

Hegels Begriff der Chemie

Inhalt

Naturphilosophie
Das logische Prinzip: Der Schluss
Dreifacher Schluss
Der chemische Prozess
 Galvanismus (Elektrizität)
 Feuerprozess
 Wasserprozess, Neutralisation
Die logische Struktur des chemischen Prozesses
Salzsäure
Natriumchlorid (Kochsalz)
Synthese und Analyse
Unendliche Form
Scheidung
Hegels Systematisierung der Elemente
Einordnung in Hegels Systemablauf

Hegel befasst sich mit der Chemie bzw. dem Chemismus,¹ einerseits in der Logik, andererseits in der Naturphilosophie. Beides befindet sich auf einer anderen Ebene als die Naturwissenschaft selbst, die vielmehr einer philosophischen Reflexion unterzogen wird. Deshalb liegt das Hauptgewicht der vorliegenden Abhandlung auf der Herausarbeitung der logischen Struktur von Hegels Chemiebegriff, die aber keine andere ist als die durchgängige logische Struktur der hegelschen Logik und Dialektik, nämlich der Einheit des Einzelnen und des Allgemeinen, des Teils mit dem Ganzen, wobei diese Einheit keine unmittelbare ist, sondern durch Vermittlung immer wieder hergestellt wird. Folgerichtig kann eine solche Untersuchung nicht allein auf der allgemeinen, philosophischen Ebene verbleiben, sondern muss auch die konkrete Ebene, die empirische Chemie einbeziehen. Die wenigen bisher dazu durchgeführten Arbeiten haben Hegels Chemieverständnis im Verhältnis zur Chemie seiner Zeit untersucht, über die er umfassende Kenntnisse besass und in ihren repräsentativen Vertretern auch wiederholt zitiert hat. Hier wird dagegen der Versuch unternommen, Hegels philosophische Aussagen ins Verhältnis zur heutigen Chemie zu stellen, um so möglicherweise Material für die Fragestellung bereitzustellen, ob sie dazu noch . oder wieder . einen befruchtenden Beitrag leisten kann.

¹ Genauer gesagt ist der Chemismus eine logische Struktur, die Chemie bezeichnet die empirische Naturwissenschaft der Chemie.

Die Naturphilosophie hatte zwischen 1780 und 1830 einen gewaltigen Aufschwung genommen, der aber danach unvermittelt abbrach, nicht zuletzt aufgrund gewisser Abstrusitäten, bis zu denen Schelling sie getrieben hatte, von Hegel massiv kritisiert, so dass sogar beider aus Tübinger Stiftszeiten herrührende Freundschaft darüber zerbrach. Von den verschiedenen Richtungen der Naturphilosophie blieb im wesentlichen diejenige Kantischer Provenienz . weitgehend bis heute . in Geltung. Weil man das Ding-an-sich nicht erkennen könne, die Vernunft die Erfahrung nicht überfliegen dürfe, sei das (angebliche²) Newtonsche Verfahren das richtige, die Natur empirisch und durch Experimente zu beobachten und die daraus gewonnenen Gesetze mathematisch zu formulieren. Damit entsprach diese Naturphilosophie . und um eine solche handelt es sich, auch wenn manche Naturwissenschaftler es nicht gern zugeben . ziemlich genau dem Vorgehen, das weite Bereiche von Naturwissenschaft und Technik im 19. und 20. Jahrhundert praktizierten, nämlich eine Fokussierung auf die Empirie und eine explizite Ausblendung philosophischer Reflexion darauf. Die Erfolge waren und sind gigantisch, von der Dampfmaschine bis zum Computer und Internet, Eisenbahn und Flugzeug, Telefon und Fernsehen und einer damit verbundenen Wohlstandsmehrung . aber auch zu ihrer Kehrseite mit Verbrennungsmotor, Kohle- und Atomkraftwerk und Klimakatastrophe. Die Natur wurde mechanistisch und quantifizierend als ein bloßes Objekt menschlicher Bedürfnisse betrachtet, benutzt, vernutzt und damit vielfach auch zerstört, bis sie begann, mit Wirbelstürmen, Dürren und Überschwemmungen zurückzuschlagen.

Naturphilosophie

Und genau dies könnte der Grund sein, warum Philosophie und Naturphilosophie heute wieder einen Sinn, ja eine Notwendigkeit bekommen könnten, und zwar gerade in ihrer hegelschen Ausprägung. Denn die Beschränkung auf das Empirische, logisch: das Einzelne, und die Ausblendung übergeordneter Zusammenhänge, logisch: das Allgemeine, können mit Hegels Logik überwunden werden. Versteht man Naturphilosophie als Nachdenken über das Verhältnis des Menschen zur Natur und über die Möglichkeiten der Naturerkenntnis,³ so stellt man augenblicklich fest, dass der Mensch sich in einen Gegensatz zur Natur gesetzt hat. In Hegels Begriffslogik

² In Wahrheit hat Newton mit Alchemie experimentiert und ist bei der Suche nach einer göttlichen Kraft im Universum auf die Schwerkraft gekommen.

³ Engelhardt, Dietrich von: Hegel und die Chemie, Wiesbaden 1976, S. 1

bildet das Begriffspaar von Einzelheit und Allgemeinheit nicht nur einen Gegensatz, sondern stellt sogar die Extreme eines solchen Widerspruchs dar, was im folgenden noch ausführlich zur Darstellung kommen wird. Das Spezifische an Hegels Herangehensweise ist aber nun, dass es nicht bei dieser Entgegensetzung bleibt, sondern dass sie mit einem dritten Moment, dem der Besonderheit, eine Vermittlung und Versöhnung findet. Dies nicht zu sehen, ist für uns außerordentlich geschichtsträchtig geworden, als der Philosoph Marx die „Absurdität der Vermittlung“ leidenschaftlich ablehnte und darauf gestützt den Antagonismus zwischen Bourgeoisie und Proletariat, den Klassenkampf und die Revolution postulierte, die von Lenin durchgeführt und von Hitler mit einer Konterrevolution beantwortet wurde . mit den bekannten katastrophalen Folgen. Insofern ist es wohl angebracht, der Philosophie eine hohe praktische Relevanz zuzuweisen, die im positiven Fall vielleicht auch eine Hilfestellung bei der Bewältigung der heute so akuten Umwelt- und Klimaproblematik leisten könnte.

Um die Chancen dafür auszuloten, muss dem Leser allerdings zugemutet werden, sich mit der ziemlich verzwickten Hegelschen Begriffs- und Schlusslogik in ihrer Anwendung auf die Chemie zu befassen, und dazu noch mit chemischen Vorgängen, die allerdings nicht in ihrer Formelsprache, sondern nach Möglichkeit in einer auch für Laien nachvollziehbaren verbalen Form präsentiert werden. Es hätte keinen Sinn, in einer Entgegensetzung zum reinen, beschränkten Empirismus nun in einer ebenso beschränkten abstrakten Allgemeinheit zu verbleiben; vielmehr müssen beide Ebenen in ihrer Verschränkung miteinander betrachtet werden.

Dass Hegel heute noch etwas zum Verständnis der Chemie beitragen könnte, ist den meisten Fachleuten nur schwer vorstellbar. Zum einen geht man davon aus, dass die Chemie seiner Zeit noch so wenig entwickelt war, dass man heute nur mit-leidig darüber lächeln kann; zum andern traut man Hegel nicht zu, dass er überhaupt sachkundig war. Beides trifft so aber nicht zu. Mit Lavoisier und der Überwindung der von J.J. Becher aufgestellten Phlogiston-Theorie⁴ durch die Sauerstofftheorie waren die Grundlagen der modernen Chemie, insbesondere die Kenntnis chemischer Elemente, bereits gelegt, auch wenn ihre Systematisierung im Periodensystem der Elemente erst 1869 durch Mendelejew erfolgte. Und Hegel war ein ausgewiesener Ken-

⁴ die einen eigenen Wärmestoff postulierte, von griech. φλόξ, Feuer, φλογιστός, verbrannt (Böhret, Carl: Innere Entwicklungspolitik . ein historisches Beispiel voller Modernität, in: Zukunft der Arbeit zwischen Markt und Staat, Speyer 2009, S. 23-35 (23))

ner der Materie, wie seine ausführlichen Zitationen zahlreicher Experten der Chemie seiner Zeit beweisen.⁵

Er befasst sich mit dem Sachgebiet einerseits natürlich in der *Naturphilosophie*, in der der chemische Prozess innerhalb der Physik . mit den Zusätzen . etwa fünfzig Buchseiten einnimmt, und zwar die §§ 326-334. Zum anderen stellt aber der Chemismus in der *Wissenschaft der Logik* eine wichtige logische Stufe zwischen Mechanismus und Zweckbeziehung dar. Ferner findet er eine kurze Darstellung in der *Kleinen Logik*.⁶ In der *Objektivität*, die aus der Vollendung der Begriffs- und Schlusslogik hervorgeht, ist der Mechanismus noch die einfachste und elementarste Stufe der logischen Beziehung zwischen den Objekten, indem sie im Sonnensystem umeinander kreisen. Das bedeutet logisch: Eines will das andere werden, um sich zum Ganzen zu vereinigen, erreicht dieses Ziel aber nie. Im Chemismus, der nächsten logischen Stufe, streben die Objekte ebenfalls zueinander und zu ihrer Einheit, und diesmal erreichen sie ihr Ziel.⁷ Jedes ist an sich das andere und sucht deshalb das andere; so ist es der Widerspruch seiner selbst.⁸ Deshalb dürstet das Kalische nach der Säure und umgekehrt.⁹ Der Chemismus ist der beständige Prozess der Vereinigung und Trennung¹⁰ chemischer Substanzen, die Reduktion des Differenten zum Neutralen und die Differentiierung des Indifferenten oder Neutralen.¹¹ Sein Mangel ist aber, dass er ständig abbricht und neu beginnen muss. Erst auf der nächsten logischen Stufe, der Zweckbeziehung, die das Grundmuster der Natur und des Lebens bildet, beginnt der Kreislauf, in dem der Ausgangspunkt mit dem Ergebnis identisch wird, weil der Zweck sich in seinem Resultat selbst realisiert.

Zu beachten ist jedoch, dass der Chemismus nicht nur die Chemie beschreibt, sondern vor allem ein logisches Prinzip ist, das . erstaunlich genug . auch für andere Gebiete gilt, etwa das Geschlechtsverhältnis, Liebe, Freundschaft, Sprache und dergleichen.¹² Die Unterschiedenen treten in Beziehung zueinander.¹³ Bei den sog. Wahlverwandtschaften wird darauf zurückzukommen sein.

⁵ Engelhardt, Hegels Philosophie der Chemie, S.87-90

⁶ G.W.F. Hegel: Enzyklopädie der philosophischen Wissenschaften im Grundrisse 1830. Erster Teil: Die Wissenschaft der Logik, Frankfurt/Main 1970 (Theorie Werkausgabe Band 8), S. 357-359 (§§ 200-203)

⁷ G.W.F. Hegel: Enzyklopädie der philosophischen Wissenschaften im Grundrisse 1830. Zweiter Teil: Die Naturphilosophie, Frankfurt/Main 1986 (Theorie Werkausgabe Band 9), S. 291 (§ 326 Z)

⁸ ebd. S. 292

⁹ ebd.; ebd. S. 299 (§ 329 Z)

¹⁰ Engelhardt, Hegels Philosophie der Chemie S. 91

¹¹ Hegel, Wissenschaft der Logik (Enzykl. I) S. 358 f. (§ 203)

¹² G.W.F. Hegel: Wissenschaft der Logik II (Theorie Werkausgabe Band 6), Frankfurt am Main 1969, S. 429

Das logische Prinzip: Der Schluss

Das logische Prinzip besteht darin, dass jeweils zwei Objekte aufeinander bezogen sind, die innerlich eigentlich (sich selbst) ein Ganzes, eine Totalität sind, aber äußerlich eine unterschiedliche Existenz besitzen. Deshalb müssen sie ihr entgegengesetztes, einseitiges Bestehen aufheben und sich zu dem realen Ganzen machen, das sie ihrem Begriff nach schon sind,¹⁴ müssen sich also zusammenschließen oder vereinigen. Logisch gesehen, erfolgt diese Vereinigung in einem Schluss, der genauso strukturiert ist wie die Schlüsse in Hegel Schlusslogik, und das bedeutet, dass die beiden Objekte die zwei Seiten, also Extreme eines Schlusses sind, die durch ein vermittelndes Glied, die Mitte, zusammengeschlossen werden.¹⁵ Diese Mitte ist ein Element, in dem die Gemeinschaft, zu der beide bestimmt sind, äußerliche Existenz erhält. Es handelt sich um ein Element der Mitteilung, in dem beide Objekte sich miteinander verbinden können. In der Chemie ist das etwa das Wasser, im Geistigen die Sprache. Durch die Vereinigung verlieren die chemischen Substanzen ihren Gegensatz und werden zu einem neutralen Produkt reduziert.

Hegels *Logik* und *Naturphilosophie* beanspruchen . im Unterschied zur empirischen Chemie, die er verschiedentlich als unzureichend kritisiert . , die Erscheinungen der Chemie auf den Begriff zu bringen. Dieser Begriff ist aber nicht der abstrakt-allgemeine Begriff des Alltagsverstandes, sondern der konkret-allgemeine Begriff, der außer der Allgemeinheit auch die Besonderheit und Einzelheit umfasst.¹⁶ Dies sind die Momente oder Elemente des Begriffs, von Hegel auch mit A, B und E abgekürzt, aus denen seine Schlusslogik in aufeinander aufbauenden Stufen konstruiert ist. Den philosophisch gebildeten Laien ist dies auf einer allgemeineren Ebene bekannt als der dialektische Dreischritt von These, Antithese und Synthese, in dem sich die These auseinanderlegt (*διαλέγεται*) zur Antithese und in der Synthese wieder zusammenschliesst (Schluss, Syllogismus, *συλλογισμός*). Für die Chemie wird dieser Aufbau zunächst folgendermaßen dargestellt:

¹³ Naturphilosophie S. 288 (§ 326 Z)

¹⁴ Wissenschaft der Logik II S. 429

¹⁵ Wissenschaft der Logik II S. 431; Werckmeister, Georg: Hegels absoluter Schluss als logische Grundstruktur der Objektivität, Saarbrücken 2010
= <http://kluedo.ub.uni-kl.de/volltexte/2009/2419/pdf/DissWerckmeister2.pdf>

¹⁶ Auch Individualität und Allgemeinheit sind Antinomien der chemischen Vorgänge; nur werden sie selten als solche genannt: So Färber, Eduard: Hegels Philosophie der Chemie, in: Kant-Studien, 30, 1925, S. 91-11 (91).

Der chemische Prozeß hat daher das Neutrale seiner gespannten Extreme, welches diese an sich sind, zum Produkte; der Begriff, das konkrete Allgemeine, schließt sich durch die Differenz der Objekte, die Besonderung, mit der Einzelheit, dem Produkte, und darin nur mit sich selbst zusammen. Ebensowohl sind in diesem Prozesse auch die anderen Schlüsse enthalten; die Einzelheit, als Tätigkeit, ist gleichfalls Vermittelndes, so wie das konkrete Allgemeine, das Wesen der gespannten Extreme, welches im Produkte zum Dasein kommt.¹⁷

Dreifacher Schluss

Damit ist . bei genauerer Betrachtung . ausgesagt, dass es drei Schlüsse gibt: im ersten schließt sich das Allgemeine durch das Besondere mit der Einzelheit zusammen, formalisiert dargestellt: A . B . E. Von dem zweiten erfahren wir nur, dass die Einzelheit, die hier Tätigkeit ist, in der Mitte steht. Aus der Schlusslogik wissen wir aber, dass dann auch A und B die Stelle wechseln müssen, so dass der Schluss B . E . A lautet. Im dritten Schluss tritt A in die Mitte, so dass er nur E . A . B heißen kann, übersichtlich zusammengefasst:

A . B . E

B . E . A

E . A . B

Erst in dieser Anordnung erkennt man seine innere Ordnung. Es fällt auf, dass die Abfolge horizontal und vertikal vollkommen identisch ist. Diese innere Stimmigkeit und Harmonie beruht darauf, dass die drei Begriffsmomente so lange miteinander die Stelle wechseln müssen, bis jedes die Stelle eines jeden anderen eingenommen hat und sie damit miteinander identisch geworden sind.¹⁸ Denn das ist das Ziel der gesamten Entwicklung des Begriffs, dass er im jeweils anderen mit sich identisch wird und sich damit selbst bestimmt. Der Chemismus ist in diesem Ablauf eine notwendige Stufe. Allerdings wird sich später zeigen, dass Hegel auch einen umgekehrten Ablauf kennt, in dem die Entwicklung nicht vom Allgemeinen zum Einzelnen führt, sondern umgekehrt vom Einzelnen zum Allgemeinen. Das tritt auch in der Begriffs- und Schlusslogik immer wieder auf, etwa in unterschiedlichen Versionen in der *WdL* und der *Enzyklopädie*, und hat z. B. die Bedeutung, dass es sich einmal um Induktion, das andere mal um eine Deduktion handelt. In der Chemie allerdings ist die Be-

¹⁷ Hegel, Wissenschaft der Logik (Enzykl. I) S. 358 (§ 201). In der sog. Kleinen Logik wird der Chemismus unter der Lehre vom Begriff abgehandelt.

¹⁸ Um die Angelegenheit nicht noch komplexer zu machen sei hier davon abgesehen, dass die Momente sich dabei auch noch so um einander anreichern, dass jedes am Schluss alle drei enthält.

deutung eine andere. Es wird sehr häufig betont, dass die chemischen Prozesse sowohl Verbindung als auch Trennung von Substanzen sind, ja dass beides sogar in einem und demselben Prozess auftritt. wovon man sich bei näherer Betrachtung solcher Prozesse leicht überzeugen kann.¹⁹ Dann aber hat die Abfolge vom Allgemeinen zum Einzelnen ganz einfach die Bedeutung, dass sich ein zunächst vorliegendes Ganzes in differente Objekte trennt, während im umgekehrten Ablauf sich differente Substanzen zu einem neutralen Ganzen zusammenschließen. Es liegt also sowohl für die Trennung als auch für die Vereinigung eine logische Struktur vor.

Der chemische Prozess

Die Abgrenzung gegenüber den empirischen Chemikern besteht vor allem darin, dass diese sich allzu einseitig auf die Stoffe (Körper) konzentrierten, während es genauso darauf ankomme, die Formen der unterschiedlichen Prozesse in eine vernünftige Ordnung zu gruppieren.²⁰ Die chemischen Prozesse sind nun vor allem dadurch charakterisiert, dass aus einem oder mehreren Ausgangsprodukten durch einen Vermittlungsschritt ein Endprodukt entsteht. Die Vermittlung kann sich aus der Wirkung von Katalysatoren ergeben oder aus Stoffeigenschaften, z. B. der Elektronegativität. Chemische Reaktionen sind Stoffumwandlungen, bei denen neue Stoffe mit neuen Eigenschaften entstehen; so verbinden sich Eisen und Schwefel zu Eisensulfid oder Kupfer und Sauerstoff zu Kupferoxid.²¹ Die Vermittlung oder Mitte, heute würde man sie Reaktionsmedium nennen, besteht für Hegel in Feuer, Luft und Wasser, wobei er konzidiert, dass es auch Salzsäure, Salmiak oder andere Substanzen sein könnten. Jedenfalls sind die vermittelnden Substanzen für Hegel die Elemente des Empedokles bzw. Aristoteles, zu denen also noch die Erde kommt.²² Zu dieser für uns befremdlichen Auffassung bekennt er sich ausdrücklich, wenngleich sie als längst überwunden und Kinderglaube abgetan sei. Sie lässt sich vielleicht dadurch verständlicher machen, dass er Feuer, Luft, Wasser und Erde als physikalische Ele-

¹⁹ Die Zerlegung einer Substanz in ihre Bestandteile heißt Analyse, der Aufbau einer Verbindung aus einfachen Stoffen Synthese. (Schenk, Edith/Jung, Marion: Chemie aktuell, Hamburg 2008, S. 21)

²⁰ Hegel, Naturphilosophie S. 301 (§ 329 Z). Die heutige Chemie kennt aber durchaus eine Struktur ihrer Prozesse, etwa Redoxreaktionen und Säure-Base-Reaktionen, die eine vergleichbare übergeordnete Struktur mit einer vergleichbaren Funktionalität besitzen, im einen Fall Elektronen, im andern Protonen.

²¹ Schenk, Chemie aktuell S. 9, 20

²² Näher dazu Färber, Hegels Philosophie der Chemie S. 106 f.

mente im Unterschied zu den chemischen Elementen bezeichnet²³ und einräumt, dass sie einen zusammengesetzten Charakter hätten. Die Funktion, die er ihnen in den konkreten chemischen Reaktionsprozessen zuweist, ist aber möglicherweise auch im Lichte der heutigen Chemie noch einigermaßen zutreffend.

In der *Naturphilosophie* beginnt der Ablauf mit der Vereinigung;²⁴ erst später folgt die Scheidung. Es werden drei grundlegende Prozesse unterschieden:

1. Galvanismus: Aus zwei Metallen entsteht, vermittelt durch das Reaktionsmedium Wasser, ein Oxyd.
2. Feuerprozess: Aus etwas Brennbarem, z. B. Schwefel, entsteht durch Feuer und Luft entweder eine Säure oder eine Base.
3. Wasserprozess (Neutralisation): Aus gegensätzlicher Säure und Base bildet sich, vermittelt durch Wasser, Salz.

Galvanismus (Elektrizität)

Der erste der drei chemischen Prozesse ist der Galvanismus, also die von Galvani entdeckte²⁵ und von Volta weiterentwickelte Elektrizität. Dies deshalb, weil die Chemie insgesamt die dritte Stufe in einem Ablauf ist, der aus Magnetismus, Elektrizität und Chemismus besteht. wie es auch schon Schelling gesehen hatte. Nach Hegels allgemeinem Schema sind im Magnetismus die Seiten des Widerspruchs, Pluspol und Minuspol, noch in einem Körper vereint, während sie sich in der Elektrizität auf zwei verschiedene Körper verteilen (Besonderung).²⁶ Im Chemismus hingegen sind Einheit und Trennung vereint, indem die Objekte sich sowohl trennen als auch zusammenschließen. Im Galvanismus sind es zunächst zwei verschiedene Metalle als Extreme, die ihre Differenz in der Mitte des Schlusses, am Wasser, realisieren. Die Verschiedenheit, das andere, liegt bereits im Begriff des Metalls:²⁷ *μὲτ' ἄλλον*, mit anderem. Das Medium wird dissoziiert und seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff mit den Metallen verbunden oder aber selbständig hervorgebracht.²⁸

²³ Engelhardt, Hegels Philosophie der Chemie S. 92 f.

²⁴ Hegel, Naturphilosophie S. 302 (§ 330)

²⁵ genauer: wiederentdeckte; denn bei Bagdad wurde 1936 eine Vorrichtung aus dem 1. Jh. vor Chr. entdeckt, die bereits, 0,5 Volt Strom produzieren konnte, die sog. Bagdad-Batterie.

²⁶ Hegel, Naturphilosophie S. 288 (§ 326 Z)

²⁷ Hegel, Naturphilosophie S. 321 (§ 332 Z)

²⁸ Engelhardt, Hegel und die Chemie S. 94

Nach heutigem Kenntnisstand werden durch die Spannung zwischen einem edleren und unedleren Metall, z. B. Zink und Kupfer, an der Anode Elektronen abgeschieden, die durch einen Leiter zur Kathode fließen; das ist der elektrische Prozess. Wasser oder ein anderes Medium befindet sich als Elektrolyt zwischen den Elektroden und vermittelt den Prozess, indem die Ionen, also die Atome, die ihre Elektronen abgegeben haben, sich durch den Elektrolyten zur anderen Elektrode bewegen können. Hegel unterscheidet zwischen der elektrischen und der chemischen Seite des Prozesses. Die chemische Seite besteht darin, dass das eine Metall oxidiert, das andere reduziert wird. Oxidation bedeutet Elektronenabgabe, Reduktion ist Aufnahme von Elektronen.²⁹ Insofern steht seine Darstellung mit der heutigen Auffassung in Einklang. Er kritisiert an der Physik seiner Zeit, dass sie sich darauf obstiniere, den Galvanismus nur als elektrischen Prozess anzusehen. Auch darin würde man ihm wohl aus heutiger Sicht recht geben, da man den Gesamtvorgang jetzt als Elektrochemie betrachtet. Wichtig erschien ihm auch der Hinweis, dass das Wasser ebenso wie die Metalle nicht nur passiver, träger Leiter der Elektrizität sei, sondern sich in Tätigkeit befinde. Im Wasser als Mittelglied sei die Tätigkeit gesetzt und manifestiere sich aus ihm, was durch die Modifikationen der Bedingungen zu vielfachen Verwicklungen führe. Das lässt sich in der modernen Elektrochemie bestätigen, wenn man etwa bedenkt, dass in den heute am meisten verbreiteten Lithium-Ionen-Akkus die Lithium-Atome in Graphit eingelagert werden müssen, weil sie sehr klein sind; denn Lithium ist mit drei Protonen und Elektronen eins der kleinsten Elemente. Die Lithium-Ionen dürfen das Diaphragma, das den Elektrolyten zwischen den Elektroden trennt, nicht verletzen, müssen sich aber hindurchbewegen können, um sich mit den Elektronen, die durch den elektrischen Leiter zur Kathode geflossen sind, wieder zu vollständigen, neutral geladenen Atomen zu vereinigen, usf. Hegel hebt lobend eine Schrift seiner Zeit hervor, die gerade diese Mannigfaltigkeit des Faktischen als lebendiger Naturtätigkeit richtig erfasse.³⁰ Als Ergebnis des galvanischen Prozesses bleibt festzuhalten, dass aus zwei differenten Metallen durch die Vermittlung von Wasser oder einem anderen Reaktionsmedium Oxid entstanden ist. Legt man einen Eisennagel und ein Stück Silberblech ohne Berührung ins Wasser, wird das Eisen langsam durch den Luftsauerstoff im Wasser rosten, also oxidieren. Berühren sich beide Metalle, wird der Oxidationsprozess beschleunigt; das Silber ändert sich nicht. Hier geht es um Redoxpotentiale (unedles-edles Metall). Taucht man z.B. einen Eisennagel

²⁹ Schenk, Chemie aktuell S.69

³⁰ Pohl, Georg Friedrich: Der Prozeß der galvanischen Kette, Leipzig 1826

(unedles Metall) in eine Lösung von Kupfersulfat (früher Kupfervitriol), so entsteht Kupfer und Eisensulfat in Lösung. Ein anderes Beispiel sind Opferanoden: Magnesium verbunden mit dem Eisen der Aussenhaut eines Schiffes reagiert im Meerwasser zu Magnesiumoxid anstelle des Eisens. Bei reinem Wasser wird kein Oxid entstehen. Das Metalloxid wird als Erde bezeichnet, womit auch das vierte aristotelische Element vorliegt. Die logische Struktur dieses Ablaufes soll erst gemeinsam mit den beiden folgenden chemischen Prozessen dargestellt werden.

Feuerprozess

Es wurde schon auf die Bedenken hingewiesen, die . selbst nach Hegels eigener Auffassung . der Annahme der vier Elemente Feuer, Luft, Wasser und Erde entgegenstehen. Auf der anderen Seite muss man sehen, dass in der heutigen Chemie die ersten drei dieser Substanzen ständig als Reaktionsmedien, also als Mitte im Sinne der Hegelschen Schlusslogik, Verwendung finden. Sogar die Erden finden bei den Erdalkalimetallen im Periodensystem der Elemente noch Erwähnung.

„Wasser ist das wichtigste Lösungsmittel.“³¹ „Zum Nachweis zünden wir den aus dem Reagenzglas ausströmenden Wasserstoff an. Er verbrennt zu Wasser. Damit ist der Nachweis erbracht, dass Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff besteht.“³² Beim Verbrennen von Schwefel entsteht Schwefeldioxid; daraus kann sich Schwefeltrioxid oxidieren, das mit Wasser zu Schwefelsäure reagiert.³³

Hegel verallgemeinert diesen Vorgang zu der Aussage, dass das Brennbare (Verbrennliche) durch das Medium Feuer . zu dem vermittelnd Luft und Wasser hinzutreten . entweder zu Säure oder zu Kali (Alkali) wird, das er als kaustisch charakterisiert. Heute wird das Begriffspaar meist Säuren und Basen genannt. In dem aggressiven Charakter der Säuren und den ätzenden Eigenschaften der Basen hat sich nach Hegels Darstellung der verzehrende Zug des Feuers erhalten.³⁴ Das Feuer verkörpert sich zur Säure. Nach dem allgemeinen Ablaufschema muss auch hier wieder der zweite Prozess die Besonderung ausdrücken; deshalb ist das Resultat ein Doppelpertes, Säuren und Basen, die ein scharfes Widerspruchsverhältnis bilden. Im Sprachgebrauch der Zeit wird dieses in Widerspruch Setzen Begeisterung genannt,

³¹ Schenk, Chemie aktuell S. 12

³² ebd. S. 23

³³ Schenk S. 94

³⁴ vgl. Engelhardt, Philosophie der Chemie S. 95

was man wissen muss, um dem ohnehin äusserst schwer verständlichen Text einen Sinn abzugewinnen.³⁵ Der Widerspruch besteht darin, dass Säure Protonen abgibt, während Basen Protonen aufnehmen. Deswegen reagieren sie intensiv miteinander, z. B. Wasserstoffchlorid mit Wasser, indem das Wasserstoffchloridmolekül ein Proton abgibt, welches vom Wassermolekül aufgenommen wird.³⁶

Es entstehen oft Vorstufen von Säuren oder Basen. Verbrennt man Holz, entsteht auch nicht unmittelbar eine Säure oder eine Base. Laugt man dagegen die Asche mit Wasser aus, entsteht eine basisch reagierende Lauge, nämlich eine Lösung von Pottasche (Kaliumcarbonat). Man spricht in diesem Fall nicht von einer Base, sondern von einer Lösung mit basischen Eigenschaften.

Feuer ist Tätigkeit. Es ist die Tätigkeit, die im elektrischen Prozess noch in der Beziehung der verschiedenen Metalle wirksam war (an sich), nun als selbständig in die Existenz herausgetreten, für sich existierend, in der Form der freien Unruhe, des Sichverzehrens. In dem Charakter als Tätigkeit finden wir bereits einen wichtigen Hinweis auf die logische Form dieses Moments; denn die Tätigkeit ist logisch die Einzelheit. Als Ergebnis des Feuerprozesses bleibt bestehen, dass das Feuer als Tätigkeit ein brennbares Objekt entweder zu einer Säure oder Base macht, die zueinander im Widerspruch stehen.

Wasserprozess, Neutralisation

Der dritte Prozess besteht darin, dass die beiden widersprüchlichen Substanzen, Basen und Säuren, durch Wasser vermittelt so reagieren, dass sie ihren Widerspruch ausgleichen und als neutrales Produkt ein Salz entsteht,³⁷ z. B. so:

Das feste Ätznatron NaOH, das aus je einem Atom Natrium, Sauerstoff und Wasserstoff besteht, ist ein basischer Stoff. Löst man das Ätznatron in Wasser, so entsteht Natronlauge. Na⁺ ist umgeben von Wasser ebenso wie OH⁻, die durch das Wasser voneinander getrennt sind. Gibt man zur Natronlauge Na⁺OH⁻ nun Salzsäure H₃O⁺Cl hinzu, so schliesst sich das H₃O⁺ mit dem OH⁻ zu 2 Atomen H₂O zusam-

³⁵ vgl. Engelhardt, Philosophie der Chemie S. 89

³⁶ Schenk, Chemie aktuell S. 88

³⁷ Hegel, Naturphilosophie S. 323 (§ 332 Z); Der Brockhaus. Multimedial 2001, 3 CD-ROMs, ISBN 3-411-06906-6, (C) Bibliographisches Institut & F.A.Brockhaus AG, 2001: «Base ò im engeren Sinn Verbindung, die mit Säuren durch Neutralisation Salze bildet und in wässriger Lösung durch Abspaltung von Hydroxidionen (OH⁻) eine alkalische Reaktion zeigt.» Als Reaktionsprodukte der Neutralisation entstehen immer Wasser und ein Salz. (Ernst, Christine u. a.: Basiswissen Schule. Chemie, Mannheim 1911, S. 148

men. Übrig bleibt das NaCl. Man hat also als Ergebnis Wasser und Kochsalz. Säure und Base haben sich zu einem neutralen Produkt vereinigt. Die logische Form ist, dass sich zwei verschiedene, besondere Substanzen (Besonderheit) durch einen Prozess (Einzelheit) zu einem Ganzen (Allgemeinheit) vereinigt haben (B . E . A).

Aus Säure und Base entstehen Salz und Wasser. Es bedarf nicht unbedingt des Mediums Wasser: Salzsäuregas (Wasserstoffchlorid oder Chlorwasserstoffgas, HCl) + Ätznatron (NaOH fest) ergibt Kochsalz + Wasser. $\text{HCl (g) + NaOH (s) \rightarrow NaCl + H}_2\text{O}$.

Zusammengefasst sehen die drei chemischen Prozesse wie folgt aus:

1. Galvanismus: Metall . Wasser . Oxyd
2. Feuerprozess: Brennbares . Feuer . Säure/Base
3. Neutralisation: Säure/Base . Wasser . Salz

Die logische Struktur des chemischen Prozesses

Im nächsten Schritt geht es darum, ihre logische Struktur zu ermitteln. Hegel fordert zwar, den chemischen Prozess als eine Dreiheit von Schlüssen darzustellen, leistet dies aber selbst in diesem Zusammenhang nicht:

§Eine vollständige Auseinandersetzung des chemischen Prozesses in seiner Totalität erforderte aber näher, daß er als realer Schluß zugleich als die Dreiheit von innigst ineinander greifenden Schlüssen expliziert würde - Schlüsse, die nicht nur eine Verbindung überhaupt von ihren terminis, sondern als Tätigkeiten Negationen von deren Bestimmungen sind (vgl. § 198) und die in einem Prozesse verknüpfte Vereinigung und Scheidung in ihrem Zusammenhange darzustellen hätten. §

Zum Feuerprozess heisst es:

§Der ganze Prozeß hat so die Form eines Schlusses, wozu die gebrochene Mitte und die beiden Extreme gehören. Die näheren Formen dieses Schlusses betreffen nun die Weisen der Tätigkeit und das, zu was jene Extreme die Mitte bestimmen, um sich aus ihr zu integrieren. Dies näher zu betrachten, würde eine sehr delikate Auseinandersetzung sein und uns zugleich zu

³⁸ Naturphilosophie S. 330 (§ 334); vgl. Bruno Liebrucks, Sprache und Bewußtsein. Band 6: Der menschliche Begriff: sprachliche Genesis der Logik, logische Genesis der Sprache. Teil 3. Hegel: Wissenschaft der Logik: der Begriff, Frankfurt am Main 1974, S. 399: Ich muss es mir versagen, den Chemismus als die Einheit der drei Schlüsse aufzuzeigen, wie Hegel es tut, da ich zu einem solchen Kommentar nicht kompetent bin. §Ähnlich S. 396

weit führen. Jeder chemische Prozeß müßte als eine Reihe von Schlüssen dargestellt werden, wo, was erst Extrem war, Mitte wird und die Mitte als Extrem gesetzt würde.³⁹

Der *delikat*en Auseinandersetzung^{entzieht} sich der Verfasser an dieser Stelle. Wir haben damit lediglich den Hinweis auf den oben dargestellten dreifachen Schluss A . B . E, B . E . A, E . A . B. Nur ein weiterer halbwegs konkreter Hinweis auf die Gestalt der Schlüsse findet sich gegen das Ende der Beschreibung des chemischen Prozesses in der *Wissenschaft der Logik*. Dort ist zweimal vom disjunktiven Schluss die Rede, und zwar, wie es scheint, bezogen auf die letzte Stufe des chemischen Prozesses. Das ergibt sich trotz aller Unklarheit in der Numerierung, die in Ziff. (2) den zweiten und dritten Prozess beschreibt, und in Ziff. (3) nicht, wie man erwarten sollte, den dritten, sondern einen allgemeinen Überblick. Es heisst aber ausdrücklich: *„Dieser disjunktive Schluss ist die Totalität des Chemismus“*, auch einen Absatz vorher ist vom *disjunktiven Schlusse* die Rede. Das bezieht sich eindeutig auf die Schlusslogik, in der der disjunktive Schluss der letzte in der Reihe der Schlüsse ist und damit auch die Vollendung in der Entwicklung der Schlüsse darstellt. Er lautet folgendermaßen, zur besseren Verständlichkeit an einem Beispiel:

Diese Blume ist entweder eine Tulpe oder eine Lilie oder eine Rose.

Diese Blume ist aber eine Tulpe.

Also ist diese Blume weder eine Lilie noch eine Rose.

Seine begriffslogische Struktur ist:

Das Allgemeine (Blume) ist etwas Besonderes; die Gattung disjungiert sich in ihre Arten: A . B. Diese Blume (etwas Einzelnes) ist etwas Allgemeines (Tulpe): E . A. Also bezieht sich das Einzelne durch das Allgemeine auf die Besonderheit. Die Form E . A . B kennzeichnet Hegel explizit als die logische Gestalt des disjunktiven Schlusses. Er gilt nun nach seiner Aussage auch für die letzte und höchste Stufe des chemischen Prozesses. Damit eröffnet sich aber auch die Möglichkeit, einen Rückschluss auf die davorliegenden Stufen zu ziehen, indem man nämlich die davorliegenden Schlüsse der Schlusslogik zu Hilfe nimmt. Das sind der kategorische und der hypothetische Schluss. Sie haben, zusammen mit dem disjunktiven Schluss, in der *Wissenschaft der Logik* die folgende logische Form:

³⁹ Hegel, Naturphilosophie S. 320 (§ 331 Z)

E . B . A kategorisch
 A . E . B hypothetisch
 E . A . B disjunktiv

Arbeitet man nun die begriffslogische Struktur für alle drei Stufen des chemischen Prozesses heraus, so ergibt sich:

1. Zwei verschiedene, mithin einzelne Metalle, etwa ein edles und ein unedles Metall in einer Batterie, vereinigen sich durch Wasser, das hier die Besonderheit repräsentiert, zum Oxyd, das ein neutrales, mithin allgemeines, Produkt darstellt: Einzelnes . Besonderes . Allgemeines.
2. Ein allgemeiner, brennbarer Ausgangsstoff wird durch Feuer (Einzelnes) zu zwei besonderen, weil gegensätzlichen Substanzen (Säure und Base): Allgemeines . Einzelnes . Besonderes.
3. Hier werden zwei verschiedene Stoffe (B) miteinander durch Vermittlung des Wassers als des abstrakten Mediums der Neutralität (A) zu einem neutralen Produkt vereinigt, das aber nicht etwas abstrakt Indifferentes ist, sondern die Einheit zweier Existierender,⁴⁰ also ein Konkretes, Einzelnes (E):⁴¹ Besonderes . Allgemeines . Einzelnes.

In Kurznotation:

E . B . A
 A . E . B
 B . A . E

Wie man sieht, unterscheidet sich diese Form im dritten Schluss von der Darstellung in der *Wissenschaft der Logik*, wo er nicht B . A . E heisst, sondern umgekehrt E . A . B. Die *Wissenschaft der Logik* weist hier eine Unstimmigkeit auf, weil die drei Begriffsmomente nicht . wie von Hegel selbst postuliert . in einem Kreislauf abwechselnd alle drei Stellen des Schlusses besetzen, vielmehr die erste Stelle nie das B

⁴⁰ Hegel, Naturphilosophie S. 323 (§ 332 Z)

⁴¹ Die besonderen Bestimmungen sind im individuellen Körper vereinigt wie in einem Bouquet, in das sie zusammengebunden sind. Hegel, Naturphilosophie S. 290 (§ 326 Z)

aufweist, die dritte niemals das E. Diesen Fehler hat Hegel in der *Enzyklopädie* an anderen Stellen . allerdings nicht beim disjunktiven Schluss . stillschweigend bereinigt, so dass es legitim erscheint, dies auch auf den disjunktiven Schluss zu übertragen.⁴² Man erspart sich damit, beiläufig gesprochen, auch die Auslegungsschwierigkeiten, die die diesbezüglichen Ausführungen in der *Wissenschaft der Logik* bieten.⁴³ Im Ergebnis haben die drei Schlüsse also dieselbe Struktur wie der dreifache oder absolute Schluss, den Hegel als Desideratum postuliert hat. Allerdings gibt es davon zwei Varianten, eine, die mit dem Allgemeinen beginnt, die andere mit dem Einzelnen:

A . B . E	E . B . A
B . E . A	A . E . B
E . A . B	B . A . E

Beide unterscheiden sich nur in der Ablaufrichtung. Die erste beginnt mit der Trennung eines Ganzen in besondere Elemente, während die zweite die Vereinigung verschiedener Substanzen zu einem Ganzen beschreibt. Beides geschieht ständig in der empirischen Chemie. Dafür drei Beispiele:

Salzsäure

Das Gas HCl löst sich begierig in Wasser. Dort trennt es sich in H^+ und Cl^- , die umgeben sind von Wassermolekülen. Das Proton H^+ wird solvatisiert, d.h. vereinfacht: es assoziiert sich mit einem Wassermolekül H_2O . Dadurch entsteht H_3O^+ . Zusammen mit dem verbleibenden solvatisierten Chlorion Cl^- ist das Salzsäure.

Es hat also zunächst eine Dissoziation des Gases HCl in das Wasserstoffion H^+ und das Chlorion Cl^- stattgefunden, und zwar mittels des Mediums Wasser. Die Ausgangssubstanz HCl vertritt hier die logische Position des Ganzen, also des Allgemeinen (A). Dies besondert sich in die zwei Substanzen H^+ und Cl^- , die damit die logische Besonderheit (B) repräsentieren. Die eine Seite der Besonderheit, das Wasserstoff-Proton, assoziiert sich mit einem Molekül Wasser zu H_3O^+ , und dieses mit der anderen Seite der Besonderheit, dem von Wassermolekülen umgebenen solvati-

⁴² Werckmeister, Absoluter Schluss S. 39

⁴³ S. 433: Dem Extrem der Einzelheit steht das Extrem der Allgemeinheit gegenüber. Das würde nahezu zwingend die Form E . B . A ergeben, während im nächsten Absatz erneut auf den disjunktiven Schluss verwiesen wird, der auf S. 398 eindeutig E . A . B heisst.

sierten Chlorion Cl^- , zu Salzsäure HCl , die somit das Produkt des Prozesses ist und logisch das Einzelne (E) darstellt. Dieser Vorgang wird in folgendem Schluss abgebildet:

HCl Wasser, Wasserstoff-Proton und Chlorion Salzsäure A . B . E

Natriumchlorid (Kochsalz)

Bringt man NaCl in Wasser, so trennt es sich in ein positiv geladenes Natrium-Ion, das umgeben ist von Wassermolekülen, und ein negativ geladenes Chlorion, das ebenfalls von Wassermolekülen umgeben ist. Wenn man das verdampft, ist das Wasser weg, und das getrennte Natriumion und Chlorion haben keine andere Möglichkeit, als sich miteinander wieder zu einem festen Kristall zusammenzuschließen, weil sie nicht mehr vom Wasser auseinandergehalten, d.h. solvatisiert werden.⁴⁴

Natriumchlorid . Wasser, Natriumion und Chlorion . Natriumchlorid A .
B . E

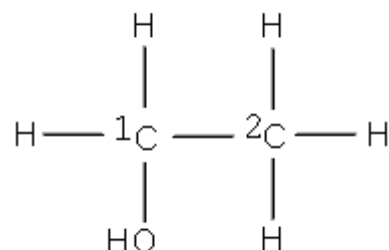
In diesem Fall ist das Endprodukt, chemisch betrachtet, identisch mit dem Ausgangsstoff. Logisch gesehen unterscheiden sie sich jedoch: Das erste ist der Ausgangsstoff, das letzte ein Produkt. Das ist der große Unterschied in der dialektischen Logik: ob etwas unmittelbar ist oder vermittelt, hervorgegangen aus etwas anderem. Es gilt noch festzuhalten, worauf die Verbindung, der Zusammenschluss der verschiedenen Substanzen Natriumion und Chlorion beruht. Natrium hat auf seiner Außenschale ein Elektron, Chlor hat sieben. Weil jedes Element bestrebt ist, die optimale Konfiguration seiner äusseren Schale zu erreichen, und das ist die Besetzung mit acht Elektronen, der Edelgaskonfiguration, gibt das Natrium das einzige Elektron seiner Aussenschale ab; dann entfällt diese, und die darunterliegende Schale mit acht Elektronen ist die äussere. Das Ziel ist erreicht. Umgekehrt nimmt das Chlor dieses Elektron auf und vervollständigt damit seine äussere Schale von sieben auf acht, womit es ebenfalls den angestrebten Zustand erreicht hat. Weil das Natrium ein negativ geladenes Elektron abgegeben hat, ist es jetzt nicht mehr neutral, sondern positiv geladen; das Chlor, weil es ein zusätzliches Elektron aufgenommen hat, ist nun

⁴⁴ Vgl. Hegel, Naturphilosophie § 365 Z

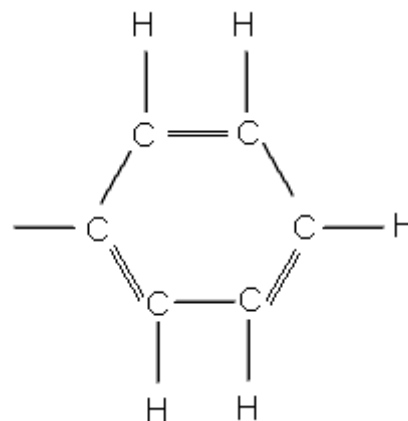
negativ geladen. Gegensätzliche Ladungen aber ziehen sich an, während sich gleichnamige abstoßen. Deshalb ziehen sich nun Natrium und Chlor gegenseitig an und sind jetzt fest miteinander zu einem Kristall verbunden. Es entstehen NaCl-Kristalle. Logisch betrachtet ist das positiv geladene Atom das Allgemeine, das negativ Geladene das Besondere. Das Besondere ist deshalb negativ, weil es sich negativ von anderem abgrenzt. Wenn sich beide zusammenschliessen, entsteht das Einzelne, das Produkt des Prozesses.

Die Umwandlung von 1,2-Diphenylethanol zu trans-Stilben⁴⁵

Ausgangsstoff ist der Alkohol Ethanol. Dieser ist bekannt als Bestandteil von Genussmitteln wie Wein und Bier. Das Grundgerüst der Verbindung sieht folgendermassen aus:

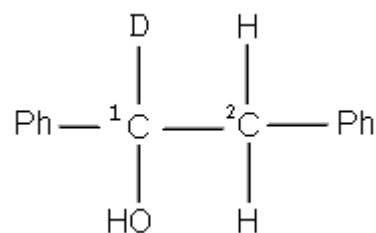


Am Kohlenstoffatom C1 werden nun zwei Wasserstoffatome H gegen ein Phenyl und ein Deuterium ausgetauscht; auf eine Trennung folgt eine neue Verbindung. Phenyl (Ph) ist Benzol, dem ein Wasserstoffatom fehlt:



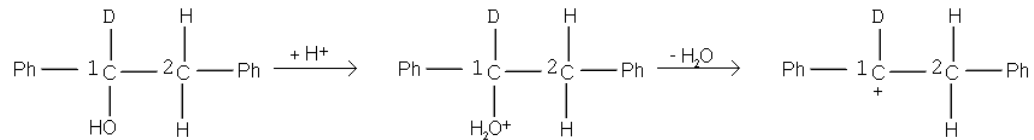
Deuterium (D) ist schwerer Wasserstoff, der im Atomkern neben einem Proton ein Neutron besitzt. Deuterium kommt in geringen Mengen in der Natur vor.

Ferner wird am Kohlenstoffatom C2 ein H durch ein Ph ersetzt. So entsteht einfach deuteriertes 1,2-Diphenylethanol:



⁴⁵ Nach: Eigenwillig, Gerd Georg: Untersuchungen über das 1,2 Diphenyläthylkation. Dissertation. Philipps-Universität, Marburg/Lahn, 1968

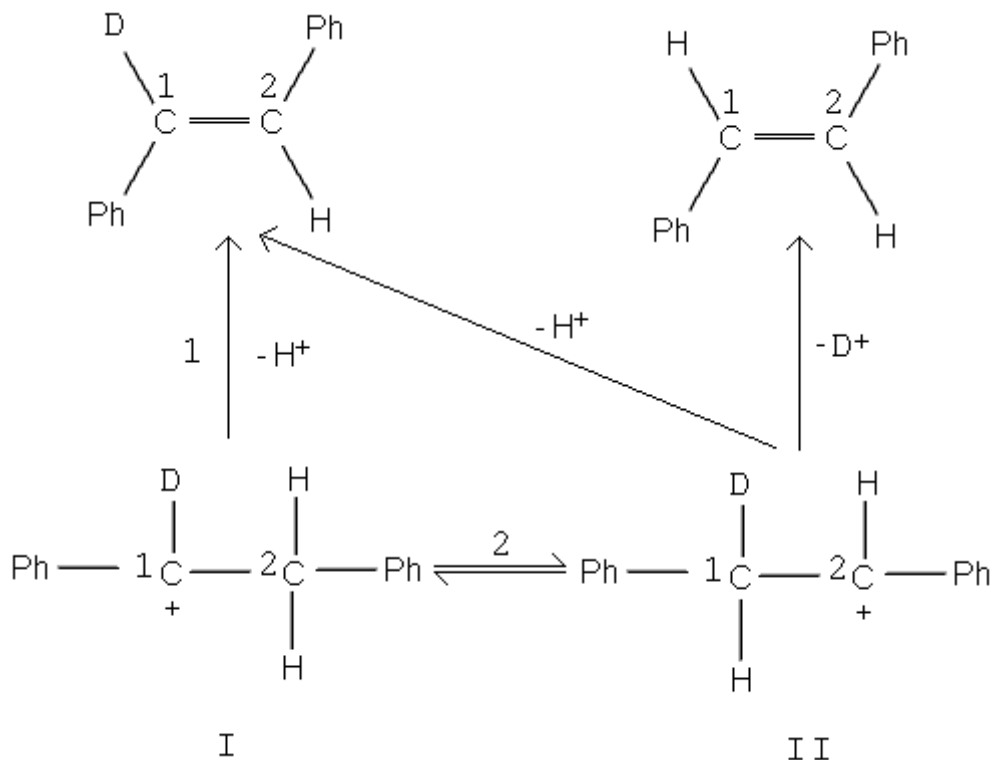
Das 1,2-Diphenylethanol wird in eine Flüssigkeit eingebracht, die eine Mischung aus Wasser, Schwefelsäure (H_2SO_4) und Ethanol ist. Ein Wasserstoffion (H^+) der Schwefelsäure lagert sich an die Hydroxylgruppe ($-\text{OH}$) des 1,2-Diphenylethanol an. Danach spaltet sich vom Kohlenstoffatom C1 Wasser (H_2O) ab, und die positive Ionenladung verbleibt beim C1. Es ist ein 1,2-Diphenylethylcarboniumion entstanden. Seine Existenz ist experimentell nachweisbar.



Dieser Vorgang, bei dem Wasser (H_2O) abgespalten wird, heißt Dehydratisierung. Sie ist die treibende Kraft des Prozesses.

Das Ethanol in der Mischung aus Wasser, Schwefelsäure und Ethanol dient dazu, das im Prozess entstehende trans-Stilben in Lösung zu halten. - Die Schwefelsäure gibt zuerst ein Wasserstoffion (H^+) an das 1,2-Diphenylethanol ab, gewinnt es aber bei der Entstehung des trans-Stilbens zurück. Die Schwefelsäure wird nicht verbraucht. Sie wirkt als Katalysator.

Das 1,2-Diphenylethylcarboniumion I hat zwei theoretische Möglichkeiten, sich zu stabilisieren.



Weg 1

Das 1,2-Diphenylethylcarboniumion I spaltet vom Kohlenstoffatom C2 ein Wasserstoffion (H^+) ab. Das Resultat ist am Kohlenstoffatom C1 deuteriertes trans-Stilben.

Weg 2

Die 1,2-Diphenylethylcarboniumionen I und II stehen im chemischen Gleichgewicht. Die Ursache wäre die Wanderung eines Wasserstoffatoms vom Kohlenstoffatom C2 zum Kohlenstoffatom C1. Trans-Stilben entsteht in diesen Fällen durch Abspaltung eines Wasserstoffions (H^+) oder eines Deuteriumions (D^+) vom Kohlenstoffatom C1.

Trifft der Weg 1 zu, enthält das trans-Stilben ebensoviel Deuterium (D) wie das einfach deuterierte 1,2-Diphenylethanol.

Trifft der Weg 2 zu, enthält das trans-Stilben weniger Deuterium (D) als das einfach deuterierte 1,2-Diphenylethanol; denn es werden im Prozess auch Deuteriumionen (D^+) abgespalten.

Die Versuchsergebnisse weisen aus, dass das einfach deuterierte trans-Stilben exakt so viel Deuterium enthält wie das eingesetzte einfach deuterierte 1,2-Diphenylethanol. Das beweist: Die Bildung des trans-Stilbens verläuft über den Weg 1 und nicht über den Weg 2.

Synthese und Analyse

Schon Lavoisier hatte gesehen, dass erst die Verknüpfung von Synthese und Analyse eine gesicherte Einsicht in die Zusammensetzung eines Stoffes gewährleistet:

«La chimie présente, en général, deux moyens pour déterminer la nature des parties constituantes d'un corps, la composition et la décomposition, et en général, on ne doit être pleinement satisfait en chimie, qu'autant qu'on a pu réunir ces deux genres de preuves.»⁴⁶

Hegel beginnt aber in der *Naturphilosophie* mit der Vereinigung, so dass wir hierfür die zweite Variante des oben angeführten dreifachen Schlusses zugrundelegen können, die bei den getrennten Einzelnen (E) beginnt.

Wir hatten bereits gesehen, wie die Verbindung von Natrium und Chlor zu Kochsalz zustande kommt. Dieser Vorgang lässt sich verallgemeinern. Die Vereinigung oder Verbindung von chemischen Elementen erfolgt nach heutiger Kenntnis dadurch, dass Atome das Bestreben haben, auf ihrer äußeren Elektronenhülle

⁴⁶ zitiert nach Engelhardt, Hegel und die Chemie S. 44

(Schale) die Idealzahl von acht Elektronen zu haben, wie es bei den Edelgasen der Fall ist (Edelgaskonfiguration). Hat ein Atom nun sieben davon, reagiert es bevorzugt mit einem anderen, das nur ein Elektron auf der Außenschale trägt. Dieses eine Elektron geht auf das andere über, wodurch dieses nun acht besitzt. Bei dem ersten fällt die äußere Schale weg, weil sie ja nicht mehr besetzt ist, und die darunterliegende Achterschale wird zur äußeren. Beide Atome, die jetzt Ionen sind, haben den Idealzustand erreicht. Entsprechend läuft es ab, wenn ein Atom auf der Außenschale zwei Valenzelektronen hat, wie sie auch genannt werden, etwa Zink und Calcium. Dann reagiert es mit mehr Atomen, die auf der äußeren Hülle sieben Elektronen besitzen. Entsprechend verhält es sich bei drei Elektronen wie beim Aluminium, usw.

Elektronen sind negativ geladen. Durch die Abgabe seines Elektrons wird das abgebende Atom positiv geladen, das aufnehmende hingegen negativ. Weil entgegengesetzte Ladungen sich anziehen, ist eine Anziehungskraft entstanden, die die beiden Atome zusammenhält. Atome, die ein Elektron abgegeben oder aufgenommen haben, werden (negative oder positive) Ionen genannt. Deshalb heißt diese Art der Bindung Ionenbindung. Es gibt auch noch die Atombindung, die durch ein oder mehrere Elektronenpaare bewirkt wird.

All dies beruht ersichtlich auf der von John Dalton (1766-1844) begründeten Atomtheorie.⁴⁷ Aber gerade diese hat Hegel ausdrücklich abgelehnt, so dass ihm diese Erkenntnisquelle verschlossen blieb. Es sei die schlechteste Form einer atomistischen Metaphysik.⁴⁸ Hier, muss eindeutig konstatiert werden, ist er einem Irrtum erlegen, obgleich seine Motive, nämlich dass nicht alles letzten Endes auf immer kleinere materielle Teilchen zurückgeführt werden könne, von den späteren Erkenntnissen der Physik, dem Welle-Teilchen-Dualismus, der Unschärferelation und der Annahme von Elektronenwolken in gewisser Weise bestätigt wurde.

Unendliche Form

Am Ende der Darstellung des chemischen Prozesses in der *Enzyklopädie* spricht Hegel mindestens neun Mal von der unendlichen Form oder unendlichen freien Form oder die Ruhe des Beharrens zuwider sei; denn sie sei Unruhe, Bewegung, Tätigkeit und trete so erst hervor als das, was sie an und für sich ist. Was aber ist diese unendliche Form? In der zeitgenössischen Philosophie wurde unter Form ne-

⁴⁷ dazu näher Engelhardt ebd. S. 69-72

⁴⁸ Hegel, Naturphilosophie S. 326 (§ 333 Z)

ben vielem anderen auch die Satz- oder Urteilsform verstanden, so etwa bei Schelling.⁴⁹ In einem Satz oder Urteil wird ein Inhalt (Materie), das Subjekt, in eine Form gebracht, die vom Prädikat ausgedrückt wird. Die im Auftrag Kants erstellte sog. *Jaesche-Logik* sagt dazu aus: sMaterie und Form der Vernunftschlüsse. In den Vordersätzen oder Prämissen besteht die *Materie*; und in der Konklusion, sofern sie die Konsequenz enthält, die *Form* der Vernunftschlüsse.⁵⁰ In Meiers *Vernunftlehre*, deren Auszug Kant für seine Vorlesungen benutzte, heisst es: sMaterie des Vernunftschlusses sind die Vordersätze, Form ist der Zusammenhang, in dem die Wahrheit des Schlusssatzes mit der Wahrheit der Vordersätze steht, oder die Folge des ersten aus dem letzteren.⁵¹

Die Urteilsform hat sich also zur Schlussform weiterentwickelt, für die nach der traditionellen Auffassung die Prämissen die Materie oder den Inhalt bilden, die Konklusion aber die Form, oder besser: Die Form ist der Zusammenhang des Schlusssatzes mit den Vordersätzen. Da aber für Hegel die Begriffsmomente im Schluss miteinander kreisförmig die Stelle tauschen, eines jeweils an die Stelle des anderen tritt, fällt die feste Zuordnung weg, die sie bei seinen Vorläufern noch hatte, und wird durch eine rekursive Beziehung ersetzt. Genau dies aber ist eine unendliche Beziehung, in der die Momente immer wieder zu einander zurückkehren: die unendliche Form.

Scheidung

Die drei chemischen Prozesse der Verein(ig)ung enden in einem einzelnen bzw. besonderen neutralen Produkt, das wieder wie am Beginn ein Ausgangsstoff neuer chemischer Reaktionen ist. Die Stoffe partikularisieren sich in eine Fülle chemischer Substanzen, die nach den oben aufgezeigten Regeln der Begriffslogik miteinander reagieren. Vereinigung und Scheidung sind in einem und demselben Prozess miteinander verknüpft und müssten . wie weiter oben schon zitiert . als Dreieit von in- nigst ineinander greifenden Schlüssen expliziert werden. Diese Explikation muss hier nicht wiederholt werden. Die Stoffe und Prozesse unterliegen den Regeln der Wahlverwandtschaften, die im Prinzip die Reaktion zwischen den Gegensätzen der Basen

⁴⁹ Manfred Frank: *Auswege aus dem Deutschen Idealismus*, Frankfurt am Main 2007, S. 345

⁵⁰ Immanuel Kant/Gottlob Benjamin Jäsche: *Immanuel Kants Logik. Ein Handbuch zu Vorlesungen*, Königsberg 1800, S. 189 (§ 59)

⁵¹ Georg Friedrich Meier: *George Friedrich Meiers Vernunftlehre*, Halle 1752, S. 564 (§ 395)

und Säuren sind.⁵² Es war zu Hegels Zeit eine verbreitete Anschauung, diese Regeln auch auf das menschliche Zusammenleben zu erstrecken, was Goethe zu seinem Werk *„Wahlverwandtschaften“* veranlasste, in dem Paarbeziehungen sich durch wechselnde Anziehung und Abstoßung finden und wieder auflösen, fast wie in heutigen Patchworkfamilien und Lebensabschnittspartnerschaften, oft mit dramatischem Ausgang.

Hegels Systematisierung der Elemente

Erwähnenswert ist noch, dass als Ergebnis des gesamten chemischen Prozesses die darin auftretenden Substanzen (*„Körper“*) wieder nach den Elementen des Empedokles systematisiert werden. Bevor der Leser sich kopfschüttelnd abwendet, sei darauf hingewiesen, dass auch im Periodensystem der Elemente diese nicht allein nach der Zahl der Protonen und Elektronen systematisiert werden, beginnend mit dem Wasserstoff, der von beidem nur eines enthält, sondern auch nach anderen Eigenschaften. So werden Metalle von Nichtmetallen und Gasen oder auch Erden⁵³ unterschieden. Bei Hegel gibt es – wie in seiner Logik – eine aufsteigende Reihenfolge vom Abstraktesten, den Gasen, über eine zunehmende Realisierung und Verdichtung bis hin zum Konkretesten, dem Metall.

1. Gase (*„Luft“*): Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, kohlenstoffsaures Gas
2. Basen und Säuren (*„Feuer“*), z. B. Ammoniak und Natronlauge als Basen, Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure als anorganische Säuren, Essigsäure als organische Säure
3. Wasser
4. Erde, z. B. Salz, Stein, Erz, Metall

Alles folgt wieder der Logik des Begriffs,⁵⁴ indem es jeweils beim Allgemeinen, Abstrakten beginnt, sich besondert und differenziert in Gegensätze, wobei die Zahl der

⁵² Hegel, *Naturphilosophie* S. 325 (§ 333 Z); zu den quantitativen Verhältnissen zwischen Basen und Säuren s. Engelhardt, *Hegel und die Chemie* S. 66. Hegel betrachtete das von Guyton de Morveau hierzu gefundene Gesetz als den wichtigsten Schritt zur Vereinfachung dieser Beziehungen: *Naturphilosophie* S. 323 (§ 333).

⁵³ nach heutigem Kenntnisstand ebenfalls Metalle

⁵⁴ vgl. Engelhardt, *Hegels Philosophie der Chemie* S. 99; er spricht vom *„Begriff des chemischen Prozesses“*, verwendet ihn aber im Sinne des Alltagsgebrauchs, nicht im Sinne Hegels als Einheit des Allgemeinen, Besonderen und Einzelnen. Ebenso wird von ihm *„der allgemeine Begriff der Chemie“*

logischen Schritte in der Natur immer vier (und nicht drei) beträgt, weil die Mitte hier gedoppelt (gebrochen) ist, und sich das Ganze am Schluss zum Einzelnen konkretisiert und zusammenschliesst.

Einordnung in Hegels Systemablauf

Damit ist die logische Idee auf ihrem Weg zur Selbstverwirklichung wieder einen entscheidenden Schritt vorangekommen. Er baut auf Kants Kategorien der Quantität auf, dem Allgemeinen, Besonderen und Einzelnen, mit denen dieser seine Kategorientafel beginnen lässt. Hegel hat Kants Reihenfolge umgedreht, indem er richtigerweise die Kategorien des Daseins (der Qualität) an die erste Stelle gesetzt hat, denn erst muss etwas⁵⁵ da sein, ehe es eines, vieles oder alles sein kann. Deshalb beginnt seine *WdL* . die man ebenso wie Kants *Kritik der reinen Vernunft* als eine Deduktion der Kategorien ansehen kann . mit dem (reinen) Sein. Das Sein ist weder das Allgemeine noch das Besondere oder Einzelne, sondern enthält diese drei Kategorien, die sich erst später entwickeln, noch unentfaltet in sich.

Das Allgemeine und das Einzelne sind Extreme: das Allgemeine der Extension nach das Größte, weil Umfassendste, während das Einzelne das Kleinste ist, das nur eines umfasst. Umgekehrt verhält es sich aber mit der Intension, dem Begriffsinhalt: Hier ist das Allgemeine das Kleinste, weil es den geringsten Begriffsinhalt hat, das Einzelne aber das Größte mit einer Mannigfaltigkeit von Bestimmungen. Sie sind somit ebenso identisch wie widersprüchlich. Zwischen ihnen vermittelt das Besondere. Aus diesem Spannungsverhältnis entwickelt sich bei Hegel die Urteils- und Schlusslogik, die im absoluten oder dreifachen Schluss kulminiert. Von dort geht der Begriff . das ist die Einheit des Allgemeinen, Besonderen und Einzelnen . in die Objektivität über.

Er kennzeichnet das Verhältnis des Ganzen (Allgemeinheit) zu seinen Teilen oder Elementen (Einzelheit).⁵⁶ Diese verhalten sich auf der ersten logischen, noch ganz äußerlichen Stufe der Objektivität, dem Mechanismus, so zu einander, dass die Objekte sich einen Mittelpunkt schaffen, zu dem sie streben, ohne ihn je zu errei-

benutzt: Engelhardt, Dietrich von: Das chemische System der Stoffe, Kräfte und Prozesse in Hegels Naturphilosophie und der Wissenschaft seiner Zeit, in: Hegel-Studien, Beiheft 11 (1974), S. 125-139 (126).

⁵⁵ cum grano salis; denn auch diese Kategorie entsteht erst später.

⁵⁶ vgl. Färber, Hegels Philosophie der Chemie S. 96: das nur metaphysisch ganz lösbares Problem des Verhältnisses von Teil und Ganzem.

chen. Das sehen wir im Sonnensystem. Die nächste logische Stufe ist der Chemismus. Hier streben die Objekte auch zueinander, aber diesmal erreichen sie ihr Ziel: sie vereinigen sich, aber trennen sich auch wieder.⁵⁷ Das Verhältnis von Einheit und Verschiedenheit der Objekte hat also hier den Zustand erreicht, dass beide in einem Prozess vereint sind. Jeder dieser Prozesse hat eine Ausgangssubstanz und ein Endprodukt. Das Endprodukt ist aber wieder genauso ein chemischer Stoff, der als Ausgangsstoff für eine weitere chemische Reaktion dient. Diese Prozesse müssen immer wieder von außen angestossen werden; sie sind ein Verlauf von lauter abgebrochenen Prozessen,⁵⁸ sind also nicht selbstbestimmt, obgleich die Identität des Anfangs mit dem Ende schon erreicht ist. Deshalb muss der Chemismus in die Zweckbeziehung oder Teleologie übergehen, in der der Zweck sich selbst in seinem Ergebnis realisiert; dies ist der Beginn der Selbstbestimmung.

⁵⁷ Das Unterschiedene wird identisch gesetzt, indifferenziert; das Identische hingegen differenziert, begeistert und geschieden (Naturphilosophie S. 288 (§ 326)).

⁵⁸ Naturphilosophie S. 299 (§ 329 Z)