

## Frühjahr 2008/2 Elementarisierung

### **1. Beschreiben Sie drei verschiedene Typen der Elementarisierung und illustrieren Sie diese durch je ein Beispiel aus dem Physikunterricht!**

Unter der Elementarisierung versteht man die Vereinfachung bzw. Zerlegung von schwierigen Begriffen oder komplexen Geräten, so dass diese Begriffe oder Geräte von einer bestimmten Adressatengruppe gelernt werden können. Wichtig dabei ist, dass der physikalische Sinn des Begriffs nicht verfälscht, dass die Funktionsweise eines Gerätes nicht auf falsche physikalische Grundlagen bezogen und dass nicht trivialisiert wird. Durch das Vereinfachen und Zerlegen kommt man zu kleineren Sinneinheiten, die im Verlauf des Unterrichts wieder aneinander gefügt werden. Diese sogenannten didaktischen Rekonstruktionen sollen fach-, schüler- und zielgerecht sein.

Typen von Elementarisierung sind z.B.:

- Reduktion vom Quantitativen auf das Qualitative
- Vernachlässigung von Einflussfaktoren
- Rückgriff auf frühere historische Entwicklungsstufen
- Generalisierung
- Partikularisierung
- Überführung in bildhafte oder symbolische Darstellungen
- Gegenständliche Modelle und Analogien

Ich werde nun näher auf drei der eben erwähnten Typen der Elementarisierung eingehen:

#### Reduktion vom Quantitativen auf das Qualitative

Bei der Reduktion vom Quantitativen auf das Qualitative wird im Wesentlichen der Grad der Mathematisierung zurückgefahren. Diese Rückführung physikalischer Größen auf ihre qualitativen Merkmale führt zu einer Verringerung der Komplexität und damit zu einer Vereinfachung.

Beispielsweise kann das boyle-mariottesche Gesetz auf vier verschiedenen Stufen verfasst werden.

- quantitativ mathematisch:  $p \cdot V = \text{const.}$
- quantitativ sprachlich: Wenn das Volumen des Gases n-mal kleiner geworden ist, dann ist der Druck in ihm n-mal größer geworden.
- halbquantitativ: Je kleiner das Volumen eines Gases geworden ist, desto größer ist der Druck des Gases.
- qualitativ: „Wenn ich die eingesperrte Luft zusammendrücke, dann geht das immer schwerer.“

Bei der qualitativen Fassung sind keine konkreten Messungen notwendig. Hier kann man z.B. von den Alltagserfahrungen bzw. von Freihandversuchen mit einer Luftpumpe ausgehen. Für die halbquantitative Fassung sind dagegen Messungen notwendig. Diese beiden Fassungen können bereits in der Grundschule verwendet werden.

Für die Realschule wird dagegen die quantitativ mathematische bzw. die quantitativ sprachliche Fassung des boyle-mariotteschen Gesetzes angestrebt.

### Vernachlässigung von Einflussfaktoren

Sehr häufig werden Störungen zur Verringerung der Komplexität bei der Aufstellung von Gesetzmäßigkeiten ausgeblendet. Diese Störungen sollten aber den zu untersuchenden Sachverhalt nicht wesentlich beeinflussen. Auch Theorien und Modelle können Vernachlässigungen enthalten.

Zum Beispiel wird bei der Untersuchung beschleunigter Bewegungen die experimentelle Anordnung so gewählt, dass die Reibung vernachlässigt werden kann. Um Herauszufinden, dass  $s \sim t^2$  ist, kann ein Schlitten auf einer Luftkissenbahn durch ein fallendes Massenstück gleichmäßig beschleunigt werden. Das Massenstück wird hierfür mit einem langen Faden am Hacken des Schlittens befestigt, wobei der Faden über eine Umlenkrolle gelegt wird. Der Schlitten durchläuft dann nacheinander mehrere Lichtschranken, wobei die Zeiten für die vom Startpunkt zu den einzelnen Lichtschranken zurückgelegten Wege von einem Messgerät gespeichert werden.

### Rückgriff auf frühere historische Entwicklungsstufen

Für die Vereinfachung von physikalischen Begriffen oder Theorien kann auch auf frühere historische Entwicklungsstufen zurückgegriffen werden. Gerade die ersten Stufen sind weniger komplex als die späteren Entwicklungen.

Z.B. werden beim Atommodell mit den Schülern historische Atommodelle durchlaufen. Als eines der ersten Atommodelle wird das Kugelmodell nach Dalton im Unterricht eingeführt. Mit Hilfe dieser Übergangsvorstellung vom Aufbau der Materie können die drei Aggregatzustände besprochen werden. Bei der Atom- und Kernphysik geht man dann zum Kern-Hülle-Modell von Rutherford über. Auf das Bohrsche Atommodell als eine Erweiterung des Rutherford'schen Atommodells wird man meist nur in der Oberstufe des Gymnasiums bei der Untersuchung von Spektrallinien zu sprechen kommen.

## **2. Analogien stellen eine Form der Elementarisierung dar. Diskutieren Sie den Einsatz von Analogversuchen im Bereich der Atom- und Kernphysik unter didaktischen und methodischen Aspekten! Beschreiben Sie je ein Analogie-Experiment zur Veranschaulichung der "Kettenreaktion" und des "radioaktiven Zerfalls"!**

Man spricht von einer Analogie, wenn man aufgrund von Ähnlichkeiten bzw. Vergleich mit Bekannten einen bestimmten Sachverhalt erkennt oder versteht. Analogien können auch zum Lösen von Problemen dienen.

Man kann Analogien bei Lernschwierigkeiten als Lernhilfen einsetzen. Allerdings bedeutet das Einsetzen von Analogien immer einen Umweg machen. Man geht zunächst von einem analogen Lernbereich aus und überträgt diesen dann auf den primären Lernbereich. Umwege kosten Zeit, daher ist genau abzuwägen, ob dieser Umweg sinnvoll ist. Da aber im Bereich der Atom- und Kernphysik viele Versuche im primären Lernbereich nicht durchgeführt werden können bzw. nicht durchgeführt werden dürfen, bleibt dem Lehrer fast nichts anders übrig, als analoge Experimente durchzuführen.

Ein wichtiger Punkt beim Einsatz von Analogien ist das Akzeptanzproblem. Der Analogbereich muss dem Lerner vertraut sein, sonst wird er sie nicht akzeptieren. Für den Physikunterricht heißt das, dass der Analogbereich aus der Lebenswelt der Schüler stammen sollte. Problematisch wird dies allerdings in der Atom- und Kernphysik, denn für diese Teilgebiete der Physik existieren bisher wenig adäquate lebensweltliche Analogien. Hier

muss dann besonders aufgepasst werden, dass nicht ein vermeintlich vertrauter Lernbereich als Analogie eingesetzt wird, der letztendlich doch neu gelernt werden muss. Denn dann ist dieser Umweg über die Analogie nicht nur riesig, sondern auch unnötig.

Für die Akzeptanz der Analogie durch die Schüler ist es wichtig, dass zwischen den beiden Lernbereichen eine gewisse Oberflächenähnlichkeit besteht. Diese Ähnlichkeit erleichtert den Schülern das Auffinden der Analogien.

Der analoge Lernbereich weist auch immer irrelevante Merkmale und Eigenschaften im Vergleich mit dem primären Lernbereich auf, daher müssen auch die physikalischen Unterschiede zwischen beiden Lernbereichen thematisiert werden. Gerade diese Unterschiede und irrelevanten Merkmale sind aber in der Atom- und Kernphysik groß. Die Analogien gelten hier meist nur für bestimmte Bereiche. Sie können daher den Schülern große Schwierigkeiten bereiten.

Schließlich kann der offenkundige „Als-ob-Charakter“ von Analogversuchen gerade in der Atom- und Kernphysik häufig verhindern, dass es bei den Schülern zu einer ernsthaften Auseinandersetzung mit dem analogen Lernbereich kommt. Es können daher motivationale Probleme auftreten.

Trotz dieser Problematik sollte man vor allem auf experimentelle Analogien zurückgreifen, denn so können den Schülern wichtige Vorgänge und Begriffe der modernen Physik veranschaulicht werden.

Nun möchte ich auf zwei Analogieexperimente der modernen Physik näher eingehen:

#### Unkontrollierte Kettenreaktion

Kernspaltungen laufen in Form von Kettenreaktionen ab: Immer wenn ein Neutron einen Urankern spaltet, werden auch zwei oder drei Neutronen freigesetzt. Jedes Neutron kann wiederum einen Atomkern spalten und dadurch weitere Neutronen freisetzen.

Dies kann mit dem Mausefallenversuch veranschaulicht werden. Hierfür benötigt man etliche „scharfe“ Mausefallen (Urankerne) auf denen jeweils ein Tischtennisball (Neutron) liegt. Die Mausefallen stehen am besten in einem großen Glaskasten. Dann wird ein weiterer Tischtennisball (evtl. andersfarbig, damit man den „Auslöser“ von den anderen Tischtennisbällen unterscheiden kann) in den Glaskasten zu den Mausefallen geworfen. Durch das Auftreffen des einzelnen Tischtennisballs auf einer der gespannten Mausefallen, löst diese aus. Nun fliegen Tischtennisbälle und Mausefallen durch den Glaskasten, die nun wieder jeweils eine Mausefalle auslösen usw.. Hierdurch kommt es zu einer unkontrollierten Kettenreaktion.

#### Radioaktiver Zerfall

Für das Zerfallsgesetz radioaktiver Kerne kann man als Analogie den Zerfall von Bierschaum betrachten. Es wird in einem hohen Glas mit kleinem Durchmesser eine möglichst hohe Bierschaumsäule erzeugt und im Minutentakt die Höhe der Schaumsäule in Abhängigkeit von der Zeit gemessen. Über längere Zeit beobachtet man dann, dass nach gleichen Zeitabschnitten jeweils ungefähr die gleiche Prozentzahl vom letzten Füllstand übrig bleibt. Dies ist genau die mathematische Bedingung für einen exponentiellen Zusammenhang. Die gleiche Kurvenform liefert auch die Zählung radioaktiver Kerne, die nach gleichen Zeitabschnitten noch nicht zerfallen sind.

### **Zusatzaufgabe Fächergruppe der Hauptschule**

**3. Wie ändert sich der Kern bei der Emission von Alpha-, Beta- bzw. Gammastrahlung? Ein Präparat sendet verschiedene Strahlenarten aus. Wie kann man feststellen, ob Gammastrahlung dabei ist?**

#### Alphastrahlung

Beim  $\alpha$ - Zerfall wird aus dem Kern ein  $\alpha$ -Teilchen ausgestoßen. Der neu entstehende Kern hat eine um zwei Einheiten niedrigere Kernladungszahl und eine um vier niedrigere Massenzahl.

#### Betastrahlung

Die  $\beta$ - Strahlung kommt dadurch zustande, dass sich im Kern ein Neutron in ein Proton und ein Elektron verwandelt. Da das bei der Umwandlung entstehende Proton im Kern verbleibt, das Elektron aber aus dem Kern ausgestoßen wird, hat der neue Kern eine um eine Einheit höhere Kernladungszahl und eine unveränderte Massenzahl.

#### Gammastrahlung

Die  $\gamma$ -Strahlung tritt immer dann auf, wenn ein energetisch angeregter Kern in den Grundzustand übergeht. Mit der  $\gamma$ -Strahlung ist keine Veränderung der Massen- und Kernladungszahl verbunden.

#### Ist Gammastrahlung dabei?

- Abschirmung:  $\alpha$ - Strahlung mit Hilfe eines Kartons und  $\beta$ - Strahlung durch eine Aluminiumschicht ( $\gamma$ - Strahlung kann nur durch dicke Bleischicht abgeschirmt werden)
- Ablenkung mittels Magnetfeld ( $\alpha$ - und  $\beta$ - Strahlung werden abgelenkt,  $\gamma$ - Strahlung nicht)

Der Nachweis der  $\gamma$ - Strahlung findet dann per Zählrohr statt.