

EVA HERAN-DÖRR, HARTMUT WIESNER, JOACHIM KAHLERT

**Schülerorientierung oder Orientierung an Schülervorstellungen?**

Wie Lehrkräfte vor und nach einer internetunterstützten Fortbildungsmaßnahme über physikbezogenen Sachunterricht denken

**General student orientation or orientation on student's conceptions?**

How elementary teachers think about primary-science-teaching before and after an internet-supported in-service training

**Zusammenfassung**

Zur Förderung der physikdidaktischen Kompetenzen von Sachunterrichtslehrkräften wurde eine Fortbildungsmaßnahme entwickelt und hinsichtlich ihrer Auswirkungen untersucht. Ziele der Maßnahme waren die Vertiefung des inhaltspezifischen physikalischen Konzeptwissens, die Erweiterung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens sowie die Veränderung selbstbezogener Kognition in Bezug auf das Unterrichten physikbezogener Inhalte. Das Fortbildungskonzept umfasste vier ganztägige fachdidaktische Fortbildungsveranstaltungen, die Arbeit mit der Website SUPRA ([www.lmu.de/supra](http://www.lmu.de/supra)) sowie die Arbeit mit einem Lernpartner. Zur Erfassung der Wirksamkeit der Maßnahme wurden Fragebogen- und Interviewdaten ausgewertet. Untersucht wurde unter anderem, inwieweit sich in den handlungsleitenden Kognitionen der Lehrkräfte Veränderungen und Ausdifferenzierungen im Sinne der genannten Fortbildungsziele zeigen. Insgesamt lassen sich positive Effekte auf das Kompetenzerleben in Bezug auf das Unterrichten physikbezogener Inhalte und eine Vertiefung und Ausdifferenzierung eines an Konzeptwechseltheorien orientierten Lehr-Lernverständnisses feststellen.

Schlüsselwörter: internetunterstützte Lehrerfortbildung, naturwissenschaftlicher Sachunterricht, Lehrervorstellungen, Konzeptwechseltheorie

**Abstract**

An in-service teacher training was designed to improve teachers' competencies in primary science teaching. The objectives of the training were to deepen the physical content knowledge, to widen the pedagogical content knowledge and to change the content specific self-efficacy concerning the teaching of primary sciences. The design of the training contained four full-time training days, exercising tasks with a domain specific website containing primary science lessons and the cooperation with a learning partner. Questionnaires and interviews were used for the evaluation, the data were analysed qualitatively and quantitatively. The impacts of the training in terms of the indicated objectives were examined. The following positive effects have resulted: the teachers estimate their competencies for teaching primary physics higher and their pedagogical content knowledge was improved.

Keywords: internet-supported in-service training, primary science teaching, teacher beliefs, conceptual change theory

**1 Problemstellung**

Die lernförderliche Gestaltung von physikbezogenem Sachunterricht erfordert von Sachunterrichtslehrkräften inhaltspezifisches Sachwissen, fachdidaktische Kompetenzen sowie Interesse und Zuversicht, entsprechende Inhalte kompetent umsetzen zu können. Nationale und internationale Befunde verweisen allerdings darauf,

dass Grundschullehrkräfte als ‚Generalisten‘ zunächst nur selten über die erforderlichen domänenspezifischen Kompetenzen und Handlungsdispositionen verfügen (z.B. Appleton 2003; Harlen & Holroyd 1997; Möller 2004). Beklagt werden neben mangelndem fachlichem Hintergrundwissen und geringem Selbstvertrauen der Lehrkräfte unter anderem auch unzutreffende Vor-

stellungen über die Natur der Naturwissenschaften (Craven 2002, Günther 2006) sowie geringes fachspezifisch-pädagogisches Wissen (z.B. Appleton 2002, 2003; Möller u.a. 2004a und b). Zwischen dem Anspruch einer hoffnungsvoll formulierten Zielvorstellung – der Grundlegung naturwissenschaftlichen Verständnisses im Grundschulalter – und der schulischen Wirklichkeit besteht demnach unter anderem in Bezug auf die Kompetenzen von Sachunterrichtslehrkräften eine Diskrepanz. Zur Verringerung dieser Diskrepanz wurde eine internetunterstützte Lehrerfortbildungsmaßnahme entwickelt, die sich zum Ziel setzte, zur Vertiefung des domänenspezifischen Wissens und zur Erweiterung physikdidaktischer Kompetenzen bei Sachunterrichtslehrkräften beizutragen. Die begleitende Studie untersuchte, wie die Lehrkräfte die Maßnahme beurteilen und inwieweit sich mit Hilfe der Fortbildung Vorstellungen von Lehrkräften über das Lernen und Lehren im physikbezogenen Sachunterricht verändern lassen.

## 2 Theoretischer Rahmen

### 2.1 Sachunterrichts- und physikdidaktische Einordnung

Neben einer bildungstheoretischen Anbindung an die Ziele und Inhalte des Sachunterrichts (vgl. GDSU 2002) wird die Maßnahme lehr-lernpsychologisch unter Bezugnahme auf die Conceptual-Change Forschung eingeordnet. Daraus resultiert eine inhaltliche Schwerpunktsetzung, die sich in einem der Ziele der Fortbildungsmaßnahme abbildet: So soll Sachunterrichtslehrkräften unter anderem die hohe Bedeutung einer Orientierung an Schülervorstellungen für das Lernen physikalischer Inhalte vermittelt werden. Ausgehend von kognitionspsychologischen Forschungsergebnissen zu Schülervorstellungen sind darüber hinaus instruktionspsychologische und didaktische Überlegungen anzustellen. Konkret erfordert dies für die Planung und Gestaltung von physikbezogenem Sachunterricht, dass dieser adäquat auf bestehende oder ad hoc entstehende Schülervorstellungen Bezug nehmen sollte. Eine sach- und personenadäquate

Orientierung an Schülervorstellungen gilt damit als wesentliches Prinzip für die Planung und Gestaltung von physikbezogenem Sachunterricht. Da Lernschwierigkeiten allerdings auch erst durch die explizite Thematisierung plausibler Alltagsvorstellungen entstehen können, wird hier die Auffassung vertreten, dass es für das Lernen mancher physikalischer Inhalte adäquat sein kann, Alltagsvorstellungen von Schülerinnen und Schülern – gerade im Grundschulalter – nicht ausdrücklich zu aktivieren, sondern sie durch den Einsatz gezielter inhaltspezifischer und versuchsgestützter Argumentationen zu ‚umgehen‘ (vgl. Wiesner & Wodzinski 1996). Über die Empfehlung allgemeiner didaktischer Empfehlungen hinaus (z.B. die ‚Herstellung eines kognitiven Konflikts‘) wird somit schwerpunktmäßig auf die gezielte Entwicklung themenspezifischer fachdidaktischer Hilfen gesetzt. Für die Mehrheit der Grundschullehrkräfte, die physikbezogene Inhalte ohne einen umfassenden fachphysikalischen Hintergrund unterrichten, dürften fachdidaktische reflektierte und möglichst konkrete Anregungen zur Unterrichtsgestaltung und zur themenbezogenen Argumentationslinie außerdem wichtige Hilfen für eine sachlich und fachdidaktisch solide unterrichtliche Bearbeitung darstellen.

### 2.2 Aufbau und Vertiefung fachdidaktischer Lehrerkompetenzen

Folgt man aktuellen Konzeptualisierungen von Lehrerkompetenzen, resultieren diese aus einem komplexen Zusammenspiel von kognitiven und metakognitiven Kompetenzen, von Überzeugungen, Werthaltungen, motivationalen Orientierungen und selbstregulativen Fähigkeiten (vgl. hierzu z.B. Krauss u.a. 2004). Eine Maßnahme zur Förderung von Lehrerkompetenzen sollte daher auch an den verschiedenen aufgeführten Bereichen ansetzen. Es wird hier davon ausgegangen, dass unterrichtliche Handlungskompetenzen von Sachunterrichtslehrkräften im physikbezogenen Sachunterricht aufgebaut und verbessert werden können, indem

- das inhaltspezifische Wissen der Lehrkräfte (zum Beispiel deren konzeptuelles Verständnis vom Stromkreis) vertieft wird,
- das fachspezifisch-pädagogische (fachdidaktische) Wissen der Lehrkräfte (zum Beispiel deren Wissen um Schülervorstellungen und um inhaltspezifische Argumentationshilfen) erweitert wird und
- Meinungen, Einstellungen und Haltungen der Lehrkräfte zu physikbezogenen Inhalten, Fragestellungen und Methoden verändert werden.

Die entsprechenden komplexen mentalen Strukturen der Lehrkräfte können auch als handlungsleitende Lehrerkognitionen verstanden werden (siehe Abb. 1). Diese Konzeptualisierung von Lehrerkognitionen im Sinne von subjektiven Theorien und Skripts (vgl. Blömeke u.a. 2003; Müller 2004), die neben Wissenskomponenten auch Haltungen, Meinungen und Einstellungen beinhaltet und daher neben vornehmlich kognitiven Anteilen auch sozial-emotionale Aspekte berücksichtigt, erscheint als theoretische Grundlage einer Lehrerfortbildung, die letztlich auf Verhaltensänderung in der Unterrichtsplanung und -gestaltung abzielt, plausibel. Allerdings sind darüber hinaus die Einnahme einer fachdidaktischen Perspektive und damit eine domänenspezifische Präzisierung erforderlich. Die hier vorgenommene Erweiterung und Präzisierung auf domänenspezifische subjektive Theorien beinhaltet damit auch komplexe Kognitionen im Sinne konzeptueller Schemata sowie Aspekte des fachspezifisch-pädagogischen Wissens sensu Bromme (1992). Dieses lässt sich damit als mehr oder weniger zutreffende, fachspezifische Grundlage gegenstandsbezogener Kognitionen (subjektive Theorien) und ereignis- und situationsbezogener Kognitionen im Sinne von Ereignisschemata (Skripts)

fassen. Fachspezifisch-pädagogisches Wissen (fachdidaktisches Wissen) beinhaltet dann neben grundlegenden domänenspezifischen Überzeugungssystemen und dem entsprechenden Wissen (zum Beispiel einem zutreffenden Konzeptverständnis) auch prozedurale Wissensaspekte (zum Beispiel Wissen und Können zu geeigneten Versuchsanordnungen und Argumentationsmustern) und mehr oder weniger prozeduralisierte und routinisierte Ereignisschemata (zum Beispiel das Umsetzen-Können von – didaktisch sinnvollen – Abläufen, sowohl in Unterrichtsabläufen wie auch in Argumentationssituationen). Skripts werden hier als didaktische Routinen verstanden, die situations-, ereignis- und domänenspezifisch abgerufen werden und als gedankliche Abläufe prinzipiell bewusstseinszugänglich<sup>1</sup> und veränderbar bleiben. Konzepte werden in diesem Modell als inhaltspezifische Bestandteile domänenspezifischer subjektiver Theorien betrachtet, die im Zusammenspiel mit konzeptuellem Wissen über naturwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen ebenfalls einen Teil des fachspezifisch-pädagogischen Wissens repräsentieren. Zusammenfassend kann „die Aktualisierung subjektiver Theorien im Verlauf von Handlungsprozessen“ (Müller 2004, 36) mit dem Begriff der handlungsleitenden Kognitionen gefasst und damit als eine ‚Brücke‘ zwischen Wissen und Handeln verstanden werden.

Die mit Hilfe dieses heuristischen Modells (Abb. 1) näher beschriebenen handlungsleitenden Kognitionen beeinflussen das personenspezifische Handeln in der Unterrichtssituation. Dieses wiederum wirkt zurück auf bestehende Kognitionen, so dass grundsätzlich von einem dynamischen Wechselwirkungsprozess zwischen Kognition und Handeln ausgegangen wird. Allerdings zeigen

<sup>1</sup> Nach Anderson kommen Skripts „beim logischen Nachdenken über prototypische Situationen“ (Anderson 1996, 160) zum Einsatz und können somit – entgegen anderer Konzeptualisierungen – als grundsätzlich bewusstseinsfähig angenommen werden.

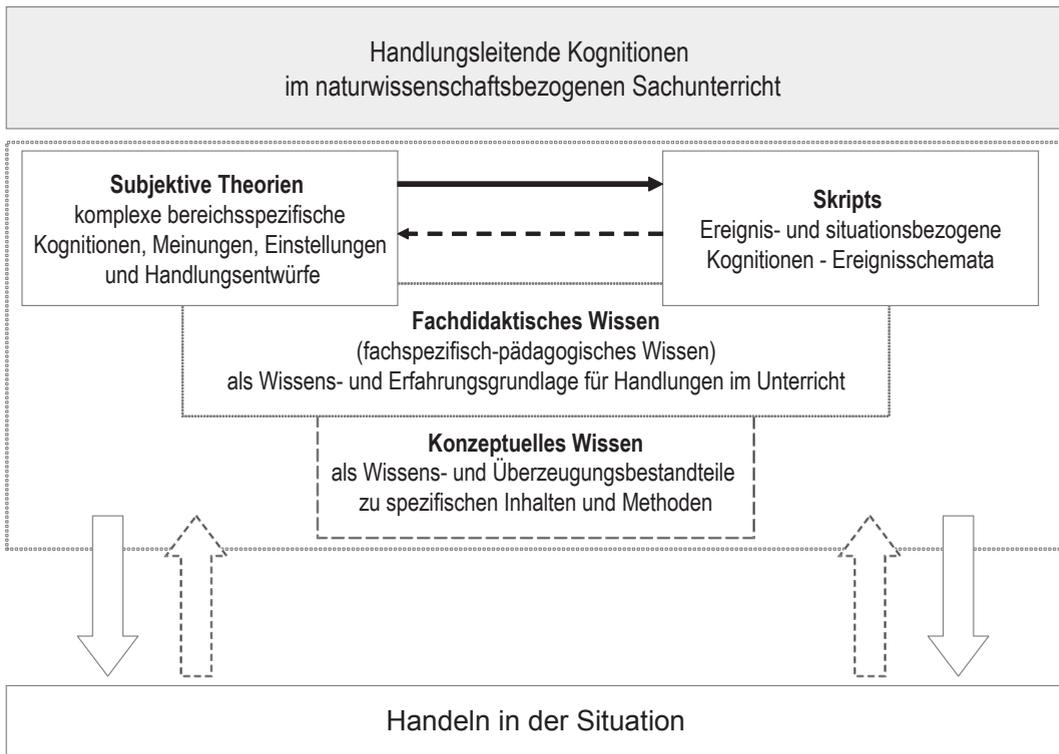


Abb. 1: Handlungsleitende Kognitionen im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht

sich sowohl bestehende subjektive Theorien, als auch bestehende oder in der Situation entstehende Konzepte mitunter als (außerordentlich) stabil und veränderungsresistent. Für intendierte Lernprozesse in einer Lehrerfortbildung ist demnach danach zu fragen, wie Veränderungs-, Erweiterungs- und/oder Ausdifferenzierungsprozesse beschrieben und – vor allem – ermöglicht werden.

### 2.3 Lernen in einer Lehrerfortbildung

Das vorliegende Modell geht von einer Parallelität zwischen dem Konstrukt subjektive Theorien und dem Konzeptwechsel-Paradigma aus. Lernen wird in beiden Theoriesträngen jeweils als Erweiterung und Ausdifferenzierung oder als Neuinterpretation und Wechsel von Sichtweisen interpretiert. Die Veränderung subjektiver Theorien im Sinne einer Neu- und Umkonstruktion von komplexen kognitiven Strukturen lässt sich somit ebenso wie die Veränderung oder Weiterentwicklung

von Konzepten als Lernprozess verstehen. Für den lerntheoretischen Bereich (ohne explizite Bezugnahme auf Lehrerfortbildung) macht Müller (2004) einen plausiblen Integrationsvorschlag: „Da für die Veränderung wissenschaftlicher Theorien in der Wissenschaftstheorie bereits Modelle beschrieben und diskutiert worden sind, lassen sich diese auf Grund der angenommenen Struktur- und Funktionsparallelität zumindest heuristisch auf die Veränderung subjektiver Theorien übertragen. Schlee (1998) unterscheidet hier zwischen einem kumulativen Modell der Veränderung (fortschreitende Erweiterung und Differenzierung des Wissens), einem revolutionären Modell (neue Sichtweisen und Neuinterpretation; Paradigmenwechsel im Sinne Kuhns 1967, 1970) und einem evolutionären Modell (Entwicklung unterschiedlicher Teiltheorien auf der Basis derselben Kernannahmen, von denen sich die Erklärungsstärke durchsetzt). Bezogen auf die subjektiven

Theorien führt also die kumulative Veränderung zum Erwerb neuen Wissens, die evolutionäre Veränderung zu einem Wandel von Sichtweisen und Einstellungen und die revolutionäre Veränderung zu tief greifenden Persönlichkeitsveränderungen, wie sie nach Therapien oder Brüchen in den persönlichen Lebensverhältnissen zu erwarten sind. Eine Strukturparallelität der hier beschriebenen Vorstellungen mit kognitivistischen und konstruktivistischen Vorstellungen vom Lernen ist unschwer zu erkennen: Während die kumulative Veränderung den ‚traditionellen‘ kognitivistischen Vorstellungen vom Lernen entspricht, findet sich in der Beschreibung der evolutionären und der revolutionären Veränderung eine deutliche Analogie zu den konstruktivistischen Vorstellungen von ‚Conceptual Growth‘ und ‚Conceptual Change‘, besonders deutlich zum Modell des Konzeptwechsels von Posner et al. (1982): Allerdings wird hier mit dem Hinweis auf mögliche Persönlichkeitsveränderungen deutlicher auf affektive und soziale Komponenten hingewiesen als im Konzeptwechselmodell“ (Müller 2004, 25). Ein intendierter Lernprozess von Lehrkräften könnte demgemäß durch die Veränderung von inhaltsbezogenen Konzepten, von fachspezifisch-pädagogischem Wissen und einer Veränderung von Meinungen, Einstellungen und selbstbezogenen Kognitionen handlungsleitende Kognitionen von Lehrkräften und damit letztlich das Handeln von Sachunterrichtslehrkräften im physikbezogenen Sachunterricht (positiv) beeinflussen.

#### 2.4 Bisherige Forschungsergebnisse

Die Veränderung handlungsleitender Kognitionen und damit in Zusammenhang stehender Verhaltensweisen gilt als schwieriges Unterfangen. Demnach sind für die Gestaltung einer Lehrerfortbildung mit den angesprochenen Zielen umfassende didaktische und methodische Überlegungen anzustellen. Allerdings liegen bisher kaum theoretisch fundierte, erwachsenendidaktische Konzepte für Entwicklung, Gestaltung und Evaluation von Lehrerfortbildungen mit fachdidaktischem

Schwerpunkt vor. Zwar berichtet beispielsweise Wahl (2002a) von erfreulich hohen Veränderungen des beobachtbaren Verhaltens nach mehrphasigen beziehungsweise mehrschrittigen Trainings in der Erwachsenenbildung, doch gibt es bisher nur wenige Studien, die Veränderungen im Bereich der subjektiven *didaktischen* Theorien dokumentieren können. Die bisherigen Interventionsstudien beziehen sich hauptsächlich auf Veränderungsbemühungen von allgemein pädagogisch-psychologischen subjektiven Theorien und Verhaltensweisen. So werden beispielsweise für das Konstanzer Trainingsmodell (Tennstädt & Dann 1987), ein Trainingsprogramm für Lehrkräfte zur Störungsreduktion und Gewaltprävention, klare Interventionserfolge berichtet. In einer Trainingsstudie von Haag & Mischo (2003) kommen die Autoren zu positiven Effekten bei der Implementierung von Gruppenunterricht im eigenen Unterricht. Als bedeutsam erachten die Autoren eine Auseinandersetzung mit den subjektiven Theorien anderer Lehrkräfte. Inckemann (2004) weist in ihrer Studie nach, dass die subjektiven Theorien von Lehrkräften zum Phänomen Lese-Rechtschreib-Schwäche durch eine Fortbildungsmaßnahme ‚ergänzt‘ werden konnten. Patry & Gastager (2002) kommen im Zusammenhang mit einer fortbildungsbegleitenden Studie von ‚traditionellen‘ und ‚konstruktivistischen‘ didaktischen Ansätzen in den subjektiven Theorien von 18 Mathematiklehrern zu dem Ergebnis, dass die Lehrerinnen und Lehrer das neue ‚konstruktivistische‘ Paradigma aufgenommen haben, ohne das ‚traditionelle‘ zu eliminieren, dass diese beiden Paradigmen in der subjektiven Theorie einer Lehrkraft nebeneinander und relativ unabhängig voneinander existieren können (Paradigmenkoexistenz beziehungsweise Paradigmenvielfalt) und dass unterschiedliche Theorien sich situationsspezifisch in unterschiedlichen Verhaltensweisen offenbaren (Situationsspezifität der subjektiven Theorien). Möller u.a. (2006) berichten nach Lehrerfortbildungen zum naturwissenschaftlichen Sachunterricht von Fortbildungseffekten auf der Ebene der

Lehrkräfte sowie auf Schülerebene. So entwickelten diejenigen Lehrkräfte, die an den Fortbildungsmaßnahmen teilgenommen hatten in stärkerem Maße Vorstellungen vom Lernen und Lehren in den Naturwissenschaften im Sinne des Konzeptwechselfaradigmas. Die Autoren berichten außerdem von einer signifikanten Steigerung des Interesses am Unterrichten von physikbezogenem Sachunterricht, den auf diesen Unterricht bezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen der Lehrkräfte sowie deren Fähigkeitsselbstkonzept in Bezug auf Physik. Auf Schülerebene zeigte sich ein höherer Lernzuwachs bei denjenigen Schülern, die von fortgebildeten Lehrkräften unterrichtet worden waren. Bezüglich der Gestaltung der Lehrerfortbildungen bezieht sich die Münsteraner Gruppe auf den Cognitive-Apprenticeship-Ansatz (Collins u.a. 1989) und betont in diesem Zusammenhang die Bedeutung der tutoriellen Unterstützung und des ‚fading‘ im Sinne eines zunehmenden Zurücknehmens der Unterstützung (Möller u.a. 2004b).

### 2.5 Konzeption der Fortbildungsmaßnahme

Die hier beschriebene Fortbildung erstreckte sich über einen Zeitraum von insgesamt fünf Monaten und beinhaltete neben vier ganztägigen Präsenzveranstaltungen an der Universität die kontinuierliche und von gezielten Arbeitsaufträgen begleitete Arbeit mit einer Internetplattform [www.lmu.de/supra](http://www.lmu.de/supra) und mit einem ständigen Lernpartner (vgl. Heran-Dörr 2006). Gemäß der theoretischen Anbindung wurde mit dieser Gestaltung der Fortbildung schwerpunktmäßig auf das Konzept zur Modifikation subjektiver Theorien durch Tele-Learning von Wahl (2002a) Bezug genommen. Im Sinne eines Blended-Learning-Konzeptes (vgl. z.B. Mandl & Kopp 2006) wird dabei eine didaktisch sinnvolle Verbindung zwischen dem Berufsalltag, dem Lernen an Präsenztagen sowie der Nutzung des Online-Angebotes angestrebt (vgl. Abb. 2).

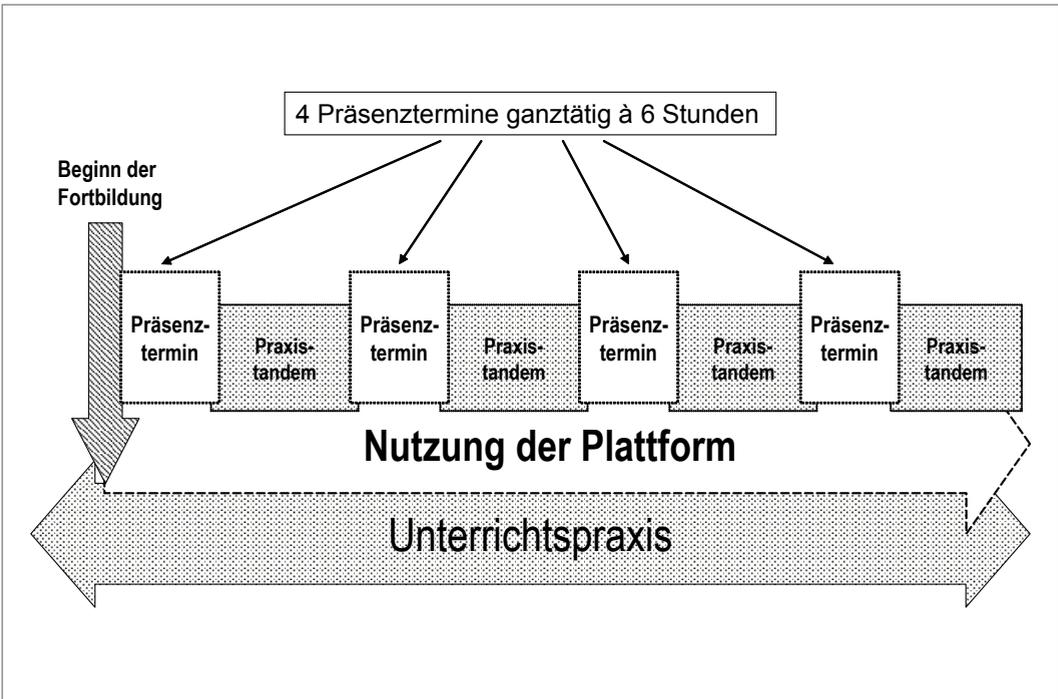


Abb. 2: Konzeption der Fortbildungsmaßnahme

Das in der Abbildung veranschaulichte Konzept entspricht Vorschlägen Wahls, Fortbildungen in Form eines so genannten ‚großen Sandwichs‘ zu organisieren. Dies ist als Metapher für die Rahmenstruktur zu verstehen, wonach die Arbeit in den Präsenzphasen, die Arbeit in der Lernpartnerschaft (‚Praxisstandem‘), das Selbststudium und die Arbeit mit der Website einander abwechseln und somit – wie bei einem Sandwich – zwischen Lernprozessen an den Präsenztagen so genannte ‚Transferphasen‘ eingeschoben werden. Wesentlich für die Gestaltung von Fortbildungsmaßnahmen, die unter Bezugnahme auf das Forschungsprogramm subjektive Theorien konzipiert werden, ist es vor allem „reflexiv an(zu)setzen, indem man die planungssteuernden subjektiven Theorien bewusst und damit bearbeitbar macht.“ (Wahl, 2002b, 234). Wahl beschreibt dazu die folgenden *drei Veränderungsschritte* zur Modifikation „kognitiv-emotional-physiologischer Handlungsstrukturen“ (Wahl 2002a, 16): In einem *ersten Veränderungsschritt* sollen die Handlungsstrukturen einer bewussten Bearbeitung zugänglich gemacht werden. Dazu müssen die Lernenden zunächst in ihrem Handeln ‚innehalten‘ und sich mit ihren Gedanken, Gefühlen und Routinen beim Handeln auseinander setzen. Dies kann durch Perspektivenwechsel, die Verbalisierung des eigenen Handelns und/oder die Reflexion selbst angewendeter Lehrpraktiken und Interaktionsformen geschehen. Das Einnehmen dieser Doppelrolle, sowohl Lernender als auch Lehrender zu sein, bezeichnet Wahl als ‚Pädagogischen Doppeldecker‘. „Damit ist gemeint, dass die Lernenden genau mit jenen Methoden unterrichtet werden, die sie später als Lehrende einsetzen sollen.“ (Wahl 2002b, 234). In einem *zweiten Veränderungsschritt* sollen neue Handlungsalternativen konstruiert werden. Dazu werden den Lernenden Zielvorstellungen und Lösungsmöglichkeiten angeboten. Im so genannten ‚Sandwich-Prinzip‘, d.h. in systematisch strukturierten, zeitlich aber eher kurzen kollektiven Lern- und Arbeitphasen wird wichtiges Wissen erarbeitet. Zwischen den kollektiven Arbeitsphasen

erfolgen Phasen individueller Arbeit, Tandemarbeit und Arbeit in Kleingruppen. Im *dritten Veränderungsschritt* schließlich müssen die neu entwickelten Handlungsalternativen zu ‚Situations- und Handlungsprototypen‘ verdichtet werden. Dazu werden verschiedene Methoden der individuellen und gruppenbezogenen Handlungsplanung vorgeschlagen, wie zum Beispiel Partnerrollenspiele oder Micro-Teaching-Settings. Wahl schlägt für die Gestaltung der *Präsenztermine* das Prinzip des ‚kleinen Sandwichs‘ vor, worunter eine Abwechslung zwischen Phasen der individuellen Auseinandersetzung mit Phasen der kollektiven Auseinandersetzung im Plenum zu verstehen ist. Der in der Tabelle 1 exemplarisch veranschaulichte Ablauf eines Fortbildungstages gibt die grundlegende Struktur von ‚reflektierender‘ Wiederholung (Inhalte des vorherige Fortbildungstages und Arbeiten der Transferphase) und ‚handlungsorientierter‘ Erarbeitung neuer Inhalte (hier: Elektrizitätslehre) wieder und informiert über die dazu eingesetzten Lehr-Lernmethoden. Das an den Fortbildungstagen zum Einsatz kommende Methodenrepertoire orientierte sich dabei im Wesentlichen an den Vorschlägen für die Gestaltung von Erwachsenenfortbildungen (z.B. Wahl 2005). Es zielt zum einem auf das Bewusstmachen und reflexive Überprüfen von ‚mitgebrachten‘ und im Lernprozess ‚entstehenden‘ Konzepten und subjektiven Theorien durch Selbstbeobachtung, Perspektivenwechsel und Selbstreflexion. Zum anderen sollen die eingesetzten Methoden ‚aktives eigenes Handeln‘ sowie ‚praktisches Üben‘ ermöglichen. Der Einsatz der *Internetplattform* bietet in besonderer Weise die Möglichkeit für individuelle Lernprozesse und auf das unmittelbare Anwendungsfeld Unterricht abgestimmte Planungs- und Handlungsformen der lernenden Lehrer. So kann beispielsweise das auf der Plattform zur Verfügung gestellte Unterrichtsmaterial in den Transferphasen entsprechend der jeweiligen individuellen Rahmenbedingungen und persönlichen Schwerpunktsetzungen modifiziert und damit für den Unterricht in der eigenen Klasse adaptiert werden. Be-

gleitet und unterstützt wird die Arbeit in den Transferphasen durch gemeinsame Planungs-, Lern- und Arbeitsprozesse mit dem *Lernpartner*. Initiiert durch gezielte Arbeitsaufträge der Fortbildungsleitung sollen damit sowohl in den Transferphasen kooperative und diskursi-

ve Fortbildungselemente realisiert werden als auch Kooperationsformen angebahnt werden, die über den unmittelbaren Fortbildungszeitraum hinaus wirksam werden und damit einen Beitrag zur Implementation fachdidaktisch reflektierten Unterrichtshandelns leisten könnten.

Tab. 1: Übersicht über den zweiten Fortbildungstag

Didaktischer Kommentar/Ziel	(Lern-)Inhalt	Sozialform/Methode
Aktivierung und Erfahrungsaustausch	Kontaktaufnahme Anknüpfen an die Arbeit während der Transferzeit Einstimmung auf die Inhalte des Fortbildungstages	Wechselnde Kleingruppen Kugellager
Erprobung von Lösungsmöglichkeiten bei individuellen Nutzungsproblemen	Arbeit an der Plattform SUPRA	Partnerarbeit am PC tutorielle Unterstützung durch die Fortbildungsleitung
Anknüpfen an die Inhalte des vorigen Fortbildungstages Aufgreifen der Arbeitsaufträge aus der Transferzeit Individuelle Weiterentwicklung des Unterrichtskonzeptes und Adaption an die Situation in der eigenen Klasse	Das SUPRA- Unterrichtskonzept zum Inhalt ‚Optische Phänomene/ Spiegel‘	Kleingruppendiskussion Plenumsrunde Einzelarbeit
Aktivierung eigener Erfahrungen Vertiefung des fachdidaktischen Wissens	Versuche im Sachunterricht – Die Bedeutung fachspezifischer Arbeitsweisen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht	Impulsreferat Plenumsrunde
Vertiefung des fachdidaktischen Wissens	Elektrizitätslehre und Magnetismus im Lehrplan	Impulsreferat
Vertiefung des Sachwissens	Elektrizitätslehre	strukturiertes Lernangebot: Lernstationen zur Elektrizitätslehre Diskussion und Austausch mit Lernpartner und Kollegen instruktionale Hilfen durch die Fortbildungsleitung Plenumsrunde Demonstrationsversuche Erklärungen
Vertiefung des Sachwissens	Bedeutung von Analogien und Modellvorstellungen am Beispiel Elektrizitätslehre	Kurzvortrag Plenumsrunde
Vertiefung des fachdidaktischen Wissens	Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre	Kurzvortrag Plenumsrunde
Aufbau von Handlungskompetenz	Bau eines Geschicklichkeitsspiels Bau eines elektrischen Lexikons	Einzelarbeit/Eigenaktivität
Tagesevaluation	Rückmeldung	Kartenabfrage
Arbeitsaufträge für die Transferphase	Wiederholung der Fortbildungsinhalte Das Unterrichtskonzept zur Elektrizitätslehre in SUPRA Adaption und Erprobung in der eigenen Klasse	Skript Hinweise zur Arbeit mit der Plattform Hinweise zur Arbeit mit dem Lernpartner

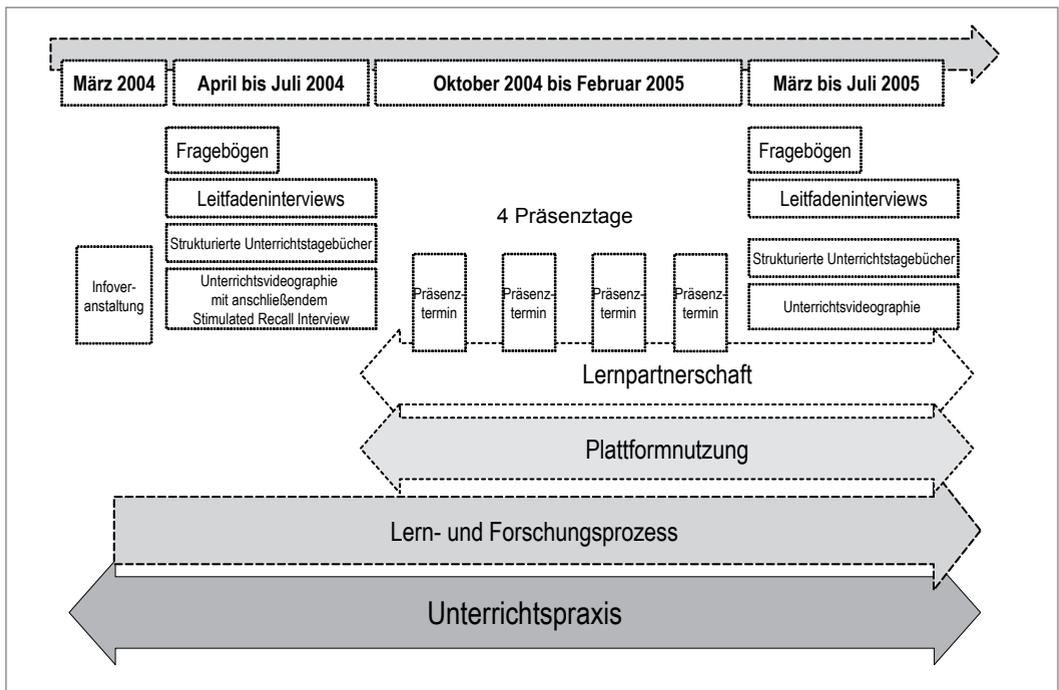


Abb. 3: Verzahnung des Forschungs- und Fortbildungsdesigns

### 3 Anlage der Pilotstudie

Lehrerfortbildungsforschung gilt ganz allgemein – und im Besonderen in Bezug auf naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht – als weitgehendes empirisches Neuland. Daher wurde die Untersuchung als explorative Studie zur Öffnung eines Forschungsfeldes angelegt. Die Wirksamkeit von Lehrerfort- und Weiterbildungsmaßnahmen kann auf verschiedenen Ebenen untersucht werden (Lipowsky 2004), wobei hier ausschließlich diejenigen Aspekte der Studie dargestellt werden, die sich der Erfassung von Veränderungen und Ausdifferenzierungen in den Vorstellungen der Lehrkräfte über das Unterrichten naturwissenschaftlicher Unterrichtsinhalte widmen.

Die Grafik (Abb. 3) gibt einen Überblick über die Verzahnung des Interventionsdesigns mit dem Forschungsdesign und damit über die Zeitpunkte der Datenerhebung. Wie aus der Abbildung ersichtlich wird<sup>2</sup>, erfolgte der Datenerhebungs- und Fortbildungsprozess begleitend zur Unterrichtspraxis der Lehrkräfte. An der Fortbildung und damit auch an der Pilotstudie nahmen 20 Lehrkräfte teil, davon 18 Lehrerinnen und zwei Lehrer im Alter von 25 bis 59 Jahren. Die Mehrheit der Teilnehmer war zum Zeitpunkt der ersten Erhebung zwischen 20 und 30 Jahre alt. Eine der teilnehmenden Lehrkräfte hatte Chemie als Unterrichtsfach studiert, eine Person Physik als Didaktikfach. Ansonsten zeigt sich im Studienverhalten der Teilnehmenden die bekannte Abstinenz von Grundschullehrkräften zu Physik und Chemie.

<sup>2</sup> Um sich der Komplexität des Feldes auch forschungsmethodisch noch umfassender anzunähern, wurden im Rahmen des Projektes zusätzlich strukturierte Unterrichtstagebücher von den Lehrkräften sowie Videoaufnahmen von deren Unterricht erstellt. Bisher wurden jedoch ausschließlich die Daten der Fragebögen und die Leitfadeninterviews ausgewertet.

### 3.1 Forschungsfragen

Die Fragestellungen lauteten:

- *Welche Auswirkungen hat die Interventionsmaßnahme auf bereichsspezifische Lehrerkognitionen?*
- *Lassen sich durch die hier beschriebene internetunterstützte Lehrerfortbildungsmaßnahme Veränderungen in den handlungsleitenden Kognitionen erzielen?*

### 3.2 Untersuchungsinstrumente

In der Studie kamen bezogen auf die Fragestellungen schwerpunktmäßig die folgenden Methoden zum Einsatz: Der Fragebogen ‚Naturwissenschaftliches Lehren und Lernen im Sachunterricht wurde vor und nach der Maßnahme eingesetzt (Kleickmann u.a. 2005, Möller u.a. 2006)<sup>3</sup>. Der Fragebogen soll der Erfassung von selbstbezogenen Kognitionen, Einstellungen und Meinungen von Sachunterrichtslehrkräften im Hinblick auf naturwissenschaftliche, insbesondere physikbezogene Inhalte dienen. Da der Zugang zu handlungsleitenden Kognitionen mit Hilfe von Fragebögen allerdings nur eingeschränkt gelingen kann, wurden diese vor und nach der Fortbildungsmaßnahme zusätzlich mit Hilfe von *problemzentrierten Leitfadeninterviews* (vgl. Gläser & Laudel 2004) erhoben. In den Interviews wurden die Lehrkräfte insbesondere zu explizit unterrichtsbezogenen Gedanken befragt. Erkenntnisleitender Hintergrund war dabei unter anderem die Frage, inwieweit die Lehrkräfte vor und nach der Maßnahme über ein Verständnis von Schülervorstellungen verfügen, das sich auf ein kognitionspsychologisch fundiertes Verständnis stützt und inwieweit sie mit der Planung ihrer unterrichtlichen Maßnahmen darauf Bezug nehmen.

### 3.3 Datenanalyse

**Fragebogendaten:** Für die Auswertung der Fragebogendaten wurden die üblichen Kennwerte der deskriptiven Statistik, Häufigkeitsverteilungen, Mittelwerte und Standard-

abweichungen berechnet. Die Skalenbildung geht auf theoretische Vorüberlegungen und Faktorenanalysen von Kleickmann (2003, pers. Mitteilung) zurück und wurde für diese Studie übernommen. Für die Ermittlung von Unterschieden im Antwortverhalten vor und nach der Maßnahme wurde auf Grund der kleinen Stichprobe der Wilcoxon-Rangsummentest gerechnet. Dieser kann bei verbundenen Stichproben und mit ordinalskalierten Daten eingesetzt werden und setzt als nicht-parametrischer Tests keine Normalverteilung der Merkmale voraus. Berechnet wurde für jedes einzelne Item, sowie für jede Skala die asymptotische Signifikanz.

**Interviewdaten:** Die Interviews wurden jeweils vor und nach der Maßnahme mit allen 20 Lehrkräften durchgeführt, vollständig aufgezeichnet und transkribiert. Sie dauerten zwischen 50 und 90 Minuten. Die Auswertung erfolgte in Anlehnung an eine qualitativ inhaltsanalytische Vorgehensweise (vgl. Mayring 2003; Gläser & Laudel 2004; Lamnek 2005). Der Zugang zum Datenmaterial fand dabei entsprechend der dargestellten theoretischen Grundlagen unter Bezugnahme auf die Fragestellungen statt, wobei die Bildung von Kategorien theorieorientiert und datengeleitet erfolgte. Als Indikatoren für eine angemessene Konzeptualisierung und adäquate Berücksichtigung des Prinzips ‚Orientierung an Schülervorstellungen‘ wurden dazu gemäß der Theoriediskussion die folgenden Kriterien definiert:

- Die Lehrkräfte verfügen über ein konzeptorientiertes und kontextbezogenes Verständnis zum Begriff Schülervorstellungen. Demnach verstehen sie Schülervorstellungen als erfahrungsbezogene, auch situativ entstehende, mitunter komplexe und stabile Vorstellungen zu Phänomenen und Inhalten.
- Die Lehrkräfte kennen inhaltsbezogene empirische Befunde zu Schülervorstellungen, beispielsweise die so genannte ‚Zweizuführungsvorstellung‘ bei elektrischen Stromkreisen.

<sup>3</sup> Der Fragebogen wurde im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogrammes BiQua von Kleickmann u.a. entwickelt. Im Rahmen der hier vorgestellten Studie wurde er mit freundlicher Genehmigung der Münsteraner Gruppe nahezu unverändert eingesetzt.

- Die Lehrkräfte berücksichtigen Schülervorstellungen beim Einsatz von Versuchen und in der Unterrichtsgestaltung, indem sie im Verlauf des Unterrichts
    - Situationen zur Aktivierung von inhaltsbezogenen Erfahrungen, Vorwissen und Vorstellungen bewusst gestalten oder vermeiden,
    - Möglichkeiten zur problem- und handlungsorientierten Auseinandersetzung zur Verfügung stellen,
    - reflexionsintensive Lernsituationen gestalten durch die Förderung von diskursivem, sozialem Austausch,
    - Lehr-Lernangebote strukturieren und angemessene instruktionale Unterstützung gewähren.
- Die Entwicklung der Kategorien für die Auswertung der Interviews erfolgte unter Bezugnahme auf die beschriebenen Indikatoren. Da sich für eine Aussage über die Wirksamkeit der Fortbildung im Kategoriensystem relevante Informationen vor und nach der Maßnahme abbilden sollten, erwies sich ein rein induktives Vorgehen als unzureichend<sup>4</sup>. Die nachfolgend dargestellten Tabellen 2 und 3 illustrieren die Kategorien, die sowohl auf der Grundlage der theoretisch formulierten Indikatoren wie auch in einem am Material orientierten Analyseprozess entwickelt wurden. Nach Abschluss der Kategorienbildung wurden ausschließlich diejenigen Aussagen der Interviews vor und nach der Fortbildung in die Auswertung einbezogen, die den Be-

Tab. 2: Lehrervorstellungen über Schülervorstellungen

<b>IB Lehrervorstellungen über Schülervorstellungen</b>	
<b>IB1 Bedeutung von Schülervorstellungen</b>	
IB1a	Hohe Bedeutung der Schülervorstellungen, um anzuknüpfen/zu widerlegen/auszubauen – kognitivistisch
IB1b	Hohe Bedeutung der Schülervorstellungen, um zu motivieren und das Interesse zu wecken/zu steigern
<b>IB2 Verständnis von Schülervorstellungen</b>	
IB2a	Schülervorstellungen als Erfahrungen und Vorwissensfragmente
IB2b	Schülervorstellungen als komplexe Kognitionen, Erklärungsversuche, stabile Konzepte
IB2c	Schülervorstellungen entstehen situativ
<b>IB3 Verständnis von Schülervorstellungen im Bereich Elektrizitätslehre</b>	
IB3a	Schülervorstellungen als Erfahrungen und Vorwissensfragmente zum Unterrichtsinhalt Elektrizität
IB3b	Schülervorstellungen als komplexe Kognitionen, Erklärungsversuche, Konzepte zum Phänomen Elektrizität
IB3c	Kenntnis empirischer Befunde zu inhaltspezifischen Schülervorstellungen
<b>IB4 Verständnis von Schülervorstellungen im Bereich Optik/Spiegel</b>	
IB4a	Schülervorstellungen als Erfahrungen und Vorwissensfragmente zum Unterrichtsinhalt Spiegel
IB4b	Schülervorstellungen als komplexe Kognitionen, Erklärungsversuche zu Spiegelphänomenen
IB4c	Kenntnis empirischer Befunde zu inhaltspezifischen Schülervorstellungen

<sup>4</sup> Das vor der Fortbildung rein induktiv entwickelte Kategoriensystem konnte für die Auswertung nach der Fortbildung nicht unverändert übernommen werden. So bildeten sich für die Interviews vor Fortbildungsbeginn zunächst ‚nur‘ Vorstellungen ab, die eben vor Fortbildungsbeginn vorhanden waren. Wenn es nun der Fortbildung gelungen war, diese Vorstellungen in einem Sinne zu modifizieren, dass Vorstellungen ausdifferenziert wurden und kausale Zuordnungen sich veränderten, dann erfordert dies ein Kategoriensystem, in dem sich diese Veränderungen abbilden können. Als Beispiel für eine Bedeutungsverschiebung kann eine Veränderung im Verständnis zum Begriff ‚Schülervorstellungen‘ angegeben werden.

Tab.3: ‚Orientierung an Schülervorstellungen‘ beim Einsatz von Versuchen und in ausgewählten Aspekten der Unterrichtsgestaltung

IC Orientierung an Schülervorstellungen beim Einsatz von Versuchen und in ausgewählten Aspekten der Unterrichtsgestaltung	
IC1	Einsatz und Bedeutung von Versuchen
IC1a	Zur Steigerung von Motivation und Interesse
IC1b	Als Anlass und Möglichkeit, tätig zu werden
IC1c	Zur Veranschaulichung
IC1d	Im Sinne einer naturwissenschaftlichen Arbeitsweise zur Förderung von Reflexionsprozessen
IC2	Ausgewählte Aspekte der Unterrichtsgestaltung
IC2a	Schülervorstellungen zu Beginn einer Sequenz aktivieren
IC2b	Im Unterrichtsgespräch Begründungen einfordern, Diskussionen führen
IC2c	Gruppenarbeit zur Förderung von Diskussion und Austausch einsetzen
IC2d	Zur Reflexion des eigenen Lernprozesses anregen
IC2e	Modelle und Analogien anbieten

gründungsmustern der gebildeten Kategorien entsprachen, dabei wurde dichotom kodiert (‚liegt vor‘ (X) oder ‚liegt nicht vor‘ (0)). Gemäß der Vorüberlegungen und der präzisierten Fragestellungen wurden die Gesprächsbestandteile den Bereichen ‚Lehrervorstellungen zu Schülervorstellungen (IB)‘ und ‚Orientierung an Schülervorstellungen beim Einsatz von Versuchen und in ausgewählten Aspekten der Unterrichtsgestaltung (IC)‘ zugeordnet.

Der erste Bereich ‚Lehrervorstellungen zu Schülervorstellungen‘ umfasst Äußerungen in denen deutlich wird,

- welche Bedeutung die befragten Sachunterrichtslehrkräfte Schülervorstellungen geben
- wie sie Schülervorstellungen konzeptualisieren und
- inwieweit sie empirische Befunde zu inhaltspezifischen Schülervorstellungen (beispielsweise zum Bereich Elektrizitätslehre) kennen.

Gemäß des explorativen Charakters der Studie wurde versucht, die ‚Erlebnisweisen‘ der Lehrkräfte zum ‚Phänomen Schülervorstellungen‘ zu verstehen, was auch als Beobachterperspektive zweiter Ordnung aufgefasst werden kann<sup>5</sup>. Demnach werden die unter IB 2, IB 3 und IB 4 aufgeführten Kategorien auch als ‚phänomenographische Kategorien‘ (vgl. Murmann 2002) verstanden. Im zweiten Bereich ‚Orientierung an Schülervorstellungen beim Einsatz von Versuchen und in ausgewählten Aspekten der Unterrichtsgestaltung‘ bilden sich Vorstellungen der Lehrkräfte darüber ab, wie sie mit Schülervorstellungen im Unterricht umzugehen planen. Somit umfasst der Bereich Äußerungen, in denen deutlich wird,

- mit welchen Begründungen Lehrkräfte Versuche einsetzen und
- welche konkreten Maßnahmen sie ergreifen um Schülervorstellungen zu aktivieren und/oder gezielt zu verändern.

<sup>5</sup>„Eine Perspektive zweiter Ordnung hingegen beschreibt einen Gegenstand aus der Perspektive von jemand anderem. (...) Eine Perspektive zweiter Ordnung beschreibt also aus einer Beobachterperspektive die von anderen erlebten Phänomene“ (Murmann 2002, 91)<sup>5</sup>.

Damit bieten die hier vorliegenden Kategorien einen ersten, explorativen Einblick in diejenigen Lehrerkognitionen, die sich bei den befragten Lehrkräften zum Prinzip ‚Orientierung an Schülervorstellungen‘ abbilden ließen. Um die Balance zwischen einer notwendigen Verdichtung und Abstraktion einerseits und dem Anspruch des ‚Verstehen-wollens‘ in Ansätzen zu genügen, wurde auf eine weitere Komprimierung beispielsweise im Sinne einer Typisierung der Lehrkräfte verzichtet. Das unter 4.2 dargestellte Ergebnis weist damit in der vorliegenden Form einen weitgehend deskriptiven Zugang zu den Interviews auf.

## 4 Ausgewählte Befunde

### 4.1 Fragebogenergebnisse

In Tabelle 4 illustrieren die aufgeführten Beispielitems die Bedeutung der ermittelten Skalen des Fragebogens. Jedes der insgesamt 110 Items konnte durch die Verwendung einer fünffachen Likert-Skala bewertet werden. Die Antwortvorgaben lauteten ‚stimmt gar nicht‘ – 0, ‚stimmt wenig‘ – 1, ‚stimmt teils-teils‘ – 2, ‚stimmt ziemlich‘ – 3, ‚stimmt völlig‘ – 4. Die Tabelle 5 sowie die Abbildung 4 zeigen diejenigen Skalen, in denen sich signifikante beziehungsweise marginal signifikante Unterschiede im Antwortverhalten zeigen.

Tab. 4: Beispielitems

	Skala	Beispielitems
1	Selbsteinschätzung in Bezug auf das Unterrichten physikbezogener Inhalte	„Ich weiß, dass ich es schaffe, anspruchsvolle physikbezogene Themen für meinen SU aufzubereiten.“
2	Eingeschätzte Bedeutung physikbezogenen Sachunterrichts in der Grundschule	„Es ist wichtig, dass Sachunterricht in der Grundschule auch Themen mit physikalischen Inhalten aufgreift.“
3	Conceptual Change	„Wenn Kinder naturwissenschaftliche Inhalte lernen, stehen oft alte Vorstellungen in ständiger Konkurrenz mit neu erworbenen Vorstellungen.“
4	Schülervorstellungen	„Grundschul Kinder können zu naturwissenschaftlichen Phänomenen bereits hartnäckige Vorstellungen haben, die den Lernprozess erschweren.“
5	Situiertes Lernen	„Echte und komplexe Problemstellungen aus dem Alltag müssen der Ausgangspunkt des naturwissenschaftlichen SU sein.“

Tab.5: Unterschiede im Antwortverhalten – vor und nach der Maßnahme<sup>6</sup>

	Skala	PRAE			POST			p-Wert
		Alpha <sup>1</sup>	MW	SD	Alpha	MW	SD	
1	Selbsteinschätzung in Bezug auf das Unterrichten physikbezogener Inhalte	.88	2.73	.71	.62	3.10	.50	p<0.05*
2	Eingeschätzte Bedeutung physikbezogenen Sachunterrichts in der Grundschule	.52	3.50	.42	.82	3.67	.41	p<0.1
3	Conceptual Change	.71	2.69	.66	.84	3.20	.60	p<0.01**
4	Schülervorstellungen	.56	2.55	.54	.87	2.92	.72	p<0.05*
5	Situiertes Lernen	.73	3.25	.54	.56	2.88	.46	p<0.05*

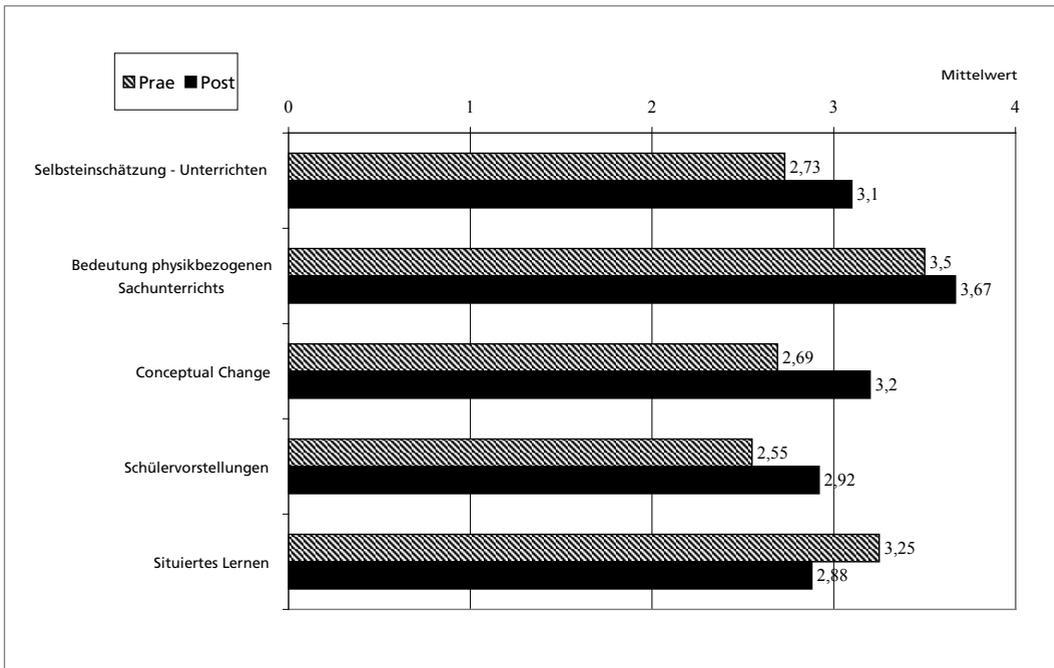


Abb. 4: Antwortverhalten vor und nach der Maßnahme

Im Vergleich der Daten, die mit dem Fragebogen vor und nach der Maßnahme ermittelt wurden, zeigt sich ein Zuwachs in der eingeschätzten Bedeutung physikbezogenen Sachunterrichts ( $p < 0.1$ ), in der fachdidaktisch adäquaten Konzeptualisierung von Schülervorstellungen ( $p < 0.05^*$ ), an Kompetenzgefühl hinsichtlich des Unterrichts physikbezogener Inhalte ( $p < 0.05^*$ ) und im Verständnis von Lernen als Konzeptwechselprozess ( $p < 0.01^{**}$ ) sowie eine Abnahme in der eingeschätzten Bedeutung einer Anbindung an alltagsrelevante Fragestellungen ( $p < 0.05^*$ ).

## 4.2 Interviewergebnisse

Auf der Grundlage des unter 3.3 beschriebenen Auswertungsprozesses lassen sich im Wesentlichen folgende Ergebnisse zusammenfassen:

### Lehrervorstellungen über Schülervorstellungen

#### *Bedeutung von Schülervorstellungen:*

Alle befragten Lehrkräfte geben bereits vor der Fortbildung an, dass eine Orientierung an Schülervorstellungen eine große Bedeutung für das Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht habe. Dies begründen sie zum einen mit der Notwendigkeit der ‚Anknüpfung an bestehendes Wissen‘ (kognitivistisch) und zum anderen mit der hohen Bedeutung die dies für die Motivation und Interessensförderung auf Seiten der Schülerinnen und Schüler habe.

#### Lehrkraft (vor der Fortbildung)

*I: „Und welche Rolle spielen diese Alltagsvorstellungen von Schülern Ihrer Ansicht nach im Lernprozess?“*

*L: „Dass daraus sich ihr Interesse ableitet.“*

<sup>6</sup> Die angegebenen Werte von Cronbach's Alpha beruhen auf eigenen Reliabilitätsprüfungen. Die Reliabilität derjenigen Skalen mit Alpha-Werten zwischen .88 und .71 ist dabei als gut einzuschätzen. Da die Überprüfung der Zuverlässigkeit des Instruments von Kleickmann u.a. an einer bedeutend größeren Stichprobe erfolgte, kann trotz der hier vorliegenden Alpha-Werte von .62 (Skala 1/Post), .52 (Skala 2, Prae) und .56 (Skala 4/Prae und Skala 5/Post) insgesamt von einer akzeptablen Reliabilität der Skalen ausgegangen werden.

Während eine kognitivistische Begründung vor der Fortbildung nur von 10 Lehrkräften angegeben wurde, rekurren nach der Fortbildung 19 der befragten Lehrkräfte darauf, während die motivierende Funktion eines Eingehens auf Schülervorstellungen nur noch von 3 Lehrkräften explizit angesprochen wird.

#### **Verständnis von Schülervorstellungen:**

Vor der Fortbildung äußern sich 16 von 20 Lehrkräften in einer Weise, die darauf schließen lässt, dass sie Schülervorstellungen schwerpunktmäßig als ‚Alltagserfahrungen‘ und ‚Vorwissensfragmente‘ konzeptualisieren, die zu berücksichtigen sind.

Lehrkraft (vor der Fortbildung)

I: „Wie verstehen Sie den Begriff ‚Schülervorstellung‘?“

L: „Also, in erster Linie bringen die Kinder natürlich Erfahrungen ein.“

Lehrkraft (vor der Fortbildung)

I: „Unterscheiden Sie Schülererfahrungen von Schülervorstellungen?“

L: „Nein, ich glaube, ich hätte das jetzt zusammengeschnitten. Ja, also, so gleich genommen, Erfahrungen und Vorstellungen.“

Nach der Fortbildung betrachten 19 der 20 befragten Lehrkräfte Schülervorstellungen als mehr oder weniger stabile ‚Konzepte‘, ‚Theorien‘, ‚Vorstellungen‘, ‚Erklärungsversuche‘ und/oder ‚Argumentationsmuster‘, wobei zusätzlich 8 Lehrkräfte auch eine mögliche situationsbedingte ‚Entstehung‘ im Unterricht reflektieren.

In Bezug auf fachdidaktisches Wissen über inhaltspezifische Schülervorstellungen zeigt sich, dass die Lehrkräfte vor der Fortbildung über keinerlei Wissen zu empirischen Befunden verfügen, während nach der Fortbildung 12 Lehrkräfte einschlägige Befunde zum Inhaltsbereich Elektrizitätslehre („Zweizuführungsvorstellung“) und 7 Lehrkräfte einschlägige Befunde zum Inhaltsbereich Optik/Spiegel (Ort des Spiegelbildes; Spiegelsymmetrie) wiedergeben.

Lehrkraft (nach der Fortbildung)

I: „Mit welchen Vorstellungen der Kinder ist zu rechnen?“

L: „Wahrscheinlich die gleichen, die ich auch gehabt habe.“

I: „Das wären dann...?“

L: „Dass das Bild eben im Spiegel drin ist und nicht dahinter.“

An dieser Äußerung ist darüber hinaus bemerkenswert, dass die Lehrkraft zur Darstellung der Schülervorstellungen auf ihre eigene ‚Lernerfahrung‘ rekurriert.

#### **‚Orientierung an Schülervorstellungen‘ beim Einsatz von Versuchen und in ausgewählten Aspekten der Unterrichtsgestaltung**

Dem Einsatz von Versuchen messen alle befragten Lehrkräfte vor und nach der Fortbildung eine hohe Bedeutung bei, wobei 15 Lehrkräfte eine klare Präferenz für den Schülerversuch aussprechen. Den Einsatz von Versuchen begründeten 16 von 20 befragten Lehrkräften vor der Fortbildung mit dessen motivierender und Interesse fördernder Funktion, 18 Lehrkräfte mit der Möglichkeit tätig zu werden und 10 Lehrkräfte mit der Möglichkeit der ‚Veranschaulichung‘:

Lehrkräfte (vor der Fortbildung):

L: „Weil es die Kinder motivierend finden. Und interessant.“

L: „Aber man geht, glaube ich, einfach davon aus, dass die das dann übernehmen, wenn sie es schon selber ausprobiert haben.“

L: „Ja, über Versuche ja. Und über dieses Sichtbare, über das Sehen, man kann ihnen ganz viel erzählen und erzählen und erzählen, aber dieses, wenn Kinder das sehen, das ist, glaub ich, ganz wichtig. Die müssen den Effekt sehen.“

Die für den Einsatz von Versuchen angegebenen Gründe resultieren demnach vorwiegend aus allgemein pädagogisch-didaktischen Erwägungen. Eine fachdidaktische Begründung – Versuche als naturwissenschaftliche Arbeitsweise, zur Förderung von Reflexionsprozessen und/oder der (gezielten) Verände-

nung von Vorwissen – geben vor der Fortbildung nur 7 Lehrkräfte an. Nach Abschluss der Fortbildung geben dagegen 19 der befragten Lehrkräfte an, der Einsatz von Versuchen diene in besonderer Weise dazu Schülerinnen und Schüler zu sach- und inhaltsbezogenen Reflexionsprozessen herauszufordern.

Lehrkräfte (nach der Fortbildung):

*L: „Ich denke, dass sie (die Versuche, Anmerkung der Verf.) sehr wichtig sind, um falsche Vorstellungen zu entkräften (...) Aber es gehört eben auch dazu zu denken, vor allem sollen sie auch die wissenschaftliche Arbeitsweise lernen.“*

Für wesentlich im Umgang mit Schülervorstellungen erachten die befragten Lehrkräfte außerdem die Aktivierung von Vorstellungen zu Beginn einer Einheit oder Sequenz. Während dies vor der Fortbildung 15 Lehrkräfte explizit angeben, nennen dies nach der Fortbildung noch 13 Lehrerinnen und Lehrer.

Den Einsatz von Gruppenarbeit erachten die Befragten ebenfalls für bedeutsam. Als Begründung werden dafür sowohl die Förderung des Sozialverhaltens wie auch die Ermöglichung von Kokonstruktionsprozessen angegeben. Während jedoch der Einsatz von Gruppenarbeit zur Förderung von Diskussion und Austausch vor der Fortbildung nur von 8 Lehrkräften erwähnt wurde, geben nach der Fortbildung 15 Lehrkräfte dies als Begründung an.

Darüber hinaus verweisen nach der Fortbildung 7 Lehrkräfte darauf Maßnahmen zur Förderung metakognitiver Strategien einsetzen und 6 Lehrkräfte darauf Analogien und Modellvorstellungen diskutieren zu wollen, während dies vor der Fortbildung nur jeweils einmal erwähnt wurde.

## 5 Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisse lassen die Interpretation zu, dass das didaktische Prinzip einer Orientierung an Schülervorstellungen von den Lehrkräften vor der Fortbildungsmaßnahme eher im Sinn einer allgemeinen pädagogischen

Haltung verstanden worden war. Dies dürfte nicht zuletzt in einem zunächst unklaren und undifferenzierten Verständnis zum Begriff der Schülervorstellungen begründet liegen. Da von den Befragten nach der Fortbildung sowohl die potentielle Komplexität, die miteinander bestehende Stabilität und die situative Bedingtheit möglicher Schülervorstellungen als auch empirische Befunde zu Schülervorstellungen angeführt werden, dürfte der Schluss zulässig sein, dass das Verständnis der Lehrkräfte zu Begriff und Bedeutung von Schülervorstellungen gewachsen ist. Bei einer zusammenfassenden Analyse der Fragebogen- und Interviewdaten kann daher davon ausgegangen werden, dass es mit Hilfe der hier skizzierten Maßnahme gelungen sein dürfte Erweiterungen, Ausdifferenzierungen und Veränderungen in fachdidaktischen Lehrerkognitionen zu erzielen. Es lassen sich sowohl positive Effekte auf das Kompetenzerleben in Bezug auf das Unterrichten physikbezogener Inhalte feststellen wie auch eine fachdidaktisch angemessenere Konzeptualisierung von Schülervorstellungen und eine Vertiefung und Ausdifferenzierung eines an Konzeptwechseltheorien orientierten Lehr-Lernverständnisses. Die durch den Besuch der Fortbildung erworbenen Kenntnisse der Lehrkräfte über empirische Befunde zu inhaltspezifischen Schülervorstellungen können im Sinne von *Wissenszuwachs* interpretiert werden. Die Äußerungen, die darauf hinweisen, dass die Lehrkräfte nach der Fortbildung über eine kognitionspsychologisch fundierte Konzeptualisierung von Schülervorstellungen verfügen, werden im Sinne einer *Wissensausdifferenzierung* interpretiert. Der Zuwachs an Kompetenzerleben kann als *Veränderung selbstbezogener Kognitionen* konzeptualisiert werden.

## 6 Diskussion und Ausblick

Auch wenn auf Grund des Fehlens einer Kontrollgruppe die Ergebnisse der vorgestellten Studie vorsichtig interpretiert werden sollten, wird insgesamt doch deutlich, dass durch eine fachdidaktische Lehrerfortbildung, die gemäß der unter 2.5 und 2.7 beschriebenen theoretischen Voran-

nahmen gestaltet wird, Lernergebnisse auf Seiten der Lehrkräfte im Sinne der formulierten Zielvorstellungen erreicht werden können. Eine bereits vor der Fortbildung bei den Lehrkräften vorliegende ‚Schülerorientierung‘ (im Sinne einer allgemein pädagogischen Haltung) konnte ‚angereichert‘ werden um ein fachdidaktisch adäquateres Begriffsverständnis von Schülervorstellungen sowie ein damit einhergehendes Bewusstsein für Herausforderungen, die in einer fachdidaktisch adäquaten Gestaltung von Lehr-Lernprozessen im physikbezogenen Sachunterricht liegen. Da Möller u.a. (2006) nach ihren Fortbildungsmaßnahmen ebenfalls von deutlichen Unterschieden in den Vorstellungen der Lehrkräfte zu den Bereichen „Conceptual Change“ und „Präkonzepte“ (hier: „Schülervorstellungen“) berichten (siehe 2.6), liegt ebenfalls die Vermutung nahe, dass der mit diesen Skalen erfasste Bereich des Lehrerwissens oder Lehrerdenkens durch fachdidaktische Fortbildungsmaßnahmen vergleichsweise gut verändert werden kann. Auch die dargestellten Ergebnisse der qualitativen Interviewanalyse legen die Annahme nahe, dass es sich hierbei um Bereiche handelt, in denen Grundschullehrkräfte durch den Besuch fachdidaktischer Fortbildungsmaßnahmen Wissenszuwachs erlangen können. Von Bedeutung scheint dabei nach eigenen Aussagen der Lehrkräfte (vgl. Heran-Dörr 2006) unter anderem die Organisation ‚ganzer‘ Fortbildungstage‘ (im Unterschied zu einfachen Nachmittagsfortbildungen), der Einsatz von Transferphasen, die Bereitstellung von Unterrichtsmaterial auf der Internetplattform, die Konfrontation mit eigenen ‚Fehlvorstellungen‘, die selbständige, handlungsorientierte und diskursive Auseinandersetzung mit den Fortbildungsinhalten, ‚gute Erklärungen‘ sowie der vielfältige Austausch mit Kollegen. Diese Rückmeldungen der Lehrkräfte zur Maßnahme decken sich teilweise mit Ergebnissen, wie sie Lipowsky (2004) und Drechsler-Köhler (2006) zum Urteil von Lehrerfortbildungen aus Lehrersicht angeben.

Bezogen auf das dargestellte Modell, die formulierten Ziele und die beschriebenen Indikatoren zur Erfassung von Wirksamkeit ist deutlich geworden, dass die Auswirkungen der dargestellten Fortbildungsmaßnahme an verschiedenen ‚Bereichen‘ im mentalen System einer Lehrkraft feststellbar werden. Inwieweit dabei ‚Konzepte‘, ‚Vorstellungen‘, ‚fachspezifisch-pädagogisches Wissen‘ und ‚subjektive Theorien‘ als unterscheidbare Konstrukte konzeptualisiert und verändert werden, bleibt bisher eine Frage der spezifischen Operationalisierung und damit der Erhebungs- und Auswertungsverfahren.

Aus der Perspektive klassischer Experimentalforschungsansätze ist die unmittelbare Bezugnahme auf das Anwendungsfeld kritisch anzumerken. So lässt der intensive Kontakt der Forscher zu den Lehrkräften im Sinne einer mangelnden Distanz zum Feld Versuchseffekte erwarten. Da es jedoch ein wesentliches Ziel der Maßnahme war, neben der Wissenserweiterung auch zur Veränderung von Einstellungen und Haltungen gegenüber naturwissenschaftlichen Inhalten beizutragen, war die Herstellung einer positiven Arbeitsatmosphäre sowohl für den Lehr-Lernprozess wie auch für den Forschungsprozess von hoher Bedeutung. In Feldern, in denen auf Seiten der Teilnehmer mit Ängsten und Unsicherheiten (Physik) und möglicherweise auch mit Misstrauen (sozialwissenschaftliche Forschung) zu rechnen ist, dürfte ein angemessenes Maß an Vertrautheit und Vertrauen zwischen den Interaktionspartnern allerdings zur Reduzierung von Unsicherheiten beitragen. Da eine vertrauensvolle Interaktion und eine an das alltagsweltliche Handeln angenäherte Kommunikation zwischen Forscher und Erforschten als wesentliche Prinzipien qualitativer Sozialforschung und die Reaktivität des Untersuchten bei qualitativen Studien als unumgebar und sogar als erwünscht gelten (Lamnek 2005), dürfte ein enger Kontakt zwischen den Projektbeteiligten der Erreichung und Umsetzung der Entwicklungs- und Forschungsziele dienlich gewesen sein.

Die Weiterentwicklung theoretisch fundierter Konzepte für Lehrerfortbildungsmaßnahmen sowie die Erforschung der Akzeptanz und Wirksamkeit stellen sich als eine wichtige Aufgabe fachdidaktischer Forschung dar. Folgende Schwerpunkte erscheinen aus unserer Perspektive derzeit von Bedeutung zu sein:

- Wie werden die Auswirkungen fachdidaktischer Fortbildungsmaßnahmen im unterrichtlichen Handeln von Lehrkräften aktualisiert und damit im Unterricht realisiert? Inwieweit zeigen sich Auswirkungen fachdidaktischer Fortbildungsmaßnahmen im Lernverhalten und in Leistungsmerkmalen der Schülerinnen und Schüler?
- Berücksichtigt man bestehende Ressourcen – sowohl auf Seiten der Anbieter von Lehrerfortbildungsmaßnahmen wie auch auf Seiten der Sachunterrichtslehrkräfte – so erscheint es sinnvoll, die Auswirkungen auch vergleichsweise kurzfristiger Maßnahmen zu untersuchen.
- In diesem Zusammenhang erscheint insbesondere die Veränderung von Meinungen, Einstellungen und selbstbezogenen Kognitionen in Bezug auf das Lernen und Unterrichten physikalischer Inhalte im Sinne der avisierten Zielvorstellungen von hoher Bedeutung zu sein. So dürfte gerade dadurch die Bereitschaft wachsen, sich auch über die Dauer der Fortbildungsmaßnahme hinaus mit Inhalten des physikbezogenen Sachunterrichts zu beschäftigen.
- Da der Erwerb und die Vertiefung fachdidaktischer Handlungskompetenz als langfristiger und kontinuierlicher, berufs begleitender Prozess betrachtet werden kann, ist der Blick insbesondere auch auf die ‚Entwicklungsfähigkeit‘ dieser Kompetenzen zu richten. Längsschnittliche Untersuchungen zur Entwicklung fachdidaktischer Handlungskompetenz und im Zusammenhang damit die Formulierung von Kompetenzentwicklungsmodellen (vgl. Schecker & Parchmann 2006) für Sachunterrichtslehrkräfte erscheinen als ambitionierte Forschungs- und Entwicklungsziele.

## Literatur

- Anderson, J.R. (1996). *Kognitive Psychologie*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag
- Appleton, K. (2002). Science Activities That Work: Perceptions of Primary School teachers'. *Research in Science Education*, 32, 393-410.
- Appleton, K. (2003). How Do Beginning Primary School Teachers Cope with Science? Toward an Understanding of Science Teaching Practice. *Research in Science Education*, 33, 1-25.
- Blömeke, S., Eichler, D., Müller, Ch. (2003). Rekonstruktion kognitiver Strukturen von Lehrpersonen als Herausforderung für die empirische Unterrichtsforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 2, 103-121.
- Bromme, R. (1992). *Der Lehrer als Experte. Zur Psychologie des professionellen Wissens*. Bern: H. Huber.
- Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honour of Robert Glaser* (pp. 453-494). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Craven, J. (2002): Assessing explicit and tacit conceptions of the nature of science among preservice elementary teachers. *International Journal of Science Education*, 24(8), 758-802.
- Drechsler-Köhler, B. (2006). Naturwissenschaftlicher Sachunterricht in der Primarstufe – Derzeitige Situation und Veränderung durch Lehrerfortbildung. In A. Pitton (Ed.), *Lehren und Lernen mit neuen Medien* (S. 386-395). Berlin: Lit.
- GDSU (2002): *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Herausgegeben von der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gläser, J. & Laudel, G. (2004). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Groeben, N., Wahl, D., Schlee, J. & Scheele, B. (1988). *Das Forschungsprogramm Subjektive Theorien. Eine Einführung in die Psychologie des reflexiven Subjekts*. Tübingen: Francke
- Günther, J. (2006). *Lehrerfortbildung über die Natur der Naturwissenschaften. Studien über das Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften*. Berlin: Logos
- Haag, L. & Mischo, Ch. (2003). Besser unterrichten durch die Auseinandersetzung mit fremden Subjektiven Theorien. Effekte einer Trainingsstudie zum Thema Gruppenunterricht. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 35(1), 37-48.

- Heran-Dörr, E. (2006). *Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zur Förderung der physikdidaktischen Kompetenz von Sachunterrichtslehrkräften*. Berlin: Logos
- Inckemann, E. (2004). Phonologische Bewusstheit in den subjektiven Theorien von Grundschullehrkräften – vor und nach einer Fortbildung. In A. Panagiotopoulou & U. Carle (Eds.): *Sprachentwicklung und Schriftspracherwerb. Beobachtungs- und Fördermöglichkeiten in Familie, Kindergarten und Grundschule* (S. 158-165). Hohengehren: Schneider
- Kleickmann, T., Möller, K., & Jonen, A. (2005). Effects of in-service teacher education courses on teachers' pedagogical content knowledge in primary science. In H. Gruber, C. Harteis, R. Mulder & M. Rehl (Eds.): *Bridging Individual, Organisational, and Cultural Aspects of professional learning* (pp 51-58) Regensburg: Roderer.
- Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M. & Jordan, A. (2004). COACTIV: Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz. In J. Doll & M. Prenzel (Eds.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S.77-108). Münster: Waxmann.
- Lamnek, S. (2005). *Qualitative Sozialforschung*. 4. vollst. überarbeitete Aufl.. Weinheim: PVU.
- Lipowsky, F. (2004). Was macht Fortbildungen für Lehrkräfte erfolgreich? Befunde der Forschung und mögliche Konsequenzen für die Praxis. *Die deutsche Schule*, 96(4), 462-480.
- Mandl, H. & Kopp, B. (2006). *Blended Learning: Forschungsfragen und Perspektiven*. Forschungsbericht Nr. 182. München: Ludwig-Maximilians-Universität
- Mayring, Ph. (2003). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. 8. Aufl. Weinheim PVU.
- Möller, K. (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule – Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? In H. Merrens (Ed.), *Lehrerbildung: IGLU und die Folgen*. (S.65-84). Opladen: Leske & Budrich.
- Möller, A., Jonen, A., Kleickmann, Th. (2004a). *Für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht qualifizieren*. Grundschule, 6, 27-29
- Möller, K., Jonen, A., Kleickmann, Th. (2004b). Zur Veränderung des naturwissenschaftsbezogenen fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Grundschullehrkräften durch Lehrerfortbildungen. In A. Hartinger & M. Fölling-Albers (Eds.), *Lehrerkompetenzen für den Sachunterricht*. (S. 231-242). Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Möller, K., Hardy, I., Jonen, A., Kleickmann, Th. & Blumberg, E. (2006). Naturwissenschaften in der Primarstufe – Zur Förderung konzeptuellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Eds.). *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms*. (S. 161-193). Münster: Waxmann.
- Müller, Chr. (2004). *Subjektive Theorien und handlungsleitende Kognitionen von Lehrern als Determinanten schulischer Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht*. Berlin: Logos.
- Murmann, L. (2002). *Physiklernen zu Licht, Schatten und Sehen. Eine phänomenographische Untersuchung in der Primarstufe*. Berlin: Logos
- Patry, J.-L. & Gastager, A. (2002). Subjektive Theorien von Lehrerinnen und Lehrern: Der Übergang von der Idiographie zur Nomothetik. In W. Mutzeck, J. Schlee, D. Wahl (Eds.): *Psychologie der Veränderung. Subjektive Theorien als Zentrum nachhaltiger Modifikationsprozesse* (S. 53-78). Weinheim: Beltz
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 45-66
- Tennstädt, K.-C. & Dann, H.-D. (1987). *Das Konstanzer Trainingsmodell (KTM). Evaluation des Trainingserfolgs im empirischen Vergleich*. Bd.3, Bern: Huber.
- Wahl, D. (1991). *Handeln unter Druck. Der weite Weg vom Wissen zum Handeln bei Lehrern, Hochschullehrern und Erwachsenenbildnern*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag
- Wahl, D. (2002a). Veränderung Subjektiver Theorien durch Tele-Learning? In W. Mutzeck, J. Schlee, D. Wahl, D. (Eds.), *Psychologie der Veränderung* (S.10-21). Weinheim: Beltz.
- Wahl, D. (2002b). Mit Training vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln? *Zeitschrift für Pädagogik*, 48(2), 227-241
- Wahl, D. (2005). *Lernumgebungen erfolgreich gestalten. Vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Wiesner, H. & Wodzinski (1996). Akzeptanzbefragungen als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen. In R. Duit & Chr. Rhöneck (Eds.). *Lernen in den Naturwissenschaften* (S. 250-274). Kiel: IPN

**Kontakt**

Dr. Eva Heran-Dörr  
Universität München  
Didaktik der Physik  
Schellingstr. 4  
80799 München  
*heran@lmu.de*

**Autoreninformation**

Eva Heran-Dörr, Dr. phil, Grundschullehrerin und Schulpsychologin, seit 2007 wiss. Mitarbeiterin am Lehrstuhl für die Didaktik der Physik an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Aktuelle Entwicklungs- und Forschungsschwerpunkte: Didaktik des Sachunterrichts; Lehreraus- und Fortbildung für physikbezogenen Sachunterricht; Schülervorstellungen und Lernangebote für Grundschulkindern.

Hartmut Wiesner, Prof. Dr. Dr., seit 1995 Professor für Didaktik der Physik an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Aktuelle Entwicklungs- und Forschungsschwerpunkte: Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten; Entwicklung von Lernumgebungen für den Physikunterricht in allen Stufen im Rahmen des Design-Based-Research-Ansatzes; Einsatz von multimedial gestützten Lernumgebungen im Sachunterricht.

Joachim Kahlert, Prof. Dr. phil., seit 1998 Professor für Grundschulpädagogik und –didaktik an der Universität München. Aktuelle Entwicklungs- und Forschungsschwerpunkte: Didaktik des Sachunterrichts, naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule, fallbasiertes Lernen in der Lehrerbildung.