

Das Themenfeld „Mikrokosmos“ – JG.10

Unterrichtliche Voraussetzungen

Im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht haben die Schülerinnen und Schüler viele Erfahrungen gesammelt. Sie blieben dabei zumeist im vertrauten Bereich der direkten Anschauung und der erfahrbaren Phänomene¹. Im weiteren Verlauf ist ein Unterricht ohne „Atome“ jedoch nicht mehr möglich; der Atombegriff ist unentbehrlich im Begriffsfachwerk der Naturwissenschaften, speziell der Chemie.² Das Verständnis der chemischen Reaktion, die Bindungslehre und aller weiterführenden Inhalte baut auf der Kenntnis vom Aufbau der Atome auf. Für die Lernenden wird der Unterricht an dieser Stelle unanschaulich und schwerer zu verstehen; an das Abstraktionsvermögen werden hohe Anforderungen gestellt.

Im bisherigen Unterrichtsverlauf sollten im Unterricht der 8. Jahrgangsstufe aus quantitativen Betrachtungen chemischer Reaktionen das erste und zweite chemische Grundgesetz (Gesetz von der Erhaltung der Masse; Gesetz von den konstanten Massenverhältnissen) sowie eine grundlegende Vorstellung vom Aufbau der Materie im Sinne des Atommodells nach Dalton erarbeitet worden sein. Auf die Vorstellung, Atome seien massiv und unteilbar, kann verzichtet werden, um im weiteren Verlauf Unstimmigkeiten bei der Konzeptentwicklung zu vermeiden.

Didaktische Entscheidungen

Didaktisch stehen die Lehrkräfte vor der schwierigen Aufgabe, die Modellvorstellungen und das heute wissenschaftlich anerkannte Konzept von Atomen und Atomverbänden einzuführen, ohne es direkt aus einer Beobachtung auf makroskopischer Ebene ableiten zu können. Atome bleiben damit eine „Welt“, die sich die Schülerinnen und Schüler mithilfe von Modellen rekonstruieren müssen.³ Ziel sollte eine Vorstellung vom Aufbau der Atome sein, die, wenn möglich, sowohl den Kern-Hülle-Aufbau des Atoms als auch den Schalenbau der Atomhülle umfasst.

Häufig wird im weiteren Verlauf entlang der historischen Entwicklung gearbeitet. Dieses Vorgehen erfordert eine verhältnismäßig lange Unterrichtszeit, in der wenige schülerorientierte Zugänge und Akzente angeboten werden und wenige Experimente die theoretische Erarbeitung untermauern und auflockern. Der Weg außerdem führt nur teilweise zu einem hinreichenden Verständnis über den Umgang mit den verschiedenen Modellen. Die Abgrenzung der verschiedenen Modelle und ihrer Grundlagen voneinander sowie die Bezüge zwischen den unterschiedlichen Modellen, das Erkennen der jeweiligen Tragfähigkeit und deren Grenzen aber auch die Unterscheidung zwischen Modell und Realität stellen sich als problematisch dar. Außerdem hat sich gezeigt, dass einige Modelle nachhaltiger und dauerhafter in den Köpfen der Schülerinnen und Schüler verhaftet bleiben.⁴

Gerade in diesem sensiblen Bereich ist ein angemessenes Maß an inhaltlicher und zeitlicher Differenzierung erforderlich, das bei einem klassischen, parallelen und lehrerzentrierten Vorgehen kaum erreichbar ist. Alle Schülerinnen und Schüler sollten hinreichend mit dem Atombau vertraut gemacht werden, ohne dabei ihre Motivation für die Chemie nachhaltig zu beeinträchtigen. Das Verständnis vom Aufbau der Atome kann auf der ersten Anforderungsebene (Voraussetzung für den Ersten allgemeinbildenden Schulabschluss) mithilfe des Kern-Hülle-Modells gelingen. Die Anforderungen der Ebenen zwei und drei (Voraussetzung für den Mittleren Schulabschluss bzw. den Übergang in die Sekundarstufe II) erfüllen Schülerinnen und Schüler, die das Schalen- bzw.

¹ Vgl. Barke, H.-D.: Chemiedidaktik kompakt. Lernprozesse in Theorie und Praxis. Springer-Verlag 2011.

² Vgl. Rehm, M. und Parchmann, I. (Hrsg.): Naturwissenschaften im Unterricht Chemie. Friedrich Verlag, Heft 114, 2009.

³ Vgl. Rehm, M. und Parchmann, I. (Hrsg.): Naturwissenschaften im Unterricht Chemie. Friedrich Verlag, Heft 114, 2009.

⁴ Leerhoff, G. und Eilks, I.: Schüler erarbeiten sich den Atombau – Erfahrungen mit einem Gruppenpuzzle. In: Praxis Schule 5 – 10 2002 (5/13) S. 48 – 54.

Energiestufenmodell erfassen und im weiteren Verlauf zur Erklärung der Anordnung der Elemente im Periodensystem der Elemente herangezogen werden können. Für die Erfüllung der Anforderungsebene drei sollten darüber hinaus aus dem Aufbau der Materie Voraussagen über den Ablauf chemischer Reaktionen abgeleitet werden können.

Notwendig ist darüber hinaus eine pragmatische und, bezogen auf andere Phasen des naturwissenschaftlichen Unterrichts, anschlussfähige Vermittlung eines Konzepts vom Atombau. Sowohl die diskontinuierliche Struktur der Materie an sich, als auch der Atombau sollten als eine - aus heutiger Sicht - hinreichend gesicherte naturwissenschaftliche Erkenntnis thematisiert werden. Das Konzept sollte in erster Linie an den Notwendigkeiten seiner Anwendungen auf die entsprechenden schulrelevanten Inhalte orientiert werden. Folgende Kernaussagen sollten, den drei Anforderungsebenen entsprechend angepasst, berücksichtigt werden:

Inhaltsbezogene Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Verbindliche Fachinhalte
Jahrgang 9/10	
Stoff-Teilchen-Konzept	
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Aufbau der Atome mithilfe geeigneter Modelle • beschreiben und wenden an, dass sich Elektronen bei der Bildung von Ionen von den Atomen eines Elements ablösen und von den Atomen eines anderen Elements aufgenommen werden. • beschreiben die chemische Bindung in Salzen, Molekülen und Metallen und wenden ihr Wissen auf Beispiele an. • beschreiben den radioaktiven Zerfall und die Kernspaltung auf der Teilchenebene. • erklären, dass die Ordnung der Elemente im Periodensystem auf dem Aufbau der Atomhülle beruht. • beschreiben den grundlegenden Aufbau einfacher organischer Verbindungen. • wenden ihr Wissen über den Aufbau der Materie für die Formulierung von Vermutungen bezüglich des Ablaufs chemischer Reaktionen an. 	Atombau, Kern-Hülle-Modell Schalenmodell, Energiestufenmodell atomare Masse, Isotope Elementfamilien Periodensystem der Elemente Bildung von Ionen, Salze, Ionengetter Elektronenpaarbindung / Bindung in Molekülen
Struktur-Eigenschafts-Konzept	
<ul style="list-style-type: none"> • deuten Stoffeigenschaften mithilfe von Atom- und Bindungsmodellen. • verwenden das PSE zur Herleitung von Bindungsarten. • erklären den Zusammenhalt von Ionen in Salzen mithilfe der Wirkung elektrischer Kräfte. • begründen Stoffeigenschaften mit unterschiedlichen intermolekular wirkenden Kräften. 	Ionenbindung, Elektronenpaarbindung Intermolekulare Kräfte (van-der-Waals-Kräfte, Dipol-Dipol-Kräfte, Wasserstoffbrücken)

Tabelle x: Kompetenzen und Fachinhalte zum Themenfeld „Mikrokosmos“⁴³³

- Die kleinen Teilchen, aus denen alle Stoffe bestehen, sind aus einem oder mehreren Bausteinen aufgebaut. Dies sind die Atome.
- Atome sind kugelförmig und bestehen aus einem Atomkern und einer Atomhülle. Der Atomkern nimmt nur etwa 1/100000 des Volumens ein, enthält aber nahezu die gesamte Masse.
- Atome sind aus Protonen, Neutronen und Elektronen aufgebaut. Um ungeladenen Zustand sind gleich viele Protonen und Elektronen vorhanden.
- Der Atomkern ist aus Protonen und Neutronen aufgebaut. Protonen tragen eine positive Ladung, Neutronen besitzen keine Ladung. Atomkerne sind durch chemische Reaktionen nicht veränderbar. Atomkerne verändern sich nur beim radioaktiven Zerfall und der Kernspaltung.
- In der Atomhülle befinden sich Elektronen. Elektronen besitzen eine negative Ladung.
- Zusätzlich für die Anforderungsebenen 2 bzw. 3: Die Elektronen befinden sich auf unterschiedlichen Energiestufen. Man stellt sich diese Energiestufen als Schalen mit unterschiedlich großem Abstand zum Kern vor. In die innere Schale passen 2, in die nächste 8, in die dritte 18 Elektronen. Über den jeweils genauen Aufenthaltsort der Elektronen innerhalb der Schalen kann man allerdings keine Aussage treffen.
- Für jedes der über 100 chemischen Elemente sind Atome mit einer bestimmten Anzahl an Protonen im Kern charakteristisch.⁵

In der folgenden Tabelle werden die Kompetenzerwartungen und die verbindlich zu berücksichtigenden Inhalte zusammengefasst (Erster allgemeinbildender Schulabschluss Normaldruck; Mittlerer Schulabschluss grau unterlegt; **Übergang in die Oberstufe Grau unterlegt und zusätzlich fett gedruckt**):

Tabelle x: Kompetenzen und Fachinhalte zum Themenfeld „Mikrokosmos“⁶

Wünschenswert sind eine enge Verbindung der stofflich-phänomenologischen Ebene mit der Erklärung auf der Basis des Atombaus sowie die Straffung der Erarbeitung, wobei auf die Trennung der beiden Ebenen geachtet werden muss. Das Themenfeld kann im Anschluss an eine phänomenologische Einführung der Elementfamilien geplant werden und dann zur Behandlung des Periodensystems der Elemente und der teilchengestützten Deutung der Salzbildungsreaktionen, die bereits im Zusammenhang mit den Elementfamilien eingeführt worden sind, überleiten. Sinnvoller

⁵ I. Eilks & J. Möllering (2001) Neue Wege zu einem fächerübergreifenden Verständnis des Teilchenkonzepts.

⁶ Vgl. Fachanforderungen Naturwissenschaften

erscheint die Einführung des Atombaus vor der Behandlung der Elementfamilien. Die Kenntnisse über den Aufbau der Atome können dann bei experimentellen Untersuchungen der stofflichen Ähnlichkeiten in den Elementfamilien angewendet und gefestigt werden. Die Einführung des Elementbegriffs und des Periodensystems der Elemente können damit sinnvoll verknüpft werden.

Methodische Entscheidungen

Die Arbeit mit Modellen

Die Arbeit mit Modellen hat eine zentrale Stellung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Durch einen zunehmend selbstständigen Umgang mit den verwendeten Modellen erschließen sich die Schülerinnen und Schüler neue Lerngegenstände und lernen kritisch und kompetent mit den Modellen umzugehen.

Das Denken in Modellen gilt als wichtigste Voraussetzung für das Verständnis der Naturwissenschaften. Die Lernenden kennen bereits Modelle, die gegenständlicher Natur sind (Globus, Modellautos etc.). Daran anknüpfend sollte eine erste Klassifikation verschiedener Modelle vorgenommen werden. Dabei sollte grundsätzlich zwischen materiellen Anschauungs- und Denkmodellen unterschieden werden. Die Denkmodelle werden zur Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomene herangezogen. Hierzu werden zielgerichtet Vermutungen aufgestellt, die in geeigneten Experimenten widerlegt oder bestätigt werden.

Die Beispiele für das Arbeiten mit Modellen sollten so gewählt werden, dass die Schülerinnen und Schüler die Einsicht in die prinzipielle Begrenztheit von Modellen erfahren können. Die in den Fachanforderungen genannte Reihenfolge der verwendeten Modelle ist zu beachten.

Das verwendete Modell muss

- zum Entwicklungsstand der Schülerinnen und Schüler passen,
- einen motivierenden Charakter besitzen,
- anschaulich sein,
- nicht zu komplex sein,
- die Erkenntnisgewinnung fördern,
- von den Lernenden weiterentwickelt werden können.

Darüber hinaus sollte der Eindruck vermieden werden, dass ein Modell ein Universalwerkzeug für die Beschreibung verschiedenster Phänomene ist. Entscheidend ist die Erkenntnis, dass Modelle keine Beweiskraft besitzen, sondern mehr oder weniger brauchbar sind, um naturwissenschaftliche Phänomene zu erklären.

Der Prozess der Modellbildung

Unabhängig von der konkret im Unterricht verwendeten Methode sollte der Prozess der Modellbildung von einer konkreten Beobachtung bzw. einem Phänomen ausgehen. Im ersten Schritt sollten wesentliche Merkmale dieses Phänomens/der Beobachtung herausgearbeitet werden, aus denen dann eine modellhafte Darstellung konstruiert werden sollte. Nach Festlegung der Konstruktionsdaten werden die theoretischen Modellkonstruktion und die Modellvorstellungen formuliert. Eine gegenständliche Darstellung des Modells kann dieses veranschaulichen. Abschließend sollte das Modell am Phänomen/an der Beobachtung überprüft werden.⁷

Gestaltung des Unterrichts

Im Zusammenhang mit der Erarbeitung des Aufbaus der Materie werden häufig sehr kritische Rückmeldungen von Schülerinnen und Schülern festgestellt:

⁷ Vgl. ebenda; S. 162 ff.

- Der Unterricht sei langweilig.
- Er sei nicht handgreiflich.
- Er ignoriere Alltagsvorstellungen.
- Er leiste keine Lebenshilfe.
- Er sei übermäßig schwer.
- Er führe zum Auswendiglernen; Denken könne keine Rolle.⁸

Aus diesen Erkenntnissen ergibt sich für die Gestaltung des Unterrichts, dass die Erarbeitung einer Vorstellung vom diskontinuierlichen Aufbau der Materie in einer angemessenen, nicht zu langen Zeitspanne erfolgen sollte. Der Unterricht sollte den Schülerinnen und Schülern die Gelegenheit zur möglichst selbstständigen Konstruktion des Wissens geben und mit schülerorientierten Elementen ausgestattet werden. Die stofflich-phänomenologische Ebene und die Erklärung auf der Basis des Atombaus müssen eng aneinander gebunden werden. Die Straffung der Erarbeitung des Atombaus erscheint sinnvoll.

In der Unterrichtspraxis hat sich dabei zum Beispiel der Einsatz eines Gruppenpuzzles bewährt (vgl. Leerhoff, G. und Eilks, I.: Schüler erarbeiten sich den Atombau – Erfahrungen mit einem Gruppenpuzzle. In: Praxis Schule 5 – 10 2002 (5/13) S. 48 – 54.). Auch die Verwendung eines Leitprogramms (vgl. <http://www.educ.ethz.ch/unt/um/che/ab/atombau/Atombau-Leitprogramm.pdf>) erscheint gut geeignet. Beide hier genannten Unterrichtsmethoden vereinen eine hohe Schüleraktivierung und eine, dem jeweiligen Leistungsvermögen der Schülerinnen und Schüler angepasste selbstständige Erarbeitung der zu berücksichtigenden Inhalte.

⁸ Vgl. Kranz, J. & Schorn, J.: Chemie Methodik. S. 11. Berlin, Cornelsen Scriptor.2008.