

Erwerb von Modellkompetenz als Bildungsziel des Sachunterrichts

Abstract

Nach Modellen wird von uns allen im täglichen Umgang mit unserer Welt gehandelt und das Erstaunliche ist, dass es uns kaum bewusst ist. Ebenso unbewusst scheint es den meisten Lehrenden zu sein, welche Bedeutung die Modelle neben der reinen Anschauungsfunktion haben. Vielfach verwendet, werden Modelle in ihrem Einfluss auf die Wissenschaft meist unterschätzt. Ausgehend von diesem Eindruck stellt sich die Frage, wie der Umgang mit den naturwissenschaftlichen (hier primär biologischen) Modellen in der Praxis aussieht; welche Bedeutung sie in sowie für Bildung und Wissenschaft haben und wie das Bewusstsein für naturwissenschaftliche Modelle bei Schülerinnen und Schülern ausgeprägt ist. Letztlich ergibt sich so die Frage nach der Notwendigkeit einer Änderung des reflektierten Umgangs mit Modellen und des reflektierten Verständnisses von Modellkompetenz in der Primarstufe.

1 Modellkompetenz

1.1 Bedeutung der Modellkompetenz für wissenschaftliches Verständnis

Modelle sind für die Wissenschaft von größter Bedeutung. Sie ermöglichen nicht nur die Kommunikation und die Konsensbildung der Wissenschaftler, sondern viele naturwissenschaftliche Erkenntnisse wären ohne den Einsatz von Modellen kaum möglich gewesen. Das an wohl allen deutschen weiterführenden Schulen verfügbare Anschauungsmodell des Genoms ist beispielsweise nicht nur wichtig für die Präsentation der Gene im Unterricht, sondern trug nach *Watson* selbst dazu bei, die Helixform zu entschlüsseln.

Ohne die Manipulation an einem konkreten – in diesem Fall gegenständlichen – Modell hätte die Erkenntnis über den Aufbau des Genoms nicht so schnell voranschreiten können.

Modellkompetenz ist ein Bildungsziel an sich, „denn ein Teil der Modellkompetenz, das Modellverständnis, ist dem Wissenschaftsverständnis zuzurechnen“ (*Leisner-Bodenthin 2006, S. 91*). Modellierung ist ebenso wie das Experimentieren eine essentielle naturwissenschaftliche Arbeitsweise und führt über Theorien und Hypothesen zu Voraussagen. So besteht das naturwissenschaftliche Wissen nach *Beinbrech und Möller* nicht nur aus dem Fachwissen, sondern es umfasst ebenso „insbesondere den Erwerb von Wissen, das zum Vorhersagen und Erklären von Phänomenen genutzt werden kann“ (*Beinbrech, Möller 2008, S. 111*).

Die Schlussfolgerungen, dass man eine Naturwissenschaft besser lernt, wenn man über Wissenschaftsverständnis verfügt und die, dass man eine Naturwissenschaft besser lernt, wenn man über Modellkompetenz verfügt, sind bis heute nicht empirisch belegt worden, auch wenn es einzelne Hinweise darauf gibt (*vgl. Halloun 2001*) und sie sehr plausibel erscheinen. Gerade die Befunde in der Psychologie zur Metakognition lassen hier entsprechende Annahmen zu.

Terzer und Upmeier zu Belzen, stellen fest, dass Modelle für die Aneignung beweglichen, übertragungsfähigen und einsetzbaren Wissens wesentlich sind, „weil Konzepte durch Modelle sowohl in ihren Details erfasst als auch auf abstrakter Ebene miteinander verglichen werden können“ (*Terzer, Upmeier zu Belzen 2007, S. 34*).

1.2 Verständnis von Modellkompetenz

Harrison und Treagust teilen Modelle in zwei Kategorien ein. Zum einen handelt es sich um die *persönlichen, modellhaften Vorstellungen* von der Realität, von Theorien und von Prozessen. Zum anderen geht es um die *wissenschaftlichen Modelle*, für die die modellhaften Vorstellungen die Grundlage für die wissenschaftlichen Modelle bilden (*vgl. Harrison und Treagust 2000*).

Im weiteren Verlauf soll es um die Modellkompetenz von Schülerinnen und Schülern bezogen auf naturwissenschaftliche Modelle gehen.

Upmeier zu Belzen und Krüger haben Teilkompetenzen der Modellkompetenz zusammengefasst und auf drei verschiedenen Niveaus erläutert (*vgl. Abb. 1*). Dieses theoretisch fundierte Konstrukt zeigt die vielfältigen Strukturen der Modellkompetenz in abgestuften Qualitäten, welche jeweils verschiedene Reflexions- und Abstraktionsmöglichkeiten voraussetzen, die in der Schule erreicht werden sollten.

Dimension	Teilkompetenz	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Modellkenntnisse	Eigenschaften von Modellen	Modelle sind Kopien von etwas	Modelle sind idealisierte Repräsentationen von etwas	Modelle sind theoretische Rekonstruktionen von etwas
	Alternative Modelle	Unterschiede zwischen den Modellobjekten	Ausgangsobjekt ermöglicht Herstellung verschiedener Modelle von etwas	Modelle für verschiedene Hypothesen
Modellbildung	Zweck von Modellen	Modellobjekt zur Beschreibung von etwas einsetzen	Bekannte Zusammenhänge und Korrelationen von Variablen im Ausgangsobjekt erklären	Zusammenhänge von Variablen für zukünftige neue Erkenntnisse voraussagen
	Testen von Modellen	Modellprojekt überprüfen	Parallelisieren mit dem Ausgangsobjekt, Modell von etwas testen	Überprüfen von Hypothesen bei der Anwendung, Modell für etwas testen
	Ändern von Modellen	Mängel am Modellobjekt beheben	Modell als Modell von etwas durch neue Erkenntnisse oder zusätzliche Perspektiven revidieren	Modell für etwas aufgrund falsifizierter Hypothesen revidieren

Abb. 1: Struktur und Niveaus der Modellkompetenz im Biologieunterricht (Aus: Upmeier zu Belzen, Krüger 2010, S. 53)

2 Stand der Forschung zur Entwicklung von Modellkompetenz

Nicht nur die PISA-Ergebnisse zeigen, dass Schülerinnen und Schülern die Wissensbasis für ein Denken in Modellen fehlt (vgl. Artelt 2001). Auch andere, spezifischere Untersuchungen stützen diesen Befund.

2.1 Internationale Befunde

Aus den Forschungsarbeiten von Grosslight et al. (1991), Ingham und Gilbert (1991) sowie Treagust et al. (2002) geht hervor, dass Schülerinnen und Schüler im Alter von 12 bis 16 Jahren Modelle als wirklichkeitsgetreue, verkleinerte oder vergrößerte Abbildungen der Realität interpretieren, die unterstützend eingesetzt werden können, um unbekannte Phänomene zu verstehen. Somit steht für sie die Anschauungsfunktion, also die beschreibende Funktion von Modellen, im Vordergrund und das Modell fungiert als Erfahrungs- und Informationsmittel. Welche Rolle Modelle im Erkenntnisprozess der Wissenschaft einnehmen, wie beispielsweise das Formulieren und Testen von Hypothesen, ist den Lernenden hingegen unklar.

Zusammenfassend lässt sich anhand dieser Forschungsarbeiten feststellen, dass Schülerinnen und Schüler eine sehr oberflächliche Auffassung über Modelle als bloße Visualisierung von Objekten haben und diese lediglich in ihrer Funktion als Strukturmodelle wahrnehmen. Modelle als konstruierte Repräsentationen von Sachverhalten sind den Lernenden kaum bekannt und ihre Anschauungen gehen über die der medialen Perspektive kaum hinaus.

2.2 Nationale Befunde

Petrat untersuchte 2008 in ihrer Masterarbeit die Schülervorstellungen zu Modellen im Sachunterricht der Grundschule der Jahrgangsstufen 1 und 2. Hierbei führte sie mit sieben Kindern problemzentrierte Interviews durch. Sie konnte aufzeigen, dass die Kinder im Alter von sechs bis acht Jahren „keine theoriekonformen Modellbeispiele nennen [konnten], da sie über keine Modelldefinition verfügten“ (Petrat 2008, S. 43). Ebenso stieß sie auf eine fehlende Unterscheidungsfähigkeit zwischen Modell und Original. Ihre Arbeit verdeutlicht, dass die Kinder eine lebensweltliche, vorwissenschaftliche Vorstellung von Modellen haben.

Eine ähnlich aufgebaute Untersuchung führte Frick im selben Jahr mit sechs Lernenden der Jahrgangsstufen 3 und 4 durch. Auch sie kam zu dem Ergebnis, dass die Schülerinnen und Schüler nicht „über ein ausreichend explizites und somit verbalisierbares Wissen“ über die Modellkompetenz verfügen (Frick 2008, S. 36).

Diese vorwissenschaftlichen Auffassungen über Modelle, die Lernende in der deutschen Grundschule aufweisen, setzen sich in der Sekundarstufe fort, wie folgende Arbeiten aufzeigen:

Im Jahr 2007 legten Terzer und Upmeier zu Belzen 70 Schülerinnen und Schülern einer neunten Jahrgangsstufe (14-17 Jahre) in zwei Berliner Gymnasien offene Fragen zu ihrem Modellverständnis zur schriftlichen Bearbeitung vor. Hierbei stellte sich heraus, dass die Schülerinnen und Schüler Modelle vor allem in ihrer An-

schauungsfunktion verstehen. Die Bedeutung von Modellen im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess hingegen wird meist nicht benannt und die Schülervorstellungen über die Eigenschaften von Modellen erweisen sich als sehr inkonsistent (vgl. Terzer, Upmeier zu Belzen 2007).

Upmeier zu Belzen, Terzer, Trier und Krüger veröffentlichten auf der 3. Internationalen Tagung der Fachgruppe Biologiedidaktik im Verband Biologie ihre ersten Ergebnisse zur Diagnose von Modellkompetenz, die folgendem Diagramm zu entnehmen sind:

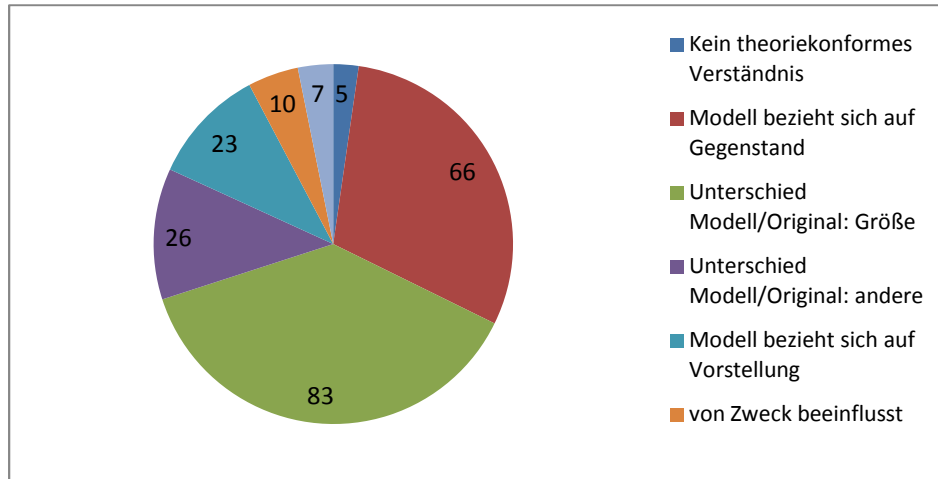


Abb. 2: Absolute Häufigkeit der Aussagen zum Charakter von Modellen/Modellbegriff; 220 Vorstellungen von 70 Schülerinnen und Schülern; Upmeier zu Belzen et al. (2007)

Die Schülervorstellungen befinden sich hauptsächlich auf dem Niveau von Level 2 des von *Upmeier zu Belzen und Krüger* definierten Modells, werden also als idealisierte Repräsentationen von etwas verstanden. Die Vorstellungen sind jedoch stark verkürzt und meist ohne Zusammenhang und somit kompartimentalisiert.

Modelle werden als analog zu einer Theorie verstanden, allerdings nicht als Ausgangspunkt einer solchen. Außerdem mangelt es den Schülerinnen und Schülern an Wissen darüber, „dass wissenschaftliches Denken aufgrund der Modellhaftigkeit von Vorstellungen notwendig auf Modellen basiert und Wissenschaft als Konstruktion von Modellen verstanden werden kann“ (Terzer, Upmeier zu Belzen 2007, S. 51 in Anlehnung an Holman 1975 und Gilbert 1991).

Die vorgestellten nationalen und internationalen Forschungsergebnisse zeigen auf, dass die in den Bildungsstandards geforderten Kompetenzen bei den Schülerinnen und Schülern bis zum Ende der Jahrgangsstufe 10 unzureichend ausgebildet wurden und somit eine Förderung der Modellkompetenz notwendig ist. Nur wenige Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe verfügen über einen angemessenen Modellbegriff und einen ziel führenden Umgang mit Modellen.

In der hier vertretenen Position hat das problematische Modellverständnis im Grundschulbereich Auswirkungen auf die späteren Vorstellungen im Sekundarbereich.

3 Schlussfolgerungen aus den (Berliner) Curricula für den Primarbereich (Klasse 1-4)¹

Für die Grundschule gibt es für den Sachunterricht den *Perspektivrahmen Sachunterricht (2002)* und für Berlin, Brandenburg und Mecklenburg Vorpommern den *Rahmenlehrplan Grundschule – Sachunterricht (2004)*, auf den der spätere Fachunterricht (Naturwissenschaften, Biologie, Geografie, Chemie, Physik, Geschichte) aufbauen soll.

Im *Perspektivrahmen Sachunterricht* sind fünf Perspektiven vertreten, von denen eine die „Naturbezogene Perspektive“ bzw. die „Naturwissenschaftliche Perspektive“ ist.

Unter dieser versteht man Folgendes:

„Die naturwissenschaftliche Perspektive des Lernens steht im Spannungsfeld zwischen dem Erleben und Deuten von Naturphänomenen durch die Kinder und den inhaltlichen und methodischen Angeboten der Naturwissenschaften.“
(Perspektivrahmen Sachunterricht 2002, S. 7)

Der Umgang mit Modellen gehört zur Methodik bzw. zu einem Verfahren der Naturwissenschaften und wird somit indirekt durch obiges Zitat eingefordert. Ein direkter Verweis auf die Auseinandersetzung mit Modellen findet sich nicht.

¹ Beispielhaft werden u.a. die Berliner Curricula herangezogen. In anderen Bundesländern zeigt sich eine ähnliche Situation.

Kompetenzen setzen sich nach Auffassung der AutorInnen aus Sach- und Verfahrensweisen sowie aus metakognitivem Wissen zusammen. Wird also die Anbahnung von Modellkompetenz im Unterricht der Grundschule als Ziel ausgewiesen, muss diese laut dem Kompetenzverständnis des *Perspektivrahmens* auch metakognitiv und damit explizit bearbeitet werden.

Zudem werden im *Perspektivrahmen Sachunterricht* vielfältige Unterrichtsthemen beispielhaft benannt, deren Bearbeitung mit den Schülerinnen und Schülern jenseits von Modellen kaum möglich ist. Dazu zählen beispielsweise „Nahrungskette, Kreisläufe, Lebensraum und Lebensgemeinschaft [Biotop, Biozönose, Ökosystem, Symbiose]“, „Stoffwechsel“ und „Elektrischer Strom und seine Nutzung“ oder auch der „Bau eines Barometers“ (*Perspektivrahmen Sachunterricht 2002, S. 15, 17 und 18*).

Im *Rahmenlehrplan Grundschule – Sachunterricht* sind mehrere Kompetenzen beschrieben, unter anderem die Methodenkompetenz. Diese „schließt ein, fachbezogene und fachübergreifende Lernstrategien, Verfahrensweisen und Arbeitstechniken anwenden zu können“. Zudem wird gefordert, dass die Schülerinnen und Schüler „Annahmen begründen und überprüfen, Argumente erkennen, formulieren und beurteilen“ können (*Rahmenlehrplan 2004, S. 9*). Hierfür bieten sich der Einsatz von und Umgang mit Modellen als Verfahrensweise bzw. Arbeitstechnik an bzw. sind inhaltspezifisch unverzichtbar.

Ausführlicher wird es dann in den Standards des Rahmenlehrplans, zu welchen die Thematik „Naturphänomene erschließen“ gehört. Hier ist, ähnlich wie auch im *Perspektivrahmen*, zu lesen, dass die Lernenden „naturwissenschaftliche Methoden zur Bearbeitung von naturbezogenen Fragestellungen“ auswählen und anwenden sollen (*Rahmenlehrplan 2004, S. 20*).

In den fachdidaktischen Ansprüchen wird es dann sehr konkret:

„Arbeit mit Modellen

Eine weitere Möglichkeit, sich einen Sachverhalt zu erschließen, bietet die Arbeit mit Modellen. Sie kann sich auf das Konstruieren und Fertigen von Modellen ebenso wie auf das genaue Betrachten und Untersuchen von Strukturen bzw. Abläufen am vorgegebenen Modell beziehen. Modelle werden von den Schülerinnen und Schülern als Anschauungshilfe zur Erklärung der Wirklichkeit erfahren. Sie lernen, dass Modelle sich je nach ihrem Zweck voneinander unterscheiden, stets aber eine Vereinfachung sind und nur einen Ausschnitt der Realität wiedergeben.“ (*Rahmenlehrplan 2004, S. 24*)

Trotz der Notwendigkeit, die Modellkompetenz im Unterricht zu etablieren, wird diese in den aufgeführten „Inhalten“ jedoch nur unter dem Punkt „Räume entdecken“ erwähnt (*Rahmenlehrplan 2004, S. 34*).

Die Ausführungen zeigen, dass das Arbeiten mit Modellen durchaus bereits für den Sachunterricht der Grundschule vorgesehen ist. Bei näherer Betrachtung wird jedoch deutlich, dass dies aber nicht systematisch erfolgt. Vergleicht man die Teilkompetenzen, die *Upmeyer zu Belzen und Krüger 2010* aufstellten mit den Forderungen des *Rahmenlehrplans Grundschule – Sachunterricht*, zeigt letzterer lediglich ein sehr eingeschränktes Bild der Modellkompetenz auf:

Im Rahmenlehrplan Grundschule – Sachunterricht...	
... geforderte Teilkompetenzen	... nicht geforderte Teilkompetenzen
Modellbildung und Testen von Objekten (ohne detaillierte Beschreibung, was darunter zu verstehen ist)	Definition des Begriffs „Modell“
Unterschiedliche Modelltypen/Alternative Modelle	Unterschiede zwischen Alltags- und naturwissenschaftlichen Modellen
Unterschiede zwischen Erfahrungs- und Modellwelt (ausschließlich im Sinne der Vereinfachung eines Ausschnitts der Realität)	Rolle von Modellen im Erkenntnisprozess
Zweck von Modellen (nur in Form verschiedener „Anschauungshilfen“)	Zweck von Modellen –als Voraussage zukünftiger neuer Erkenntnisse
Eigenschaften von Modellen – Modelle als Kopien	Eigenschaften von Modellen – Modelle als Repräsentationen und theoretische Rekonstruktionen
	Veränderbarkeit und multiple Modelle/ Ändern von Modellen

Abb. 3: Vergleich der im Rahmenlehrplan Grundschule-Sachunterricht geforderten und nicht geforderten Teilkompetenzen der Modellkompetenz am Ende der Jahrgangsstufe 4

Es ist deutlich zu erkennen, dass im *Rahmenlehrplan Grundschule – Sachunterricht* weder die Veränderbarkeit von Modellen noch das metakognitive Wissen über Modelle und die Rolle von Modellen im Erkenntnisprozess aufgenommen worden sind. Außerdem betont der Rahmenlehrplan lediglich die Anschauungsfunktion und betrachtet somit Modelle ausschließlich als Anschauungsmodelle, nicht aber als Denkmodelle.

Im *Perspektivrahmen Sachunterricht* ist eine systematische Auseinandersetzung mit der Modellkompetenz nicht vorgesehen.

4 Konsequenzen des kumulativen Lernens

Aus den vorangegangenen Überlegungen ergibt sich die Frage, ob die didaktische Strukturierung der Modellkompetenz, die in der Sekundarstufe vorgenommen wird, nicht bereits auf einem anderem Niveau in der Grundschule stattfinden sollte, um den Schülerinnen und Schülern einen fließenden Übergang in den Sekundarbereich zu ermöglichen.

Die bereits in frühen Kindertagen angewandten individuellen Konzepte werden so auf dem Bildungsweg zu fachlichen Vorstellungen ergänzt. *Möller et al. (2002)* stellten bereits fest, dass das Wissen über Naturwissenschaften bei Kindern im Grundschulalter in verschiedenen Bereichen viel stärker entwickelt ist als dies bisher angenommen wurde. Demzufolge ist durchaus mannigfaltiges Vorwissen bei den Schülerinnen und Schülern vorhanden, welches nun unterrichtlich aufgearbeitet werden kann.

Kumulatives Lernen ermöglicht das Erleben von Wissen in verschiedenen Zusammenhängen und zu verschiedenen Zeiten. Bereits vorhandene Erfahrungen werden mit neuen Inhalten verbunden und es entsteht ein Wissens- und Erfahrungsnetzwerk, das dazu führt, dass Lernende neue Inhalte selbständig erlernen und diese mit älteren verbinden, um Schlussfolgerungen zu ziehen. Dadurch sind sie in der Lage nachhaltig Neues zu erlernen.

Das von *Bruner* entwickelte so genannte Spiralprinzip „geht davon aus, dass fast jeder wissenschaftliche Gegenstand bis zum Vorschulbereich herab so elementarisiert werden kann, dass die Lernenden nach der Erstbegegnung im Verlauf ihrer Entwicklung in den folgenden Schuljahren den gleichen Lerngegenstand auf jeweils höherem Komplexitäts- und Anspruchsniveau weiter erarbeiten und damit ihr Wissen über ihn allmählich erweitern, vertiefen, abstrahieren und systematisieren können“ (*Schaub, Zenke 2000, S.236*).

Renkl zeigt auf, dass „naive Konzepte“, die sich im Alltag bewährt haben, zu kompartimentalisiertem Wissen führen, wenn sie nicht zu wissenschaftlichen Denkmodellen über den Weg der Modellkompetenz entwickelt werden (*vgl. Renkl 1996, S. 175-187*).

Somit ist es in der Ausbildung von Schülerinnen und Schülern unerlässlich, deren Erfahrungen durch den Umgang mit geeigneten Modellen zu erweitern.

Schülerinnen und Schüler können durch kumulatives Lernen die Erfahrung machen, dass Wissenserwerb nicht abgeschlossen ist, sondern Kenntnisse auf neue Inhalte übertragen und erweitert werden können. Dies kann zwei erstrebenswerte Konsequenzen haben: Zum einen können Kinder über die explizite Thematisierung der bereits implizit genutzten Modelle ihre Modellkompetenz erweitern. Zum anderen bietet es die Chance leichter zu verstehen, dass sowohl ein Modell als auch jegliche naturwissenschaftliche Erkenntnis vorläufig und erweiterbar sind.

Wenn also auf Grundlage des kumulativen Lernens bereits angeeignetes Wissen aufgegriffen und erweitert werden soll, ist es unlogisch, dass dem bloßen Gebrauch von Modellen nur der bloße Gebrauch von Modellen folgt.

5 Fazit

Die metakognitive Arbeit mit Modellen muss im schulischen Bereich bereits dann erfolgen, wenn Kinder mit ihnen im Alltag konfrontiert werden. Diese Konfrontation erfolgt zumeist bereits lange vor Schuleintritt – beispielsweise wenn Kinder ihren ersten Papierflieger bauen – und sollte daher spätestens in der Primarstufe aufgegriffen werden.

Um einer Kompartimentalisierung vorzubeugen, sollten im Unterricht verwendete Modelle nicht nur benutzt werden, sondern es sollte auch über sie reflektiert werden, beispielsweise indem die Schülerinnen und Schüler verschiedene Lehrmodelle kategorisieren, feststellen, was man mit ihnen macht, welche individuellen Eigenschaften einzelne Modelle besitzen oder welche Eigenschaften alle Modelle ausmachen. Zudem sollte schon früh die Vorläufigkeit von Modellen aufgrund ihres Hypothesencharakters thematisiert werden.

Ebenso stellt die Modellkritik einen wichtigen Themenkomplex dar, dem bisher zu wenig Aufmerksamkeit seitens der Lehrenden – nicht nur in der Grundschule – geschenkt wird (*vgl. Upmeyer zu Belzen, Krüger 2010*).

In Abbildung 4 sind die aufgeführten Argumentationspunkte für eine Etablierung der Modellkompetenz in der Primarstufe zusammengefasst:

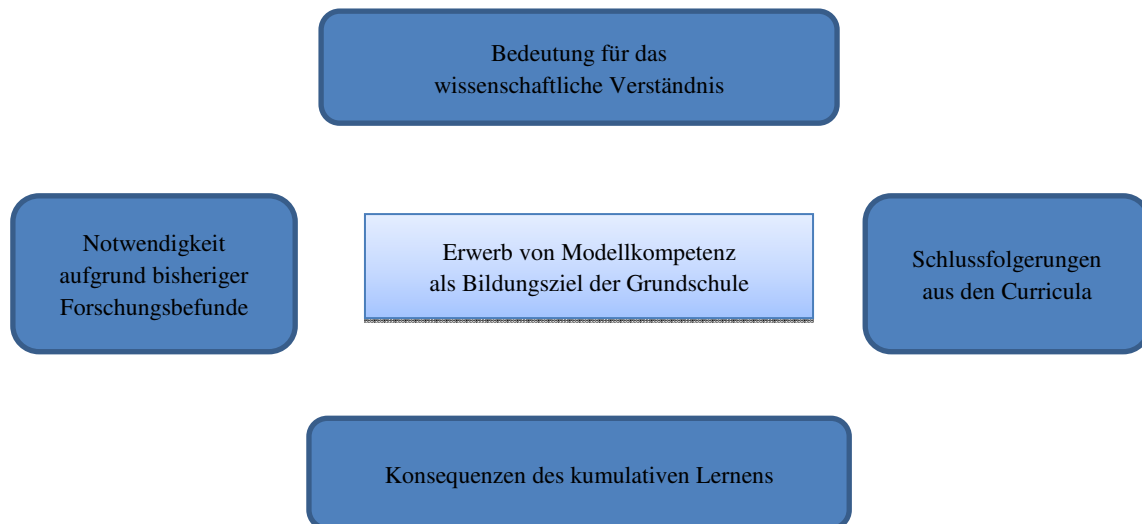


Abb. 4: Argumentationspunkte für den Erwerb von Modellkompetenz als Bildungsziel der Grundschule

Die bisherigen Forschungsbefunde haben deutlich gezeigt, dass im Primar- und Sekundarbereich stark kompartimentalisiertes Wissen über Modelle vorzufinden ist. Schülerinnen und Schüler mangelt es an der Erkenntnis, dass Naturwissenschaften eine Konstruktion von Modellen darstellen.

Modelle sind grundlegend für das wissenschaftliche Verständnis. Sie stellen eine unverzichtbare Arbeitsweise in den Naturwissenschaften dar und sind Ausgangspunkt und Endprodukt im Erkenntnisprozess.

Die vorgestellten Curricula fordern die allgemeine Thematisierung der Modellkompetenz in der Grundschule, beinhalten aber kaum diesbezügliche Teilkompetenzen und Anwendungsvorschläge für den Unterricht. Eine eindeutigere Strukturierung ist erst in den *Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss* zu finden.

Es besteht eine große Lücke zwischen dem, was unter den Teilkompetenzen der Modellkompetenz in der wissenschaftlichen Diskussion verstanden wird und dem, was z.B. im Rahmenlehrplan der Grundschule für Berlin, Brandenburg und Mecklenburg Vorpommern gefordert wird. Diese Lücke gilt es zu schließen.

Die Diskussion um das kumulative Lernen zeigt, dass die Vorerfahrungen, mit denen die Kinder in die Schule eintreten, berücksichtigt und moduliert werden sollten, um kompartimentalisiertem Wissen vorzubeugen. Die auf der Lebenswelt beruhenden individuellen Konzepte der Schülerinnen und Schüler sollten durch den Unterricht der Grundschule in Richtung fachlicher Vorstellungen geführt werden, um aufbauend auf diesen in der Sekundarstufe fortzufahren.

All diese Argumente sprechen für die Durchsetzung des Erwerbs der Modellkompetenz als Bildungsziel der Grundschule.

Literaturverzeichnis

- Artelt, C. et al (2001): Naturwissenschaftliche Grundbildung. In: Artelt, C. et al. (Hrsg.): PISA 2000. Zusammenfassung zentraler Befunde (pp.23.32). Berlin: Max Planck Institut für Bildungsforschung
- Beinbrech, C.; Möller, K. (2008): Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Sachunterricht. In: Hartinger, A.; Giest, H.; Kahlert, J. (Hrsg): Kompetenzniveaus im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhard, S. 101-117
- Frick, K.: (2008): Schülervorstellungen zu Modellen im Sachunterricht der Grundschule der Jahrgangsstufen 3 und 4. Unveröffentlichte Masterarbeit. Humboldt Universität zu Berlin
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (Hrsg.:(2002): Perspektivrahmen Sachunterricht, Klinkhardt
- Grosslight, L.; Unger, C.; Jay, E. (1991): Understanding Models and their Use in Science: Conceptions of Middle and High School Students and Experts. In: Journal of Research in Science Teaching 28 (9), S. 799-822
- Halloun, I. (2001): Student views about science: a comparative survey. Beirut, Lebanon: Educational Research Center, Lebanese University
- Harison, A. G.; Treagust, D.F. (2000): A typology of school science models. In: International Journal of Science Education 22 (9), S. 1011-1026
- Hartinger, A.; Giest, H.; Kahlert, J. (2008): Kompetenzniveaus im Sachunterricht – Einführung in den Forschungsband. In: Hartinger, A.; Giest, H.; Kahlert, J. (Hrsg): Kompetenzniveaus im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhard, S. 7-14
- Ingham, A. M.; Gilbert, J. K. (1991): The use of analogue models by students of chemistry at higher education level. In: International Journal of Science Education 13 (2), S. 193-202
- Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2005): Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. Wolters Kluwer, München Neuwied
- Leisner-Bodenthin; A. (2006): Zur Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften; Jg 12, S. 91-109
- Möller, K.; Jonen, A.; Hardy, I.; Stern, E. (2002): Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: Zeitschrift für Pädagogik, 45.Beiheft, S. 176-191

- Neugebauer, W.* (1980): Didaktische Modellsituationen. In: Stachowiak (Hrsg.): Modelle und Modelldenken. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 50-74
- Petrat, K.* (2008): Schülervorstellungen zu Modellen im Sachunterricht der Grundschule der Jahrgangsstufen 1 und 2. Unveröffentlichte Masterarbeit. Humboldt Universität zu Berlin
- Renkl, A.* (1996): Vorwissen und Schulleistung. In: Möller, J.; Köller, O. (Hrsg.): Emotionen, Kognitionen und Schulleistung. Beltz, Weinheim: Beltz PVU, S. 175-187
- Schaub, H.; Zenke, K. G.* (2000): Wörterbuch Pädagogik. Dtv, S. 236
- Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport Berlin (Hrsg.) (2004): Rahmenlehrplan Grundschule Naturwissenschaften
- Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport Berlin (Hrsg.) (2004): Rahmenlehrplan Grundschule Sachunterricht
- Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport Berlin (Hrsg.) (2004): Rahmenlehrplan für die Sekundarstufe I der Jahrgangsstufe 7-10 – Biologie
- Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport (Hrsg.) (2004): Das Berliner Bildungsprogramm für die Bildung, Erziehung und Betreuung von Kindern in Tageseinrichtungen bis zu ihrem Schuleintritt. Berlin: verlag das netz
- Stachowiak, H.* (1980): Zur Einleitung: Der Weg zum Systematischen Neopragmatismus und das Konzept der Allgemeinen Modelltheorie. In: Stachowiak (Hrsg.): Modelle und Modelldenken
- Terzer, E.; Upmeyer zu Belzen, A.* (2007): Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung durch Modelle – Modellverständnis als Grundlage für Modellkompetenz. IDB Münster. Bern: Institut Didaktik Biologie 16, S. 33-56
- Treagust, D. F.; Chittleborough, G.; Mamiala, T. L.* (2002): Students' understanding of the role of scientific models in learning science. In: International Journal of Science Education 24 (4), S. 357-368
- Upmeyer zu Belzen, A., Terzer, E.; Trier, U. & Krüger, D.* (2007): Förderung der Modellkompetenz im Biologieunterricht. Poster auf der 3. Internationalen Tagung der Fachgruppe Biologiedidaktik im Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin, September 2007 in Essen
- Upmeyer zu Belzen, A.; Krüger, D.* (2010): Modellkompetenz im Biologieunterricht. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 16, 2010, S. 41-57
- Watson, J.D.* (1968): The double helix. London: Penguin Books