

Modellexperimente im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess

Ausgangslage

Modellexperimente zählen zu den Forschungsgegenständen, die in den Naturwissenschaften häufig eingesetzt werden. Bereits Ende des 16. Jahrhunderts wurde für Versuche zur Erforschung des Magnetismus ein Modell verwendet, das die Erde in Form einer Magnetkugel als Abbild verkörpern sollte (Gilbert, 1600). Gemein ist der Verwendung von Modellexperimenten unabhängig von deren Kontext, in dem das Modellexperiment durchgeführt wird, dass die Unverfügbarkeit bestimmter Phänomene den Gebrauch von Modellexperimenten notwendig machen und dass zur Problemlösung ähnliche Strategien – sozusagen modellexperimentelle Strategien – genutzt werden (Brandstetter, 2011). Unter Modellexperimenten werden im Folgenden Experimente zusammengefasst, die einen originalen Sachverhalt widerspiegeln und zum Beispiel aus Gründen ihrer Komplexität, des Gefahrenpotentials oder der Kosten nicht unmittelbar zur Verfügung stehen (Sommer et al., 2012). Zudem müssen zusätzlich die Analogien zwischen dem Original und dem Modellexperiment betrachtet werden, um das Modellexperiment mit dem Original in Beziehung setzen zu können.

Motivation

Speziell für die Fachwissenschaft Chemie konnten in der Literatur keinerlei Hinweise darauf gefunden werden, dass eine einheitliche Verwendung des Begriffs oder eine Beschreibung der Sichtweise auf Modellexperimente vorliegt. Es lässt sich aber eine Vielzahl an fachwissenschaftlichen Publikationen wie Zeitschriftenartikel oder Dissertationen finden, in denen über Modellexperimente geschrieben wird. In der Datenbank SciFinder sind über 1 000 Einträge hinterlegt, die explizit mit dem Begriff „model experiment“ in Zusammenhang stehen. Andere damit verwandte Begriffe wie „model system“, „model substance“, „model reaction“ oder „model solution“ liefern weit mehr als 10 000 fachwissenschaftliche Publikationen.

Anhand der Aussagen, die in den fachwissenschaftlichen Publikationen über Modellexperimente vorhanden sind, kann eine Beschreibung der fachwissenschaftlichen Modellexperimente aus dem Fachbereich Chemie erarbeitet werden. Daraus resultiert die Möglichkeit der Erweiterung des Begriffs „Modellexperiment“ in Lehr-Lern-Situationen. Da im Chemieunterricht Modellexperimente als Mittel zur Erkenntnisvermittlung genutzt werden und damit ausschließlich einen Veranschaulichungscharakter einnehmen, wird durch die Sicht auf die Rolle von fachwissenschaftlichen Modellexperimenten den Schülerinnen und Schülern auch eine Sicht auf weitere Funktionen von Modellexperimenten – hier aus der wissenschaftlichen Perspektive – ermöglicht. Damit soll dem Ziel nachgegangen werden, den Schülerinnen und Schülern eine authentische Sichtweise auf naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen zu geben. Unter anderem wird durch die KMK gefordert, dass den Schülerinnen und Schülern eine „aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über [...] naturwissenschaftliche Forschung“ (Bildungsstandards Chemie (2004), Jgst. 10, S. 6) durch den Unterricht ermöglicht werden soll. Desweiteren ist im Kernlehrplan Chemie verankert, dass Schülerinnen und Schüler sich mit „spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinandersetzen“ sollen (KLP Chemie NRW G8 (2008), S. 8).

Zielsetzung

Das primäre Ziel von fachwissenschaftlichen Publikationen besteht darin, in den zur Verfügung stehenden Zeilen die experimentelle Vorgehensweise und die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen als Innovation darzustellen. Daher liegt es bei fachwissenschaftlichen Publikationen in der Natur dieses Formates, dass dort nicht die Intentionen des Einsatzes der Modellexperimente von den Autoren offen diskutiert werden. Deshalb findet eine Analyse der fachwissenschaftlichen Publikationen im Hinblick auf ihre Aussagen über Modellexperimente statt, um Modellexperimente im Kontext der Fachwissenschaft Chemie charakterisieren zu können.

Methodisches Vorgehen

Insgesamt ist das methodische Vorgehen zur Analyse der fachwissenschaftlichen Publikationen an die zusammenfassende Inhaltsanalytik angelehnt (Mayring, 2010, S. 68 f.). Ein entsprechendes Ablaufschema ist in Abbildung 1 dargestellt.

Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass Modellexperimente in der Fachwissenschaft Chemie zur Erzeugung von neuem Wissen, das heißt zur Erkenntnisgewinnung, genutzt werden. Dies geht unter anderem aus dem Artikel von Kohse-Höinghaus et al. (2010) über die Erforschung der Verbrennungschemie der Biokraftstoffe hervor: *„Neue experimentelle Methoden und Modellstudien erlauben detaillierte Einblicke in die hochkomplexen Netzwerke chemischer Reaktionen bei der Verbrennung von Biokraftstoffen. Die Chemie dieser Prozesse zu verstehen ist eine wichtige Voraussetzung für die verantwortungsbewusste Auswahl alternativer Kraftstoffe der nächsten Generation“* (Kohse-Höinghaus et al., 2010, S. 3653). Hieraus resultiert, dass die Erforschung der chemischen Prozesse mittels prototypischen Komponenten (das heißt Modellsubstanzen) erfolgt. Es werden Modellstudien daran durchgeführt, mit dem Ziel Erkenntnisse über das komplexere Original zu gewinnen.

Identifikation der Quellen

Ausgehend von der oben benannten Quelle wurden daraufhin weitere fachwissenschaftliche Publikationen, die Aussagen über Modellexperimente enthalten, untersucht, um die Rolle des Modellexperiments in der Fachwissenschaft zu erfassen. Zur Identifizierung relevanter Quellen wurden Auswahlkriterien aufgestellt. Dazu wurde eine Wortliste erstellt, die Wörter wie „Modellexperiment“, „Modellsubstanz“ und „Modellreaktion“ enthalten. Unter „sehr gut geeignet“ wurden diejenigen Quellen einsortiert, die mehrere unterschiedliche Begriffe aus der Wortliste beinhalten, und, wenn ein mehrmaliges Vorkommen dieser Begriffe gegeben ist. Außerdem sollten die Begriffe im gesamten Text aufzufinden sein und nicht ausschließlich im Titel oder in einem Sinnabschnitt verwendet worden sein. Desweiteren werden Quellen aus anderen Fachrichtungen wie der Biologie, Medizin oder Forstwirtschaft bei der Analyse ausgeklammert, da in diesen Disziplinen teilweise ein anderes Verständnis von Modellexperimenten zugrunde liegt.

Analyse der Quellen

Zur Analyse wurden die inhaltstragenden Textstellen der ausgewählten Quellen zunächst mithilfe der Wortliste identifiziert. Im Anschluss daran wurden die Textstellen paraphrasiert und in mehreren Schritten abstrahiert, generalisiert und bei bedeutungsgleichem Inhalt zu einer Aussage gebündelt. Die einzelnen Aussagen aus den fachwissenschaftlichen Publikationen über Modellexperimente bilden dann jeweils die Kategorien, die thematisch zu Oberkategorien zusammengefasst werden. Anschließend findet eine Rücküberprüfung anhand des schon gesichteten Materials statt. Dazu wird das Kategoriensystem auf die fachwissenschaftlichen Quellen angewendet.



Abb. 1: Ablaufschema der Quellenanalyse - angelehnt an die zusammenfassende Inhaltsanalytik nach Mayring (2010)

Erste Ergebnisse

Aus den bisherigen Analysen konnten erste Oberkategorien entwickelt werden. Es werden Aussagen über Einsatzfelder und Ziele von Modellexperimenten getroffen. Darunter wird am häufigsten genannt, dass Modellexperimente zum Verständnis der chemischen Prozesse eines Originals genutzt werden und anhand der experimentellen Ergebnisse der Modellexperimente Mechanismen entwickelt werden (sollen). Desweiteren finden sich Aussagen über die Legitimation von dem Einsatz des Modellexperiments. Außerdem existieren Aussagen über die Beziehung zwischen Modellexperiment und Original. Bei letzterer Oberkategorie wird unter anderem über die Nähe beziehungsweise Ferne des Modellexperiment-Systems und des Originalsystems zueinander gesprochen und darüber, bei welchen Voraussetzungen der Transfer von Erkenntnissen aus Modellexperimenten auf das Original möglich ist.

Ausblick

Die hier vorgestellten Ergebnisse, die der Entwicklung eines Kategoriensystems zur Rolle von Modellexperimenten in der Fachwissenschaft Chemie dienen, stellen einen Ausschnitt der Ergebnisse aus den drei ersten analysierten Quellen dar. Im weiteren Verlauf der Analyse werden vier weitere Quellen mit in die Untersuchung mit einbezogen. Mithilfe dieses Kategoriensystems soll ein Fragebogen zur Untersuchung der Schülervorstellungen zur Rolle von fachwissenschaftlichen Modellexperimenten entstehen. Einzelne Kategorien werden dazu für den Fragebogen in Items umformuliert. Daraus wird in einem Folgeschritt unter Berücksichtigung bestehender Schülervorstellungen ein Konzept zur Thematisierung von Modellexperimenten im Unterricht entwickelt.

Literatur

- Brandstetter, T. (2011): Täuschend ähnlich – Bemerkungen zur Geschichte des Modellexperiments. In: Ber. Wissenschaftsgesch. 34 (2011) S. 207-223.
- Gilbert, W.: De magnete, magneticisque corporibus, et de magno magnete tellure. Chiswick Press, London, 1600.
- Kernlehrplan Chemie NRW, G8 (2008).
- KMK (2004): Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10).
- Kohse-Höinghaus, K., Oßwald, P., Cool, T. A., Kasper, T., Hansen, N., Qi, F., Westbrook, C. K., Westmoreland, P. R.: Verbrennungschemie der Biokraftstoffe: von Ethanol bis Biodiesel. In: Angewandte Chemie (2010), 122, S. 3652-3679.
- Mayring, P.: Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Beltz Verlag, Weinheim, 2010, 11. aktualisierte und überarbeitete Auflage, S. 68 f.
- SciFinder: <https://scifinder.cas.org/> (zuletzt geöffnet am 22.09.2016)
- Sommer, K., Schröder, T. P., Schröder, L., Steff, H., Toschka, C., Fischer, R. A.: Modellexperimente im Chemieunterricht – Ein Beitrag zur Definition und zur Bestimmung des Modellierungsgrades. In: Chemkon (angenommen).
- Sommer, K., Klein, M., Steff, H., Pfeifer, P.: Modellexperimente – Zwischen Anschauungselement und Erkenntnisgewinnung. In: Unterricht Chemie 23 (2012), 132, S. 2-9.