

## Black Box

### Ein prozessorientierter Einstieg in die UE „Struktur der Materie“

von H. Petrich



In den neuen Bildungsstandards Physik für Baden Württemberg sind als anzustrebende Fachkompetenzen u.a. aufgeführt:

Die Schülerinnen und Schüler können

- zwischen Beobachtung und physikalischer Erklärung unterscheiden
- die naturwissenschaftliche Arbeitsweise Hypothese, Vorhersage, Überprüfung im Experiment, Bewertung,... anwenden.

Dabei wird die Bedeutung der Physik als theoriegeleitete Erfahrungswissenschaft besonders hervorgehoben [1].

Dieses Zusammenspiel von Experiment und Bildung von naturwissenschaftlichen Vorstellungen, von „Modellen“, ist ein wesentliches Merkmal naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Dem Prozess des Beobachtens und Interpretierens, der Bildung von gedanklichen Bildern und kognitiven Strukturen im Zusammenhang mit experimentellen Erfahrungen, sollte demnach im Unterricht genügend Zeit und Raum gegeben werden.

Häufig wird von der Lehrerin/ vom Lehrer eine naturwissenschaftliche Theorie, ein Modell nur

mitgeteilt, mit dem ein Phänomen „erklärt“ werden kann. Vor allem wenn es sich um Erscheinungen der Mikrowelt handelt kann dieses bloße Mitteilen für das Modellverständnis von Schülerinnen und Schülern unerwünschte Folgen haben. In verschiedenen fachdidaktischen Beiträgen ( z.B. [2], [3], [4], [5] ) wurde dies bereits ausführlich erläutert.

- Das Modell wird häufig als ein getreues Abbild der Realität angesehen.
- Erfahrungswelt und Modellwelt werden vermischt. Den Objekten der Mikrowelt werden aus der Alltagserfahrung bekannte Eigenschaften wie Farbe, Temperatur, Elastizität etc. zugeschrieben.
- Bei den Vorstellungen über Atome findet man häufig das Bild eines Miniplanetensystems, bei denen sich klassische Kügelchen auf einer Bahn um ein Zentrum bewegen.

Ein einigermaßen korrekter Umgang mit Modellen ist nach meiner Ansicht erst dann möglich, wenn ein prozessorientiertes Modellverständnis entwickelt wurde. Nicht nur das Modell selbst und ihre Verwendung zur Beschreibung von Erscheinungen, sondern der Vorgang des Modellierens selbst sollte daher zum Gegenstand des Unterrichts gemacht werden.

Im Folgenden wird die Verwendung einer Black Box im Unterricht beschrieben, mit der die Betonung des Modellierungsprozesses möglich wird. Mit ihr wurde der Einstieg in die Thematik „Struktur der Materie“ zu Beginn der Klasse 10 gestaltet. Da es sich um einen relativ abgeschlossenen Baustein von 2-3 Unterrichtsstunden handelt, kann dieser leicht an anderer Stelle des Unterrichts eingefügt, unabhängig von einem speziellen Unterrichtskonzept und auch in anderen naturwissenschaftlichen Fächern eingesetzt werden.

## Unterricht mit der Black Box

Ein wichtiges Lernziel ist die sprachlich korrekte Verwendung von neuen Begriffen (physikalischen Größen). Die physikalische Begriffsbildung im Zusammenhang mit der neu zu lernenden Fachsprache ist eine wichtige Voraussetzung für naturwissenschaftliches Verständnis und gleichzeitig eine große didaktische Herausforderung im Anfangsunterricht. Als Beispiel seien hier die physikalischen Größen elektrische Spannung, elektrische Stromstärke, Energiestromstärke (elektrische Leistung) und die Energie genannt. Alle Erfahrung zeigt, dass es für Schülerinnen und Schüler schwierig ist diese Größen zu differenzieren und einigermaßen korrekt darüber zu sprechen. (Ähnlich verhält es sich mit den mechanischen Größen Impuls, Kraft und Energie).

Als Konsequenz daraus beschreiben wir Phänomene und Erscheinungen in der Sekundarstufe I auf der makroskopischen Betrachtungsebene mit den entsprechenden physikalischen Größen, vernetzen mithilfe von Analogien und üben die neuen Begriffe in verschiedenen Situationen ein. Konkret bedeutet dies für Elektrizitätslehre: Der neue Unterrichtsgegenstand wird zunächst mithilfe von Wasserströmen (z.B. mithilfe des Energieträgerstromkreis nach D. Plappert, Conatex Didactic Nr. 108.0700) vorbereitet und anschließend die neuen elektrischen Größen in Analogie dazu eingeführt. Die elektrische Potenzialdifferenz entspricht der Druckdifferenz, die elektrische Stromstärke der Wasserstromstärke, usw. In der gesamten SI bleiben wir mit der Kontinuumsvorstellung des elektrischen Stroms auf der Ebene der makroskopischen Betrachtungen. Erscheinungen der Mikrowelt, z.B. Leitungsmechanismen, werden erst in der UE „Struktur der Materie“ zu Beginn der Klasse 10 thematisiert. Hier spielt der Begriff des Modells und seiner Bildung eine zentrale Rolle.

Als Einstieg in die Unterrichtseinheit kann folgender Zeitungsartikel verwendet werden.

## Weiße Kruste auf dem Roten Planeten

Washington (AFP). Die US-Marssonde „Phoenix“ hat eine erste Bodenprobe des Roten Planeten genommen, allerdings gibt es unvorhergesehene Probleme mit der Analyse. Die Handvoll Marsstaub, die der Roboterarm eingesammelt hatte, ist wegen der zu grobkörnigen Beschaffenheit der Materie nicht in das Analysegerät gelangt.

Die Probe von etwa 200 Millilitern Volumen enthalte Bodenmaterial, das von einer weißen Kruste bedeckt sei, teilte die Nasa am Freitag (Ortszeit) mit. Die Nasa-Wissenschaftler rätselten, ob es sich dabei tatsächlich um Eis handelt oder eventuell um Salz, das bei der Verdampfung von Wasser entstanden sein könnte. Wo Wasser ist, könnten zumindest einfache Organismen leben oder gelebt haben. Wenn ein Nachweis über die Existenz von organischen Stoffen gelänge, wären die Forscher mit ihrem Projekt am Ziel.

„Phoenix“ hat die Bodenprobe bereits am Donnerstag genommen. Mit einer kleinen Baggerschaufel sollte sie vollautomatisch an das Minilabor der „Phoenix“ weitergereicht werden und auf 1000 Grad erhitzt werde, um eventuell enthaltenes Eis oder Wasser zu verdampfen. So könnte der Wasseranteil genau bestimmt werden, sagte der wissenschaftliche Leiter der Marsmission, Peter Smith von der Universität Arizona.....

*Badische Zeitung vom 9.6.2008*

Wie geht man mit den bei der Untersuchung des Materials gewonnenen Erkenntnissen um? Der Arbeitsauftrag in Kasten 1 führt direkt zur Arbeit mit der Black Box, die hier als Modell eines Materieblocks verwendet werden kann. Die Schülerinnen arbeiten in Zweier- oder Dreiergruppen, jede Gruppe hat eine oder zwei Black Boxes.



Den Magneten NICHT IN die Box legen.



Er verschwindet für immer...



Um eine Vorstellung über den inneren Aufbau der Materie zu bekommen, führen Forscher viele verschiedene Experimente durch. Dabei kommen ganz unterschiedliche Untersuchungsmethoden zum Tragen. Immer mehr Erkenntnisse ergeben dann ein immer differenzierteres Bild der inneren Struktur der Materie. Die Untersuchung einer Black Box soll diesen Erkenntnisprozess veranschaulichen.

Die vorliegende Kiste ist im Inneren nicht leer, sondern durch verschiedene Bauteile strukturiert. Mit den Augen kann man diese Struktur natürlich nicht erkennen („Black Box“). Mit deinem Partner zusammen bildest Du eine Forschergruppe.

- Versuche durch verschiedene „Untersuchungsmethoden“ Erkenntnisse über diese „Struktur“ zu gewinnen.
- Mache falls möglich Aussagen aus welchen Materialien die „Strukturen“ im Innern der „Black Box“ sind!

### Vorgehen:

- Dokumentiere dein Vorgehen ( Beobachtungen und Schlussfolgerungen daraus)
- Zeichne nach jeder Untersuchung ein Bild deiner jeweiligen Vermutung (Hypothese) über Struktur (Form) mit Angaben über das jeweilige Material.
- Wenn dieser Schritt abgeschlossen ist, bekommst du vom Lehrer neues Untersuchungsmaterial zur Überprüfung der Hypothese, bzw. zur weiteren Untersuchung!

### Untersuchungsmethoden:

1. „Kupferdraht“
2. „Glasmurmeln“ oder „Holzkugel“
3. „Metallkugel“
4. eigene Ideen für Untersuchungsmethoden
5. ....

### Ziel:

Am Ende sollst du mit deiner Gruppe die erforschte Struktur den anderen Forschergruppen auf einem Wissenschaftskongress vorstellen und begründen!

### Kasten 1: Arbeitsauftrag zu Erforschung der inneren Struktur einer Black Box

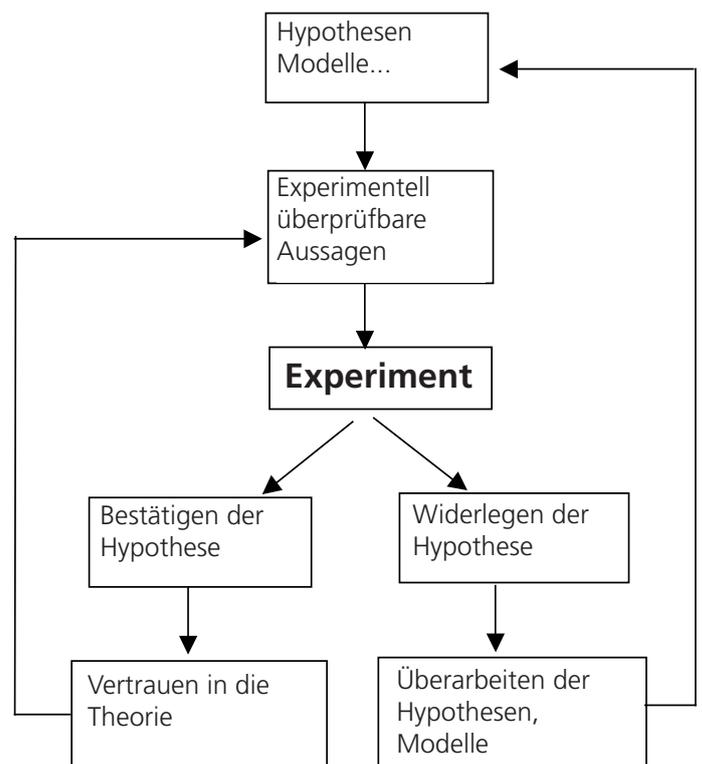


Nach Beendigung der Untersuchungen wird zwischen allen „Forschergruppen“ ein Konsens über die innere Struktur der Black Box bzw. über das weitere Vorgehen, z. B. bei offenen Fragen, angestrebt. Dabei soll deutlich werden, dass mit dieser gemeinsam erarbeiteten Vorstellung über etwas gesprochen wird, das weder Lehrer/in noch Schüler/in mit eigenen Augen sehen können. Eine Situation wie sie auch beim Sprechen über Atome vorliegt.

Es ist sehr wichtig, dass alle Untersuchungsmethoden nacheinander durchgeführt werden, die Gruppen bekommen also nicht alle Untersuchungsgeräte gleich am Anfang zur Verfügung gestellt. Mit dem Drahtstück wird begonnen. Auf einem Blatt Papier werden sorgfältig Beobachtungen und Interpretationen getrennt aufgeführt. Erste gedankliche Vorstellungen über die innere Struktur werden als Vermutung bzw. Hypothese in einer Skizze visualisiert. Erst nach diesem Schritt bekommt eine Schülergruppe eine Glasmurmeltube als nächste Untersuchungsmethode. Durch weitere Nachforschungen wird die vorherige Hypothese geprüft, neue Beobachtungen (Klang) und Deutungen wieder formuliert und eine veränderte Hypothese formuliert und visualisiert. Weitere gleichgestaltete Schritte folgen mit den Untersuchungsmethoden Metallkugel, Neodymmagnet, gegebenenfalls Eisenfeilspäne....

Am Ende dieses Prozesses steht ein kleines Rollenspiel (siehe Teamauftrag). Die verschiedenen Schülergruppen übernehmen die Rolle von global verteilten Wissenschaftsgruppen, die sich mit der inneren Struktur der Materieblöcke beschäftigt haben. Diese Forschergruppen treffen sich auf einem wissenschaftlichen Kongress und tauschen ihre Erfahrungen aus. Dazu stellt eine Gruppe ihr entwickeltes Modell vor der gesamten Klasse zur Diskussion. Sie muss Einwände gegenüber ihren Modell entkräften oder, je nach Argumentation der gesamten Wissenschaftsgruppe, ihr Modell revidieren. Ziel dieses „Kongresses“ ist eine gemeinsame

Modellvorstellung der inneren Struktur zu entwickeln, aber auch offene Fragen zu formulieren die mit den bisherigen Möglichkeiten nicht untersucht werden konnten und die weiterer Forschungstätigkeiten bedürfen.



**Abb.2:** Die naturwissenschaftliche Arbeitsweise

Für diese gesamte Aktivitäten war eine Doppelstunde ideal. Die Abb. 2.wurde als Anlass genommen die naturwissenschaftliche Arbeitsweise im Zusammenhang mit den eigenen Tätigkeiten zu überdenken. Als Hausaufgabe sollten die gemachten Erfahrung in einem Bericht mit eigenen Worten verbalisiert werden.

## Der weitere Unterricht

Im folgenden Unterricht werden die gewonnenen Erkenntnisse auf die Entwicklung von Vorstellungen über Atome übertragen. Elektrostatische Versuche führen zu Fragestellungen über den Aufbau der Materie im Zusammenhang mit elektrischen Erscheinungen. Texte zu den Atomvorstellungen der griechischen Naturphilosophen, ....Dalton, E. Rutherford und N. Bohr werden in verschiedenen Gruppen bearbeitet, präsentiert und diskutiert. Dabei wird die experimentelle Notwendigkeit für jede Weiterentwicklung des Atommodells besonders hervorgehoben. So ist z.B. die Entdeckung der Interferenzeigenschaften von Mikroobjekten ein Grund (allerdings nicht der einzige), warum sich um den Atomkern keine klassischen Kügelchen bewegen können. Das Bohr'sche Bild des Atoms muss demnach weiter entwickelt werden. Am Ende der Unterrichtseinheit steht, wie von den Bildungsstandards für Klasse 9/10 gefordert, mit dem Orbitalmodell ein zeitgemäßes Atommodell.

## Meine Unterrichtserfahrungen

Meine Schülerinnen und Schüler führen neben dem „normalen“ Physikheft zusätzlich ein Lerntagebuch in das am Ende jeder Woche ein Eintrag (maximal eine Seite) erfolgt. Darin werden keine Merksätze formuliert, sondern neu Gelerntes, Beindruckendes, weitere Fragen oder auch noch nicht Verstandenes in eigenen Worten ausgedrückt. Dieses Tagebuch wird von mir regelmäßig (zu Beginn jeder Woche die Hefte der halben Klasse im Wechsel) eingesammelt. Deshalb war ich jederzeit über die Wirkung des oben beschriebenen Unterrichtseinstiegs auf die Schülerinnen und Schüler informiert. Es gab in diesem Zusammenhang keine einzige auch nur annähernd negative Äußerung. Die Motivation der Schülerinnen und Schüler war sehr hoch. Für viele von ihnen war es fast unerträglich die Kiste nicht öffnen zu können.

Einige Äußerungen aus den Lerntagebüchern:

*„Durch die Untersuchung der Black Box habe ich einiges über die Vorgehensweise in den Naturwissenschaften erfahren, z.B., dass Wissenschaftler bei Atomuntersuchungen nur Vermutungen aufstellen, die sie in Experimenten bestätigen müssen. Sie können sich aber nie sicher sein, dass ein Atom wirklich genau so aussehen wie sie es sich vorstellen, Außerdem habe ich gelernt, Vermutungen und Hypothesen aufzustellen und diese dann durch möglichst sinnvolle Versuche zu überprüfen“*

*„Ich habe gelernt, dass Physiker nie sicher sein können, wie ein Atom wirklich aussieht, sondern nur durch verschiedene Versuche ein immer gefestigteres Bild entsteht.“*

*„Für mich war faszinierend zu welcher unterschiedlichen Ergebnissen die einzelnen Gruppen kamen! Also was man alles in etwas Unbekanntes hineininterpretieren kann. Außerdem finde ich es interessant, anhand eines Modells zu lernen wie Wissenschaftler vorgehen, um etwas Unbekanntes zu erforschen.“*



## Zusammenfassung

Die Methode Black Box hat keinen konkreten Unterrichtsinhalt zum Ziel, sondern thematisiert den Vorgang der Entstehung und Entwicklung von Modellen als solchen. Dabei können u.a. folgende Lernziele erreicht werden:

- Die naturwissenschaftliche Arbeitsweise kann aktiv und handlungsorientiert erlebt werden.
- Das Bewusstmachen des Modellierungsprozesses führt zu einem Zuwachs an fachmethodenorientierter Kompetenz.
- Der hypothetische Charakter von Modellen wird verdeutlicht.
- Schülerinnen und Schüler können erfahren wie es ist, wenn aufgrund von Experimenten konsensfähige Aussagen über einen Sachverhalt gemacht werden, den man nie mit eigenen Augen sehen kann. Diese Erkenntnis kann auf die Vorstellung der Atome bzw. des Aufbaus der Materie übertragen werden.

Die Bedeutung von Modellen für die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung kann meiner Ansicht von den Schülerinnen und Schülern erst richtig eingeordnet werden, wenn sie deren Entstehungsprozess bewusst nachvollziehen können. Der vorgeschlagene Unterricht mit einer Black Box als Analogie zum Vorgehen in der wissenschaftlichen Forschung unterstützt dieses Bestreben sehr eindrücklich.

## Literatur:

- [1] Bildungsplan Gymnasium Baden-Württemberg S.182 und 184
- [2] Mikelskis-Seifert, S.: Denken in und mit Modellen – die oft vernachlässigte Arbeitsweise der Physik, Pikobrief Nr. 5, Februar 2005
- [3] Müller R., Wodzinski R., Hopf M.: Schülervorstellungen im Physikunterricht, Aulis Verlag 2004
- [4] H. Filscher: Die Teilchenstruktur im Physikunterricht, Praxis der Naturwissenschaften 6/57, 2008
- [5] Mikelskis-Seifert, S., Leisner A.: Lernen über Modelle, Fachzeitschrift Friedrich Verlag oder alternativ NiU 2003 Nr. 71, S.32-34
- [6] Die Modellboxen sind bei Conatex Didactic Best. Nr. 109.1130 <http://www.conatex.com/shop/>
- [7] Günther, J. Black Boxes, Analogien zu Problemstellungen im Unterricht, Naturwissenschaften im Unterricht Physik, Nr. 103, 1/2008