

Sodian, Beate; Thoermer, Claudia ; Kircher, Ernst ; Grygier, Patricia ; Günther, Johannes  
**Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule**

*Prenzel, Manfred [Hrsg.]; Doll, Jörg [Hrsg.]: Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen. Weinheim : Beltz 2002, S. 192-206. - (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft; 45)*

urn:nbn:de:0111-opus-39475

in Kooperation mit / in cooperation with:

**BELTZ**

<http://www.beltz.de>

**Nutzungsbedingungen / conditions of use**

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

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

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.  
By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

**Kontakt / Contact:**

**peDOCS**  
Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF)  
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft  
Informationszentrum (IZ) Bildung  
Schloßstr. 29, D-60486 Frankfurt am Main  
E-Mail: [pedocs@dipf.de](mailto:pedocs@dipf.de)  
Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

Zeitschrift für Pädagogik · 45. Beiheft

# **Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen**

Herausgegeben von Manfred Prenzel und Jörg Doll

Beltz Verlag · Weinheim und Basel

Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk- und Fernsehsendung, im Magnettonverfahren oder auf ähnlichem Wege bleiben vorbehalten. Fotokopien für den persönlichen oder sonstigen eigenen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopie hergestellt werden. Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens hergestellte oder genützte Kopie dient gewerblichen Zwecken gem. § 54 (2) UrhG und verpflichtet zur Gebührenzahlung an die VG Wort, Abteilung Wissenschaft, Goethestr. 49, 80336 München, von der die einzelnen Zahlungsmodalitäten zu erfragen sind.

© 2002 Beltz Verlag • Weinheim und Basel  
Herstellung: Klaus Kaltenberg  
Druck: Druckhaus »Thomas Müntzer«, Bad Langensalza  
Printed in Germany  
ISSN 0514-2717

Bestell-Nr. 41146

# Inhaltsverzeichnis

<i>Jörg Doll/Manfred Prenzel</i> Einleitung in das Beiheft .....	9
<b>Teil I:</b>	
<b>Unterrichtsforschung in Mathematik</b>	
Förderung des mathematischen Verständnisses, Problemlösens und der Herausbildung zutreffender mathematischer Weltbilder von Schülerinnen und Schülern .....	31
<i>Kristina Reiss</i> Einleitung .....	32
<i>Christoph Wassner/Laura Martignon/Peter Sedlmeier</i> Die Bedeutung der Darbietungsform für das alltagsorientierte Lehren von Stochastik .....	35
<i>Kristina Reiss/Frank Hellmich/Joachim Thomas</i> Individuelle und schulische Bedingungsfaktoren für Argumentationen und Beweise im Mathematikunterricht .....	51
<i>Ingmar Hosenfeld/Andreas Helmke/Friedrich-Wilhelm Schrader</i> Diagnostische Kompetenz: Unterrichts- und lernrelevante Schülermerkmale und deren Einschätzung durch Lehrkräfte in der Unterrichtsstudie SALVE .....	65
<i>Rudolf vom Hofe/Reinhard Pekrun/Michael Kleine/Thomas Götz</i> Projekt zur Analyse der Leistungsentwicklung in Mathematik (PALMA). Konstruktion des Regensburger Mathematikleistungstests für 5.–10. Klassen .....	83

**Teil II:**

**Lehrerexpertise und Unterrichtsmuster in Mathematik und Physik**

Videografie von Unterrichtssequenzen in Mathematik und Physik: Diagnose, Analyse und Training erfolgreicher Unterrichtsskripts ..... 101

*Eckhard Klieme*

Einleitung ..... 102

*Martina Diedrich/Claudia Thußbas/Eckhard Klieme*

Professionelles Lehrerwissen und selbstberichtete Unterrichtspraxis im Fach Mathematik ..... 107

*Hans E. Fischer/Thomas Reyer/Tina Wirz/Wilfried Bos/Nicole Höllrich*

Unterrichtsgestaltung und Lernerfolg im Physikunterricht ..... 124

*Manfred Prenzel/Tina Seidel/Manfred Lehrke/Rolf Rimmele/Reinders Duit/  
Manfred Euler/Helmut Geiser/Lore Hoffmann/Christoph Müller/Ari Widodo*

Lehr-Lernprozesse im Physikunterricht – eine Videostudie ..... 139

*Helmut Fischler/Hans-Joachim Schröder/Cornelia Tönhäuser/Peter Zedler*

Unterrichtsskripts und Lehrerexpertise: Bedingungen ihrer Modifikation ..... 157

**Teil III:**

**Entwicklung und Evaluation von Unterrichtsmodulen und Trainingsprogrammen**

Schulische Lehr-Lernumgebungen und außerschulische Trainings zur Förderung fächerübergreifender Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern ..... 173

*Bernhard Schmitz*

Einleitung ..... 174

*Kornelia Möller/Angela Jonen/Ilonca Hardy/Elsbeth Stern*

Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung ..... 176

*Beate Sodian/Claudia Thoermer/Ernst Kircher/Patricia Grygier/Johannes Günther*

Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule ..... 192

<i>Elke Sumfleth/Elke Wild/Stefan Rumann/Josef Exeler</i>	
Wege zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung im Chemie- unterricht: kooperatives Problemlösen im schulischen und familialen Kontext zum Themenbereich Säure-Base .....	207
<i>Tina Gürtler/Franziska Perels/Bernhard Schmitz/Regina Bruder</i>	
Training zur Förderung selbstregulativer Fähigkeiten in Kombination mit Problemlösen in Mathematik .....	222
<i>Claudia Leopold/Detlev Leutner</i>	
Der Einsatz von Lernstrategien in einer konkreten Lernsituation bei Schülern unterschiedlicher Jahrgangsstufen .....	240
<i>Alexander Renkl/Silke Schworm</i>	
Lernen, mit Lösungsbeispielen zu lehren .....	259
<b>Teil IV:</b>	
<b>Diagnose und Förderung von Interessen und Lernmotivation</b>	
Förderung des Interesses und der Motivation von Schülerinnen und Schülern für mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer: Zum Einfluss schulischer und familiärer Lehr-Lernumgebungen .....	
	271
<i>Elke Wild</i>	
Einleitung .....	272
<i>Elke Wild/Katharina Remy</i>	
Quantität und Qualität der elterlichen Hausaufgabenbetreuung von Drittklässlern in Mathematik .....	276
<i>Annette Upmeyer zu Belzen/Helmut Vogt/Barbara Wieder/Franka Christen</i>	
Schulische und außerschulische Einflüsse auf die Entwicklungen von naturwissenschaftlichen Interessen bei Grundschulkindern .....	291
<i>Falko Rheinberg/Mirko Wendland</i>	
Veränderung der Lernmotivation in Mathematik: eine Komponentenanalyse auf der Sekundarstufe I .....	308

**Teil V:  
Einstellungen und Werte als förderliche oder hinderliche Bedingungen  
schulischer Leistungsfähigkeit**

Mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer als Einstellungsobjekte: Einflüsse  
von Makro- und Mesoebene auf die Einstellungsbildung ..... 321

*Bettina Hannover*

Einleitung ..... 322

*Anna-Katharina Pelkner/Ralph Günther/Klaus Boehnke*

Die Angst vor sozialer Ausgrenzung als leistungshemmender Faktor?

Zum Stellenwert guter mathematischer Schulleistungen unter Gleichaltrigen ..... 326

*Bettina Hannover/Ursula Kessels*

Challenge the science stereotype! Der Einfluss von Technik-Freizeitkursen auf das

Naturwissenschaften-Stereotyp von Schülerinnen und Schülern ..... 341

*Juliane Strecker/Peter Noack*

Wichtigkeit und Nützlichkeit von Mathematik aus Schülersicht ..... 359

**Teil VI:  
Schulforschung**

Evaluation und Feedback auf Klassen- und Schulebene ..... 373

*Hartmut Ditton/Bettina Arnoldt/Eva Bornemann*

Entwicklung und Implementation eines extern unterstützenden Systems der

Qualitätssicherung an Schulen – QuaSSu ..... 374

Beate Sodian/Claudia Thoermer/Ernst Kircher/Patricia Grygier/Johannes Günther

# Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule<sup>1</sup>

## 1. Einleitung

### 1.1 Was versteht man unter „Wissenschaftsverständnis“?

„Wissenschaftsverständnis“ („Understanding the Nature of Science“) beinhaltet Einsicht in erkenntnistheoretische, wissenschaftstheoretische und wissenschaftsethische Grundlagen der Naturwissenschaften. Im Zentrum unseres Interesses stehen wissenschaftstheoretische Fragen, z.B.: Wie entsteht naturwissenschaftliches Wissen? Wie kommen Wissenschaftler<sup>2</sup> zu neuen Erkenntnissen? Was sind Experimente? Warum werden Theorien wieder geändert oder verworfen? Können die Daten eines Experiments durch verschiedene Theorien erklärt werden? Nach einer Analyse von offiziellen Dokumenten von Schulbehörden und naturwissenschaftlichen Gesellschaften aus anglophonen Staaten (McComas/McClough/Almaroza 1998) gehört zum Kanon des Wissens über Wissenschaft u.a. Einsicht in den tentativen Charakter und die rationale Begründung wissenschaftlichen Wissens, die Bedeutung von Beobachtungen und experimentellen Ergebnissen, die naturwissenschaftliche Methodik (wobei betont wird, dass es keine allgemein gültige Methode gibt, Wissenschaft zu betreiben), die Rolle von Theorien (und die Unterscheidung zwischen Theorien und Gesetzen) im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess, den öffentlichen Status wissenschaftlichen Wissens und den evolutionären wie auch revolutionären Charakter der Wissenschaften.

Pädagogische und didaktische Begründungen für einen Unterricht, der die Natur der Naturwissenschaften thematisiert, existieren seit langem im deutschen und im angloamerikanischen Sprachraum (Litt 1959; Dewey 1916/1964). In den vergangenen zwanzig Jahren hat diese Thematik vor allem in den USA und in England eine beträchtliche Rolle sowohl in der Naturwissenschaftsdidaktik als auch – unter dem Einfluss der Forschung zu Prozessen des begrifflichen Wandels („Conceptual Change“) in der Pädagogischen Psychologie gespielt.

Driver u.a. (1996, S. 16ff.) begründen die Thematisierung wissenschaftstheoretischer Aspekte im naturwissenschaftlichen Unterricht durch ethische und gesellschaftspolitische, sowie kognitionspsychologische Argumente. Wir beschränken uns im Folgenden auf Letztere.

- 1 Das Projekt wird durch eine Sachbeihilfe der DFG (So 213/20-1, Ki 320/3-1) im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Bildungsqualität von Schule“ gefördert.
- 2 Im gesamten Manuskript verwenden wir aus Gründen der Lesbarkeit lediglich die männliche Form. Hiermit sind selbstverständlich männliche und weibliche Personen gemeint.



### *1.2 Ist Wissenschaftsverständnis wichtig für naturwissenschaftliches Lernen?*

Moderne kognitionspsychologische Theorien analysieren Wissen in naturwissenschaftlichen Domänen oder Bereichen (physikalisches, chemisches, biologisches Wissen) als kohärente Systeme interdependenter, theoriegeladener Begriffe (Carey 1986; Vosniadou 1994; Chi/Slotta/deLeeuw 1994). Anders als ältere lernpsychologische Theorien, die von allgemeinen, bereichsübergreifenden Lerngesetzen ausgingen, impliziert diese Sichtweise die Domänenspezifität der kognitiven Prozesse beim Lernenden: Physikalische Theorien postulieren andere Erklärungsmodelle als biologische oder chemische. Daher müssen Schüler bereichsspezifische begriffliche Systeme und Erklärungsmodelle erwerben. Dies ist – so die heute in der Kognitionspsychologie ebenso wie in den Naturwissenschaftsdidaktiken vertretene Position – deshalb so schwierig, weil die Präkonzepte der Lernenden häufig mit den wissenschaftlichen Zielkonzepten inkompatibel sind. Daher wird das Lernen der Naturwissenschaften, insbesondere der Physik, gelegentlich mit dem Einleben in eine fremde Kultur, mit dem Erwerb einer neuen Sprache verglichen (Duit 2002). Das bedeutet, dass die aus der Alltagssprache übernommenen Ausdrücke wie „Arbeit“, „Kraft“, „Geschwindigkeit“, „Masse“ usw. mit komplexen, abstrakten Theorien zu tun haben und erst dann im physikalischen Sinne verstanden werden können, wenn das gesamte Begriffssystem einer Theorie verstanden ist, – zu obigen Begriffen die Newtonsche Mechanik (Kircher 1993). Die TIMS-Studie (Baumert u.a. 2000) hat gezeigt, dass begrifflicher Wandel (Conceptual Change) im Sinne einer vollständigen Restrukturierung intuitiver Alltagsvorstellungen mit dem Ergebnis eines tiefen Verständnisses naturwissenschaftlicher Domänen häufig auch im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe II nicht stattfindet: Aufgaben, die eine Änderung von Fehlvorstellungen überprüfen, bereiteten selbst Abiturienten die größten Schwierigkeiten.

Für dieses Versagen der naturwissenschaftlichen Bildung können neben Mängeln in der Vermittlung bereichsspezifischen Wissens auch Defizite in der Überwindung bereichsübergreifender Verständnishindernisse verantwortlich gemacht werden: Um physikalische oder biologische Rahmentheorien („Weltbilder“) zu verändern, genügt es nicht, domänen-spezifische Begriffe zu vermitteln. Vielmehr gehören zum naturwissenschaftlichen „Weltbild“ auch adäquate Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften, sowie über das Zustandekommen und die Begründbarkeit naturwissenschaftlichen Wissens. Um den Theorie-Evidenz-Bezug in verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen zu verstehen, ist ein solches metabegriffliches Verständnis dieses Zusammenhangs notwendig – oder zumindest förderlich. Daher wird der Vermittlung eines adäquaten Wissenschaftsverständnisses ein hoher Stellenwert bei der erfolgreichen Vermittlung naturwissenschaftlichen Wissens zugeschrieben (Carey/Smith 1993).

### *1.3 Zum Stand der Forschung: Wissenschaftsverständnis bei Schülern und Lehrern*

Empirische Studien zu den intuitiven Vorstellungen von Schülern und Lehrern über Wissenschaft zeigen, dass das Wissenschaftsverständnis von Schülern der Sekundar-

stufe I (aber auch II) meist einer unreflektierten „knowledge unproblematic“ epistemologischen Position entspricht (Carey/Smith 1993). Diese ist gekennzeichnet durch eine mangelnde Differenzierung zwischen Theorien/Hypothesen einerseits und empirischer Evidenz andererseits sowie durch ein unzureichendes Verständnis des zyklischen und kumulativen Charakters naturwissenschaftlichen Wissens (Ryan/Aikenhead 1992; Lederman 1992; Kircher 1995, Driver u.a. 1996; McComas 1998). Korrespondierende Defizite wurden auf Lehrerseite festgestellt (Gallagher 1991; Lederman 1992; Pomeroy 1993; Höttecke 2001), wobei Sekundarstufenlehrer dazu tendieren, den „objektiven“ Charakter der Naturwissenschaften zu betonen und den tentativen und konstruktiven Charakter wissenschaftlicher Theoriebildung zu vernachlässigen, während Primarstufenlehrer eher eine nicht-traditionelle, antipositivistische Sichtweise zeigen (Pomeroy 1993), die möglicherweise auf radikal-relativistischen Missverständnissen einer konstruktivistischen Wissenschaftsphilosophie basieren.

Eine eingehende Untersuchung des Wissenschaftsverständnisses amerikanischer Siebtklässler (Junior High School Schüler) wurde von Carey u.a. (1989) mittels eines Interviews zum Wissenschaftsverständnis (Nature-of-Science-Interview) durchgeführt. Das Interview enthält Fragen zu den Zielen von Wissenschaft, der Art von Fragen, die Wissenschaftler bearbeiten, der Rolle von Ideen und Theorien bei der Planung von Experimenten, der Interpretation von Ergebnissen, und der Revision und Weiterentwicklung von Theorien.

Die Mehrheit der Siebtklässler in der Studie von Carey u.a. (1989) zeigte kein Verständnis des Theorie-Evidenz-Bezugs. Auch Schüler der elften Klasse (amerikanische High-School) antworteten nicht konsistent auf einem Niveau, das Verständnis von Wissenschaft als die Suche nach Erklärungen und wissenschaftliches Wissen als das Ergebnis der Prüfung von Theorien und Hypothesen anzeigt (Honda 1994). Ein Verständnis des zyklisch-kumulativen Charakters wissenschaftlicher Erkenntnis wird selbst von Erwachsenen mit naturwissenschaftlicher Ausbildung nur selten erreicht (Thoermer/Sodian, im Druck).

#### *1.4 Effekte von Unterricht*

Eine Reihe neuerer Grund- und Sekundarschulcurricula zu unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Inhaltsbereichen enthält wissenschaftstheoretische Komponenten, d.h., die explizite Reflexion über die Bildung, Prüfung und Revision von Theorien und Hypothesen und den Hypothese-Evidenz-Zusammenhang (Brown/Campione 1994; White/Frederiksen 1998). Förderliche Effekte solcher metakognitiver Komponenten auf das fachliche Lernen gerade schwächerer Schüler konnten nachgewiesen werden (White/Frederiksen 1998). Über die Behandlung der Natur naturwissenschaftlichen Wissens als Unterrichtsfach in unterschiedlichen Schulsystemen geben McComas/Olson (1998) einen Überblick.

Aufgrund einer Defizitanalyse herkömmlicher Nature-of-Science-Curricula entwickelten Carey u.a. (1989) eine siebenstündige Unterrichtseinheit zur Vermittlung wis-

wissenschaftsphilosophischer Grundbegriffe. Am Beispiel der Exploration der Frage, warum Brotteig aufgeht, wurden Siebtklässler in eine gesteuerte Reflexion der Bildung und Prüfung ihrer Theorien und Hypothesen involviert, wobei Wert auf die explizite Vermittlung von metatheoretischen Konzepten (Hypothese, Experiment, Theorie) gelegt wurde. Im Prä-Posttest-Vergleich wurden anhand des „Nature-of-Science-Interviews“ von Carey u.a. (1989) die Effekte des Curriculums auf den individuellen Fortschritt im Verständnis von Wissenschaft untersucht. Durchschnittlich konnte ein Fortschritt von einem Verständnis von Wissenschaft als reine Aktivität oder Faktensammlung hin zu einem rudimentären Verständnis von Wissenschaft als Erklärung erreicht werden.

Die Effekte *langfristigen* wissenschaftstheoretisch reflektierten Unterrichts dokumentiert eine Fallstudie von Smith u.a. (2000), die anhand eines Vergleichs zweier sechster Klassen die Effekte unterschiedlicher „Wissenschaftsphilosophien“ der Lehrerinnen auf das epistemologische Verständnis ihrer Schüler belegt. Die beiden hinsichtlich soziodemografischer Merkmale vergleichbaren Klassen wurden über einen Zeitraum von mehreren Jahren in Naturwissenschaften von Lehrerinnen unterrichtet, die unterschiedliche epistemologische Überzeugungen (explizit konstruktivistisch vs. eher traditionell induktivistisch) hatten und diese in ihrem unterrichtlichen Handeln auch umsetzten. Ein Vergleich der Schülerepistemologien (mit dem Nature-of-Science-Interview von Carey u.a. 1989) zeigte, dass die Schüler, die aus einer wissenschaftstheoretisch fundierten Perspektive unterrichtet wurden, mehrheitlich ein Verständnis von Wissenschaft als Suche nach Erklärungen entwickelt hatten, während die traditionell (eher induktivistisch) unterrichteten Schüler Wissenschaft primär als das Sammeln von Fakten verstanden. Dieser Befund weist auf die langfristige Bedeutung eines frühen wissenschaftstheoretisch fundierten Unterrichts über die Natur der Naturwissenschaften schon in der Grundschule hin.

### 1.5 Vermittlung von Wissenschaftsverständnis schon in der Grundschule?

Die bisher vorliegenden Interventionsstudien im Unterricht und in der Lehrerbildung beschränken sich auf die Sekundarstufen (Meyling 1997; Solomon 1991) und die dort unterrichtenden Lehrerinnen und Lehrer (Höttecke 2001). Für die Grundschule liegen keine entsprechenden Studien vor, was u.a. darauf zurückzuführen ist, dass in der traditionellen, an Piaget orientierten Entwicklungspsychologie Kindern im Grundschulalter die Fähigkeit zum naturwissenschaftlichen Denken im Sinne der systematischen Bildung, Prüfung und Revision von Theorien und Hypothesen abgesprochen wurde. Die Fähigkeit, hypothetisch (besser: theoretisch) zu denken, entwickle sich erst im Jugendalter, setze formale Operationen voraus und sei gekennzeichnet durch die inhaltsunabhängige Anwendung von formalen Standards wissenschaftlicher Rationalität. In der neueren Forschung wurde sowohl das Konzept der formalen Operationen kritisiert als auch die damit verbundene Vorstellung von bereichsunabhängig anwendbaren idealen Standards des wissenschaftlichen Denkens (Chinn/Brewer 1993; siehe auch Möller u.a., in diesem Band). Ferner wurde gezeigt, dass Kinder im Grundschulalter systemati-

sche Strategien der Hypothesenprüfung (Variablenisolation und -kontrolle) erlernen können (Case 1974; Chen/Klahr 1999) und dass ihr Verständnis der Merkmale eines „guten“ Experiments ihrer Fähigkeit, solche Experimente selbst zu produzieren, vorausläuft (Bullock/Ziegler 1999). In unterstützenden Aufgaben-Kontexten differenzieren ältere Grundschüler zwischen Hypothese und Evidenz und zeigen ein Grundverständnis der Logik der Hypothesenprüfung (Sodian/Zaitchik/Carey 1991; Schrempp/Sodian 1999). Ferner zeigen ältere Grundschüler rudimentäre Fähigkeiten zur Evaluation von Theorien und zur Einschätzung des Erklärungswerts konkurrierender Theorien (Samarapungavan 1992; Leach 1999). Diese Befunde deuten darauf hin, dass die begrifflichen Voraussetzungen für Grundzüge wissenschaftstheoretischer Reflexion bereits bei älteren Grundschulern vorhanden sind.

Daher versuchen wir im vorliegenden Projekt in einem ersten Schritt das intuitive Wissenschaftsverständnis von Schülern der dritten und vierten Jahrgangsstufe differenziert zu beschreiben und durch kurzfristige Interventionen mittels experimenteller Curricula zu prüfen, ob, und wenn ja, in welchem Ausmaß, die epistemologischen Präkonzepte durch die Anregung wissenschafts- bzw. erkenntnistheoretischer Reflexion beeinflussbar sind. Im zweiten Schritt prüfen wir, ob reflektiertes Wissenschaftsverständnis für den Erwerb inhaltlichen naturwissenschaftlichen Wissens förderlich ist (ob also eine Klasse, die ein wissenschaftstheoretisches Curriculum erhalten hat, einer Kontrollklasse im Erwerb inhaltlichen Wissens in einem physikalischen Themenbereich überlegen ist). Hier berührt unser Projekt die Fragestellungen des Projekts von Möller & Stern (Möller u.a., in diesem Band), die die Wirksamkeit eines moderat konstruktivistischen Unterrichts auf den konzeptuellen Wandel in der Physik bei Grundschulern der 3. und 4. Jahrgangsstufe belegt haben<sup>3</sup>. Da bedeutsame Beziehungen zwischen dem Wissenschaftsverständnis von Schülern und dem ihrer Lehrer gezeigt worden sind, untersuchen wir das Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrerinnen und -lehrern als bedeutendste Kontextbedingung für das Wissenschaftsverständnis der Schüler. Aufbauend auf der Deskription der Lehrerepistemologien ist eine Interventionsstudie im Rahmen der Lehrerfortbildung geplant. Außerdem werden als Kontextvariablen Schul- und Jugendsachbücher analysiert.

Im vorliegenden Artikel berichten wir über die erste Studie des Projekts, die der Beschreibung des Wissenschaftsverständnisses von Grundschulern der vierten Klassenstufe und der Prüfung der Effekte eines wissenschaftstheoretischen Curriculums diene.

3 Eine weitere Kooperationsbeziehung (nicht an das Grundschulalter gebunden) besteht zum Projekt von Reiss/Hellmich/Thomas (in diesem Band), in dem wissenschaftstheoretische Aspekte mathematischen Verständnisses untersucht werden.

## 2. Methode

### 2.1 Probanden

Es nahmen insgesamt 35 Schüler aus zwei vierten Klassen ( $M = 10,5$  Jahre) der selben Grundschule aus dem Würzburger Umland teil. Die Trainingsgruppe (TG) umfasste je 10 Jungen und 10 Mädchen, die Kontrollgruppe (KG) 11 Mädchen und 4 Jungen.

### 2.2 Design und Durchführung

Bei der berichteten Studie handelt es sich um eine Trainingsstudie im Prä-Posttest-design mit Kontrollgruppe. In beiden Gruppen wurden im Vor- und Nachtest ein Interview zum Wissenschaftsverständnis sowie eine Experimentieraufgabe durchgeführt (siehe auch 2.3 Instrumente). Zwischen den beiden Befragungen lagen  $2\frac{1}{2}$  Wochen Unterrichtszeit und 2 Wochen Ferien. Die Trainingsgruppe erhielt im Sachunterricht eine spezielle Unterrichtseinheit über Wissenschaftsverständnis (siehe hierzu Abschnitt 2.5, Abbildung 1), während die Kontrollgruppe in dieser Zeit von ihrem Klassenlehrer entsprechend dem Lehrplan dieser Jahrgangstufe unterrichtet wurde, d.h. ohne eine gezielte Thematisierung von Wissenschaftsverständnis. Die Vor- und Nacherhebung für jedes Kind einzeln in einem ruhigen Raum von einem erwachsenen Interviewer durchgeführt. Die Befragung dauerte pro Schüler etwa 30 Minuten. Sie wurde auf Tonband aufgezeichnet und anschließend transkribiert.

### 2.3 Instrumente

#### Das Nature-of-Science-Interview (NoS)

Das Nature of Science Interview (in Anlehnung an Carey u.a. 1989) erfragt Überzeugungen in Bezug auf Ziele und Fragen der Wissenschaften, sowie die Bedeutung zentraler Begriffe wie „Experiment“, „Hypothese“ und „Theorie“ und deren Funktion im wissenschaftlichen Forschungsprozess. Im Fokus der hier referierten Studie stehen jedoch die Interviewteile zu Schülervorstellungen über Ziele und Fragen der Wissenschaft und der Wissenschaftler und die Relationen zwischen den oben aufgeführten relevanten Begriffen. (Das vollständige Interview kann von den Autoren angefordert werden.) Das Transkript des Interviews wurde anschließend von zwei unabhängigen Kodierern ausgewertet (siehe Abschnitt „Kodiersystem Nature-of-Science-Interview“, S. 198).

#### Die Experimentieraufgabe

Bei der verwendeten Experimentieraufgabe handelt es sich um die so genannte „Flugzeugaufgabe“ nach Bullock/Ziegler (1999). Die Flugzeugaufgabe erfasst das Verständnis der Logik des kontrollierten Experiments an einem konstruierten Beispiel. Die Aufgabe ist eingebettet in einen Geschichtenkontext: Ein Ingenieur soll möglichst sparsame

Flugzeuge konstruieren und kann hierzu drei Variablen (Form der Flugzeugnase, Flügel, Position des Höhenruders) mit je zwei Ausprägungen (Nase spitz vs. rund, einfache Flügel vs. Doppeldeckerflügel, hohe vs. tiefe Position des Höhenruders) variieren. Die Probanden wurden aufgefordert, eine Methode zur Prüfung der Effekte einer vorgegebenen Variable (Position des Höhenruders) auf den Treibstoffverbrauch vorzuschlagen. Zunächst wurden die spontanen Vorschläge erhoben, dann zwei Aufgaben mit unterstützenden Hinweisen vorgelegt: In der „Folien“-Aufgabe konnten die Kinder durch Kombination von Flugzeugteilen zur Prüfung der vorgegebenen Fragestellung geeignete Flugzeuge bauen. In der Wahlaufgabe (Choice) wurde eine Serie von acht Flugzeugen vorgelegt und gefragt, welche der Ingenieur bauen sollte, um den Einfluss der Höhenruderposition auf den Treibstoffverbrauch zu prüfen.

## 2.4 Auswertung

### Kodiersystem Nature-of-Science-Interview

Die Interviewtranskripte wurden von zwei unabhängigen Kodierern qualitativ ausgewertet. Es wurde zunächst jede Frage isoliert betrachtet, anschließend Scores für Themenkomplexe durch Zusammenziehen der Einzelfragen gebildet. Das Kodiersystem wurde in Anlehnung an die von von Carey u.a. (1989) und Smith u.a. (2000) theoriegeleitet erstellten Systeme an die jüngere Stichprobe angepasst. Es unterscheidet zwischen folgenden Ebenen von Wissenschaftsverständnis: Auf Ebene (1a) lassen die Antworten der Personen keine klare Trennung zwischen Realität und Repräsentation (also Welt und Wissen) erkennen, entsprechend wird Wissenschaft rein aktional bzw. als Produktion positiver Effekte gesehen. Auf der nächsten Ebene (1b) wird eine Trennung zwischen Welt und Wissen erkennbar: Wir wissen noch nicht genug über die Welt. Im Wesentlichen besteht wissenschaftliches Arbeiten im Sammeln direkt zugänglicher Fakten; wissenschaftliches Arbeiten zeichnet sich in erster Linie durch die Verwendung hoch entwickelter, exakter Messgeräte aus. Ab der Ebene 1.5 beginnen die Personen zumindest implizit zu erkennen, dass Wissenschaften das Ziel haben, durch die Suche nach Zusammenhängen beobachtbare Phänomene zu erklären. Wissenschaft wird als Prozess der aktiven Konstruktion von Wissen und nicht mehr als reine Informationsaufnahme verstanden. Auf Ebene (2) beginnen Probanden explizit, Wissenschaft als Suche nach Erklärungen zu verstehen und erkennen die Bedeutung der Überprüfbarkeit wissenschaftlicher Annahmen. Auf Ebene (3) schließlich wird zusätzlich noch der zyklisch-kumulative Charakter wissenschaftlichen Erkenntnisfortschritts erkannt. Aufgrund der geringen Auftretenshäufigkeit wurde in der vorliegenden Stichprobe nicht weiter differenziert, inwieweit die sehr jungen Kinder die Aspekte entsprechend den Levels 2 und 3 explizit ausführten, sondern als „Level 1.5 und höher“ zusammengefasst. Antwortete ein Proband auf eine Frage, sodass die Antworten mehrere Kodierungen zuließen, wurde das höchste erreichte Niveau gewertet<sup>4</sup>.

4 Materialien und Kodiersysteme können von den Autoren angefordert werden.

### Das Kodiersystem für die Experimentieraufgabe

Das verwendete Kodiersystem folgt der von Bullock/Ziegler (1997) entwickelten Version. Dabei wird zwischen spontaner Antwort, Folientest, und Choice-Test unterschieden. Es wird zwischen vier Stufen differenziert: keine oder nicht kodierbare Antwort; konfundiertes Experiment (alle Dimensionen variiert, ohne die fokale zu beachten); kontrastiver Test (Fokus auf die entscheidende Dimension, die weiteren werden nicht beachtet); kontrollierter Test (Fokus auf die entscheidende Dimension, weitere werden konstant gehalten).

### 2.5 Trainingsintervention: Die Unterrichtseinheit


Für die Intervention wurde die Unterrichtseinheit „Warum geht der Brotteig auf? – Wir arbeiten wie Wissenschaftler“ für die 4. Jahrgangsstufe entwickelt (s. Abb. 1), bestehend aus fünf (z.T. Doppel-)Stunden; die Unterrichtseinheit orientierte sich an dem von Carey u.a. 1989) entwickelten „Hefe-Curriculum“. Am Beispiel der Frage „Warum geht der Brotteig auf?“ wurden wissenschaftstheoretische Aspekte besonders thematisiert und vertieft: Es wurden Vermutungen über die Gründe für das Aufgehen des Brotteigs gesucht sowie Hypothesen über die Natur von Hefe (Chemikalie oder Lebewesen) aufgestellt, experimentell systematisch geprüft und aufgrund der gefundenen Ergebnisse wiederum weiterführende Hypothesen aufgestellt. Kurz: Die Kinder arbeiteten „wie Wissenschaftler“. Dabei wurde zum einen die Logik des Experimentierens, zum anderen auch der kumulativ-zyklische Charakter wissenschaftlichen Arbeitens verdeutlicht.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Nature of Science Interview (NoS)

Wir beschränken uns hier auf die Darstellung der Ergebnisse der Fragenkomplexe zu Gegenstand, Zielen und Fragen der Wissenschaft sowie Experimenten und Hypothesen. Es werden zunächst die Antworten der Kontroll- und Trainingsgruppe zu den Messzeitpunkten (Vor- und Nachtest) verglichen, im zweiten Schritt die Veränderungen innerhalb der Gruppen über die beiden Messzeitpunkte. Wie oben erwähnt, wurden die Interviews von zwei unabhängigen Kodierern ausgewertet; die Interrater-Reliabilität betrug übereinstimmend für beide Messzeitpunkte  $Kappa = .79$  und war damit sehr zufriedenstellend. Nicht-Übereinstimmungen wurden durch Diskussionen gelöst.

Im Vortest war der Großteil der Antworten bezüglich „Ziele und Fragen der Wissenschaft“ aus beiden Gruppen in Kategorie 1b (Wissenschaft als Faktensammlung) einzuordnen (TG: 60%, KG: 52%). Es zeigten sich keine Rangdifferenzen zwischen Kontroll- und Trainingsgruppe. Auch auf die Fragen zu Experimenten und Hypothesen antwortete über die Hälfte beider Gruppen auf Niveau 1a und 1b, wobei der Anteil von Antworten auf Niveau 1a bei der KG nicht-signifikant höher als bei der Trainingsgruppe war

Tag	Lernziele	Inhalte und Methode	Medien
1.Tag 60min	LZ: Kennen lernen der Fachbegriffe (siehe Wortkarten*)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Warum geht der Brotteig auf?</li> <li>- Finden der Grundzutaten</li> <li>- SDV (Schülerdemonstrationsversuch): Mischen der Zutaten und Beobachtung der Gasentwicklung</li> <li>- Reflexion</li> </ul>	roher und gebackener Brotteig Experimentiermaterialien (Zutaten: Mehl, Hefe, Salz, Zucker, Wasser) div. Wortkarten*
2.Tag 45min	LZ: Aufstellen einer sinnvollen Versuchsplanung (Variablenisolation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Welche der Grundzutaten sind tatsächlich notwendig, damit Gasblasen entstehen?</li> <li>- ggf. Durchführung eines konfundierten Experimentes- gemeinsames Erstellen des Versuchsplanes</li> <li>- Reflexion,</li> <li>- Transferbeispiel (AB)</li> </ul>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>Experimentiermaterialien AB (Arbeitsblatt)</p>
3.Tag 90min	1.LZ: Korrekte Umsetzung des Versuchsplanes in arbeitsteiliger Gruppenarbeit (GA) 2.LZ: Erkenntnis der Bedeutung von Hypothesen, Evidenzen und daraus resultierenden Schlussfolgerungen	<p>Schüler experimentieren in GA                  ➔ <i>Ohne Wasser und Hefe entstehen keine Gasbläschen im Brotteig.</i>                  Erweiterung der Experimentfolge durch neuen Versuchsplan und SDV                  ➔ <i>Hefe und Wasser bilden zusammen mit Mehl oder Zucker Gasblasen.</i>                  Reflexion</p>	<p>Versuchsplan 1 (AB) Experimentiermaterialien (s.o.)</p> <p>Versuchsplan 2 (AB) Experimentiermaterialien (s.o.)</p>
4.Tag 90min	1.LZ: Suche nach möglichen Erklärungen für beobachtetes Phänomen/ Definition von Lebewesen. 2.LZ: Angehendes Verständnis des Theorie-Begriffes 3.LZ: Einsicht, dass wissenschaftlicher Streit nicht immer sofort entschieden werden kann. 4.LZ: Angehendes Verständnis, dass Evidenzen zu verschiedenen Theorien passen können.	<p><i>Warum entstehen Gasblasen?</i>                  Zwei konkurrierende Theorien (Rollenspiel der Lehrerin als Wissenschaftlerin):                  1. Hefe ist <b>ein Lebewesen</b>. Sie produziert ein Gas als „Abfallprodukt“.                  ➔ DV: menschlicher Atem und „Hefegas“ trüben Kalkwasser (Nachweisreaktion für CO<sub>2</sub>)                  2. Hefe ist <b>kein Lebewesen</b>. Die Gasblasen entstehen durch eine chemische Reaktion.                  ➔ DV: Zutatengemisch mit Backpulver statt Hefe (als Chemikalie) lässt ebenfalls CO<sub>2</sub> entstehen.</p>	<p>Verschiedene Kleidung zur Darstellung verschiedener Wissenschaftlerinnen</p> <p>„Kalkwasser“ + bisherige Experimentiermaterialien</p> <p>Backpulver + bisherige Experimentiermaterialien</p>
5.Tag 60min	1.LZ: Erkenntnis der Vorläufigkeit von Theorien. 2.LZ: Erkennen der Bedeutung von Theorie und Experiment für die Arbeit des Wissenschaftlers.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- historisches Beispiel: <i>Ist die Erde eine Scheibe?</i></li> <li>- Vertiefung des „Hefeproblems“:</li> <li>- Welche entscheidenden Experimente könnten weiterhelfen?</li> <li>- Rückblick auf die Unterrichtseinheit: Nachdenken über Arbeitsweisen, Möglichkeiten und Grenzen der Wissenschaften und Wissenschaftler</li> </ul>	Bilder zur Visualisierung der damaligen Vorstellungen und heutige Aufnahmen von der Erde

\*Im Unterricht verwendete Wortkarten:  
 „Feststellung/ Beobachtung einer Tatsache“, „Frage“, „wissenschaftliche Vermutung (Hypothese)“, „wissenschaftlicher Versuch (Experiment)“, „Ergebnis“, „Schlussfolgerung“.

Abb. 1: Unterrichtseinheit: „Warum geht der Brotteig auf? Wir forschen wie Wissenschaftler“



(TG: 29%, KG: 42%). Im Nachtest antworten jedoch nur noch deutlich weniger Kinder der Trainingsgruppe (12,5%) auf diesem niedrigen Niveau als bei der Kontrollgruppe (43%; Mann-Whitney-U = 78.5;  $z = -2.24$ ,  $N = 33$ ,  $p = .057$ ).

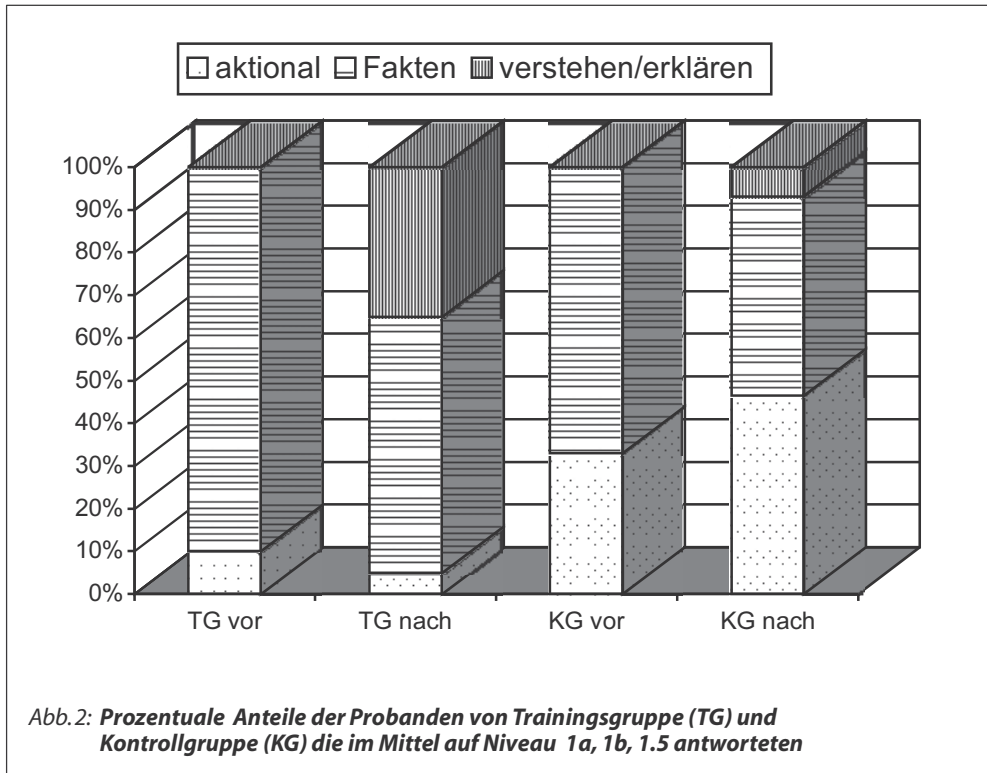


Abb. 2 zeigt den Anteil der Probanden (getrennt nach Gruppe und Messzeitpunkt), die im Mittel auf den verschiedenen Niveaus antworteten: Während die überwältigende Mehrheit beider Gruppen im Vortest auf Niveau 1b (Wissenschaft als Faktensammlung) antwortete, erreichte ein substantieller Anteil der Probanden der Trainingsgruppe, jedoch nicht der Kontrollgruppe, im Nachtest im Mittel Niveau 1.5 (TG:  $\chi^2(20, 2) = 9,81$ ,  $p = .007$ ; KG:  $\chi^2(15, 2) = 8,6$ , n.s.). Die Schüler der Trainingsgruppe zeigten also ein zumindest beginnendes Verständnis von Wissenschaft im Sinne einer Suche nach Erklärungen und Mechanismen. Analysiert man etwas feiner, nämlich getrennt nach „Zielen der Wissenschaft“, „Fragen der Wissenschaft“, „Experimenten in der Wissenschaft“ und „Hypothesen“, so zeigt sich im Vortest kein Unterschied, jedoch gibt es im Nachtest signifikante Unterschiede in Bezug auf „Ziele der Wissenschaft“ (Mann-Whitney  $N = 34$ ;  $p = .043$ ) und „Experimente“ (Mann-Whitney,  $N = 34$ ,  $p = .006$ ) dahingehend, dass die Trainingsgruppe im Nachtest auf höherem Niveau antwortet als die Kontrollgruppe.

Betrachtet man die Veränderungen innerhalb der Gruppen über die Messzeitpunkte, zeigt sich (siehe Abb. 2) dass in der Kontrollgruppe keine Verbesserung stattfand, wäh-

rend in der Trainingsgruppe im Nachtest weniger Schüler auf Niveau 1a und 1b, dafür deutlich mehr Schüler auf Niveau 1.5 antworteten. Auf der Ebene einzelner Fragen stellt sich heraus, dass vor allem die Fragen nach Experimenten und Hypothesen („Was ist ein Experiment? Machen Wissenschaftler Experimente? Wie kommt ein Wissenschaftler dazu, ein bestimmtes Experiment zu machen?“, „Was ist eine Hypothese?“, „Wie kommen Wissenschaftler zu ihren Vermutungen?“) von der Trainings-, jedoch nicht von der Kontrollgruppe im Nachtest bedeutend besser beantwortet wurden als im Vortest (TG: Wilcoxon-Test  $z = -2.35$ ,  $p = .019$ ; KG: Wilcoxon-Test  $z = -.82$ , n.s.), was auch vom Intragruppenvergleich über die Messzeitpunkte bestätigt wird (Wilcoxon-Test,  $n = 20$ ,  $z = -2.87$ ,  $p = .004$ ; McNemar-Test  $p = .004$ ). Wertet man hier jedoch wiederum getrennt nach dem Verständnis von Zielen, Fragen, Experimenten und Hypothesen aus, zeigt sich, dass dieser Effekt vorwiegend auf ein tieferes Verständnis von Experimenten im Sinne der gezielten Überprüfung von Hypothesen über Zusammenhänge zurückgeht (Wilcoxon-Test,  $n = 20$ ,  $z = -2.35$ ,  $p = .019$ ): Während im Vortest nur 25% der TG auf Niveau 1.5 antworteten, taten dies im Nachtest 70%, in der Kontrollgruppe veränderte sich der Anteil nur von 13% auf 20%.

### 3.2 Experimentieraufgabe

**Tab. 1: Prozentuale Anteile der Probanden, die bei den Unteraufgaben der Flugzeugaufgabe ein kontrastives oder kontrolliertes Experiment vorschlugen bzw. auswählten**

Gruppe (Vor-Nachtest)	Spontan	Folie	Wahl
TG vor	50%	40%	35%
KG vor	43%	35%	43%
TG nach	70%	50%	65%
KG nach	50%	22%	43%

Tabelle 1 zeigt die Anteile der beiden Gruppen getrennt nach Messzeitpunkt die spontan, bei der Folienaufgabe bzw. bei der Wahlaufgabe ein mindestens kontrastives Experiment vorschlugen oder auswählten. Während sich im Vortest für keine Aufgabe Gruppenunterschiede zeigten, produzierten im Nachtest deutlich mehr Kinder der Trainingsgruppe als der Kontrollgruppe in der Folienaufgabe ein kontrastives oder kontrolliertes Experiment (Mann-Whitney-U = 91.0,  $N = 34$ ,  $z = -1.94$ ,  $p = .053$ ). Jedoch war die Verbesserung innerhalb der Trainingsgruppe in dieser Aufgabe vom Vor- zum Nachtest nicht signifikant. Auch bei der Wahl-Aufgabe wählte die Trainingsgruppe im Nachtest beim Choice-Test deutlich mehr kontrastive oder kontrollierte Experimente als im Vortest (McNemar:  $N = 20$ ,  $df = 1$ ,  $p = .031$ ). Das Abschneiden der Kontrollgruppe veränderte sich hingegen in keinem Aufgabenteil signifikant.

### 3.3 Zusammenhänge zwischen Interview und Experimentieraufgabe

Es werden Rangkorrelationen (Spearman-Rho) für den mittleren Level im Interview und der Experimentieraufgabe (nur spontaner Test, Folien- und Wahlaufgabe) berichtet: Während im Vortest kein Zusammenhang besteht, zeigt sich für die Trainingsgruppe ein Zusammenhang ( $r_s = .49$ ,  $p = .029$ ) im Nachtest.

Aufgrund der Ergebnisse für die beiden Instrumente (NoS: Verbesserung des Verständnisses von Experimenten in der Wissenschaft; Experimentieraufgabe: Verbesserung in der Wahlaufgabe), erscheint es angebracht, diese beiden Aufgabenteile gesondert zu betrachten. Tatsächlich zeigt sich für die Trainingsgruppe sowohl im Vortest ( $r_s = .46$ ,  $p = .043$ ) wie auch im Nachtest ( $r_s = .41$ ,  $p = .074$ ) ein Zusammenhang zwischen dem Verständnis von Experimenten und der Wahlaufgabe. Tendenziell ging ein Verständnis des Experimentierens im Sinne des Testens von Hypothesen mit der Auswahl kontrastiver oder kontrollierter Tests einher, während ein Verständnis des Experiments im Sinne von „ausprobieren“ mit der Auswahl konfundierter Tests korrelierte.

## 4. Diskussion

Hauptziel der vorliegenden Studie war die Exploration des intuitiven Wissenschaftsverständnisses von Grundschulern der vierten Jahrgangsstufe sowie die Untersuchung von Effekten einer kurzfristigen curricularen Intervention. Ausgehend von den Befunden der Vorläuferstudie von Carey u.a. (1989) an Siebtklässlern erwarteten wir ein überwiegend aktionales Wissenschaftsverständnis (Ebene 1a) bei Viertklässlern (Verständnis von Wissenschaft im Sinne konkreter Aktivitäten, insbesondere der Produktion von Effekten). Die Befunde der vorliegenden Studie zeigen ein solches aktionales Wissenschaftsverständnis nur bei einer Minderheit von ca. 20% der Kinder. Die überwiegende Mehrheit der Grundschüler antwortete im Vortest auf Ebene 1b, d.h., sie verstanden Wissenschaft im Sinne des Sammelns von konkreter faktischer Information. Beide Ebenen (1a und 1b) sind durch das *Fehlen* eines auch nur rudimentären Verständnisses des Theorie-Evidenz-Zusammenhangs gekennzeichnet: Experimente werden als konkrete Aktivitäten ohne Bezug zu einer Theorie, Idee oder Vermutung verstanden, das Sammeln von faktischer Information erscheint ebenfalls als konkretes Ziel wissenschaftlicher Arbeit, das nicht in Bezug zur Erklärung von Phänomenen oder zur Prüfung von Hypothesen gebracht wird. Diese Interpretation der Defizite im Wissenschaftsverständnis der Grundschüler basiert nicht auf Missverständnissen der Interviewfragen oder einem hohen Anteil nicht kodierbarer bzw. fehlender Antworten; vielmehr ließ sich die weit überwiegende Mehrheit der Antworten reliabel Ebene 1b zuordnen.

Ebenso wie Carey u.a. (1989) bei Siebtklässlern erzielten auch wir – schon in der vierten Grundschulklasse – durch eine Unterrichtseinheit mit wissenschaftstheoretischen Aspekten einen im Prä-Posttestvergleich nachweisbaren Trainingseffekt, der sich gegen einen Testwiederholungseffekt absichern ließ. Der Anteil der Probanden der Trainingsklasse, die zumindest implizit ein Verständnis des *Testens* von Theorien und Hypo-

thesen erkennen ließen, und Wissenschaft im Sinne der Suche nach Erklärungen für Phänomene verstanden, stieg deutlich an: der Anteil von Niveau 1.5, stieg von ca 10% im Vortest auf 35–55% im Nachtest. Dabei zeigte sich ein besonders ausgeprägter Effekt des Unterrichts auf das Verständnis der Logik des Testens (weniger auf das Verständnis des Zusammenhangs zwischen Hypothesen und Experimenten). In der Kontrollklasse zeigte sich keine Veränderung gegenüber dem Ausgangsniveau. Der Trainingseffekt war nicht beschränkt auf das abstrakt-definitorische Verständnis der Logik der Hypothesenprüfung, sondern die Trainingsklasse verbesserte sich auch in der Wahl eines kontrollierten Experiments – in einer Aufgabe zum Verständnis des Experimentierens aus einer artifiziellen Domäne, die nicht Gegenstand des Unterrichts war. Wenn sich auch keine Effekte auf die Fähigkeit zur ungestützten (spontanen) Produktion eines kontrollierten Experiments zeigten, so spricht die Verbesserung der Trainingsklasse in der Wahlaufgabe doch für eine Generalisierung des *Verständnisses* des Hypothesentestens, das im aktiven Handeln (Durchführung geeigneter Tests) noch nicht voll umgesetzt werden kann. Für einen funktionalen Zusammenhang zwischen Wissenschaftsverständnis (mindestens Ebene 1.5) und Wahl eines geeigneten Experiments spricht auch die signifikante Korrelation zwischen Interviewscores und Abschneiden in der „Flugzeugaufgabe“ in der Trainingsgruppe im Nachtest. Insgesamt deuten die vorliegenden Befunde darauf hin, dass das Wissenschaftsverständnis von älteren Grundschulern durch kurzfristige curriculare Intervention beeinflussbar ist. Insbesondere scheint durch den Unterricht im Prozess der Konstruktion wissenschaftlichen Wissens ein rudimentäres Verständnis der Rolle empirischer Tests vermittelt werden zu können, das inhaltsunabhängig auf wissenschaftliche Problemstellungen angewandt wird. Der Befund, dass Grundschüler Experimentierstrategien (Variablenisolation und -kontrolle) lernen können, ist nicht neu; vielmehr haben seit Case (1975) mehrere experimentelle Strategietrainings stabile Effekte auf die Experimentierfähigkeiten von Grundschulern erbracht (Chen/Klahr 1999). Neu ist vielmehr, dass eine wissenschaftstheoretische Unterrichtseinheit, die kein spezifisches Strategietraining enthält, bereits im Grundschulalter inhaltsunabhängige Effekte auf das Verständnis des Experimentierens zeigt.

Wie erwartet, waren die Effekte unserer an fünf Tagen durchgeführten Unterrichtseinheit begrenzt. Nur etwa die Hälfte der Trainingsklasse profitierte von diesem Unterricht; dabei lag die Verbesserung bei durchschnittlich einem halben Niveau. Wenn das skizzierte Trainingsparadigma, wie im vorliegenden Projekt geplant, als Forschungsinstrument eingesetzt werden soll, dann sollte ein Trainingseffekt – im Sinne eines veränderten Wissenschaftsverständnisses – bei der Mehrheit (nicht lediglich der Hälfte) der unterrichteten Kinder angestrebt werden. Ferner sollte der Trainingseffekt nicht begrenzt bleiben auf den engeren Bereich der Logik der Hypothesenprüfung. Dies soll in Folgestudien durch die Vertiefung erkenntnistheoretischer Aspekte geschehen.

## Literatur

- Baumert, J. u.a. (2000): TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Leske & Budrich: Opladen.
- Brown, A.L./Campione, J.C. (1994): Guided discovery in a community of learners. In: McGilly, K. (Ed.) Classroom lessons: Integrating cognitive theory and educational practice. Cambridge, MA: MIT Press, S. 229–270.
- Bullock, M./Ziegler, A. (1999): Scientific reasoning: Developmental and individual differences. In: Weinert F.E./Schneider, W. (Eds.) Individual development from 3 to 12. Findings from the Munich Longitudinal Study. Cambridge: Cambridge University Press, S. 38–44.
- Carey, S. (1986): Cognitive Science and Science Education. In: American Psychologist, 41, S. 1123–1130.
- Carey, S./Evans, R./Honda, M./Jay, E./Unger, C. (1989): An experiment is when you try it and see if it works. A study of junior high school students' understanding of the construction of scientific knowledge. In: International Journal of Science Education, 11, S. 514–529.
- Carey, S./Smith, C. (1993): On understanding the nature of scientific knowledge. In: Educational Psychologist, 28, S. 235–251.
- Chi, M. T. H./Slotta, J. D./de Leeuw, N. (1994): From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. In: Learning and Instruction, 4, S. 27–43.
- Dewey, J. (1916/1964): Demokratie und Erziehung. Braunschweig.
- Driver, R. u.a. (1996): Young peoples images of science. Bristol: Open University Press.
- Case, R. (1974): Structures and strictures: Some functional limitations on the course of cognitive growth. In: Cognitive Psychology, 6, S. 544–573.
- Chen, Z./Klahr, D. (1999): All other things being equal: children's acquisition of the control of variables strategy. In: Child Development, 70, S. 1098–1120.
- Chi, M. T. H./Slotta, J. D./de Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. In: Learning and Instruction, 4, S. 27–43.
- Chinn, C.A./Brewer, W.F. (1993): The role of anomalous data in knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science instruction. In: Review of Educational Research, 63, S. 1–49.
- Duit, R. (2002): Alltagsvorstellungen und Physiklernen. In: Kircher, E./Schneider, W. B. (Hrsg.). Physikdidaktik in der Praxis. Heidelberg Berlin: Springer.
- Gallagher, J.J. (1991): Prospective and practising secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. In: Science Education, 75, S. 121–133.
- Höttecke, D. (2001). Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Berlin: Logos Verlag.
- Honda, M. (1994): Linguistic inquiry in the science classroom: It is science, but it's not like a science problem in a book. Cambridge, MA: MIT Working Papers in Linguistics.
- Kircher, E. (1993): Warum ist Physiklernen schwierig?. In: Schneider, W.B. (Hrsg.). Wege in der Physikdidaktik. Erlangen: Palm & Enke, S. 124–134.
- Kircher, E. (1995): Studien zur Physikdidaktik – Erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Grundlagen. Kiel: IPN.
- Leach, J. (1999): Students' understanding of the co-ordination of theory and evidence in science. In: International Journal of Science Education, 21, S. 789–806.
- Lederman, N.G. (1992): Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A Review of the Research. In: Journal of Research of Science Teaching, 29, H.4, S. 331–359.
- Litt, T. (1959): Naturwissenschaft und Menschenbildung. Heidelberg: Quelle & Meyer.
- Mc Comas, W.F. (Ed.) (1998): The Nature of Science in Science Education. Dordrecht: Kluwer.
- Mc Comas, W.F./Mc Clough, M./Almaroza, H. (1998): The role and character of the nature of science. In: Mc Comas, W.F. (Ed.) The Nature of Science in Science Education. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, S. 3–39.

- McComas, W.F./Olson, J.K. (1998): The nature of science in international science education standards documents. In: McComas, W.F. (Ed.). *The Nature of Science in Science Education*. Dordrecht: Kluwer, S. 41–52.
- Meyling, H. (1997): How to change students' conceptions of the epistemology of science. In: *Science & Education*, 6, S. 397–416.
- Pomeroy, D. (1993): Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparisons of the beliefs of scientists, secondary science teachers and elementary teachers. In: *Science Education*, 77 (3), S. 261–278.
- Ryan, A.G./Aikenhead, G.S. (1992): Students' preconceptions about the epistemology of science. In: *Science Education*, 76, S. 559–580.
- Samarapungavan, A. (1992): Children's judgments in theory choice tasks: Scientific rationality in childhood. In: *Cognition*, 45, S. 1–32.
- Schecker, H. (1985): *Das Schülervorverständnis zur Mechanik*. Dissertation, Universität Bremen.
- Schrempp, I./Sodian, B. (1999): Wissenschaftliches Denken im Grundschulalter. Die Fähigkeit zur Hypothesenprüfung und Evidenzevaluation im Kontext der Attribution von Leistungsergebnissen. In: *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 31, S. 67–77.
- Smith, C./Maclin, D./Houghton, C./Hennessey, M.G. (2000): Sixth grade students' epistemologies of science: the impact of school science experiences on epistemological development. In: *Cognition and Instruction*, 18, S. 349–422.
- Sodian, B./Zaitchik, D./Carey, S. (1991): Young children's differentiation of hypothetical beliefs from evidence. In: *Child Development*, 62, S. 753–766.
- Solomon, J. (1991): Teaching about the nature of science in the British National Curriculum. In: *Science Education* 75, H.1, S. 95–103.
- Thoermer, C./Sodian, B. (im Druck): Science undergraduates' and graduates' epistemologies of science: The notion of interpretive frameworks. In: *New Ideas in Psychology*.
- Vosniadou, S. (1994): Capturing and modelling the process of conceptual change. In: *Learning and Instruction*, 4, S. 45–69.
- White, B.Y./Frederiksen, J.R. (1998): Inquiry, modelling, and metacognition: Making science accessible to all students. In: *Cognition and Instruction*, 16, S. 3–118.

*Anschrift der Autoren:*

Prof. Dr. Beate Sodian, Lehrstuhl für Entwicklungs- und Pädagogische Psychologie, Ludwig-Maximilians-Universität München, Leopoldstr. 13, 80802 München.

Dipl.-Psych. Claudia Thoermer, Lehrstuhl für Entwicklungs- und Pädagogische Psychologie, Ludwig-Maximilians-Universität München, Leopoldstr. 13, 80802 München.

PD Dr. Ernst Kircher, Physikalisches Institut/Didaktik der Physik, Universität Würzburg, Am Hubland, 97074 Würzburg.

Lin. Patricia Grygier, Physikalisches Institut/Didaktik der Physik, Universität Würzburg, Am Hubland, 97074 Würzburg.

Dipl.-Phys. Johannes Günther, Physikalisches Institut/Didaktik der Physik, Universität Würzburg, Am Hubland, 97074 Würzburg.