

1 | Die Phlogistontheorie

Die Phlogistontheorie, von Georg Ernst Stahl (1659–1735) für Verbrennungsvorgänge formuliert, mag in der heutigen Zeit etwas merkwürdig erscheinen, besonders wenn man erstmals mit diesen Vorstellungen konfrontiert wird. Dennoch war die Phlogiston-Theorie im „Mittelpunkt des chemischen Denkens“ [Labinger & Weininger, S. 1951] des 18. Jahrhunderts, bis sie gegen Ende des Jahrhunderts von der Oxidationstheorie von Antoine Laurent de Lavoisier (1743–1794) abgelöst wurde.

Nach eingängiger Beschäftigung mit Verbrennungsvorgängen postulierte Stahl 1697 (und noch einmal 1702), dass alle brennbaren Stoffe den hypothetischen Stoff *Phlogiston* (von griechisch *brennen*) enthalten müssten. Dieser Feuerstoff würde bei der Verbrennung an die Luft oder an eine andere Substanz abgegeben werden, bis diese von *Phlogiston* gesättigt war [vgl. Freise, S. 33]. Ein nicht zu erklärendes Phänomen war allerdings die Gewichtszunahme beim „Verkalken“ (Oxidbildung) von Metallen, obwohl doch Phlogiston abgegeben wurde. Dieses Phänomen erklärten die Phlogistonisten damit, indem sie dem Phlogiston ein negatives Gewicht zuschrieben. Widerspruchsfrei konnten die Vorgänge jedoch erst durch Lavoisiers Oxidationstheorie erklärt werden (vgl. S. 66 ff. in diesem Heft). Die neue Theorie errang jedoch keineswegs schlagartig allgemeinen wissenschaftlichen Konsens; letztendlich setzte sich die Oxidationstheorie gegenüber der Phlogistontheorie durch, weil sie auch für weitere neue experimentelle Befunde eine zutreffende Erklärung liefern konnte [Labinger & Weininger, S. 1952].

Was Schüler daraus über die NdN lernen können

Theorien sind nicht endgültig, auch wenn sie zu einem bestimmten Zeitpunkt ihre Leistungsfähigkeit unter Beweis gestellt haben. Und: Auch wenn eine Theorie leistungsfähiger ist als eine frühere, bedeutet das keineswegs, dass sie sich sofort durchsetzt [vgl. 1, S. 10]. In wissenschaftstheoretischem Sinne bietet dieses Beispiel die Möglichkeit für eine kritische Auseinandersetzung mit den Begriffen Falsifikation, Verifikation, Bestätigung und Bewährung von Theorien, also mit Grundbegriffen der naturwissenschaftlichen Methodologie [vgl. ebd., S. 13]. Anhand dieser Thematik kann zudem die Rolle der *scientific community* innerhalb der Naturwissenschaft gezeigt werden, da sie einer Theorie erst Anerkennung verleihen, dieser aber auch wieder entziehen kann [vgl. 3, S. 219].

Wie kann Unterricht zum Thema aussehen?

Im Unterricht kann die Phlogistontheorie zum einen schon früh im Zusammenhang mit der Oxidationstheorie als zunächst implizit erkenntnistheoretisches Beispiel behandelt werden. Im Rahmen einer experimentell-orientierten Unterrichtseinheit, wie sie beispielsweise Renate Hermanns beschreibt, können die Schüler die Befunde von Stahl und Lavoisier selbst überprüfen. So kann gezeigt werden, dass experimentelle Ergebnisse in Entscheidungsprozessen eine wichtige Rolle spielen und ein wichtiges Argument für einen grundlegenden Paradigmenwechsel sein können – Theorien aber dennoch nicht endgültig beweisen bzw. widerlegen [vgl. ebd., S. 11]. Zum anderen kann der Paradigmenwechsel vom Phlogiston zum Sauerstoff auch einer der Inhalte eines expliziten NdN-Kurses in der Oberstufe sein.

Literatur | Quellen | Links zum Thema

- Freise, V.: Das Phlogiston – Irrweg oder klassische Theorie? PdN – Chemie 35 (2/1986), S. 32–34
Hermanns, R.: Phlogistontheorie – ein Thema für den Chemieunterricht heute? PdN-Chemie 35 (2/1986), S. 28–32
Labinger, J. A.; Weininger, S.: Kontroversen in der Chemie: Wie beweist man ein Negativum? – Die Fälle Phlogiston und kalte Fusion. Angewandte Chemie 117 (13/2005), S. 1950–1956

3 | Von John Dalton bis Niels Bohr – Die Atommodelle

Für den Unterricht in der Sekundarstufe I sind vor allem Daltons Atomhypothese (1803) sowie die Atommodelle von Thomson (1903), Rutherford (1911) und Bohr (1913) relevant. Diese Atommodelle waren nicht aus irgendeiner Fantasie entstanden, sondern sie waren zumeist Folgerungen und Antworten auf experimentelle Tatsachen und Phänomene (vgl. S. 72 ff. in diesem Heft). So hat John Dalton seine Atomhypothese als Erklärung des Gesetzes der Erhaltung der Masse, des Gesetzes der konstanten Proportionen und des Gesetzes der multiplen Proportionen entwickelt. Thomsons Atommodell war ein Resultat aus der Entdeckung des Elektrons [vgl. Dämmgen und Keune, S. 14]. Rutherford entwickelte Thomsons Modell weiter, um die Beobachtungen seines Streuversuchs erklären zu können [vgl. Mortimer & Müller, S. 20], und Bohr modifizierte die bisherigen Vorstellungen, um die Elektronenstruktur des Wasserstoffatoms zu deuten [vgl. ebd., S. 20].

Was Schüler daraus über die *NdN* lernen können

Eine vergleichende Betrachtung der Modelle im Sinne der *NdN* fördert bei den Schülern das Bewusstsein davon, wie sich Theorien und Vorstellungen weiterentwickeln. Somit stehen auch bei diesem Beispiel die erkenntnistheoretischen und wissenschaftstheoretischen Aspekte der *NdN* im Vordergrund. Dabei kann gezeigt werden, dass die vorherigen Vorstellungen von Atomen nicht „falsch“ waren und neuere nicht endgültig „richtig“ sind, sondern dass sie für den damaligen Erkenntnisstand ihre Leistungsfähigkeit zeigten [vgl. 1, S. 10]. Des Weiteren zeigen Atommodelle beispielhaft das naturwissenschaftliche Bemühen, die „Wirklichkeit“ zu beschreiben. Der wissenschaftstheoretische Aspekt betrifft die empirische Unterbestimmtheit von Theorien, d. h. dass sie mehr mögliche Daten implizieren als tatsächlich je gemessen werden können. Dabei kann den Lernenden bewusst werden, dass naturwissenschaftliche Theorien prinzipiell hypothetisch und vorläufig sind [vgl. ebd., S. 13].

Wie kann Unterricht zum Thema aussehen?

Insbesondere die experimentellen Befunde, die zu den jeweiligen Theorien führten, können wichtige Bausteine innerhalb einer entsprechenden Unterrichtseinheit darstellen, damit die Schüler den Erkenntnisweg der damaligen Forscher nachvollziehen können. In der von Reinhard Benzinger und Martin Meyer beschriebenen experimentell-orientierten Unterrichtseinheit lassen sich diese Aspekte gut thematisieren, da sie interessante Versuche für die Atomvorstellungen von Thompson und Bohr beschreiben und so den Erkenntnisprozess der Forscher nachbilden. Einzig der beschriebene Versuch zum Rutherford'schen

Streuversuch scheint für die Schule ungeeignet, da zur praktischen Umsetzung ein Experiment mit einem radioaktiven Uran-Erz empfohlen wird. Hierfür kann allerdings ein von Hans-Peter Haseloff und Peter Menzel beschriebener Modellversuch, der auf dem Tageslichtprojektor durchgeführt wird, ersatzweise verwendet werden (vgl. auch Oliver Wissner). Zur Behandlung des Daltonschen Ansatzes bieten Walter Jansen et al. eine aufschlussreiche chemiegeschichtliche Unterrichtskonzeption mit vielen Experimenten, die auch von Schülern durchgeführt werden können.

Bei allen Konzeptionen zeigt sich die enorme Bedeutung des Zusammenspiels von theoretischen Erwartungen und experimentellem Vorgehen innerhalb der Forschung [vgl. 2, S. 5].

Literatur | Quellen | Links zum Thema

- Benzinger, R.; Meyer, M. (1994): Modelle für das Unsichtbare – vom Nutzen von Atommodellen, PdN-Chemie 43 (7/1994), S. 24–29
Dämmgen, U.; Keune, H.: Atomvorstellungen. Schülerexperimente und Aufgaben. Aulis, Köln 1986
Haseloff, H.-P.; Menzel, P.: Modellversuch zum Rutherford'schen Streuversuch für den Overhead-Projektor, PdN-Chemie 36 (6/1987), S. 18–20
Jansen, W.; Ulses, R.; Matuschek, C.; Fickenferich, H.; Peper, R.: Der Weg zum Dalton'schen Atommodell. Eine chemiegeschichtliche Unterrichtskonzeption, PdN-Chemie 35 (2/1986), S. 34–40
Mortimer, C. E.; Müller, U.: Chemie. Das Basiswissen der Chemie, Thieme, Stuttgart 2003
Wissner, O. (2004): Das Öffnen von Aufgaben. Strategien und Beispiele, NiU-Chemie 15(2004) Nr. 82/83, S. 42–45