

# Chemie und Atomismus im deutschsprachigen Raum (1860-1910)\*

Britta Görs, Universität Regensburg,  
Lehrstuhl für Wissenschaftsgeschichte, 93040 Regensburg

Das Atom gehört zu den grundlegenden theoretischen Begriffen der modernen Chemie. Die historische Entwicklung der Atomvorstellungen ist daher wissenschaftshistorisch relativ gut untersucht. Das gilt, was das 19. Jahrhundert angeht, insbesondere für die Begründung des chemischen Atomismus durch John Dalton sowie dessen empirische Bewährung und Durchsetzung durch Jöns Jacob Berzelius und seine britischen, französischen und deutschen Schüler. Hierzu existieren sowohl zahlreiche Fallstudien<sup>1</sup> als auch mit dem hervorragenden Buch von Alan Rocke (1984) *Chemical Atomism in the Nineteenth Century*<sup>2</sup> eine detaillierte Studie über die Entwicklung des Atomismus während der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Hierbei geht er ausführlich auf den Unterschied zwischen einem physikalischen und chemischen Atomismus ein und fasst die Hauptaussagen des Letzteren zusammen:

there exists for each element a unique „atomic weight“, a chemically indivisible unit, that enters into combination with similar units of other elements in small integral multiples.<sup>3</sup>

In seiner Untersuchung kommt Alan Rocke zu dem Ergebnis, dass alle Chemiker nach Dalton chemische Atomisten waren. In diesem Sinne folgten sie dem englischen Gelehrten, aber nicht in dessen Auffassung der physischen Realität der Atome. Über die Frage, ob Atome real seien, herrschte auch in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts noch Uneinigkeit, auch wenn dieser Gedanke für Chemiker im Laufe des Jahrhunderts immer vertrauter wurde und einige wie Johannes Wislicenus sich in ihren Veröffentlichungen zu dieser Ansicht bekannten. Mit der Stereochemie, welche gegen Ende des 19. Jahrhunderts im Zentrum des chemischen Interesses stand, rückte das Atom selbst in den Mittelpunkt der Konstitutionsbestimmung chemischer Verbindungen. Hiermit veränderte sich die Vorstellung der Chemiker von der Einheit Atom. Sie sprachen am Ende des 19. Jahrhunderts vom Atom als einem beweglichen, räumlichen Gebilde, welches sie in dreidimensionalen Modellen veranschaulichten und so dessen Existenz suggerierten.

Die Auseinandersetzungen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts um das Atomkonzept sind schon verschiedentlich Gegenstand wissenschaftshistorischer Untersuchungen gewesen. Dies gilt vor allem für Frankreich, wo eingehende Studien z.B. von Mary Jo Nye vorliegen. In ihrem Buch (1972) *Molecular reality*<sup>4</sup> konzentriert sie sich auf die Person Jean Perrins, sein wissenschaftliches Umfeld und seinen Beitrag zur Akzeptanz des Atomismus. Ihr Erkenntnisinteresse richtet sich daneben auch auf den Skeptizismus gegenüber dem Atomismus von Wissenschaftlern des 19. Jahrhunderts.<sup>5</sup> Ebenfalls die Skepsis bzw. Kritik gegenüber dem Atomismus untersuchen die Wissenschaftshistoriker Wilhelm H. Brock und David Knight, wobei sich ihr Fokus auf den britischen Raum und speziell die Diskussion bezüglich der antiatomistischen Haltung von Benjamin Brodie richtet.<sup>6</sup>

Meine Studie des chemischen Atomismus in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts knüpft in vielerlei Hinsicht an die Forschungen von Alan Rocke an, wobei er sich auf die Entwicklung in der erste Hälfte konzentriert. Von den zuvor genannten Positionen (Nye, Brock, Knight) unterscheidet sich meine Untersuchung nicht nur durch eine abweichende geographische Konzentration sondern auch in grundsätzlichen Fragen.

Am Beispiel des chemischen Atomismus möchte ich den Umgang mit Theorien in der deutschen Chemie während der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts diskutieren. Meiner Meinung nach verwandten Chemiker den Atomismus pragmatisch im Sinne eines handlungsbezogenen Verhaltens. Sie fragten, ob und in welcher Weise sie mit der Entität Atom arbeiten konnten, und stellten die eher grundsätzliche Frage nach der realen Existenz dieser Entität nicht in das Zentrum ihrer Forschung bzw. schlossen diese Frage per Definition aus. Mit einer Entität umzugehen, ohne deren Existenz zu hinterfragen, bedeutet, dieser Entität einen axiomatischen Status und eine operationale Bedeutung zu geben.

### *Die Frage nach der Realität der Atome gehörte nicht zur Chemie*

Der bedeutende Organiker August Kekulé (1829-1896) war einer derjenigen, der die Ausklammerung der Existenzfrage der Atome explizit aussprach. Im Rahmen seiner Kritik an Brodies Antiatomismus setzte er sich 1867 mit philosophischen Fragen der Chemie auseinander, so z.B. mit der Bedeutung von chemischen Theorien und Hypothesen. Diese sollten das praktische, empirische Wissen über die Mechanismen der chemischen Phänomene erweitern, und zwar unabhängig von der Beweisbarkeit der ihnen zugrunde liegenden Thesen. Im Sinne von Kekulé gehörte daher die These der Existenz von Atomen in die Metaphysik und sei für die Chemie nicht relevant:

The question whether atoms exist or not has but little significance in a chemical point of view: its discussion belongs rather to metaphysics. In chemistry we have to decide whether the assumption of atoms is an hypothesis adapted to the explanation of chemical phenomena. More especially have we to consider the question, whether a further development of the atomic hypothesis promises to advance our knowledge of the mechanism of chemical phenomena. I have no hesitation in saying that, from a philosophical point of view, I do not believe in the actual existence of atoms, taking the word in its literal signification of indivisible particles of matter. I rather expect that we shall some day find, for what we now call atoms, a mathematico-mechanical explanation, which will render an account of atomic weights, of atomicity, and of numerous other properties of so-called atoms. As a chemist, however, I regard the assumption of atoms, not only advisable, but as absolutely necessary in chemistry.<sup>7</sup>

Für Kekulé gehörte also die Atomhypothese ohne Zweifel zur Chemie im Gegensatz zu der Existenzfrage der Atome. Fast zwei Jahrzehnte später klammerte in ähnlicher Weise wie Kekulé der Chemiker Victor Meyer (1848-1897) auf der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte 1895 in Lübeck die Frage nach der Existenz der Atome aus der Chemie aus. Mit dieser Ausklammerung reagierte Victor Meyer auf die bekannte antiatomistische Stellungnahme von Wilhelm Ostwald während dieser Tagung. Meyer forderte die Chemiker auf, sich nicht mit dieser metaphysischen Frage der Existenz der Atome zu beschäftigen, sondern sich auf Probleme „greifbarer Art“, wie er es nannte, zu konzentrieren.<sup>8</sup> Zu diesen Aufgaben zählte er z.B. die Atomgewichtsbestimmung, also den Umgang mit der Einheit Atom bzw. dessen Gewicht.

#### *Der Gedanke einer Urmaterie war in der Chemie präsent*

Zwar wurde die Diskussion über die reale Existenz der Atome aus der Chemie ausgeblendet, aber die Frage, ob diese zusammengesetzt und strukturiert seien, merkwürdigerweise nicht. Chemiker machten sich durchaus Gedanken darüber, inwieweit sie sich Atome als etwas Einheitliches oder aus unterscheidbaren Teilen vorzustellen hätten. In anderen Worten ausgedrückt, sie fragten sich, ob eine einheitliche Urmaterie denkbar sei, aus der die Atome beständen. Dieses Vorgehen, die Suche nach einer Urmaterie als zulässig anzusehen, wird verständlich, wenn wir beachten, dass hiermit die Überlegung verbunden war, ob die Vielzahl der elementspezifischen Atome auf eine kleinere Einheit, nämlich die einer einheitlichen Urmaterie, reduzierbar sei.

Im Folgenden möchte ich mich auf diesen Gedanken einer einheitlichen Urmaterie konzentrieren, um den Umgang mit der atomistischen Materievorstellung in der Chemie zu verdeutlichen. Hierbei spielte die Proutsche Hypothese eine entscheidende Rolle.<sup>9</sup>

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts nahm der englische Arzt William Prout (1785-1850) den alten Gedanken der *materia prima*, also einer Urmaterie, aus der alle Stoffe bestehen, wieder auf und formulierte hieraus die sogenannte Proutsche Hypothese<sup>10</sup>. Der eine Teil dieser Hypothese bestand in der Aussage, dass es eine Urmaterie gebe, welche mit dem leichtesten der chemischen Elemente, dem Wasserstoff, identisch und Bestandteil aller chemischen Elemente sei. Dieser Urmaterie, dem Wasserstoff, schrieb Prout das Atomgewicht bzw. das *spezifische*<sup>11</sup> Gewicht eins,  $H=1$ , zu. Die Atomgewichtswerte der übrigen Elemente sollten demnach ein Vielfaches des Atomgewichts der Urmaterie Wasserstoff  $H=1$  bilden oder in anderen Worten ausgedrückt, alle Atomgewichtswerte sollten ganzzahlig sein. Diese Forderung nach ganzzahligen Atomgewichtswerten der Elemente bildete den anderen Part der Proutschen Hypothese. Mit diesem Aspekt wurde die alte These der *materia prima* modifiziert, so dass Chemiker sie für die Atomgewichtswerte und somit für den chemischen Atomismus verwerten konnten.

Die Proutsche Hypothese spielte in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in der Chemie im deutschsprachigen Raum eine Rolle. Chemiker setzten sich von unterschiedlichen Standpunkten ausgehend mit ihr auseinander. Dies führte zu verschiedenen Modifikationsversuchen dieser Hypothese, welche wiederum mit zur Verbreitung der Vorstellung eines zusammengesetzten Atoms in der Chemie beitrugen.

#### *Das Periodensystem verstanden Chemiker als Stütze der Proutschen Hypothese*

Für die Annahme einer einheitlichen Urmaterie sprach nach Ansicht vieler Chemiker die regelmäßige Anordnung der chemischen Elemente im Periodensystem. So verstand z.B. F. Willy Hinrichsen, zu dieser Zeit Privatdozent an der Technischen Hochschule Charlottenburg und ständiger Mitarbeiter des königlichen Materialprüfungsamts, das Periodensystem als eine gewichtige Stütze der Proutschen Hypothese. Das System legte seiner Meinung nach den Gedanke einer genetischen Beziehung der Elemente bzw. der Existenz eines Urstoffs nahe.<sup>12</sup> Wie Hinrichsen sah auch der Leipziger Organiker Johannes Wislicenus (1835-1902) einen Zusammenhang zwischen dem Periodensystem und der Proutschen Hypothese. Er erklärte 1888 seine Annahme einer Urmaterie mit den Prinzipien des periodischen Systems:

Angesichts des Nachweises der Periodicität in den Beziehungen zwischen Eigenschaften und Gewichten der Elementaratome, durch welche sie in entschiedene Analogie zu den zusammengesetzten Radikalen der organischen Verbindungen [...] treten, ist die Zusammengesetztheit der Elementaratome gewiss wahrscheinlicher als ihre Einfachheit.<sup>13</sup>

Die regelmäßige Anordnung der Elemente im Periodensystem legte die Assoziation nahe, die chemischen Elemente und ihre Atome als Aggregate einer Urmaterie anzusehen. Nach Angaben von Wislicenus stimmte die Mehrheit der Chemiker (1888) dieser Auffassung zu.

Eng mit dem Periodensystem ist u.a. der Name des Anorganikers Lothar Meyer (1830-1895) verbunden. Diesen Chemiker möchte ich im Folgenden etwas detaillierter vorstellen, um an seinem Beispiel zu verdeutlichen, welche Haltung die meisten Chemiker während des Wilhelminischen Reiches gegenüber der Proutischen Hypothese einnahmen.

Für die wissenschaftliche Entwicklung und Tätigkeit von Lothar Meyer war seine Teilnahme an dem internationalen Chemikerkongress in Karlsruhe im September 1860 sehr wichtig. Dieser wurde von August Kekulé, Carl Weltzien (1813-1870) und Adolphe Wurtz (1817-1884), mit dem Wunsch, die „babylonische Verwirrung“<sup>14</sup> in Bezug auf die Verwendung der chemischen Nomenklatur zu lösen, einberufen. Obwohl sich die Teilnehmer während des Kongresses nicht einigen konnten, muss diesem eine katalytische Funktion in dem Einigungsprozess der einheitlichen Verwendung von Atomgewichten und chemischen Formeln zugestanden werden.<sup>15</sup> Einen wichtigen Anteil an dieser Entwicklung stellte die dritte und letzte Sitzung der Konferenz dar. Diese war durch das Referat von Stanislaw Cannizzaro (1826-1910) geprägt, dessen Schrift *Sunti di un corso di filosofia chimica (Abriss eines Lehrganges der Theoretischen Chemie)*<sup>16</sup> anschließend verteilt wurde. Einen Schwerpunkt dieser Abhandlung und auch des Vortrags bildete die Erläuterung und Begründung der sogenannten Avogadro-Hypothese<sup>17</sup>. Schon 1811 hatte der italienische Physiker Amedeo Avogadro (1776-1856) vermutet, dass die Anzahl der kleinsten Teile verschiedener Gase in gleichen Volumina gleich groß sei. Dieser Hypothese lag die Annahme zu Grunde, dass auch elementare, gasförmige Stoffe noch aus mindestens zwei Atomen bestehen. Dies widersprach der weit verbreiteten dualistischen Materievorstellung, wie sie z.B. die damalige Autorität der Chemie, Jöns Jacob Berzelius, vertrat. Wahrscheinlich trug dies mit dazu bei, dass die Avogadro-Hypothese über 40 Jahre hinweg kaum beachtet wurde. Cannizzaro griff sie wieder auf und entwickelte hieraus ein Konzept zur Bestimmung der Atomgewichtswerte der Elemente. Seinen Ausgangspunkt bildeten sowohl die gravimetrische Analyse von Verbindungen des entsprechenden Elements als auch die Dichte des gasförmigen Elements und seiner gasförmigen Verbindungen.<sup>18</sup> Cannizzaros Engagement zeigte nachhaltige Wirkung;<sup>19</sup> die Karlsruher Konferenz empfahl die Verwendung von Atomgewichten.<sup>20</sup> Dies führte zwar nicht zu dem sofortigen Verschwinden der Äquivalentgewichte und

der daraus resultierenden Formeln in der Chemie, leitete aber einen Änderungsprozess ein.

Der Karlsruher Kongress beeinflusste nachhaltig Lothar Meyers chemische Ansichten und Forschungen. Besonders seine Überlegungen bezüglich der Beziehungen der Eigenschaften eines chemischen Elements zu dessen Atomvolumen bzw. Atomgewicht wurden hierdurch angeregt. Diese Studien mündeten in die Entwicklung des Periodensystems, welches zeitgleich, aber unabhängig von Lothar Meyer, vom russischen Chemiker Dimitri Mendeleev aufgestellt wurde.

*Lothar Meyer erklärte die Dezimalstellen der Atomgewichtswerte mit Hilfe einer Modifizierung der Proutischen Hypothese*

Die Ergebnisse der Atomgewichtsbestimmungen des 19. Jahrhunderts widersprachen der Proutischen Forderung nach ganzzahligen Atomgewichtswerten, da hiernach einigen Elementen Atomgewichtswerte mit Dezimalstellen zugewiesen wurden. Stellvertretend für die vielen Atomgewichtsbestimmungen möchte ich hier an die Experimente des Belgiers Jean Servais Stas (1831-1891) erinnern. Seine Untersuchungen in den 60er Jahren des 19. Jahrhunderts trugen entscheidend zur Anerkennung der Dezimalstellen von Atomgewichtswerten und somit zur Ablehnung der Proutischen Forderung nach ganzzahligen Atomgewichtswerten bei.<sup>21</sup>

Wie viele seiner Kollegen schätzte auch Lothar Meyer die Genauigkeit der Untersuchungen von Stas sehr und akzeptierte daher Dezimalstellen der Atomgewichtswerte als experimentelle Ergebnisse. Diese Akzeptanz führte Lothar Meyer dazu, über mögliche Ursachen für die Abweichung der Atomgewichtswerte von ganzen Zahlen zu spekulieren, welche er in seinem bedeutenden und weit verbreiteten Buch *Die Modernen Theorien der Chemie und ihre Bedeutung für die chemische Statik*<sup>22</sup> publizierte. Seine Erklärung der Dezimalstellen stellte eine modifizierte Form der Proutischen Hypothese dar. Lothar Meyer nahm ganz im Sinne von Prout eine Urmaterie an, aus der alle Atome bestehen. Die Existenz einer einheitlichen Urmaterie sah er als wahrscheinlicher an als die „Existenz von einigen sechzig oder noch mehr grundverschiedenen Urmaterien“<sup>23</sup>. Die Abweichungen der Atomgewichtswerte von ganzen Zahlen erklärte er mit Hilfe eines ponderablen Äthers, der gemeinsam mit der Urmaterie die Atome der Elemente bildete:

Es ist wohl denkbar, dass die Atome aller oder vieler Elemente doch der Hauptsache nach aus kleineren Elementartheilchen einer einzigen Urmaterie, vielleicht des Wasserstoffes, bestehen, dass aber ihre Gewichte darum nicht als rationale Vielfache von einander erscheinen, weil ausser den Theilchen dieser Urmaterie etwa noch grössere oder geringere Mengen der vielleicht nicht ganz gewichtlosen den

Weltraum erfüllenden Materie, welche wir als Lichtäther zu bezeichnen pflegen, in die Zusammensetzung der Atome eingehen.<sup>24</sup>

Im Unterschied zu Prouts Vorstellung bestanden die Atome dem Konzept von Lothar Meyer folgend nicht ausschließlich aus einer Urmaterie sondern enthielten zudem einen ponderablen Äther<sup>25</sup>. Durch diese Zusatzannahme des ponderablen Äthers war Meyer in der Lage, seine Vorstellung einer einheitlichen Urmaterie mit den experimentellen Ergebnissen, den Dezimalstellen der Atomgewichtswerte, zu vereinbaren.

Lothar Meyers atomistische Materievorstellung enthält die Hoffnung, dass Atomgewichtswerte der Elemente in irgendeiner Weise doch ganze Vielfache des Wasserstoffwerts seien, wie es der eine Teil der Proutschen Hypothese besagte. Meyers Konzept beinhaltet auch den anderen Part dieser Hypothese, den Gedanken einer Urmaterie. Somit ist Lothar Meyer mit seinem atomistischen Konzept in der Tradition dieser Hypothese zu sehen, und zwar ungeachtet seiner Ablehnung der Proutschen Hypothese. Lothar Meyer hatte innerhalb der Diskussion um die Wahl der Bezugsbasis der Atomgewichtswerte<sup>26</sup> ausdrücklich diese Hypothese zurückgewiesen. Dieser scheinbare Widerspruch zwischen meiner Interpretation seiner Materievorstellung als eine Modifizierung der Proutschen Hypothese und seiner Ablehnung dieser Hypothese wird durch die Annahme entkräftet, dass Lothar Meyer die Proutschen Hypothese offenbar als Synonym für die Forderung nach ganzzahligen Atomgewichtswerten verstand. Für ihn, vermutlich wie für die meisten Chemiker, war der experimentell ermittelte Atomgewichtswert mit seinen Dezimalstellen ein Faktum, welches es gegen spekulative Angriffe zu verteidigen galt, also auch gegen die Proutsche Hypothese.

### *Chemische Bindungen erfolgen über subatomare Sphären*

Die Wirkung der Proutschen Hypothese beschränkte sich nicht nur auf die Anorganik, auch Organiker vertraten in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eine Urmaterievorstellung. In der Organischen Chemie spielte die Frage, ob Atomgewichtswerte ganze Zahlen seien, keine Rolle, da Atomgewichtsbestimmungen in das Gebiet der Anorganik gehörten. In der Organik zeigte sich die Annahme einer Urmaterie z.B. in der Diskussion über mögliche Affinitätseinheiten im Atom.

1864 erklärte August Kekulé Bindungen eines Atoms an ein oder mehrere andere Atome über bestimmte aktive Sphären der Atome:

L'étude des rapports numériques d'après lesquels les atomes se combinent nous conduit à admettre qu'il existe des atomes possédant, pour ainsi dire, plusieurs centres d'attraction, ou plusieurs unités d'affinité.<sup>27</sup>

Diese Auffassung von bestimmten aktiven Punkten, den Affinitätseinheiten, innerhalb eines Atoms stand im Einklang mit Kekulé's Vorstellung der Atomverketzung:

Die einzelnen Atome einer Molekel stehen nicht alle mit allen oder alle mit einem in Verbindung, jedes haftet vielmehr nur an einem oder an wenigen Nachbaratomen, so wie in der Kette Glied an Glied sich reiht.<sup>28</sup>

Der Auffassung, Atome besäßen bestimmte aktive Sphären, widersprach der Organiker Wilhelm Lossen (1838-1906) vehement. Seiner Meinung nach sei ein Atom unteilbar und wirke daher auch immer nur als eine Einheit und nicht in verschiedenen Teilen. Im Jahre 1880 setzte er sich im Rahmen einer Abhandlung detailliert mit der Struktur von Molekülen auseinander<sup>29</sup> und stellte sein Bindungskonzept vor. Hiernach entstehen Bindungen durch das Überlappen der Bindungszonen der Atome: „Der Werth eines Atoms ist eine Zahl, welche ausdrückt, wieviel Atome sich in der Bindungszone desselben befinden.“<sup>30</sup> Seine Bindungsvorstellung kam ohne die Annahme von Affinitätseinheiten aus, welche er daher für überflüssig hielt. Zudem bedeute die Annahme von Affinitätseinheiten, die Möglichkeit von Mehrfachbindungen mehrwertiger Elemente z.B. des Kohlenstoffs zuzulassen. Dies würde nach Lossens Bindungsvorstellung heißen, dass sich ein Atom mehrmals in einer Bindungszone aufhalten müsse, was unmöglich sei:

Das Sauerstoffatom nenne ich *zweiwerthig*, weil sich in der Bindungszone eines Sauerstoffatoms zwei Wasserstoffatome, zwei Kohlenstoffatome, kurz zwei Atome befinden können. Ein Atom Sauerstoff kann sich aber nicht zweimal in der Bindungszone des *nämlichen* Kohlenstoffatoms befinden - das anzunehmen hat keinen Sinn. Meine Betrachtungsweise kennt keine sogenannte mehrfache Bindung mehrwerthiger Atome.<sup>31</sup>

In diesem Zusammenhang forderte der Chemieprofessor Lossen eine exakte Definition der Affinitätseinheit. Er diskutierte verschiedene Erklärungsmöglichkeiten dieses Begriffs mit dem Ergebnis, dass er alle ausgeführten Möglichkeiten ablehnte, welche die Affinitätseinheit als eigenständig wirkende Sphäre eines Atoms betrachteten, da diese Auffassungen seiner Meinung eines ununterscheidbaren Atoms, das nur als Ganzes und nicht in Teilen wirke, diametral entgegenstanden.



Eine ähnliche Vorstellung wie Losen vertrat der Freiburger Chemieprofessor Adolph Claus (1840-1900). Auch dieser widersprach der Auffassung, „die Valenzen mehrwerthiger Atome als derartige, a priori getrennt in den Atomen vorhandene Einzelkräfte“<sup>32</sup> zu betrachten. Im Gegensatz zu Lossen unterschied er zwischen einem einzelnen Atom und einem, das sich in Wechselwirkung mit anderen befand. Nur das Erstere sei ein einheitliches Ganzes. In chemischen Verbindungen existierten für ihn hingegen in Abhängigkeit seiner Wertigkeit verschiedene Teile des Atoms. An diesem Punkt endete somit die Gemeinsamkeit der Vorstellungen der Chemiker Lossen und Claus. Lossen verstand das Atom als einen unteilbaren und einheitlichen Körper sowohl in freier als auch in gebundener Form.<sup>33</sup> Dieses war mit jeglicher Annahme von bestimmten subatomaren Teilen bzw. Angriffspunkten unvereinbar, wie sie z.B. Emil Erlenmeyer und August Kekulé vertraten. Lossen widersprach der Annahme von subatomaren Wirkungseinheiten nicht nur auf Grund der ausgeführten theoretischen, sondern auch aus methodologischen Überlegungen. Wenn die Hypothese von Affinitätseinheiten notwendig sei, dann müsse zuerst definiert werden, was eine Affinitätseinheit sei, und auch deren räumliche Lage geklärt werden, bevor über die räumliche Anordnung der Atome im Molekül mit Hilfe dieser Hypothese diskutiert werde.<sup>34</sup> Diese methodologischen Gedanken erklären sein wiederholtes Nachfragen nach einer Definition der Affinitätseinheit. Diesen Überlegungen widersprach wiederum Johannes Wislicenus, da er es sehr wohl als legitim und sogar als notwendig ansah, zuerst über die räumliche Lage der Atome zu reden.<sup>35</sup>

#### *Mit der Stereochemie rückte das Atom selbst in den Mittelpunkt*

Johannes Wislicenus war einer der ersten Verfechter der van't Hoff-Le Belschen Theorie, die später auch Stereochemie genannt wurde, deren Gültigkeit er in seinen Untersuchungen über geometrische Isomerie von Kohlenstoffverbindungen zeigte. Er hatte 1860 mit einer Schrift über das Thema „Ueber die Theorie der gemischten Typen“<sup>36</sup> promoviert. Nach seiner Meinung bestanden Verbindungen sowohl aus einer positiven als auch aus einer negativen Hälfte. Nur durch diesen Gegensatz sei ein Zusammenhalt in einer Verbindung denkbar. Mit dieser dualistischen Vorstellung wich er von der zu dieser Zeit verbreiteten unitarischen Materieauffassung der Typentheorie ab. In Einklang mit der Meinung der meisten Chemiker der Jahrhundertmitte stand hingegen seine damalige Interpretation, dass chemische Formeln keine Aussage über die physische Realität enthielten. Neben diesen eher theoretisch orientierten Überlegungen lag sein Arbeitsschwerpunkt auf der Untersuchung der Milchsäure. Diese Forschung bildete die Grundlage für seine Studien der räumlichen Verhältnisse der Isomerie von Kohlenstoffverbindungen, welche Wislicenus sowohl in Zürich, dem Ort seiner ersten akademischen Anstellung, als auch an den Universitäten Würzburg und Leipzig fortsetzte.

Im Jahr 1889 wählte die Deutsche Chemische Gesellschaft Wislicenus zu ihrem Präsidenten. Aus Anlass des 25jährigen Bestehens der Gesellschaft hielt er 1892 ein Referat über die wichtigsten Errungenschaften der Chemie während dieses Zeitraums. Hierbei konzentrierte er sich u.a. auf die Bedeutung der „Lehre von der Structur der chemischen Verbindungen, d.h. in der Zurückführung ihrer Constitution (und damit auch ihrer Eigenschaften) auf die Elementaratome selbst [...]“.<sup>37</sup> Mit dieser Lehre rückten die Chemiker das Atom selbst in ihr Forschungsinteresse. Durch die Untersuchungen von Isomeren gelangten sie zu der Erkenntnis, dass es nicht ausreiche, Verbindungen nur durch die zweidimensionale Anordnung ihrer Atome zu charakterisieren. In seinem Vortrag auf der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte 1869 in Innsbruck zeigte Wislicenus, dass es mehrere Milchsäuremodifikationen gibt, von denen eine optisch aktiv ist. In diesem Zusammenhang verwies er auf die „Unzulänglichkeit der gewöhnlich gebrauchten Structurformeln“<sup>38</sup>. Er verdeutlichte an Hand der Milchsäuremodifikationen die Existenz von strukturidentischen Verbindungen mit unterschiedlichen Eigenschaften.

Mit der Übernahme der stereochemischen Theorie in den späten 1870er Jahren erfolgte auch Wislicenus' Meinungswechsel bezüglich der Interpretation von chemischen Formeln und Atomen.<sup>39</sup> Im Jahr 1887 schloss er seinen Vortrag „Ueber die Entwicklung der Lehre von der Isomerie chemischer Verbindungen“ auf der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Wiesbaden mit dem eindeutigen Bekenntnis zur Existenz der Atome:

Meine heutige Aufgabe wird erfüllt sein, wenn es mir einigermaßen gelungen ist, [...] Ihnen die grossen Fragen der chemischen Isomerie in den Hauptabschnitten der historischen Entwicklung ihrer Erkenntniss nahe zu bringen, und in dem Nachweise, dass dieselbe nur vom Boden der atomistischen Naturanschauung aus beantwortet werden konnten, ein starkes Zeugniß für die Existenz der Atome abzulegen.<sup>40</sup>

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts herrschte unter den Chemikern keine Einigkeit über die Erklärungsweise von chemischen Bindungen, wobei alle Vorstellungen das Atom als chemische Einheit beinhalteten. August Kekulé vertrat z.B. die Ansicht, dass Bindungen eines Atoms an andere Atome über bestimmte subatomare Sphären, den Affinitätseinheiten, erfolgten. Lossens Bindungskonzeption hingegen beruhte auf der Überzeugung, dass ein Atom nur als Ganzes wirke und nicht in verschiedene Teile unterschieden werden könne. Im Jahr 1888 entwickelte sich über diese unterschiedlichen Sichtweisen eine Diskussion u.a. zwischen den Organikern Lossen und Wislicenus. In diesem Zusammenhang charakterisierte Wislicenus die Atome als räumliche Gebilde mit räumlich getrennten Wirkungseinheiten. Diese Vorstellung verband und begründete er mit seiner Auffassung, dass Atome aus Ur-Elementaratomen bestehen, also kein

einheitliches Ganzes seien.<sup>41</sup> Zur Erklärung von chemischen Bindungen bedienten sich somit Chemiker wie Wislicenus des alten Gedankens der *materia prima* und folglich des einen Parts der Proutschen Hypothese.

Das bisher Gesagte zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Chemiker zur Beantwortung unterschiedlicher Fragen und Probleme, wie der Existenz von Dezimalstellen der Atomgewichtswerte oder der Bindungen zwischen Atomen, immer wieder auf die Proutsche Hypothese zurückgriffen. Diese Wiederaufnahme schloss nicht immer alle ihre Aussagen ein oder bezog sich nicht unbedingt auf ihre ursprüngliche Form, aber der Grundgedanke der Urmaterie blieb erhalten und war anscheinend mit dem Atomismus vereinbar.<sup>42</sup>

Nur wenige Chemiker sprachen sich explizit und unzweideutig für die reale Existenz der Atome aus, wie dies Wislicenus tat. Im Gegenteil, diese Frage wurde per Definition aus der Chemie ausgeklammert. Es ist interessant, dass dies immer in Situationen geschah, in denen der Atomismus kritisiert wurde. Kekulé wies die Kritik Brodies zurück, und auch Victor Meyer reagierte so auf Ostwalds Antiatomismus. Mit dieser Strategie der Ausklammerung der Existenzfrage gingen somit Chemiker der Diskussion über die Realität von Atomen aus dem Weg. Dieses Verhalten unterstützt meine These des pragmatischen Gebrauchs der Atomtheorie in der Chemie.

Ein Grund für die Ausklammerung der Existenzfrage der Atome mag der fehlende eindeutige Beweis für ihre Existenz im 19. Jahrhundert gewesen sein. Außerdem hatte sich die beschriebene pragmatische Verwendung der Entität Atom in der Chemie besonders im Deutschen Reich als sehr fruchtbar und erfolgreich erwiesen;<sup>43</sup> wahrscheinlich bestand daher für die meisten deutschen Chemiker keine Veranlassung die Existenz der Atome in Frage zu stellen. Sie konzentrierten sich hingegen auf den Umgang mit dieser Entität und folgten so Kekulé's Verständnis der Notwendigkeit der Atomhypothese in der Chemie:

As a chemist, however, I regard the assumption of atoms, not only advisable, but as absolutely necessary in chemistry.<sup>44</sup>

The use of theories in chemistry will be discussed by the example of the atomic theory in late 19th century Germany. In my opinion, most chemists used the atomic theory in a pragmatic way. Chemists excluded the discussion about the physical existence of atoms as irrelevant from chemistry even though they were still interested in the question of the complexity of atoms. In other words, chemists did not forbid themselves to speculate about the existence of a primary matter. With this idea - one part of Prout's hypothesis - they tackled such problems as the explanation of decimals of the values of atomic weights and the nature of chemical bonds.

\* Erweiterte Fassung eines Vortrags auf der Tagung der Fachgruppe Geschichte der Chemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker am 14. März 1997 in Marburg.

<sup>1</sup> Ich führe hier nur eine Auswahl der Literatur betreffend Dalton und Berzelius an; vgl. Arnold Thackray, *John Dalton: Critical Assesements of His Life and Science*, (Cambridge, Mass. 1972); D.S.L. Cardwell (ed.), *John Dalton and the progress of science*, (Manchester 1968); Evan M. Melhado und Tore Frängsmyr (ed.), *Enlightenment Science in the Romantic Era: The Chemistry of Berzelius and Its Cultural Setting*, (Cambridge 1992).

<sup>2</sup> Alan Rocke, *Chemical Atomism in the Nineteenth Century: From Dalton to Cannizzaro*, (Columbus, Ohio 1984).

<sup>3</sup> Rocke (1984) S.12.

<sup>4</sup> Mary Jo Nye, *Molecular reality: A perspective on the scientific work of Jean Perrin*, (London 1972).

<sup>5</sup> Vgl. Mary Jo Nye, „The Nineteenth-Century Atomic Debates and the Dilemma of an ‘Indifferent Hypothesis’“, *Studies in the History and Philosophy of Science*, 7 (1976) S. 245-268; Mary Jo Nye, „Berthelot's Antiatomism: A ‘Matter of Taste’?“, *Annals of Science*, 38 (1981) S. 585-590.

<sup>6</sup> Vgl. William H. Brock (ed.), *The Atomic Debates: Brodie and the Rejection of the Atomic Theory*, (Leicester 1967).

<sup>7</sup> August Kekulé, „On some points of chemical philosophy“, *The Laboratory*, I, July 27, 1867, reprint in Richard Anschütz, *August Kekulé*, Bd. II, *Abhandlungen, Berichte, Kritiken, Artikel, Reden*, (Berlin 1929) S. 364-370, hier S. 366.

<sup>8</sup> Vgl. Victor Meyer, *Probleme der Atomistik: Vortrag gehalten in der zweiten Sitzung der 67. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Lübeck 18. September 1895*, (Heidelberg 1896).

<sup>9</sup> Im Unterschied zu meiner Studie konzentriert sich William H. Brock in seinen Untersuchungen im Wesentlichen auf die Wirkung der Prout'schen Hypothese auf den englischen Raum. Hierbei geht er auf den Zusammenhang zwischen der steigenden Anzahl von identifizierten Elemente und dem Gedanken einer Urmaterie ein, diesen

arbeitet er explizit in seinen Studien über Crookes und Lockyer heraus; vgl. William H. Brock, *From Protyl to Proton: William Prout and the Nature of Matter, 1785-1985*, (Bristol-Boston 1985); William H. Brock, „Studies in History of Prout's Hypothesis Part I,“ *Annals of Science*, 25 (1969) S. 49-80; William H. Brock, „Studies in History of Prout's Hypothesis Part II,“ *Annals of Science*, 25 (1969) S. 127-137; William H. Brock, *The Fontana History of Chemistry*, (Fontana Press 1992); William H. Brock, „Lockyer and the Chemists: The First Dissociation Hypothesis,“ *Ambix*, 16 (1969) S. 81-99.

Ebenfalls den Einfluss der Proutschen Hypothese oder wie er es nennt der Neo-Proutschen Hypothese untersucht Helge Kragh in seiner Studie über den Dänen Julius Thomsen; vgl. Helge Kragh, „Julius Thomsen and 19th-century Speculations on the Complexity of Atoms,“ *Annals of Science*, 39 (1982) S. 37-60.

<sup>10</sup> Vgl. William Prout, „Correction of a Mistake in the Essay on the Relation between the Specific Gravities of Bodies in their Gaseous State and the Weights of their Atoms,“ *Annals of Philosophy*, 7 (1816) S. 111-113; William Prout, „On the Relation between the Specific Gravities of Bodies in their Gaseous State and the Weights of their Atoms,“ *Annals of Philosophy*, 6 (1815) S. 321-330; beide reprint in Alembic Club Reprints No. 20 (Edinburgh 1932).

<sup>11</sup> Prout verwandte die Bezeichnung spezifisches Gewicht; in der Sprache der modernen Chemie müsste es relatives Gewicht bzw. Masse heißen.

<sup>12</sup> Vgl. F. Willy Hinrichsen, *Vorlesungen über chemische Atomistik*, (Leipzig-Berlin 1908) S. 86ff oder auch S. 189ff.

<sup>13</sup> Johannes Wislicenus, „Ueber die Lage der Atome im Raume: Antwort auf W. Lossens Frage,“ *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 21 (1888) S. 581-585, hier S. 581f.

<sup>14</sup> Alfred Stock, *Der internationale Chemiker-Kongreß Karlsruhe 3.-5. September 1860 vor und hinter den Kulissen: Zur 38. Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft in Karlsruhe, 25.-28. Mai 1933*, (Berlin 1933) hier S. 7.

<sup>15</sup> Dies betonen zu Recht u. a. Aaron J. Ihde, Juliana Helena Korneck-Heck oder auch Bernadette Bensaude-Vincent; vgl. Aaron J. Ihde, „The Karlsruhe Congress: A Centennial Retrospect,“ *Journal of Chemical Education*, 38 (1961) S. 83-86; Juliana Helena Korneck-Heck, *Der Karlsruher Chemikerkongress von 1860: Die Entwicklung der Chemie bis 1860 als Ursache der Einberufung des Kongresses und seine Rolle bei der Durchsetzung der Atomvorstellung in der Chemie*, Magisterarbeit, Historisches Institut der Universität Stuttgart (Stuttgart 1989); Bernadette Bensaude-Vincent, „Karlsruhe, Septembre 1860: l'atome en congrès,“ *Relations Internationales*, 62 (1990) S. 149-169.

<sup>16</sup> Die Schrift war zuerst 1858 in Italien unter dem Titel *Sunti di un corso di filosofia chimia fatta nella Reale Università die Genova dal Professore S. Cannizzaro* erschienen. Lothar Meyer gab sie später (1913) in deutscher Sprache in der Reihe *Ostwalds Klassiker der Exakten Wissenschaften* Nr. 30 heraus.

<sup>17</sup> Vgl. John H. Brooke, „Avogadro's Hypothesis and its Fate: A Case Study in the Failure of Case-Studies,“ *History of Science*, 19 (1981) S. 235-73; Nicholas W. Fisher, „Avogadro, the Chemists and Historians of Chemistry,“ *History of Science*, 20 (1982) S.

77-102 und S. 212-31; Marc Antoine Gaudin, „Avogadro's Hypothesis and the Periodic System,“ *Isis*, 66 (1975) S. 334-360.

<sup>18</sup> Vgl. Cannizzaro in Meyer (1913).

<sup>19</sup> Vgl. Meyer (1913) Anmerkungen; Korneck-Heck (1989) S. 64ff.

<sup>20</sup> Vgl. Korneck-Heck (1989).

<sup>21</sup> Die Bedeutung von Stas' Experimenten wird z. B. von den Wissenschaftshistorikern Kragh (1982) und Brock (1985) betont; ebenso unterstrichen dies im 19. Jahrhundert Lothar Meyer, Karl Seubert (1885) und John W. Mallet (1893); vgl. Lothar Meyer und Karl Seubert, „Das Atomgewicht des Silbers und Prout's Hypothese,“ *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 18 (1885) S. 1098-1104; John W. Mallet, „Stas Memorial Lecture,“ *Journal of the Chemical Society*, 63 (1893) S. 1-56.

<sup>22</sup> Lothar Meyer, *Die Modernen Theorien der Chemie und ihre Bedeutung für die chemische Statik*, erschien erstmals im Jahre 1864, wurde fünffach aufgelegt (1872, 1876, 1883 und 1884) und ins Englische sowie Französische übersetzt. Ich verwende die Ausgabe (Breslau 1876).

<sup>23</sup> Meyer (1876) S. 286.

<sup>24</sup> Meyer (1876) S. 287.

<sup>25</sup> Zu beachten ist, dass der Anorganiker Lothar Meyer dem Äther ein Gewicht zuschrieb und damit nicht wie Physiker einen imponderablen Äther annahm.

<sup>26</sup> Vgl. Meyer und Seubert, „Prout's Hypothese“ (1885); Lothar Meyer und Karl Seubert, „Ueber die Einheit der Atomgewichte,“ *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 18 (1885) S. 1089-1097; Lothar Meyer, „Die Natur der chemischen Elemente als Function ihrer Atomgewichte,“ *Annalen der Chemie und Pharmazie*, Supplementband VII (1870) S. 354-364.

<sup>27</sup> August Kekulé, „Sur l'atomicité des éléments,“ *Comptes rendus*, 58 (1864) S. 510-514, reprint in Anschütz Bd. II S. 350-357, hier S. 352; Übersetzung des Zitats: „Das Studium der numerischen Beziehungen, nach denen sich die Elemente verbinden, führt uns zu der Annahme, daß es Atome giebt, welche so zu sagen mehrere Anziehungsmittelpunkte oder mehrere Affinitätseinheiten besitzen“ Richard Anschütz, *August Kekulé*, Bd. I, *Leben und Wirken*, (Berlin 1929) S. 259.

<sup>28</sup> August Kekulé, „Die wissenschaftlichen Ziele und Leistungen der Chemie: Rede beim Antritt des Rektorats am 18. Oktober 1877“, reprint in Anschütz Bd. II S. 903-916, hier S. 911.

<sup>29</sup> Vgl. Wilhelm Lossen, „Ueber die Vertheilung der Atome in der Molekel,“ *Annalen der Chemie und Pharmazie*, 204 (1880) S. 265-364.

<sup>30</sup> Lossen (1880) S. 284 (kursiv gedruckt im Original).

<sup>31</sup> Lossen (1880) S. 295 (kursive Hervorhebung wie im Original).

<sup>32</sup> Adolph Claus, „Zur Frage nach den Affinitätsgrößen des Kohlenstoffs,“ *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 14 (1881) S. 432-435, hier S. 433.

<sup>33</sup> Vgl. Wilhelm Lossen, „Ueber die sogenannte Verschiedenheit der Valenzen eines mehrwerthigen Atoms,“ *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 14 (1881) S. 760-765.

<sup>34</sup> Vgl. Wilhelm Lossen, „Ueber die Lage der Atome im Raum,“ *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 20 (1887) S. 3306-3310; Peter J. Ramberg, „Johannes

Wislicenus, Atomism, and the Philosophy of Chemistry," *Bulletin for the History of Chemistry*, 15/16 (1994) S. 45-51.

<sup>35</sup> Vgl. Johannes Wislicenus, „Ueber die Lage der Atome im Raume: Antwort auf W. Lossens Frage," *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 21 (1888) S.581-585.

<sup>36</sup> Vgl. Ernst Beckmann, „Nekrolog auf Wislicenus," *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 37 (1904) S. 4861-4946, hier S. 4877.

<sup>37</sup> Johannes Wislicenus, „Rede zur Erinnerung an das fünfundzwanzigjährige Bestehen der Deutschen Chemischen Gesellschaft, 12. November 1892," *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 25 (1892) S. 3398-3410, hier S. 3401.

<sup>38</sup> Zitiert nach dem Bericht über die Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte 1869 in Innsbruck; „Correspondenzen," *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 2 (1869) S. 551.

<sup>39</sup> Vgl. Ramberg (1994).

<sup>40</sup> Wislicenus (1887) S. 56.

<sup>41</sup> Vgl. Wislicenus (1888).

<sup>42</sup> Die Wissenschaftshistorikerin Nye interpretiert hingegen die Verifizierungen der Proutschen Hypothese als Indiz für einen aufkommenden Antiatomismus in der Chemie; vgl. Nye (1976).

<sup>43</sup> Der Erfolg und die Bedeutungszunahme der Chemie im Deutschen Reich beschränkte sich nicht nur auf den Hochschulbereich, sondern bezog sich auch auf den industriellen Sektor.

<sup>44</sup> August Kekulé (1867), reprint in Anschütz Bd. II S. 364-370, hier S. 366.