

Schüler(fehl-)vorstellungen zum Thema Materie*

Lars Hoegen

`homer.simpson@atomkraftwerk-springfield.de`

04 Juli 2003

1 Einleitung

In meinem Vortrag betrachtete ich die Schüler(fehl-)vorstellungen zum Thema Materie. Kernstück dieser Betrachtung waren die Erkenntnisse, die MICHAEL LICHTFELD in einem Artikel [1] niedergelegt hat, der anlässlich eines Vortrages im Rahmen der Tagung zur Didaktik der Physik und Chemie 1993 in Kiel erschienen ist. Er untersucht dabei die Entwicklung von Sprechen, Denken und Handeln von SchülerInnen und Schülern im Physikunterricht exemplarisch am Beispiel der Atomvorstellungen.

Natürlich gibt es auch noch andere Zugänge zu dem Thema, doch alle beschäftigen sich mehr oder minder stark mit der Sprache von SchülerInnen und Schülern.

2 Materie ist aus Atomen aufgebaut ein klassischer Zugang

Schülerinnen und Schüler der Klasse 7 kommen zum ersten Mal mit dem atomistischen Aufbau von Materie in Kontakt. In vielen Büchern findet man Vorschläge, diesen an Kristallen zu verdeutlichen. FRANZENBECKER und QUAST beschrieben in [2] eine Möglichkeit für den didaktischen Aufbau einer solchen Einheit.

Basierend auf von Schülerinnen und Schülern geäußerten Hypothesen untersucht man die Frage, warum Kristalle und deren Spaltprodukte regelmäßige Formen aufweisen. Dabei stehen sich die Hypothese vom atomistischen und vom kontinuierlichen Aufbau der Materie gegenüber. Man kann die regelmäßige Form von Kristallen nur im atomistischen Modell begründen (Bauklötze oder Kugeln als Analogie). Abschließen sollte man die Einheit mit der Feststellung, dass Atome sich in Kristallen nicht wie lose Bauklötze verhalten, sondern eine Bindung haben müssen, denn der Kristall stabil, wenn Kräfte auf ihn einwirken. Sie verknüpfen diese Erkenntnis damit, dass Atome scheinbar ein weiches Äußeres haben müssen, das mit dem von anderen Atomen eine Verbindung eingeht.

3 Das Atommodell aus Schülersicht

LICHTFELD untersucht zunächst allgemein den Kontext von schulischem Lernen. Naturwissenschaftlicher Unterricht baut dabei auf einem Vorverständnis der Schülerinnen und Schüler auf, welches in einem Alter erworben wird, in dem die Schülerinnen und Schüler noch keinen naturwissenschaftlichen Unterricht hatten. Dieses Vorverständnis beruht auf Intuition und Empirie. Aufgabe der Schule ist es nun,

* Zusammenfassung zum Vortrag im Rahmen der Veranstaltung „Fachdidaktik Physik“ im Sommersemester 2003

dieses Vorverständnis durch einen Prozess des Lernens und Verstehens, an dem verschiedene wissenschaftliche Disziplinen beteiligt sind, hinzufügen zu einem tieferen Verständnis, welches als naturwissenschaftlich bezeichnet werden kann (siehe Abbildung 1).

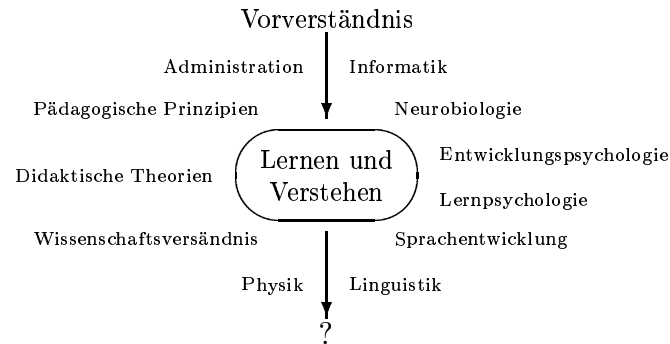


Abbildung 1: Vorverständnis als Grundlage

Gegenstand von LICHTFELDS Untersuchungen war nun, inwieweit sich die Sprache der Schülerinnen und Schüler im Begriffsfeld Atom im Laufe der schulischen Laufbahn verändert. In der Sprache finden sich Begriffsnetze wieder, die auf das Schülervorverständnis schließen lassen.

3.1 Die Bedeutung von Sprache

In der Sprache bilden Menschen die Wirklichkeit nicht so ab, wie sie ist, sondern sie machen sie sich nur *interessengeleitet* verfügbar. Dies führt dazu, dass Menschen sich ein Sprachregister aneignen, welches die Umwelt aus ihrem Verständnis heraus abbildet.

In der Schule werden diesem Register oft und schon sehr früh Begriffe und Definitionen entgegengesetzt, die nicht interessengeleitet formuliert sind. Ideales Lernen findet dann statt, wenn man den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gibt, diese innerhalb ihres eigenen Horizonts umzuformulieren und somit in ihrem eigenen Sprachregister zu adaptieren. Wird dies versäumt, so kommt es zur Ausbildung von zwei Sprachebenen, die durch verschiedene Arten des Lernens herausgebildet werden:

das intuitive Lernen findet meist außerhalb der Schule statt; es ist Grundlage der Alltagssprache und der Alltagsvorstellungen

das schulische Lernen entwickelt sich mit dem Eintritt in die Schule mit dem Ziel, Fachsprache herauszubilden und sie in einen physikalischen Kontext zu setzen

LICHTFELD spricht in diesem Zusammenhang¹, von drei Lerntypen. Zwischen den *schulischen Lerner* und dem *intuitiven Lerner* positioniert er den *Lernexperten*, der beide Lernebenen verknüpft und diese auf einer Metaebene verbindet.

4 Fehlvorstellungen

Anhand umfangreicher Untersuchungen in der Sekundarstufe I an verschiedenen Berliner Schulen belegt LICHTFELD, dass bei vielen Schülerinnen und Schülern das

¹in Anlehnung an Gardner [3]

schulische Lernen über Atome parallel zum intuitiven Lernen abläuft und dass eine Metaebene nur sehr selten generiert wird. Die intuitive Sprach- und Verständnisebene ist gekennzeichnet durch mechanische Analogien („Das Atom ist ein Ball“; „Die Elektronen fliegen auf Bahnen“). Diese werden auch noch dann aufrechterhalten, wenn im Physikunterricht bereits quantenphysikalische Modelle behandelt werden. Diese Modelle werden in einer schulischen Begriffsebene abgelegt („Ein Kern besteht aus Protonen und Neutronen“; „Der Kern ist positiv, die Hülle negativ geladen“).

Ein Verständnis dieser schulischen Lernebene wird meist nur dann gezeigt, wenn die quantenphysikalischen Begriffe mit mechanischen Analogien hinterlegt werden kann. Selbst nach Einführung der Orbitaltheorie stellen sich viele Schülerinnen und Schüler das Elektron noch als Teilchen vor, welches sich in diesen Orbitalen bewegt.

Scheinbar ist es im Bereich der Atomphysik sehr schwierig, die Lernexpertenebene derart einzuführen, dass sie eine quantenmechanisch tragbare Vorstellung von Atomen umfasst.

4.1 Ursachen

LICHTFELD sieht als Ergebnis seiner Untersuchungen im Wesentlichen zwei Ursachen für die oben genannten Fehlvorstellungen: Den Chemieunterricht und das Bohrsche Atommodell.

Zunächst lässt er Schülerinnen und Schüler frei ihre Assoziationen zum Begriff „Atom“ niederschreiben. In der Auswertung zeigen sich Cluster von Begriffen wie „Bohr, Rutherford, Hantel, Kugel“. Im Laufe der Schulzeit verlagert sich die Häufigkeit der Nennungen von „Kugel“ zu „Bohr“.

Schülerinnen und Schüler lernen im Chemieunterricht den atomistischen Aufbau von Materie früher kennen als im Physikunterricht. Dabei beschränkt sich die Chemiedidaktik auf stark vereinfachte Hilfsmodelle (z.B. Hüllenelektronen, Elektronenpaare, Wechselwirkungen von Ladungen), die natürlich den mechanischen Erfahrungen der Schülerinnen und Schülern entsprechen, somit führt diese Methode zu einem für Chemikerin der Sekundarstufe I ausreichenden Verständnis in der Art: „Atome sind Kugeln mit positivem Kern und negativer Elektronenhülle.“

Die Physikdidaktik der Sekundarstufe I setzt dem zunächst nichts entgegen. Auch hier werden Atome ähnlich betrachtet (siehe Beispiel zu Beginn). Phänomene wie Stromfluss können in diesem mechanischen Planetenmodell hinreichend beschrieben werden.

In der Oberstufe erfolgt dann der erste quantenphysikalische Zugang zum Atom z.B. über den Photoeffekt. Hier wird zunächst das Bohrsche Atommodell zur Erklärung herangezogen, welches mechanistisch geprägt ist. Dies führt zu einer weiteren Verstärkung der mechanischen Metaebene. Die Notwendigkeit der quantenphysikalischen Betrachtung führt, wenn überhaupt, zur Errichtung einer neuen Metaebene, die die mechanische höchstens überdeckt, aber nicht ablöst.

5 Konsequenzen für die Sekundarstufe II

Als mögliches neues didaktisches Konzept für die Oberstufe schlägt LICHTFELD eine Methode vor, die von einer Gruppe (CLIS) in Leeds erarbeitet wurde². Es ist von folgenden Grundsatzentscheidungen geprägt:

- Bezüge zur klassischen Physik werden weitgehend vermieden.
- Der Kurs beginnt mit der Untersuchung des *Quantenobjektes* Elektron.

²vgl. Fischler [4]

- Vermeidung der dualistischen Sprechweise: Die statistische Deutung der beobachteten Phänomene bei Elektronen und Licht ermöglicht eine widerspruchsfreie Beschreibung.
- Einführung der Heisenbergschen Unschärferelation zu einem frühen Zeitpunkt.
- Behandlung des Wasserstoffatoms zu einem möglichst frühen Zeitpunkt.

Dabei wurde den Schülerinnen und Schülern beständig die Möglichkeit gegeben, ihre vorhandenen Erfahrungsmuster zu erweitern und nach der Erweiterung zu reflektieren. Die Erfahrungen aus Leeds belegen, dass die Schülerinnen und Schüler verstärkt zur quantenmechanischen Betrachtung von Atomen gewechselt haben.

6 Konsequenzen für die Sekundarstufe I

Das CLIS-Konzept in der Oberstufe impliziert, dass in der Unterstufe keine zu stark mechanische Vorstellung von Atomen geprägt wird. Dieses betrifft sowohl die Physik- wie auch die Chemiedidaktik. Wie kann nun ein nicht-mechanisches Atommodell aussehen, welches die Phänomene widerspruchsfrei erklärt, die im Physik- und Chemieunterricht der Sekundarstufe I untersucht werden?

Auf der Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft 1992 in Gießen machten LAUKENMANN und HERMANN einen Vorschlag dazu (vgl [5]). In ihrem Modell werden die alten Vorstellungen von einem positiv geladenen Kern, der 99,9 % der Atommasse enthält, und einer negativ geladenen Hülle, welche den meisten Raum im Atom einnimmt, beibehalten.

Die Atomhülle soll nun aber mit einem *kontinuierlich verteilten* Stoff gefüllt sein, der als *Elektronium* bezeichnet werden soll. Das Elektronium ist kugelsymmetrisch verteilt, die Dichte nimmt vom Kern nach außen hin ab. Auch hat es keinen scharfen Rand, sondern nur eine ungefähre Ausdehnung, die den scheinbaren Atomradius von ca. 10^{-10} m bestimmt. Als Analogie bietet sich hier die Lufthülle der Erde an.

Des weiteren lassen sie die Schüler wissen, dass Experimente nun gezeigt haben, dass man dem Atom immer nur diskrete Portionen Elektronium entnehmen bzw. hinzufügen kann. Diese Portionen werden *Elektronen* genannt. Diese Portionen haben immer die gleiche Masse und die gleiche Ladung. Bisher hat man noch nicht mehr oder weniger große Portionen gefunden (was streng physikalisch nicht ganz richtig ist, für das Schülerverständnis aber ausreicht).

Man vermeidet auf diese Weise die Vorstellung des Elektrons als Teilchen. Das Modell des Elektroniums geht mit der quantenphysikalischen Ladungsdichte der Elektronenhülle konform. Die molekulare Bindung von Atomen kann damit beschrieben werden, dass das Elektronium von zwei benachbarten Atomen zusammenfließt.

Im weiteren Verlauf des Physikunterrichts müssen noch angeregte Zustände erklärt werden. Man kann dazu dem Elektronium eines Atoms eine darin gespeicherte Energiemenge zuweisen (Analogie Wärmeenergie in Wasser). Man stellt wiederum experimentell fest, dass sich nur diskrete Energiemengen zufügen und abziehen lassen. Auch führt die Zufuhr von Energie zu einer Verformung des Elektroniums, womit eine Grundlage zur Erklärung des Orbitalmodells gelegt wird.

Resümee Es gestaltet sich schwierig, im Physikunterricht eine fundierte Kenntnis über den tatsächlichen Atomaufbau zu vermitteln. Tatsächlich gibt es seit längerer Zeit in der Fachdidaktik eine Auseinandersetzung darüber, ob die mechanische Analogie zum Planetenmodell sinnvoll ist oder nicht.

Ich bin im Laufe der Recherchen zu der Überzeugung gelangt, dass man die Ansätze von LICHTFELD und LAUKENMANN / HERMANN als Alternative in die Rahmenrichtlinien übertragen sollte, gerade im Hinblick auf meine Schwierigkeiten beim Verständnis der Grundlagenvorlesungen Atomphysik an der Universität.

Literatur

- [1] LICHTFELD, Michael: Sprechen, Denken und Handeln von Schülerinnen und Schüler im Physikunterricht. In: GPPC, Kiel (Hrsg.): *Zur Didaktik der Physik und Chemie*, Leuchtturm-Verlag, Kiel, 1993, S. 127–158
- [2] FRANZENBECKER, Walter ; QUAST, Ulrich: Entwicklung von Hypothesen und Modellen zum Aufbau der Materie im Physikunterricht auf der Sekundarstufe I. In: *PU - Physikunterricht* (1975), Nr. 4, S. 43–50
- [3] GARDNER, H.: *Der ungeschulte Kopf*. Stuttgart, 1993
- [4] FISCHLER, Helmut (Hrsg.): *Quantenphysik in der Schule*. Kiel : Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, 1992
- [5] HERRMANN, F. ; LAUKENMANN, M.: Atomphysik in der Sekundarstufe I. In: *Didaktik der Physik, Vorträge Physikertagung*. Berlin : Deutsche Physikalische Gesellschaft, 1992, S. 266 – 269