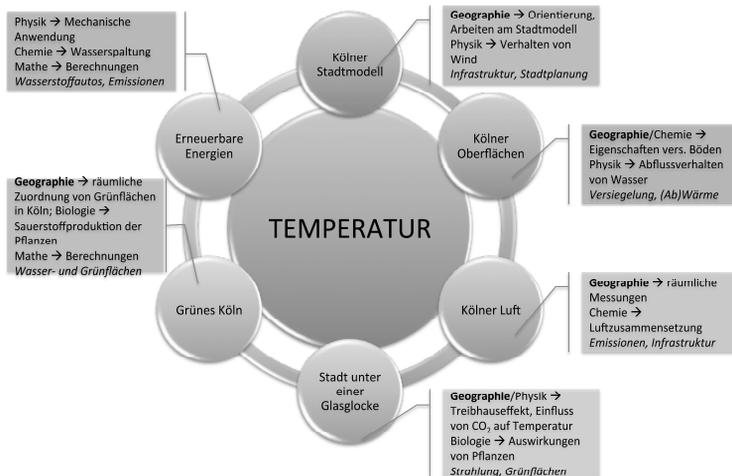


Abb. 1: Fächerübergreifendes Basismodul unter Erwähnung der Fächeranteile (SCHULT 2014)

Das Diagramm zeigt, welches Fach welche (inhaltlichen) Anteile an der jeweiligen Station hat (die Geographie ist hervorgehoben).

Im Folgenden werden die Inhalte der einzelnen Stationen des Basismoduls kurz erläutert:

2.2.1 Kölner Stadtmodell

An der Station "Kölner Stadtmodell" bauen die Schülerinnen und Schüler zunächst zwei Styropormodelle auf und sollen herausfinden, welche Ausschnitte der Stadt Köln sie vor sich haben. Eine weitere Aufgabe zur Orientierung folgt, bei der sie Fotokärtchen der Stadt Köln auf einer Karte zuordnen. Bei der dritten Aufgabe zeichnen sie in einem Kartenausschnitt, wie sich das Temperaturprofil (anhand einer idealisierten Mitteltemperatur) bei einer Durchfahrt von der Innenstadt an den Stadtrand von Köln ändern würde. Danach sollen die Schülerinnen und Schüler sich selbstständig ein oder mehrere Experiment(e) unter Einbringung der Modelle überlegen. Hierbei stehen ihnen ein Fön, Flugteilchen, Strahler und Messgeräte zur Verfügung. Ziel dieser Station ist: die Orientierung in der eignen Stadt zu fördern und zu zeigen, dass die Bebauung und die Struktur einer Stadt Auswirkung auf die Temperatur und das Windverhalten haben.



Abb. 2: Styropormodelle für die Station „Kölner Stadtmodell“ (MARTIUS & SCHULT 2013)

2.2.2 Kölner Oberflächen

Bei der Station "Kölner Oberflächen" arbeiten die Schülerinnen und Schüler mit einem Steckkastensystem in dem sich unterschiedliche Oberflächen befinden. Zum Einen werden die Abflussgeschwindigkeiten von Wasser auf den unterschiedlichen Oberflächen gemessen, zum Anderen werden ein Rasenstück und eine versiegelte, dunkle Fläche bestrahlt. Hierbei werden die Temperaturänderungen gemessen und die Verdunstung beobachtet und besprochen. In der Einstiegsdiskussion mit dem Betreuer wird besprochen, was versiegelte Flächen sind.

2.2.3 Kölner Luft

Für die Station "Kölner Luft" wählen die Schülerinnen und Schüler mit dem/r Betreuer*in eine Route mit mehreren Messpunkten in der näheren Umgebung des Labors und messen dort mit Tablets und Sensoren die Feuchtigkeit, Temperatur und den Kohlendioxidgehalt der Luft. Diese werden protokolliert, in eine Tabelle übertragen und mit der vorab aufgestellten Hypothese verglichen. Als Einstieg werden die Eigenschaften und Zusammensetzung von Luft diskutiert.

2.2.4 Stadt unter einer Glasglocke

Die Station "Stadt unter einer Glasglocke" beschäftigt sich mit dem Treibhauseffekt und mit der Frage: „Was macht eine Stadt lebenswerter?“. Hierbei können die Schülerinnen und Schüler anhand eigener Messungen erkennen, dass Kohlenstoffdioxid Wärmestrahlung stärker absorbiert als die Standardatmosphäre. Die Schülerinnen und Schüler messen und vergleichen dazu die Temperaturent-

wicklung in zwei Glasglocken, die mit einem Baustrahler bestrahlt wird. Eine ist mit viel Kohlenstoffdioxid versetzt und unter der anderen befindet sich eine Pflanze. Hier erkennen sie anhand der Messwerte, dass sich die Pflanze positiv auf das "Klima" unter ihrer Glasglocke auswirkt.



Abb. 3: Teil der Station „Stadt unter einer Glasglocke“ (MARTIUS & SCHULT 2013)

2.2.5 Grünes Köln

"Grünes Köln" greift die Thematik Pflanzen und Klima nochmal auf. Hier überlegen die Schülerinnen und Schüler zunächst, wo sich Grünflächen in der Stadt befinden. Danach machen sie ein Experiment zur Fotosynthese. Des Weiteren beschäftigen sie sich mit der Frage "Wie viel ist ein Baum wert?" (vgl. BUNDESAMT FÜR NATUR 2007). Sie berechnen die Sauerstoffproduktion von Bäumen in (Sauerstoff-)Versorgung für den Menschen und Geldwert um.

2.2.6 Erneuerbare Energie

An der Station "Erneuerbare Energie" wird im Einstiegsgespräch über die unterschiedlichen Eigenschaften traditioneller und erneuerbarer Energieträger mit den Schülerinnen und Schüler diskutiert. Danach lernen sie das Prinzip der Elektrolyse kennen, auf dessen Basis sie dann ein Wasserstoffauto zum Fahren bringen sollen. Sie messen den Verbrauch und die Geschwindigkeit und diskutieren über Vor- und Nachteile dieser Technik im Straßenverkehr und darüber, ob sie überhaupt eine erneuerbare Energie darstellt.

2.3 Fragestellungen und Ziele der Arbeit

Das K.Ö.L.N.-Projekt wurde im Rahmen einer Promotionsarbeit entwickelt und beschäftigt sich unter anderem mit den Fragestellung „Wie gelingt eine Implementierung des interdisziplinären Themas Stadtklima im Zdl-Schülerlabor?“ und „Wie können komplexe Inhalte des Themas Stadtklima aufbereitet werden,

damit sie von Schülerinnen und Schüler besser verstanden werden?“. Hieraus ergibt sich zum Einem das Ziel Stationen zum Stadtklima im Zdl-Schülerlabor zu entwickeln, zu optimieren und zu implementieren, und zum Anderen den Schülerinnen und Schülern eine bessere Vernetzung der Themeninhalte durch offene Unterrichtsformen als Verknüpfung zwischen außerschulischem Lernort und Schule zu ermöglichen.

3 Studiendesign und Durchführung

3.1 Umsetzung des Studiendesigns

An der Umsetzung des Projektes nahmen bislang drei Gruppen teil, die Studien- gruppe (N = 18), die Vergleichsgruppe (N = 18) und die neue Vergleichsgruppe (N = 26). Alle Schülerinnen und Schüler der Gruppen stammen vom selben Gym- nasium, sind in der Jahrgangsstufe 8 und im Alter von 12 bis 14 Jahren.

Die Schülerinnen und Schüler absolvieren zunächst einen Prä-Test, welcher ihr Wissen zum Stadtklima und ihre Motivation gegenüber Naturwissenschaften abfragt. Nach dem Prä-Test kommen sie zum ersten Mal ins Zdl-Schülerlabor, bekommen dort eine Einführung zum Thema Stadtklima und arbeiten unter Betreuung der Studierenden an mehreren Stationen. Am letzten Termin geben die Schülergruppen ein Feedbackinterview in dem sie ihre Eindrücke zum Arbei- ten im Labor, am Projekt und seinen Inhalten und mit den Studierenden schildern. Der 1. Post-Test findet wieder in der Schule statt. An diesen können die Nachbereitung und der weiterführende Unterricht anknüpfen.

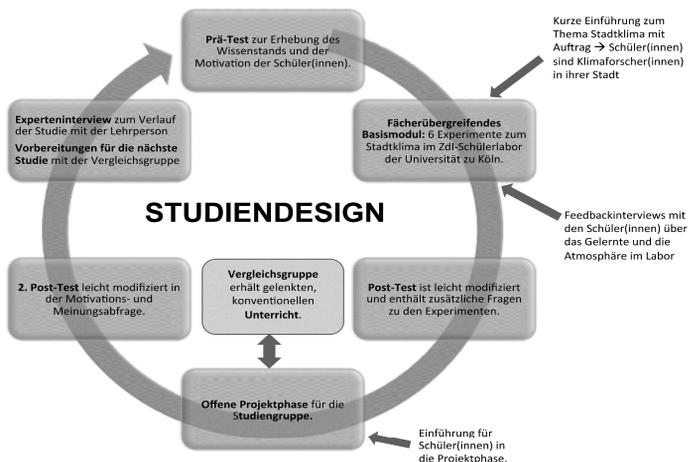


Abb. 4: Studiendesign (nach SCHULT 2013)

Ab diesem Zeitpunkt variierten die Durchgänge der Studie, da jeweils eine andere Intervention stattfand. Im ersten Durchgang (Studiengruppe) durften die Schülerinnen und Schüler nach dem 1. Post-Test unter der Fragestellung, "Wie sieht deine Stadt Köln heute und im Jahre 2050 aus?" verschiedene Themenbereiche des Stadtklimas in offener Projektarbeit bearbeiten. Hierbei waren die Schülerinnen und Schüler sehr kreativ und machten kleine Filme, bastelten Modellhäuser, erstellten Karten, schrieben Tagebücher. Danach absolvierten die Schülerinnen und Schüler den 2. Post-Test. Im zweiten Durchgang (Vergleichsgruppe) erhielten die Schülerinnen und Schüler nach dem 1. Post-Test Unterricht zum Thema Stadtklima. In Absprache mit der Lehrperson wurde eine (gelenkte) Unterrichtreihe entwickelt. Hier fand eine Nachbereitung der Stationen statt, Filme zum Thema wurden gezeigt und die Schülerinnen und Schüler entwarfen unter anderem selbst ein Energiespar-Haus. Als zusätzliche Arbeit zu Hause bearbeiteten sie in Partnerarbeit ein Themenbereich des Stadtklimas und stellten diesen in kleinen Präsentationen vor. Danach absolvierten sie den 2. Post-Test. Im Anschluss an dem ersten und zweiten Durchgang fand jeweils ein Experteninterview mit der Lehrperson statt. Im dritten Durchgang (neue Vergleichsgruppe) folgte dem 1. Post-Test eine von Studierenden angeleitete Nachbereitungsstunde. Es gab keinen 2. Post-Test, allerdings wurde eine Aufgabe aus dem 2. Post-Test in den 1. Post-Test übernommen.

3.2 Mindmaps

Es handelt sich um eine Aufgabe, bei der die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe von 12 vorgegebenen Begriffen eine Mindmap zum Stadtklima erstellen. Viele Schülerinnen und Schüler stellten dar, welche Verknüpfungen sie zwischen den Begriffen sehen und beschrifteten diese, wodurch bereits sogenannte Concept-Maps entstehen. Die Mindmaps bzw. Concept-Maps werden jeweils am Ende eines Durchgangs des K.Ö.L.N.-Projekts erstellt. Sie sollen den Grad der Vernetzung den die Schülerinnen und Schüler zum Stadtklima haben visualisieren. Um die Mindmaps bzw. Concept-Maps zu analysieren und die verschiedenen Untersuchungsgruppen vergleichen zu können, wurde ein Tool entwickelt (siehe Kapitel 4.1).

4 Analysenmethoden

Um die erhobenen Daten zu analysieren, werden drei unterschiedliche Methoden angewendet. Die Feedbackinterviews mit den Schülerinnen und Schülern sowie die Experteninterviews mit der Lehrperson werden mit Hilfe von dem Programm MaxQDA und der qualitativen Inhaltsanalyse nach Philipp Mayring (vgl. MAYRING 2015) analysiert. Die Wissenstests, außer den angehangenen Mindmaps werden mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS analysiert. Die Mindmaps können zum Einen qualitativ beschrieben werden und zum Anderen, wie

oben bereits erwähnt, mit Hilfe eines eigens entwickelten Tools analysiert werden. So kommt es zu einer Vermischung qualitativer und quantitativer Methoden, auch Mixed-Methods genannt.

Kuckartz (2014, S. 33) definiert Mixed-Methods wie folgt:

„Unter Mixed-Methods wird die Kombination und Integration von qualitativen und quantitativen Methoden im Rahmen des gleichen Forschungsprojekts verstanden. Es handelt sich also um eine Forschung, in der die Forschenden im Rahmen von ein- oder mehrphasig angelegten Designs sowohl qualitative als auch quantitative Daten sammeln. Die Integration beider Methodenstränge, d. h. von Daten, Ergebnissen und Schlussfolgerungen, erfolgt je nach Design in der Schlussphase des Forschungsprojektes oder bereits in früheren Projektphasen.“
Im Folgenden wird nur näher auf die Mindmaps eingegangen werden.

4.1 Analyse der Concept-Maps der Schülerinnen und Schüler

Die Schülerinnen und Schüler sollen am Ende des Projektes mit Hilfe von 12 vorgegebenen Begriffen eine Mindmap erstellen. Da viele eher eine Concept-Map erstellt haben, wird nun dieser Begriff angewendet.

Die Concept-Maps zeigen den Vernetzungsgrad der Schülerinnen und Schüler zum Stadtklima. Bei der ersten Durchsicht stellt man fest, wie unterschiedlich dieser sein kann und wie unterschiedlich die Aufgabe erfüllt wird. Es geht von relativ einfachen Strukturen mit einem zentralen Begriff oder Konzept mit Auflistungen der Begriffe über chaotische Strukturen hin zu sehr komplexen Strukturen und Systemen. Um die vielfältigen Concept-Maps miteinander vergleichen und bewerten zu können, wurde ein Tool entwickelt.

Dieses Tool sieht vor, dass die Concept-Maps nach vier Analysekatogorien untersucht werden. Zudem hat jede Kategorie vier Stufen in der die Concept-Maps eingestuft werden können. Stufe 1 ist die niedrigste Stufe und dementsprechend 4 die höchste. Die erste Analysekatogorie ist eine Zählanalyse, bei der der Rater durchzählt, ob alle 12 vorgegebenen Begriffe verwendet wurden und ob zusätzliche Begriffe oder Konzepte eingebracht wurden. Der Rater zählt und stuft die Concept-Map für die Kategorie ein. In der zweiten Kategorie schaut der Rater sich die Verbindungen zwischen den Begriffen an und analysiert, wie sie in Relation zueinander gebracht wurden. Werden die Begriffe überhaupt miteinander verbunden? Werden sie durch Pfeile, Linien etc. verbunden? Sind sie beschriftet? Werden sogar Prozesse dargestellt? Die dritte Analysekatogorie ist eine strukturelle Analyse. Hierbei stuft der Rater die Concept-Maps nach der Komplexität der Struktur ein, in dem er z. B. überprüft, ob es (k)ein oder mehrere zentrale Elemente gibt und ob sie viele oder wenige Verzweigungen oder Verbindungen zu anderen haben. Außerdem überprüft der Rater, ob es Kreisschlüsse gibt. Die vierte Kategorie ist eine inhaltliche Analyse. Hier soll der Rater beurteilen, ob die hergestellten Verzweigungen, Verbindungen, und Kreisschlüsse zwischen den

5 Ergebnisse und Diskussion zu der Analyse der Concept-Maps

Die Analyse der Concept-Maps (N=54) zeigt, dass es zwischen den verschiedenen Gruppen große Unterschiede beim Abschneiden gibt. Während die Studiengruppe sowohl in der Bewertung der Projektleitung (in allen Kategorien über 80 % erreicht), als auch in der Bewertung der Interrater (außer in einer Kategorie überall 80 % oder mehr) sehr gute Ergebnisse bzw. Leistungen zeigt, zeigt die Vergleichsgruppe nicht so gute Ergebnisse (Werte zwischen 52 % und 75 %). Die neue Vergleichsgruppe erzielt in allen Analysekatogorien Ergebnisse, die weit über denen der Vergleichsgruppe liegen und sich teilweise den Werten der Studiengruppe annähern (Werte zwischen 66 % und 87 %). Schon bei einer Durchsicht der Concept-Maps fallen Unterschiede zwischen der Vergleichsgruppe und den beiden anderen Gruppen auf, vor allem in der Struktur und Komplexität. In den Ergebnissen zeigt sich, dass die Vergleichsgruppe im Schnitt nur 3/4 der vorgegebenen Begriffe benutzt, wesentlich seltener Pfeile oder beschriftete Linien verwendet, um Relationen oder Prozesse darzustellen und der Vernetzungsgrad der Concept-Maps ist häufig viel niedriger als bei den anderen beiden Gruppen. In der deskriptiven Gesamtbewertung der Concept-Maps ist die Studiengruppe um 20 % und die neue Vergleichsgruppe um etwa 15 % besser als die Vergleichsgruppe.

Diese Ergebnisse sprechen dafür, dass die Intervention offene Projektarbeit bei der Studiengruppe zu einer besseren Vernetzung der Inhalte zum Stadtklima im K.Ö.L.N-Projekt führt. Die gelenkte Unterrichtsreihe bei der Vergleichsgruppe scheint die Vernetzung der Inhalte nicht weiter zu fördern. Die neue Vergleichsgruppe erlebte gar keine zusätzliche Intervention in der Schule und machte ihre Concept-Maps kurzer Zeit nachdem sie im Schülerlabor das fächerübergreifende Basismodul durchliefen. Ihr gutes Abschneiden bei den Concept-Maps kann zum Einen daraufhin deuten, dass sie auf Grund des zeitnahen Abrufens die gebildeten Vernetzungen zum Stadtklima noch gut wieder geben konnten. Zum Anderen kann es auch daraufhin deuten, dass das fächerübergreifende Basismodul schon so gut gestaltet ist, dass es zu einer hohen Vernetzung der Inhalte zum Stadtklima führt. Dies würde wiederum bedeuten, dass die Anschlussphase in der Schule eventuell nicht nötig ist, weil sie nur noch wenig zur weiteren Vernetzung beiträgt. Die guten Ergebnisse der Studiengruppe sprechen dafür, dass in diesem Fall eher eine Phase sinnvoll ist, in der offene Projektarbeit in der Schule stattfindet, um die Vernetzung der Inhalte bei den Schülerinnen und Schüler noch weiter zu fördern.

6 Ausblick

Das Zdi-Schülerlabor bietet gute Möglichkeiten, um fächerübergreifende Themen mit komplexen Inhalten, wie das Stadtklima, mit Schülerinnen und Schüler aufzubereiten. Durch die Teilnahme am K.Ö.L.N.-Projekt bekommen Lehramtsstudierende die Chance, in einer „kontrollierten“ Umgebung über einen längeren Zeitraum mit den gleichen Schülerinnen und Schülern zu arbeiten und so eine andere Sicht auf die Inhalte und Methoden zu erfahren. Die Schülerinnen und Schüler haben einen aktiveren Unterricht mit hohem Eigenanteil am außerschulischen Lernort. Die Beschäftigung mit dem Stadtklima konfrontiert Schülerinnen und Schüler mit Problemen ihrer lokalen Umwelt und des lokalen Klimas (vgl. Schult 2014). Durch die Begegnung und Beschäftigung mit realen Objekten, Prozessen und dem Raum werden sie sich über ihre Handlungen in der realen Welt bewusst und entwickeln somit allmählich eine räumliche Identität (vgl. HENNINGER 2011).

Ein weiterer Mehrwert des Projektes liegt darin, dass das Design und das Basismodul im Schülerlabor nicht nur fortlaufend weiterentwickelt und optimiert werden kann, sondern auch an Schülergruppen angepasst und überprüft werden kann. Auf Grund des hohen Alltagsbezugs und der Übertragbarkeit des Projektes mit Modifikationen auf eine beliebige Stadt kann das Projekt in anderen Laboren und an gut ausgestatteten Schulen durchgeführt werden.

Literatur

- BUNDESAMT FÜR NATUR (2007): Natur in der Stadt. Bonn.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (Hrsg.) (2014): Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss. Bonn.
- HENNINGER, S. (2011): Wetter und Klima vor Ort. In: Praxis Geographie. Jg. 41. Heft 4, S. 4-6.
- KUCKARTZ, U. (2014): Mixed Methods. Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren. Wiesbaden.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (Hrsg.) (2004): Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. München. Neuwied.
- MAYRING, P. (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim und Basel.
- MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2011): Kernlehrplan der Realschule in NRW. Erdkunde. Düsseldorf.

- MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2011):
Kernlehrplan der Hauptschule in NRW, Gesellschaftslehre Erdkunde, Geschichte/Politik. Düsseldorf.
- MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.)
(2007): Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I (G8) in Nordrhein-Westfalen. Erdkunde. Düsseldorf.
- MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2011):
Kernlehrplan für die Realschule in NRW. Physik. Frechen. S. 9
- MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.)
(2008): Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen Physik. Düsseldorf.
- SCHULT, C., BRESGES, A. (2014): Physik als Teil des interdisziplinären K.Ö.L.N.-
Projektes. Fächerübergreifende Schüleruntersuchungen zum Stadtklima
Kölns. In: PhyDid B - Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-
Frühjahrstagung. Frankfurt.
- UNITED NATIONS: POPULATION DIVISION, WORLD URBANIZATION PROSPECTS 2014,
<http://esa.un.org/unpd/wup/>, Zugriff: 18.09.2015.

Quellwasser und Trinkwasserqualität – Entstehung von Quellen, Schüttungsverhalten und Wasserqualität

von Sibylle Reinfried, Pädagogische Hochschule Luzern, Schweiz

1 Problemstellung

Quellen bilden die Schnittstellen zwischen dem unterirdischen und oberirdischen Teil des Wasserkreislaufs. Sie sind ästhetische, touristisch attraktive Landschaftselemente, beherbergen hochspezialisierte Tier- und Pflanzengesellschaften und sind wichtige Trinkwasserlieferanten. Die meisten Menschen haben eine fehlerhafte Vorstellung davon, wie Quellen entstehen. In Analogie zur Karstquelle stellen sie sich vor, daß große unterirdische Hohlräume zwingend notwendig sind, damit Wasser im Untergrund vorkommen kann (REINFRIED, TEMPELMANN, AESCHBACHER 2012; REINFRIED, AESCHBACHER 2013). Solche Quellenrepräsentationen lassen sich mit der Aussage umschreiben: Dort wo es Quellen gibt, muss es unterirdische Höhlen geben. Weit verbreitet ist auch die Idee, dass das unterirdische „Höhlenwasser“ unter Druck steht und gegen die Schwerkraft zur Erdoberfläche aufsteigt, um dort auszutreten (s. Beitrag der Autorin „Warum subjektive Erklärungen von geographischen Phänomenen Sinn machen“ in diesem Band). Aus wissenschaftlicher Sicht sind Karstquellen die Folge der Lösungsverwitterung von Kalkgesteinen und kommen in der Natur relativ selten vor. Sie sind Schichtquellen, deren Wasser versickertes Oberflächenwasser ist, das der Schwerkraft folgend an tiefer liegenden Stellen austritt.

Die Vorstellung, dass Wasser unterirdisch nur in großen Hohlräumen vorkommen kann, stellt ein sehr beständiges Lernhindernis dar, weil sie intuitiv, und aufgrund der Tatsache, dass es Karstquellen gibt, die aus Karsthöhlen entspringen, plausibel ist. Dass aber hartes Gestein ohne makroskopisch sichtbare Hohlräume auch durchlässig sein und Wasser speichern kann, ist kontra-intuitiv. Makroskopisch dichte, kompakte Gesteine, wie z. B. Sandsteine, können porös und permeabel sein, auch wenn das Eindringen von Wasser in ihren Porenraum sehr langsam vor sich geht und in der Regel der unmittelbaren Beobachtung entzogen ist. Dass Gestein wasserdurchlässig sein kann, auch wenn es hart und kompakt ist, ist eine Frage der Betrachtungsdimension: Ein makroskopisch dichter, kompakter, sich hart anführender Sandstein erweist sich unter dem Mikroskop oftmals als porös und permeabel.

Als Ansatzpunkt für die Konstruktion einer wissenschaftsnahen Quellenvorstellung, die sich nicht auf die fehlerhafte Hohlraum-Vorstellung bezieht, eignet sich die Porenquelle. Dieser Quellentyp ist relativ häufig und entsteht dadurch, dass Wasser in den Boden infiltriert und in eine durchlässige Schicht, den sog. Grund-

wasserleiter, eindringt. Auf einer weniger durchlässigen oder undurchlässigen Schicht, dem Grundwasserstauer, wird das Wasser gestaut, und es bildet sich eine Grundwasseranreicherung im Porenraum des durchlässigen Gesteins. Das Ausstreichen der Schichten an einem Talrand lässt das Grundwasser an der Oberfläche austreten. Porenquellen kommen in Lockergesteinen wie Flussschotter, Moränen und Blockschutt, aber auch in porösen und permeablen klastischen Festgesteinen, wie z. B. Konglomeraten und Sandsteinen vor. Wegen der langsamen Untergrundpassage und der langen Verweilzeiten von Grundwasser in diesen Gesteinen wirken sich ihre Filtereigenschaften positiv auf die Qualität des Quellwassers aus. Porenquellen sind allerdings auch verletzlich. So können Extremniederschläge infolge des dadurch verstärkten Abflusses zu Quellwasserverunreinigungen führen. Im Gegensatz zu klastischen Sedimenten und Sedimentgesteinen, wie Sandsteinen, haben Karbonatgesteine meist eine geringe Filterwirkung. Durch die Klüftigkeit von Kalkgesteinen kann in den Boden infiltriertes Niederschlagwasser in kurzer Zeit größere Strecken zurücklegen, ohne dass das Wasser ausreichend gefiltert wird. Karstquellen sind daher besonders empfindlich gegenüber Verschmutzung.

2 Wasserquellen im Experiment

Um die sehr beständigen Hohlraum-Präkonzeptionen zu verändern, wurde eine Lernumgebung theoriegestützt auf der Basis des Modells der didaktischen Rekonstruktion (KATTMANN, DUIT, GROPENGIEßER, KOMOREK 1997) und der psychologischen Didaktik Hans Aebli (1983) konstruiert. Mit dieser Lernumgebung konnten nachweislich tiefe Lernprozesse ausgelöst und intuitive Konzeptionen über das Vorkommen von Grundwasser und die Entstehung von Wasserquellen in Bergländern, wie der Schweiz, nachhaltig verändert werden (REINFRIED, AESCHBACHER, KIENZLER, TEMPELMANN 2013). Die Lernumgebung besteht aus schriftlichem Arbeitsmaterial und Experimenten (REINFRIED 2015). Auf dem HGD-Symposium in Bochum wurden in einer Lernstation die Experimente erläutert, mit denen plausibel und nachvollziehbar gelernt werden kann, dass es wasserdurchlässige Substrate gibt, die makroskopisch keine Hohlräume erkennen lassen, aber trotzdem Wasser speichern können und dieses wirksam filtern. Mit einem einfachen PET-Flaschen-Experimentier-Set (vgl. Abb. 1) werden zunächst die beiden Quellentypen Porenquelle und Karstquelle in abstrahierter Form einander gegenübergestellt und ihre unterschiedlichen Eigenschaften erforscht. Vermutungen werden geäußert und Beobachtungen angestellt, Vorgänge kontrolliert und variiert. Die Eigenschaften des Ausgangsgesteins haben Auswirkungen auf die Quellwasserqualität, so dass entdeckt werden kann,

- dass die Dauer der Quellenschüttung nicht nur von der Menge des Wasserinputs, sondern auch vom Substrat, aus dem die Quelle entspringt, abhängig ist, und

- dass die Wasserqualität von Quellwasser von den Eigenschaften des Substrats, durch welches das verschmutzte Oberflächenwasser fließt, abhängt.



Abb. 1: Schülerinnen experimentieren mit dem PET-Flaschen-Experimentier-Set (Foto: S. Reinfried)

Die gesamte Quellen-Lernumgebung mit einem einführenden Text, den Arbeitsblättern, der Beschreibung der Experimente und der Materialliste wurden in der Zeitschrift *geographie heute*, Heft 322, publiziert (REINFRIED 2015).

Literatur

AEBLI, H. (1983): *Zwölf Grundformen des Lehrens*. Stuttgart.

- KATTMANN, U., DUIT, R., GROPENIEBER, H. & KOMOREK, M. (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In: Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften, Heft 3, S. 3-18.
- REINFRIED, S. (2015): Quellwasser und Trinkwasserqualität. In: geographie heute, Heft 322, S. 16-28.
- REINFRIED, S. & AESCHBACHER, U. (2013): Wo das Quellwasser herkommt: "Tiefenstrukturen" im Berginneren. In: Beiträge zur Lehrerbildung, Heft 1, S. 93-99. <http://www.bzl-online.ch/archiv/autor/549>, aufgerufen am 9.10.2015.
- REINFRIED, S., AESCHBACHER, U., KIENZLER, P. M. & TEMPELMANN, S. (2013): Mit einer didaktisch rekonstruierten Lernumgebung Lernerfolge erzielen – das Beispiel Wasserquellen und Gebirgshydrologie. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Heft 19, S. 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. In: Hydrology and Earth System Science, Bd. 16, Heft 5, S. 1365-1377. <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/16/1365/2012/hess-16-1365-2012.html>, aufgerufen am 9.10.2015.

„Biogas“ im geographischen Lehr-Lernlabor

von Leif Mönter, Svenja Lütje, Maria Schlitt, alle Universität Trier

1 Einführung

Die „Energiewende“ ist allgegenwärtig. Angesichts knapper werdender Ressourcen, einem geopolitischen Interesse nach relativierter Abhängigkeit von (bestimmten) rohstoffliefernden Ländern und nicht zuletzt vor dem Hintergrund der globalen Erwärmung wird der Ausbau regenerativer Energien weltweit forciert. Als ein Ergebnis des Pariser Klimagipfels im Dezember 2015 etwa wird der Ausstieg aus Kohle, Öl und Gas bis 2050 anvisiert.

Für Deutschland stellte insbesondere das 2000 in Kraft getretene und seitdem mehrfach novellierte Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) die Grundlage dafür dar, die erneuerbaren Energien langfristig zur maßgeblichen Quelle der Energieversorgung zu machen. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch betrug 2013 in Deutschland 12,4 %, was unterhalb des Durchschnittswertes der EU von 15% liegt (vgl. BMWi 2015, S. 35). Bezogen auf die Stromerzeugung sind die erneuerbaren Energien mit einem Anteil von 25,8 % im Jahre 2014 mittlerweile zum wichtigsten Energieträger im Strombereich avanciert (siehe Abbildung 1; vgl. BMWi 2015, S. 6).

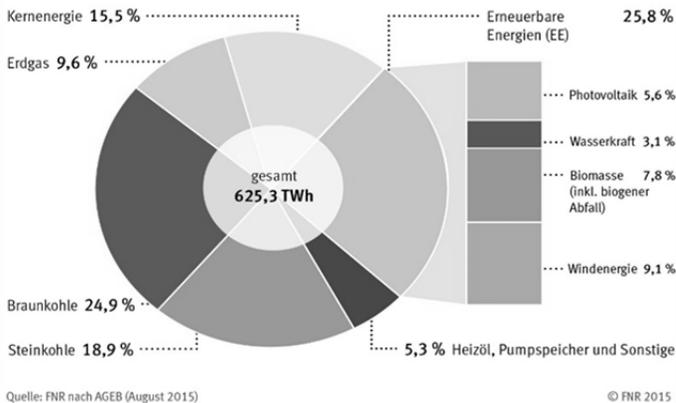


Abb. 1: Brutto-Stromerzeugung in Deutschland 2014 (Quelle: FNR 2015)

Der Stromerzeugung aus Biomasse, die einen Anteil von 7,8 % aufweist, kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Im europäischen Vergleich nutzt kein anderes Land der EU Biomasse für die Stromerzeugung so stark wie Deutschland

(vgl. BMWi 2015, S. 39;). Maßgeblich wird Biogas für die Stromerzeugung aus Biomasse genutzt (vgl. Abbildung 2).

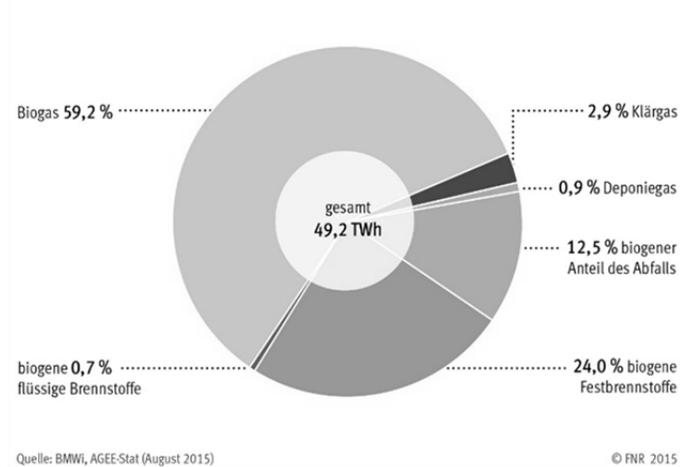


Abb. 2: Stromerzeugung aus Biomasse 2014 in Deutschland (Quelle: FNR 2015)

Die Anzahl der Biogasanlagen ist in Deutschland kontinuierlich auf über 8000 gestiegen (Abbildung 3). Bezogen auf die Bundesländer zeigen sich dabei erhebliche Unterschiede. In absoluten Zahlen dominieren Bayern (2360 Anlagen) und Niedersachsen (1562 Anlagen), während etwa in Brandenburg nur 384 Anlagen in Betrieb sind (vgl. FACHVERBAND BIOGAS E.V. 2015).

Biogasanlagen in Deutschland

Entwicklung 1992-2015

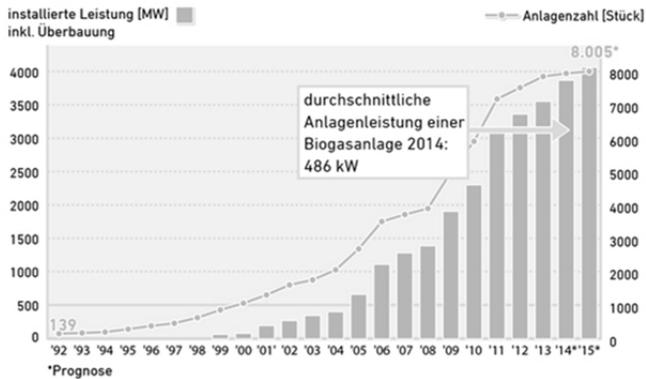


Abb. 3: Entwicklung von Biogasanlagen in Deutschland (Quelle: Agentur für erneuerbare Energien 2015)

In Deutschland werden auf etwa 2,2 Millionen Hektar Ackerfläche Energiepflanzen angebaut. Es werden 18,5 % der Ackerfläche bzw. 13,1 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche für den Anbau von Energiepflanzen genutzt. Auf 1,4 Millionen Hektar werden Pflanzen für Biogas angebaut, es entfallen etwa 900.000 Hektar auf Mais (BMEL 2015; vgl. Abbildung 4 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

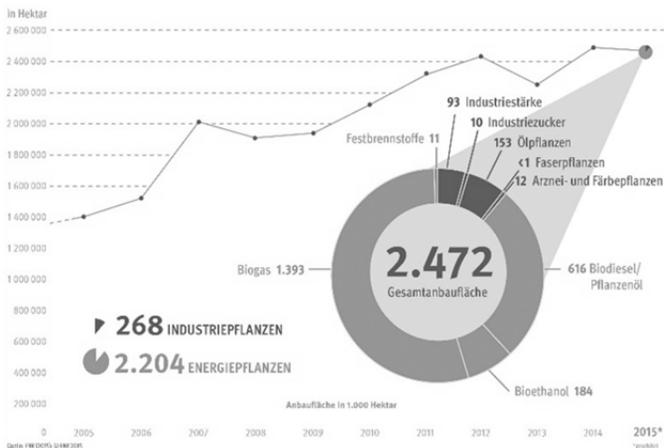


Abb. 4: Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe in Deutschland. Stromerzeugung aus Biomasse 2014 in Deutschland (Quelle: FNR 2015)

2 Potenziale für den Geographieunterricht und Lehr-Lernlabore

Aufgrund seiner Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung ist das Themenfeld „Erneuerbare Energien“ von großer Relevanz für den Geographieunterricht. Unter Bezugnahme auf die Entwicklungsdimensionen Umwelt, Wirtschaft, Gesellschaft und Politik können im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung relevante Verbindungen im Mensch-Umwelt-System erschlossen werden. Im Kontext Biogas zählen dazu etwa ökologische Probleme aufgrund der Dominanz weniger Arten beim Energiepflanzenanbau, insbesondere Mais, oder die gesteigerte Konkurrenz um die Flächennutzung, die etwa anhand der in den letzten Jahren deutlich gestiegenen Pachtpreise für landwirtschaftliche Grundstücke in Deutschland zum Ausdruck kommt.

Eine notwendige Voraussetzung für die fundierte Auseinandersetzung mit dem Themenfeld „Erneuerbare Energien“ im Allgemeinen und mit Biogas im Besonderen sind naturwissenschaftliche Grundkenntnisse, die im Sinne des forschenden Lernens zum Beispiel durch Angebote in Lehr-Lernlaboren gewonnen werden können.

Nach der Definition der OECD/PISA zur naturwissenschaftlichen Grundbildung („Scientific Literacy“) sollen Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzt werden, „naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, die die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen.“ (OECD 1999, S. 60). Demnach geht es um mehr als nur Faktenwissen. Die Definition verlangt nach einem Verständnis von naturwissenschaftlichen Konzepten, dem Erkennen naturwissenschaftlicher Fragen und einer fachlichen Beurteilung von Informationen. Die genannten Erwartungen bzw. Kompetenzen überschneiden sich in diesen Punkten mit den nationalen Bildungsstandards der Deutschen Gesellschaft für Geographie, denen das Basismodell des Gesamtsystems Mensch-Erde zugrunde liegt und humangeographische und naturgeographische (Sub-)Systeme erfasst (DGfG 2014, S. 11). Um diese Kompetenzen im geographischen Unterricht zu fördern, bedarf es praxisorientierter Ansätze, wie das forschende Lernen und der Berücksichtigung experimenteller Lernformen (vgl. LETHMATE 2006, S. 5 ff.). Hierbei handelt es sich um ein didaktisches Konzept, das gesellschaftlich relevante Fragestellungen und experimentelle Arbeitsformen miteinander verknüpft (vgl. Mönter/Otto 2016). Dabei können Schülerinnen und Schüler aktiv mit ihren Erfahrungen bzw. ihrem Vorwissen am Unterricht beteiligt werden.

Im schulischen Alltag stehen die Lehrerinnen und Lehrer jedoch häufig vor organisatorischen Hürden, die das Anwenden experimenteller Lehr- und Lernformen erschwert. Eine sinnvolle Ergänzung zum Unterricht in der Schule stellen deshalb Lehr-Lernlabore dar. Dabei handelt es sich zumeist um

universitäre Einrichtungen, die häufig an didaktische Institute oder Abteilungen angehängt sind. Angesichts der Tatsache, dass der Geographieunterricht an Schulen die vielfältigen Forschungsrichtungen aller Geowissenschaften repräsentiert, kann der Besuch eines solchen Lehr-Lernlabors den Unterricht in vielfältiger Weise bereichern. Die Lernenden erhalten einen forschungsorientierten Zugang zu relevanten und aktuellen Themenfeldern in einer meist modern ausgestatteten Umgebung und werden für geowissenschaftliche Inhalte sensibilisiert (vgl. SCHLITT 2015, S. 42 f.).

Im Folgenden wird ein Konzept vorgestellt, das am BioGeoLab der Universität Trier entwickelt wurde und sich mit dem Thema Biogas unter integrierter bzw. transdisziplinärer Perspektive beschäftigt.

3 Darstellung des Moduls „Biogas“ im Lernlabor

Im vorgestellten Modul wird maßgeblich auf den Aufbau und die Funktionsweise sowie die Nutzung und die ökologischen Auswirkungen von Biogasanlagen eingegangen. Im Rahmen einer eingebundenen Exkursion zu einer Biogasanlage in der Region und dem Austausch mit Landwirten vor Ort werden auch politische, soziale und wirtschaftliche Aspekte thematisiert. Das Konzept wird in aller Kürze dargestellt, um dann auf einzelne Bausteine exemplarisch einzugehen, die in Tabelle 1 hervorgehoben sind. Das Modul ist (im Baukastenprinzip) für zwei Tage konzipiert.

Ausgehend von der Betrachtung eines Joghurtbechers, bei dem sich in Folge der Vergärung bereits der Deckel stark wölbt, werden mithilfe einer Mindmap das Vorwissen und die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zu Biogas gesammelt. Im Rahmen einer arbeitsteiligen Gruppenarbeit werden dann mit Arbeitsblättern grundlegende Informationen über Biogas erarbeitet. Dabei wird der Aufbau von Biogasanlagen erläutert, die Nutzung verschiedener Gärsubstrate aufgezeigt, die biochemischen Reaktionen, die zur Entstehung des Biogases in Biogasanlagen beitragen, umrissen und mögliche Endprodukte vorgestellt. Um die Vielfalt der Substrate und Co-Substrate zu verdeutlichen, mit denen eine Biogasanlage befüttert werden kann, werden mit dem Biogasrechner (s. u.) unter einer Vorauswahl geeignete Substrate ermittelt. Dabei werden pro Tonne der Trockenmassegehalt der Frischmasse, der organische Trockenmassegehalt, die Substratkosten und der Biogasertrag in m³ mit einbezogen. Die Schülerinnen und Schüler sollen hierbei unter ökologischen und wirtschaftlichen Sichtweisen argumentieren.

Das von den Schülerinnen und Schüler ausgewählte Substrat wird in die Miniatur Biogasanlage gefüllt. Das Modell der Biogasanlage ist aufgefüllt mit Rindergülle, bei dem das von den Schülerinnen und Schüler ausgewählte Substrat als Co-Substrat dient. Die Auswertung des Biogasertrags erfolgt am nächsten Tag.

Der zweite Tag startet mit einer Exkursion zu einer Biogasanlage. Die Schülerinnen und Schüler können sich alle Teile einer Biogasanlage in Originalgröße anschauen und haben die Möglichkeit, im Vorfeld gesammelte offene Fragen an den Landwirt zu stellen. Zurück im Schülerlabor wird der Fokus erneut auf die Substrate gelegt. Allerdings steht dieses Mal der Anbau der Substrate im Mittelpunkt. Dafür bekommen die Schülerinnen und Schüler das Quartett an die Hand, welches für verschiedene Substrate die Eigenschaften ‚Anspruch an den Boden‘, ‚Biogasertrag in m³/t FM‘, ‚Substratkosten‘, ‚Trockenmassegehalt‘ und ‚Anzahl der Schädlinge‘ aufzeigt. Dabei treten Schülerinnen und Schüler gegeneinander an und versuchen, sich mit dem „besten“ Substrat zu überbieten.

Zum Abschluss bauen die Schülerinnen und Schüler ihre ‚eigene‘ Biogasanlage im Modell. Dabei werden die Substrate und die Nutzung der Endprodukte vorgegeben, so dass jede Schülergruppe eine auf anderen Anforderungen ausgelegte, modellhafte Biogasanlage erstellt, die schließlich vor dem Hintergrund der spezifischen Standortbedingungen diskutiert werden.

Tab. 1: Übersicht über das Biogas-Modul. Unterlegt sind die im Folgenden genauer dargestellten Elemente.

Inhaltliche Bausteine	Methodische Umsetzung
Hinführung zum Thema Biogas	Vergorener Joghurt mit gewölbtem Deckel als stiller Impuls → Sammlung von Vorwissen und Vorstellungen in Form einer <i>Mind Map</i>
Was ist Biogas? (Natürliche Entstehung und Zusammensetzung)	Informationstext und Ergänzung der <i>Mind Map</i>
Wie funktioniert eine Biogasanlage? (Aufbau von Biogasanlagen, Mögliche Inputsubstanzen, chemische Reaktion die in einer Biogasanlage ablaufen, Outputsubstanzen und ihre Möglichkeiten)	In Gruppenarbeit Erarbeitung eines Posters mithilfe von Texten, Grafiken und Plakaten mit anschließender Präsentation im Plenum
Zusammenfassung und Vertiefung der Ergebnisse	Film über Biogasanlagen von der FNR, Diskussionsrunde
Fokussierung auf die Gärsubstrate	Mit dem Quartettspiel lernen die Schüler-innen und Schüler verschiedene nachwachsende Rohstoffe kennen und werden sensibilisiert für mögliche Probleme, die im Zusam-

	<p>menhang mit den möglichen Substraten stehen z. B. den potenziellen Schädlingsbefall der Pflanze</p>
Funktionsweise des „Biogasrechners“	<p>Demonstration des „Biogasrechners“ am Whiteboard durch die Lehrperson</p>
Versuche mit verschiedenen Gärsubstraten	<p>Mithilfe der Tablets bzw. Smartphones und des Biogasrechners werden in Gruppen mit unterschiedlichen Gärsubstraten theoretische Ausgabewerte berechnet. Das jeweilige Substrat für das sich in der Gruppe entschieden wurde, wird zur Befütterung des Modells benutzt</p>
Diskussion über verschiedene Gärsubstrate (Vor- und Nachteile)	<p>Die Gruppen präsentieren ihre Ergebnisse der Gärversuche mit dem Biogasrechner am Whiteboard. Im Plenum wird über Pro und Contra der Gärsubstrate im Hinblick auf Trockenmassegehalt, organischer Substratanteil, Substratkosten und Biogasertrag diskutiert</p>
Eigene Biogasherstellung	<p>Ansetzen von eigenen Gärsubstraten mit dem Miniaturmodell der Biogasanlage</p>
Modellhafter Bau einer Biogasanlage	<p>Mithilfe von verschiedensten Materialien sollen Modelle einer Biogasanlage erstellt werden. Dabei sind je Anlage spezifische Rahmenbedingungen gegeben, die sich in Substratzufuhr, Nutzung der Endprodukte und der räumlichen Ausprägung unterscheiden</p>
Präsentation der Modellanlage	<p>Vorstellung der Gruppenergebnisse und Diskussion über Verbesserungsvorschläge der einzelnen Anlagen</p>

Exkursion	Exkursion zu einer Biogasanlage mit Arbeitsaufträgen für die Schülerinnen und Schüler (Exkursions-Reader, Kreuzwörterrätsel, Beschriften der Biogasanlage, Erstellen einer eigenen Quartettkarte)
Biogasentstehung im Modell	Die Biogasmodelle mit den zugesetzten Substraten vom Vortag werden vor dem Hintergrund der Erkundung reflektiert.
Zusammenfassung der gelernten Inhalte und Übertragung auf die Region, Deutschland oder die Welt im Hinblick auf die Zukunft des Biogas oder regenerativen Energien allgemein	Zukunftswerkstatt zu „Biogas in 20 Jahren...“

4 Ausgewählte Bausteine

Im Folgenden werden vier Teile des Moduls näher betrachtet und erläutert. Dazu gehören das Quartett-Spiel, welches den Fokus auf verschiedene nachwachsende Rohstoffe legt, der Vergärungsversuch mit den eigenen Gärsubstraten sowie der Modellaufbau einer Biogasanlage, bei dem alle vorhergehenden Einzelschritte zusammengeführt werden und bei dem das erworbene Wissen angewandt werden soll. Die Exkursion zu einer Biogasanlage in der Region zum Abschluss veranschaulicht und vertieft das im Rahmen des Moduls Gelernte.

4.1 Quartett

Das Quartett stellt eine spielerische Möglichkeit dar, den Schülerinnen und Schüler eine Auswahl an nachwachsenden Rohstoffen aufzuzeigen und sie mit ihren Eigenschaften vertraut zu machen (siehe Abbildung 5). Die Karten thematisieren sowohl die Information der Substratkosten und des Ertrages, welche in direkter Verbindung zur Nutzung in Biogasanlagen stehen, als auch den Anspruch an den Boden und die Anfälligkeit für Schädlinge. In reduzierter Form wird bei letzterem von der Anzahl der (verbreiteten) Schädlinge gesprochen, um die Gefährdung des Ertrags bzw. die Notwendigkeit des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln zu verdeutlichen.

steckt, sodass das später entweichende Gas darüber in ein anderes Behältnis gelangen kann. Als Gasauffangbehältnis bieten sich große Marmeladengläser an, die Öffnung nach unten in eine große Schale mit Wasser getaucht werden. In die mit Wasser gefüllten auf dem Kopf stehenden Gläser werden die Schläuche geführt, die aus den Glasflaschen kommen. Dadurch kann das später entstehende Gas das Wasser aus den Gläsern verdrängen, so dass die Gasentwicklung gemessen werden kann. Die Gärbehältnisse sollten ebenfalls im Wasser stehen, damit ein Anwärmen der Flaschen auf ca. 31 °C mithilfe eines Tauchsieders möglich ist.



Abb. 6: Versuchsaufbau zu unterschiedlichen Gärsubstraten

Zur Auswahl des verwendeten Gärsubstrats nutzen die Schülerinnen und Schüler den Biogasrechner, der vom ‚Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft‘ erstellt wurde und unter <http://daten.ktbl.de/biogas/startseite> abrufbar ist. So ist es möglich, unterschiedliche Substrate zu vergleichen. Ergänzend werden die entsprechenden Pflanzen bildhaft dargestellt und zur haptischen Unterstützung ausgelegt, wobei es sich um die eingeschweißten Proben handelt, die auch beim anschließenden Versuch genutzt werden.

1 Substratwahl

1 Pflanzen und Pflanzenteile

2 [Substrat]

↓

2 Jahresmenge eingeben → **3 Auswahl bestätigen**

t Frischmasse/a



AUSGEWÄHLTE SUBSTRATE

Substrat	Trockenmasse (TM)		Richtwert Biogas-ertrag (Normgas)		Methan-gehalt Vol.-%	Jahres-menge		Substrat- preis €/t FM	Substrat- kosten €/a
	% i. d. Frischmasse (FM)	da von organisch (oTM) % i. d. TM	L-/kg oTM	m ³ /t FM		t FM/a	Gez.-%		
<input type="checkbox"/> Maisilage, 35% TM	35,0	95,0	650,0	216,1	52,0	1	100,0	35,00	35,00
Summe						1	100		35,00
Gewogenes Mittel	35,0	95,0	650,0		52,0				
Wird ein <input type="text" value="Zündstrahl-Motor"/> verwendet, kann ein Aggregat mit einer Leistung von 1,2 kW _e installiert werden. Die Bemessungsleistung beträgt 1 kW _e .									
Ihre Substratauswahl entspricht einer Biogasanlage nach § 44 EEG 2014.									
<input type="checkbox"/> alle Tabelleneinträge auswählen <input checked="" type="checkbox"/> selektierte Tabelleneinträge löschen								<input type="button" value="Seite drucken"/>	<input type="button" value="berechnen"/>

Abb. 7: KTBL-Biogasrechner (Quelle: <http://daten.ktbl.de/biogas/startseite>) und QR-Code, mit dem die Schülerinnen und Schüler über Tablet oder Smartphone darauf zugreifen können

Neben dem Biogasertrag in m³ wird durch den Biogasrechner eine Vielfalt von Parametern angegeben, wie zum Beispiel die Substratkosten oder der Trockenmassegehalt und die Einspiseerträge. Dabei berücksichtigt der Rechner auch die bestehende Gesetzeslage, insbesondere das Erneuerbare-Energien-Gesetz. Im konkreten Fall erhalten die Schülerinnen und Schüler je vier ausgewählte Substrate, die sie sich mit dem KTBL-Biogasrechner anzeigen lassen. Schließlich entscheidet sich die Schülergruppe für ein Substrat ihrer Wahl, welches sie in die Biogasanlage (Flasche) als Co-Substrat einführt. Dabei ist es wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler ihre Auswahl sowohl unter ökonomischen als auch ökologischen und ggf. politischen Gesichtspunkten begründen. Am darauf folgenden Tag kann das entstandene Gas an den Gläsern anhand des verdrängten Wassers abgelesen werden. Obgleich die Quantität des Gases messbar ist, gestaltet sich die experimentelle Bestimmung der Zusammensetzung bzw. des Brennwertes durch die Schülerinnen und Schüler unter den üblicherweise gegebenen Bedingungen schwierig. Um ein brennbares und somit hochwertiges Gas zu erhalten, müsste die Gasproduktion mindestens zwei Wochen aufrechterhalten werden. Sofern dies möglich ist, stellt die Untersuchung der Zusammensetzung eine mögliche Erweiterung dar.

Modellaufbau

Am Ende des Moduls steht der modellhafte Aufbau einer Biogasanlage. Durch spezifische Rahmenbedingungen unterscheiden sich die Voraussetzungen für die unterschiedlichen Schülergruppen hinsichtlich der Art des Substrats, der

räumlichen Ausbreitung der Anlage und der beabsichtigten Produktion. Dadurch werden die Schülerinnen und Schüler spielerisch vor die Herausforderungen gestellt, die mit dem Bau einer Biogasanlage verbunden sind. Hierfür müssen sie die vorher gelernten Aspekte über die verschiedenen Anlagentypen, die Substrate und die Endprodukte bedenken und Lösungen für die eigene Anlage entwickeln. Abbildung 8 zeigt ein Beispiel solch einer modellhaften Biogasanlage. Am Ende stellt jede Schülergruppe ihr Ergebnis vor, um dann im Plenum über mögliche Verbesserungen zu diskutieren.

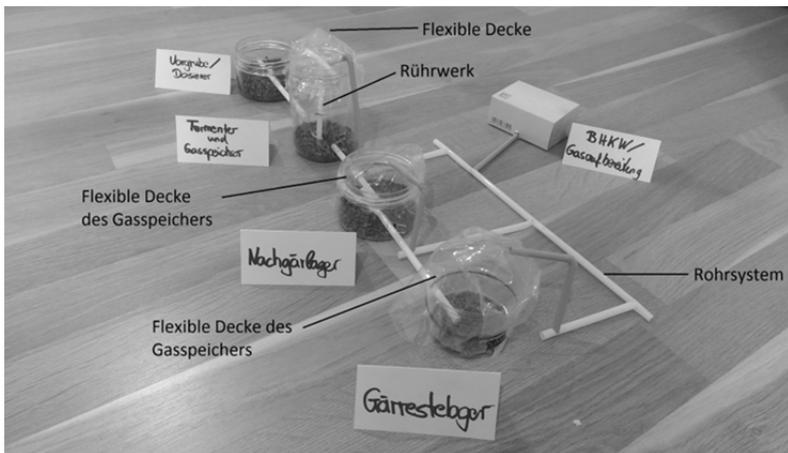


Abb. 8: Beispielhafte Umsetzung des Modells einer Biogasanlage

Besuch einer Biogasanlage

Beim Besuch einer Biogasanlage in der Region erhalten die Schülerinnen und Schüler einen Eindruck über die Ausmaße und die Möglichkeiten sowie die Grenzen von Biogasanlagen. Dabei können die Schülerinnen und Schüler die räumlichen Ausmaße und die Begebenheiten einer Biogasanlage erfassen. Sie erfahren, wie die Substrate gelagert und vorverarbeitet werden, und erleben die Fermenter und Gärgruben in Betrieb. Neben diesen Aspekten und den Möglichkeiten eines Expertengesprächs mit dem Landwirt (oder anderen Betreibern) ist die Biogasanlage auch aufgrund ihres sensorischen Eindrucks als außerschulischer Lernort geeignet. Ergebnisse wie auch Eindrücke halten die Schülerinnen und Schüler mithilfe von vorher verteilten Exkursionsmaterialien fest. Nach der Erkundung des Geländes und den Erläuterungen des Landwirtes haben die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, offene Fragen an den Landwirt zu stellen und ihre Arbeitsmaterialien zu ergänzen. Um die dabei auch

thematisierten Problembereiche aufzugreifen, etwa die Konkurrenz um Anbauflächen für Nahrungs- und Energiepflanzen, die dadurch gestiegenen Pachtkosten, die stellenweise zu hohe Dichte von Biogasanlagen zur effektiven Nutzung, die Veränderungen der politischen Förderungen etc., wird zum Abschluss des Moduls im Rahmen einer Zukunftswerkstatt der Frage nachgegangen, wie die Erzeugung und Nutzung von Biogas in 20 Jahren aussehen könnte.



Abb.9: Schülergruppe beim Besuch einer Biogasanlage

Literatur

AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN (2015): Entwicklung von Biogasanlagen in Deutschland. URL: <http://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/entwicklung-von-biogasanlagen-in-deutschland> [Stand: 21.11.2015]

BMEL [Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft] (2015): Bioenergie. URL: https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Nachwachsende-Rohstoffe/Bioenergie/_texte/Bioenergie.html [Stand: 21.11.2015]

BMWi [Bundesministerium für Wirtschaft und Energie] (Hrsg.) (2015): Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2014. Berlin.

- DGfG [Deutsche Gesellschaft für Geographie] (Hrsg.) (2014): Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss – mit Aufgabenbeispielen. 8. Auflage, Bonn.
- FACHVERBAND BIOGAS E.V. (2015): Branchenzahlen 2014 und Prognose der Branchenentwicklung 2015. URL: [http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/\\$file/15-11-19_Biogas%20Branchenzahlen-2014_Prognose-2015_final.pdf](http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/$file/15-11-19_Biogas%20Branchenzahlen-2014_Prognose-2015_final.pdf) [Stand: 21.11.2015]
- FNR [Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e.V.] (2015): Mediathek. URL: <https://mediathek.fnr.de/> [Stand: 21.11.2015]
- LETHMATE, J. (2006): Experimentelle Lehrformen und Scientific Literacy. - In: Praxis Geographie, 36(11), S. 4-11.
- MÖNTER, L./OTTO, K.-H. (2016): Experimentelles Arbeiten im Geographieunterricht: Grundlagen, Erkenntnisse, Konsequenzen. In: Geographie aktuell & Schule, 38. Jg., H. 219, S. 4-13.
- OECD [Organisation for the Economic Cooperation and Development] (1999): Measuring student knowledge and skills. A new framework for assessment. Paris.
- SCHLITT, M. (2015): Wo forsche Kinder forschen. Experimentieren, Lernen und Erleben im Schülerlabor. In: geographie heute, H. 322, S. 42-44.

Experiment zur Schneebrettlawine

von Armin Rempfler, Pädagogische Hochschule Luzern, Schweiz

1 Fachlicher Rahmen

Herrscht heute im Alpenraum große bis sehr große Lawinengefahr (Stufen 4-5 gemäß europäischer Lawinengefahrenskala), so wird diese dank ausgeklügelter Maßnahmen auf ein kalkulierbares Restrisiko minimiert (mit Bauverbots in gefährdeten Zonen, Strassengalerien und -sperrungen, Evakuierungen usw.). Ein Laie kann sich größtenteils auf dieses von Experten regulierte Risikomanagement verlassen. Ganz anders präsentiert sich die Problemlage bei geringer bis erheblicher Lawinengefahr (Stufen 1-3), insbesondere wenn sich Schneesporthler ins freie Gelände abseits gesicherter Pisten begeben. Dann stellen weniger Großlawinen als vielmehr relativ kleine Lawinen (durchschnittlich 70 m breit und 200 m lang) eine potenzielle Gefahr dar. Dabei handelt es sich meistens um Schneebrettlawinen, die durchschnittlich pro Jahr 25 Lawinentote in der Schweiz bzw. 100 Todesopfer in den Alpen fordern (REMPFLER 2010a). Um draussen im Gelände selbständig mit der Gefahr von Schneebrettlawinen umgehen zu können, braucht es differenzierte Kenntnisse über die drei Faktorengruppen „Wetter-/Schneeeverhältnisse“, „Gelände“ und „Mensch“. Weil alle drei auf die Schneedecke einwirken, kommt dieser bei der Lawinenbildung eine Schlüsselfunktion zu (HARVEY ET AL. 2012, S. 28 ff.; siehe auch www.whiterisk.ch). Das vorgestellte Modellexperiment beschäftigt sich ausschließlich mit der Schneedecke. Seine Einbettung in eine längere Unterrichtseinheit ist allerdings unumgänglich, sofern ein vertieftes Lawinenverständnis erreicht werden soll (vgl. REMPFLER, KÜNZLE 2013).

2 Zielsetzung des Experiments

Das Experiment veranschaulicht in fachwissenschaftlich vertretbarer Reduktion einen Kernbereich der Lawinenproblematik: Schnee ist praktisch immer schichtartig aufgebaut, wobei die beteiligten Schneeschichten unter sich verschieden stark gebunden sein können. Grundsätzlich geht die Schneebrettgefahr zurück, wenn sich eine neue Schneeschicht mit der darunter liegenden, älteren Schicht verbindet. Umgekehrt nimmt die Gefahr zu, wenn die Verbindung der beiden Schichten – aus bestimmten Gründen – verhindert wird. Didaktisch bedeutend ist dieses Experiment vor allem deshalb, weil es Hinweise gibt, dass Novizen mit wenig differenzierten Lawinenvorstellungen (z. B. Lawine als Schneekugel, als ungeordnete bzw. geordnete Schneemasse) hinsichtlich ihrer Vorstellung einer Schneedecke noch nicht über ein Schichtkonzept verfügen (REMPFLER 2010b; TSCHERFINGER 2011, S. 90). Plausiblerweise bildet dieses Konzept aber eine entscheidende Grundlage für das tiefgründige Verständnis der Lawinenbildung.

3 Vorgehen

Für den Einsatz des Experiments bietet sich ein mehrschrittiges Vorgehen an, bspw. wie folgt:

- 1) Die Lehrperson erklärt Zielsetzung und Materialien des Experiments (vgl. Kap. 2; Tab. 1; Abb. 1).
- 2) Sie demonstriert allenfalls Teile des Experiments, ohne Begründungen (z. B. Versuch 1; Tab. 2).
- 3) Schülerinnen und Schüler experimentieren selbständig in Gruppen; ihre Überlegungen und Beobachtungen werden protokolliert (vgl. Abb. 1; Tab. 2).
- 4) Ausgewählte Gruppen stellen ihre Ergebnisse vor.
- 5) Die Lehrperson ergänzt und demonstriert nochmals gezielt Versuche. Der Schwerpunkt liegt nun darauf, die experimentellen Erkenntnisse hinsichtlich ihrer Bedeutung für das Verhalten von Schnee zu diskutieren (vgl. Abb. 2).

Tab. 1: Notwendige Materialien und wichtige Hinweise für das Experiment

Notwendige Materialien

Dünnes Holzbrett (Fläche ca. 30 x 35cm, unbearbeitet), Backmehl, Speisesalz (normale Korngröße), Handsprenkler, evtl. grosses Wandtafel-Geodreieck, Auffangbecken

Wichtige Hinweise

- Ein Holzbrett gleitet besser als eine natürliche Geländeoberfläche. Es ist deshalb ratsam, die Oberfläche, auf die das Mehl aufgestreut wird, zuerst mit dem Sprenkler leicht zu nässen.
- Mehl weist einen höheren Reibungskoeffizienten auf als Schnee. Beim Experiment sind deshalb generell steilere Hanglagen nötig, um überhaupt Effekte zu erzielen.

4 Erkenntnisse zur Schneebrettenstehung

Die folgenden generellen Erkenntnisse zur Bildung eines Schneebretts lassen sich aus dem Experiment ableiten:

- Mit dem Auftragen der Mehlschichten und vor allem der Abfolge Mehl – Salz – Mehl wird das für die weiteren lawinenkundlichen Zusammenhänge grundlegende Schichtkonzept durch handelndes Tun erfahrbar.
- Die Salzschicht fungiert dabei als Schwachschicht, in der Realität z. B. bestehend aus Oberflächenreif, der von Neuschnee bedeckt wurde.
- Eine Schwachschicht muss relativ großflächig vorkommen. Nur so kann sich ein sog. Initialbruch bis zur Lawinenauslösung fortpflanzen. (Entsprechend wichtig ist es im Experiment, Salz über die ganze darunter liegende Mehlfäche auszustreuen.)
- Das Problem liegt nun darin, dass sich der Neuschnee allmählich zu setzen beginnt. Im Experiment wird dies durch das Festpressen der Mehlschicht si-

muliert. Plötzliche Wärmephasen oder Regen vermögen die Setzung zu beschleunigen. Bei diesem Prozess bindet sich die Schneeschicht zwar horizontal und baut Spannungen auf. Deren vertikal gerichtete Bindung mit den darunter liegenden Schichten wird hingegen durch die Schwachschicht verhindert.

- Bis die oberste, gespannte Schicht nun losbricht, braucht es eine gewisse Steilheit ($\geq 30^\circ$) und meist eine Zusatzlast, z. B. durch einen Schneesportler, was simuliert wird durch das Beklopfen des Brettes auf seiner Rückseite.



Abb. 1: Materialbedarf und eigenständige Anwendung des Modellexperiments durch Lernende der 9. Jahrgangsstufe (Aufnahmen: A. Rempfler, 2010)

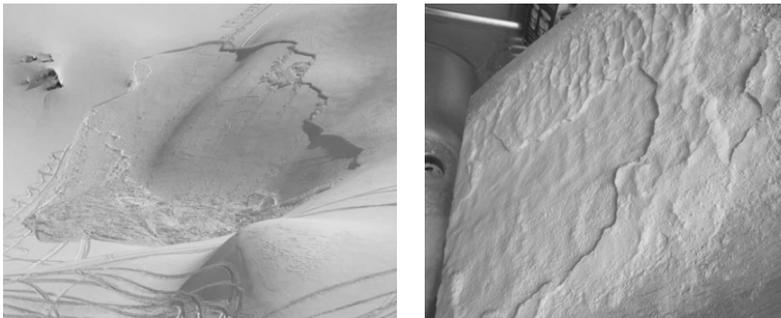


Abb. 2: Verblüffende Übereinstimmung zwischen Realität und Experiment: Die Merkmale eines Schneebrettes (oberste Schneeschicht, die sich brettartig löst; breiter Anriss, bleibt bis unten praktisch gleich breit) treten in beiden Fällen deutlich zutage. (Aufnahmen: A. Rempfler 2010)

Diese Effekte zeigen sich beim Experiment am deutlichsten, wenn auf die erste Mehlschicht (festgepresst) eine Salzschrift (ganzflächig) und darauf wieder eine Mehlschicht aufgetragen wird. Letztere ist fest zu pressen und mit dem Sprenkler zusätzlich leicht zu nassen.

Tab. 2: Anleitungen und Protokollblatt für das Experiment Schneebrettlawine

<p>Organisation: Gruppenarbeit (3 Schüler) Zeit: ca. 30-40 Minuten Benötigte Materialien: Holzbrett, Backmehl, Speisesalz, Auffangbecken, Handsprenkler (= für jede Gruppe nur 1x vorhanden) Wichtige Regeln:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geht bitte sorgfältig mit den Materialien um (<i>Respekt vor Nahrungsmitteln!</i>) • Beachtet folgende Arbeitsschritte: <ol style="list-style-type: none"> 1. Überlegen, wie man die Schichtung verändern möchte (<i>schrittweise</i> Veränderungen vornehmen) 2. Überlegen, was man als Ergebnis erwartet (Vermutung aufstellen) 3. Ausführen (Brett zunehmend steiler stellen; Brett sorgfältig beklopfen) und beobachten 4. Überlegen, was das Ergebnis für das Verhalten von Schnee bedeuten könnte <p>Tragt eure Überlegungen und Beobachtungen in folgende Tabelle ein (ähnlich wie die gezeigten Beispiele):</p>			
1. Veränderter Einflussfaktor	2. Vermutetes Ergebnis	3. Beobachtetes Ergebnis	4. Bedeutung für das Verhalten von Schnee
Versuch 1 Holzbrettchen leicht anfeuchten; dann Mehlschicht direkt auf Holzbrett, locker aufgestreut	...	Mehl rutscht nur bei sehr steiler Hangneigung, vor allem bei zusätzlichem Beklopfen des Brettes; es rutschen vorwiegend einzelne Mehlkörner.	...
Versuch 2 Mehlschicht direkt auf Holzbrett aufgestreut, dann mit Hand fest gepresst	...	Mehlschicht hält auch bei extremer Steillage sehr gut.	...
Versuch 3 Auf fest gepresste Mehlschicht Salzschicht auftragen, darüber wiederum Mehl streuen
usw.			

Literatur

- HARVEY, S., RHYNER, H., SCHWEIZER, J. (2012): Lawinenkunde. Praxiswissen für Einsteiger und Profis zu Gefahren, Risiken und Strategien. München.
- REMPFLER, A. (2010a): Systemdenken. Schlüsselkompetenz für zukunftsorientiertes Raumverhalten. In: *Geographie und Schule* 32, Heft 184, S. 11-18.
- REMPFLER, A. (2010b): Fachliche und systemische Alltagsvorstellungen von Schülerinnen und Schülern zum Thema Lawinen. In: REINFRIED, S. (Hrsg.): *Schülervorstellungen und geographisches Lernen*. Berlin, S. 55-85.
- REMPFLER, A. & R. KÜNZLE (2013): Der Komplexität von Lawinen auf der Spur. Konzeption und Umsetzung einer Unterrichtseinheit. In: *Geographie und Schule* 35, Heft 204, S. 29-38.
- TSCHERFINGER, M. (2011): *Alltagsvorstellungen von Schneelawinen – eine qualitative Analyse*. Masterarbeit PH Luzern (unveröff. Manuskript). Luzern.

Das GeoWindow, ein innovatives Unterrichtsmedium

von Mathias Faller, Gregor C. Falk, beide Pädagogische Hochschule Freiburg

1 Modellierung und Visualisierung von Prozessen der physischen Geographie

Im Rahmen der fachdidaktischen Entwicklungsforschung wurde im Januar 2014 am Institut für Geographie und ihre Didaktik der PH-Freiburg eine Apparatur zur Modellierung von Prozessen der physischen Geografie entwickelt. Ziel war es, den Geowissenschaften ein Medium zur Verfügung zu stellen, welches wie das Mikroskop für Biologen oder das Reagenzglas für Chemiker, fachliche Inhalte erschließbar macht. Das GeoWindow ist als Lehrmittel für alle Schularten, sowie für die geowissenschaftlichen Hochschulen geeignet und fungiert als Vorrichtung, die es dem Anwender ermöglicht, verschiedene Sachverhalte, insbesondere der physischen Geographie, selbst zu modellieren. Die entstandenen Modelle sowie der Modellierungsprozess selbst, liefern wertvolle Diskussionsgrundlagen um den fachlichen Inhalt der modellierten Thematik innerhalb des Lernverbandes zu vertiefen. GeoWindows werden mit „echten“ Materialien (Sand, Wasser etc.) befüllt und sind bewusst keine digitalen Medien.

2 Das fehlende Werkzeug

Prozesse und deren Fachinhalte didaktisch nachhaltig zu vermitteln, gelingt im Chemieunterricht z. B. durch ein Reagenzglas. Das Verständnis für abstrakte Reaktionsgleichungen ist ohne den Gebrauch eines Reagenzglases mit entsprechenden Experimenten nicht vorstellbar und somit eine feste Komponente im Schulalltag eines jeden Chemieschülers. Mit einem Mikroskop als Standardmedium können sich Lernende im Biologieunterricht neue Welten erschließen. Die optische Bank lehrt uns im Physikunterricht, dass Licht gestreut und gebündelt, ja sogar in verschiedene Wellenlängen mit dazugehörigen Farbspektren zerlegt werden kann. Dabei entsteht ein sehr differenziertes Wissen z. B. zum Aspekt Licht.

Alle Naturwissenschaften nutzen Hilfsapparaturen, um die Lernenden beim Lernprozess durch eigenständiges Handeln zu beteiligen. Im Bereich der physischen Geographie werden wir uns kaum an Versuche oder Experimente erinnern können, die mit einem „Standardwerkzeug“ ähnlich dem des Reagenzglases, Fachinhalte vermittelt hätten. Die Modellierung eines Vulkanausbruchs, ein Experiment zur Entstehung von Tsunamis oder einer artesischen Quelle wären sicherlich spannend gewesen, ein entsprechendes Werkzeug hierfür gab es bedauerlicherweise nicht und so bleibt der Wissenstransport zu Themen der physischen Geographie größtenteils beschränkt auf die Arbeit mit dem Buch, dem

Globus und dem Atlas. Dabei wäre ein differenziertes Wissen z.B. zum Aspekt Grundwasser im Zusammenhang mit den Bildungszielen der Bildungspläne zur nachhaltigen Entwicklung eine wichtige Voraussetzung (z. B. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2004).

Mit dem GeoWindow-Projekt wurde der Versuch unternommen, eine solche Apparatur für den Geographieunterricht zu entwickeln. Es bietet eine generelle Infrastruktur, um Modellierungen mit geographischen Kontexten schnell und einfach real werden zu lassen. Ein „Reagenzglas“ für die Visualisierung nicht nur von *Standbildern*, sondern auch von *Prozessen* des Systems Erde.

3 Wenn Stoffkreisläufe als Prozesse verstanden werden, ist ein Grundbaustein für eine Bildung zur nachhaltigen Entwicklung (BNE) gelegt.

Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) im Geographieunterricht bedingt eine Vermittlung grundlegender Kenntnisse über verschiedenste Prozesse der Geosphäre, welche seit jeher die für den Menschen so wertvollen Ressourcen wie Wasser, Böden oder die Luft in Form von Stoffkreisläufen verändern und das Gesicht unserer Erde gestalten (z.B. DE HAAN (2010).

Gerade die naturwissenschaftliche Disziplin, die sich mit der Entwicklung von Räumen befasst, ist wie keine andere in der Lage und in der Pflicht, dem Menschen jene Ressourcenkreisläufe verständlich zu machen, aus denen der Mensch wesentliche Teile seiner Grundbedürfnisse befriedigt. Dies mit dem klar ausgesprochenen Ziel, die Schutzbedürftigkeit dieser Lebensgrundlagen und letztlich eine Bildung zur nachhaltigen Entwicklung bereits bei jungen Menschen zu implementieren. Nachhaltiges Handeln bedingt, die Kenntnis darüber zu haben, wie menschliches Handeln auf die natürlichen Prozesse einwirkt. Ohne ein Verständnis der Prozesse selbst ist reflektiertes Handeln im Alltag, im Beruf nicht möglich.

Prozesse und deren Fachinhalte didaktisch nachhaltig zu vermitteln, gelingt in den verschiedenen naturwissenschaftlichen und technischen Fachbereichen durch den Einsatz von Modellen oder Experimenten (vgl. FALK 2007, OTTO & MÖNTER 2015).

Wie nachhaltig wird im Geographieunterricht Wissen über relevante Prozesse z. B. zur Ressource Wasser vermittelt? Wird das wichtige Thema „Kreislauf des Wassers“ wirklich durch ein Blockbild im Schulbuch adäquat vermittelt? Wie funktioniert der Motor der Globalen Meeresströmungen, die thermohaline Zirkulation, und für was ist das wichtig? Haben wir eine feste Vorstellung davon, wie schnell Grundwasser fließt und wohin? Was ist überhaupt Totwasser? Fragen, auf die wir mit Blick auf BNE eine Antwort liefern sollten, immerhin stehen diese Fragen in einem untrennbaren Zusammenhang mit der Grundlage allen Lebens.

4 Modellieren unterstützt nachhaltiges Lernen

Im Zusammenhang mit nachhaltig anwendbarem Wissen sprechen wir häufig von gebildeten festen Vorstellungen zu den entsprechenden Sachverhalten. Im Gegensatz hierzu steht totes Wissen, welches nur bedingt abrufbar, aber nicht anwendbar und nicht vernetzt gelernt wurde. Feste Vorstellungen bilden sich nicht zwingend durch auswendig gelernte Zahlen oder Ähnlichem. Vielmehr geht es um systemisches Denken, bei dem klare Aussagen gemacht werden können darüber, was innerhalb eines Systems passiert, wenn sich bestimmte Parameter ändern würden. Idealerweise gelingt hierbei auch der gedankliche Zugriff auf weitere Systeme, die durch die Veränderung ebenfalls involviert werden könnten. Ein Transfer des Erlernten auf Neue, möglicherweise ähnlich gelagerte Themenkomplexe, gilt als wertvolle Anwendung nachhaltig gelernter Inhalte.

Systemisches Denken (vgl. MEHREN, R. ET AL. 2014) ist bei der Entwicklung (der Modellierung) eines eigenen Modells essenziell, wobei die kognitive Anforderung über eine reine Modellbetrachtung hinausgeht. Der Vorgang des Entwickelns als etwas prozesshaftes, verbindet Beobachten und Experimentieren, als Methoden des wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns, mit dem Modell selbst. Ohne diese Hilfsmittel kann das Modell nicht erzeugt werden. Neben dem Handwerklichen entstehen in den Anforderungsbereichen des Experimentierens und des Beobachtens weitere Aufgaben zur Herstellung eines Modells.

5 Modellieren: Der Weg und das Ziel

Zwei Bereiche, der Weg (die Modellierung) und das Ziel (das Modell selbst), sind von Bedeutung, wenn wir von Modellierung sprechen.

- Ein didaktischer Mehrwert gegenüber der reinen Modellbetrachtung ergibt sich aus der Tatsache, dass ich die Histologie des Modells kenne. Der Weg bis zum fertigen Modell ist mir bekannt, da ich ihn selbst erfunden (gefunden und erschaffen) habe.
- Als Schöpfer meines Modells ist es mir nicht fremd. Ich kann nachvollziehen, warum es so ist wie es ist. Die Identifikation mit dem Modell schafft eine emotionale Verbindung zwischen dem Erzeuger des Modells und dem Modell selbst. Ein wertvoller Vorteil bei der Arbeit mit dem Modell.
- Als Schöpfer meines Modells möchte ich naturgemäß wissen, ob es mir auch gelingen ist. Die Genese des Modells bietet eine sinnvolle Basis für eine Modellreflexion.
- Durch die Metakognition des Modellierungsprozesses wird eine feste Vorstellung zum Themenkomplex erzeugt.

Konstruktiver Wissensaufbau wird durch die Methode des Modellierens enorm gefördert. Die emotionale Einbindung der Lernenden während der eigentlichen Modellierungsarbeit verstärkt häufig diesen Prozess. Die Emotionen während eines Ausbruchs des eigenen Vulkanmodells sorgen für eine Verknüpfung von erlerntem Fachinhalt und einem positiven Gefühl. In diesem Kontext sprechen wir von einem Lernerlebnis, das sich besonders nachhaltig im bereits vorhandenen Wissenskonstrukt zum Fachinhalt Vulkanismus einprägt, wenn dies gemeinsam erlebt wird.

6 GeoWindows bieten eine nicht digitale Infrastruktur zur Modellierung

Immer wieder begegnet man dem Problem, das prozesshafte Anwendungen noch nicht einer entsprechenden Nutzung im Schulalltag überführt wurden. Gerade im Bereich der Raumentwicklung im Kontext der Umweltbildung bzw. der Entwicklung von Stoffkreisläufen sind solche Anwendungen wünschenswert, damit die ohnehin schwer vorstellbaren Abläufe mit ihrer oft eigenen Dynamik greifbarer werden.

Das vorliegende Unterrichtsmedium ist in seiner Konzeption genau auf diese Prozesshaftigkeit fokussiert. Eine Visualisierungsmöglichkeit der Prozesse selbst entsteht. Als Werkzeug bietet es Lernenden die Möglichkeit, sich verschiedenen Themen der physischen Geografie, enaktiv handelnd und kognitiv differenziert zu nähern.

Ein sinnvoller Umgang mit dieser Apparatur setzt ein modernes Unterrichtsklima voraus, das konstruktiven Wissensaufbau der Lernenden bewusst begleitet. Hierzu zählt die Berücksichtigung von Schülervorstellungen kombiniert mit kultiviertem Fehlerumgang sowie die Förderung intrinsischen Lernens unter Berücksichtigung verschiedener Sozialformen. Das Potenzial des GeoWindows, den Prozess zur Bewusstseins-schaffung von Stoffkreisläufen, die Erzeugung von festen Vorstellungen zur Histologie von Ressourcen im Bildungskontext zu begleiten, ist groß. Letztlich ist es ein wertvolles Instrument für viele Menschen, um der nur schwer definierbaren und doch so wichtigen Wortschöpfung "Nachhaltigkeit" eine schärfere Kontur zu geben.



Abb. 1: Vulkanmodellierung mit dem GeoWindow HGD-Symposiums 2015 (Quelle: G. Falk)

Literatur

- DE HAAN, G. (2010). Schule, Nachhaltigkeit, Zukunft. Bildung für eine nachhaltige Entwicklung als Lernkultur. In Wprld Watch Institut (Hrsg.). Einfach besser leben. Nachhaltigkeit als neuer Lebensstil, S. 26-32. München:oekom.
- FALK, G.C. (2007): Das Experiment. In: Praxis Geographie, H. 1, S. 36-37
- MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (2004). Bildungsstandards Geographie im Rahmen des Fächerverbundes Geographie-Wirtschaft-Gemeinschaftskunde. Gymnasium.Stuttgart.
- MÖNTER, L., HOF, S. (2012). Experimente. In Haversath, J.-B. (Mod.). Geographiedidaktik, 289–313. Braunschweig: Westermann.
- OTTO, K.-H., MÖNTER, L. (2015). Experimentelle Lehr- / Lernformen und Modellexperimente im Geographieunterricht. geographie heute 323 / 324, 2–8.
- MEHREN, R., REMPFLER, A. ULRICH-RIEDHAMMER, E. M. (2014): Systemkompetenz als Schlüssel zur Steigerung der Eigenkomplexität von Schülern. In: Praxis Geographie, H. 4, S. 4-8.

„Kannst du mir das Wasser reichen?“ – Kompetenzorientierter Geographieunterricht durch den Einsatz eines Hochwasser- und Überschwemmungsmodells

von Saskia Weitekamp und Franziska Früh, beide Ruhr-Universität Bochum

1 Einführung

- „Hochwasser-Katastrophen in Deutschland. Gewaltige Fluten, verwüstete Landstriche, zerstörte Existenzen: Nach sintflutartigen Niederschlägen begann im August 2002 das Hochwasser in der sächsischen Erzgebirgsregion“ (N24 2014).
- „Hochwasser 2013 – Zahlen und Fakten: Die meisten Schäden entstanden weitab der großen Flüsse“ (GDV 2014a).
- „Forsa-Umfrage: Die Gefahr ‚Wasser‘ wird unterschätzt. Ein Jahr nach der jüngsten Hochwasserkatastrophe in Deutschland glauben 90 Prozent der Bundesbürger nicht, dass sie selbst einmal Opfer eines Hochwassers werden könnten“ (GDV 2014b).

Solche oder ähnliche Schlagzeilen findet man nach verheerenden Überschwemmungen immer wieder in der Presse. Häufig wird dabei ebenso wie auch in Schulbüchern terminologisch nicht strikt zwischen *Hochwasser* als Pegelanstieg in Flüssen und *Überschwemmung* als Extremform eines Hochwassers, bei dem das Wasser über die Ufer tritt, differenziert. (vgl. Seydlitz 2008, Bd.2; Praxis Geographie 2, 2010)

Die komplexen Mechanismen im Mensch-Umwelt-System, die hinter einer „Hochwasser-Katastrophe“ stehen, scheinen vielen Bürgern¹ zwar bekannt zu sein, doch bei genauem Hinterfragen, stellt sich häufig heraus, dass dieses Problem simplifiziert wird. Die Komplexität der Hochwasserproblematik und der schwierige Umgang mit dieser zeigt sich auch daran, dass z. B. als Folge des Hochwassers 2002 „[...] [a]llein in Sachsen [...] 47 Hochwasser-Schutzkonzepte erstellt [wurden], die mehr als 1.000 Einzelmaßnahmen umfassten. Deiche wurden erhöht, Brücken verlegt, Rückhaltebecken angelegt. [...]“ (BpB 2013).

Dabei wird jedoch die ungenügende Zusammenarbeit über Landesgrenzen hinweg moniert (vgl. BpB 2013), denn Flüsse und ihre Einzugsgebiete halten sich nicht an politische Grenzen. Das Schulfach Geographie² als Verknüpfungsfach natur- und gesellschaftswissenschaftlicher Inhalte sollte und kann hier einen

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

² Unter der Fachbezeichnung Geographie sei an dieser Stelle ebenfalls der Erdkunde- und Sachunterricht und die Gesellschaftslehre mitgedacht.

Beitrag zur Aufklärung leisten, damit bereits Schülerinnen und Schüler (SuS) als mündige Bürger in gesellschaftspolitischen Debatten Stellung beziehen und zukünftige Hochwasserschutzmaßnahmen präziser aufeinander abgestimmt werden können. Dieses große Potenzial des Geographieunterrichts zeigt sich auch in den Lehrplänen. Wie eine Stichwortanalyse (zu Überschwemmung, Hochwasser, Flüsse, Wasserkreislauf, Naturkatastrophe/-gefahr/-risiko) ergab, bieten die Lehrpläne der weiterführenden Schulen aller Bundesländer Anknüpfungspunkte zum Gegenstand Hochwasser. Dies ist auch nicht weiter verwunderlich, denn schon die Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss nennen im ersten Satz Hochwasser exemplarisch als wichtigen Inhalt:

„Aktuelle geographisch und geowissenschaftlich relevante Phänomene und Prozesse, wie z. B. Globalisierung, Klimawandel, Erdbeben, **Hochwasser** [...] prägen unser Leben und unsere Gesellschaft auf dem Planeten Erde in vielen Bereichen.“ (DGfG 2015, S. 5, Herv. durch Verf.).

Um passende Handlungsstrategien für diese komplexen Entwicklungen finden zu können, sei es laut Bildungsstandards wichtig, fundiertes Sachwissen zu erwerben und die Urteilsfähigkeit und Problemlösekompetenz zu schulen. Deshalb ist die Hauptaufgabe des Geographieunterrichts der Aufbau der Kompetenz Fachwissen (F4), also das Erwerben der

„Fähigkeit, Entwicklungen und Problemstellungen in Räumen zu untersuchen, bei denen **naturgeographische und humangeographische Faktoren in ihrem Zusammenwirken** betrachtet werden (z. B. [...], Flussregulierung und Hochwasser)“ (DGfG 2015, S. 12, Herv. i. O.).

2 Hochwasser- und Überschwemmungsmodell

Die im Folgenden vorgestellte Unterrichtssequenz basiert auf dem Modell „Stormwater Floodplain Simulation System 80 W 5770“ der US-amerikanischen Firma WARD'S Natural Science.

Das dreidimensionale, konkrete Funktionsmodell ist ca. zwei Meter lang und zeigt eine vereinfachte Darstellung des Tieflandflusses „Mississippi River“. ³ Mit Hilfe eines beigefügten Messbechers kann über einen der zwei Regeneinsätze Niederschlag simuliert werden. Der Regeneinsatz kann prinzipiell an jeder Stelle des Modells über den Fluss eingehängt werden. In Abb. 1 sieht man ihn im

³ Die Anschaffungskosten liegen bei ca. 1000 US-\$. Da es aus New York bestellt werden muss, sollten bei Interesse Zoll- und Transportkosten einkalkulieren werden. Fußnotelm deutschsprachigen Raum ist das Modell u. a. in der Geographiedidaktik der Ruhr-Universität Bochum und der Pädagogischen Hochschule in Luzern verfügbar. Das dazugehörige englischsprachige Handbuch samt Materialliste ist online ([www.mafsm.org/pdf/720-5780 Stormwater Teacher's Guide.pdf](http://www.mafsm.org/pdf/720-5780%20Stormwater%20Teacher's%20Guide.pdf)) abrufbar. Des Weiteren findet man online (<http://www.aulis.de/newspapers/supplement/8>) deutschsprachiges, begleitendes Unterrichtsmaterial

oberen Flussbereich. Darunter können ebenfalls verschiedene Einsätze platziert werden:

- eine versiegelte Parkplatzfläche,
- mit oder ohne darunter befindlichem Rückhaltebecken,
- ein Wald-/Sumpfbereich (simuliert durch Schwämme).

Dazu gibt es Autos und Häuser, die entlang der Ufer bzw. auf dem Parkplatz verteilt werden können. Außerdem befindet sich in dem Paket Knetmasse, die zu einem Deich geformt werden kann sowie eine kleine Treppe, die das Modell von außen anheben kann und ein größeres Gefälle des Flusses ermöglicht. Je nach Regenmenge, Hochwasserschutzmaßnahme und Gefälle des Flusses können Überschwemmungen auf einer Schwemmfläche/Talaue im mittleren Bereich oder an einem Altarm im unteren Bereich des Flusses beobachtet werden. Dazu können zu verschiedenen Zeitpunkten ebenfalls Pegelstände an einem gelben Aufkleber abgelesen werden.

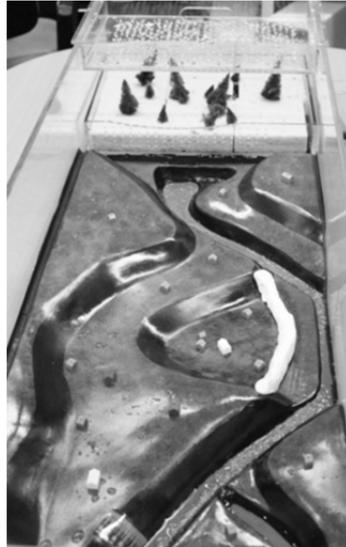


Abb. 1: Hochwasser- und Überschwemmungsmodell der Firma WARD'S Natural Science, hier mit Regeneinsatz über Wald- und Sumpfbereich und mit Knetdeich in der Talaue (*Eigene Aufnahme*).

3 Ablauf einer kompetenzorientierten Unterrichtssequenz

Für die Umsetzung des Modells in die Praxis fungiert als Gliederung der *analytische Weg der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung* (Engelhard/Otto 2015, S. 349) zusammen mit dem Modell der *didaktischen Rekonstruktion* (Reinfried 2015, S. 80/81). Letzteres setzt zum einen fachliche Aspekte und zum anderen die geforderten Lebensweltbezüge durch Alltagsvorstellungen in Beziehung und bildet somit zum anderen einen „theoretische[n] Rahmen zur Planung, Durchführung und Evaluation fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten“ (OTTO/SCHULER 2012, S. 157).

Zunächst erfolgt die **Fachliche Klärung** zum Thema Hochwasser / Überschwemmungen, die einer Lehrperson als Basis ihrer Planung vornehmen sollte. Das Zusammenspiel aus differenten Ursachen und verstärkenden Faktoren, welche verschiedene Folgen nach sich ziehen und wiederum wechselhafte Reaktionen bewirken, wird durch die nachfolgende Abbildung 2 verdeutlicht:

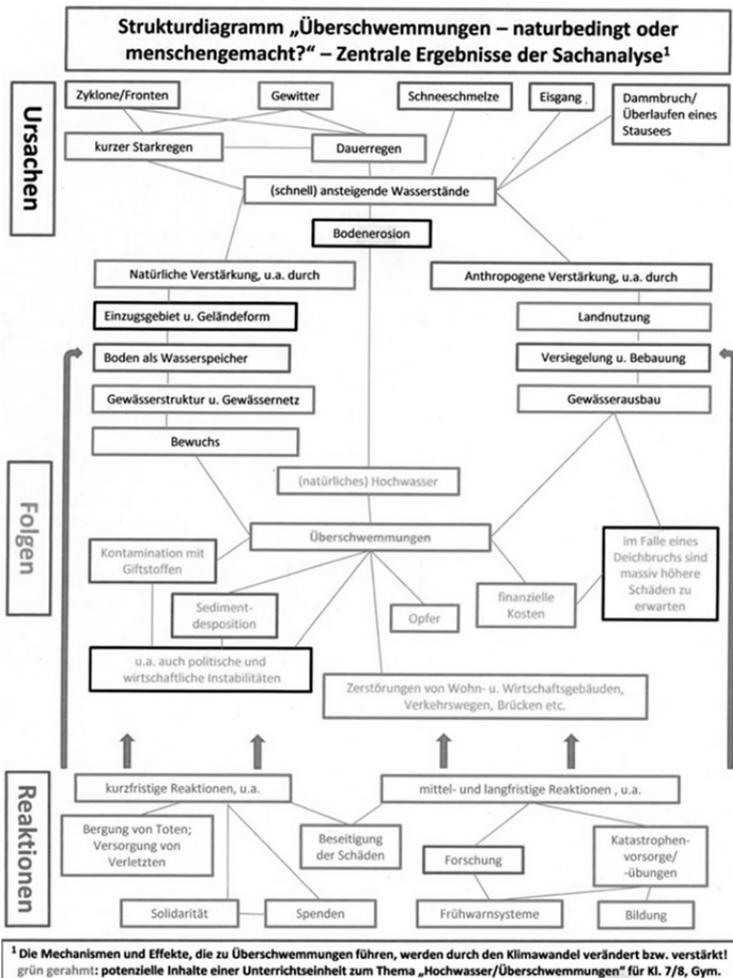


Abb. 2: Strukturdiagramm „Überschwemmungen“ (ENGELHARD, OTTO 2015, S. 330)

Ausgehend von dem problemorientierten Unterrichtsansatz der Bildungsstandards könnte die Leitfrage der Unterrichtssequenz lauten: **Wie kann man „Hochwasser-Katastrophen“ verhindern?**

Die Beantwortung dieser Ausgangsfrage verlangt zunächst die Auseinandersetzung mit den untergeordneten Fragen: *Welche Faktoren begünstigen die*

Entstehung von „Hochwasser-Katastrophen“? und Wo kann man regulierend eingreifen bzw. wo wurde bereits eingegriffen?

Auf Basis der eigenen Vorstellungen (erhoben durch Skizzen, Fließtexte, Concept-Maps, o. ä.) formulieren die SuS Hypothesen, die sie mit dem in diesem Artikel vorgestellten Hochwasser- und Überschwemmungsmodell der Firma WARD überprüfen. In einem Wechselspiel zwischen Instruktion und Konstruktion bedienen sie sich dabei experimenteller Arbeitsweisen (Modellieren, Versuchen, Beobachten) (vgl. OTTO 2009, S. 7), um schließlich die vorangestellten Hypothesen zu verifizieren, zu falsifizieren und/oder neue Thesen aufzustellen.

Sinnvoll wäre es z. B. zu Beginn einer Unterrichtsreihe von den SuS Concept-Maps erstellen zu lassen, z. B. auf Basis der 9 Sphären wie sie bei den Darstellungen des Syndromansatzes zu den „Kernproblemen des globalen Wandels“ (vgl. WBGU 1996, S. 115-116) Anwendung finden. Im Laufe der Sequenz könnte die eigene Concept-Map dann immer wieder an die neugewonnenen Erkenntnisse angepasst werden und so den einzelnen SuS und auch ihren Lehrkräften den Lernprozess verdeutlichen.

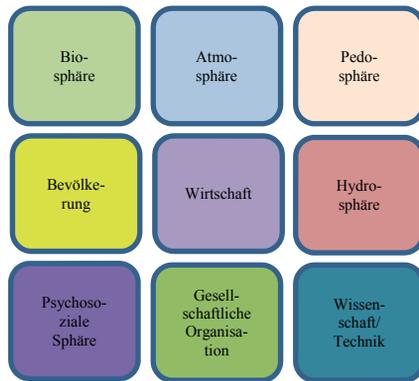


Abb. 3: 9 Sphären nach Vorgabe des Syndromansatzes (*in Anlehnung an den wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung*)

Grundsätzlich eignet sich die Arbeit am Modell sowohl für Grundschüler als auch für Oberstufenschüler. Für unser Beispiel haben wir allerdings die Einführungsphase der Oberstufe zugrunde gelegt, da hier auch der Kernlehrplan für Geographie aus NRW (vgl. MSW 2013) konkretere Vorgaben (s. Inhaltsfeld 1: *Lebensräume und deren naturbedingte sowie anthropogen bedingte Gefährdung*, insbesondere unter dem Stichworten Wasserüberfluss/Hochwasser) macht. Im Rahmen eines kleineren Forschungsprojektes an der Ruhr-Universität Bochum wurde daher eine Umfrage in zwei neunten Klassen eines Bochumer Gymnasiums durchgeführt, um die Schülerperspektiven zu Hochwasser exemplarisch zu erfassen. Die SuS wurden gebeten Skizzen anzufertigen, in denen sie zum einen darstellen sollten, wie ihrer Meinung nach Hochwasser/Überschwemmungen entstehen und zum anderen erklären sollten, ob sie einen Unterschied zwischen den beiden Begriffen sehen. Dazu konnten sie ihre Skizzen beschriften, ihre Gedanken in einem Fließtext ausführen, schließlich in einer Concept-Map strukturieren und um weitere Begriffe ergänzen.

Solch eine Aktivierung des Vorwissens sollte möglichst zu Beginn eines Lernprozesses stattfinden, denn wie Diesterweg (1835, S. 420) bereits erkannte, ist

„ohne die Kenntnis des Standpunktes des Schülers [...] keine ordentliche Belehrung desselben möglich.“ Es muss an den bereits vorhandenen Vorstellungen der SuS angeknüpft werde, *dass bedeutet* „es ist mehr ein stetes Umlernen und Weiterlernen als ein komplettes Neulernen“ (REINFRIED 2007, S. 151).

Die SuS zeigen viele verschiedene Aspekte, die ein breites kollektives Wissen aufzeigen, aber gleichzeitig unterschiedliche individuelle Tiefen und auch gegensätzliche Annahmen, welche im Folgenden zu ersten Definitionsansätzen zusammengefasst wurden: Viele SuS setzen die Begriffe Hochwasser und Überschwemmung gleich und beschreiben, dass das Wasser in beiden Fällen über die Ufer tritt. Andere SuS grenzen Hochwasser von Überschwemmungen ab. Sie beschreiben Hochwasser mit dem Anstieg des Pegels, aber ohne Überflutung des Uferbereiches. Bei Überschwemmungen hingegen tritt das Wasser über die Ufer und sehr viele beschreiben weiterführend hier vor allem die sozialen Folgen für die Menschen. Sie klassifizieren Überschwemmungen überwiegend als Sozialkatastrophen. Beispielsweise beschreiben die SuS, dass viele Häuser überflutet, Autos zerstört und Menschen ertrinken/getötet werden. Als Hochwasser begünstigende Faktoren nennen die SuS vor allem Niederschlag, aber auch vereinzelt verstärkte Zuflüsse durch bspw. Versiegelung, Gletscherschmelze und jahreszeitenbedingte Schneeschmelze. Nahezu gleichbedeutend werden Abflusshindernisse genannt. Als Abflusshindernisse werden überwiegend Staudämme tituliert, welche gleichzeitig als Ursache aber auch als Schutzmaßnahme bezüglich Überschwemmungsereignissen angesehen werden. Die nachfolgende Abbildung 2Abb. zeigt einige exemplarische Schülerzeichnungen.

Im Hinblick auf die **Didaktische Strukturierung** lassen sich anhand der Fachlichen Klärung und mit Hilfe der Erfassung der Schülerperspektiven einige Handlungsimplikationen für den Unterricht ableiten. So sollte bei der Arbeit mit den variierbaren Einsätzen des Hochwassermodells der Blick der SuS auf bestimmte Prozesse gelenkt werden, die in ihren eigenen Erklärungen noch nicht oder nicht wissenschaftlich korrekt auftauchten, wie z. B. Zusammenhang zwischen Ort des Niederschlagsereignisses und Ort der Überschwemmung, Wasserspeicherkapazität und Ausflussgeschwindigkeit abhängig von verschiedenen Böden, Hochwasserschutzmaßnahmen wie Staudämme, Retentionsbecken, differente Hausbauten, usw. Das Ziel soll dabei sein, dass die SuS weitgehend selbstständig Ursachen-Folge-Reaktionsbeziehungen zu *Hochwasser* ableiten und diese dann anhand eines realen Raumbeispiels auf die Wirklichkeit übertragen. Dabei sollen auch die Grenzen dieses Modells bzw. von Modellen allgemein kritisch reflektiert werden. Am Ende der Lerneinheit wurden schließlich die Hypothesen überprüft und schlussendlich die Ausgangsfragen fachlich fundierter diskutiert.

Zeichnung der SuS	Erklärung
<p>Zeichnung</p>  <p>Legende C = Regen auf meinem Haus A = Vorderes Haus B = Hinteres Haus K = Keines Haus (Kübel) = Regen im Fluss</p> <p>TOD = Tote Menschen</p> <p>SEITE 16</p>	<p>Keine Unterscheidung zwischen Hochwasser und Überschwemmung → starke Fokussierung auf „Sozialkatastrophe“ → Ansatz sehr häufig in ähnlicher Darstellung wiederzufinden</p>
<p>Zeichnung</p> <p>Variante 1</p>  <p>Legende ☁ = Regenwolken ii = Regen ~ = Flut ☁ = späterer Überschwemmungsbereich</p>	<p>Keine Unterscheidung zwischen Hochwasser und Überschwemmung → Räumliche Nähe zwischen Niederschlags- und Hochwasserereignis → Ansatz sehr häufig in ähnlicher Darstellung wiederzufinden</p>
<p>Zeichnung</p>  <p>Gebirge Schnee-Schmelze durch Abfließen Hochwasser anderer Flüsse nach einem Sturm vom Meer</p>	<p>Unterscheidung zwischen Hochwasser und Überschwemmung → Verstärkende Faktoren für Hochwasser (komplexer Ansatz) → Ansatz sehr selten in ähnlicher Darstellung wiederzufinden</p>

Abb. 4: Beispiele ausgewählter Schülerzeichnungen (EIGENE ERHEBUNG UND DARSTELLUNG)

4 Fazit: Kompetenzförderung mit dem vorgestellten Hochwasser- und Überschwemmungsmodell

Wie dargelegt bietet das Modell eine Möglichkeit den Unterrichtsgegenstand *Hochwasser* schüler- und kompetenzorientiert zu unterrichten. Natürliches Hochwasser kann ebenso mit dem Modell visualisiert werden wie anthropogene Eingriffe in Flusssysteme. Dies führt zu einer breiteren Basis für die anschließende Diskussion der Qualität unterschiedlicher Schutzmaßnahmen und der Anlage von Siedlungs- und Wirtschaftsräumen und somit zu einem größeren Systemverständnis. Die SuS erfahren etwas über unterschiedliche Bodeneigenschaften/-typen (versiegelte Fläche versus Sumpfgebiet), Schutzmaßnahmen und deren Folgen für den weiteren Flusslauf, wie Dämme, Schwemmflächen, Retentionsbecken) und erhalten so einen systemischen Zugang zum Komplex *Hochwasser* und *Überschwemmung*. Dabei ist durch die verschiedenen Aufbaumöglichkeiten und den damit verbundenen großen Aufforderungscharakter des Modells höhere(s) Aufmerksamkeit, Interesse, Motivation der SuS gesichert, wie auch Studien zum Schülerinteresse nahelegen (vgl. HEMMER/HEMMER 2010). Einschränkend muss allerdings zum Modelleinsatz auch festgehalten werden, dass die losen Bestandteile wie Autos und Häuser unrealistische Größenverhältnisse aufweisen, die Durchführung der Versuche sehr zeitaufwendig ist und die Anschaffung des Modells recht kostspielig ist. Wenn die SuS auch die Möglichkeiten haben sollen, selbst aktiv zu werden und verschiedenen Einsätze auszuprobieren, sollten nicht mehr als sechs bis acht SuS gleichzeitig an dem Modell arbeiten. Da dieses Modell zudem nur wenig über verschiedene Bodentypen und deren Wasserspeicherkapazitäten, Zuflusssysteme/Nebenflüsse und Flussbettverlagerungen erfahrbar macht, könnte das Modell idealerweise in ein Stationenlernen eingebettet und durch weitere Versuche ergänzt werden. Dies hätte den positiven Nebeneffekt, dass die SuS effizienter an dem Modell arbeiten könnten. Unabhängig von diesen Einschränkungen kann abschließend festgehalten werden, dass an dem Modell alle sechs Kompetenzbegriffe der Bildungsstandards umgesetzt werden können, u. a.:

Fachwissen: Kenntnis über Hochwasserereignisse als natürliche Prozesse im Rahmen des Wasserkreislaufes und deren verstärkende Faktoren und mögliche Schutzmaßnahmen;

Räumliche Orientierung: erfahren unterschiedlicher Orientierungsraster, wie Oberlauf, Mittellauf, Unterlauf;

Erkenntnisgewinnung/Methoden: wissenschaftspropädeutisches Arbeiten, kritischer Umgang mit Modellen;

Kommunikation: Gemeinsame Erhebung der Daten und Verfolgung des problemorientierten analytischen Weges der Erkenntnisgewinnung und anschließende Diskussion der Ergebnisse und Übertragung auf die Wirklichkeit;

Urteilskompetenz: durch Beurteilung der Standortwahl bzw. der Schutzmaßnahmen der Hochwasservorsorge an verschiedenen Orten aus der Perspektive unterschiedlich Betroffener;

Handlung: Befähigung zur bürgerlichen Mitsprache im Kontext von Hochwasser und Überschwemmungen.

Literatur

AUSUBEL, D. (1968): Education psychology. A cognitive view. New York.

BIEBELER, H. ET AL. (2008): Globaler Wandel aus Sicht der Wirtschaft. Chancen und Risiken, Forschungsbedarf und Innovationshemmnisse. Köln
www.klimazwei.de/Portals/0/IW-Analyse_36_Globaler_Wandel.pdf
[15.09.2015]

BÜHNER, M. (2011): Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion. 3., aktualisierte Auflage. Amersfoort.

BUNDESZENTRALE FÜR POLITISCHE BILDUNG (BpB) (Hrsg.) (2013): Hochwasser in Deutschland. <http://www.bpb.de/politik/hintergrund-aktuell/163064/hochwasser-in-deutschland-12-06-2013> [15.09.2015]

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGfG) (Hrsg.) (2014): Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss mit Aufgabenbeispielen. 8., aktualisierte Auflage. Bonn.

DUIT, R. (2004): Fachdidaktiken als Forschungsgebiet und als Berufswissenschaft der Lehrkräfte – das Beispiel Didaktik der Naturwissenschaften. In: Beiträge zur Lehrerbildung 22, H. 1, S. 20-28.

ENGELHARD, K./OTTO, K.-H. (2015): Kompetenzorientierten Geographieunterricht fachgerecht planen und analysieren. In: Reinfried, S./Haubrich, H. (Hrsg.): Geographie unterrichten lernen - Die Didaktik der Geographie. Berlin, S. 309-380.

ENGELHARD, K., OTTO, K.-H. (2015): Sachanalyse und fachliche Klärung. In: Reinfried, S., Haubrich H. (Hrsg.): Geographie unterrichten lernen. Die Didaktik der Geographie. Berlin, S. 328-331.

GESAMTVERBAND DER DEUTSCHEN VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT E. V. (GDV) (Hrsg.) (2014a): Die meisten Schäden entstanden weitab der großen Flüsse. <http://www.gdv.de/2014/05/die-meisten-schaeden-entstanden-weitab-der-grossen-fluesse/> [15.09.2015]

GESAMTVERBAND DER DEUTSCHEN VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT E. V. (GDV) (Hrsg.) (2014b): Die Gefahr „Wasser“ wird unterschätzt.

<http://www.gdv.de/2014/05/naturgefahren-werden-noch-immer-unterschaetzt/> [15.09.2015]

- HEMMER, I., HEMMER, M. (Hrsg.) (2010): Schülerinteresse an Themen, Regionen und Arbeitsweisen des Geographieunterrichts. Ergebnisse der empirischen Forschung und deren Konsequenzen für die Unterrichtspraxis. Weingarten 2010
- KATTMANN, K. ET AL. (1997): Das Modell der didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In: Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften 3, H. 3, S. 3-18.
- KROSS, E. (2004): Globales Lernen im Geographieunterricht – Erziehung zu einer nachhaltigen Entwicklung. Geographiedidaktische Forschungen Bd. 38, Nürnberg.
- MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MSW) (Hrsg.) (2014): Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Geographie. Düsseldorf.
- OTTO (2009): Experimentieren als Arbeitsweise im Geographieunterricht. In: Geographie und Schule 31 (180), S.4-15
- OTTO, K.-H., SCHULER, S. (2012): Pädagogisch-psychologische Ansätze. In: Haversath, J. (Moderator): Geographiedidaktik. Theorie-Themen-Forschung. Braunschweig, S. 133-165.
- REINFRIED, S., KIENZLER, P. (2012). Warum gibt es Überschwemmungen? Die Ursachen von Hochwasser und Überschwemmungen verstehen. Geographie und Schule. T. 1: H. 195, S. 41-45. T. 2: H- 196, S. 43-49.
- REINFRIED, S. (2010): Lernen als Vorstellungsänderung: Aspekte der Vorstellungsforschung mit Bezügen zur Geographiedidaktik. In: Reinfried, S. (Hrsg.): Schülervorstellungen und geographisches Lernen. Aktuelle Conceptual Change Forschung und Stand der theoretischen Diskussion, Berlin, S. 1-31.
- REINFRIED, S. (2015): Wissen erwerben und Einstellungen reflektieren. In: Reinfried, S./Haubrich, H. (Hrsg.): Geographie unterrichten lernen - Die Didaktik der Geographie. Berlin, S. 53-98.
- REINFRIED, S., SCHULER, S. (2009): Die Ludwigsburger-Luzerner Bibliographie zur Alltagsvorstellungsforschung in den Geowissenschaften – ein Projekt zur Erfassung der internationalen Forschungsliteratur. In: Geographie und ihre Didaktik, 37, Heft 3, S. 120-135.

THRIFT, N. (2000): Pandora's box? Cultural geographies of economies. In: Clark, Feldmann, Gertler (Hrsg.) The Oxford handbook of economic geography, Oxford, S. 689-704.

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN (WBGU) (Hrsg.) (1996): Welt im Wandel – Herausforderung für die deutsche Wissenschaft. Hauptgutachten. Berlin-Heidelberg

WELTN24 GMBH (N24) (HRSG.) (2013): Hochwasser-Katastrophen in Deutschland <http://www.n24.de/n24/Wissen/Mensch-Natur/d/2937418/hochwasser-katastrophen-in-deutschland.html> [15.09.2015]