

„Wissenschaftler nutzen Modelle, um etwas Neues zu entdecken, und in der Schule lernt man einfach nur, dass es so ist.“

Schülervorstellungen zu Modellen

Ulrike Trier & Annette Upmeier zu Belzen

ulrike.trier@biologie.hu-berlin.de – annette.upmeier@biologie.hu-berlin.de

Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Biologie, Didaktik der Biologie
Invalidenstr. 42, 10115 Berlin

Zusammenfassung

Vornehmlich internationale Studien zeigen, dass sich die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Modellen und zur Modellbildung von den wissenschaftlichen Auffassungen in diesem Bereich unterscheiden (z. B. GROSSLIGHT et al., 1991). Modellkompetenz ist ein fundamentales Element der Scientific Literacy (GILBERT & BOULTER, 2000) und wird in den Bildungsstandards der KMK (2005) als wichtiger Bestandteil des Bereichs Erkenntnisgewinnung festgeschrieben. Ein theoretisch begründetes Kompetenzmodell, in dem Modellkompetenz in fünf Teilkompetenzen mit je drei Niveaustufen untergliedert wird (UPMEIER ZU BELZEN & KRÜGER, 2009), dient der Gliederung halbstrukturierter Interviews zur Erfassung der Schülervorstellungen. Nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion (KATTMANN et al., 1997) werden parallel dazu bestehende wissenschaftliche Konzepte zu Modellen und Modellbildung erarbeitet. Aus diesen beiden Säulen werden in einem iterativen Ansatz Interventionen für Vermittlungsexperimente erarbeitet. Die vorliegende Teilstudie präsentiert erste Ergebnisse der Interviews, die zeigen, dass für die Schülerinnen und Schüler die Rolle der Modelle als Lehrmittel, die dem Verständnis und der Kommunikation dienen, im Vordergrund steht. Diese Vorstellung über die Funktion von Modellen wird auf wissenschaftliche Kontexte übertragen.

Abstract

International studies identified that students have an insufficient understanding of scientific models, which differ from the scientific conception of models and modelling (GROSSLIGHT et al., 1991). Model competence is a profound part of Scientific Literacy (GILBERT & BOULTER, 2000). The new German educational standards and curricula are based on

competencies too, including in particular model competence (KMK, 2005). A theoretically founded structure of model competence (UPMEIER ZU BELZEN & KRÜGER, 2009) already exists. To research the quality of students' conceptions, we collected data on students' relevant concepts of models in semi-structured interviews with interventions. Simultaneously, we assembled established scientific conceptions from academic literature and employed the approach of educational reconstruction to contrast students' with scientists' conceptions of models and modelling and align them to produce appropriate interventions (KATTMANN et al., 1997). First results of the interviews are: Models are perceived as teaching aids for visualization and explanation and are recognized to serve for visualization and explanation in scientific contexts, too.

1 Einleitung

„Alle Erkenntnis ist Erkenntnis in Modellen oder durch Modelle“ (STACHOWIAK, 1973). Dieses Zitat unterstreicht die bedeutende Rolle von Modellen in den Wissenschaften. Diese enorme Bedeutung soll sich auch im (naturwissenschaftlichen) Unterricht widerspiegeln (vgl. KMK, 2005).

PISA 2000 (ARTELT et al., 2001) und 2003 (PRENZEL et al., 2004) zeigen allerdings, dass deutsche Schülerinnen und Schülern nur vereinzelt in Modellen denken und kaum entsprechende Probleme lösen können. Weiterhin zeigen zahlreiche Studien, dass die Schülerinnen und Schüler eine begrenzte Sicht auf Modelle, z. B. als Miniaturen von Objekten der realen Welt, haben. Die Rolle von Modellen im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess wird von ihnen kaum wahrgenommen (GROSSLIGHT et al., 1991; TREAGUST et al., 2002). Die Schülervorstellungen zu Modellen und Modellbildungsprozessen unterscheiden sich somit stark von den wissenschaftlichen Konzepten in diesem Bereich (GROSSLIGHT et al., 1991).

Diese Differenz ist vor allem in den naturwissenschaftlichen Fächern relevant, wo Modelle die zentralen Elemente des Lehrens und Lernens sind (HARRISON & TREAGUST, 2000). So finden im Biologieunterricht unterschiedliche Modelltypen (von konkreten Gegenständen bis zu mathematischen oder systemischen Modellen; BOULTER & BUCKLEY, 2000) Anwendung, die aber letztlich auf mentalen Modellen basieren (JUSTI & GILBERT, 2002). Kommunikation und Konsensbildung wird in der Wissenschaft durch das Denken in Modellen ermöglicht, daher ist es eine zentrale Fähigkeit für die Aneignung von flexiblem, transferfähigem und anwendbarem Wissen (CLEMENT, 2000; GILBERT & BOULTER, 2000). Deshalb ist Modellkompetenz auch ein zentrales Element der Scientific Literacy (GILBERT & BOULTER, 2000; DRIVER et al., 1996).

Die sensible Anwendung von Modellen könnte als „Türöffner“ für ein differenzierteres Verständnis der Natur der Naturwissenschaften fungieren, weil es

über die Reflexion der Begriffe „Theorie“, „Hypothese“ und „Voraussage“ zu einem tieferen Verständnis des wissenschaftlichen Denkens und Arbeitens führt (LEISNER, 2005).

Für den englischsprachigen Raum, vor allem für den Chemieunterricht, gibt es verschiedene Studien zu den Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern sowie Lehrerinnen und Lehrern zu Modellen und deren Bildung (z. B. GROSSLIGHT et al., 1991; JUSTI & GILBERT, 2003; CHITTLEBOROUGH & TREAGUST, 2007). Studien in der Biologie fehlen für den deutschen Sprachraum weitestgehend (vgl. MEISERT, 2008). Im Hinblick auf die Bildungsstandards, welche im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung ausdrücklich Aspekte von Modellkompetenz fordern (Standards E9-E13; KMK, 2005), muss diese Lücke geschlossen werden.

Die vorliegende Arbeit präsentiert eine qualitative Studie, in der Schülerinnen und Schüler (Jgst. 10-13) in halbstrukturierten Interviews zu ihren Vorstellungen über Modelle und Modellbildungsprozessen befragt wurden.

Die Untersuchung ist in ein größeres Forschungsprogramm auf Basis des theoretisch begründeten Modells der Modellkompetenz (UPMEIER ZU BELZEN & KRÜGER, 2009) eingebettet, in dem das Kompetenzmodell über einen dazu passenden Aufgabenpool empirisch validiert werden soll (TERZER et al., 2009; GRÜNKORN et al., 2009). Die evaluierten Aufgaben sollen in weiteren Untersuchungen als Instrument zur Individualdiagnose als pre-post-Test von Interventionen genutzt werden.

2 Theorie

2.1 Schülervorstellungen zu Modellen

Im Folgenden sollen kurz Ergebnisse aus bestehenden Untersuchungen zu Schülervorstellungen zu Modellen und Modellbildung vorgestellt werden. GROSSLIGHT et al. (1991) interviewten Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 7 (n=33) und 11 (n=22) zu den Aspekten „kinds of models“, „purpose of models“, „designing and creating models“, „changing a model“ und „multiple models“. Im Teilbereich „kinds of models“ nennen nahezu alle Schülerinnen und Schüler gegenständliche Modelle für konkrete Objekte (z. B. Flugzeugmodelle). Selten erwähnen sie Modelle als Repräsentationen für Ideen oder abstrakte Konzepte. Modelle werden von den Schülerinnen und Schülern (hauptsächlich in der Jgst. 7) als Kopien der realen Objekte wahrgenommen, die sich lediglich in der Größe vom Original unterscheiden. Wenn die Inter-

viewten nach dem Zweck („purpose of models“) von Modellen gefragt werden, nennen sie eine weite Spanne von Anwendungsfeldern, z. B. Kommunikation, Lehren und Lernen, Verstehen, Beobachtungen und Dinge klarer und zugänglich machen. Die Mehrheit der Befragten hält es für sinnvoll, multiple Modelle („multiple models“) zu haben, um verschiedene Ansichten auf die gleiche Entität zu ermöglichen, z. B. in Form von verschiedenen räumlichen Perspektiven oder verschiedenen Aspekten des Originals. Letztere Aspekte werden hauptsächlich von Befragten der elften Jahrgangsstufe genannt. Keiner der Befragten nennt hingegen den Einsatz von multiplen Modellen zum Testen verschiedener Hypothesen. Zu Fragen, die den Aspekt „designing and creating models“ betreffen, beschreiben die Befragten der Jahrgangsstufe 7, dass der Modellierer über das Original nachdenken muss und dann versucht, das Modell in Bezug auf die Größe, Form und die Proportionen möglichst ähnlich zu gestalten. Die von GROSSLIGHT et al. (1991) interviewten Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 11 nennen häufiger die Betrachtung von wichtigen und unwichtigen Eigenschaften bei der Herstellung des Modells. Auf die Frage, ob ein Wissenschaftler ein Modell jemals ändern würde („changing models“), sagt die Mehrheit der Befragten, dass das möglich sei. Als Grund für solche Änderungen geben die Befragten der Jahrgangsstufe 7 Fehler in Modellen und Veränderungen der Realität an, während die Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 11 Gründe wie neue Erkenntnisse durch Forschung, Experimentieren oder Entdeckungen nennen. Die Befragten nehmen aber dabei nicht wahr, dass das Modell selbst ein wichtiges Element des Forschungsprozesses ist.

GROSSLIGHT et al. (1991) identifizierten drei Level des Denkens über Modelle. Schülerinnen und Schüler auf Level 1 sehen Modelle als kleine Spielzeuge oder Kopien der realen Welt, deshalb sind diese nützlich. Auf Level 2 realisieren die Schülerinnen und Schüler den speziellen Zweck eines Modells und nehmen die Ideen des Modellierers als wichtigen Faktor bei der Herstellung eines Modells wahr. Als Testen von Modellen wird auf diesem Level jedoch nur das Prüfen auf Funktionalität des Modells selbst verstanden. Befragte, deren Modellverständnis sich auf Level 3 bewegt, sind sich bewusst, dass das Modell konstruiert wurde, um Ideen zu entwickeln und zu testen. Auf diesem Level nehmen die Befragten die aktive Rolle des Modellierers wahr, welcher über das zweckgerichtete Design des Modells entscheidet. Modellierung wird nun als iterativer und konstruktiver Prozess verstanden.

CRAWFORD und CULLIN (2005) differenzierten die Vorstellungen in vier Level, die eine zunehmende Wissenschaftlichkeit im Denken über Modelle beschreiben: limited, pre-scientific, emerging scientific und scientific. TREAGUST

et al. (2002) untersuchten ebenfalls das Verständnis von Schülerinnen und Schülern im Alter zwischen 13 und 15 für Modelle in den Wissenschaften (SUMS, n=228). In vielen Punkten korrespondieren ihre Ergebnisse mit denen von GROSSLIGHT et al. (1991), allerdings stellten TREAGUST et al. (2002) fest, dass viele Schülerinnen und Schüler ein gutes Verständnis für die Rolle von wissenschaftlichen Modellen beim Lernen der Naturwissenschaften haben. Der Nutzen von multiplen Modellen wird wahrgenommen und die Befragten zeigen ein gutes Verständnis für das Ändern von wissenschaftlichen Modellen.

2.2 Modellkompetenz

Der allgemeinen Kompetenzdefinition von WEINERT (2001) folgend beschreibt Modellkompetenz die Fähigkeiten, mit Modellen zweckbezogen Erkenntnisse gewinnen zu können, über Modelle mit Bezug auf ihren Zweck urteilen zu können, über den Prozess der Erkenntnisgewinnung durch Modelle und Modellierungen in der Biologie zu reflektieren sowie die Bereitschaft, diese Fähigkeiten in problemhaltigen Situationen anwenden zu wollen (UPMEIER ZU BELZEN & KRÜGER, 2009).

| Entwicklung Dimensionen mit Teilkompetenzen | Niveau I | Niveau II | Niveau III |
|---|--|--|---|
| Modellkenntnisse | | | |
| Eigenschaften von Modellen | Modelle sind Kopien <i>von</i> etwas | Modelle sind idealisierte Repräsentationen <i>von</i> etwas | Modelle sind theoretische Rekonstruktionen <i>von</i> etwas |
| Alternative Modelle | Unterschiede zwischen den <i>Modellobjekten</i> beschreiben | Ausgangsobjekt ermöglicht Herstellung verschiedener Modelle <i>von</i> etwas | Hypothesengeleiteter Vergleich verschiedener Modelle <i>für</i> etwas |
| Modellbildung | | | |
| Zweck von Modellen | Einsatz des <i>Modellobjekts</i> / Beschreibung <i>von</i> etwas | <i>Für</i> die Erklärung von Zusammenhängen und Korrelationen <i>von</i> Variablen im Ausgangsobjekt | Voraussage über Zusammenhänge von Variablen <i>für</i> zukünftige neue Erkenntnisse |
| Testen von Modellen | Strukturelle oder funktionale Prüfung des <i>Modellobjekts</i> | Parallelisieren mit dem Ausgangsobjekt Modell <i>von</i> etwas testen | Überprüfen von Hypothesen bei der Anwendung Modell <i>für</i> etwas testen |
| Ändern von Modellen | Strukturelle oder funktionelle Mängel am <i>Modellobjekt</i> beheben | Revision des Modells als Modell <i>von</i> etwas durch neue Erkenntnisse oder zusätzliche Perspektiven | Revision des Modells <i>für</i> etwas aufgrund falsifizierter Hypothesen |

Abb. 1: Struktur der Modellkompetenz im Kontext Biologieunterricht (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2009).

Auf Basis der unter 2.1 vorgestellten Untersuchungen wurde ein normatives Modell der Modellkompetenz entwickelt (UPMEIER ZU BELZEN & KRÜGER, 2009). Dieses Modell (vgl. Abb. 1) gliedert sich in die beiden Dimensionen Modellkenntnisse mit den Teilbereichen Eigenschaften und Alternativen und

Modellbildung mit den Teilbereichen Zweck, Testen und Ändern. Im Modell sind drei Niveaustufen (I, II und III) unterschiedlicher Komplexität enthalten.

2.3 Lehr- und Lerntheorien

VAN DRIEL und VERLOOP (2002) konnten zeigen, dass der Unterricht zu Modellen nur sehr wenig mit den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zu diesem Thema verknüpft ist. Dieses Ungleichgewicht kann im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion (KATTMANN et al., 1997) ausgeglichen werden. Damit werden der Moderate Konstruktivismus (GERSTENMAIER & MANDL 1995), die Conceptual Change-Theorie (STRIKE & POSNER, 1992) und das Erfahrungsbasierten Verstehen (LAKOFF & JOHNSON, 1980) berührt.

Unter einer konstruktivistischen Perspektive wird der Lernprozess als ein aktiver, vom Lernenden selbst gesteuerter und konstruktiver Prozess verstanden (KATTMANN, 2005), der das aktive Generieren und Testen alternativer Aussagen beinhaltet (TYSON et al., 1997). Die Berücksichtigung des Konstruktivismus hilft, Lernprozesse zu verstehen und soll vor allem im Rahmen der Entwicklung von Interventionen Beachtung finden.

Der Ausgangspunkt dieses „Konstruktionsprozesses“ sind bereits existierende Vorstellungen der Lerner. Diese verändern sich dann, wenn die bisherigen Vorstellungen für die Lerner keine befriedigenden Antworten mehr liefern und wenn die neuen Vorstellungen für den Lerner verständlich, plausibel und fruchtbar erscheinen, wobei auch soziale und motivationale Faktoren im Lernumfeld eine große Rolle spielen (STRIKE & POSNER, 1992). Die Theorie des Conceptual Change hilft, die Bedingungsfaktoren für Vorstellungsänderungen und damit auch den Lernprozess besser zu verstehen. Dieser Theorie hilft dabei, auf der Basis der gefundenen Schülervorstellungen Interventionen zu entwickeln und diese in den Vermittlungsexperimenten passend einzusetzen.

Das Konzept des Erfahrungsbasierten Verstehens (LAKOFF & JOHNSON, 1980) hilft, die Herkunft der Vorstellungen zu rekonstruieren. Gerade für das Begreifen abstrakter Prozesse ist diese Theorie hilfreich, denn konzeptuelle Strukturen werden metaphorisch von einem Originalkontext auf einen Zielkontext übertragen, das heißt von einem den Erfahrungen zugänglichen Ursprungsbereich auf einen abstrakten, weniger zugänglichen Zielbereich (GROPENGIEBER, 2007). Diese Theorie kann helfen, die Herkunft der konkret gefundenen Vorstellungen zu erklären und liefert damit möglicherweise fruchtbare Anknüpfungspunkte für Interventionen.

3 Fragestellungen

Folgende Fragestellungen liegen der Untersuchung zugrunde:

- I. Welche Qualitäten haben Schülervorstellungen zu Modellen und Modellbildung?
- II. Welche Qualitäten haben wissenschaftliche Vorstellungen zu Modellen und Modellbildung?
- III. Welche lernförderlichen Anknüpfungspunkte und welche lernhinderlichen Konzepte lassen sich bei den Schülerinnen und Schülern für die Vorstellungsentwicklung finden?
- IV. Wie werden die Entwicklung der Schülervorstellungen und damit auch die Modellkompetenz durch Interventionen beeinflusst?

4 Methodik

4.1 Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion

Um Modellkompetenz fördern zu können, ist es notwendig an die bestehenden Konzepte der Lernenden in diesem Bereich anzuknüpfen.

Zur Identifizierung der Schülervorstellungen wurden zum einen bestehende Studien, z. B. die von GROSSLIGHT et al. (1991), analysiert. Zum anderen wurden halbstrukturierte, leitfadengestützte Einzelinterviews (n=7, Jgst. 10-13, II. Quartal 2008 bis II. Quartal 2009) durchgeführt. Der Interviewleitfaden orientiert sich dabei an dem Kompetenzmodell der Modellkompetenz (UPMEIER ZU BELZEN & KRÜGER, 2009, vgl. Abb. 1) und enthält außerdem einen Abschnitt, in dem die Interviewten Objekte und Abbildungen begründet als „Modell“ oder als „Nichtmodell“ klassifizieren sollen (vgl. GROSSLIGHT et al., 1991, vgl. MEISERT, 2008). Wobei lediglich die Begründungen der Zuordnung durch die Interviewten von Interesse sind. Es soll in dem Wissen, dass die Modelldefinition einen sehr komplexe ist, keine Bewertung der Zuordnung vorgenommen werden. Alle Interviews wurden digital aufgezeichnet, transkribiert, redigiert und anschließend mit Hilfe von MAXQDA nach der Qualitativen Inhaltsanalyse (MAYRING, 2003) ausgewertet.

Parallel dazu werden ausgewählte wissenschaftliche Texte zu Modellen und Modellbildung fachlich geklärt (z.B. KATTMANN, 2006; MAHR, 2008). Aus diesen beiden Säulen werden in einem iterativen Ansatz Interventionen erarbeitet, die zu einer Rekonstruktion der Schülervorstellungen führen. Der Erfolg

der Interventionen, auch in Hinblick auf die Vorstellungsentwicklung, wird innerhalb von Gruppeninterviews (n=10x3, Jgst. 10) mit Interventionen (vgl. RIEMEIER, 2005) evaluiert. Auch diese Interviews werden digital aufgezeichnet, transkribiert, redigiert und anschließend mit Hilfe von MAXQDA nach der Qualitativen Inhaltsanalyse (MAYRING, 2003) ausgewertet.

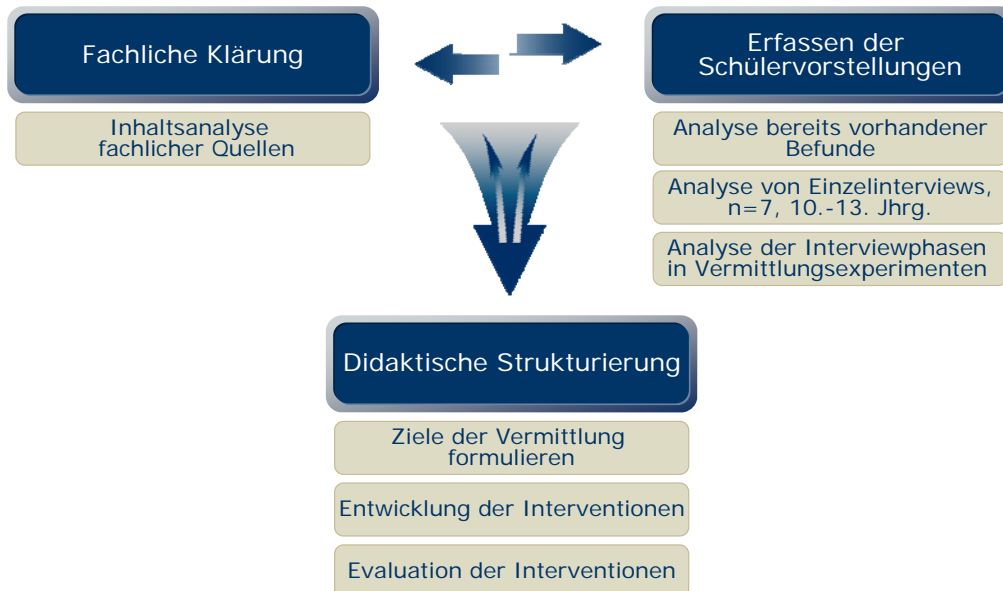


Abb. 2: Untersuchungsdesign nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion, nach KATTMANN et al. (1997) und RIEMEIER (2005).

5 Ergebnisse und Diskussion

Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf die Darstellung der ersten Ergebnisse aus den Einzelinterviews. Es werden dabei die Aussagen der Interviewten zu den Teilkompetenzen der beiden Dimensionen des Kompetenzmodells separat besprochen.

Modelle werden in Bezug auf die **Eigenschaften** meist als künstlich geschaffene Nachbildungen gesehen. So sagt Lena (11.Jgst., vgl. Tab. 1): *“Eigentlich ist die Maus (Präparat) auch kein Modell. Weil ein Modell ist eigentlich was künstlich Nachempfundenes für mich.“* Für die Interviewten unterscheiden Modelle sich vom Original in Farbe, Form, Größe und Material (vgl. Tab. 1). Typische Eigenschaften von Modellen sind, dass sie schematisch, vereinfacht, idealisiert und fokussiert sind, damit ist den Schülerinnen und Schülern bewusst, dass bei Modellen etwas hervorgehoben bzw. weggelassen wurde, um sich auf bestimmte Punkte zu konzentrieren. Lena sagt z. B.: *“Wenn ein Motor auf ein Blatt Papier gemalt wird, dann werden die ganzen anderen Dinge weggelassen, die zum Auto noch gehören. Es wird sich nur auf das We-*

sentliche konzentriert, also nicht noch die Farbe oder so dargestellt.“ Einige Schülerinnen bzw. Schüler äußern sogar die Vorstellung, dass Modelle Vorstellungen repräsentieren („Es ist eine idealisierte Vorstellung von etwas, was z.B. in der Natur existiert.“; Lena, 11. Jgst., vgl. Tab.1).

Die Existenz **alternativer Modelle** ist den Interviewten bewusst. Diese Alternativen ermöglichen es dem Betrachter, das Original aus verschiedenen „Blickwinkeln“ bzw. „Perspektiven“ (Sascha und Oliver, 10. Jgst., Lena, 11. Jgst., Robert 12. Jgst., vgl. Tab. 1 und 2), bzw. verschiedene Aspekte eines Originals, zu betrachten (vgl. Grosslight et al., 1991, „multiple models“). Oliver (10. Jgst.) nennt als eine Ursache für alternative Modelle die individuellen Vorstellungen der Modellierer vom Original.

| Dimensionen mit Teilkompetenzen | |
|--|---|
| Modellkenntnisse | |
| Eigenschaften von Modellen | <ul style="list-style-type: none"> • „Alles könnte ein Modell sein“ • von Menschen geschaffen • bilden Wirklichkeit künstlich nach, keine Kopie • vereinfacht, schematisch, idealisiert und fokussiert • „idealisierte Vorstellungen von etwas, was z. B. in der Natur existiert“ • Unterschiede zwischen Modell/Original: Farbe, Form, Größe und Material • Grenzfall zwischen Modell und Wirklichkeit: Prototypen oder Vorlagen |
| Alternative Modelle | <ul style="list-style-type: none"> • Modellalternativen sind wichtig • verschiedene Blickwinkel auf ein Original • gezielt Aspekte weglassen bzw. hervorheben • verschiedene Darstellungen: plastisch, bildlich, symbolhaft oder als Diagramm • verschiedene Lerntypen werden angesprochen |
| Modellbildung | |
| Zweck von Modellen | <ul style="list-style-type: none"> • Hilfscharakter, vereinfachen das Leben • Machen etwas im Hinblick auf Zeit, Ort, Größe und Beobachtbarkeit zugänglich • Vorlagen (Schnittmuster) und Prototypen (Motor) • darstellen, beschreiben, zeigen, erklären, vermitteln • Modelle helfen, sich etwas vorzustellen, zu verstehen, zu erkennen, zu lernen, zu begreifen oder zu merken • zum Überlegen • orientieren, auf bestimmte Aspekte konzentrieren • Zusammenhänge klarer erkennen und sie aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten • Schule: Bekanntes verstehen • Wissenschaft: Neues entdecken, mit Modellen experimentieren • „Deko zwecke“ |
| Testen von Modellen Ändern von Modellen | <ul style="list-style-type: none"> • parallelisieren zwischen Modell und Wirklichkeit • wenn das Modell den intendierten Zweck bei diesem Test nicht erfüllt, müssen Wissenschaftler weiter forschen, andere Ideen ausprobieren, mit der Community diskutieren, ihre Vorstellung über das Original korrigieren oder Fehler im Modell finden |
| Beispiele für Modelle | <ul style="list-style-type: none"> • Verkehrsnetzplan von Berlin, Schema einer Enzymreaktion, bildlicher Vergleich zwischen einer Zelle und einer Fabrik |
| Beispiele für Nichtmodelle | <ul style="list-style-type: none"> • Röntgenbild, Präparat einer Maus, Foto eines Hasen |
| Modell/Nichtmodell | <ul style="list-style-type: none"> • echte Pflanze (Nichtmodell) im Topf (evt. Vorlage für weitere Töpfe), Foto eines Hauses (Musterhaus) |

Tab. 1: Lena (11. Jgst.): Aussagen zu Modellen und Modellbildungsprozessen, den Dimensionen und Teilbereichen des Kompetenzmodells zugeordnet.

| Dimensionen mit Teilkompetenzen | |
|-----------------------------------|--|
| Modellkenntnisse | |
| Eigenschaften von Modellen | <ul style="list-style-type: none"> • jeder beurteilt das anders, ob Modell oder Nichtmodell • kein großer Unterschied zwischen Modell und Original, nur Modell ist nicht live und hautnah • Modell ist künstlich bzw. von Menschen konstruiert vs. etwas ist kein Modell, weil es künstlich ist • man kann nicht jedes Detail, jede Einzelheit darstellen • Kriterien für das Modellsein: etwas ist gut sichtbar, gut erkennbar, gut erklärt, verständlich, beschriftet |
| Alternative Modelle | <ul style="list-style-type: none"> • alternative Modelle sind gut, aber es dürfen nicht so viele sein, da sonst Streitigkeiten entstehen • Gründe für alternative Modelle: jeder geht mit einer anderen Vorstellungen an die Herstellung, was die Größe betrifft • verschiedene Blickwinkel können dargestellt werden |
| Modellbildung | <ul style="list-style-type: none"> • MB ist eine Aufgabe, die einem der Lehrer gibt • man sucht sich verschiedene Materialien und Farben • man formt den Körper aus Ton als Grundlage • Vorstellung (Größe und Proportion) bestimmt das Aussehen des Modells • in Bezug auf die Größe möglichst originalgetreu bauen • man braucht Erfahrung, muss vieles beachten |
| Zweck von Modellen | <ul style="list-style-type: none"> • Schule: etwas zeigen, erklären, näher bringen • Modelle machen innere Strukturen zugänglich und sichtbar, so dass man sich diese besser vorstellen kann • darstellen, etwas aussagen, am Modell kann man einzelne Dinge erkennen vs. S- und U-Bahn-Netz ist kein Modell, obwohl man darauf Strukturen erkennen kann • Muster • Wissenschaft: keine konkreten Vorstellungen, aber Wissenschaftler bräuchten bestimmt auch Modelle |
| Testen von Modellen | <ul style="list-style-type: none"> • keine Aussagen |
| Ändern von Modellen | <ul style="list-style-type: none"> • noch mal angucken, es überarbeiten oder komplett noch mal neu machen • Wissenschaftler würde ein Modell ändern, wenn es von anderen kritisiert wird, z. B. weil es beschmiert oder fehlerhaft ist • Modelle können dauerhaft gültig sein, außer wenn das Material ermüdet |
| Beispiele für Modelle | <ul style="list-style-type: none"> • Röntgenbild der Hand, Gummieidechse, Foto von mikroskopischer Aufnahme von Pflanzenzellen |
| Beispiele für Nichtmodelle | <ul style="list-style-type: none"> • Schema von Stoffkreislauf und Energiefluss, Summenformel der Glukose, Verkehrsnetzplan von Berlin |
| Modell/Nichtmodell | <ul style="list-style-type: none"> • Schädel (nicht mehr alles sichtbar), Kiefernzapfen (man kann Strukturen sehen, aber nicht alle), Strukturformel der Glukose (es zeigt Verbindungen, ist aber nicht sehr verständlich) |

Tab. 2: Sascha (10. Jgst.): Aussagen zu Modellen und Modellbildungsprozessen den Dimensionen und Teilbereichen des Kompetenzmodells zugeordnet.

Für die Schülerinnen und Schüler ist es außerdem sehr wichtig, dass mit alternativen Modellen verschiedene Lerntypen angesprochen werden können (vgl. Tab.1). So sagt z.B. Robert (12. Jgst.), dass es alternative Modelle zu einem Sachverhalt gibt, „weil es verschiedene Lerntypen gibt. Das heißt, dass einige Leute mehr damit anfangen können, wenn sie genau sehen, wie sich welcher Luftballon verformt bei diesem Leistenmodell des Unterarms. Oder andere das

dann aufgeschrieben haben oder wenigstens eine beschriftete Skizze haben möchten, damit sie ihre Information möglichst ideal aufnehmen.“

Der **Zweck** von Modellen liegt für die Interviewten hauptsächlich in der Veranschaulichung und Erklärung (vgl. Tab. 1 und 2). Für die Schülerinnen und Schüler steht somit der Zweck von Modellen als Hilfsmittel für Verständnis und Kommunikation, vor allem auch im Lehr-Lern-Kontext, im Vordergrund (vgl. GROSSLIGHT et al., 1991, „purpose of models“). Für sie erfüllen Modelle hauptsächlich Funktionen wie darstellen, zeigen, erklären, vermitteln, damit man mit ihnen etwas besser sehen, erkennen, lernen, verstehen, begreifen oder sich vorstellen kann. Aber auch das Zugänglichmachen in Bezug auf Größe, Beobachtbarkeit, Ort und Zeit sind für die Interviewten wichtige Funktionen eines Modells. Die Schülerinnen und Schüler unterscheiden zwischen Modellen für schulische Kontexte und einem wissenschaftlichen Einsatz von Modellen. Dabei übertragen sie ihre schulischen Erfahrungen im Umgang mit Modellen auf ihre Vorstellungen von einem wissenschaftlichen Einsatz von Modellen. So nutzt z. B. ein erfahrener Wissenschaftler Modelle, *„damit er sein Wissen, was er in den Jahren angesammelt hat, weiter vermitteln kann“* (Oliver, 10. Jgst.). Auch Prototypen oder Vorlagen, die als Muster fungieren, werden von den Schülerinnen und Schüler als Modelle klassifiziert.

Das **Testen** in der Dimension Modellbildung beziehen die Schülerinnen und Schüler häufig auf das Testen des Modells in Bezug auf den Zweck (vgl. Tab. 1). Wenn das Modell nicht zum Zweck passt, wird es entsprechend geändert. Außerdem führen „neue Erkenntnisse“ durch moderne Untersuchungsmethoden (höher auflösende Mikroskope etc.) oder Veränderungen des Originals zu einer **Änderung** von Modellen (vgl. GROSSLIGHT et al., 1991, „changing a model“).

Die hier beschriebenen Vorstellungen korrespondieren in vielen Punkten mit den Ergebnissen von GROSSLIGHT et al., z. B. dass Modelle dem Verständnis und der Kommunikation dienen oder Dinge zugänglich machen, dass multiple Modelle verschiedene räumliche Perspektiven bzw. die Darstellung verschiedener Aspekte ermöglichen sowie dass neue Erkenntnisse und Veränderungen der Realität zu Änderungen des Modells führen. Auf der anderen Seite zeigen die Interviewergebnisse aber auch ein nicht nur naives Modellverständnis der Schülerinnen und Schüler: Nur ein Schüler (Sascha, 10.Jgst.) äußert Vorstellungen, die zeigen, dass er Modelle als Kopien des Originals sieht (*„Also ich sehe zwischen Modell und Original nicht so einen großen Unterschied, bis auf dass das Modell künstlich ist“*), während einige Schülerinnen und Schüler sogar äußern, dass Modelle verschiedene Vorstellungen repräsentieren (Lena, 10.

Jgst., vgl. Tab. 1, Eigenschaften). Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte auch MEISERT (2008), deren Untersuchung Hinweise auf ein differenzierteres Modellverständnis der Schülerinnen und Schüler liefert als von GROSSLIGHT et al. (1991) beschrieben (vgl. TREAGUST et al., 2002).

Erste Ergebnisse der Interviews zeigen auch, dass den Schülerinnen und Schülern bewusst ist, dass Modelle in der Wissenschaft eine große Rolle spielen, „um Neues zu entdecken“, „um immer weiter auf den Grund zu gehen“. Für sie ist das aber konkret nicht darstellbar, denn „in der Schule lernt man dann einfach nur, dass es so ist, [...] man untersucht das jetzt nicht näher“ (Lena, 10. Jgst.). Die Sicht der Interviewten spiegelt den Einsatz der Modelle in schulischen Kontexten wider, in denen das Potenzial von Modellen als Forschungswerkzeuge kaum genutzt wird. Auch TREAGUST et al. (2002) kommen zu dem Schluss, dass die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler ihre Erfahrungen im Umgang mit Modellen in der Schule widerspiegeln. Das heißt, dass die Schülerinnen und Schüler mehr Erfahrung im Umgang mit deskriptiven Modellen haben als sie im Zuge der Erkenntnisgewinnung zu nutzen. Hierfür spricht auch, dass alle Interviewten zwei typische Modelle aus dem schulischen Kontext (3D-Modell einer Pflanzenzelle, Schema zur Photosynthese) als Modelle klassifizieren.

Im schulischen Kontext spielen auf der einen Seite das Sehen („Bei dem sieht man, wie es aussieht, und hier kann man sehen, wie es auch funktioniert.“, Kristian, 10. Jgst) und damit das Erkennen eine wesentliche Rolle („Das man es besser erkennen kann, also eine Zelle, als wenn man die in Originalgröße machen würde.“, Kristian, 10. Jgst.). Auf der anderen Seite ist das Begreifen („Also um Dinge besser begreifen zu können, dass der Mensch schneller lernt, um Vorgänge zu begreifen.“, Lena, 11. Jgst.) für einige Interviewten von zentraler Bedeutung. Wobei gerade das, möglicherweise auch im wörtlichen Sinne zu verstehende (die Interviewten erwähnen häufig, dass man Modelle anfassen kann) und metaphorisch verwendete „Begreifen“ der Modelle zum Verstehen, Merken und Lernen beiträgt.

Auch alltägliche Erfahrungen im Umgang mit Modellen, z. B. in Form von Architekturmodellen, Spielzeugmodellen zum Nachbauen (Kristian, 10. Jgst.) und Schnittmustern (Lena, 11. Jgst., vgl. Tab. 1, Zweck) spiegeln sich in den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler wider, indem auch Prototypen und Vorlagen als Modelle (Blumentopf, Foto eines Hauses) klassifiziert werden.

6 Ausblick

Basierend auf diesen ersten Ergebnissen und der fachlichen Klärung sollen Interventionen zur Entwicklung der Vorstellungen zu Modellen und Modellbildung entwickelt werden. Eine Leitidee für die Interventionen wird es sein, die wissenschaftliche Funktion von Modellen herauszuarbeiten, so dass die Schülerinnen und Schüler Modelle als Forschungswerkzeuge zum Lösen eines Problems kennen lernen können und ihre Perspektiven um die Anwendung der Modelle zur Voraussage erweitern.

An dem Punkt, dass den Schülerinnen und Schülern die bedeutende Rolle von Modellen in der Wissenschaft zwar bewusst, aber nur sehr vage beschrieben werden kann, sollen die geplanten Interventionen ansetzen, indem Szenarien geschaffen werden, bei denen die Schülerinnen und Schüler ihre Modelle basierend auf einer Forschungsfrage selbst bilden, testen und ändern. Dabei soll der subjektive, theoretische und vorläufige Charakter von Modellen deutlich werden, so dass die Interviewten die Bedeutung der Modelle in der Wissenschaft basierend auf ihren eigenen Vorstellungen selbst konstruieren können.

Zitierte Literatur

- ARTELT, C., J. BAUMERT, E. KLIEME, M. NEUBRAND, M. PRENZEL, U. SCHIEFELE, W. SCHNEIDER, G. SCHÜMER, P. STANAT, K.-J. TILLMANN & M. WEIß [HRSG.] (2001): PISA 2000. Zusammenfassung zentraler Befunde. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin. <<http://www.mpibberlin.mpg.de/pisa/ergebnisse.pdf>> [Stand: 29.08.2007]
- BOULTER, C. J. & B. BUCKLEY (2000): Constructing a typology of models for science education. In: J. K. Gilbert & C. J. Boulter [Hrsg.]: *Developing Models in Science Education*. Kluwer, Dordrecht, 41-57.
- CHITTLEBOROUGH, G. & D.F. TREAGUST (2007): The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. *Chemistry Education Research and Practice* **8** (3), 274-292.
- CLEMENT, J. (2000): Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education* **22** (9), 1041-1053.
- CRAWFORD, B.A. & M.J. CULLIN (2005): Dynamic Assessments of preservice teachers' knowledge of models and modelling. In K. BOERSMA, M. GOEDHART, O. DE JONG & H. EIJKELHOF [Hrsg.]: *Research and the Quality of Education*. Springer, Dordrecht, 309-323.
- DRIVER, R., J. LEACH, R. MILLAR, & P. SCOTT (1996): *Young people's images of science*. Open University Press, Buckingham Philadelphia.
- GERSTENMAIER, J. & H. MANDL (1995): Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik* **41** (6), 867-888.
- GILBERT, J. K. & C. J. BOULTER [HRSG.] (2000): *Developing Models in Science Education*. Kluwer, Dordrecht.
- GROPENGIEBER, H. (2007): Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In: KRÜGER, D. & H. VOGT [Hrsg.]: *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Springer, Berlin.
- GROSSLIGHT, L., C. UNGER, E. JAY & C. SMITH (1991): Understanding Models and their Use in Science: Conceptions of Middle and High School Students and Experts. *Journal of Research in Science Teaching* **28** (9), 799-822.

- GRÜNKORN, J., A. UPMEIER ZU BELZEN & D. KRÜGER (2009): Diagnose von Modellkompetenz – Validierung eines Kompetenzmodells mit offenen und halboffenen Aufgaben. Referierter Tagungsband der Internationalen Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBIO, Universität Kiel, 21.-25.09.2009.
- HARRISON, A. G. & D. F. TREAGUST (2000): A typology of school science models. *International Journal of Science Education* **22** (9), 1011-1026.
- JUSTI, R. S. & J. K. GILBERT (2002): Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education* **24** (4), 369-387.
- JUSTI, R. S. & J. K. GILBERT (2003): Teachers' view on the nature of models. *International Journal of Science Education* **25** (11), 1369-1386.
- KATTMANN, U., R. DUIT, H. GROPPENGIEBER, & M. KOMOREK, (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *ZfDN* **3** (3), 3-18.
- KATTMANN, U. (2005): Lernen mit anthropomorphen Vorstellungen? – Ergebnisse von Untersuchungen zur Didaktischen Rekonstruktion in der Biologie. *ZfDN* **11**, 165-174
- KATTMANN, U. (2006): Modelle. In: GROPPENGIEBER, H. & U. KATTMANN [Hrsg.]: *Fachdidaktik Biologie*. Aulis Verlag Deubner, Köln, 7. Auflage.
- KULTUSMINISTER KONFERENZ (2005): Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. Kluwer, Dordrecht.
- LAKOFF, G. & M. JOHNSON (1980): *Metaphors we live by*. Chicago Univers. Press, Chicago, London.
- LEISNER, A. (2005): Modellkompetenz im Physikunterricht. In GIEST, H. [Hrsg.]. *Lern- und Lehr-Forschung: LLF-Berichte* 20, 35-50. Potsdam: Universitätsverlag Potsdam.
- MAHR, B. (2008): Ein Modell des Modellseins. Ein Beitrag zur Aufklärung des Modellbegriffs. In: DIRKS, U. & E. KNOBLOCH [Hrsg.]: *Modelle*. Peter Lang, Frankfurt am Main.
- MEISERT, A. (2008): Vom Modellwissen zum Modellverständnis – Elemente einer umfassenden Modellkompetenz und deren Fundierung durch lernerseitige Kriterien zur Klassifikation von Modellen. *ZfDN* **14**, 243-260.
- MAYRING, P. (2003): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Beltz, UTB, Weinheim.
- PRENZEL, M., J. BAUMERT, W. BLUM, R. LEHMANN, D. LEUTNER, M. NEUBRAND, R. PEKRUN, H.-G. ROLFF, J. ROST & U. SCHIEFELE [HRSG.] (2004): PISA 2003. Ergebnisse des internationalen Vergleichs. Online summary: <http://www.pisa.ipn.uni-kiel.de/Ergebnisse_PISA_2003.pdf> [Stand: 29.08.2007].
- RIEMEIER, T. (2005): *Biologie verstehen: Die Zelltheorie. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion*, Bd. 7. Didaktisches Zentrum, Oldenburg.
- RIEMEIER, T. (2007): Moderater Konstruktivismus. In: KRÜGER, D. & H. VOGT [Hrsg.]: *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Springer, Berlin, Heidelberg, 69-79.
- STACHOWIAK, H. (1973): *Allgemeine Modelltheorie*. Springer, Wien, New York.
- STRIKE, K. A. & G. J. POSNER (1992): A Revisionist Theory of Conceptual Change. In: Duschl, R. A. & R.J. Hamilton [Hrsg.]: *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice*. State University of New York Press, Albany.
- TERZER, E., D. KRÜGER & A. UPMEIER ZU BELZEN (2009): Diagnose von Modellkompetenz im Biologieunterricht – Validierung eines Kompetenzmodells mit Multiple Choice-Aufgaben. Referierter Tagungsband der Internationalen Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBIO, Universität Kiel, 21.-25.09.2009.
- TREAGUST, D.F., G. CHITTLEBOROUGH & T. L. MAMIALA, (2002): Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, **24** (4), 357-368.
- TYSON, L.M., G.J. VENVILLE, A.G. HARRISON & D.F. TREAGUST: (1997): A Multidimensional Framework for interpreting Conceptual Change Events in the Classroom. *Science Education*, **81** (4), 387-404.
- UPMEIER ZU BELZEN, A. & D. KRÜGER (2009): *Modellkompetenz im Biologieunterricht - Struktur und Entwicklung*. Tagungsband der Internationalen Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBio mit dem Schwerpunktthema "Heterogenität erfassen - individuell fördern im Biologieunterricht", September 2009 in Kiel.

- VAN DRIEL, J. H. & N. VERLOOP (2002): Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. *International Journal of Science Education* **24** (12), 1255-1272.
- WEINERT, F. E. (2001): Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: WEINERT, F. E. [Hrsg.]: *Leistungsmessungen in Schulen*. Beltz, Weinheim, Basel. 17-31.