

**Zum Wesen von Theorien und Gesetzen in der Chemie:
Über die Förderung eines wissenschaftstheoretischen Grundverständnisses bei
angehenden Lehrerinnen und Lehrern**

Einführung

Jeder Chemiestudent und jede Chemiestudentin dürfte mehrere chemische Theorien und Gesetze aufzählen können, doch die wenigsten haben eine Vorstellung von der Bedeutung dieser Begriffe. Dabei sollten gerade Lehramtsstudierende ein grundlegendes Verständnis dafür haben, wie das Wissen der Naturwissenschaft Chemie organisiert ist und überhaupt entsteht, da sie dieses Wissen schließlich an Schülerinnen und Schüler weitergeben müssen. Zum Ziel des Chemieunterrichts, eine naturwissenschaftliche Grundbildung zu erreichen, gehört auch der Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung*, den die Bildungsstandards definieren.

Gerade bei derartigen erkenntnistheoretischen Themen herrschen jedoch viele (später genauer erläuterte) Alltagsvorstellungen vor, die womöglich auch von der umgangssprachlichen Bedeutung von Begriffen wie *Theorie* oder *Gesetz* beeinflusst werden. Das Verständnis für Theorien und Gesetze ist in den Naturwissenschaftsdidaktiken bislang jedoch wenig erforscht.

Theoretischer Hintergrund

Da epistemologische Themen naturgemäß kontrovers diskutiert werden können und genaue Definitionen auch vom persönlichen erkenntnistheoretischen Standpunkt abhängen, müssen für unsere Begriffe einfache, auf Schulniveau brauchbare Arbeitsdefinitionen gefunden werden. Als gemeinsamer Nenner lässt sich die Definition verwenden, dass Naturgesetze „(Beschreibungen von) Regelmäßigkeiten im Verhalten realer Systeme“ sind (Vollmer, 2000, S. 206). Typische Beispiele aus dem Chemieunterricht wären die Gasgesetze oder das Massenwirkungsgesetz: Sie wurden aufgrund genauer Beobachtungen und Messungen aufgestellt und geben die Regelmäßigkeiten in Form mathematischer Formeln wieder. Man beachte hierbei auch die Parallele zum Begriff *Gesetzmäßigkeit*.

Theorien hingegen sind „das Netz, das wir auswerfen, um die Welt ‚einzufangen‘, – sie zu rationalisieren, zu erklären und zu beherrschen. Wir arbeiten daran, die Maschen des Netzes immer enger zu machen.“ (Popper, 1934/1976, S. 31) Naturwissenschaftliche Theorien unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht von naturwissenschaftlichen Gesetzen:

Scientific theories are well-established, highly substantiated, internally consistent systems of explanations. Theories serve to explain large sets of seemingly unrelated observations in more than one field of investigation. [...] Theories have a major role in generating research problems and guiding future investigations. Scientific theories are often based on a set of assumptions or axioms and posit the existence of non-observable entities. Thus, theories cannot be directly tested. Only indirect evidence can be used to support theories and establish their validity. (Lederman u. a. 2002, S. 500)

Theorien dienen also zur Erklärung von Beobachtungen, während Gesetze die Beobachtungen beschreiben und Zusammenhänge aufzeigen. Die Gasgesetze *beschreiben* in

der Chemie beispielsweise das Verhalten von Gasen bei der Veränderung bestimmter Parameter. Eine *Erklärung* für dieses Verhalten erfordert hingegen Modellvorstellungen auf Teilchenebene, die erst die *kinetische Gastheorie* liefert (vgl. Abb. 1). Eine weit verbreitete Alltagsvorstellung ist jedoch, dass eine wissenschaftliche Theorie eine „Vorstufe“ eines Gesetzes sei, oder umgekehrt formuliert, ein Naturgesetz eine „bewiesene“ Theorie (Horner & Rubba, 1979).

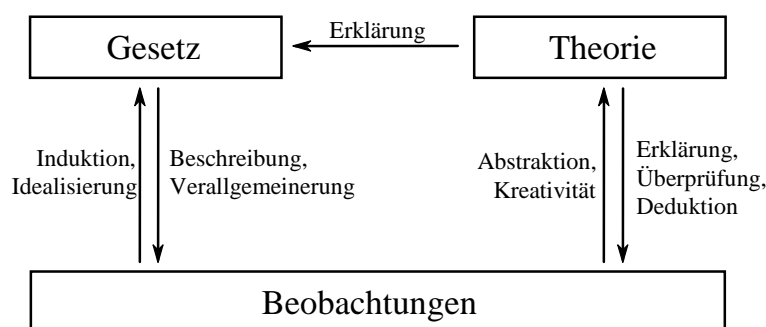


Abb. 1: Schaubild (Marniok).

Darauf aufbauend existiert auch die Vorstellung, ein Naturgesetz sei absolut und unveränderlich, was auf eine normative Deutung des Gesetzesbegriffes schließen lässt. Dabei lassen sich bereits für die grundlegenden chemischen Gesetze im Anfangsunterricht Ausnahmen finden, die diese Vorstellung widerlegen. Das Massenerhaltungsgesetz gilt beispielsweise nicht mehr streng, wenn man den Massendefekt bedenkt, der sich aus der Formel $E = m \cdot c^2$ ergibt. Das Gesetz der konstanten Proportionen kann wiederum nicht auf nichtstöchiometrische Verbindungen angewendet werden.

Eine naturwissenschaftliche Theorie ist hingegen nicht das Gleiche wie eine Mutmaßung oder Hypothese und in keinem Falle „nur eine Theorie“, wie es mitunter in politischen Debatten über die Evolutionstheorie heißt (vgl. Ben-Ari, 2005). Hier zeigt sich auch die gesellschaftliche Relevanz der Thematik, und nur mit angemessenen Vorstellungen können Schülerinnen und Schüler in der Lage sein, derartige Diskussionen rational zu beurteilen.

Studie zu einem expliziten Ansatz

Um die Thematik nachhaltig in die Schulen zu tragen, ist es erforderlich, bei den Lehramtsstudierenden anzusetzen. Im Rahmen zweier Grundlagenseminare in der Chemiedidaktik wurden zwei unterschiedliche Ansätze untersucht: Im ersten Seminar wurde das Thema *Theorien und Gesetze in der Chemie* als Bestandteil der grundlegenden fachdidaktischen Themen *Modelle* und *Experimente* behandelt. Die Studierenden beschäftigten sich in diesem Zusammenhang unter anderem mit erkenntnistheoretischen Grundlagen von Modellen (bspw. Kircher, 1976) und in diesem Zusammenhang auch mit Atomtheorien im zeitlichen Wandel (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr). Dabei wurde explizit behandelt, was eine naturwissenschaftliche Theorie ausmacht und anhand der Beispiele deutlich gemacht, dass solche Theorien nicht durch direkte Beobachtungen gewonnen werden können, sondern durch indirekte Schlussfolgerung und Abstraktion. Im Rahmen des Themenblocks zu Experimenten wurde eine Sitzung für erkenntnistheoretische Grundlagen (u. a. mit einem Ausschnitt aus Chalmers, 2007 als Literatur) genutzt, in der definiert wurde, was ein naturwissenschaftliches Gesetz ausmacht.

Sowohl vor als auch nach dieser expliziten Intervention wurde mittels offener Fragebögen ermittelt, welche Ansichten die 54 Teilnehmer über ausgewählte Aspekte der Natur der Naturwissenschaften haben, darunter die Natur chemischer Theorien und Gesetze. Dabei zeigte sich, dass zu Beginn des Seminars ausschließlich die bekannten Alltagsvorstellungen verbreitet waren, mit typischen Aussagen wie: „Aus Theorien entstehen Gesetze, Theorien werden so lange mit Beweisen hinterlegt bis daraus ein Gesetz entsteht.“ Trotz der expliziten Intervention konnten jedoch keine nennenswerten Verbesserungen erzielt werden, weshalb im darauf folgenden Seminar ein modifizierter Ansatz erprobt wurde.

Studie zu einem reflexiven, kontextualisierten Ansatz

Im Rahmen eines weiterführenden Seminars wurde die gleiche Thematik unter ähnlichen Bedingungen (zeitlicher Rahmen, etc.) vermittelt, allerdings mithilfe – für die Schule relevanter – historischer Fallbeispiele aus der Chemie als Kontext sowie deutlich mehr Zeit zur Reflexion im Plenum und individuell. Dabei wurden erarbeitet, wie sich die Gasgesetze (Boyle, Gay-Lussac), das Massenerhaltungsgesetz (Lavoisier, Lomonossow), die organische Strukturtheorie (Kekulé, van 't Hoff) und die anorganische Strukturtheorie (Werner) in ihrem historischen Kontext entwickelten und durchsetzten, um dazwischen immer wieder mit den Studierenden darüber zu diskutieren, wie sie unter diesen Eindrücken die Begriffe *Theorie* und *Gesetz* in einen Zusammenhang einordnen würden.

Die Vorstellungen der Studierenden wurden erneut mit zwei Fragebögen erhoben, die durch Portfolios ergänzt wurden, in dem die Studierenden ihre zeitlichen Lernfortschritte dokumentierten. Obwohl die klassischen Alltagsvorstellungen am Ende des Seminars teilweise immer noch vorhanden waren, zeigten sich jedoch im Gegensatz zur expliziten Studie deutliche Verbesserungen bei vielen Studierenden. Nun fanden sich in den offenen Fragebögen viele Aspekte von Theorien und Gesetzen wieder, die den Studierenden zuvor nicht bewusst gewesen waren, wie z. B. der kreative, abstrahierende Aspekt bei der Aufstellung von Theorien und ihr erklärender Charakter, oder der deskriptive Charakter von Gesetzen, die nicht mehr immer als absolute Wahrheiten wahrgenommen wurden.

Ausblick

Um die Aussagekraft der Ergebnisse zu unterstützen, wird der kontextualisierte Ansatz in weiteren Seminaren wiederholt werden. Zusätzlich zu den Fragebögen und Portfolios sollen Einzelinterviews ermöglichen, die Lernfortschritte detailliert zu untersuchen und festzuhalten.

Literatur

- Ben-Ari, M. (2005). *Just a theory: Exploring the nature of science*. Amherst: Prometheus
- Chalmers, A. F. (2007). *Wege der Wissenschaft: Einführung in die Wissenschaftstheorie* (6., verbesserte Aufl.). Berlin: Springer
- Horner, J. K. & Rubba, P. A. (1979). The laws are mature theories fable. *The Science Teacher*, 46(2), 31
- Kircher, E. (1976). Zum Modellbegriff und zu seiner Bedeutung für den naturwissenschaftlichen Unterricht. In J. Weninger & H. Brünger (Hrsg.), *Atommodelle im naturwissenschaftlichen Unterricht* (Bd. 1, S. 248–263). Weinheim: Beltz
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521
- Popper, K. R. (1976). *Logik der Forschung* (6., verb. Aufl.). Tübingen: Mohr Siebeck. (Original veröffentlicht 1934)
- Vollmer, G. (2000). Was sind und warum gelten Naturgesetze? *philosophia naturalis*, 37, 205–240