



Das geographische Experiment im Kontext empirischer Lehr-/Lernforschung

Geographic Experiments in Empirical Research

Karl-Heinz Otto ✉, **Leif O. Mönter**, **Sandra Hof**, **Joachim Wirth**

Zitieren dieses Artikels:

Otto, K.-H., Mönter, L. O., Hof, S., & Wirth, J. (2010). Das geographische Experiment im Kontext empirischer Lehr-/Lernforschung. *Geographie und ihre Didaktik | Journal of Geography Education*, 38(3), S. 133-145. doi 10.18452/25534

Quote this article:

Otto, K.-H., Mönter, L. O., Hof, S., & Wirth, J. (2010). Das geographische Experiment im Kontext empirischer Lehr-/Lernforschung. *Geographie und ihre Didaktik | Journal of Geography Education*, 38(3), pp. 133-145. doi 10.18452/25534

Das geographische Experiment im Kontext empirischer Lehr-/Lernforschung

Karl-Heinz Otto, Leif O. Mönter, Sandra Hof und Joachim Wirth

Summary

Geography teaching introduces the specific thought and work methods of geography and other earth sciences into school. Experimenting as the decisive way of gaining scientific knowledge plays a key role when dealing with physiogeographically relevant topics. The requirements as regards content and methods imposed on students experimenting in geography lessons are varied and demanding. However, no competence-oriented empirical studies on geographic experiments have been published so far. It is the aim of this contribution to summarize the national and international state of research concerning the empirical teaching and learning research on experimenting. It is thereby intended to discuss empirically verified theory models that exist against the background of the technical characteristics of the geographic experiment with regard to their suitability for a research project in the field of geography education.

Keywords: empirical teaching research, experiment/experimentation, standard based teaching research, problem solving, scientific inquiry, scientific literacy

Innerhalb der Geographiedidaktik wird dem Experimentieren seit jeher eine zentrale Relevanz zugesprochen. Bisher liegen aber noch keine kompetenzorientierten empirischen Untersuchungen zu geographischen Experimenten vor. In der Pädagogischen Psychologie, den Erziehungswissenschaften und den anderen (naturwissenschaftlichen) Fachdidaktiken hingegen hat die Beschäftigung mit Experimenten/Experimentieren im Rahmen empirischer Lehr-/Lernforschung bereits Ergebnisse erbracht. Ziel dieses Beitrags ist es, diese Ansätze zu sichten und zu untersuchen, inwiefern sie für die kompetenzorientierte Erforschung des Experimentierens im Geographieunterricht nutzbar gemacht werden können.

1 Die Bedeutung von Kompetenzen und Bildungsstandards im geographischen Unterricht

Als Reaktion auf das nur mittelmäßige Abschneiden deutscher Schülerinnen und Schüler bei internationalen Schulleistungs-

studien wie TIMSS (Third International Mathematics and Science Study) oder PISA (Programme for International Student Assessment) 2000 und 2003, welches bundesweit für großes Aufsehen sorgte, wurden im Sinne einer Qualitätssteigerung und Entwicklung des Unterrichts in Anlehnung an internationale Erfolgsmodelle (vgl. DFEE/QCA 1999; NRC 1996) im Jahr 2005 für die Fächer Mathematik, Deutsch, 1. Fremdsprache, Biologie, Chemie und Physik Nationale Bildungsstandards eingeführt. Diese beschreiben und erläutern Kompetenzen, die Schülerinnen und Schüler bis zum Erreichen des Mittleren Schulabschlusses erworben haben sollen. Für das Fach Geographie wie für andere Fächer war aufgrund einer fehlenden Finanzierung zunächst keine Entwicklung von Standards vorgesehen. Um den Anschluss an die Fächer, für die Standards entwickelt wurden, nicht zu verlieren sowie um die Qualität des Bildungsprozesses im Fach Geographie zu sichern und zu steigern, hat die Deutsche Gesell-

schaft für Geographie (DGFG) deshalb die Entwicklung entsprechender Standards selbst in die Hand genommen. In den Bildungsstandards für das Fach Geographie, die für den Mittleren Schulabschluss konzipiert wurden und bereits in der sechsten Auflage vorliegen, werden folgende sechs Kompetenzbereiche beschrieben: Fachwissen, Räumliche Orientierung, Erkenntnisgewinnung/Methoden, Bewertung/Beurteilung, Kommunikation und Handlung (DGFG 2010, S. 9ff.).

Das vorliegende Projekt beschäftigt sich speziell mit dem Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung/Methoden. Hier stellt das Experimentieren einen Schwerpunkt dar: Durch einfache Versuche und die Durchführung von Experimenten sollen die Schülerinnen und Schüler selbständig Informationen gewinnen. Sie sollen „geographische Fragen stellen und dazu Hypothesen formulieren, [...] Möglichkeiten der Überprüfung von Hypothesen beschreiben und anwenden, [...] den Weg der Erkenntnisgewinnung in einfacher Form beschreiben“ (DGFG 2010, S. 20 f; zur Unterscheidung zwischen Versuch und Experiment vgl. OTTO 2009, S. 5). Mit diesen formulierten Zielen wird deutlich, dass sich der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung im physisch-geographischen Bereich sowie beim Experimentieren sehr stark an den Arbeitsweisen der naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie und Physik orientiert. Auch hier ist in den entsprechenden Standards der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung ausgewiesen, der das Experimentieren und dessen Teilschritte beinhaltet. Da diese Fächer bereits über bestehende Kompetenzmodelle verfügen, ist für das vorliegende Projekt eine Übertragbarkeit bzw. Anknüpfung an bestehende Vorarbeiten möglich (s. Kapitel 4).

Grundlegende Ziele beim Experimentieren in den naturwissenschaftlichen Fächern liegen in der Vermittlung eines Verständnis-

ses (natur-)wissenschaftlicher Erkenntnis- und Arbeitsweisen und in der Förderung experimenteller Fähigkeiten (vgl. HAMMANN 2004, S. 197; MAYER 2007, S. 177).

Auch im internationalen Vergleich der Schulsysteme kommt diesen Kompetenzen eine große Bedeutung zu. Im angloamerikanischen Sprachraum werden sie mit dem Begriff *Scientific Inquiry* beschrieben (DFEE/QCA 1999, NRC 1996). In den bisherigen naturwissenschaftlichen Lehrplänen Deutschlands spielen sie ebenfalls schon eine – wenn oft auch nur untergeordnete – Rolle und werden dort in der Regel als wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen oder Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung bezeichnet (z. B. HESSISCHES KULTUSMINISTERIUM 2005 usw.).

2 Forschungsstand der empirischen Lehr-/Lernforschung zum Experimentieren

Empirische Belege über den Kompetenzstand der Schülerinnen und Schüler im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung bzw. beim Experimentieren im Fach Geographie für den deutschen Sprachraum liegen bislang nicht vor. In Großbritannien und den USA wurden dagegen diesbezüglich bereits intensivere Forschungsanstrengungen unternommen. In diesen Ländern existieren keine getrennten naturwissenschaftlichen Fächer, sondern das Unterrichtsfach *Science*, welches Biologie, Chemie, Physik und auch Teilbereiche der Physischen Geographie beinhaltet. Hier sind insbesondere Forschungsarbeiten zu *Scientific Inquiry* und *Nature of Science*, eine Art Metawissen über Naturwissenschaft, zu nennen (z. B. KHISHFE, ABD-EL-KHALICK 2002; LEDERMAN ET AL. 2002).

In Deutschland werden Fähigkeiten und Kompetenzen, aber auch Probleme von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren bislang nur in den Unterrichtsfächern Biologie, Chemie, Physik und in der Pädagogischen Psychologie bzw. den

Erziehungswissenschaften erforscht und beschrieben. Anders als die Erziehungswissenschaften und die Pädagogische Psychologie, die ihre Untersuchungen stärker im experimentellen Design durchführen, bearbeiten die Fachdidaktiken, speziell die naturwissenschaftlichen, den Forschungsgegenstand insbesondere in quasi-experimentellen Designs, wodurch eine stärkere Nähe zum Unterricht und zur schulischen Praxis gegeben ist. Experimentelle und quasi-experimentelle Designs unterscheiden sich dadurch, dass die an einer Studie teilnehmenden Probanden nach dem Zufallsprinzip auf die Gruppen (Experimental- bzw. Kontrollgruppe) verteilt werden, während die Gruppenbildung bei quasi-experimentellen Designs nicht zufällig erfolgt (ROST 2007, S. 116). Im schulischen Kontext begegnet man sehr häufig quasi-experimentellen Designs, da der Klassenverband einer Schulklasse ein Gefüge ist, welches nicht willkürlich verteilt werden kann.

In der Forschungsliteratur werden hinsichtlich des Experimentierens maßgeblich drei Problemfelder diskutiert:

- *Defizite beim Umgang mit Hypothesen*

Hier zeigen sich vor allem folgende Problembereiche (vgl. DE JONG, VAN JOOLINGEN 1998): Die Lernenden wissen nicht, wie Hypothesen aufgestellt und formuliert werden müssen. Dies äußert sich darin, dass relevante Variablen bei der Formulierung nicht verwendet werden. KLAHR, DUNBAR (1988) beobachten, dass oftmals inadäquate Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen gezogen werden und daher die falschen Hypothesen verifiziert bzw. falsifiziert werden. Zudem gibt es eine Tendenz, dass Lernende grundsätzlich Hypothesen vermeiden, die sie für unwahrscheinlich erachten. Für diesen Teilbereich liegen in der fachdidaktischen Forschung der naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie

und Physik ebenfalls wichtige empirische Befunde über das Experimentieren vor. BADA (1979), später vor allem auch HAMMANN ET AL. (2006), können belegen, dass bei Schülerinnen und Schülern Defizite im Aufstellen von Hypothesen bestehen. Dies äußert sich u. a. darin, dass häufig gänzlich ohne Hypothesen gearbeitet wird. Zugleich wird den Lernenden zu wenig Zeit zum Testen eigener Hypothesen eingeräumt (u. a. FISCHER ET AL. 2003).

- *Planung von Experimenten*

Die meisten fachdidaktischen Untersuchungen beschäftigen sich mit dem Planen eines Experiments (HAMMANN ET AL. 2006; MAYER, KEINER, ZIEMEK 2003; MAYER, GRUBE, MÖLLER 2009). Innerhalb dieser Teilkompetenz identifizieren DE JONG, VAN JOOLINGEN (1998) verschiedene Problembereiche: Hier beschreiben sie das Phänomen, dass Lernende gezielt nach Informationen suchen, die ihre Hypothese bestätigen. Es werden seltener Experimente mit der Zielsetzung geplant, allumfassende Daten zu ermitteln (mit dem Risiko, dass ggf. auch eine Falsifizierung der Hypothese eintritt), sondern eher solche, die hypothesenkonform sind. Ähnlich wie HAMMANN (2004) beschreibt, stellen auch DE JONG, VAN JOOLINGEN (1998) fest, dass Lernende unsystematisch mit Variablen umgehen und verschiedene Variablen in einem Experiment variieren. Dies wird ebenfalls durch die Studie von SIEGLER, LIEBERT (1975) belegt, die aus der Perspektive der Pädagogischen Psychologie zeigen, dass bei 10- und 13jährigen Schülerinnen und Schülern Schwierigkeiten beim systematischen Vorgehen auftreten und dass Experimente oftmals ohne eine erkennbare Logik nach dem trial-and-error-Prinzip durchgeführt werden. In den angeführten Studien wird weiterhin deutlich, dass oftmals Variablen verändert werden, die nichts mit den Hypothe-

sen und dem geplanten Experiment zu tun haben oder dass der Kontrollansatz überhaupt nicht berücksichtigt wird. Weiterhin wird beschrieben, dass ineffizient vorgegangen wird, was sich darin äußert, dass Experimente in der gleichen Weise mehrmals durchgeführt werden oder nicht die ganze Bandbreite an Varianten genutzt wird. Daran anschließend werden Experimente geplant, die nicht die Hypothesen prüfen, sondern ein erwünschtes oder besonders Erfolg versprechendes Ergebnis nach sich ziehen und dabei noch Spaß bereiten.

Folgt man der Studie von TSCHIRGI (1982), lassen sich bei entsprechenden Instruktionen auch Lernfortschritte belegen. In dieser Studie wurden die Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern sowie Erwachsenen untersucht, ein Experiment unter Berücksichtigung der Variablen zu planen und Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen zu ziehen. Dabei fand TSCHIRGI (1982) heraus, dass die Schülerinnen und Schüler bei entsprechender Instruktion in der Lage waren, systematisch zwischen abhängigen und unabhängigen Variablen zu unterscheiden.

- *Interpretation und Auswertung von Daten*
Hier werden besonders zwei Problem-bereiche beschrieben (DE JONG, VAN JOOLINGEN 1998). Es werden falsche Schlussfolgerungen aus Daten gezogen, was darauf zurückzuführen ist, dass eine Interpretation im Hinblick auf die zu bestätigende Hypothese erfolgt. Daneben zeigen sich Probleme beim Lesen und Auswerten von Diagrammen und grafischen Darstellungen. In diesem Zusammenhang beschreiben LACHMAYER, NERDEL, PRECHTL (2007), dass Lernende auch bei der Integration von Text- und Grafikelementen oft nur ein unzureichendes Verständnis erwerben. Nähere Erläuterungen und Beispiele zu den

angesprochenen Problemen finden sich u. a. bei HAMANN (2007, S. 88 ff.).

In der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr-/Lernforschung sowie in der pädagogisch-psychologischen und erziehungswissenschaftlichen Literatur wird das Experimentieren von einigen Autoren als domänenspezifischer, wissensbasierter und komplexer Problemlöseprozess beschrieben. Dabei werden die Begriffe Problemlösen und Lernen häufig synonym benutzt (vgl. u. a. HAMANN 2004, S. 198; MAYER 2007, S. 78 ff.; MAYER, GRUBE, MÖLLER 2009, S. 65). Andere Autoren (vgl. u. a. FISCHER ET AL. 2003, S. 196; WIRTH ET AL. 2008, S. 372; WIRTH, KÜNSTING, LEUTNER 2009, S. 299) weisen darauf hin, dass zwischen dem Prozess des Problemlösens und dem Prozess des Lernens zu unterscheiden ist: Während das Problemlösen einen Prozess beschreibt, dessen primäres Ziel eine Veränderung außerhalb der jeweiligen Person ist, umfasst Lernen einen Prozess, dessen primäres Ziel eine Veränderung der Wissensstruktur innerhalb der lernenden Person ist. Jeder der beiden Prozesse kann auch weitere – sekundäre – Ziele verfolgen. Deshalb ist es z. B. durchaus möglich, dass durch den Prozess des Problemlösens auch etwas gelernt wird. Zwingend ist dies beim Prozess des Problemlösens aber nicht.

Aus den beiden Abschnitten zu den Nationalen Bildungsstandards und dem Forschungsstand zum Experimentieren wird deutlich, dass im Hinblick auf das Experimentieren zwischen den klassischen Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik auf der einen Seite und der Geographie auf der anderen Seite zahlreiche Überschneidungen existieren. Daraus resultieren potenzielle Anknüpfungspunkte für die Kompetenzmodellierung (s. Kap. 4). Um der Frage nachzugehen, welche theoretischen Modellansätze sich für das anvisierte Forschungsprojekt eignen, ist es zunächst

notwendig, die spezifische Bedeutung des Experimentierens im Geographieunterricht zu beleuchten.

3 Experimente/Experimentieren im Geographieunterricht

Der spezielle Beitrag des Geographieunterrichts zur ‚Welterschließung‘ besteht darin, natur- und gesellschaftswissenschaftliche Fähigkeiten und Fertigkeiten im Sinne des Leitziels einer raumbezogenen Handlungskompetenz zu verbinden (DGfG 2010, S. 5). Voraussetzung dafür ist ein Weltverständnis in einer breiteren Perspektive, als dies in vielen anderen rein natur- oder gesellschaftswissenschaftlichen Nachbardisziplinen der Fall ist. Räume verschiedener Art und Größe sind gekennzeichnet durch spezifische Qualitäten, die teils naturgesetzlich erklärt, teils gesellschaftswissenschaftlich verstanden werden müssen. Grundlage für eine raumbezogene Handlungskompetenz für den physisch-geographischen Bereich ist u. a. die Kenntnis naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen, an deren Vermittlung der Geographieunterricht in besonderer Weise mitwirkt.

Naturwissenschaftliche Bildung erfolgt unter Einbeziehung mathematischer Grundlagen maßgeblich in den Schulfächern Physik, Chemie, Biologie und Geographie. In der Auseinandersetzung mit physiogeographischen/geoökologischen Gegebenheiten trägt der Geographieunterricht entscheidend zur naturwissenschaftlichen (Grund-) Bildung bzw. Scientific Literacy (s. u.) bei, indem er natürliche Phänomene erfahrbar und verstehbar macht und sich zugleich mit den spezifischen Methoden naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen (etwa in Bezug auf Technikgläubigkeit) auseinandersetzt.

Dem Experimentieren als didaktischem Königsweg zum naturwissenschaftlichen Arbeiten und Denken (PRENZEL, PARCHMANN 2003, S. 16) kommt dabei eine be-

sondere Bedeutung zu. Gemeinsam mit den rein naturwissenschaftlichen Fächern obliegt es dem geographischen Unterricht, den Schülern den Erwerb von Kompetenzen zum Experimentieren zu ermöglichen. Die inhaltlichen und methodischen Anforderungen, die das Experimentieren im Geographieunterricht an die Schülerinnen und Schüler stellt, sind vielfältig, vielschichtig und anspruchsvoll. Sie umfassen u. a. Beobachten, Probleme erkennen, Fragen formulieren, Hypothesen aufstellen, Daten bewerten, Kontrollansatz entwickeln und Protokollieren (vgl. OTTO 2009, S. 7; OTTO, MÖNTER 2009, S. 137). Dementsprechend beinhaltet das Experimentieren grundsätzlich mehrere Teilkompetenzen (vgl. u. a. HAMMANN 2004, S. 198; MAYER 2007, S. 177).

Experimente im Geographieunterricht lassen sich in zweierlei Weise von Experimenten in anderen Schulfächern unterscheiden. Dies betrifft a) das inhaltlich-thematische Spektrum und b) den Kontext des experimentellen Arbeitens.

a) Das inhaltlich-thematische Spektrum von Experimenten im Geographieunterricht

Der geographische Unterricht trägt nicht nur die fachlichen Denk- und Arbeitsweisen der Geographie, sondern auch weiterer Geowissenschaften (z. B. Geologie, Mineralogie, Geophysik) in die Schule. Das inhaltlich-thematische Spektrum von Experimenten im Geographieunterricht ist dementsprechend breit gestreut. Dazu zählen Experimente, die sich mit Aspekten der Atmosphäre, Biosphäre, Hydrosphäre (inkl. Kryosphäre), Reliefsphäre, Pedosphäre und Lithosphäre beschäftigen.

Im Zentrum des Geographieunterrichts stehen etwa mineralogische, bodenkundliche oder geomorphologische Experimente, die unter Bezugnahme auf chemische, physikalische und biologische Phänomene (vgl. Abb. 1, a) Forschungsbereiche thematisieren, die vorwiegend im Geographieun-

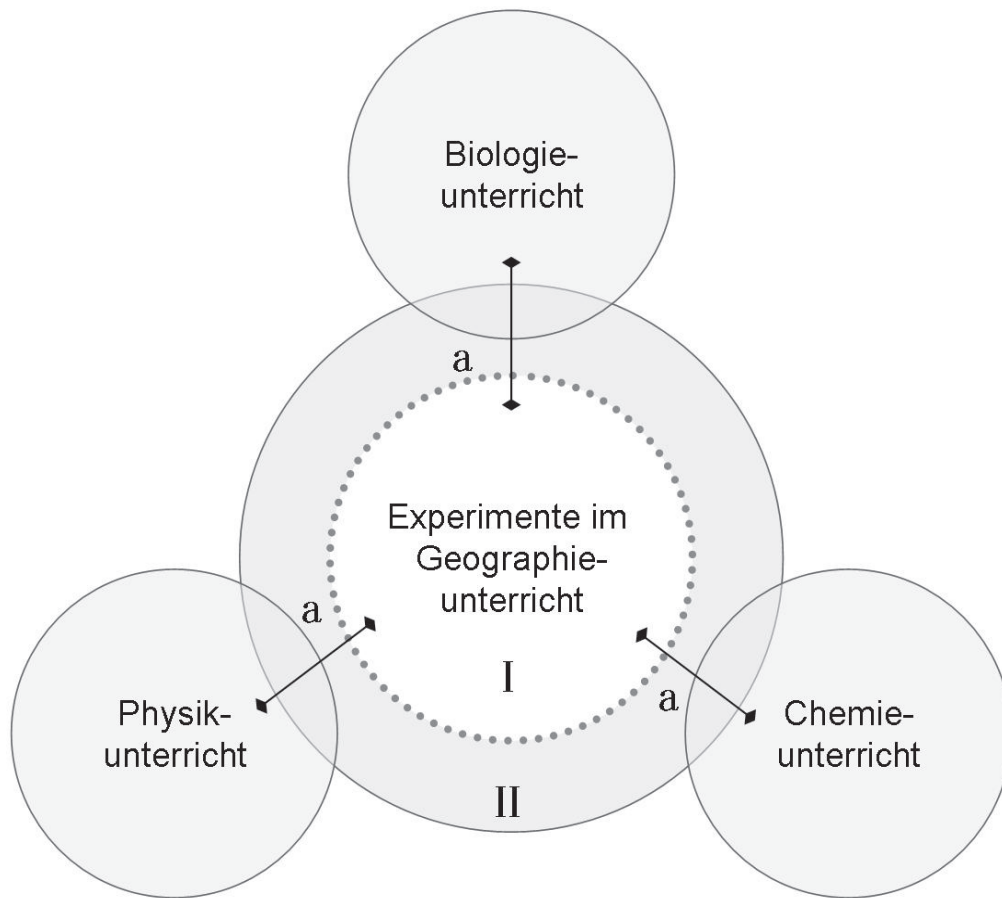


Abb. 1: Naturwissenschaftliche Experimente im geographischen Unterricht

terricht aufgegriffen werden (vgl. Abb. 1, Bereich I). In der Peripherie sind Experimente anzusiedeln, die deutliche Überschneidungen zu den Themenbereichen anderer an der naturwissenschaftlichen Bildung beteiligter Fächer aufweisen, diese aber im Rahmen der Auseinandersetzung – etwa mit der Biosphäre oder der Atmosphäre – in geographischen Zusammenhängen behandeln (vgl. Abb. 1, Bereich II). Spezifisch für experimentelles Arbeiten im Geographieunterricht ist darüber hinaus die Bezugnahme auf und die Untersuchung von Wechselwirkungen zwischen Geosphäre und Anthroposphäre.

b) Der Kontext des experimentellen Arbeitens im Geographieunterricht

Experimentelles Arbeiten im Geographieunterricht ist in Anlehnung an das PISA-Konsortium (PRENZEL ET AL. 2001) als wichtiger Beitrag zur Scientific Literacy zu

bezeichnen. Hierunter ist die Fähigkeit zu verstehen, „naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen“ (OECD 1999, S. 60). Innerhalb der angestrebten naturwissenschaftlichen Grundbildung – als Voraussetzung für gesellschaftliche Partizipationsmöglichkeiten – lassen sich nach PRENZEL ET AL. (2001, S. 195) vier übergeordnete Kompetenzbereiche unterscheiden:

- Naturwissenschaftliche Begriffe und Prinzipien: Wissen bzw. Verständnis zentraler naturwissenschaftlicher Konzepte;
- Naturwissenschaftliche Untersuchungs-

methoden und Denkweisen: Verständnis naturwissenschaftlicher Prozesse, grundlegende Fertigkeiten, Denkhaltungen;

- Vorstellungen über die Besonderheit der Naturwissenschaft: Verständnis der nature of science, epistemologische Vorstellungen, Wissen über die Grenzen der Naturwissenschaft;
- Vorstellungen über die Beziehungen zwischen Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft: Verständnis des ‚Unternehmens Naturwissenschaft‘ im sozialen, ökonomischen und ökologischen Kontext.

Ein zentrales Kriterium für alle vier genannten Bereiche stellt der Anspruch dar, dass die Kompetenzen situations- und problemgerecht angewendet bzw. transferiert werden können und anschlussfähig für weiteres Lernen sind. Angestrebt ist eine mehrdimensionale naturwissenschaftliche Grundbildung, die es ermöglicht, Verbindungen zwischen den Disziplinen sowie zu gesellschaftlichen Problemfeldern herzustellen (vgl. PRENZEL ET AL. 2001, S. 196).

Ein so charakterisierter Beitrag zur naturwissenschaftlichen Bildung ist nicht nur offen für eine gesellschaftliche Einbindung der Unterrichtsinhalte, sondern im Sinne der Scientific Literacy gerade intendiert (vgl. LETHMATE 2006, S. 10). In der Auseinandersetzung mit den Wechselwirkungen zwischen Natur und Gesellschaft liegt eine spezifische Qualität des Geographieunterrichts. Grundlage ist die Erkenntnis, dass menschliches und gesellschaftliches Handeln und Wirken im Raum häufig nur unter Berücksichtigung der physiogeographischen Voraussetzungen sowie der relevanten Kräfte und Prozesse erklärt werden kann. Umgekehrt sind im Kern physiogeographische Sachverhalte fast immer beeinflusst durch bereits stattgefundenes anthropogenes Wirken. Einigkeit besteht deshalb darin, dass Raumsachverhalte maßgeblich einer systemischen und integrativen Erklärung bedürfen (vgl. KÖCK 2008, S. 33). Das Experiment bzw. das Experimentieren stellt dabei einen Aspekt naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen dar, der in den Gesamtzusammenhang des integrativen Arbeitens im Geographieunterricht, ausgehend von gesellschaftlich relevanten

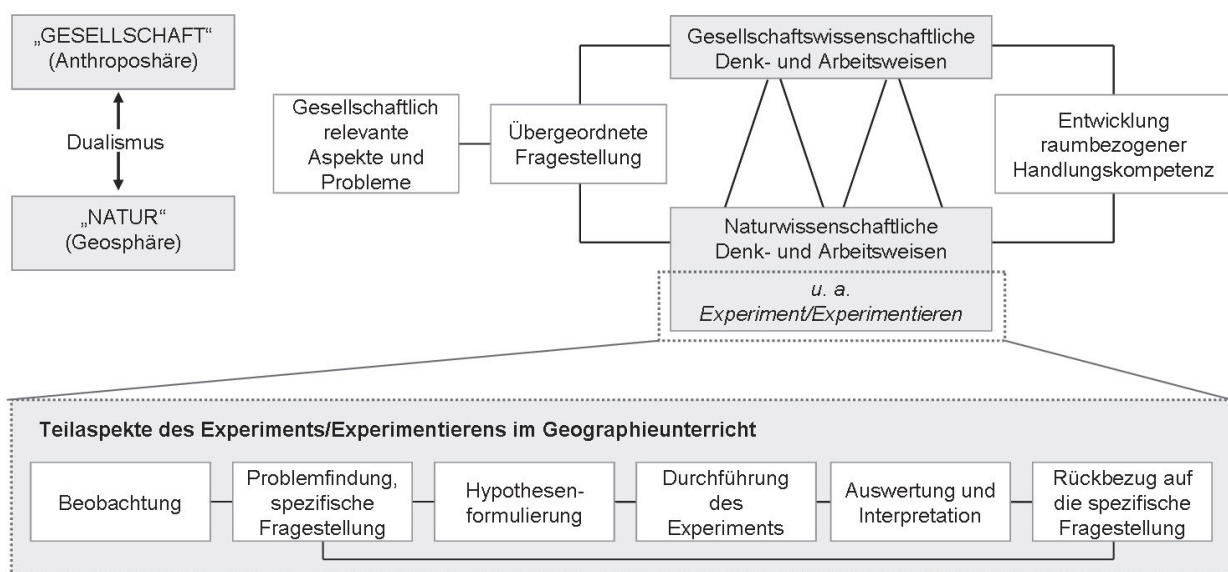


Abb. 2: Integratives Arbeiten und die Teilschritte des Experiments/Experimentierens im Geographieunterricht

Aspekten und Problemen und einer übergeordneten Fragestellung, eingebunden ist (Abb. 2, oberer Teil). Das geographische Experiment bzw. das Experimentieren im Geographieunterricht selbst beinhaltet wiederum zahlreiche Teilaspekte, deren Grundlage ein spezifisches Problem sowie eine spezifische Fragestellung darstellen, ausgehend von einer konkreten Beobachtung (vgl. Abb. 2, unterer Teil).

Naturwissenschaftliche Experimente im geographischen Unterricht stehen deshalb immer unmittelbar im Kontext von gesellschaftlich relevanten Aspekten und Problemstellungen. Ausgehend etwa von dem gesellschaftlichen Problem der landwirtschaftlichen Nutzung arider Regionen kann ein experimenteller Vergleich verschiedener Bewässerungs- und Entwässerungsformen erfolgen, dessen Ergebnisse auf die Ausgangsfrage im Sinne der Anwendbarkeit zurückbezogen werden. Aus einer gesellschaftlich relevanten Fragestellung mit geographischem Bezug wird so die Notwendigkeit naturwissenschaftlich-experimenteller Strategien entwickelt, um schließlich wieder auf den gesellschaftlich relevanten Ausgangspunkt bezogen zu werden. Neben dem inhaltlich-thematischen Zusammenhang von Experimenten im Geographieunterricht liegt darin das fachspezifische methodische bzw. propädeutische Potenzial begründet, das über die Vermittlung eines spezifischen Fachwissens hinausgeht.

Der Entwicklung einer spezifischen Fragestellung als Ausgangspunkt des experimentellen Arbeitens noch vor der Generierung von Hypothesen kommt deshalb im Geographieunterricht eine herausgehobene Bedeutung zu. Die Entwicklung der Fragestellung wird bisher jedoch in Studien zur Kompetenzentwicklung zumeist ausgeblendet. Da aber gerade dieser Aspekt für das experimentelle Arbeiten im Geographieunterricht essentiell ist, gilt es, das Spektrum von Theoriemodellen zum expe-

rimentellen Arbeiten auf die Berücksichtigung der Fragestellung hin zu prüfen.

4 Theoriemodelle zum experimentellen Arbeiten

Derzeit werden in der empirischen Lehr-/Lernforschung sowohl von der Pädagogischen Psychologie und den Erziehungswissenschaften als auch von den (naturwissenschaftlichen) Fachdidaktiken unterschiedliche empirisch abgesicherte Theoriemodelle eingesetzt, um Dimensionen und Niveaustufen von Kompetenzen beim Experimentieren zu beschreiben. Diese Modelle unterscheiden sich u. a. dadurch, dass sie dem Experimentieren beispielsweise unterschiedliche Teilkompetenzen zuweisen. Für die beabsichtigte Entwicklung eines Kompetenzmodells zum geographischen Experimentieren wurde in einem ersten Schritt die Forschungsliteratur auf bestehende Kompetenzmodelle kritisch gesichtet. Für das vorliegende Projekt wurden diejenigen Modelle berücksichtigt, die das Experiment oder Teilschritte eines Experiments abbilden. Welche Theoriemodelle ausgewählt und welche Teilkompetenzen in den Vordergrund gerückt wurden, wird im Folgenden näher beschrieben und dargestellt (vgl. Tab. 1).

In den Fachdidaktiken Biologie und Chemie wird im Rahmen der empirischen Lehr-/Lernforschung und somit auch für die Entwicklung von Kompetenzmodellen besonders häufig das Scientific Discovery as Dual Search Model (SDDS-Modell) eingesetzt (vgl. KLAHR, DUNBAR 1998; KLAHR 2000). Dieses Modell beschreibt drei Teilkompetenzen des Experimentierens: 1. Hypothesen generieren (Suche im Hypothesenraum), 2. Variablen identifizieren (Testen von Hypothesen) und 3. Daten interpretieren (Analyse von Evidenzen) (vgl. Tab. 1). Das SDDS-Modell geht also davon aus, dass die Hypothesenbildung der erste Arbeitsschritt beim Experimentieren ist. Diese Auffassung wird jedoch nicht von allen Ex-

perten geteilt. So weisen etwa MAYER, ZIE-MEK (2006, S. 6 f.) darauf hin, dass der erste zentrale Schritt beim Experimentieren die Formulierung einer Fragestellung in Bezug auf ein beobachtetes Phänomen ist. Methodologisch steht die Fragestellung im Verlauf des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns also vor der Hypothese. Erfolgreiches Experimentieren im Unterricht hängt somit insbesondere von der Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler ab, die richtige Frage (an die Natur) zu stellen (vgl. OTTO 2009, S. 6 f.; OTTO, MÖNTER 2009, S. 137).

Ein weiteres in der empirischen Lehr-/Lernforschung eingesetztes Modell ist die Theorie des Problemlösens nach GOTT, DUGGAN (1998). Diese beiden Autoren halten beispielsweise die Aspekte der Verlässlichkeit und Aussagekraft des Experiments für wichtig und grenzen dabei die Planung eines Experiments von der Datenerhebung und der Datenanalyse und -interpretation ab. Die Formulierung einer Fragestellung spielt also auch bei GOTT, DUGGAN (1998) als Teilkompetenz beim Experimentieren keine explizite Rolle.

In anderen internationalen Standards und Lehrplänen wiederum wird neben den genannten Fähigkeiten beim Experimentieren ebenfalls der Teilkompetenz Fragestellungen entwickeln eine zentrale Bedeutung beigemessen (DFEE/QCA 1999, S. 16 ff.; NRC 1996).

Das Strukturmodell zum Wissenschaftlichen Denken (scientific reasoning), das von MAYER, GRUBE, MÖLLER (2009, S. 65 ff.) entwickelt wurde, schenkt neben anderen Teilkompetenzen ebenfalls der Formulierung von Fragestellungen große Beachtung und stellt sie dementsprechend als eigenständige Fähigkeit heraus.

Das ESNaS-Kompetenzmodell wurde von den Fachdidaktiken Biologie, Chemie und Physik an den Universitätsstandorten Duisburg-Essen und Gießen in Kooperation mit dem Institut für Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) in Berlin entwickelt (WALPUSKI ET AL. 2008; BERNHOLT ET AL. 2009). Es handelt sich um ein aktuell diskutiertes Modell, das sich von den anderen angeführten insofern unterscheidet, als hier nicht nur das Experimentieren gesondert

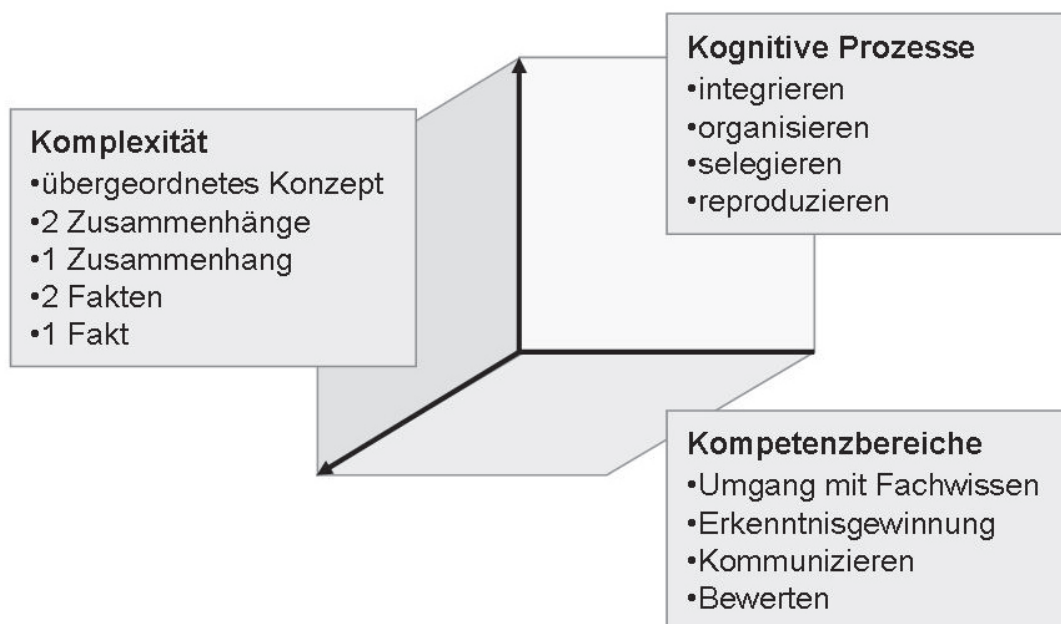


Abb. 3: Zentrale Dimensionen des ESNaS-Kompetenzmodells
(verändert nach: WALPUSKI ET AL. 2008, S. 325)

betrachtet wird, sondern weitere Arbeitsweisen im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung berücksichtigt werden können.

Es handelt sich hierbei um ein dreidimensionales Modell mit den Dimensionen Kognitive Prozesse, Komplexität und Kompetenzbereiche (vgl. Abb. 3). Die in dem Modell berücksichtigten vier Kompetenzbereiche sind diejenigen, die in den Bildungsstandards für die Naturwissenschaften formuliert sind (Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewerten). Durch die Komplexität wird beschrieben, welchen Umfang und Vernetzungsgrad die zu bearbeiteten Inhalte haben. In der Dimension kognitive Prozesse wird definiert, welcher Anspruch an die Bearbeitung der Aufgabe gestellt wird.

Tabelle 1 macht deutlich, dass bei allen fünf beschriebenen Theoriemodellen die Teilkompetenzen Planung eines Experi-

ments, Datenerhebung und der Datenanalyse und -interpretation direkt oder indirekt ausgewiesen sind. Aber nur bei zwei theoretischen Modellen spielt die Teilkompetenz Fragestellungen formulieren eine Rolle.

Ein empirisches Lehr-/Lernforschungsprojekt zum Experimentieren, das die Formulierung der Fragestellung in den Mittelpunkt rückt, müsste dementsprechend entweder die Standards nach DFEE/QCA (1999) und NRC (1996) oder das Strukturmodell zum Wissenschaftlichen Denken nach MAYER, GRUBE, MÖLLER (2009) als theoretisches Basiskonzept zu Grunde legen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Das Experimentieren als zentrale Methode der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung ist Bestandteil des Geographieunterrichts. Geographische Experimente zeichnen sich einerseits durch ihr spezi-

Tab. 1: Ausgewählte Theoriemodelle zur Erfassung von Kompetenzen des Experimentierens bzw. der Erkenntnisgewinnung

| |
|---|
| <p>SDDS-Modell nach DUNBAR/KLAHR (1998) bzw. KLAHR (2000):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hypothesen generieren (Suche im Hypothesenraum) - Variablen identifizieren (Testen von Hypothesen) - Daten interpretieren (Analyse von Evidenzen) |
| <p>Theorie des Problemlösens nach GOTT/DUGGAN (1998):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Planung des Experiments - Datenerhebung - Datenanalyse und -interpretation |
| <p>Standards nach DFEE/QCA (1999) und NRC (1996):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fragestellungen entwickeln - Planung des Experiments - Datenerhebung - Datenanalyse und -interpretation |
| <p>Strukturmodell zum Wissenschaftlichen Denken nach MAYER/GRUBE/MÖLLER (2009):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fragestellung formulieren - Hypothesen generieren - Planung eines Experiments - Deutung der Ergebnisse |
| <p>ESNaS-Kompetenzmodell nach WALPUSKI ET AL. (2008) und BERNHOLT ET AL. (2009):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kompetenzbereiche - Komplexität - Kognitive Prozesse |

fisches inhaltlich-thematisches Spektrum und andererseits durch den obligatorischen Kontextbezug aus. Deshalb haben im Geographieunterricht die Formulierung einer spezifischen Fragestellung am Anfang des Experiments und der Rückbezug darauf am Ende des Erkenntnisweges eine besondere Bedeutung. Ohne eine solche spezifische Fragestellung, die sich aus einem gesellschaftlich relevanten Problem ableitet, kann keine adäquate naturwissenschaftlich-experimentelle Strategie erarbeitet werden, die ihrerseits mögliche Erklärungen/Lösungen für das bestehende gesellschaftsrelevante Problem liefert. In Hinsicht auf die Akzentuierung eines solchen Problems unterscheidet sich geographisches Experimentieren von anderen naturwissenschaftlichen Experimenten, z. B. im Chemie-, Physik- und Biologieunterricht. Dies mag mit ein Grund dafür sein, dass der Fragestellung beim Experimentieren in der empirischen Lehr-/Lernforschung bisher nur wenig bzw. kaum Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Aufgrund dieser bestehenden Forschungs-

lücke tut sich gerade für die empirische Lehr-Lernforschung in der Geographiedidaktik ein weites Betätigungsfeld auf, das es zielorientiert aufzuarbeiten gilt. Mögliche Anknüpfungspunkte für die Kompetenzmodellierung stellen dafür insbesondere die Kompetenzmodelle dar, die die Fragestellung beinhalten, wie z. B. das Strukturmodell zum Wissenschaftlichen Denken nach MAYER, GRUBE, MÖLLER (2009). Für das anvisierte Forschungsprojekt bedeutet dies, dass auf der Basis eines solchen Modells dann herausgearbeitet werden kann, welche und wie viele Teilkompetenzen das geographische Experimentieren umfasst. Hierzu muss ein Testinstrument mit geschlossenen und/oder offenen Aufgaben entwickelt werden. Ist die Struktur und Spezifität des geographischen Experimentierens analysiert, wird anschließend der Kompetenzstand beim Experimentieren in der Geographie erhoben. Dieses Vorgehen schafft die notwendige Basis für die Umsetzung systematischer Kompetenzförderung im Geographieunterricht.

Literatur

- BADY, R.J. (1979): Students' understanding of the logic of hypothesis testing. In: *Journal of Research in Science Teaching* 16, Vol. 1, S. 61-65.
- BERNHOLT, S., WALPUSKI, M., SUMFLETH, E., PARCHMANN, I. (2009): Kompetenzentwicklung im Chemieunterricht. Mit welchen Modellen lassen sich Kompetenzen und Aufgaben differenzieren? In: *Unterricht Chemie* 20, Nr. 111/112, S. 78-85.
- DFEE/QCA (1999): *Science. The national curriculum for England. Key stages 1-4.* HSMO. London.
- DGFG [DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE] (Hrsg.) (2010): *Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss - mit Aufgabenbeispielen.* Bonn.
- 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* 9, S. 179-209.
- GOTT, R., DUGGAN, S. (1998): Understanding scientific evidence - Why it matters and how it can be taught. In: RATCLIFFE, M. (1998): *ASE Guide to Secondary Science Education.* Hatfield, S. 92-99.
- HAMMANN, M. (2004): Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung - dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU)* 57, H. 4, S. 197-203.
- HAMMANN, M. (2007): *Experimentieren*

- können. Kompetenzentwicklungsmodelle und ihre Nutzung im Unterricht. In: *geographie heute* 28, H. 255/266, S. 88-91.
- HAMMANN, M., PHAN, T.H., EHMER, M., BAYRHUBER, H. (2006): Fehlerfrei Experimentieren. In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU)* 59, H. 5, S. 292-299.
- HESSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.) (2005): *Lehrplan Biologie. Gymnasialer Bildungsgang. Jahrgangsstufen 5G bis 12G.* Wiesbaden.
- JONG, T. DE, JOOLINGEN, W.R. VAN (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*. Vol. 68, No. 2, S. 179-201.
- KHISHFE, R., ABD-EL-KHALICK, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. In: *Journal of Research in Science Teaching* 39, S. 551-578.
- KLAHR, D. (2000): *Exploring science. The cognition and development of discovery processes.* Cambridge (Mass.), London.
- KLAHR, D., DUNBAR, K. (1988): Dual space search during scientific reasoning. In: *Cognitive Science*, Vol. 12, S. 1-48.
- KÖCK, H. (2008): Thesen zur innergeographischen Integration von natur- und sozialwissenschaftlicher Dimension als Voraussetzung für eine mögliche Brückenfunktion. In: *geographische revue*, Jg. 10, H. 1, S. 31-39.
- LACHMAYER, S., NERDEL, C., PRECHTL, H. (2007): Modellierung kognitiver Fähigkeiten beim Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 13, S. 161-180.
- LEDERMAN, N.G., ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R.L., SCHWARTZ, R.S. (2002): Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners - conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 49 (6), S. 497-521.
- LETHMATE, J. (2006): Experimentelle Lehrformen und Scientific Literacy. In: *Praxis Geographie* 36, H. 11, S. 4-11.
- Mayer, J. (2007): Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In: KRÜGER, D., VOGT, H. (Hrsg.): *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden.* Berlin, Heidelberg, New York.
- MAYER, J., GRUBE, C., MÖLLER, A. (2009): Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In: HARMS, U., SANDMANN, A. (Hrsg.): *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik - Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften.* Bd. 3, S. 63-79.
- MAYER, J., KEINER, K., ZIEMEK, H.-P. (2003): Naturwissenschaftliche Problemlösekompetenz im Biologieunterricht. In: BAUER, A. AT AL. (Hrsg.): *Entwicklung von Wissen und Kompetenzen im Biologieunterricht. Internationale Tagung der Sektion Fachdidaktik im VdBiol in Berlin.* Kiel, S. 21-24.
- MAYER, J., ZIEMEK, H.-P. (2006): Offenes Experimentieren. In: *Unterricht Biologie* 30, H. 317, S. 4-12.
- MSW [MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG, WISSENSCHAFT UND FORSCHUNG DES LANDES NORDRHEIN WESTFALEN] (Hrsg.) (1999): *Richtlinien und Lehrpläne für die Sekundarstufe II - Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen.* Frechen.
- NRC (1996): *National Science Education Standards.* Washington (D.C.)
- OECD [ORGANISATION FOR THE ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT] (1999): *Measuring student knowledge and skills. A new framework for assessment.* Paris.

- OTTO, K.-H. (2009): Experimentieren als Arbeitsweise im Geographieunterricht. In: Geographie und Schule 31, H. 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, Jg. 37, H. 3, S. 136-141.
- PRENZEL, M., ROST, J., SENKBEIL, M., HÄUSSLER, P., KLOPP, A. (2001): Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse. In: BAUMERT, J. ET AL.: Pisa 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen, S. 191-248.
- PRENZEL, M., PARCHMANN, I. (2003): Kompetenz entwickeln. Vom naturwissenschaftlichen Arbeiten zum naturwissenschaftlichen Denken. In: Unterricht Chemie 14, H. 76/77, S. 15-17.
- SIEGLER, R., LIEBERT, R. (1975): Acquisition of formal scientific reasoning by 10- and 13-year-olds: Designing a factorial experiment. *Developmental Psychology*, Vol. 11, Is. 3, S. 401-402.
- ROST, D. (2007): Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studien. Weinheim.
- TSCHIRGI, J. (1982): Sensible reasoning: A hypothesis about hypothesis. *Child Development* 51, S. 1-10.
- WALPUSKI, M., KAMPA, N., KAUERTZ, A., WELLNITZ, N. (2008): Evaluation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften. In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU)* 61, H. 6, S. 323-326.
- WIRTH, J., KÜNSTING, J., LEUTNER, D. (2009): The impact of goal specificity and goal type on learning outcome and cognitive load. In: *Computers in Human Behavior*. Vol. 25, Is. 2, S. 299-305.
- WIRTH, J., THILLMANN, H., KÜNSTING, J., FISCHER, H. E., LEUTNER, D. (2008): Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht - Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht. In: *Zeitschrift für Pädagogik*, Jg. 54, H. 3, S. 361-375.

Autoren:

Prof. Dr. Karl-Heinz Otto

Geographisches Institut der Ruhr-Universität Bochum
Karl-Heinz.Otto@rub.de

Dr. Leif Mönter

Geographisches Institut der Ruhr-Universität Bochum
Leif.O.Moenter@rub.de

Sandra Hof

Institut für Geographie der Justus-Liebig-Universität Giessen
sandra.hof@geogr.uni-giessen.de

Prof. Dr. Joachim Wirth

Erziehungswissenschaftliches Institut der Ruhr-Universität Bochum
joachim.wirth@rub.de