

## Kompetenzorientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts

### Symbiotische Kooperation bei der Entwicklung eines Modells experimenteller Kompetenz

Veronika Maiseyenka\*, Horst Schecker\*, Dennis Nawrath\*

\*Institut für Didaktik der Naturwissenschaften, Abt. Physikdidaktik, Universität Bremen  
 maiseyen@uni-bremen.de, schecker@physik.uni-bremen.de, dennis.nawrath@uni-bremen.de  
 (Eingegangen: 18.05.2012; Angenommen: 19.04.2013)

#### Kurzfassung

Die Förderung kompetenzorientierten Unterrichts gehört zu den aktuellen Schwerpunkten der Lehreraus- und -fortbildung in den naturwissenschaftlichen Fächern. Gemeint ist damit ein Umdenken bei der Unterrichtsplanung und -durchführung von der meist dominierenden Ausrichtung an den Inhalten des Unterrichts hin zu einer stärkeren Orientierung an den Fähigkeiten, die Schülerinnen und Schüler bei der Behandlung der Inhalte entwickeln sollen. Dabei können Kompetenzmodelle naturwissenschaftlicher Fähigkeitsbereiche helfen.

Wir arbeiten seit 2009 mit einer Gruppe Hamburger Lehrkräfte an einem modellbasierten Unterricht zum Experimentieren. Das Vorhaben ist in den Hamburger Schulversuch *alles»könnner* und den Forschungsverbund *komdif* eingebunden. Die Kooperation zwischen Wissenschaftlern und Lehrkräften folgt dem Ansatz der symbiotischen Kooperation. Dieser Aufsatz stellt Ergebnisse der Begleitforschung vor.

#### 1. Hintergrund der Studie: Kompetenzorientiert unterrichten

Seit Verabschiedung der Bildungsstandards für den mittleren Bildungsabschluss in den drei Naturwissenschaften [13] ist die Kompetenzorientierung des Unterrichts eines der zentralen Themen in der Lehreraus- und -fortbildung. Dies kommt in den unterrichtsnahen Fachzeitschriften zum Ausdruck (z. B. [16]). Leisen [17] empfiehlt folgende Fragen als Ausgangspunkte für die Planung kompetenzorientierten Unterrichts: „Was kann an dem Thema, Gegenstand, Material gelernt werden? Welche Kompetenzen können hier besonders gut entwickelt werden?“.

Die Lehrpläne der Bundesländer wurden in den letzten Jahren auf Basis der Bildungsstandards neu gestaltet. Man findet darin häufig eine Differenzierung zwischen „inhaltsbezogenen“ und „prozessbezogenen“ Kompetenzen (z. B. [25]). Gegenüber älteren Lehrplänen werden die prozessbezogenen Kompetenzen, d. h. die Nutzung von Fachmethoden, die fachbezogene Kommunikation und die fachüberschreitende Bewertung stärker hervorgehoben. Viele Schulbücher wurden dahingehend überarbeitet. In Unterrichtszeitschriften wurden die Standards erläutert und kritisch kommentiert (z. B. [3], [27]).

Kompetenzorientierung kann in mehreren sich ergänzenden Facetten verstanden werden:

- a) Orientierung an den Fähigkeiten, die Schülerinnen und Schüler im Unterricht erwerben sollen (im Unterschied zu einer durch die Fachinhalte dominierten Planung),

- b) Stärkung des „handelnden Umgangs mit Wissen“ (vgl. [17]) durch Anwendung inhalts- und prozessbezogener Fähigkeiten für die Lösung von Aufgaben und Problemen, die über den fachsystematischen Kontext hinausgehen,
- c) Berücksichtigung der unterschiedlichen individuellen Fähigkeiten, über die Schülerinnen und Schüler in einer Lerngruppe verfügen, z. B. durch leistungsdifferenzierte Aufgabenstellungen.

Trotz vielfältiger Anstrengungen in der Lehreraus- und -fortbildung herrscht bei den Lehrkräften nach wie vor Unsicherheit, was mit „Kompetenzen“ und „Kompetenzorientierung“ – konkret auf ihren Unterricht bezogen – gemeint sei. In seinem Bericht über die Bundesfachleitertagung Physik hält Heckmann [9] mit Blick auf die Ausbildung in den Studienseminaren fest: „Auch hier stellte sich heraus, wie vielschichtig sich unter den Teilnehmern die Auffassung von Kompetenzen darstellte.“

#### 2. Anlage der Studie

Wir analysieren im vorliegenden Aufsatz Prozesse und Ergebnisse einer engen Kooperation mit Hamburger Lehrkräften bei der Kompetenzorientierung des Unterrichts in den Naturwissenschaften. Im Folgenden werden der Arbeitszusammenhang und die Forschungsfragen vorgestellt.

##### 2.1. Hamburger Schulversuch *alles»könnner*

Vor dem im Abschnitt 1 ausgeführten Hintergrund, der für andere Fächer in gleicher Weise gilt, hat die Freie und Hansestadt Hamburg im Jahr 2008 den auf fünf Jahre angelegten Schulversuch *alles»könnner*

eingrichtet.<sup>1</sup> Am Schulversuch sind ca. 50 Schulen des Primar- und Sekundarbereichs I mit einem breiten Fächerspektrum beteiligt. Ziel ist die Entwicklung und Implementation eines kompetenzorientierten Unterrichts, der Schülerinnen und Schüler individuell fördert.

Die konzeptionelle Arbeit erfolgt in Lehrerarbeitsgruppen, den so genannten *Fachsets*, die achtmal im Jahr an einem Nachmittag für drei bis vier Stunden zusammenkommen. Dem Fachset Naturwissenschaften gehören zum Zeitpunkt der Studie (2010) 14 Lehrkräfte aus acht Hamburger Stadtteilschulen und drei Gymnasien an. Zwei Lehrkräfte koordinieren die Set-Arbeit. Die Mitglieder sollen als Multiplikatoren in ihre Schulen hineinwirken.

Die Sitzungen der Sets werden von fachbezogenen Leitungsgruppen vorbereitet. Darin wirken Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker aus Universitäten beratend mit. Die Wissenschaftler bilden den fächerübergreifenden Forschungsverbund *komdif*.<sup>2</sup> Der Leitungsgruppe Naturwissenschaften gehören die beiden Koordinatoren des Fachsets, die Autoren dieses Aufsatzes als fachdidaktische Beratung sowie eine Mitarbeiterin des Hamburger Landesinstituts für Lehrerbildung und Schulentwicklung an. Seit 2009 nehmen die Wissenschaftler auch an den Arbeitssitzungen des Fachsets teil.

## 2.2. Symbiotische Kooperation

Die Zusammenarbeit im Fachset und in der Leitungsgruppe Naturwissenschaften orientiert sich am Konzept der symbiotischen Kooperation [7]. Unter symbiotischer Kooperation wird eine enge Zusammenarbeit von Lehrkräften und Fachdidaktikern verstanden. Aufgabe der Fachdidaktik ist es, über aktuelle fachdidaktische Erkenntnisse zu informieren und diese in die gemeinsamen Entwicklungsarbeiten einfließen zu lassen, sowie zur Reflexion anzuregen. Die Lehrkräfte bringen ihre Unterrichtsexpertise ein und zeigen dabei Möglichkeiten aber auch Grenzen der Umsetzung fachdidaktischer Konzeptionen auf. Im Dialog werden so die Unterrichtskonzepte und -materialien überarbeitet, mit dem Ziel gleichzeitiger theoretischer Fundierung und praktischer Handhabung im Unterricht.

Ein ähnliches Konzept ist das der partizipativen Aktionsforschung [4]. Während bei der partizipativen Aktionsforschung die gemeinsame Entwicklung, Erprobung und Überarbeitung konkreter themenbezogener Unterrichtskonzeptionen zent-

ral ist, steht im hier beschriebenen Projekt in der Arbeit des Fachsets die *Metaebene* des Planens und Reflektierens von Unterricht im Fokus. Im Sinne von Gräsel und Parchmann ([7], S. 206) sollen die Lehrkräfte Werkzeuge und Strukturen kennen lernen, die als Grundlage für die Arbeit in innerschulischen Arbeitsgruppen und über den Ablauf des Projekts hinaus für die Unterrichtsqualitätsentwicklung wirksam sind. Die Umsetzung erfolgt anschließend an unterschiedlichen unterrichtlichen Themenstellungen.

Das Hamburger Vorhaben ist über einen Zeitraum von fünf Jahren angelegt. Gräsel, Fussangel und Parchmann [6] zeigen in ihrer Studie den Nutzen langfristiger Kooperationen und deren positive Effekte auf die langfristige Entwicklung von Unterricht. Die professionelle Kooperation und die Organisationsstruktur der Arbeit zwischen Lehrkräften und Fachdidaktikern orientiert sich dabei stark an dem Konzept von SINUS-Transfer (vgl. z. B. [30], S. 3ff.) sowie der Kontext-Projekte (Chemie: [23], Biologie: [1], Physik: [21]).

Eine Besonderheit des Hamburger Schulversuchs liegt darin, dass die Arbeiten des Fachsets zuvor in der Leitungsgruppe abgestimmt werden (siehe Abschnitt 2.1). In dieser kleinen Gruppe können unter Einfluss von Perspektiven aus Praxis und Wissenschaft grundsätzliche Entscheidungen vorbereitet und konkrete Vorschläge für die Arbeit im Set formuliert werden.

Damit handlungsbezogenen Kompetenzen des Experimentierens im Unterricht eine bedeutendere Rolle zukommen, müssen die Lehrkräfte im Fachset ihr fachdidaktisches Wissen erweitern und ihren Unterricht im Hinblick auf die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler reflektieren (vgl. [33], S. 162). Nach Lindner ([18], S. 165) wird eine Veränderung des Unterrichts und des Lehrerhandelns nicht durch Vorträge und auch nicht nur durch Einsicht der Lehrkräfte erreicht. Erst das Erproben und das anschließende Reflektieren können Veränderungen mit sich bringen. Erfahrungsberichte der Lehrkräfte sind daher zu einem festen Bestandteil der Sitzungen des Fachsets Naturwissenschaften geworden.

## 2.3. Forschungsfragen

Der Schulversuch *alles»können* ist aus Hamburger Sicht in erster Linie ein breit angelegtes Projekt zur Lehrerprofessionalisierung und zur Förderung der Unterrichtskultur. Für die beteiligten Fachdidaktiker hat die Mitarbeit im Hamburger Schulversuch neben dem Beratungsaspekt auch eine wissenschaftliche Funktion.

Inhaltlich hat sich das Fachset Naturwissenschaften auf den Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ (Fachmethoden) der naturwissenschaftlichen Bildungsstandards und hier auf das Experimentieren

<sup>1</sup> Schulversuch der Hamburger Behörde für Schule und Berufsbildung (2008 – 2013), Leitung: Oberschulrätin Barbara Klüh

<sup>2</sup> Forschungsverbund „Kompetenzentwicklungsmodelle als Basis für eine diagnosegestützte individuelle Förderung von Schülerinnen und Schülern in der Primarstufe und Sekundarstufe I (2009 – 2013, Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik, Universität Bremen, Universität Hamburg, Universität Kiel, Universität Wien, Gesamtleitung: Prof. Dr. Ute Harms, IPN, Kiel)

LK	Sch.	Erf.	Aktiv	Typ
LK 1	StS	mittel	hoch	Nutzer
LK 2	Gy	hoch	hoch	Nutzer
LK 3	StS	mittel	hoch	Nutzer
LK 4	StS	hoch	gering	Nichtnutzer
LK 5	Gy	mittel	hoch	Nutzer
LK 6	StS	hoch	gering	Materialnutzer
LK 7	StS	mittel	hoch	Nutzer
LK 8	StS	mittel	gering	Materialnutzer
LK 9	StS	gering	gering	Nichtnutzer
LK 10	StS	mittel	hoch	Nichtnutzer
LK 11	StS	gering	hoch	Nichtnutzer
LK 12	Gy	mittel	hoch	Materialnutzer
LK 13	Gy	mittel	gering	Nichtnutzer
LK 14	Gy	mittel	hoch	Nutzer

**Tab. 1:** Kenndaten der Mitglieder des Fachsets Naturwissenschaften: LK – Lehrkraft, Sch. – Schulart, Erf. – Unterrichtserfahrung, Aktiv. – Aktivität in der Set-Arbeit, Typ – Nutzungstyp. Weitere Erläuterungen im Text, insbesondere zum Nutzungstyp (siehe Abschnitt 5.2.2).

konzentriert. Die wissenschaftliche Begleitung hat folgende Studien und Forschungsfragen entwickelt:

1. *Kompetenzmodellierung:* Wie differenziert soll ein Modell experimenteller Kompetenzen dimensioniert sein, um Lehrkräften eine praxistaugliche Orientierung geben zu können?
2. *Akzeptanz- und Nutzung:* In welchem Maße und in welcher Weise nutzen Lehrkräfte ein solches Modell für ihre Unterrichtspraxis? Wie verlaufen Transferprozesse in den Fachkollegien der Schulen?
3. *Intervention:* Welche Lernwirkungen hat ein explizit modellbasierter Unterricht bei den Schülerinnen und Schülern?

Im vorliegenden Aufsatz berichten wir über die Kompetenzmodellierung und die Akzeptanz- und Nutzungsstudie (Forschungsfragen 1 und 2).

### 3. Methodik

#### 3.1. Stichprobe

Die Analysen der im Rahmen der Akzeptanz- und Nutzungsstudie gesammelten Daten beziehen sich auf den Stand des Fachsets zum Schuljahr 2009/2010. Die Zusammensetzung des Sets unterlag durch Lehrerwechsel an Schulen und den Wechsel beteiligter Schulen einer gewissen Fluktuation. In der Kernzeit der Akzeptanz- und Nutzungsprüfung im Jahr 2010 waren 14 Lehrpersonen im Set.

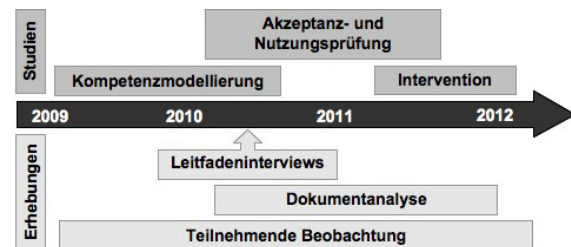
Tabelle 1 enthält grundlegende Informationen zu den Fachset-Mitgliedern. Unter den 14 Lehrpersonen sind zum Zeitpunkt der Erhebung 8 Frauen. Mit 9 von 14 Lehrkräften kommt die Mehrzahl von Stadtteilschulen (Gesamtschulen); 5 weitere lehren an Gymnasien. Die Lehrkräfte unterrichten überwiegend in der Sekundarstufe I, ein Drittel auch in der gymnasialen Oberstufe. Als Fach dominiert die Biologie (13) vor der Chemie (7) und Naturwissen-

schaft als integriertes Fach in der Sekundarstufe 1. Drei Mitglieder unterrichten Physik. Die Unterrichtserfahrungen streuen stark – zwischen vier Jahren (einschließlich Vorbereitungsdienst) und über 20 Jahren. Als „geringe“ Unterrichtserfahrungen haben wir Werte unter 5 Jahren eingestuft. Hier befinden sich Lehrkräfte noch in der Berufseingangsphase (vgl. [32], S. 129). Als „hohe“ Berufserfahrung zählen wir eine Praxis von 20 Jahren und mehr.

Die ursprünglichen Gründe für die Mitgliedschaft im Fachset differieren. Einige Mitglieder wurden von ihren Schulen als Vertreterinnen oder Vertreter entsandt; die Mehrzahl hatte sich in ihren Schulen selbst dafür gemeldet.

#### 3.2. Datenerhebungen

Für die Analyse des Verlaufs und der Ergebnisse der Arbeiten im Fachset Naturwissenschaften wurden fortlaufend Prozessdaten festgehalten und zwei punktuelle Befragungen durchgeführt. Abbildung 1 gibt einen Überblick.



**Abb. 1:** Studienverlauf und Datenerhebung

#### Leitfadeninterviews mit den Lehrkräften

Haben die einzelnen Lehrkräfte das im Fachset entwickelte Modell des Experimentierprozesses für sich erschlossen und akzeptieren sie es? Lassen sich hinsichtlich der Nutzung des Modells bestimmte Typen identifizieren? Zur Beantwortung dieser Fragen wurden im Mai und Juni 2010 14 leitfadenbasierte Interviews mit den Lehrkräften des Fachsets durchgeführt. Die Autoren gingen von der Annahme aus, dass es einen Zusammenhang zwischen der Einstellung zum Experimentieren einerseits und der Tiefe der Erschließung des Modells sowie dessen Nutzung andererseits gibt. Diese Annahme korrespondiert mit den Ergebnissen von Neuhaus und Vogt [24]. Wiederum könnten ein vertieftes Modellverständnis und eine aktive Modellnutzung mit dem erfolgreichen Ideentransfer in das eigene Fachkollegium in Verbindung stehen.

Die Interviews waren thematisch in drei große Bereiche gegliedert:

- Sicht der Lehrkräfte auf die Rolle des Experimentierens im eigenen und allgemein im naturwissenschaftlichen Unterricht,
- Verständnis der Funktionen des Modells experimenteller Kompetenz und der damit gewonnenen Erfahrungen,

- Sicht auf den Ideentransfer in das Fachkollegium der eigenen Schule.

Die drei Bereiche wurden nacheinander im Gespräch thematisiert. Dafür wurden im Vorfeld 20 Leitfragen formuliert, die in Abhängigkeit vom Gesprächsverlauf an geeigneten Stellen gestellt wurden. Die 45- bis 60-minütigen Interviews wurden mit einem Diktiergerät aufgezeichnet.

#### *Teilnehmende Beobachtung / Feldnotizen*

Durch die aktive Teilhabe der Autoren dieses Aufsatzes an der Arbeit im Schulversuch ergab sich die Möglichkeit zur teilnehmenden Beobachtung im Rahmen der Fachset-Sitzungen. Die Beteiligung an den Diskussionen bei der Modellentwicklung und -graduierung und an der Mitgestaltung von Materialien geben einen umfassenden Aufschluss über die Prozesse der Einstellungs- und Verhaltensänderung bei den Fachset-Kollegien in Bezug auf das kompetenzorientierte Experimentieren. Zur teilnehmenden Beobachtung zählen außerdem Besuche bei den Lehrkräften des Fachsets vor Ort in den Schulen und Unterrichtshospitation. Über die Protokolle der Fachset-Sitzungen hinaus wurden Feldnotizen zu den Sitzungen angefertigt und die während der Set-Arbeit entstandenen Produkte dokumentiert. Die Aufzeichnungen liefern ein detailliertes Bild über das Fortschreiten und die Produkte der gemeinsamen Arbeit.

#### *Dokumentensammlung*

Nach der Phase der Modellentwicklung wurden im Fachset bis dahin verwendete experimentelle Aufgabenstellungen kompetenzorientiert überarbeitet und neue Arbeitsaufträge für die Schülerinnen und Schüler entwickelt. Die Erprobungen wurden im Schuljahr 2009/2010 mit speziell dafür entwickelten Protokollbögen dokumentiert. Damit sollte ermittelt werden, ob die geplante spezifische Förderung experimenteller Teilkompetenzen von den Lehrkräften entsprechend der Planung umgesetzt wurde. Gleichzeitig wurden die Schülerinnen und Schüler befragt, welche Teilkompetenzen bei der Aufgabebearbeitung in ihrer Wahrnehmung im Vordergrund standen.

Im Rahmen der 2011 gestarteten Interventionsstudie dokumentieren die beteiligten Lehrkräfte ihren Unterricht anhand von Protokollbögen, die sie nach jeder Stunde ausfüllen. Anhand dieser Unterrichtsdokumentation erfolgt der Treatment-Check in der Interventionsstudie: Wurde der Unterricht tatsächlich unter Berücksichtigung des Modells geplant und durchgeführt? In welchem Umfang kommen experimentelle Anteile im Unterricht der beteiligten Lehrkräfte vor und an welchen Kompetenzen orientieren sie sich in ihrem experimentellen Unterricht? Die Protokollbögen können somit gleichzeitig für die Akzeptanz- und Nutzungsstudie herangezogen werden.

### **3.3. Datenanalyse**

#### *Analyse von Prozessen im Fachset*

Wir orientieren uns bei der Prozessanalyse methodisch an Erickson [5]. Das Verfahren eignet sich insbesondere, um detaillierte Informationen über die Implementation bestimmter Unterrichtsansätze zu erhalten, dabei subjektive Überzeugungen der Lehrkräfte zu berücksichtigen und Unterrichtsveränderungen zu beschreiben (vgl. [5], S. 1155).

Nach Erickson kommt sowohl der Beobachtung von Prozessen als auch dem gezielten Fragen eine wichtige Rolle zu (vgl. [5], S. 1159). Die vorliegende Studie basiert daher sowohl auf der teilnehmenden Beobachtung bei der Entwicklung eines Modells experimenteller Kompetenz als auch auf Interviewdaten zur Implementation des Modells in den Unterricht der beteiligten Lehrkräfte. Erickson beschreibt wesentliche Schritte, die für die Auswertung dieser Studie maßgeblich sind. Basierend auf den erhobenen Beobachtungsdaten und den Interviews werden Thesen über die Forschungsfragen formuliert (*Finding Assertions*). Die Daten werden mit Blick auf die formulierten Thesen erneut systematisch untersucht (*Searching Data Sources for Evidence, Analytic Induction*). Dabei werden insbesondere häufige Beobachtungen oder Argumente der Lehrkräfte bei der folgenden Darstellung berücksichtigt (*Frequency Counts and Discrepant Instances*). Aufgrund der großen Datenlage ist es wichtig, wesentliche Thesen zu formulieren. Dabei wird die Empfehlung von Erickson ([5], S. 1167) berücksichtigt, nicht die Beobachtungen und Analysen der Interviewdaten vollständig wiederzugeben, sondern sich auf die wichtigsten Aspekte zu beschränken.

Bei der Begründung der Thesen bedienen wir uns erneut Empfehlungen von Erickson ([5], S. 1168ff.). Dazu gehören detaillierte Beschreibungen besonders wichtiger Beobachtungen bzw. Aussagen von Lehrkräften (*particular description*), aber auch generalisierende Beschreibungen (*general description*). Dadurch sollen sowohl Häufigkeiten in Äußerungen und Beobachtungen deutlich gemacht als auch auffällige Unterschiede der subjektiven Eindrücke einzelner Lehrkräfte berücksichtigt werden.

#### *Typenbildung*

Um die Wirkungen einer gemeinsamen Arbeit von Lehrkräften und Wissenschaftlern an unterrichtlichen Innovationen, zu denen die Kompetenzorientierung zählt, mit realistischen Erwartungen zu versehen, kann eine Unterscheidung zwischen verschiedenen Typen des Umgangs mit der Innovation „modellbasiertes Experimentieren“ nützlich sein. Die unter Abschnitt 5.2 vorgestellten Typen der Nutzung des Kompetenzmodells zum Experimentieren beruhen auf einer Analyse der Daten aus den Leitfadenterviews, die nach ca. 15 Monaten Set-Arbeit geführt wurden (siehe Abschnitt 3.2). Die Interview-Transkripte wurden in Anlehnung an die Methode der Typenbildung nach Kelle und Kluge [12] aus-

gewertet. Die Methode stellt Regeln für Kontrastierung, Vergleiche von Fällen sowie für eine empirisch begründete Typenbildung zur Verfügung.

Die Datenverarbeitung basiert auf Fallkontrastierung durch die Auswahl möglichst unterschiedlicher Fälle zum Erfassen von tatsächlicher Heterogenität in dem Untersuchungsfeld. So wurde z. B. am Anfang der Analyse eine in der gemeinsamen Fachset-Arbeit eher passive Biologielehrkraft aus einer Stadteilschule einer in der Set-Arbeit besonders aktiven gymnasialen Physiklehrkraft gegenübergestellt. Durch die Zusammensetzung der Lehrergruppe des Fachsets ist eine hohe Heterogenität bereits gewährleistet (unterschiedliche Schulformen und Fächer, siehe Abschnitt 3.1).

Im Analyseprozess werden fortlaufend Quervergleiche zwischen den Fällen unternommen. Dafür steht zum Analyseanfang ein Kategorienschema, das als Grundlage für die Strukturierung des Interviewleitfadens dient. Im Laufe der Analyse wird dieses Schema mit empirisch gehaltvollen Subkategorien ergänzt. So erwies sich bei der allgemeinen Frage nach dem Verständnis des Experimentiermodells eine Unterfrage zum „Verständnis der *Funktionen* des Modells für Lehrkräfte“ als differenzierend und daher als aufschlussreich für die Typisierung. Die Oberkategorien für die Analyse der Transkripte waren durch den thematischen Aufbau des Interview-Leitfadens bereits angelegt. Bei der Analyse des Datenmaterials wurden weitere Kategorien spezifiziert, wie z. B. „Modelleinsatz bei der Unterrichtsdiagnose und -planung“. Diese Kategorie wurde u. a. durch die Subkategorie „Aufgaben- bzw. Unterrichtsgestaltung“ (als eine der potenziell möglichen Modellfunktionen) „empirisch aufgefüllt“ (vgl. [12], S. 67).

Die anschließende Typenbildung erfordert eine systematische Suche nach Zusammenhängen zwischen den Kategorien. Nicht jede Lehrperson weist Merkmale auf, die sie eindeutig einem scharf umrissenen Profil zuordnen lässt. Durch das Abwägen und Gegenüberstellen einzelner Kategorienkombinationen über das gesamte Datenmaterial wird der „Merkmalsraum, der einer Typologie zugrunde liegt, (re-)konstruiert“ ([12], S. 78).

#### 4. Arbeiten im Fachset

Um die im Abschnitt 5 vorgestellten Ergebnisse der Begleitforschung besser nachvollziehen und einordnen zu können, sollen zunächst der Prozess und die Entwicklungsergebnisse der symbiotischen Kooperation beschrieben werden.

##### 4.1. Arbeitsprozess

Am Beginn der Arbeit im Fachset wurden intensiv Fragen diskutiert, die auch in Lehrerfortbildungsveranstaltungen immer wieder gestellt werden (vgl. [17]):

- Worin unterscheidet sich kompetenzorientierter Unterricht von dem Unterricht, den wir bisher erteilen?
- Geht Kompetenzorientierung nicht zu Lasten des inhaltlichen Lernens?

Die Diskussionen führten zu folgender Arbeitsgrundlage:

- Unterricht, bei dem nicht nur an die Fachinhalte gedacht wird, hat es auch schon vor der Kompetenzorientierung gegeben. In der Weiterentwicklung kommt es darauf an, sich als Lehrkraft die impliziten Annahmen darüber, was bisher fachmethodisch in einer Unterrichtseinheit mitgelernt werden sollte, in der Planung bewusst zu machen und prozessbezogene Kompetenzen im Unterricht explizit zu thematisieren.
- Kompetenzorientierung des Unterrichts erfordert ein Umdenken bei den Lehrkräften. Daher soll im Fachset an Kompetenzrastern für die Unterrichtsplanung gearbeitet werden, die für die Unterrichtspraxis durchgehend Orientierung geben können (vgl. Aspekt a) der Liste aus Abschnitt 1).

Anfang 2009 wurde in Abstimmung zwischen Set-Mitgliedern und wissenschaftlicher Beratung entschieden, das Thema „Experimentierkompetenz“ zu behandeln. Die damit verbundenen fachmethodischen Fähigkeiten erschienen für die fächerübergreifende Arbeit im Set besonders geeignet. Bis Mitte 2010 stand diese Thematik aus dem Kompetenzbereich ‚Erkenntnisgewinnung‘ im Zentrum der Set-Arbeit. Ziel der Arbeit war ein unterrichtspraktikables Modell des Experimentierens, das Lehrkräfte für die Analyse und Weiterentwicklung des eigenen Unterrichts nutzen können. Der inzwischen erreichte Stand des Modells wird im Abschnitt 4.2 vorgestellt. Die Lehrkräfte entwickelten und erprobten Experimentieranleitungen bzw. überarbeiteten vorhandene Materialien vor dem Hintergrund des Modells. Unterrichtsvorhaben zur gezielten Förderung experimenteller Teilkompetenzen (s. a. [22]; [34]) wurden entwickelt und erprobt.

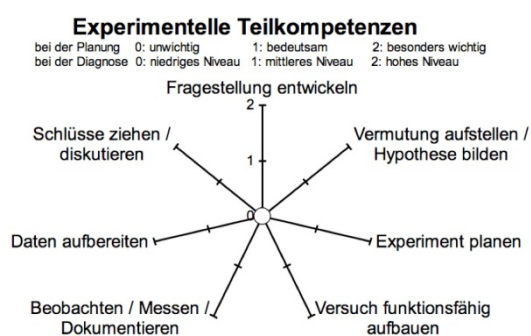
Mit Beginn des Schuljahres 2010/2011 verlagerte sich der Arbeitsschwerpunkt im Fachset zum Thema „Modellieren“ im Sinne des Lernens mit naturwissenschaftlichen Modellen und des Modellierens in den Naturwissenschaften.

Schuljahr	Arbeit
2008/09	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Klärung der Ziele der Set-Arbeit</li> <li>- Erarbeitung eines Verständnisses kompetenzorientierten Unterrichtens</li> <li>- Vorstellung und Überarbeitung eines Modells experimenteller Kompetenz</li> <li>- Skizzierung erster modellbasierter Unterrichtsmaterialien</li> </ul>
2009/10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revision des Modells: Verringerung der Anzahl an Teilkompetenzen</li> <li>- Inhaltliche Beschreibung der Teilkompetenzen für Lernende</li> <li>- Graduierung der Teilkompetenzen</li> <li>- Analyse der Hamburger Rahmenlehrpläne hinsichtlich experimenteller Kompetenzen</li> <li>- Entwicklung und Erprobung modellbasierter Arbeitsaufträge für Schüler</li> <li>- Austausch über Leistungs-Rückmeldeformate, die in Schulen bereits eingesetzt werden</li> </ul>
2010/11	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transfer des Modells zum Experimentieren in die Fachkollegien; regelmäßige Berichte aus den im Set vertretenen Schulen über Implementationsschritte und -probleme</li> <li>- Beginn der Erarbeitung eines Schemas zum Lernen mit naturwissenschaftlichen Modellen</li> </ul>

**Tab. 2:** Arbeitsverlauf im Fachset Naturwissenschaften

#### 4.2. Arbeitsergebnis: Modell experimenteller Kompetenz

Im intensiven Austausch zwischen den Lehrkräften und den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern kristallisierte sich nach mehreren Überarbeitungsschritten (siehe dazu Abschnitt 5.1) das in Abbildung 2 gezeigte Modell experimenteller Kompetenz heraus.



**Abb. 2:** Facettenmodell experimenteller Kompetenz (vgl. [22])

Ausgangspunkt war ein Strukturierungsvorschlag von Schreiber, Theyßen und Schecker [29]. Bei der Diskussion über eine dem Unterricht angemessenen Modellierung spielten im Fachset die Planungs- und Auswertungsfacetten des Experimentierens gegenüber der praktischen Durchführung von Versuchen (z. B. Versuchsanordnung aufbauen, Messdaten

erheben) eine geringere Rolle. Hierin unterschied sich der Ansatz von Modellen aus der fachdidaktischen Forschung, die auf Hypothesenbildung, Planung und Auswertung fokussieren (z. B. [8]).

Das Modell hat eine Doppelfunktion. Es dient zum einen als Grundlage für die Planung und Durchführung experimentellen naturwissenschaftlichen Unterrichts und verdeutlicht dabei die Akzentuierung auf Teilkompetenzen durch Angabe ihrer Gewichtung. In der Reflexion ihres Unterrichtsgangs können sich Lehrkräfte einen Überblick darüber verschaffen, welche Teilkompetenzen sie in einem Schuljahr besonders gefördert haben und bei welchen Teilkompetenzen noch Bedarf besteht. Das Modell soll zum anderen als Raster für die Diagnose experimenteller Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler dienen. Mit Hilfe des Modells kann den Schülern zurückgemeldet werden, in welchen Bereichen des Experimentierens sie ihre Fähigkeiten gut entwickelt haben bzw. wo noch Verbesserungsbedarf besteht. Die Teilkompetenzen und jeweils drei zugehörige Kompetenzstufen sind ausführlich in [22] beschrieben und anhand von Praxisbeispielen verdeutlicht.

#### 5. Ergebnisse der Begleitforschung

Wir stellen Ergebnisse aus zwei Studien der fachdidaktischen Begleitforschung vor. Zunächst geht es im Abschnitt 5.1 um die Frage, wie stark ein Kompetenzmodell zum Experimentieren als Orientierungshilfe für Lehrkräfte nach Teilkompetenzen aufgeschlüsselt sein soll oder kann (Forschungsfrage 1). Es folgen im Abschnitt 5.2 Ergebnisse aus der Studie zur Akzeptanz und Nutzung des Experimentiermodells durch die beteiligten Set-Lehrkräfte (Frage 2).

In beiden Fällen handelt es sich um qualitative, hypothesengenerierende Analysen. Die Ergebnisse werden daher in Thesenform präsentiert und anhand der vorliegenden Daten diskutiert und begründet.

##### 5.1. Kompetenzmodellierung

Die im Folgenden diskutierten Fragen der Differenziertheit der Modellstruktur und der Graduierung der Teilkompetenzen stehen im engen Zusammenhang mit der ökologischen Validität des Modells. Ökologische Validität kann auf einer allgemeinen Ebene als Bewährung in einem „natürlichen“ Kontext gesehen werden. Oft wird das Kriterium ökologischer Validität auf die Eignung von *Messverfahren* außerhalb kontrollierter Untersuchungsbedingungen (vgl. [28], S. 782) bezogen. Wir verwenden den Begriff für die Eignung von Kompetenzmodellen in der alltäglichen, „normalen“ Unterrichtspraxis. Der Kontext ist für uns zunächst die Planung und Durchführung des Unterrichts der Lehrkräfte des Fachsets Naturwissenschaften. Darüber hinaus ist die Frage der Transferierbarkeit in die Fachkollegien der Schulen relevant, an denen die Set-Mitglieder unterrichten.

Wir machen ökologische Validität im Zusammenhang mit der Arbeit im Hamburger Schulversuchsprogramm konkret an folgenden Merkmalen fest:

- Die Lehrkräfte empfinden die Struktur des Modells als plausibel und nachvollziehbar.
- Die Struktur des Modells wird von Lehrkräften als kompatibel zur Praxis der Gestaltung naturwissenschaftlichen Unterrichts angesehen.
- Das Modell wird von Lehrkräften als hilfreich für die Reflexion und Weiterentwicklung der eigenen Unterrichtsgestaltung eingeschätzt und genutzt.

Das Kriterium der ökologischen Validität steht nicht zwangsläufig im Gegensatz zu Modellen aus der fachdidaktischen Grundlagenforschung. Modelle aus der empirischen Forschung können ökologisch valide sein. Das Ziel von Forschungsmodellen ist jedoch nicht primär die Wirkung in der Unterrichtsplanung als vielmehr die Aufklärung der kognitiven Struktur von Lernenden. Schecker & Parchmann [26] kennzeichnen ein deskriptives Kompetenzstrukturmodell als „das Gefüge einer nach Dimensionen gegliederten Beschreibung eines ‚typischen‘ Musters (kognitiver) Voraussetzungen, mit dem man das Verhalten von Lernenden beim Lösen von Aufgaben und Problemen in einem bestimmten Gegenstands- oder Anforderungsbereich rekonstruieren bzw. beschreiben kann“. Die Ausarbeitung solcher Modelle erfolgt auf Grundlage von Daten breiter empirischer Tests unter Laborbedingungen und mittels psychometrischer Verfahren. Es bleibt dann offen, inwieweit Lehrkräfte in ihren komplexen unterrichtlichen Handlungssituationen auf dieser Basis eine Diagnostik betreiben oder die differenzierten Modelle ihrer Unterrichtsplanung zugrunde legen können. Diese Frage wird in der vorliegenden Studie nicht in Form einer experimentellen Vergleichsstudie der Verwendung eines Forschungsmodells zum Experimentieren (z. B. [8], [29]) versus des im Set entwickelten Modells angegangen. Wir vergleichen allerdings die Strukturierungsgrade der beiden Modelltypen und leiten aus dem Prozess der Strukturentwicklung des Set-Modells Schlüsse für Merkmale ökologisch valider Modelle ab.

Für die Balance zwischen theoretischer Fundierung einerseits und ökologischer Validität andererseits gibt es kein Patentrezept. Stadler, Ostermeier & Prenzel ([30], S. 27) fordern, das verwendete wissenschaftliche Wissen müsse so aufgearbeitet werden, dass seine Anwendung in der Praxis sinnvoll und den Zielen dienlich erscheine. Über den Grad der dafür erforderlichen Transformationen (von Termini bis hin zu Strukturen) ist jedoch jeweils konkret inhaltsbezogen zu entscheiden. Man muss sich im Hinblick auf Kompetenzmodelle, um die es in der vorliegenden Studie geht, bewusst sein, dass wissenschaftliche Gütekriterien der fachdidaktischen Forschung – wie theoretische Differenziertheit oder psychometrische Aspekte sowie überschneidungs-

freie Messbarkeit von Teilkompetenzen – aus der Perspektive von Lehrkräften hinter Fragen der Praktikabilität der Verwendung des Modells in der Unterrichtspraxis zurücktreten. Auch Bernholt, Parchmann & Commons ([2], S. 240) haben gefordert, bei der Kompetenzmodellierung „nicht nur die Forschungsperspektive, sondern auch verstärkt die Anforderungen der Unterrichtspraxis zu berücksichtigen“.

#### *These 1.1: Kompetenzstrukturierung*

- Bei der Struktur eines Kompetenzmodells für die Unterrichtspraxis zählen Übersichtlichkeit und Handhabbarkeit für Lehrkräfte mehr als theoretische Differenziertheit. Kompetenzmodelle aus der fachdidaktischen Forschung können Ausgangspunkte sein, bedürfen jedoch einer Anpassung an die Perspektiven von Lehrkräften.

Die These soll im Folgenden anhand des Prozessverlaufs bei der Erarbeitung des Modells belegt werden.

Die Arbeit am Modell begann im Fachset im Februar 2009 mit einem Input der fachdidaktischen Beratung. Vorgestellt wurde der heuristische Entwurf eines Facettenmodells schulischen Experimentierens mit *20 Facetten* (aufbauend auf [29]). In einer ausführlichen Diskussion im Fachset wurden zwei Facetten des Ursprungsvorschlags gestrichen und drei ergänzt. Die Biologie-Lehrkräfte im Fachset legten besonderen Wert darauf, neben dem „Messen“ das „Beobachten“ speziell auszuweisen. Es wurden zwei Aspekte der Arbeitsqualität (u. a. „sorgfältig und genau arbeiten“) als zwar wichtig, aber nicht experimentierspezifisch ausgeklammert. Dafür wurden andere, aus Sicht der Set-Lehrkräfte in der Unterrichtspraxis bedeutsamere Facetten ergänzt, z. B. „(Versuchs-) Ergebnisse denen anderer Gruppen gegenüberstellen und diskutieren“. Im Ergebnis entstand ein Metaplan mit den drei Säulen „Planung“, „Durchführung“ und „Auswertung“ und *21 zugeordneten Facetten*.

Um das Modell übersichtlicher zu gestalten, wurde es im Anschluss in einer Sitzung der mit Praktikern und Wissenschaftlern besetzten Leitungsgruppe in ein „Spinnennetz“ (zur Darstellung vgl. [31]) mit *zehn allgemeiner formulierten Facetten* umgesetzt. Die gewählte grafische Modellrepräsentation wurde von den Lehrkräften im Fachset als besonders anschaulich bezeichnet.

Seit 2010 wird im Fachset nach weiteren Zusammenfassungen von Facetten ein Modell mit nur noch *sieben übergeordneten Teilkompetenzen* verwendet (vgl. Abb. 2). Hintergrund waren Praktikabilitätsaspekte. Dazu zählt eine nach Einschätzung der Lehrkräfte bessere Vermittelbarkeit beim Transfer in die schulinternen Fachkollegien. Darüber hinaus spielte es eine wichtige Rolle, dass das Modell auch für Schülerinnen und Schüler nachvollziehbar sein sollte, um es im Unterricht direkt verwenden zu können.



Der Rückblick auf den Verlauf der Arbeiten am Kompetenzmodell des Experimentierens zeigt eine sukzessiv größer werdende Struktur. Diese Begrenzung der Differenziertheit wird – so das Ergebnis der Diskussionen im Fachset und in der Leitungsgruppe – durch die Vorteile einer besseren Verständlichkeit und Vermittelbarkeit aufgewogen, insbesondere im Hinblick auf Lehrkräfte, die nicht selbst Mitglieder des Fachsets Naturwissenschaften sind. Ein ökologisch valides Modell soll bei begrenztem Erklärungsaufwand konkrete Anstöße für die Reflexion und Weiterentwicklung von Unterricht bieten. Nach Aussagen der Lehrkräfte in Set-Sitzungen wird dies im vorliegenden „Spinnennetz-Modell“ dadurch erreicht, dass Teilkompetenzen vor Augen geführt werden, die in der bisherigen Unterrichtspraxis vernachlässigt wurden, z. B. das Entwickeln eigener Fragestellungen und die Planung von Experimenten durch die Schülerinnen und Schüler (vgl. These 2.1).

#### *These 1.2: Kompetenzgraduierung*

- Bei der Graduierung von Teilkompetenzen für die Unterrichtspraxis ist das Hauptkriterium die Unterscheidbarkeit der Stufen im Unterrichtskontext.

In einer Sitzung des Fachsets im Mai 2009 wurde der erreichte Zwischenstand mit einem Kompetenzmodell zum wissenschaftlichen Denken von Mayer, Grube & Möller [20] verglichen, in dem Teilkompetenzen des Experimentierens als wissenschaftliches Denken ausgewiesen sind. Folgende Unterschiede wurden wahrgenommen:

- Das Modell zum wissenschaftlichen Denken klammert die Durchführungsfacetten aus.
- Die Teilkompetenzen sind hier in fünf Stufen graduiert – und zwar nach der Komplexität des untersuchten fachlichen Zusammenhangs und der Elaboriertheit der für die Lösung anzustellenden Überlegungen.

Das Ausklammern von Aspekten der konkreten Durchführung von Experimenten wurde von den Lehrkräften im Fachset deutlich kritisiert. Das widerspreche der Bedeutsamkeit von Experimenten im unterrichtlichen Handlungszusammenhang. Hier sei das eigene Modell vorzuziehen. Die vorgestellte Graduierung im Modell von Mayer, Grube & Möller [20] bedurfte eingehender Erläuterungen durch die fachdidaktische Begleitung. Die Lehrkräfte verlangten nach weiteren konkretisierenden Beispielen, die in einer späteren Sitzung des Fachsets von der Wissenschaftsseite eingebracht wurden.

Eine *Graduierung der Anforderungen* bzw. Schülerfähigkeiten in den einzelnen Kompetenzfacetten wurde als sinnvoll und notwendig bezeichnet. Bis dahin gab es im eigenen Modell nur eine Stufe für die *Bedeutung* der Facetten in einem experimentellen Unterrichtsabschnitt. Die zu erarbeitenden Formulierungen von Kompetenzstufen sollten aus Sicht der Lehrkräfte gleichzeitig als Rückmeldeformat an

Schülerinnen und Schüler über ihren Leistungsstand geeignet sein.

Die Stufungen (siehe [22]) wurden bis Mai 2010 in zwei Sitzungen des Fachsets und zwei Sitzungen einer Unterarbeitsgruppe aus Lehrkräften und Wissenschaftlern entwickelt. Ausgangspunkt war ein Vorschlag von Seiten der fachdidaktischen Begleitung mit zunächst jeweils vier Stufen zu den sieben Facetten. Anders als im Modell von Mayer, Grube & Möller [20] orientierte sich der Vorschlag nicht an einem übergeordneten generellen Schema von Komplexität – die Stufen waren jeweils auf die Einzelfacetten bezogen. Für die Facette „Experiment planen“ lauteten die Stufen beispielsweise:

0. Kein nachvollziehbarer Versuchsplan erkennbar
1. Versuchsplan vorhanden, kein Zusammenhang zur Fragestellung gegeben
2. Versuchsplan vorhanden, ungenaue Beschreibung der vorgesehenen Beobachtungen bzw. Messungen und einzubeziehenden Variablen
3. Voll ausgearbeiteter und realisierbarer Versuchsplan

In einer Set-Sitzung und zwei Arbeitsgruppensitzungen wurde versucht, die vorgeschlagene Viererstuftung der Teilkompetenzen auf konkrete Experimentieraufgaben anzuwenden. Bei den Diskussionen stand von Lehrerseite klar die Frage im Vordergrund, ob und wie man sich auf das betrachtete Einzelexperiment bezogen ganz konkrete Schülerleistungen auf den verschiedenen Niveaus vorstellen kann und ob diese von einer Lehrkraft in einer Unterrichtsstunde wahrgenommen und unterschieden werden können, wenn sie Schülerarbeitsgruppen beobachtet und berät bzw. wenn sie schriftliche Ausarbeitungen der Schüler durchsieht. Diese Anforderungen unterscheiden sich von Gütekriterien, die bei einer kontrollierten empirischen Studie im fachdidaktischen Forschungskontext zum Tragen kommen. Lehrkräfte haben in Unterrichtssituationen mit bis zu zehn parallel arbeitenden Schülergruppen nur sehr eingeschränkte diagnostische Möglichkeiten, müssen aber gleichzeitig zeitnah reagieren.

In einem engen Zusammenhang damit stand die Frage nach der *Anzahl* der Kompetenzstufen. Der erste Graduierungsansatz mit vier Stufen wurde im Fachset bzw. der Unterarbeitsgruppe bald wieder verworfen. Bei den exemplarisch diskutierten experimentellen Arbeitsaufträgen ließen sich vier unterschiedlich kompetente Realisierungen nicht durchgehend konstruieren. Am Beispiel der Facette „Versuchsplanung“ (s. o.) lautete die Frage z. B., ob die Stufen 1 und 2 im Hinblick auf Schülerleistungen qualitativ unterschiedlich zu betrachten seien. Im Ergebnis der Diskussionen wurde entschieden, bei den sieben Facetten bzw. Teilkompetenzen jeweils nur *drei* Kompetenzstufen zu unterscheiden.

Die Zahl ‚drei‘ erschien den beteiligten Lehrkräften für die Graduierung von Kompetenzen demnach



geeigneter als fünf (oder mehr) Niveaus, wie sie in Forschungsstudien verwendet werden (z. B. [11]). Dies entspricht der Anzahl nach den Anforderungsbereichen in den Bildungsstandards der Naturwissenschaften [13] und in den Abiturstandards [14] oder auch den drei Niveaus, nach denen der Hamburger Rahmenplan für den Lernbereich Naturwissenschaften und Technik [15] die Kompetenzanforderungen beschreibt. Grundlage für die Präferenz von weniger als fünf Stufen waren die Erfahrungen vergeblicher Anstrengungen in der Arbeit zweier Fachset-Sitzungen und einer ergänzenden Sitzung einer kleineren Arbeitsgruppe, selbst nur vier Stufen von Fähigkeiten auszuformulieren. Es war den Lehrkräften und den beteiligten Wissenschaftlern nicht gelungen, bezogen auf die einzelnen Teilkompetenzen Beschreibungen zu formulieren, die bei Anwendung auf konkrete experimentelle Aufgabenstellungen so differenziert operationalisiert werden konnten. Die Frage lautete von Lehrerseite: „An welchen Handlungen oder Ergebnissen von Handlungen erkenne ich bei diesem Experiment die Unterschiede zwischen den Stufen  $x$  und  $x+1$ ?“.

Bei einem Large-Scale-Test können mit Multimatrix-Design viele in ihren Anforderungen differenziert abgestufte Aufgaben vorgelegt werden. Für eine Lehrkraft ist das nicht in ähnlicher Weise möglich. Die Arbeiten im Fachset Naturwissenschaften deuten darauf hin, dass für Lehrkräfte, die in ihrem Unterricht auf eine Variation von Anforderungen achten möchten, Modelle hilfreicher sind, die mit weniger Stufen arbeiten. Nach den Ergebnissen der intensiven Arbeit im Fachset sind drei Stufen sowohl im Hinblick auf konkret eingesetzte Experimentieraufgaben als auch im Hinblick auf eine übergreifend allgemeine Ausdifferenzierung noch handhabbar, d. h. aus Sicht der Lehrkräfte in Unterrichtssituationen noch diagnostizierbar.

## 5.2. Akzeptanz- und Nutzung

Die Erarbeitung des Modells experimenteller Kompetenz in den Fachset-Sitzungen erlaubt noch keine Aussagen darüber, ob das Modell im eigenen Unterricht tatsächlich auch verwendet und in die Fachkollegien an der eigenen Schule eingebracht wird. Die Thesen in den Abschnitten 5.2.1 und 5.2.2 präsentieren Ergebnisse der Akzeptanz- und Nutzungsstudie.

### 5.2.1. Implementation und Dissemination des Modells in der Schulpraxis

#### *These 2.1: Umdenken versus Manifestierung*

- Ein Bewusstsein für die Notwendigkeit des Umdenkens von einer inhalts- zu einer kompetenzorientierten Planung experimenteller Unterrichtsphasen lässt sich bei Lehrkräften recht rasch initiieren. Es schlägt sich aber erst langfristig in den von Lehrkräften verwendeten Arbeitsaufträgen im Unterricht konkret nieder. Das gilt insbesondere für explizite fachmethodische Reflexionsanteile.

Durch die gemeinsame Arbeit im Fachset ist den Lehrkräften die Einseitigkeit des traditionellen Experimenteinsatzes im Unterricht schnell klar geworden. Anhand der Spinnennetz-Präsentation des Modells zeigte sich, dass Messen und Auswerten gegenüber der Entwicklung eigener Fragen oder dem Planen von Experimenten dominiert. Die meisten der nach ca. eineinhalb Jahren Set-Arbeit interviewten Lehrkräfte gaben an, dass bei ihnen eine grundlegende Änderung der Sicht auf das Experimentieren stattgefunden habe – von einer stark durch die fachlichen Inhalte der Experimente geprägten Sichtweise zur Identifikation von Kompetenzentwicklungsmöglichkeiten bei einem konkreten Experiment bzw. einer Unterrichtseinheit mit experimentellen Anteilen: „Früher war das Experimentieren immer nach dem gleichen Schema. Momentan denke ich bei jedem Versuch darüber nach, von welcher Seite gehe ich ran an diesen Versuch, welche Kompetenzen sollen die Schüler dabei erwerben?“ (Lehrkraft 1, LK1). Über die Hälfte der Set-Mitglieder hatte damit begonnen, vorhandene eigene Materialien unter dem neuen Blickwinkel auf das Experimentieren zu überarbeiten. Bei einem Drittel der Lehrkräfte hatte sich dieser Unterrichtsvorbereitungsstil nach eigenen Aussagen nachhaltig etabliert.

Die gemeinsame Materialienentwicklung während der Set-Arbeit und die aus dem Unterricht der Lehrkräfte mitgebrachten Arbeitsblätter zeigten allerdings, wie schwer es den Lehrkräften fiel, von der traditionellen Formulierung von Experimentieranleitungen (Geräteliste, Aufbau- und Durchführungsanleitung, Auswertung) abzuweichen. Bei den Lehrkräften hatte ein Umdenken eingesetzt; sie hatten gedanklich ihre experimentellen Unterrichtsziele anders akzentuiert, aber dieses schlug sich noch zu wenig in erkennbar anders formulierten Arbeitsaufträgen nieder. Diese erschienen immer noch inhaltsdominiert: das Experiment als Transportmittel für fachlich-inhaltliches Wissen. Dass nach der Intention der Lehrkräfte gleichzeitig fachmethodische Fähigkeiten erworben werden sollten, ging aus den formulierten Arbeitsaufträgen zu wenig hervor. Es fehlten Teilaufgaben, in denen fachmethodische Teilkompetenzen für Schüler deutlich hervorgehoben werden. Das hätten z. B. Aufträge zur Verbindung der Teilfacetten „Planung“ und „Versuchsaufbau“ sein können, etwa in folgender Form: „Beschreibt in einigen Sätzen, welche Veränderungen Ihr an Eurer Versuchsanordnung vorgenommen habt: Welche Überlegungen standen dahinter?“. Lehrkräfte gehen davon aus, dass Schüler solche Überlegungen implizit ohnehin anstellen. Sie planen für entsprechende Unterrichtsanteile zu wenig Zeit ein oder streichen sie bei Zeitknappheit als Erstes. Dies erklärt einen Teil des Problems, die Förderung prozessbezogener Kompetenzen im Unterricht zu etablieren. In Berichten über Erprobungen kamen mehrfach Aussagen wie: „Ich hatte das [d. h. die explizite Reflexionsphase im Unterricht zum Vorge-

hen bei dem Experiment, Anm. d. Verf.] eigentlich vor – aber dann war die Zeit zu knapp“ (LK11).

Ein weiteres Beispiel zur Veranschaulichung des Problems: Einige Lehrkräfte des Fachsets markierten die Facette „Schlüsse ziehen und diskutieren“ im Spinnennetz-Modell bereits als „besonders wichtig“ bei der Planung und Durchführung eines experimentellen Unterrichtsabschnitts, wenn die Schülerinnen und Schüler am Ende ihre Ergebnisse vorstellen und vergleichen. Das zeigte sich in der Diskussion nach einem Zuordnungstest, bei dem den Set-Mitgliedern drei ausgewählte Experimentieraufgaben zur Einordnung in das Modell vorgelegt wurden (Aufgaben nach [10] und [35]). Eine besondere Hervorhebung der Teilkompetenz des „Schlüsseziehens und -diskutierens“ wäre im Sinne expliziter fachmethodischer Reflexion jedoch erst gegeben, wenn in einer längeren Phase des Gegenüberstellens und Abwägens von – möglichst unterschiedlichen – Versuchsergebnissen die Frage besprochen wird, wie man in den Naturwissenschaften bei unklarer Evidenz eigentlich zu einer Entscheidung gelangt.

Die Analyse von Unterrichtsprotokollbögen und Experimentieranleitungen aus der Interventionsstudie, die nach ca. zwei Jahren Set-Arbeit begann, zeigt eine allmähliche (innerhalb eines Jahres) Steigerung des Anteils explizit kompetenzorientierter experimenteller Aufgaben im Unterricht der Lehrkräfte aus der Versuchsgruppe. Die Arbeitsaufträge für die Schüler werden differenzierter und decken mehr Facetten des Experimentiermodells ab.

#### *These 2.2: Arbeit an konkreten Materialien*

- Der wesentliche Impuls aus der Set-Arbeit war die konkrete Überarbeitung bisheriger Arbeitsaufträge und die Entwicklung neuer Aufträge. Fachdidaktische Inputs und theoretische Modellklärungen lösen noch keine Arbeitsschritte bei den einzelnen Lehrpersonen oder gar einen Transfer in die schulischen Fachkollegien aus.

Ein grundlegendes Verständnis der Modellstruktur entwickelte sich bereits in den ersten Set-Sitzungen. Mit der gemeinsamen theoretischen Modellentwicklung kam die Klarheit über das entwickelte Konstrukt. Dies gaben die meisten interviewten Fachset-Lehrkräfte an. Aber erst das „konkrete Arbeiten an exemplarischen Versuchen und Austausch“ (LK2) bzw. das „Aufarbeiten von Versuchen in kleinen Gruppen“ (LK3) verdeutlichte den Nutzen des Modells und seine Funktionen. Bei der Schilderung ihrer erprobten bzw. geplanten Arbeitsweise bei der Weitergabe der Ideen des kompetenzorientierten Experimentierens in den schulischen Fachkollegien gaben die befragten Lehrkräfte genau diese Vorgehensweise aus der Gruppenarbeit an konkreten Materialien im Set wieder. Eine weitere Schlüsselrolle spielte die eigene Unterrichtsvorbereitung wiederum nach dem Muster der Set-Arbeit: Diagnose eigener Materialien nach ihren bisherigen Schwerpunkten durch deren Einordnen in das Experimentiermodell

und Überarbeiten vor dem Hintergrund des Modells. Dies steht in Übereinstimmung mit Lindners [18] Befunden (siehe dazu Abschnitt 2.2). Um von einer theoretischen Auseinandersetzung mit einer in der Schule zu etablierenden Innovation zu einer Änderung in der Praxis zu gelangen, bedarf es langfristiger stetiger Arbeit an konkreten Materialien in einer möglichst stabilen Gruppe.

#### *These 2.3: Planung versus Diagnostik*

- Das Modell experimenteller Kompetenz wird von den Lehrkräften für ihre Unterrichtsplanung gut angenommen. Es wird den Schülern im Unterricht jedoch kaum explizit nahegebracht oder für Diagnostik und Rückmeldungen genutzt.

Die Vorteile eines Modells experimenteller Kompetenz sind allen Lehrkräften des Sets bewusst. Das gemeinsam entwickelte Modell gliedert den komplexen Gesamtzusammenhang des Experimentierens auf und macht ihn dadurch vielfältiger aber zugleich in seinen Facetten einfacher und greifbarer – diese Kategorien liefert die qualitative Datenanalyse von Lehrerinterviews zum Untersuchungsaspekt „Verständnis der Funktionen des Modells experimenteller Kompetenz“. Für manche Lehrkraft repräsentiert es sogar den gesamten Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Als eine der wesentlichen Funktionen wird die Diagnose von eigenem Unterricht bzw. herkömmlicher Experimentieraufgaben erkannt. Daran schließt sich die Möglichkeit der Gestaltung von Aufgaben- und Unterrichtsprofilen durch gezielte Aufgabenorientierung an bestimmte Teilaspekte experimenteller Fähigkeiten an. Besonders geeignet wird das Modell als Grundlage für die langfristige Unterrichtsplanung gesehen, als Gegenpol zum Einsatz bei der Vorbereitung von einzelnen Unterrichtsstunden. Es wird bezeichnet als „ein Hilfsmittel für jeden, der in die Richtung geht: das kompetenzorientierte Lernen“ (LK3).

„Ich nutze das Modell im Kopf“ (LK4); „Ja, ich nutze es in den Zeitfenstern, wo ich mir die Zeit dafür nehme, den Unterricht anders vorzubereiten als sonst“ (LK5); „Wenn ein Experiment ansteht, mache ich mir Gedanken, wie sich das Experiment in der Spinne ansiedeln lässt“ (LK6); „Ich habe den Versuch, lege die Spinne hin und gucke, welche Kompetenzen werden hier speziell gefördert und wie kann ich den Versuch abändern, um speziell diese Kompetenz zu fördern“ (LK3); „Diese Unterrichtseinheit habe ich genommen und die Spinne danebengelegt, um sich klar zu machen, welche Teilkompetenzen deckst du hier ab. Darauf folgte dann auch der Schluss, welche Schwerpunkte man noch behandeln muss“ (LK2). Solche Lehreräußerungen machen deutlich, dass das Modell bei vielen Lehrkräften eine wichtige Planungshilfe für ihren experimentellen Unterricht geworden ist. Meistens werden die Experimentieraufträge individuell oder im Kollegium auf ihre Schwerpunkte in Bezug auf das Modell überprüft und verändert.

Das Modell dient als Planungshilfe, ist aber selbst kaum Gegenstand in der Durchführung des Unterrichts. In nur wenigen Fällen wurde das Modell mit den Schülern durch die unterrichtende Lehrkraft im Unterricht thematisiert. Nach Rückmeldung dieser Lehrpersonen hatten vor allem jüngere Schüler (5./6. Klasse) große Schwierigkeiten, das Modell auf einer Metaebene zu verstehen. In höheren Jahrgangsstufen gelang das deutlich besser.

Eine Funktion des Modells für Leistungsrückmeldungen an Schüler ist für die interviewten Lehrkräfte vorstellbar: „Ich würde jedoch sehr gerne im Unterricht anhand des Modells eine transparente Rückmeldung als Reflexion für Schüler geben können – vor allem in den älteren Jahrgängen“ (LK2), „Als Rückmeldung bei der Bewertung wäre es denkbar, vor allem bei den Abschlüssen“ (LK7), „Ich würde es in der Checkliste [in der Schule verwendetes Kompetenzraster, d. Verf.] mit verankern – da steht, was ich von den Schülern erwarte“ (LK8). Rückmeldungen in Form von Kompetenzrastern, Checklisten oder persönlichen Gesprächen sind für die befragten Lehrkräfte nur potenziell denkbar. Auch nach aktuellem Stand aus den Erprobungsberichten wird dieses Rückmeldeformat im Unterricht kaum eingesetzt. Hier liegt ein noch anstehender Entwicklungs- und Umsetzungsschritt.

#### *These 2.4: Transfer*

- Auch der Erfolg einer langfristig angelegten symbiotischen Kooperation in der Lehrerprofessionalisierung ist begrenzt: Der Transfer in das Fachkollegium unterliegt einer Vielzahl förderlicher und hinderlicher schulischer Rahmenbedingungen.

In den Lehrerinterviews nach ca. 15 Monaten Arbeit am Experimentiermodell gaben 9 der 14 Set-Mitglieder an, dass der Transfer in die Fachkollegien in ihren Schulen bereits stattgefunden habe. In weiteren Fällen war die Dissemination fest geplant, jedoch noch nicht umgesetzt worden. Die Transferformen verteilen sich auf Peer-to-Peer-Kommunikation im Kollegium und zentral organisierte mehr oder weniger regelmäßige Sitzungen und Konferenzen in der Schule. Eine Einführung in das kompetenzorientierte Experimentieren anhand des Modells und konkreter Beispiele, Überarbeitung und Austausch von Materialien bildeten die Schwerpunkte solcher Transfers.

Die Intensität dieser Weitergabe war durch mehrere Faktoren beeinflusst. Eine der führenden Rollen spielte nach Aussagen der Interviewpartner die Schulleitung: Wird der „Innovationsgedanke von der Leitung gefördert und gefordert“ (LK2), geht sie auf die Lehrereideen ein, ist sie kooperativ, unterstützt die Leitung die Bildung von Arbeitsgruppen zur Entwicklung von kompetenzorientierten Materialien, räumt sie für die beteiligten Lehrkräfte überhaupt Zeit für derartige Arbeit ein oder bedarf es einer mühsamen Organisation seitens der Lehrkräfte? Ein

fortgeschrittener Transfer der Idee des kompetenzorientierten Experimentierens wurde vor allem von Lehrkräften berichtet, in denen die Schulleitung eine Rückenstärkung lieferte (vgl. [7], S. 203f.).

Der Schulversuch *alles»können* startete in einer Umbruchszeit in der Hamburger Bildungslandschaft, u. a. mit einem geplanten Übergang zur sechsjährigen Primarschule. Die Schulstruktur – und die daraus folgende Kollegiumsinstabilität – wurden in den Interviews als wichtige Hinderungsfaktoren für den Transfer genannt: „Ungewissheit blockiert, wer weiß, was wird? ‚Ich brauche mich gar nicht auf das Neue einzulassen‘ – sagen manche Kollegen. Dies macht uns nicht arbeitsfähig, so macht jeder nur sein eigenes Ding.“ (LK8), „Die Kollegen von den auslaufenden Klassen wollen mit dem Modell und mit allem Neuen nichts zu tun haben, weil sie wollen nichts an ihrem Unterricht verändern“ (LK3). Inzwischen ist in den Schulen wieder mehr Ruhe eingetreten. Aus Schulen, denen zwischenzeitlich klare Strukturperspektiven gefehlt hatten, wurde im Fachset über einen Aufschwung der gemeinsamen Arbeit an kompetenzorientiertem Unterricht berichtet.

Der persönliche Kontakt, gute Kommunikation im Fachkollegium und nicht zuletzt zwischen den Kolleginnen und Kollegen unterschiedlicher naturwissenschaftlicher Fächer werden als wesentliche förderliche Bedingungen für die geglückte Ideenweitergabe genannt. Es gilt auch der Umkehrschluss: „Und es gibt Kollegen, die negativ auf ganz viele Sachen reagieren. Aber das Problem haben wir mit allem, was wir ausarbeiten, dass es immer wieder Lehrer gibt, die Sachen boykottieren“ (LK1). Die eigene Überzeugung bzw. die Sicherheit der Multiplikatoren spielen eine wesentliche Rolle: „Hinderlich ist, wenn der, der das vorstellt, nicht richtig überzeugt ist oder Angst hat, dass Kollegen es nicht annehmen“ (LK7).

Eine große Bedeutung wird dem Faktor „Zeitmangel und Arbeitsüberlastung“ beigemessen. Innovationsumsetzung erfordere ein gründliches Umdenken des eigenen Unterrichts. Zusätzliche Zeitinvestition lasse sich mit einer gut funktionierenden Zusammenarbeit im Fachkollegium unter Unterstützung der Schulleitung, die feste zeitliche Räume für diese konstruktive Arbeit schafft, mindern. Berichte der Set-Teilnehmer zeigen, dass gerade diese Faktorenkombination eine tragende Rolle für den Ideentransfer bildet.

#### *Bezüge zu Erfahrungen in SINUS-Transfer*

Die Arbeit im Schulversuch *alles»können* ist in folgenden Aspekten strukturell ähnlich angelegt wie das Programm SINUS-Transfer [30]. Für unsere Studie sind besonders zu nennen:

- Konzeptionelle und inhaltliche Arbeit in Lehrerarbeitsgruppen (Fachsets),
- Begleitung und Beratung durch die Fachdidaktik,

- Dissemination durch Multiplikator-Ansatz (bei SINUS-Transfer auf der Ebene von Schulen mit Referenz- und Set-Schulen; bei *alles»könnner* auf der Ebene von Lehrkräften mit Fachset-Mitgliedern und schulischen Fachkollegien).

In *alles»könnner* wird wie in SINUS-Transfer bewusst zugunsten einer Top-down-Strategie verzichtet (vgl. [30], S. 25), um die Eigenverantwortung der Lehrkräfte für die Kompetenzorientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu stärken. Dieser Ansatz hat sich grundlegend als sinnvoll bestätigt. In den Thesen 2.1 und 2.2 kommt zum Ausdruck, dass für die damit verbundene Professionalisierung ein langer Zeitraum anzusetzen ist, der durch fachdidaktische Begleitung zwar gestützt, aber nicht gesteuert werden kann. Den Inputs der fachdidaktischen Begleitung kommt dennoch große Bedeutung zu (vgl. [30], S. 26).

Dadurch, dass in *alles»könnner* jeweils nur ein Vertreter des Fachkollegiums einer Schule im Fachset mitarbeitet, steht der Transfer in die Fachkollegien vor besonderen Herausforderungen (vgl. These 2.2). Der Abschlussbericht von SINUS-Transfer benennt das Problem: „Einzelne Personen sind bei Innovationen in komplexen Systemen leicht überfordert. Selbst wenn ihnen die intendierte Veränderung gelingt, bleibt sie weitgehend auf die Person begrenzt“ ([30], S. 28). Bei SINUS-Transfer fand die Arbeit direkt in schulischen Fachkollegien statt.

### 5.2.2. Nutzung des Modells experimenteller Kompetenz

#### These 2.5 Typen der Modellnutzung

- Hinsichtlich der Nutzung des Kompetenzmodells lassen sich drei Typen unterscheiden: „Modellnutzer“, „Nichtnutzer“ und „Materialnutzer“.

Eine für die Evaluation der inhaltlichen Arbeiten im Fachset wichtige Dimension betrifft den Umgang mit dem im Set erarbeiteten Modell experimenteller Kompetenz. Alle Lehrpersonen wurden gemäß der in Abschnitt 3.3 beschriebenen Vorgehensweise bei der Typenbildung im Prozess der Fallkontrastierung in Gruppen mit bestimmten Merkmalskombinationen zusammengefasst. Daraus lassen sich als Typen zunächst „Modellnutzer“ und „Nichtnutzer“ bei der Unterrichtsplanung unterscheiden. Ein weiterer Typ („Materialnutzer“) zeichnet sich durch ein starkes Bedürfnis nach dem Vorhandensein extern fertigestellter Materialien zu seinem naturwissenschaftlichen Unterricht aus. Im Rahmen der weiteren Überprüfung interner Homogenität und externer Heterogenität gebildeter Gruppen haben sich bestimmte Merkmalskombinationen herauskristallisiert, die im Folgenden bei der Beschreibung der Typen referiert werden. Eine Übersicht wird in Tabelle 3 gegeben. Die Zuverlässigkeit der jeweiligen Zuordnung wurde über die Übereinstimmung mit einem weiteren externen Rater anhand des Cohens-Kappa-Koeffizienten und des prozentualen Anteils von gleichen Zuweisungen bestimmt. Dem externen

Rater standen für die Typenzuordnung alle Interview-Transkripte sowie die Typenbeschreibungen zur Verfügung. Mit einem  $\kappa$  von 0,78 bzw. einer 86-prozentigen Übereinstimmung liegt aus unserer Sicht eine zuverlässige Typenzuordnung vor.

#### Typ 1: Modellnutzer

Der Modellnutzer zeichnet sich durch die aktive und selbständige Arbeit an den eigenen Unterrichtsmaterialien vor dem Hintergrund des Modells aus. Experimentieren spielt eine sehr wichtige Rolle im Unterricht dieser Lehrkräfte, insbesondere unter motivationalen und Fachwissensaspekten. Der Erwerb von fachmethodischen experimentellen Fähigkeiten hat für Typ 1 ebenfalls große Bedeutung. Die Anwendung von Fachwissen bezieht sich nicht so stark auf das selbständige erfahrungsbasierte Erkenntnisgewinnen wie das besonders beim Typ 2 (Nichtnutzer) ausgeprägt ist.

Aktive Modellnutzer sehen es beim Modell als besonders sinnvoll an, dass es auf eine differenzielle Förderung ausgewählter Teilkompetenzen verweist (während Typ 2 die Notwendigkeit sieht, stets alle Facetten des Experimentierens in einer Aufgabe zu behandeln). Die Set-Arbeit brachte die Modellnutzer-Lehrer zu einer aktiven Arbeit an den in der Schule vorhandenen experimentellen Aufträgen unter dem neuen Blickwinkel.

Der Modellnutzer-Typ nimmt das Experimentiermodell als einfach, klar und flexibel anwendbar wahr. Modellnutzer-Lehrer schätzen die durch das Modell veranschaulichte Möglichkeit, die einzelnen Facetten des Experimentierens auf unterschiedlichen Niveaus zu behandeln. Das Modell ist für Lehrkräfte des Typs 1 eine Voraussetzung für kompetenzorientierten experimentellen Unterricht. Typ 1 sieht mehr potenzielle Möglichkeiten einer Modellnutzung und deren Funktionen als der Nichtnutzer-Typ 2.

Typ 1 arbeitet mit dem Modell eigenständig. Eigene Unterrichtsmaterialien werden auf ihre Schwerpunkte hin überprüft und anschließend verändert; neue Materialien werden erstellt; das Modell wird für die langfristige Planung und Unterrichtsvorbereitung eingesetzt.

Aus der gemeinsamen Set-Arbeit wird von den Modellnutzern allerdings nur das Modell selbst verwendet. Weitere in der Set-Arbeit entwickelte Unterrichtsmaterialien finden keinen Einsatz. Typ 1 entwickelt seine Materialien selbst.

Lehrkräfte dieses Typs berichten bereits über Erfolge beim Ideentransfer in ihren Fachkollegien. Als Fachkoordinatoren organisieren sie die Ideenweitergabe nach dem Muster der Arbeit im Fachset an konkreten Unterrichtsmaterialien. Professionelles Interesse an der Innovation ist eine ihrer Triebfedern.

Dem Typ Modellnutzer konnten zum Zeitpunkt der Interviews (nach ca. 15 Monaten Set-Arbeit) 6 der 14 Set-Mitglieder zugeordnet werden. Zwei weitere Lehrkräfte waren potenzielle Modellnutzer, konnten jedoch wegen einer speziellen Einbettung der Naturwissenschaften in das schulische Gesamtcurricu-

lum, durch die das Experimentieren nur einen geringen Stellenwert hatte, ihre Unterrichtsplanung nicht daran orientieren.

#### Typ 2: Nichtnutzer

Experimentieren spielt beim Nichtnutzer-Typ eine wichtige bis mittlere Rolle im Unterricht. Der Nichtnutzer möchte mit Experimenten seine Schülerinnen und Schüler weniger motivieren, sondern mehr durch selbstständiges Handeln erfahrungsbasiert an fachliche Erkenntnisse heranführen. Dem Erlangen von Fachwissen und Wissensanwendung anhand von Experimenten misst er besondere Bedeutung bei. Die Entwicklung experimenteller Fähigkeiten steht bei diesem Typ weniger im Vordergrund. Etwas stärker als bei Typ 1 wird das Experimentieren an komplexen, möglichst offenen Aufgabenstellungen gewichtet.

Typ 2 wurde in den Interviews durch 5 (bzw. 3, siehe Erläuterungen zu Typ 1) Set-Mitglieder vertreten. Auch Lehrkräfte dieses Typs verweisen auf eine Verschiebung ihrer Sichtweise des Zwecks von Experimenten im Unterricht von der Inhaltsvermittlung zur Kompetenzentwicklung. Typ 2 schätzt am Modell die Veranschaulichung der vielfältigen Aspekte des Experimentierens, was den Experimentierprozess umfassender präsentierte und greifbarer machte. Die Möglichkeit der fokussierten Förderung ausgewählter experimenteller Teilkompetenzen ist ihnen jedoch weniger bewusst als dem Typ 1. Insgesamt sieht der Nichtnutzer-Typ weniger potenzielle Funktionen des Modells als der Nutzer-Typ.

Der Nichtnutzer sieht das Modell nicht als eine

wirkliche Innovation für die Unterrichtsplanung. Die Vielfältigkeit experimenteller Fähigkeiten ist ihm bewusst oder seit langer Zeit bekannt. Möglicherweise verwendet der Typ deswegen auch keine Materialien, die im Rahmen der Set-Arbeit erarbeitet wurden.

Nichtnutzer berichten über keinen oder einen eingeschränkten bzw. stark verzögerten Ideentransfer in ihren Schulen. Die Ideenweitergabe beschränkt sich auf die Modell- und Aufgabenvorstellung, es erfolgt jedoch keine aktive Arbeit an der Veränderung bestehender Arbeitsaufträge bzw. an deren Neuentwicklung. Geringe professionelle Kommunikation im Kollegium bzw. fehlende räumliche sowie zeitliche Organisation der Zusammenarbeit sind typische Hinderungsaspekte für die Ideenweitergabe in dieser Gruppe.

	<b>Typ 1 „Modellnutzer“</b>	<b>Typ 2 „Nichtnutzer“</b>	<b>Typ3 „Materialnutzer“</b>
<b>Bedeutung und Funktion des Experimentierens im Unterricht</b>	hoch Motivation, Erwerb von Fachwissen und Fachmethoden	mittel selbständiger erfahrungsbasierter Erwerb und Anwendung von <i>Fachwissen</i>	hoch Motivation, Erwerb von Fachwissen und Fachmethoden
<b>Unterrichtsplanung</b>	aktiv selbständige Nutzung bei Planung und eigener Materialentwicklung	keine Nutzung bei der Unterrichtsplanung	Prüfung und Überarbeitung fertiger Materialien anhand des Modells
<b>Kompetenzförderung in experimentellen Phasen</b>	gezielte Förderung ausgewählter Teilkompetenzen	keine Fokussierung auf ausgewählte Teilkompetenzen; komplexe, möglichst offene Experimente	Modelleinsatz ist stark lerngruppenabhängig, offenes Experimentieren
<b>Einstellung gegenüber dem Modell</b>	Modell ist hilfreich für Weiterentwicklung des experimentellen Unterrichts	Modell veranschaulicht gut die Komplexität des Experimentierprozesses, hat aber nur begrenztes Innovationspotenzial für den Unterricht	Modell hat nur begrenztes Innovationspotenzial für Unterricht
<b>Kompetenzorientierte Materialien</b>	eigene Erstellung	keine Materialnutzung aus der Set-Arbeit, keine eigene Erstellung	keine eigene Erstellung, Orientierung an vorhandenen Materialien (Wunsch nach Aufgabendatenbank)
<b>Ideentransfer in die Schule</b>	eher erfolgreich (oft unter Nennung grundsätzlich guter Rahmenbedingungen)	begrenzt erfolgreich (begründet z. B. mit schlechter Kommunikation im Kollegium)	vorhanden mit dem Fokus auf Materialienaustausch (ein Grund: fachfremd Unterrichtende)
<b>Ungefährer Anteil des Typs</b>	6 (8) <sup>3</sup> von 14	5 (3) <sup>3</sup> von 14	3 von 14

**Tab. 3:** Merkmalskombinationen für drei Typen der Modellnutzung

<sup>3</sup> Weitere Erläuterungen im Text.

*Typ 3: Materialnutzer*

Die Sicht dieses Nutzertyps auf das Experimentieren im Unterricht weist keine besonderen Schwerpunkte auf. Dem Begreifen der Natur durch Experimente, der Entwicklung von experimentellen Teilfähigkeiten, dem Erlangen von Fachwissen aber auch der Motivation beim selbstständigen Experimentieren werden gleichermaßen Bedeutung beigemessen. Nutzertyp 3 äußert ähnlich wie Typ 2 Sympathie für offenes Experimentieren.

Hinsichtlich der Änderung eigener Experimentierpraxis im Unterricht liegt der Nutzertyp 3 zwischen den durch die Typen 1 und 2 gebildeten Polen. Der Nutzer fertiger Materialien beschränkt den Modelleinsatz auf die Überprüfung und begrenzte Änderung seiner fertigen Arbeitsblätter aus der Schule. Neue kompetenzorientierte Materialien werden nicht aktiv erstellt. Modellnutzer des Typs 3 orientieren sich an den anderweitig entstandenen kompetenzorientierten Aufgaben. Als eine der wichtigen Nutzungsbedingungen für das Modell für sich und seine (vor allem fachfremd unterrichtenden) Kolleginnen und Kollegen wird das Vorhandensein einer fertigen Datenbank mit solchen Materialien betont. Dabei bleiben der Prozess und die Akteure des Aufbaus einer solchen Datenbank meist unklar.

Ähnlich wie der Nichtnutzer schreibt der Typ 3 dem Modell keinen besonderen Innovationscharakter für die Unterrichtsplanung zu. Der Modelleinsatz ist aus seiner Sicht stark lerngruppenabhängig. Es gibt aus seiner Sicht Lerngruppen, in denen man explizit kompetenzorientiert arbeiten kann; in anderen geht das nicht.

Ein Ideentransfer in die Fachkollegien findet in den Schulen der Lehrkräfte des Typs 3 statt. Entsprechend dem Typ fokussiert sich der Transfer jedoch auf den Materialienaustausch und weniger auf die aktive Arbeit an der Materialveränderung.

*Beispiele*

Im Folgenden werden beispielhaft zwei Zuordnungen zu den Typen „Modellnutzer“ und „Nichtnutzer“ an zwei Lehrpersonen aus dem Fachset veranschaulicht. Alle Zitate stammen aus den Transkripten der Leitfaden-Interviews.

Für LK4 (Nichtnutzer) dienen Experimente dazu „naturwissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen, d. h. die Schlussfolgerungen zu ziehen, aus den Prozessen, die sie [die Schüler, d. Verf.] beobachtet haben“. LK4 hat das Modell für sich erschlossen, nutzt es aber nicht für die Unterrichtsplanung. LK4 erkennt darin eine theoretische Beschreibung der Gesamtheit der Aspekte des Experimentierens wieder. „Das Modell ist im Grunde alt. Es ist für mich ... die alte Experimentierkultur. Das Modell macht das Ganze ja sehr klar, ich habe nur über die Jahre vergessen, bestimmte Sachen zu fördern.“ „Ich nutze das Modell ‚im Kopf‘ – mir ist klar geworden, wie wenig bestimmt Dinge mit unseren Experimenten gelernt werden.“ Der Experimentierprozess wird als ein komplexes Gefüge nacheinander ablaufender Tätigkeiten gesehen, die nicht komplett in einem

Unterricht behandelt werden können. Eine Funktion des Modells zum Nachdenken über eine gezielte Förderung von Teilkompetenzen wird nicht gesehen. Im Zweifel steht beim Experimentieren der Erwerb von Fachwissen über dem Erwerb fachmethodischer Fähigkeiten. „[Es ist, d. Verf.] zu aufwendig – wenn man diesen Weg über die Frage entwickeln, Hypothese bilden etc. geht, kostet es unheimlich viel Zeit, und man schafft damit den inhaltlichen Lehrplan nicht.“ Der Transfer in der Schule ist aus Sicht von LK4 schwierig, insbesondere über Fächergrenzen hinweg: „Das Zusammenführen der Naturwissenschaften in unserer Schule gelingt sehr schwer, da wir so viele Individualisten haben. Die Weitergabe [der Idee des modellbasierten Experimentierens, d. Verf.] findet noch nicht wirklich statt, aber es ist geplant“.

LK7 (Modellnutzer) sieht neben motivationalen Aspekten („Experimentieren weckt die Spielfreude“) auch die fachmethodischen Facetten des Experimentierens: „Wenn ich [gemeint ist eine Schülerin oder ein Schüler, d. Verf.] ein Experiment planen muss, wie würde ich es dann machen?“, „Wenn ich eine bestimmte Hypothese überprüfen will, wie mache ich es dann experimentell?“ Die Lehrkraft sieht sowohl eine Reflexionsfunktion des Modells als auch eine Funktion bei der Planung: „Es [das Modell, d. Verf.] ist zweiseitig: Ich habe einerseits ein sehr gutes Diagnoseinstrument, um meine Experimentieranleitung zu überprüfen, andererseits eine gewisse Gelassenheit: Nicht bei jedem Experiment sollen alle Kompetenzen total stark vertreten sein, sondern ich kann es verteilen.“ Letzteres verweist auf ein vertieftes Verständnis der Modellfunktionen und der damit verbundenen Möglichkeiten zum Gestalten eigenen Unterrichts – insbesondere des partiellen Behandelns ausgewählter Teilaspekte des Modells im Einklang mit den Unterrichtsgegebenheiten. Der Transfer in das Kollegium wird von LK7 optimistisch gesehen: „Ich rechne mit weniger Widerstand, da es [in der Schule, d. Verf.] eine überwiegende Aufgeschlossenheit für Dinge gibt, die ganz hilfreich sind. Und es gibt einen ziemlich großen Bedarf nach guter Fortbildung, also Dingen die einem für die Planung und Durchführung weiterhelfen.“ Viel Austausch passiere bereits „im Lehreraustausch zwischen Tür und Angel. Das klappt mit den Kollegen ... gerade gut.“

Die beiden ausgewählten Lehrkräfte zeigen jeweils deutliche Merkmale aus der Charakterisierung der Typen des Modellnutzers und des Nichtnutzers, wie sie in Tabelle 3 zusammengefasst sind.

*Tendenzen*

Angesichts der kleinen, nicht-kontrollierten Stichprobe sind alle Betrachtungen möglicher Zusammenhänge zwischen den Nutzertypen (und ihren Merkmalen, siehe Tabelle 3) und den Merkmalskombinationen der Lehrpersonen (siehe Tabelle 1) mit großer Zurückhaltung zu verstehen. Das gilt

ebenso für die Interpretationen, die unten gegeben werden. Dennoch wollen wir einige Tendenzen benennen. Im Fachset zeigten sich – unter dem obigen Vorbehalt – folgende Tendenzen:

- Der Typ 1 *Modellnutzer* ist stärker durch Gymnasiallehrkräfte vertreten als die beiden anderen Typen.

Dies kann einen Grund darin haben, dass der Unterricht in den Naturwissenschaften an den im Set vertretenen Gymnasien stringenter von der einzelnen Lehrkraft gestaltet werden kann, während in Stadtteilschulen durch offenere Formen der Unterrichtsorganisation und der Inhalte (z. B. jahrgangsübergreifende und thematisch unterschiedlich projektartig arbeitende Lerngruppen) eine gezielte Förderung ausgewählter Kompetenzen schwieriger in einer für Lehrer bestimmbareren Unterrichtsplanung umzusetzen ist. In einer solchen Situation muss eine *Kompetenzorientierung* des Unterrichts noch stärker mit einer *Individualisierung* der Kompetenzförderung verzahnt werden – was eine noch größere Herausforderung an Lehrkräfte an Stadtteilschulen stellt.

- Modellnutzer finden sich eher bei Lehrkräften mit einem mittleren Umfang von Unterrichtspraxis. Die jüngsten und die ältesten Kollegen sind eher in den Typ 2 und Typ 3 einzuordnen.

Dazu zwei Zitate von Modellnutzern mit mittlerem Umfang an Unterrichtserfahrung: „Wir müssen immer bereit sein, Veränderungen vorzunehmen, wenn wir merken, dass Veränderungen notwendig sind“ (LK3); „Ältere Kollegen sind erfahrener und bauen auf ihren Erfahrungen auf und stehen den neuen Dingen skeptisch gegenüber“ (LK5).

- Die Fächerkombination (sie wird in Tabelle 1 aus Gründen der Anonymisierung nicht gezeigt) hat keinen erkennbaren Zusammenhang mit dem Nutzertyp.

Hierbei muss festgehalten werden, dass fast alle Lehrkräfte Biologie – als eines ihrer Fächer – unterrichten. Unterschiede hätten sich praktisch nur durch das zweite Fach ergeben können.

- Die Aktivität in der Set-Arbeit korreliert mit der expliziten Nutzung des Modells im eigenen Unterricht.

Dieser Zusammenhang ist naheliegend: Lehrkräfte, die einen Impuls aus der Set-Arbeit für die eigene Tätigkeit wahrnehmen, sind an einer Intensivierung der Set-Arbeit interessiert und können eigene Erfahrungen einbringen. Es besteht zudem ein positiver Zusammenhang zwischen Aktivität bzw. Modellnutzung und intrinsischer Motivation für die Mitgliedschaft im Fachset.

#### *Vergleich mit der Studie von Neuhaus und Vogt [24]*

Neuhaus und Vogt [24] identifizieren in ihrer Untersuchung zur Typisierung von Biologielehrkräften sechs Einstellungsdimensionen nach denen sich Biologielehrer unterscheiden lassen. Der *fachlich-innovative Typ* betont im besonderen Maße das experimentelle Arbeiten und ist gleichzeitig offen für Innovationen im Unterricht. Beim *fachlich-konventionellen Typ* sind diese Dimensionen weniger ausgeprägt. Er betont insbesondere den Fachbezug des Unterrichts – weniger die experimentellen Anteile. Dies korrespondiert mit den von uns gefundenen Merkmalskombinationen bei den Typen Modellnutzer versus Nichtnutzer. Die Offenheit gegenüber Innovationen operationalisiert sich in unserer Typenstudie in der Aufgeschlossenheit gegenüber der Nutzung des Modells für die eigene Unterrichtsplanung. Die Unterschiede liegen nach unseren Befunden jedoch nicht so sehr in der Globalbewertung des Experimentierens, sondern differenzierter in der Frage, ob neben der Vermittlung von Fachwissen durch Experimente auch die prozessbezogenen Kompetenzen des Experimentierens gesehen werden. Dies ist beim Typ Modellnutzer der Fall.

#### **6. Fazit und Ausblick**

Der Schulversuch *alles»können* verfolgt das Ziel einer langfristigen Unterrichtsentwicklung in Richtung der Individualisierung und Kompetenzorientierung in den Hamburger Schulen. Dazu sollen praxistaugliche Kompetenzstrukturmodelle beitragen. In symbiotischer Kooperation mit den Lehrkräften des Fachsets Naturwissenschaften wurde unter dem primären Gesichtspunkt ökologischer Validität ein Modell experimenteller Kompetenz dimensioniert und graduiert. Die Analyse der Akzeptanz und Nutzung des Modells bei den Lehrkräften zeigt ein komplexes Bild von Implementationen. Die Typik reicht von a) einer engagierten Nutzung des Modells für die Neuentwicklung experimenteller Unterrichtseinheiten mit gezielter Förderung ausgewählter Teilkompetenzen über b) die Verwendung fertiger modellbasierter Unterrichtsmaterialien bis hin zu c). einer Wahrnehmung des Modells einfach nur als Veranschaulichung der Komplexität des Experimentierens.

Auch bei Lehrkräften, die das Modell als sehr hilfreich für ihre Unterrichtsplanung einschätzten, schlug sich die neue Sicht auf das Experimentieren erst allmählich in ihren konkreten Formulierungen der Arbeitsaufträge für die Schülerinnen und Schüler nieder. Man erkennt daran das Maß der Anforderungen an die Lehrerprofessionalisierung, die eine stärkere Orientierung an Kompetenzen statt an Inhalten mit sich zieht.

Die Arbeiten im Fachset Naturwissenschaften führten zu einem Modell experimenteller Kompetenz mit einer eher geringen Zahl von Teilkompetenzen und einer Beschränkung auf drei Kompetenzstufen. Ein



höherer Differenzierungsgrad erschien den Lehrkräften im Hinblick auf Diagnostik in Unterrichtssituationen bei konkreten Experimenten nicht anwendbar. Außerdem profitiere der Transfer in die Fachkollegien von überschaubaren Modellen. Diese Einschätzungen zeigten sich ganz analog auch bei der nachfolgenden Arbeit an einem Kompetenzmodell des Modelllernens, das ebenfalls drei Stufen aufweist.

Das in symbiotischer Kooperation entstandene Modell experimenteller Kompetenz ist zwar anders dimensioniert und graduert, steht aber nicht im Widerspruch zu Forschungsmodellen wie denen von Hammann [8] oder Schreiber, Theyßen & Schecker [29]. Es umfasst ebenso die drei großen Bereiche der Planung, Durchführung und Auswertung und deckt alle auch in Forschungsmodellen genannten Facetten des Experimentierens ab. Wichtige Unterschiede bestehen in der Bedeutungszumessung zu bestimmten Facetten und im Auflösungsgrad der Graduierung.

Der Transfer erwies sich für die Set-Mitglieder als besondere Herausforderung. Ihre Arbeit als Multiplikatoren begann in einer Periode mit Plänen für eine umfangreiche Strukturreform der Hamburger Schullandschaft. Dadurch wurde in den Schulen viel Aufmerksamkeit und Arbeitskraft absorbiert, die für die Unterrichtsentwicklung damit längere Zeit nicht zur Verfügung stand. Uns liegen zum Transfergrad in den Schulen des Fachsets nur die Berichte der Lehrkräfte in Set-Sitzungen vor. Wir können daher zwar festhalten, dass die Mitglieder unserer Arbeitsgruppe nur bei einfach strukturierten Modellen eine Transferierbarkeit postulieren, können aber die tatsächliche Umsetzung nicht auf Basis eigener Daten prüfen. Insbesondere bleibt die Frage offen, inwiefern darüber ein breiter Konsens in der Lehrerschaft besteht.

Gräsel & Parchmann ([7], S. 208) fordern in ihrem Review zur Implementationsforschung, dass über die qualitative Analyse von Prozessen und Ergebnissen symbiotischer Kooperation hinaus auch die Lernwirkungen einer veränderten Unterrichtsgestaltung auf Lerner-Ebene untersucht werden müssten. Wir tragen dieser Forderung durch eine Längsschnittstudie Rechnung, in der die experimentelle Kompetenz von Schülerinnen und Schülern in fünf Hamburger Klassen aus Schulen des Fachsets modellbasiert gefördert wird. Als Vergleichsgruppe dienen vier Klassen, die in etwa gleichem Umfang experimentieren, jedoch ohne explizite fachmethodische Förderung. Um nachhaltige Wirkungen erwarten zu können, erstreckt sich die Intervention über einen Zeitraum von zwölf Monaten. Für den gezielten Aufbau experimenteller Fähigkeiten werden Fördereinheiten zu ausgewählten Teilkompetenzen eingesetzt. Auch wenn unter den komplexen Rahmenbedingungen einer solchen Vergleichsstudie im Feld die sonstigen Einflussgrößen nicht wirklich kontrolliert werden können (z. B. Schulformen, Klassengrößen, Lehrkräfte etc.), erhoffen wir uns

interpretierbare Daten, aus denen sich Befunde über das Eintreten der erwarteten Wirkungen ableiten lassen. Die Performanz wird in einem Vor- und Nachtest gemessen, in dem die Schülerinnen und Schüler zwei Realexperimente bearbeiten. Die Ergebnisse werden Mitte 2013 vorliegen.

## 7. Literatur

- [1] Bayrhuber, H., Bögeholz, S., Elster, D., Hammann, M., Höble, C., Lücken, M. *et al.* (2007). *Biologie im Kontext – Ein Programm zur Kompetenzförderung durch Kontextorientierung im Biologieunterricht und zur Unterstützung von Lehrerprofessionalisierung*. MNU – Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 60/5, S. 282-286.
- [2] Bernholt, S., Parchmann, I. & Commons, M. L. (2009). Kompetenzmodellierung zwischen Forschung und Unterrichtspraxis. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 15, S. 219-245.
- [3] Duit, R. & Schecker, H. (Hrsg.) (2007). *Standards (Themenheft)*. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik* 18(97).
- [4] Eilks, I. & Ralle, B. (2002). Partizipative Aktionsforschung. Ein Modell für eine begründete und praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. *Chemkon*, 9/1, S. 13-18.
- [5] Erickson, F. (1998). *Qualitative Research Methods for Science Education*. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Hrsg.), *International Handbook of Science Education. Part Two* (S. 1155-1173). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- [6] Gräsel, C., Fussangel, K. & Parchmann, I. (2006). Lerngemeinschaften in der Lehrerfortbildung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, S. 545-561.
- [7] Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004): *Implementationforschung – oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern*. *Unterrichtswissenschaft*, 32(3), S. 196-214.
- [8] Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 57(4), S. 196-203.
- [9] Heckmann, G. (2011). *Fachleitertagung Physik*. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 64(8), S. 506.
- [10] Hübinger, R., Emden, M. & Sumfleth, E. (2009). *Mein Körper und ich auf Weltreise & Wasser – die vielen Gesichter eines Stoffes. Materialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Klassen 5/6*. Berlin: Schering Stiftung.
- [11] Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2010). *Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I*. Zeit-

- schrift für Didaktik der Naturwissenschaften 16, S. 135-153.
- [12] Kelle, U. & Kluge, S. (2010). Vom Einzelfall zum Typus. Fallvergleich und Fallkontrastierung in der qualitativen Sozialforschung. 2. Aufl. Wiesbaden: VS-Verlag.
- [13] KMK. Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2004a). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Bildungsabschluss. München: Luchterhand.
- [14] KMK. Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2004b). Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik. München: Luchterhand.
- [15] Landesinstitut für Schule (2010). Rahmenplan Lernbereich Naturwissenschaften und Technik, Stadteilschule. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Schule und Berufsbildung.
- [16] Leisen, J. (Hrsg.) (2011a). Kompetenzorientiert unterrichten (Themenheft). Unterricht Physik 22 (123/124).
- [17] Leisen, J. (2011b). Kompetenzorientiert unterrichten – Fragen und Antworten zu kompetenzorientiertem Unterricht und einem entsprechenden Lehr-Lern-Modell. Unterricht Physik 22(124/124), S. 4-10.
- [18] Lindner, M. (2008). Lehrerfortbildung heute – Sind Lehrkräfte fortbildungsresistent? MNU 61 (2008) (3), S. 164-172.
- [19] Lipowsky, F. (2004). Was macht Fortbildungen für Lehrkräfte erfolgreich? Befunde der Forschung und mögliche Konsequenzen für die Praxis. Die Deutsche Schule, 96(4), S. 462-479.
- [20] Mayer, J., Grube, C. & Möller, A. (2008). Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, Bd. 3 von Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik. Innsbruck: Studienverlag, S. 63-79.
- [21] Mikelskis-Seifert, S. & Duit, R. (2007). Physik im Kontext – Innovative Unterrichtsansätze für den Schulalltag. MNU, 60(5), S. 265-274.
- [22] Nawrath, D., Maiseyenko, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz - Ein Modell für die Unterrichtspraxis. Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule 60(6), S. 42-48.
- [23] Nentwig, P., Parchmann, I., Demuth, R., Gräsel, C. & Ralle, B. (2005). Chemie im Kontext – From situated learning in relevant contexts to a systematic development of basic chemical concepts. In P. Nentwig & D. Waddington (Hrsg.), Making it relevant – context-based learning of science. Münster: Waxmann (S. 155-174).
- [24] Neuhaus, B. & Vogt, H. (2005). Dimensionen zur Beschreibung verschiedener Biologielehrertypen auf Grundlage ihrer Einstellungen zum Biologieunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 11, S. 73-84.
- [25] Niedersächsisches Kultusministerium (Hrsg.) (2007). Kerncurriculum für das Gymnasium, Schuljahrgänge 5-10. Hannover.
- [26] Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 12, S. 45-66.
- [27] Schecker, H. & Wiesner, H. (2007). Die Bildungsstandards Physik, Orientierungen – Erwartungen – Grenzen – Defizite. Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 56(6), S. 5-13.
- [28] Schneider, W. & Lindenberger, U. (Hrsg.) (2012). Entwicklungspsychologie. 7. Aufl. Weinheim: Beltz.
- [29] Schreiber, N., Theßen, H. & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen? Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 8(3), S. 92-101.
- [30] Stadler, M., Ostermeier, C. & Prenzel, M. (Hrsg.) (2007). Abschlussbericht zum Programm SINUS-Transfer. Kiel: Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).
- [31] Stäudel, L. (2004). Die Spinnennetz-Methode. Analyse naturwissenschaftlicher Arbeitsformen im Unterricht. In: R. Duit, H. Großengießer & L. Stäudel (Hrsg.): Naturwissenschaftliches Arbeiten. Unterricht und Material 5-10. Seelze: Friedrich.
- [32] Terhart, E. (Hrsg.) (2000). Perspektiven der Lehrerbildung in Deutschland – Abschlussbericht der von der Kultusministerkonferenz eingesetzten Kommission. Weinheim: Beltz.
- [33] Tobin, K. (1999). The Value to Science Education of Teachers Researching their own Praxis. Research in Science Education, 29(2), S. 159-169.
- [34] Tomczyszyn, E., Nawrath, D. & Maiseyenko, V. (2012). Lernarrangements zur Förderung experimenteller Kompetenzen. PdN - Physik in der Schule 5(61), S. 44-48.
- [35] HarmoS (2011). Informationen und Hinweise zum Projekt HarmoS Bildungsstandards Naturwissenschaften+: <http://harmos.phbern.ch/index.php?id=185> (Stand 10/2011).