

Technische Universität Berlin

Fakultät I

Institut für Philosophie, Literatur-, Wissenschafts- und Technikgeschichte

Wintersemester 2018/19

Seminar: Wissenschaftliches Erklären

Dozent: Prof. Dr. Axel Gelfert

Essay

Die Phlogistontheorie nach G. E. Stahl

Analyse einer wissenschaftlichen Erklärungen, die sich als Irrtum herausstellte.

Name des Verfassers: Jan Zurwellen

Studienfach: Wissenschaftsforschung

Matrikelnummer: 594636

Berlin, 15.03.2019

Immatrikuliert an der:

Humboldt-Universität zu Berlin

Kultur-, Sozial- und Bildungswissenschaftliche Fakultät

Institut für Sozialwissenschaften

Hinweis zur Arbeit:

- *Die Formatierung der Arbeit orientiert sich an „Wissenschaftliches Arbeiten – Richtlinien und Ratschläge zum Verfassen von Seminararbeiten, Essays und Referaten“, Professor Dr. Christoph Asmuth, Technische Universität Berlin, Institut für Philosophie, Literatur-, Wissenschafts- und Technikgeschichte, Stand 13. Juli 2016.*

Das 18. Jahrhundert löste gerade das 17. ab. Sauerstoff war noch nicht entdeckt, und die Vier-Elemente-Lehre prägte die Weltsicht der Naturphilosophen. In dieser Zeit entwickelte der Medizinprofessor und Chemiker an der Universität Halle Georg Ernst Stahl seine Phlogistontheorie, die erklären sollte, warum Dinge brennen. Seine Phlogistontheorie gilt als erste chemische Theorie und fand 75 Jahre lang Anwendung. Durch diese Theorie konnte sich die Chemie als eigene Disziplin Anerkennung verschaffen und begann sich von der Alchemie zu lösen. (vgl. Strube 1986: 54)

Das Ziel dieser Arbeit ist es, das Scheitern der Phlogistontheorie in ihrer Erklärung zu finden, um daraus Prüfpunkte für die eigene Erklärungsbildung zu erarbeiten. Dazu wird folgendermaßen vorgegangen: Zuerst wird anhand von Zitaten die Phlogistontheorie von G.E. Stahl rekonstruiert. Danach wird die grundlegende Art der Erklärung bestimmt. Anschließend wird die Kritik, die gegen diese Erklärungsart bekannt ist, auf die Phlogistonvariante der Erklärung angewendet. Somit kann geklärt werden, ob in der Erklärung selbst schon das Scheitern der Phlogistontheorie liegt oder nicht.

Als Grundlage dieser Arbeit werden vier Zitate aus Georg Ernst Stahls Buch *„Einleitung zur Grund-Mixtion derer unterirdischen mineralischen und metallischen Körper“* von 1720 genommen. Darin werden die Eckpunkte seiner Phlogistontheorie angeführt. Zwar wird die Phlogistontheorie in zwei früheren Werken von Stahl genannt, allerdings ist diese im ausgewählten Buch am deutlichsten ausformuliert.

1. Zitat:¹ „Kurz zur Vollendung der *mixtion* trägt das Flammen-Feuer, die Hitze und Wärme sehr viel bei als ein *instrument*; zur *Substanz* des *mixti* selbst *concurriret* [lat. schneiden] die Materie und das *principium* des Δ [Feuer], als eine Grund-Materie und als ein *pars constitutiva* [lat. konstitutiv = grundlegend] des ganzen *compositi*, nicht aber das Δ [Feuer] selbst. Ich habe zuerst angefangen dieses *principium igneum phlogiston* (Flammen-fähig) zu nennen, und verstehē dadurch, das erste *ignescibile*, *inflammabile principium* (die Grund-Materie, welche feurig werden kann und flammenfähig ist,) welches *directe* und für andern Dingen fähig ist, die

¹ Die Zitate sind nur leicht an die heutige Schreibweise angepasst. Die lateinischen Ausdrücke wurde im Original in einer anderen Schriftart geschrieben, was hier durch eine kursive Schreibweise ausgedrückt wird.

Wärme anzurichten und zu erhalten, wenn es nämlich in einem *mixto* mit andern Grund-Materien zusammen kommt.“ (Stahl 1720: 53 mit Anm. d. Verf.)

Mit „Vollendung der *mixtion*“ bezieht sich Stahl auf die Vier-Elemente-Lehre (\forall Erde, ∇ Wasser, Δ Feuer, und Δ Luft), aus denen alles gemacht sei. Und mit Vollendung ist nicht das Ende eines Prozesses, sondern das Ende einer Aufzählung der Elemente gemeint. Dabei spaltet Stahl das Element Feuer in zwei Bestandteile auf in Phlogiston und in die Flammenbewegung (heute als Plasma zu verstehen). Die Unterscheidung wird an der Stelle: „ ... nicht aber das Δ [Feuer] selbst.“ erkennbar. Unter dem Begriff des Prinzips im Sinne eines Grundes werden Eigenschaften der Materie beschrieben, die nach unserem heutigen Verständnis einer Reaktionen entsprechen. Allerdings sind die Reaktionen an die Materien geknüpft, mit welcher diese auftreten. Neben dieser grundlegenden Unterscheidung zeigt das Zitat nicht nur die Benennung des Prinzips Phlogiston, sondern dessen erste Beschreibung auf. Phlogiston versteht Stahl als „Grund-Materie“, die in Verbindung (Mixtio) mit anderer Materie ihre „feuerig-flammenfähige“-Eigenschaft zeigt. Phlogiston kann demnach alleine nicht brennen, jedoch verursacht es die Brennbarkeit.

2. Zitat: „Bei andern, und an andern Orten heißt es, dergleichen Δ [Schwefel] bei denen *metallis* würde durchs Δ [Feuer] allein in \oplus [Säure]² verwandelt.“ (Stahl 1720: 189 mit Anm. d. Verf.)

Stahl bezieht entgegengerichtete Interpretationen des Phänomens in seinem Buch mit ein. Konträr zu ihm wird die Reaktion anscheinend auch ohne Phlogiston beschrieben. Allerdings wird der dahinterstehende Mechanismus nicht weiter ausgeführt. Stahl hält dies für keine ausreichende Erklärung. Nach ihm entweicht dem Schwefel Phlogiston beim Verbrennen, weswegen es zu Säure wird.³ Entgegen der heutigen Vorstellung war Schwefel noch kein Element. Schwefel wurde damals von Stahl als Mixtion von Schwefelsäure und Phlogiston verstanden. Im letzten Zitat wird es ersichtlicher, dass Schwefel ein zusammengesetztes Material ist und keine „Grund-Materie“.

² Das Symbol \oplus wird mit acedum ~ acetum ~ eigentlich Essig übersetzt, wobei die Übersetzung des Symbols nicht eindeutig ist, und es aus dem Kontext heraus eher für Säure stehen dürfte. Siehe dazu Text: Gaebe 2017

³ Da keine genauere Beschreibung des Verbrennen des Schwefels im Buch vorliegt, ist unklar ob Wasser bei dem Experiment genutzt wurden ist. Da Wasser für die Bildung von Schwefelsäure erforderlich wird es vom Autor vermutet.

3. Zitat: „21) Dieser Einsicht giebet auch folgende Anmerckung Beifall, daß nämlich das Metall, so in solchen Bildungen gemeiniglich sich findet, vor allen am meisten und zum öfteren Kupfer sei; und in der Tat, wir haben niemals unter diesen Figuren ein ander Metall gefunden. Nun beweiset es sich daraus, daß dieses Metall nämlich einen Überfluß dieses *principii φλογίς*⁸ [Phlogiston] oder feuer-fähigen Materie bei sich führe, indem es nicht nur, wie die andern Metalle durch saure *Spiritus*, sondern auch durch die Laugen-Salze und Fetten aufgelöst, auch durch freies Feuer, schneller als irgend eines der übrigen Metalle in Asche verkehret wird.“ (Stahl 1720: 253 mit Anm. d. Verf.)

Zum besseren Verständnis des Zitates sei angemerkt, dass hier mit „Figuren“ die Kombination der vier Elemente zu verstehen sind. Beispielsweise soll nach dieser Auffassung Schwefel aus Phlogiston, welches dem Element Feuer zugeschrieben wird, und Schwefelsäure, einem erdigen Grundmaterial, bestehen. Kupfer soll besonders viel Phlogiston enthalten. D. h. es liegt eine Graduierung der Anteile in den Verbindungen von Grund-Materie und Phlogiston vor. Durch den entsprechend hohen Anteil wird die Eigenschaft des Kupfers erklärt, durch sauren Spiritus, Laugen-Salze und Fette auflösbar zu sein. Des Weiteren besteht ein linearer Zusammenhang zwischen der Brenngeschwindigkeit von Kupfer und dessen Phlogistonanteil. Beachtenswert ist, dass Stahl nicht den Begriff "verbrennet" verwendet, sondern "verkehret". Denn zu einer der grundlegenden Entdeckungen Stahls gehört die Inversion von chemischen Reaktionen (vgl. Strube 1986: 54ff). Dies wird im nächsten Zitat expliziter.

4. Zitat: „XCIV. Es [Schwefelsäure⁴] scheidet sich allein, wenn das bekannte brennliche Wesen (*Phlogiston illud*) nämlich überschüttete Kohlen wieder damit vermischt werden. Wenn es [Schwefelsäure] also wieder ♧ [Schwefel] worden ist, [...].“ (Stahl 1720: 326 mit Anm. d. Verf.)

Beim Verbrennen von Schwefel entweicht die Grund-Materie Phlogiston und Schwefelsäure bleibt übrig, wie im zweiten Zitat beschrieben. Um daraus wieder Schwefel zu bekommen, mischt G.E. Stahl Kohle zur Substanz. Dadurch geht das

⁴ Vermutung des Autors

Phlogiston aus der Kohle in die Säure über und es ist wieder Schwefel. Damit ist der Prozess wieder am Ausgangspunkt angekommen.

Aus den vier Zitaten lassen sich folgende Aussagen der Phlogistontheorie Stahls komprimiert herausziehen:

- Phlogiston ist eine Grund-Materie
- Nur in Verbindung sorgt es für die Brennbarkeit
- Der Phlogistonanteil variiert in den Verbindungen
- Der Anteil beeinflusst die Eigenschaften der Verbindungen
- Der Prozess ist reversibel – Phlogiston kann aufgenommen und abgegeben werden.

Welche Art der Erklärung liegt bei der Phlogistontheorie, wie sie von Stahl formuliert wurde, vor? Wenn man *ex negativo* versucht eine Art zu bestimmen, die der Phlogistontheorie am nächsten kommt, lassen sich die folgenden Erklärungsarten ausschließen. Es handelt sich weder um eine mathematische oder statistische Erklärung, noch um eine nicht-kausale Erklärung. Stahl sieht einen kausalen Mechanismus in der Bewegung des Phlogistons. Wird beispielsweise Kupfer verbrannt, dann entweicht der Mixton nach Stahl sein Phlogiston, ebenso wie bei Schwefel. Er sieht es nicht nur in den beiden angeführten Materialien, sondern in jeder Verbrennung. Diese grundlegende, gesetzmäßige Sicht lässt sich am besten in das deduktiv-nomologische Modell von Carl Gustav Hempel und Paul Oppenheimer auf ihrem Artikel „Studies in the Logic of Explanation“ überführen.

Die im nächsten Schritt angezielte Überführung der Phlogistontheorie in das DN-Modell dient der Analyse. Durch das Überführen, welches möglichst verlustfrei an Beschreibungsqualität der Ausgangserklärung passieren soll, kann folgendermaßen vorgegangen werden. Die bekannte Kritik am DN-Modell wird ebenfalls an der Phlogistonvariante des Modells angewendet, um Gründe des Scheiterns der Phlogistontheorie zu finden. Dafür werden nun das **Explanans** und das **Explanandum** bestimmt.

Das Explanans

Gesetze:

Alles was brennen kann, enthält Phlogiston⁵.

Phlogiston entweicht beim Verbrennen aus der Mixtion.

Alles was Phlogiston enthalten hat, kann auch wieder Phlogiston aufnehmen.

Randbedingungen:

Schwefel ist eine Mixtion aus Phlogiston und Schwefelsäure.

Kohle ist eine Mixtion aus Phlogiston und Asche.

(ergo)

Das Explanandum

Schwefel kann verbrennen.

Kohle kann verbrennen.

Verbrannter Schwefel, kann wieder zu Schwefel werden.⁶

Grundsätzlich kann dieses DN-Modell der Phlogistontheorie nicht akzeptiert werden, da eine Prämisse nicht erfüllt ist. Nämlich, dass die Sätze im Explanans wahr sein müssen (vgl. Hempel, Oppenheim 1949: 11). Mittlerweile ist bekannt, dass so etwas wie Phlogiston nicht existiert. Trotz dieses Umstandes erklärt die Phlogistontheorie einige Phänomene (vgl. Kuhn 1969 (2011): 112). Und für Stahl und seine Zeitgenossen existierte Phlogiston. Zwar ist die Nicht-Existenz von Phlogiston die Grundlage, wieso diese Theorie nicht mehr angewendet wird. Allerdings wäre es nicht zielführend, die Analyse der Erklärung damit zu beenden. Denn dies beantwortet nicht die Frage wieso die Phlogistontheorie 75 Jahre lang angewendet wurde und eine gewisse Erklärungskraft besaß. (vgl. Strube 1986: 54)

Evan K. Jobe bringt in seinem Artikel „A Puzzle Concerning D-N Explanation“ unter anderem einen Kritikpunkt gegen das DN-Modell an, welches er Asymmetrie nennt. Als Beispiel dafür dient ihm ein Fahnenmast, der einen Schatten wirft. Die Länge des Schattens wird durch die Länge des Fahnenmastes und der Position der Sonne bestimmt. Allerdings stehen diese drei Entitäten in einem solchen Verhältnis zueinander, dass die Länge des Schattens die des Mastes mit dem Wissen um die Position der Sonne mittels Geometrie bestimmt bzw. hergeleitet werden kann. (vgl.

⁵ Das notwendige Axiom lautet, Phlogiston existiert. Da die Existenzbehauptung von Schwefel auch nicht explizit gemacht wird, erspart sich dies beim Phlogiston ebenso. Anm. d. Verf.

⁶ Wie Asche wieder zu Kohle werden kann, erläutert dieses DN-Modell der Phlogistontheorie nicht.

Jobe 1976: 553f) Das symmetrische Verhältnis dieser drei Entitäten führt zu einen Zirkelschluss, wenn eine dieser Entitäten erklärt werden soll. Dieser Zirkelschluss lässt sich in ein DN-Modell überführen, ohne ihn dabei aufzulösen. Jobes Ausweg daraus besteht in einer Anpassung des DN-Modells. Er fügt die Bedingung hinzu, dass die Erklärung einer Entität nicht eine der anderen beiden Entitäten enthalten darf. (vgl. Jobe 1976: 553f) Mit anderen Worten, kann die Länge des Fahnenmastes ohne Schatten erklärt werden, jedoch nicht umgekehrt. Dies bezeichnet Jobe als Asymmetrie.

Um Jobes Kritik mit seinem physikalisch, präzisier optischen Beispiel auf die Phlogistontheorie anzuwenden, müssen einige Unterschiede genannt werden. Beim Schwefel-Verbrennen sind die Entitäten nach Stahl Schwefelsäure und Phlogiston. Dabei geht es nicht um die Erklärung von Längenverhältnissen, sondern um das Eingehen und Auflösen von Verbindungen, ergo um die Erklärung chemischer Reaktionen. Während es beim Fahnenmast intuitiv klar ist, dass der Mast den Schatten wirft und nicht der Schatten des Fahnenmastes verursacht, ist die Kausalrichtung beim Verbrennen von Schwefel nicht im gleichen Maß eindeutig. Nach Stahls Theorie entweicht dem Schwefel Phlogiston während sich bei der Sauerstofftheorie Schwefel mit Sauerstoff verbindet. D. h. die Substanzen Phlogiston und Sauerstoff bewegen sich bei der gleichen Reaktion in die jeweils entgegengesetzte Richtung. Übertragen in das Fahnenmastbeispiel wäre das Phlogiston der Schatten der den Mast verursacht. Darüber hinaus kann die Phlogistontheorie die von Jobe geforderte Anpassung des DN-Modells nicht erfüllen. Da die Theorie Phlogiston nicht ohne Verbrennung oder Umkehr beschreiben kann (siehe obige Zitate). Stahl versuchte zwar Phlogiston zu isolieren, aber scheiterte daran (vgl. Remane 2010: 77). Während Sauerstoff ohne Oxidation oder Reduktion beschreibbar ist und zudem isoliert werden kann.

Das Fragestellung dieser Arbeit war, ob Gründe für das Scheitern der Phlogistontheorie bereits in ihrer Form der Erklärung zu finden sind. Die Antwort darauf beantwortet auch, weshalb die Phlogistontheorie 75 Jahre lang angewendet werden konnte. Die Theorie beschrieb einen wirklich vorliegenden Zusammenhang und funktionierte deshalb in Teilen. Als Erklärung berücksichtigte sie allerdings nicht in ausreichendem Maße die Kausalrichtung der zu beschreibenden Prozesse. Daran scheiterte sie letztendlich.

Literaturverzeichnis

- Gaede, J. (2017). Zur Verwendung astrologischer und alchemistischer Symbole in frühneuhochdeutschen Fachtexten (masterthesis). Universität Würzburg.
- Hempel, C. G., & Oppenheim, P. (1948). Studies in the Logic of Explanation. *Philosophy of Science*, 15(2), 135–175.
- Jobe, E. K. (1976). A Puzzle concerning D-N Explanation. *Philosophy of Science*, 43(4), 542–549.
- Kuhn, T. S. (2011). Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen / Thomas S. Kuhn (2., und um das Postskriptum von 1969 erg. Aufl., [Nachdr.]). Frankfurt a. Main.
- Remane, H. (2010). Die Phlogistontheorie von Georg Ernst Stahl –. *CHEMKON*, 17(2), 75–78.
- Stahl, G. E. (1720). Herrn George Ernst Stahls, Königl. Preußischen Leib-Medici und Hof-Raths, Anweisung Zur Metallurgie, Oder der metallischen Schmeltz- u. Probier-Kunst : Nebst dessen Einleitung Zur Grund-Mixtion Derer unterirrdischen mineralischen und metallischen Körper ; Alles mit gründlichen Rationibus, Demonstrationibus und Experimentis nach denen Beccherischen Principiis ausgeführt. Leipzig.
- Strube, I. (1986). Geschichte der Chemie / Irene Strube ; Rüdiger Stolz ; Horst Remane. Berlin.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbstständig angefertigt habe und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe. Zitate habe ich als solche kenntlich gemacht.

Berlin, 25.03.2019

Jan Zurwellen