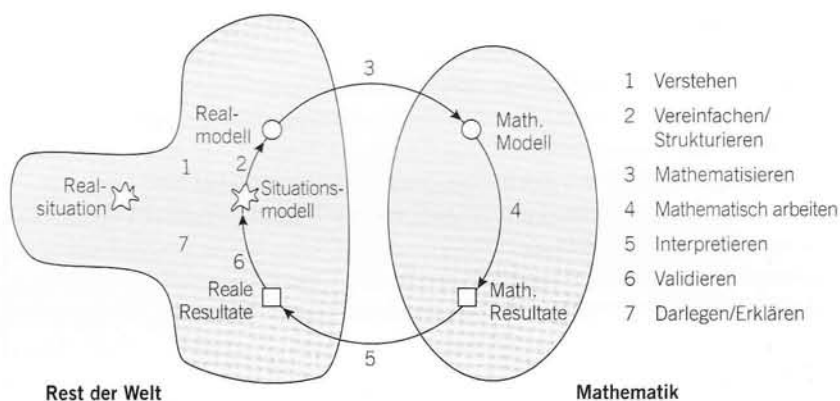


Von der Modellnutzung zum Modellieren

Was der naturwissenschaftliche Unterricht vom Mathematikunterricht gelernt hat

Von Lutz Stäudel

KLASSENSTUFE: Sek. I und II
THEMA: Beispiele zur aktiven Auseinandersetzung mit Modellen und Reflexion dieses Umgangs
METHODE: Modellierungen



1 | Der Modellierungskreislauf im Mathematikunterricht in 7 Schritten (nach [6])

Die Naturwissenschaften sind von Anfang an geprägt durch die Benutzung von Modellen. Immer dort, wo die unmittelbare Wahrnehmung nicht mehr greift, z. B. weil die Phänomene bzw. Objekte entweder zu groß oder zu klein sind, wurden (dreidimensionale) Abbilder herangezogen oder entwickelt, um ein Geschehen oder einen Zusammenhang begreifbar zu machen, oft im Wortsinn.

Die Art der benutzen Modelle reicht vom sprachlichen „Modell“, das auf einen realen Gegenstand oder Zusammenhang verweist (vgl. den „Treibhaus“-Effekt in UC 129) bis hin zu gegenständlichen Modellen, die die Visualisierung einer theoretischen Überlegung darstellen (vgl. Modelle von hybridisierten Orbitalen in UC 129).

Welcher Art die so generierten und benutzten Modelle sind, hat die Fachdidaktik seit vielen Jahrzehnten beschäftigt. Die so entstandenen Systeme zur Kategorisierung unterscheiden etwa funktionale und morphologische Modelle, materielle und gedankliche (vgl. S. 2 ff. in diesem Heft), oder, wie Steinbuch vorschlug [1], analoge und homologe Modelle. Diese Differenzierungen geben der Lehrkraft sicherlich Anhaltspunkte für den Umgang damit, für das Lernen auf Seiten der Schülerinnen und Schüler haben sie nur begrenzt Bedeutung, da es hier zunächst einmal um das grundsätzliche Verständnis dessen geht, was „Modell“ bedeutet, in welchem Ver-

hältnis Modell und Wirklichkeit zueinander stehen. Ein solches Verständnis lässt sich durch die aktive Auseinandersetzung mit Modellen im konkreten Fall und dem reflektierenden Blick auf diesen Umgang erreichen.

Einen Schritt voran gebracht haben uns auf diesem Weg die Bildungsstandards. Sie fordern nicht nur, dass Schülerinnen und Schüler

- „geeignete Modelle (z. B. Atommodelle, Periodensystem der Elemente)“ nutzen „um chemische Fragestellungen zu bearbeiten“,

sondern explizit auch, dass

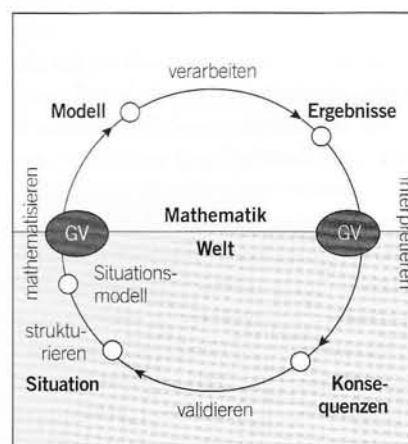
- „gewonnene Erkenntnisse mit bereits geläufigen Konzepten, Modellen und Theorien“ verknüpft werden und dass Ergebnisse naturwissenschaftlichen Arbeitens „durch die Lernenden vor dem Hintergrund der Ausgangsfrage, der festgelegten Bedingungen und der zugrunde gelegten Modellvorstellung geprüft“ werden. [2, S. 9]

Letzteres verweist auf einen aktiven Umgang mit Modellen bzw. Modellvorstellungen in konkreten Situationen, es zielt ab auf einen Kompetenzerwerb,

der den Wechsel und die gegenseitige Bezugnahme zwischen Modell und Realität ermöglichen soll.

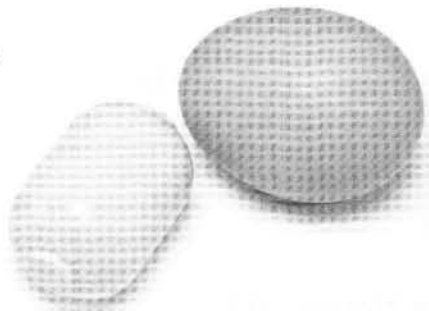
Modellieren in der Mathematikdidaktik

Im Zuge der SINUS-Projekte [3] kam es nicht nur zu einer Ausschärfung vieler Begrifflichkeiten im Bereich der Naturwissenschafts-Didaktiken, etwa der Ak-



2 | Modellierungskreislauf in 6 Schritten (nach [7])

Roh oder gekocht?



„Wetten, dass ich ein rohes Ei von einem gekochten unterscheiden kann, ohne es aufzuschlagen?“ Till versetzt zwei Eier auf dem Küchentisch in Drehung und deutet am Ende stolz auf eines davon: „Das hier ist das rohe Ei!“ Chiara schüttelt den Kopf, „Du kannst mir viel erzählen! Es könnte doch ebenso das andere sein, oder?“

„Du hast doch gesehen, dass sich das eine viel länger weitergedreht hat, als das andere! Damit kann ich sie unterscheiden!“, sagt Till.

„Kann schon sein“, meint Chiara, „aber welches ist denn welches?“

„Das ist mein Geheimnis!“

Chiara ärgert sich über ihren Bruder. Sie denkt nach und hat bald eine tolle Idee. Aus ihrem Zimmer holt sie zwei Plastik-Eier, die einmal in Überraschungseiern steckten.

„Wetten, ich finde in einer Stunde heraus, was was ist?“

Till ist jetzt auch nachdenklich, wie wird seine Schwester das wohl anfangen?

Die Aufgabe:

Chiara will mit den beiden Plastik-Eiern ein Experiment durchführen, mit dem sie klären kann, wie sich ein gekochtes Ei beim Drehen verhält und wie ein rohes. Wie geht sie vermutlich vor?

Beschreibt das Experiment mit den Eiern. Wie könnt ihr vom Ausgang des Experiments wieder auf die beiden Eier schließen?

zentuierung des naturwissenschaftlichen Arbeitens in all seinen Aspekten [4], es kam auch zu einem intensiven Austausch mit den parallelen SINUS-Projekten mit Mathematik-Schwerpunkt, insbesondere bei der Weiterentwicklung der Aufgabekultur für die naturwissenschaftlichen Fächer [5]. Von Anfang an interessant und schließlich befruchtend waren bei diesem Austausch die unterschiedlichen Bedeutungsaspekte der Begriffe „Modell“ und „Modellieren“.

In der Mathematikdidaktik wird zunächst durchgängig zwischen „der Mathematik“ und „dem Rest der Welt“ unterschieden, schließlich soll mittels Mathematik ein bestimmter Aspekt der Welt erfasst bzw. in seiner Struktur und/oder Dynamik verstanden werden. Ausgehend von einer Realsituation, einem realen, praktischen Problem wird zunächst herausgearbeitet, was daran überhaupt der mathematischen Sicht zugänglich ist, dann erfolgt die Model-

lierung im engeren Sinn, also die Erfassung des Kerns mittels eines geeigneten mathematischen Ansatzes, dessen Anwendung, bei der bestimmte Ergebnisse gewonnen werden, die schließlich interpretiert und am konkreten Fall auf ihre Sinnhaftigkeit überprüft werden. Ist das Ergebnis nicht zufriedenstellend muss der Kreislauf ein weiteres Mal durchlaufen werden (**Abb. 1**).

Je nach Autor sind die Vorstellungen dieses Modellierungskreislaufs mehr oder weniger differenziert. So unterscheiden Blum und Leiss sieben Schritte [6] während Prediger ein einfacheres Schema favorisiert [7], das sie zur lernpsychologischen Interpretation des Modellierens benutzt (**Abb. 2**).

Bereits an dieser Stelle fällt auf, dass sich Parallelen zum naturwissenschaftlichen Arbeiten erkennen lassen, insbesondere zu den Vorstellungen eines *Inquiry Based Science Learning* ([8], vgl. auch die Ausführungen zum forschend-

entwickelnden Unterricht auf Seite 4 in diesem Heft). Im Zentrum stehen dabei Schüleraktivitäten, weniger der Umgang mit einem bestimmten Konzept oder Modell, sondern vielmehr der kognitive Abgleich eines Problems oder Realobjekts mit verfügbaren gedanklichen Instrumenten.

Anzumerken bleibt noch, dass der Modellierungskreislauf selbst Modellcharakter hat, ein Modell sozusagen für den Prozess der kognitiven Durchdringung der realen Welt.

Modellierung im Kontext von Stoffen und Stoffeigenschaften

Um diese mathematikdidaktischen Konzepte auf ihre Tauglichkeit für die naturwissenschaftlichen Fächer zu prüfen, bedarf es praktischer Beispiele: Das erste dreht sich um chemisch-physikalische Aspekte der Lebenswelt, um die Eigenschaften von Stoffen im weiteren Sinn. Konkret geht es um die Unterscheidung von rohen und gekochten Eiern mittels eines dazu von den Schülerinnen und Schülern zu entwickelnden Modell-experiments.

Die Problemstellung wird bei dieser Aufgabe aus einem Kontext mit Lebensweltbezug entwickelt (s. **Info 1**) [9]. Zugleich greift dieser Kontext den Umstand auf, dass viele Erfahrungen sich historisch zu Alltags- bzw. Küchenweisheiten verdichtet haben: Zur Unterscheidung bedarf es hier nur des Drehens der Eier auf glatter Fläche.

Uns als naturwissenschaftlich Gebildeten fällt es leicht, das Ergebnis dieses Tests in Beziehung zu setzen zu den Ursachen und dem zugrunde liegenden Status eines Eis. Ist das Innere noch flüssig, dann zehrt die innere Reibung die zugeführte Energie schnell auf, das Ei ist also roh. Das gekochte Ei rotiert umgekehrt solange, bis äußere Reibung zum Stillstand führt, es verhält sich wie ein beliebiger durchgehend fester sphärischer Körper.

Wenn wir anschließend versuchen, die Basis unserer – scheinbar evidenten – Schlussfolgerung auszumachen, dann finden wir, dass in unserer Vorstellung bereits den Stoffen bzw. bestimmten Eigenschaftsclustern, wie z. B. „flüssig“, Modellvorstellungen zugeordnet sind,

die in diesem Fall etwa die innere Reibung einschließen. Zwar wäre die Frage interessant, wie ähnlich oder unähnlich diese Vorstellungen bei mehr oder weniger naturwissenschaftlich gebildeten Erwachsenen ausfallen, unbestreitbar aber müssen solche Schemata zu einem davor liegenden Zeitpunkt erworben worden sein. Diesen „Erwerb“ für den konkreten Fall zu unterstützen und darüber hinaus im Sinne von Metakognition und Lernstrategie den Weg dieser Erkenntnisgewinnung für die Lernenden erkennbar werden zu lassen, ist ein Ziel dieser Aufgabe.

Zur Lösung können den Lernenden Hilfen angeboten werden [9], die ihr Vorwissen aktivieren, evidenzbasierte Schlussfolgerungen unterstützen und den Modellierungsprozess selbst mit Impulsen voranbringen. Im konkreten Fall sind die ersten Hinweise im Sinne solcher Hilfen bereits im Aufgabenkontext enthalten,

- dass nämlich die Unterscheidung mittels Drehen erfolgen kann,
- dass die unterschiedliche Drehdauer das Unterscheidungskriterium darstellt,
- dass bestimmte Hilfsmittel (hier annähernd sphärische Plastikhüllen) zur Verfügung stehen und aller Voraussicht nach für ein Modellexperiment nützlich sind,
- dass die Vorbereitungen möglicherweise eine gewisse Zeit in Anspruch nehmen.

Ohne den Begriff „Modellexperiment“ zu verwenden – bei der Zielgruppe der Fünft- bis Siebtklässler gilt es, bei der Formulierung von Aufgaben keine zusätzlichen fachsprachlichen Hürden einzubauen – wird so eine Analog-Konstruktion im Sinne von Steinbuch [1] nahe gelegt; das Plastik-Ei entspricht der Kalkschale. Die Hilfen thematisieren, welche Kriterien zur Unterscheidung zur Verfügung stehen – fest und flüssig – und leiten weiter zur Ausgestaltung der Modellanordnung: Das eine Plastik-Ei muss flüssig gefüllt sein, das zweite ein festes Inneres besitzen. Dass „Chiara“, die Akteurin in der Aufgabe, im zweiten Ei das Wasser gefrieren lässt, ist nicht notwendig Bestandteil des Modells, hat aber den Charme der inversen Verfestigung im Vergleich dazu, das reale Ei zu kochen.

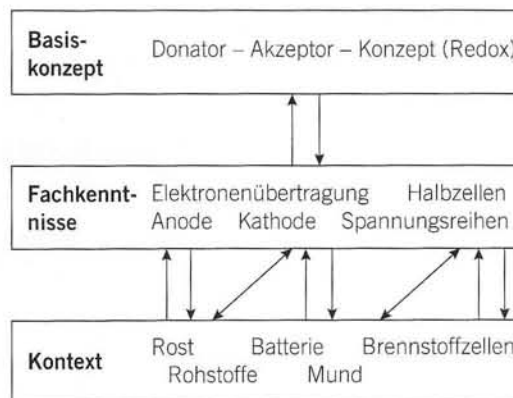
Natürlich wird die innere Reibung, also die Basis des unterschiedlichen Drehverhaltens auf dieser Stufe (noch) nicht weiter erörtert, aber immerhin ist der Blick der Lernenden nach Durchführung dieser Modellierung, noch mehr nach der Ausführung der Drehversuche, auf das Innere der Eier gerichtet, wozu früher oder später der nächste Schritt der Aufklärung wartet.

Von der Realität zum Modell (-experiment) und zurück

Wie beim mathematikdidaktischen Modellierungskreislauf ist (neben der aktiven Teilhabe der Lernenden am Modellierungsprozess) von zentraler Bedeutung, das Ergebnis dieser kognitiven Bearbeitung wieder auf die Realität zurückzubeziehen – ein Schritt, der in der Vergangenheit im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht immer die nötige Würdigung gefunden hatte. Erst mit diesem Rückbezug auf die reale Problemstellung wird für die Lernenden erkennbar, welches Potenzial die ihnen angebotenen (natur-)wissenschaftlichen Sichtweisen und Erklärungsansätze tatsächlich besitzen.

Von der Realität in die Sphäre der Wissenschaft und wieder zurück, das ist auch die Leitidee der „Kontext“-Ansätze. *Biologie im Kontext*, *Physik im Kontext* und zuallererst *Chemie im Kontext* haben diesen Bogen zu ihrem Prinzip entwickelt: Wie der mathematikdidaktische Modellierungskreislauf nehmen sie ihren Ausgang bei einer Frage der realen Welt, arbeiten den mittels naturwissenschaftlichen Inventars klärbaren Kern heraus, gehen dazu auf die Ebene fachlicher Inhalte und Konzepte, klären soweit möglich und bringen dann die Ergebnisse in die Welt des Realen zurück (vgl. **Abb. 3**). Aus dieser Perspektive betrachtet, stellen die „Kontext“-Ansätze den durchgängigen Versuch der Modellierung von Realität dar.

Sie entfalten aber mit ihrer dritten Ebene noch ein bemerkenswertes Potenzial, das der Verallgemeinerung. Mit jeder Bearbeitung eines Problems, eines realen Gegenstands oder Prozesses wird zugleich an der Entwicklung dieser Ebene der übergreifenden „Basiskonzepte“ gearbeitet. Umgekehrt aber macht diese



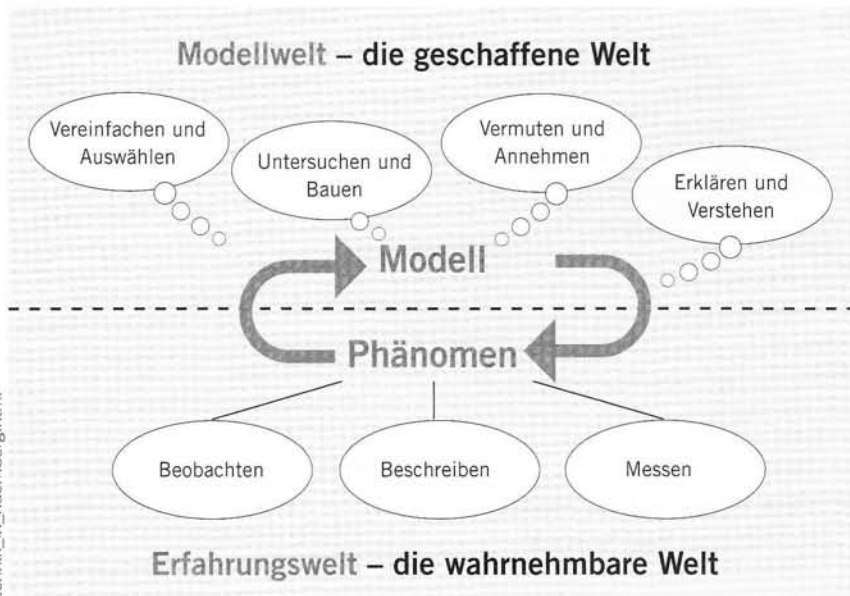
3 | Chemie im Kontext [10], S. 2

Verdichtung zur Abstraktion notwendig, eben diesen Prozess den Schülerinnen und Schülern immer wieder vor Augen zu führen, ihn auf der Metaebene zu kommunizieren, um das Abstrakte im konkreten (fachlichen) Zusammenhang auch erkennbar werden zu lassen – und schließlich seine Bedeutung für die reale Lebenswelt.

Realität und Modell – den Wechsel zur Methode machen

Wie beim mathematikdidaktischen Modellierungskreislauf ist das Kennlichmachen des Unterschieds zwischen der Realwelt und den fachlichen Konzepten (und Modellen) Bestandteil der „Kontext“-Ansätze. Für den konkreten Inhaltsaspekt „Lernen über Teilchenmodelle“ haben S. Mikelskis-Seifert und A. Leisner bereits 2004 einen Vorschlag gemacht, der im Kern auf der systematischen Gegenüberstellung von Modellwelt und Erfahrungswelt beruht [11]. Dazu setzen sie u. a. Modellexperimente ein, z. B. eine Black-Box mit inneren Wänden und einer Kugel, die sich in verschiedener Weise darin bewegen kann. Das Schütteln der geschlossenen Box kann zu Vermutungen über deren innere Struktur führen, ganz so, wie Naturwissenschaftler versuchen, Aussagen über Materie zu gewinnen, indem sie Wechselwirkungen erzwingen.

Chemisch interessant ist ein ebenfalls verwendetes geschwärztes Reagenzglas mit unbekanntem Inhalt. Direkt wahrnehmbar sind nur Geräusche beim Schütteln; das Innere bzw. von welcher stofflichen Art der Inhalt ist, erschließt sich erst durch provozierte spezifische



4 | Geteiltes Lernplakat

Wechselwirkungen, z. B. durch charakteristische (Farb-)Reaktionen mit bekannten (Nachweis-) Reagenzien [11, S. 124].

Um auf diesem Weg die Basis für ein grundlegendes Verständnis der Beziehungen zwischen diesen „Welten“ zu legen, bedarf es jedoch der steten Vergewisserung davon, wo sich der Unterricht, die Lehrkraft und insbesondere die Lernenden jeweils befinden. Wie Mikelskis-Seifert und Leisner ausführen, ist die Hauptschwierigkeit dabei in dem Umstand begründet, dass „Schüler die Modelle der submikroskopischen Teilchen häufig auf der gleichen Realitätsstufe wie Bücher oder Autos sehen“ [11, S. 123]. Um entsprechende Fehlzuschreibungen zu vermindern, verwenden die Autorinnen eine Art geteiltes (Lern-) Plakat, auf dem die jeweiligen Charakteristika der Elemente der einen bzw. anderen Welt festgehalten werden – zur ständigen Kontrolle des eigenen Denkens und Argumentierens (vgl. **Abb. 4**).

Festzuhalten bleibt hier, dass die Herausbildung entsprechender Kompetenzen als längerfristiger Prozess betrachtet werden muss und dass der Lehrkraft für diese Modellbildung eine zentrale Rolle zukommt: Wovon sprechen wir? In welcher Welt befinden wir uns gedanklich? Was ist die Basis dieser Überlegungen? Die resultierende Kompetenz beim einzelnen Schüler, der einzelnen Schülerin besteht im Aufbau eines zunehmend sicherer verfügbaren begrifflichen Instrumentariums, das ihm bzw. ihr die Modellierung von Aspekten der Erfahrungswelt ermöglicht.

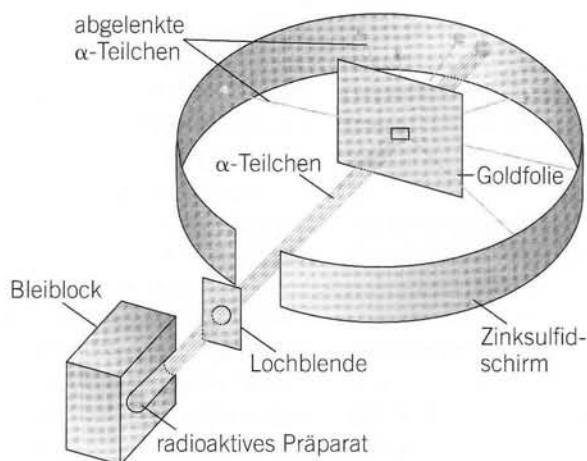
Modelle sind „tot“ – Modellieren erzeugt Sinn

Scheinbar ganz auf die Seite des Prozesshaften begibt sich R. N. Giere, indem er den sozusagen „fertigen“ Modellen nur dann Potenzial für die Erkenntnis zuschreibt, wenn dies aktiv durch den Nutzer vollzogen wird. „Judging the fit of a model to the world is a matter of decision, not logical inference“ ([12, S. 7] zit. nach [13]). Die Feststellung einer Ähnlichkeit zwischen realer Welt und Modell beruhe auf einer personalen Entscheidung, die der Modellierer bzw. der Modellbetrachter dem Modell zuweise. Der Interpretationsprozess besteht nach Giere darin, eben die möglichen Ähnlichkeiten herauszufinden: „What is special about mo-

dels is that they are designed so that elements of the model can be identified with features of the real world.“ Eine vom Beobachter, Nutzer oder Entwickler eines Modells unabhängige Beziehung zwischen diesem und der Realität gibt es für ihn nicht. Vielmehr ist es der Wissenschaftler, der die Beziehung herstellt; für diese Beziehung gibt es aus diesem Grund auch kein objektives Maß für die Ähnlichkeit von Modell und realem System. Deutlich ist hier die Handschrift eines Konstruktivisten zu erkennen, für den bei allen Erkenntnisprozessen die individuelle Konstruktion im Vordergrund steht.

Das spricht natürlich nicht pauschal gegen „fertige Modelle“, und tatsächlich gelingt ja auch regelmäßig die Verständigung über deren Bedeutungsgehalt, denn die „Konstruktion“ findet ja in einem interaktiven, sozialen Rahmen statt und zudem in Auseinandersetzung mit der Realität, etwa der von Farbänderungen in einem Reagenzglas. Bedenkenswert aber ist der Anteil an „aktiver“ Modellierung, an konstruktiver Leistung auf Seiten der Schüler. Nicht ohne Grund kann man Erwachsenen nahezu beliebige naturwissenschaftliche Modelle präsentieren, ohne dass sie deren Bedeutung zutreffend rekonstruieren könnten; dies gelingt noch nicht einmal bei einem Ionenmodell vom Kochsalz.

Wie man im Zusammenhang mit einem der üblicherweise im Chemie- oder Physikunterricht thematisierten Atommodell, dem Rutherford'schen Kern-Hülle-Modell, den Anteil an ak-



5 | Versuch zum Rutherford'schen Atommodell

Blue Bottle

tiver Auseinandersetzung – besser: an eigener Konstruktion bzw. Modellierung – erhöhen kann, hat O. Wißner vor einigen Jahren in dieser Zeitschrift gezeigt [14]. Um seine Schüler zu einer mentalen Durcharbeitung zu motivieren, legte er ihnen mögliche Ergebnisse des historischen Rutherford-Experiments vor (Abb. 5 u. 6).

Für die Lernenden bestand die Aufgabe darin, zu begründen, welches Muster Rutherford vermutlich erwartet hatte und aus welchem Grund. Auch wenn sich dieses Schema der Umkehr von Ergebnis und Befund nicht einfach für weitere Modellentwicklungen umsetzen lässt, so ist hier doch ein wichtiges Element, zum Verständnis von Modellen hin, erkennbar: Mit der eigenen Auseinandersetzung wird zum einen die zugrunde liegende Idee des Wissenschaftlers greifbar, zum anderen können die Lernenden besser als durch bloße Rezeption sich selbst den Bedeutungsgehalt des entwickelten Modells erschließen.

Modellieren: Modelle in Aktion

Für eine nachhaltige Verankerung von Modellen – dazu gehören im Verständnis von S. Mikelskis-Seifert im Prinzip alle abstrakten und verallgemeinernden Feststellungen der Naturwissenschaften – ist es umgekehrt notwendig, diese nach deren Erarbeitung und Begründung im konkreten Kontext auf andere, neue Gegenstände oder Probleme anzuwenden. Damit wird zum einen das Modellieren als durchgängiges Prinzip naturwissenschaftlichen Arbeitens sichtbar, zum anderen ermöglicht dies den Lernenden, die Bedeutung spezifisch naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen [4, S. 5] zu erfahren und sich auch ihrer Kompetenzen im Umgang damit zu versichern. Wie dies gemeint ist, kann das folgende Beispiel zum Blue-Bottle-Experiment demonstrieren.

Während P. Pfeifer in seinem Beitrag zum Blue-Bottle-Experiment dessen Charakter als Modellexperiment herausstellt (s. S. 41ff. in diesem Heft), soll es hier als Gegenstand dienen, an dem Modellierungskompetenz im Zusammenhang mit Redox-Reaktionen erprobt werden kann. Dazu werden die Zutaten des Experi-

Ihr habt eben ein Experiment beobachten können, bei dem sich eine Flüssigkeit in einem verschlossenen Erlenmeyerkolben jeweils nach kräftigem Schütteln blau gefärbt und beim Stehenlassen langsam wieder entfärbt hat.

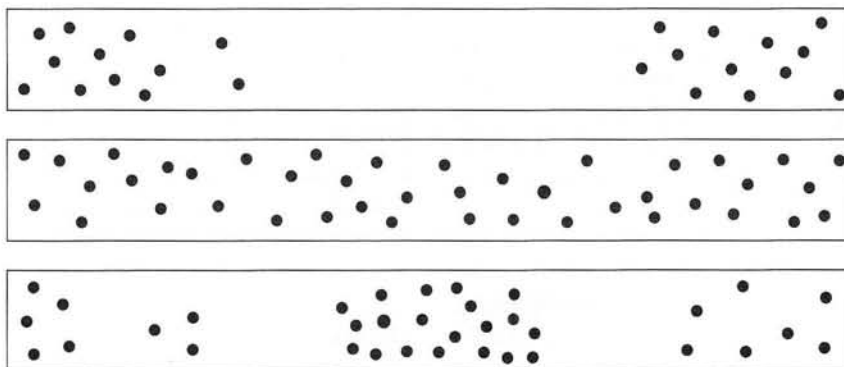
Aufgabe:

Ihr sollt herausfinden, wie dieser Farbwechsel prinzipiell zustande kommt, welche Stoffe bzw. welche Arten von Stoffen daran beteiligt sind und welche Rolle sie dabei spielen.

Betrachtet dazu das verschlossene Gefäß als System und versucht dann, dessen Bestandteile zu charakterisieren. Erste Hinweise habt ihr bereits dadurch erhalten, dass ihr das Ansetzen des Experiments habt beobachten können.



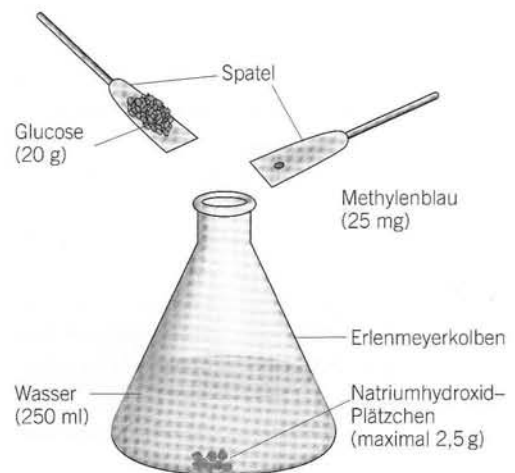
© Foto: Lutz Stäudel



6 | Mögliche Ergebnisse des historischen Rutherford-Modells

ments ohne deren konkrete Bezeichnung vor den Augen der Schülerinnen und Schüler zusammengegeben, Wasser, zwei weiße Pulver, eine Spatelspitze einer dunklen Substanz, die sich schnell mit blauer Färbung löst (vgl. Abb. 7). Dann wird der verwendete Erlenmeyerkolben verschlossen. Bekanntlich entfärbt sich die Lösung innerhalb weniger Minuten, durch Schütteln erscheint wieder ein tiefes Dunkelblau; dieser Wechsel lässt sich mit dem beschriebenen Ansatz mehr als 20 Mal wiederholen.

Voraussetzung auf Seiten der Lernenden zur Lösung der in Info 2 dargestellten Modellierungsaufgabe sind die Grund-



7 | Materialien für das Blue-Bottle-Experiment

züge der Red-Ox-Prozesse sowie die Kenntnis des Befundes, dass es Farbstoffe wie Indigo gibt, die, abhängig vom Redox-Potenzial ihres stofflichen Umfeldes, in verschiedenen Formen vorliegen können und sich dabei hinsichtlich ihrer Farbigkeit unterscheiden. Die Aufgabe lautet dann z.B. wie in **Info 2** dargestellt [15].

Die erwartete Modellierung folgt mit diesen Vorgaben, ggf. durch Hilfen unterstützt, dem in **Abbildung 8** dargestellten Weg:

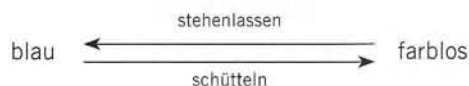
Wie Pfeifer zeigt, ist damit das fachliche Potenzial keineswegs erschöpft, ganz im Gegenteil, aber es wurde ein Konzept – das der Wechselwirkung bei Redox-Reaktionen – erfolgreich auf einen ganz realen Prozess angewandt und so zum einen der Prozess selbst in seinen Grundzügen aufgeklärt, zum anderen das Erschließungspotenzial dieses und entsprechender verallgemeinerter Modelle vor Augen geführt.

Mit Modellen und über Modelle unterrichten

Untersuchungen, insbesondere im Kontext von Biologie- und Physikunterricht, haben in den letzten Jahren gezeigt, dass die Entwicklung eines vertieften Modellverständnisses zum einen natürlich vom sog. Modellwissen abhängt, in höherem Maße aber von der „Modellarbeit“ ([13] S. 245 f.). In jedem Fall spielt die Reflexion des Prozesses eine herausragende Rolle, unterstützt durch eine von der Lehrkraft geförderte Metakommunikation. Der von Meisert empirisch untersuchte Ansatz, die Schülerinnen und Schüler selbstständig einschätzen und diskutieren zu lassen, was ein Modell ist und was nicht, in welcher Beziehung sie ein Modell im Vergleich zum Realobjekt oder -prozess sehen, oder welcher Art ein bestimmtes Modell ist, stellt dabei nur eine der vielfältigen Möglichkeiten dar – wenn auch eine interessante und leicht übertragbare. Tatsächlich scheinen sich implizite und explizite Strategien auf dem Weg zum Verständnis dessen, was ein Modell ausmacht, gut zu ergänzen.

Für den Chemieunterricht heißt das, wenn immer sich eine Möglichkeit ergibt, die Benutzung von Modellvorstellungen zu thematisieren bzw. mo-

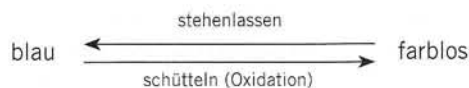
• Was beobachtet werden kann



und welches die Bestandteile des Systems sind: Wasser, Luft, ein Farbstoff, weitere gelöste Stoffe

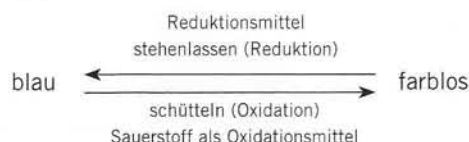
• Was beim Schütteln passiert – 1. Teilmodellierung

Durchmischung von flüssiger und gasförmiger Phase, vermutlich Oxidation durch Luftsauerstoff



• Entfärbung beim Stehenlassen – 2. Teilmodellierung

Umkehrung, Reduktion, gelöste weiße Stoffe sind vermutlich Reduktionsmittel



- **Schlussfolgerung** betreffend die Wiederholbarkeit: Bei jedem Zyklus wird ein Teil der jeweils den Farbstoff oxidierenden bzw. reduzierenden Stoffe „verbraucht“. Wenn einer davon ganz „verbraucht“ ist, kommt das System in einen stabilen Zustand.

8 | Weg der Modellierung

dellhafte Ansätze von den Lernenden entwickeln zu lassen. Auch im praktischen Kontext von Modellexperimenten eröffnen sich hierzu vielfältige Chancen; es kommt darauf an, sie zu nutzen!

Literatur

- [1] Steinbuch, K.: Denken in Modellen. In: Schaefer, G.; Trommer, G.; Wenk, K. (Hrsg.): Denken in Modellen. Braunschweig 1977, S. 10–17
- [2] KMK (Hrsg.): Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss, München 2004, S. 9
- [3] Prenzel, M. (Hrsg.): Von SINUS lernen. Wie Unterrichtsentwicklung gelingt. Seelze 2009
- [4] Stäudel, L.: Naturwissenschaftliches Arbeiten. Erläuterungen zu Modul 2. (auf der CD zu [3])
- [5] vgl. Leisen, J.: Qualitätssteigerung des Physikunterrichts durch Weiterentwicklung der Aufgabenkultur. In: MNU 54. Jg., H. 7 (2001). S. 401–405 – Themenheft dieser Zeitschrift „Aufgaben“. UCh 15. Jg., H. 82/83, 2004 – Stäudel, L.; Wodzinski, R.: Aufgaben als Katalysatoren im Lernprozess am Beispiel Naturwissenschaften. In: J. Thonhauser (Hrsg.): Aufgaben als Katalysatoren von Lernprozessen. Münster 2008, S. 183–196
- [6] Blum, W.; Leiß, D.: Modellieren im Unterricht mit der „Tanken“-Aufgabe. In: mathematik lehren, Heft 128 (2005), S. 18–21
- [7] Prediger, S.: „Aber wie sag ich es mathematisch?“ – Empirische Befunde und Konsequenzen zum Lernen von Mathematik als Mittel zur Beschreibung von Welt. In: Höttecke, D.

(Hrsg.): Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. GDGP-Jahrestagung Dresden 2009, Berlin 2010, S. 6–20

- [8] vgl. National Research Council (Hrsg.): National Science Education Standards. Washington 1996, S. 121 ff.
- [9] Wodzinski, R., Stäudel, L. (Hrsg.): Aufgaben mit gestuften Hilfen für den Physikunterricht. Seelze 2008, hier: S. 8–11
- [10] Chemie im Kontext. Implementation einer innovativen Unterrichtskonzeption. Broschüre hrsgg. vom IPN Kiel, o.J.
- [11] Mikelskis-Seifert, S.; Leisner, A.: Lernen über Teilchenmodelle: Das Denken in Modellen fördern. In: R. Duit, H. Gropengießer und L. Stäudel (Hrsg.): Naturwissenschaftliches Arbeiten. Seelze 2004, S. 122–128
- [12] Giere, R.N.: Science without Laws. Chicago (University of Chicago Press) 1999 siehe auch: Giere, R. N.: Scientific Perspectivism. Chicago (University of Chicago Press) 2006
- [13] Meisert, A.: Vom Modellwissen zum Modellverständnis – Elemente einer umfassenden Modellkompetenz und deren Fundierung durch lernerseitige Kriterien zur Klassifikation von Modellen. In: ZfDn 14.Jg., 2008, S. 243–261
- [14] Wißner, O.: Das Öffnen von Aufgaben. In: UCh H. 82/83, 15. Jg. (2004), S. 42–45
- [15] Stäudel, L.: Aufgaben mit gestuften Hilfen für den Chemieunterricht. Seelze 2008, S. 40–45