

Achte Abteilung

33

ENCHEIRESIS NATURAE¹

n der Schülerszene des Goetheschen „Faust“ beschließt Mephistopheles den satirischen Vortrag, den er dem jungen Studiosus über das „Collegium logicum“ hält, mit den allbekannten Worten:²

Wer will was Lebendigs erkennen und beschreiben
Sucht erst den Geist heraus zu treiben.
Dann hat er die Theile in seiner Hand,
Fehlt leider! nur das geistige Band.
Encheiresin Naturae nennt's die Chemie,
Spottet ihrer selbst und weiß nicht wie.

Auch die älteste uns erhalten gebliebene Fassung des „Faust“, vermutlich die nämliche, die Goethe 1775 nach Weimar mitbrachte, weist diese Verse bereits auf;³ sie lauten dort etwas derber:

Wer will was Lebigs erkennen und beschreiben
Muß erst den Geist herauszer treiben.
Dann hat er die Theile in seiner Hand,
Fehlt leider nur das geistliche Band.
Encheiresin Naturae nennt's die Chimie,
Bohrt sich selbst einen Esel und weiß nicht wie.

und in dieser „alten Lesart“ pflegte sie Goethe selbst noch in seinen späteren Jahren zu zitieren.⁴

¹ „Chemiker-Zeitung“ 1907, S. 461. ² Goethes Werke, Weimarer Ausgabe, Abt. 1, Bd. 14, S. 91. ³ „Goethes Faust in ursprünglicher Gestalt“ (ed. E. Schmidt, Weimar 1888, S. 15). ⁴ Falk, „Goethe aus näherem persönlichem Umgange dargestellt“ (Leipzig 1856, S. 24); einen

Die Herkunft des befremdenden Kunstausdruckes „Encheiresis Naturae“, sowie seine eigentliche Bedeutung zu ermitteln und daraufhin den Sinn der angeführten Stelle in zureichender Weise aufzuklären, ist seit langer Zeit, bisher aber vergeblich, ein „heißes Bemühen“ literarischer wie chemischer Sachverständiger geblieben.

Düntzer z. B., der wegen seiner schlechten Schreibweise und kleinlichen Weitschweifigkeit zu Unrecht oft völlig Verkannte, der bereits 1854 den ersten ausführlichen „Faust“-Kommentar herausgab und ihn in den späteren Auflagen stets auf das sorgsamste weiter ergänzte, weiß nach fast fünfzigjähriger Arbeit noch nicht viel mehr zu sagen als schon anfangs: Wie die Logik die Gedanken, so zerlegt die Chemie die Körper, aber deren Teilen neues Leben einzuflößen, vermag sie nicht; Encheiresis ist eine althergebrachte Bezeichnung für chemische Operationen und Versuche, heißt jedoch wörtlich „Behandlung“, worauf Mephistopheles' Witz hinausgeht; doch kommt „Encheiresis Naturae“ in chemischen Lehrbüchern nicht vor, beruht aber auch kaum auf absichtlicher Erfindung, sondern wohl allein auf einem Mißverständnis, falls nicht vielleicht der Professor der Chemie in Leipzig oder Straßburg den „unglücklichen Ausdruck“ gebrauchte.¹ Schließlich führt Düntzer noch an, daß sich Goethe kurz vor seinem Tode des nämlichen Wortes, „jedoch in ganz anderem Sinne“, in einem Schreiben an den Chemiker Wackenroder zu Jena abermals bedient habe. (Die Stelle in diesem Briefe vom 21. Januar 1832 lautet: „... ob wir gleich gern der Natur ihre geheime Encheiresis, wodurch sie Leben schafft und fördert, zugeben, und, wenn auch keine Mystiker, doch zuletzt ein Unerforschliches eingestehen müssen.“)

Ausspruch Goethes von 1819 über den „West-östlichen Divan“ als „Vehikel mancher Eselsbohreneien“ berichtet auch der Kanzler v. Müller (Biedermann, „Goethes Gespräche“, Leipzig 1889, Bd. 4, S. 2).

¹ „Goethes Faust“ (Leipzig 1889, Bd. 1, S. 120).

Kuno Fischer, der große Historiker der Philosophie und Literaturgeschichte, der gleichfalls seit fast einem halben Jahrhundert mit zu den bewährtesten Erklärern des „Faust“ zählt, spricht sich noch in der jüngsten Auflage seines Kommentars in analoger Weise aus:¹ Die Logik liefere tote Gerippe, die Natur lebendige Dinge; auf die Frage nach der Herkunft dieses Lebens laute die Antwort „das sei eben Werk und Handgriff der Natur, *Operatio Naturae*, *Encheiresis Naturae*“, man erkläre also die Sache durch das Eingeständnis, sie nicht erklären zu können, bilde sich zugleich aber doch ein, sie durch solche Fremdworte erklärt zu haben. K. Fischer fügt hinzu, es sei bei den Worten „*Encheiresis Naturae*...“ vielen Auslegern des „Faust“ genau so ergangen wie dem Schüler: „Kann Euch nicht eben ganz verstehn“; er versichert, *Encheiresis Naturae* sei kein chemischer Terminus und als solcher nirgends aufzufinden, und gedenkt zuletzt, unter Hinweis auf Loeper,² ebenfalls des Goetheschen Briefes an Wackenroder.

Auch der Altmeister chemischer Geschichtsforschung, H. Kopp, hat die fraglichen Verse des „Faust“ zum Gegenstand jahrzehntelanger Nachforschung gemacht; er berichtet über deren Ergebnisse kurz in seiner Schrift „*Aurea catena Homeri*“, die den Inhalt dieses von Goethe so hochgehaltenen Buches darlegt und seinen Verfasser nachweist,³ ausführlicher aber in den „Beiträgen zur Geschichte der Chemie“,⁴ einem Werke von fast unermeßlicher Gelehrsamkeit, das aber, infolge Mangels zureichender Register, für jeden, der es nicht annähernd auswendig kennt, so gut wie unbenutzbar bleibt.

Als Sinn der Worte des Mephistopheles bezeichnet Kopp folgendes: Statt die Erscheinungen geistig zu fassen, gehe man nur darauf aus, das ihnen zugrunde Liegende sinnlich wahrnehmbar, „handgreiflich“ in der eigentlichen Bedeutung dieses

¹ „Goethes Faust“ (Heidelberg 1905, Bd. 3, S. 399). ² G. v. Loeper, „Faust, 1. Teil“ (Berlin 1879, S. 83). ³ „*Aurea catena Homeri*“ (Braunschweig 1880, S. 5). ⁴ Braunschweig 1875, Bd. 3, S. 146.

Wortes zu machen, und die in dieser Richtung betriebene Chemie spotte unbewußt ihrer selbst und erscheine lächerlich. Er gibt jedoch zu, „daß damit eine Deutung, auf was die Stelle sich eigentlich beziehe, noch nicht genügend gegeben sei“, denn „Encheiresis Naturae“ in dem hiernach bei Goethe voraussetzenden Sinne „des in die Hand Bekommens, des ganz eigentlichen Begreifens“ ist in keiner chemischen Schrift „weder für dieses Streben selbst, noch für die Bearbeitung der so gestellten Aufgabe“ nachzuweisen.

Encheria oder Enchirisis entspricht nach Kopp nicht genau der eigentlichen Bedeutung von *ἐγχειρία* oder *ἐγχειρίσις* (Einhändigung, Überlieferung), und ist ein seltener Kunstausdruck, ebenso wie das verwandte Encheiresis, *ἐγχείρησις* (das Angreifen oder Anfassen, die Behandlungsart). Als erstes chemisches Werk, das dieses Wort gebraucht, bezeichnet Kopp die „Alchemia“ des Libavius von 1595:¹ die Alchemie, so sagt dieser Autor, zerfällt in zwei Teile, die Encheria und die Chymia, und zwar handelt die erstere „de operationum modis“, d. h. über die Lehre von den Handgriffen und von der manuellen Behandlungsweise, und die letztere „de speciebus . . . quae per operationes . . . in Enchirisi expositas conficiuntur“, d. h. über die Präparate, die man vermöge der in der Handgrifflehre erörterten Operationen darstellt. Einige weitere Belegstellen hat Kopp noch aus folgenden, nach 1600 erschienen alchemistischen und chemischen Schriften angemerkt: Im „Mundus subterraneus“ von 1664 sagt Athanasius Kircher² „revertemur ad enchirisin“, d. h. „reden wir aber weiter von der Behandlungsart“; 1684 spricht der berühmte Stahl von der Zerlegung der Körper in Grundstoffe „per enchireses adhuc notas“, durch die bisher bekannten Operationen“; 1705 erklärt Fr. Hofmann das Gelingen eines Experimentes abhängig von

¹ Siehe auch Kopp, „Geschichte der Chemie“ (Braunschweig 1844, Bd. 2, S. 11) und Hiortdahl, „Fremstilling af Kemiens Historie“ (Kristiana 1906, Bd. 1, S. 68).

² lib. 11, sect. 2, cap. 4.

der „debita enchiresi“, „vom gehörigen Handgriff“;¹ 1721 erscheinen des Roth-Scholz' „Fundamenta chymicopharmaceutica ac manuductio ad Enchireses artis pharmaceuticae speciales“ (Grundlagen der pharmazeutischen Chemie und Anweisung betreffs der besonderen pharmazeutischen Kunstgriffe); 1732 gibt ein Anonymus heraus „Fundamenta Chymiae dogmaticae, ... quae ... viam ... sternunt ... per solida ratiocinia ad dextras Encheireses“ (Grundlagen der theoretischen Chemie, ... die auf zuverlässigem Wege die Kenntnis der richtigen Kunstgriffe erschließen).

Diesen Anführungen Kopps wüßte ich noch nachstehende zuzugesellen: 1647 bemerkt A. Sala bei Besprechung des Weingeistes² „veniam ad ipsam encheiresin ... seu manulem operam destillandi“, d. h. „jetzt komme ich zur wahren Encheirese ... oder Manipulation beim Destillieren“; 1714 versichert Morhof im „Polyhistor“,³ daß oft auch bei ganz richtigen chemischen Angaben dennoch „ἐγγειρήσεις quaedam celantur“ „die eigentlichen Kunstgriffe verschwiegen werden“, sowie daß der Hüttenmann Erker klarer als alle Vorgänger die „ἐγγειρήσεις metallicas“ beschrieben habe, „die metallurgischen Verfahren“. Häufig begegnet man endlich dem Ausdrucke in Junckers umfangreichem Lehrbuche „Conspectus Chemiae“ (Halle 1730): er erwähnt die Encheiresen bei der Destillation, Kristallisation, Kalzination und Reduktion,⁴ die besondere Encheirese (singularis encheiresis) bei der Darstellung des Quecksilbers, beim Füllen des Silbers, beim Gebrauche des Scheidewassers und bei der Behandlung des weingeistigen Phlegmas,⁵ empfiehlt wiederholt, die einzelnen Encheiresen zu beachten und zu bemerken,⁶ und beklagt, daß kein Chemiker mehr vermöge, die Kenntnis aller der nötigen ungezählten

¹ „Opera omnia“ (Genf 1740, Bd. 5, S. 171). ² „Opera medico-chymica“ (Frankfurt 1647, S. 95). ³ „Polyhistor“ (Lübeck 1714, Bd. 1, S. 711; Bd. 2, S. 403). ⁴ ebd., S. 506, 549, 579, 644. ⁵ ebd., S. 410, 570, 572, 653, 1014. ⁶ ebd., S. 362, 418.

Operationen und speziellen Encheiresen (operationum et peculiarium encheiresium) aus Büchern zu erlernen und im Gedächtnisse zu behalten.¹

Der Ausdruck „Encheiresis“ scheint ursprünglich ein medizinischer zu sein und findet sich (worauf mich Prof. Dr. R. Kobert freundlichst aufmerksam machte) gemäß einer Angabe des Bartholomäus Castellus² bereits im Corpus der Hippokratischen Schriften;³ in der Medizin wird er auch heute noch zuweilen benutzt, so z. B. sagt Huber in einer Anmerkung zur „Gynäkologie“ des Soranus von Ephesus:⁴ „Binden der Glieder . . ., diese Encheirese soll Chrysippos von Knidos um 350 v. Chr. erfunden haben“; Guttmanns „Medizinische Terminologie“⁵ gibt nur kurz an: „Encheirese = Handgriff, Verfahren“. In diesem Sinne, also dem der griechischen χειρόμητα⁶ oder des lateinischen „operatio“ und „operatio manuarum“, ging das Kunstwort dann vermutlich während des iatrochemischen Zeitalters in Schriften chemischen Inhaltes über; in solchen gebrauchte es, auch nach Castellus, zuerst Libavius, der gleichzeitig Arzt und Chemiker war.⁸

Die sämtlichen oben angeführten Stellen sprechen jedoch immer nur von Encheiresis allein, niemals von „Encheiresis Naturae“, und auch nur von Encheiresis in der angegebenen allgemeinen Bedeutung, nicht aber in der besonderen, die ihr offenbar in jenem kombinierten Terminus zukommt. Es ist daher leicht begreiflich, daß Düntzer den „unglücklichen Ausdruck“ für ein Mißverständnis Goethes oder eines seiner

¹ „Polyhistor“ (Lübeck 1714, Bd. 2, S. 630, 651). ² „Lexicon Medicum“ (Leipzig 1773, S. 299).

³ „Opera omnia“ II, de articulis t. 40. ⁴ ed. Lüneburg-Huber (München 1894, S. 121); Soranus lebte im 2. Jahrh. n. Chr. ⁵ Berlin-Wien 1906.

⁶ Chirotneta, χειρόμητα, überliefern Plinius (lib. 24, cap. 17) und Vitruv (lib. 9, cap. 3) als Titel einer dem Demokrit, recte Pseudo-Demokrit, (später auch dem Zosimos) zugeschriebenen „Lehre von den Handgriffen“; s. auch Schmieder, „Geschichte der Alchemie“ (Halle 1832, S. 56). ⁷ So bei Rulandus, „Lexicon Alchemiae“ (Frankfurt 1612, S. 193). ⁸ Castellus verweist auf Libavius „De igne naturae“, cap. 36.

Lehrer ansah; auch Kopp¹ warf die Frage auf, „ob etwa eine Reminiszenz der Straßburger Zeit vorliege“, verneinte sie aber mit den Worten: „denn aus Spielmanns chemischen Schriften ist mir nichts in Erinnerung, auf was jenes Dictum Bezug haben könnte“.

Hierin hat aber den sonst fast unfehlbaren Forscher sein Gedächtnis völlig im Stiche gelassen, denn gerade Spielmanns Hauptschrift birgt des Rätsels Lösung. Jacob Reinhold Spielmann, bei dem Goethe nach dem Zeugnisse seiner Selbstbiographie² in Straßburg Chemie hörte, war Dr. med. et phil., Professor der Poesie, der Chemie, der Botanik und anderer Hilfswissenschaften der Medizin, und gab in den Jahren 1740–1763 eine Anzahl medizinischer und chemischer Schriften heraus; als wichtigste unter diesen gilt sein Werk „Institutiones Chemiae, praelectionibus academicis adcommodatae“,³ ein im wesentlichen für Mediziner „zum Ersatz der mündlichen Diktate“ bestimmtes Lehrbuch der Chemie, das sich durch Freiheit von Vorurteilen, durch gute Darstellung und getreue Angabe der Quellen, sowie durch Berücksichtigung quantitativer Verhältnisse, weit über den Durchschnitt der zu jener Zeit meist benutzten Kompendien erhebt.

Von Encheiresen im herkömmlichen Sinne spricht Spielmann sehr häufig, z. B. von jenen bei der Bereitung von Lösungen, bei der Kristallisation und Extraktion, bei der Destillation, bei der Röstung, Reinigung und Trennung der Metalle, bei der Darstellung von Phosphor, sogen. Salzäther, Antimonpräparaten, Bleipflastern usw.⁴ Die kritische Stelle findet sich aber gleich in der Einleitung,⁵ woselbst Spielmann, nachdem er die Chemie als „scientia mutationum“ (Lehre von den Veränderungen) definiert hat, ausführt, daß durch chemische Zerlegung der Körper teils Edukte, teils Pro-

¹ „Beiträge“, a. a. O. ² „Werke“ (Weimarer Ausgabe), Bd. 27, S. 238.

³ Straßburg 1763, bei Joh. Gottfr. Bauer. ⁴ ebd., S. 46, 85; 63, 87; 193, 296; 220, 253, 273, 163; 72, 162, 116, 83. ⁵ ebd., S. 8.

dukte entstehen. Die Produkte sind aus den ursprünglichen Teilen der Substanz (*partes ex quibus surrexerunt*) erst im Laufe der chemischen Eingriffe durch Mutation hervorgegangen und waren in den Stoffen selbst noch gar nicht enthalten; es ist also fraglos, daß Jene auf das Schwerste irren (*illos gravissime errare*), die aus dem Wesen solcher Produkte das der Stoffe zu erklären suchen, denn derlei Folgerungen sind völlig unsicher und trügerisch (*fallax atque incertum*). Was die Edukte betrifft, so sind sie allerdings Teile der Substanzen, die schon von vornherein in diesen vorhanden waren und unverändert aus ihnen gewinnbar sind, und deshalb könnte man aus ihnen offenbar die Ausgangsstoffe wieder herstellen, wenn es nur gelänge, sie wiederum so zu verbinden, wie das ursprünglich der Fall war; aber da die Encheiresen der Natur zur Verbindung der Substanzen mannigfaltige sind (*cum autem Natura plures noverit Encheireses substantias uniendi*), und wir sie teils gar nicht kennen, teils nicht nachzuahmen vermögen, so bleibt auch hierbei Ungewißheit bestehen.

Die Teile werden innerhalb der Substanzen in Verbindung zusammengehalten durch ein Band (*vinculum*), von dessen innerem Wesen (*vis interna*) wir nur wissen, daß es kein mechanisches ist (*nulla causa mechanica*), und das wir „Affinität“ = Verwandtschaft nennen;¹ auf Affinität beruhen alle chemischen Reaktionen, und es ist daher sehr wichtig, Verwandtschaftstafeln (*Scalae affinitatum*) aufzustellen,² denn „die Teile von Körpern, die zueinander mehr Verwandtschaft haben, verlassen jene, zu denen die Verwandtschaft geringer ist, und vereinigen sich gegenseitig miteinander“.³

Versucht man pflanzliche oder tierische Stoffe zu zerlegen,

¹ S. 10, 11, 43. ² S. 11, 256ff., 266. ³ S. 44. Dies ist, bis auf den vom schwedischen Chemiker Bergman erst seit etwa 1775 gebrauchten Kunstausdruck, der Satz von den „Wahlverwandtschaften“, dessen hohe Bedeutung also Goethe wohl schon in sehr früher Zeit entgegentrat.

sei es durch Gärung und Fäulnis,¹ oder gar durch Auskochen, Erhitzen, Destillieren, Kalzinieren² usw., so wird das, was sie zusammenhält, ihr Essentielles, ihr „Spiritus rector“, — wie ihn Boerhaave mit Recht wiederum bezeichnete³ —, als „flüchtiger Geist“ herausgetrieben (expellitur),⁴ während die sonstigen Teile zurückbleiben (remanent partes).⁵ Vergeblich wäre es nun, was nur in den Ausgangsstoffen vorhanden war, auch in den Rückständen zu suchen, oder aus diesen die ersteren wiederherstellen zu wollen;⁶ der Chemiker soll überhaupt, wie an einigen Beispielen erläutert wird, nicht das Unmögliche versprechen,⁷ nicht phantastisch (pro ingenio luxuriante) das in Aussicht stellen, was dem Wesen der Sache nach unausführbar ist (quae ex ipsa natura fieri non possunt),⁸ und sich auch nicht durch „Unklugheiten, Absurditäten, und krasse Ignoranz kompromittieren“.⁹

Überblickt man die Gesamtheit der im vorstehenden angeführten Stellen, so kann kein Zweifel daran walten, daß den Versen des „Faust“ Reminiszenzen an sie oder an analoge mündliche Äußerungen Spielmanns zugrunde liegen: hier haben wir das „Heraustreiben des Geistes“ aus dem Lebendigen und die Vernichtung des „geistigen Bandes“, hier das Übrigbleiben der „Teile“, hier die „Eselbohrerei“ des leichtfertigen Adepten, hier endlich die „Encheiresis Naturae“ im Sinne der ursprünglichen Verknüpfung und Verkettung der Bestandteile; völlige Parallelität besteht nun zwischen dem Weber in der Gedankenfabrik, der umsonst mittels tausend „Verbindungen“ aus den logischen Abfällen den Geist des Zerfaserten wieder herzustellen sucht, und dem Famulus im Laboratorium, der vergeblich mit Hilfe der rechten „Verbindungen“ aus den chemischen Rückständen das Leben des Zerstörten zu regenerieren trachtet; zugleich zeigt sich, daß Goethe in dem

¹ S. 286, 307. ² S. 90ff., 193, 199, 218, 202. ³ S. 187. ⁴ S. 90ff., 221, 308. ⁵ S. 90ff. ⁶ S. 90ff., 64ff., 174ff., 176, 178ff. ⁷ S. 187. ⁸ S. 194. ⁹ S. 191.

eingangs erwähnten Briefe von 1832 den Ausdruck „Encheiresis“ keineswegs, wie Düntzer meinte, in einem „ganz anderen Sinne“ als im „Faust“ gebrauchte, sondern in genau dem nämlichen.¹

Viele Gedanken Spielmanns erinnern lebhaft an die Boerhaaves, z. B. an dessen Lehre von den „Operationes, Kunstgriffen und Vorteilen“, von der „Abscheidung der natürlichen Teile der Körper und ihrer Wiedervereinigung“, vom „geistigen Wesen oder Spiritus rector der Pflanzen und Tiere, so durch Kunst weder nachzuahmen noch hervorzubringen ist“, usw.² Da nun Goethe in der Selbstbiographie erwähnt,³ daß Boerhaaves Werk ihn in seiner Jugend „gewaltig anzog“, so lag es nahe, die alte lateinische Ausgabe zu vergleichen;⁴ in dieser findet sich zwar der Terminus „Encheiresis“ = Operatio einmal im Texte und fünfmal im Register,⁵ wo aber die Zerlegung der Stoffe und die Verbindung ihrer Teile (Elementorum combinatio) besprochen wird,⁶ und wo von den „Opera naturae“ und „Artificia Chemiae“,⁷ sowie vom „Spiritus rector“ oder „Archeus“⁸ die Rede ist, fehlt er. Daß auch die 1762 erschienene lateinische Übersetzung der „Aurea catena Homeri“, in der Goethe „die Natur in einer schönen Verknüpfung dargestellt“ sah,⁹ den Ausdruck Encheiresis nicht enthält, hat schon Kopp richtig angegeben.¹⁰

Von sonstigen älteren chemischen Kompendien wären noch die von Goethe¹¹ nach seiner Heimkehr aus Leipzig eifrig studierten des sog. Basilius Valentinus und des Paracelsus

¹ So schreibt 1825 auch Schütz an Goethe: „Wir nennen Band, was vielleicht noch ursprüngliches Nichtgeschiedensein ist, die wahre Encheiresis, zugleich aber jede bis zu einer gewissen Innigkeit vollbrachte Wiedervereinigung“ („Goethes Naturwissenschaftliche Correspondenz“, ed. Bratranek, Leipzig 1874, Bd. 2, S. 245). ² „Anfangsgründe der Chemie“ (Berlin 1762, S. 6—11, 29, 31). ³ „Werke“, Bd. 27, S. 208. ⁴ „Elementa Chemiae“ (Leipzig 1732). ⁵ Bd. 1, S. 29; Bd. 2 unter aqua, fermentatio, nitrum (zweimal), vegetantium olea. ⁶ Bd. 1, S. 71, 72; Bd. 2, S. 5 ff. u. Register. ⁷ Bd. 1, S. 3, 5. ⁸ Bd. 1, S. 73, 64, 629. ⁹ „Werke“, Bd. 27, S. 204. ¹⁰ „Aurea catena“, a. a. O. ¹¹ „Werke“, Bd. 27, S. 204.

in Betracht zu ziehen. Die Werke des ersteren (die übrigens nicht aus dem 15. Jahrhundert stammen, sondern vermutlich von Thölden erst im 17. untergeschoben sind), erwähnen indessen nur „das Heraustreiben des in allem Lebendigen wirkenden Geistes“,¹ des „Spiritus vitalis“,² sowie die chemischen „Handgriffe, Präparationen und Operationen“,³ und auch bei Paracelsus findet sich „Encheiresis Naturae“ nicht, wohl aber „Operatio Naturae“, z. B. im Buche „Paramirum“. ⁴ Diese 1529 verfaßte Schrift enthält auch im übrigen manches, was auf Goethe dauernden Eindruck gemacht zu haben scheint: sie redet von den Elementen als „Müttern“,⁵ sie verfißt den Satz „Alle Krankheiten der Frauen sind aus der Matrix conditioniert und genaturt“,⁶ den Mephistopheles schon im „Urfaust“ dem Schüler vorhält (der bereits dort als Mediziner auftritt);⁷ endlich erörtert sie an zahlreichen Stellen „die große und kleine Welt“⁸ und die Parallelität des Makro- und Mikrokosmos, — einen Gedanken, der zwar ganz besonders zur Zeit der Renaissance die Herzen aller Besten mächtig bewegte, seine Quelle aber u. a. schon in den (echten) Schriften des griechischen Philosophen Demokritos hat.⁹

¹ „Triumphwagen Antimonii“ (Nürnberg 1676, S. 20, 30). ² „Letztes Testament und vom großen Stein der Weisen“ (Straßburg 1645, Bd. 2, S. 33, 103). ³ ebd., Bd. 1, S. 13, 163, 111; Bd. 2, S. 116. ⁴ ed. Strunz (Jena 1904, S. 152). ⁵ S. 237. ⁶ S. 344. ⁷ „Es ist ihr (der Frauen) Weh und Ach, So tausendfach, Aus einem Punkte zu kurieren“. ⁸ z. B. S. 90, 93, 144, 234; siehe hierüber auch bei Basilius Valentinus, „Testamentum“, Bd. 2, S. 101, 127. ⁹ Diels, „Die Fragmente der Vorsokratiker“ (Berlin 1903, S. 417); Demokritos lebte im 5. Jahrh. v. Chr.

ALEXANDER VON HUMBOLDT
ALS VORLÄUFER DER LEHRE VON DER ISOMERIE¹

Isomer“ nannte bekanntlich 1830 Berzelius² Substanzen, „die bei gleicher Zusammensetzung mit verschiedenen Eigenschaften begabt sind“; als solche hatte 1824 Liebig (gemäß der Erstlingsarbeit über Fulminate) sein „knallsaures Silber“ und das von Wöhler 1824 analysierte cyansaure Silber erkannt, 1825 Faraday den heute Butylen genannten „Kohlenwasserstoff aus Ölgas“ und das Äthylen, 1828 Wöhler den Harnstoff und das Ammoniumcyanat, und endlich 1830 Berzelius selbst die Traubensäure und die Weinsäure. Die Möglichkeit der Isomerie führte schon Gay-Lussac (1824) darauf zurück, „daß sich die nämlichen Bestandteile nach mehreren verschiedenen Weisen untereinander zu verbinden vermöchten“,³ und auch Berzelius äußerte sich später dahin, „daß schon die Natur solcher Substanzen eine verschiedene Stellung der Atome voraussetze, und die Letzteren wohl auf verschiedene Weise zu zusammengesetzten Radikalen gruppiert seien“, — welchen Worten man natürlich, wie E. von Meyers „Geschichte der Chemie“⁴ mit Recht hervorhebt, keinen allzu modernen Sinn unterlegen darf.

In diesen Erkenntnissen besitzen nun, was bisher unbeachtet geblieben ist, Gay-Lussac und Berzelius einen

¹ „Chemiker-Zeitung“ 1909, S. 1. ² Poggendorffs „Annalen“, Bd. 19, S. 326. ³ „Annales de Chimie“ II, Bd. 27, S. 199. ⁴ Leipzig 1905, S. 224.

bedeutsamen Vorgänger an Alexander von Humboldt. Die kaum faßbare Vielseitigkeit dieses großen Forschers symbolisiert Goethe in einem unübertrefflichen Bilde: „Er gleicht einem Brunnen mit vielen Röhren . . . unter die man überall nur Gefäße zu halten braucht, und aus denen allen es uns immerfort erquicklich und unerschöpflich entgegenströmt“.¹ Das schöne Gleichnis gilt auch hinsichtlich der Leistungen Humboldts auf chemischem Gebiete, die merkwürdigerweise, obwohl neben einer erheblichen Anzahl einzelner Aufsätze auch mehrere große Werke in Frage kommen, noch niemals eine zusammenfassende Würdigung erfahren haben; selbst in der 1872 von Bruhns herausgegebenen monumentalen „Wissenschaftlichen Biographie Alexander von Humboldts“ fehlt im dritten Bande, der speziell „Humboldts Wirksamkeit auf verschiedenen Gebieten der Wissenschaft“ behandelt, ein eigener Abschnitt über Chemie vollständig, und auch im Absatze „Einzelne physikalische und chemische Forschungen“ hat sich der Bearbeiter, G. Wiedemann, mit der ihm ferner liegenden chemischen Seite recht flüchtig abgefunden.

Im Jahre 1797 erschien, (in Posen bei Decker, in Berlin bei Rottmann), Humboldts zweite größere Schrift „Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser, nebst Vermutungen über den chemischen Prozeß des Lebens in der Tier- und Pflanzenwelt“. Um dieser, hauptsächlich das Problem der elektrischen Irritabilität behandelnden umfangreichen Arbeit (zwei Bände von fast tausend Seiten!) gerecht zu werden, hat man im Auge zu behalten, daß ihre Abfassung noch in die Periode vor Entdeckung der Voltaschen Säule fällt, und daß zu jener Zeit zahlreiche Forscher, unter ihnen auch nicht gerade phantastisch Veranlagte, durch die Entwicklungen auf dem Gebiete der Elektrizität in eine Art Rausch versetzt wurden, der völlig dem gegenwärtig durch die Erscheinungen der Radio-

¹ „Gespräche mit Eckermann“, ed. Düntzer (Leipzig 1885; Bd. 1, S. 180).

aktivität hervorgerufenen glich, ihnen Besonnenheit und kritisches Vermögen benahm, und sie ernstlich glauben ließ, der Urgrund alles auf sämtlichen Wissensgebieten noch Dunkeln und Rätselhaften sei identisch mit „dem Proteus der Naturkräfte, der Elektrizität“, und daher „allein durch Elektrizität erklärbar“. Doppelt hoch sind, dem Gebaren solcher Zeitgenossen gegenüber, die Klarheit und Ruhe anzuschlagen, mit denen der noch jugendliche Humboldt der gestellten Aufgabe näher trat; seine umfassende Vorbildung auf physikalischem, chemischem, und physiologischem Gebiete, und seine seltene Energie, — die ihn nicht davor zurückschrecken ließ, die eigenen Muskeln und Nerven Monate lang mit Hilfe großer Blasenpflaster zu Zwecken des Experimentes bloßzulegen —, befähigten ihn, eine große Reihe der schwierigsten Versuche am Menschen und an Vertretern aller Klassen des Tierreiches derart auszuführen und derart zu deuten, daß er (nach W. Wundts Urteil im physiologischen Abschnitte der Bruhnschen Biographie), trotz zahlreicher Irrtümer allgemeiner und besonderer Natur, der richtigen Auffassung der Probleme meist näher kam als fast alle Fachgelehrten des Zeitalters, in vielen Punkten aber die volle Wahrheit entweder auffand, oder doch vorahnte.

Betrachtungen physiologischer Natur waren es wohl auch, die Humboldt zu Schlüssen zurückführten, deren Grundgedanken ihm zuerst anlässlich der Untersuchung bestimmter Gruppen von Mineralien, sowie der Analyse gewisser Grubengase, aufgestiegen waren; sie finden sich im ersten Bande S. 127 ff. und im zweiten Bande S. 137 ff. und 260 des genannten Werkes dargelegt, und lassen sich, unter möglichster Beibehaltung der Humboldtschen Ausdrucksweise, wie folgt zusammenfassen:

Was man häufig als „Umhüllung“ eines chemischen Bestandteiles (α) der Körper durch einen zweiten (β) bezeichnet, besagt nichts anderes, als daß α und β derart miteinander verbunden sind, daß β seine Affinität gegenüber α

entfaltet; hierdurch wird α gehindert, die ihm in isoliertem Zustande zukommenden Eigenschaften frei zu äußern, weshalb denn, sobald $(\alpha + \beta)$ mit einem dritten Körper reagiert, das Spiel einer zusammengesetzten Verwandtschaft beginnt. Der Terminus „Umhüllung“ reduziert sich also auf den allgemeinen Begriff der Bindung, deren Erscheinungen des Näheren zu erklären unsere chemischen Kenntnisse aber noch nicht ausreichen, so daß die eigentliche Natur der Substanzen nicht enträtselt werden kann. Da aber gerade diese Natur die ununterbrochene Folge von Reizen bedingt, auf denen das ganze organische Leben beruht, so wäre ihre Erforschung für die Physiologie und für die praktische Medizin höchst wichtig. Einiges in dieser Hinsicht hat die neuere Chemie schon geleistet, aber an das kommende Jahrhundert sind ganz andere Forderungen zu stellen. Es wird nicht mehr genügen, nach den sicheren Regeln der heutigen Analyse bloß die qualitativen und quantitativen Verhältnisse der Elemente festzustellen, — und demgemäß z. B. dreierlei Grubengase, obwohl sie in Wahrheit nicht minder differierende Eigenschaften zeigen wie die drei Stickstoffoxyde, dennoch sämtlich für „schweren Kohlenwasserstoff“ zu erklären —, vielmehr muß die Chemie die Art auffinden, auf die sich die Elemente gegenseitig verbinden, und sie muß hierfür bestimmte Kriterien angeben. Drei Körper a , b , c , können nämlich sehr wohl aus gleichen Mengen Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff und Metall zusammengesetzt, und dennoch in ihrer Natur unendlich verschieden sein; a enthält vielleicht einen Teil des Wasserstoffes an den Kohlenstoff gebunden, und sich dadurch dem Zustande des öligen Kohlenwasserstoffes nähernd; in b kann ein Teil des Stickstoffes an den Sauerstoff nach Art der Salpetersäure, und dieses Ganze an das Metall gebunden sein; in c wieder mag ein Teil des Wasserstoffes mit Stickstoff vereinigt als Ammoniak, das Metall aber in leicht oxydierter Form auftreten. Ebenso können zwei Substanzen aus gleichen

Mengen Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, und Phosphor bestehen, aber in der Einen ist etwa zunächst Kohlenstoff und Wasserstoff nach Art eines öligen Kohlenwasserstoffes und erst weiterhin dieser mit dem Stickstoff und Phosphor verbunden, während sich in der Anderen zunächst Phosphor und Wasserstoff nach Art des Phosphorwasserstoffes vereinigen und erst weiterhin diese Basis mit dem Kohlenstoff und Stickstoff zu einer ternären Substanz zusammentrat; kein Wunder also, daß zwei solche Stoffe auch in physiologischer Hinsicht völlig verschieden reagieren. Es wäre daher durchaus denkbar, daß z. B. arabischer Gummi und das schreckliche, von Fontana untersuchte Viperngift, beide aus Kohlenstoff, Wasserstoff, und Sauerstoff beständen, denn ihre Verschiedenheit kann auf der Art der gegenseitigen Bindung dieser drei Bestandteile beruhen, ja auf dem Grade ihrer stärkeren oder schwächeren, innigen oder lockeren Bindung. Solche relative Verbindungen der Elemente zu ermitteln, sind wir indessen noch weit zurück; auf derlei Lücken der Kenntnisse aufmerksam zu machen, ist aber höchst wichtig, schon weil die Arzneimittellehre, ja die gesamte praktische Therapie, erst dann zur Wissenschaft werden kann, wenn es gelingt, eine hellere Einsicht in die Wirkungsart der Stoffe zu erhalten. Die Erklärung des Molièreschen Baccalaureus, „daß das Opium deshalb einschläfert, weil es eine schlafmachende Kraft in sich hat“, ist freilich bequemer, und auch noch immer bei Vielen beliebter, weil sie jeder Mühe weiterer Untersuchung überhebt; aber vom Fleiße der Nachwelt läßt sich Großes erwarten, und gerade die Chemie der sehr zusammengesetzten Substanzen bietet noch ein weites Feld, denn offenbar sind diese (oft schon unter dem Einflusse relativ kleiner Einwirkungen) auch besonders mannigfaltiger chemischer Umsetzungen fähig, und zählen daher unter Umständen zu den furchtbarsten Reizmitteln des Organismus, obwohl sie nur die gewöhnlichsten Elemente enthalten, und nicht etwa Gifte, wie freien Phosphor.

Die vorstehenden Darlegungen zeigen, daß Humboldt die Möglichkeit der Isomerie mit völliger Klarheit erfaßt, die Existenz chemischer Substanzen von gleicher Zusammensetzung, aber ungleichen Eigenschaften mit größter Bestimmtheit angekündigt, und die Tragweite seiner Lehre mit erstaunlicher Voraussicht abgeschätzt hat; aber auch das bedingende Moment der Verschiedenheiten erkannte er bereits richtig, und was Gay-Lussac sowie Berzelius über die „Art der Bindung der Elemente“ und ihre „verschiedene Gruppierung zu zusammengesetzten Radikalen“ aussprachen, ist fast wortgetreu auch schon seinen Ausführungen zu entnehmen. Daß diese später in gänzliche Vergessenheit gerieten, erklärt sich genügend aus dem Verlaufe der wissenschaftlichen Entwicklung, sowie aus dem Umschwunge in den Lebensschicksalen Humboldts, dem weitere eigene Forschungen auf dem, in so vielversprechender Weise betretenen Gebiete, nicht mehr beschieden waren; daß sie aber auch heute noch vergessen sind, daran trägt zweifellos ein Umstand Schuld, dessen ich in der „Chemiker-Zeitung“ schon vor vielen Jahren¹ gedachte: die Ehrenpflicht der deutschen Nation, einem ihrer größten Söhne durch Herausgabe seiner „Gesammelten Werke“ das würdige Denkmal zu errichten, ist immer noch unerfüllt, seine rein wissenschaftlichen Abhandlungen und Schriften sind daher der großen Mehrzahl selbst der Fachgelehrten unzugänglich² und unbekannt, und wenn dies vorkommendenfalls damit entschuldigt wird, daß sie ja doch „veraltet“, „rückständig“, und „überwunden“ seien, so kann dies nicht wundernehmen „in einer Zeit, wo das rastlose Streben nach Neuem, oft so Wertlosem, der jüngeren Generation kaum einen Blick auf die Grundpfeiler gestattet, die das schönste und mächtigste Gebäude tragen“.

¹ „Chemiker-Zeitung“ 1892, S. 1396. ² Die in Gemeinschaft mit Gay-Lussac verfaßte „Abhandlung über die Volumgesetze gasförmiger Verbindungen“ bildet jedoch den 42. Band von Ostwalds „Klassikern der exakten Wissenschaften“.

Die angeführten Worte stammen aus der Vorrede, mit der Liebig 1840 sein Werk „Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie“ Alexander von Humboldt widmete, und in der er erzählt, wie dieser sich seiner, des jungen und hilflosen Forschers, während seines Pariser Aufenthaltes zuerst in freundschaftlichster und uneigennützigster Weise annahm, und ihm durch die Empfehlung an Gay-Lussac die Laufbahn der Wissenschaft endgültig erschloß. Die erste Begegnung beider Männer erfolgte, der Angabe Liebigs nach, gelegentlich des, von ihm im Frühjahr 1824 vor der Pariser Akademie gehaltenen Vortrages über die Fulminate, und da dieser, nach des Autors eigenem Berichte, „eine analytische Untersuchung“ betraf, so schien die Möglichkeit vorzuliegen, daß, neben der genialen und überwältigenden Persönlichkeit Liebigs, auch der von ihm behandelte Gegenstand die so lebhaftete Anteilnahme Humboldts erweckt hätte, denn die Analysen der Fulminate ergaben die nämlichen Zahlen wie die von Wöhler für die 1822 entdeckten Cyanate gefundenen, und berührten somit ein Gebiet, mit dem sich Humboldts Gedanken schon ein Vierteljahrhundert vorher in eindringlicher Weise beschäftigt hatten.

Als ich diese Vermutung vor mehreren Jahren in einer Sitzung der Halleschen „Naturforschenden Gesellschaft“ aussprach, machte mich jedoch Herr Geheimrat Prof. Dr. J. Volhard freundlichst darauf aufmerksam, daß sie unmöglich zutreffen könne, und hatte die Güte, mir zum Beweise dessen die einschlägigen Manuskriptblätter seiner Liebig-Biographie zur Verfügung zu stellen. Aus diesem, soeben im Druck erschienenen Werke ergibt sich der Sachverhalt wie folgt: Als Liebig die Vorrede zu seiner Agrikulturchemie niederschrieb, täuschte ihn selbst sein Gedächtnis, denn der fragliche Vortrag über die knallsauren Salze fand nicht erst am 22. März 1824 statt, sondern schon am 28. Juli 1823, und betraf auch nur deren Darstellung und Eigenschaften, und nicht „eine

analytische Untersuchung“.¹ Bis dahin war es Liebig noch nicht gelungen, die Zusammensetzung der knallsauren Salze zu ermitteln,² vielmehr wurde er erst im Laboratorium Gay-Lussacs mit dessen Verbesserungen der Elementaranalyse, sowie mit den zu einer so schwierigen Arbeit erforderlichen analytischen Methoden bekannt und vertraut,³ und diese im Winter 1823/24 unter Anleitung Gay-Lussacs ausgeführte „analytische Untersuchung“ war es, die am 22. März 1824 in der Akademie zum Vortrage kam;⁴ die Zusammensetzung der Cyanate kannte man damals noch nicht, denn Wöhler hatte die Cyansäure zwar schon 1822 entdeckt, analysierte sie aber erst im Verlaufe des Jahres 1824.⁵ Die Isomerie der beiden Säuren gelangte also keinesfalls schon in der Versammlung vom 22. März 1824 zur Sprache, und zudem wohnte Humboldt nicht dieser Sitzung bei, sondern jener vom 28. Juli 1823, in der übrigens Gay-Lussac die Liebigsche Arbeit las;⁶ der kaum zwanzigjährige Verfasser scheint nur seine Präparate vorgezeigt zu haben, und wurde bei dieser Gelegenheit von Humboldt angesprochen,⁷ der mit gewohntem Scharfblicke sogleich erkannte, in ihm einen Berufenen vor sich zu haben.

¹ Volhard, „Justus von Liebig“ (Leipzig 1909), S. 47. ² ebd., S. 205.
³ ebd., S. 48 und 214 ff. ⁴ ebd., S. 48. ⁵ ebd., S. 206. ⁶ ebd., S. 43.
⁷ ebd., S. 47.

ZUR GESCHICHTE DER TAUTOMERIE¹

Bei einer ganzen Anzahl von Kohlenstoffverbindungen hat sich allmählich herausgestellt, daß sie scheinbar im Sinne zweier verschiedener Reaktionsformeln reagieren; oder, anders ausgedrückt, es gibt Verbindungen, denen man zwei, oder unter Umständen noch mehr Konstitutionsformeln beilegen müßte.“ Mit den angeführten Worten leitet z. B. die „Organische Chemie“ v. Richters den Abschnitt über Tautomerie ein,² und in gleichem oder ähnlichem Sinne äußern sich auch die meisten andern Lehr- und Handbücher (Beilstein; V. Meyer-Jacobson; usw.).

Da diese Einsicht der großen Mehrzahl der Chemiker als eine Errungenschaft der neuesten Zeit gilt, ist es nicht ohne Interesse, darauf hinzuweisen, daß sie, in klarster Weise ausgesprochen, schon bei Ch. Gerhardt zu finden ist. In dem höchst geistvollen Schlußabschnitte seines großen „Lehrbuches der Organischen Chemie“ von 1854, der u. a. Gerhardts Typentheorie, sein System der Klassifizierung, sowie das Prinzip der Anordnung nach homologen Reihen darlegt und rechtfertigt, ist der § 2453 überschrieben: „Ein- und derselbe Körper kann mehrere rationelle Formeln haben.“³ Gerhardt, der schon früher in den nämlichen chemischen Individuen, je nach

¹ „Chemiker-Zeitung“ 1910, S. 49.
Bonn 1903, Bd. 1, S. 47.

² ed. Anschütz-Schroeder,
³ Übersetzung von R. Wagner, Leipzig 1857;
Ed. 4, S. 614.

den Arten ihrer Bildung und ihres Abbaues, verschiedene „Reste“ angenommen hatte, und sich dabei auf noch ältere Vermutungen Berzelius' und Liebig's hinsichtlich der in gegebenen Verbindungen vorauszusetzenden verschiedenen „Radikale“ berufen konnte, äußert sich an der bezeichneten Stelle im wesentlichen wie folgt:

„Substanzen von nicht ganz einfacher Zusammensetzung, besonders organische, werden den Einflüssen verschiedener Agentien nicht stets die nämliche Angriffsseite darbieten, vielmehr können die doppelten Umsetzungen in verschiedenem Sinne verlaufen, so daß sich die Stoffe dann mit Recht durch mehrere rationelle Formeln ausdrücken lassen, und es zulässig und selbst notwendig wird, die nämlichen Körper auch mit mehreren verschiedenen Namen zu benennen. Belege hierfür bieten u. a. Benzaldehyd, Cacodyl, und Cyansäure: das Bittermandelöl funktioniert z. B. bald als Hydrür des Benzoyls, bald als Oxyd des Radikales C_7H_6 , Cacodyl bald als einheitliches Metall, bald als Methylderivat des Arsens, und Cyansäure bald als Hydroxyd des Cyans, bald als Imid des Karbonyls. Unsere Formeln sind eben nur ein Mittel, gewisse Beziehungen der Synthese und Zersetzung anzudeuten; zwingt man aber eine Substanz nur in eine einzige Formel, so verbirgt diese oft chemische Beziehungen, die eine andere Formel unmittelbar hervortreten läßt, sie bringt dem Geiste nur ganz bestimmte Zusammenhänge in Erinnerung, hält ihn aber entfernt von anderen, ebenso berechtigten, weil ebenso innigen.“

Gerhardt sieht voraus, daß solche Betrachtungen seitens der meisten Chemiker nicht verstanden, und daher heftig angefochten werden dürften; der frühe, sehr bald nach Vollendung seines umfangreichen Handbuches erfolgte Tod des Autors scheint jedoch bewirkt zu haben, daß seine letzten Lehren, ohne zur gewohnten lebhaften Polemik Anlaß zu geben, als bald gänzlicher Vergessenheit anheimfielen.

JUSTUS LIEBIG ÜBER ROBERT MAYER¹

or gerade fünfzig Jahren erschien im Viewegschen Verlage zu Braunschweig ein heutzutage völlig verschollenes Buch „Wissenschaftliche Vorträge, gehalten zu München im Winter 1858, von Bischoff, Bluntschli, Bodenstedt, Carriere, Heyse, Jolly, Knapp, v. Kobell, v. Liebig, Löher, Pettenkofer, Riehl, Seidel, v. Sybel, v. Voelderndorff, Windscheid“; es führt die Aufschrift: „Seiner Majestät dem König Maximilian I., dem erhabenen Beschützer und tätigen Freunde jedes geistigen Lebens, dem Schöpfer und Lenker einer neuen wissenschaftlichen Aera in Bayern, in tiefster Ehrfurcht gewidmet“, und enthält 16 Vorlesungen, die, wie die Vorrede vermeldet, „im chemischen Hörsaal, vor einem gebildeten Publikum aller Stände“ seitens der Korona oben genannter erlauchter Geister zunächst mündlich verlautbart, „auf vielseitigen Wunsch“ nunmehr aber auch gedruckt herausgegeben wurden.

Die vorletzte, fünfzehnte Vorlesung,² die Liebig's, ist betitelt: „Über die Verwandlung der Kräfte“, und behandelt die von Robert Mayer entwickelten Grundlehren des gegenwärtig als „Energetik“ bezeichneten Gebietes; sie scheint vollkommen in Vergessenheit geraten zu sein, mindestens findet sie sich in keinem mir bekannten Werke über Liebig angeführt,

¹ „Chemiker-Zeitung“ 1908, S. 341.

² S. 591 bis 597 der „Wissenschaftlichen Vorträge.“

wird, soweit mir rememberlich, in keiner der 1903 zur Jahrhundertfeier von Liebig's Geburtstag gehaltenen Festreden erwähnt, und fehlt merkwürdigerweise auch in der Sammlung von Liebig's „Reden und Abhandlungen“, die Carriere 1874 herausgab.¹ Ihr Inhalt, dem Liebig mit Rücksicht auf die Zusammensetzung des Zuhörerkreises eine durchaus allgemeinverständliche und elementare Fassung gab, ist im wesentlichen der nachstehende:

Schon seit langem wurde vermutet, daß zwischen den sog. Naturkräften, deren man von alters her eine ganze Anzahl kennt, nähere Beziehungen walten, aber erst die neueste Zeit erbrachte hierfür tatsächliche Beweise, und wir besitzen jetzt die Gewißheit, daß jene Kräfte keineswegs völlig verschieden, vielmehr gemeinschaftlichen Ursprunges sind, und als Äußerungen einer und derselben Grundursache angesehen werden müssen.

Maschinen erzeugen bekanntlich keine Kraft, sondern verrichten nur mittels der ihnen zugeführten eine gewisse Arbeit, deren Größe als Summe aller überwundenen Widerstände darstellbar und meßbar ist; aber keineswegs leistet auch alle den Maschinenteilen mitgeteilte Kraft wirklich Arbeit, vielmehr geht ein bedeutender Teil stets verloren, er wird, hauptsächlich durch die Reibung, „aufgezehrt“, und galt tatsächlich für „vernichtet“; solange man aber annahm, eine Kraft könne gänzlich verschwinden, also „ein Nichts zur Wirkung haben“, war es auch kein Widerspruch das Umgekehrte vorauszusetzen, nämlich die Erzeugung einer Kraft aus dem Nichts, d. h. die Möglichkeit eines Perpetuum mobile, und der bis in die jüngste Zeit fortdauernde Glauben an diese Möglichkeit entsprang nicht zum wenigsten der Unklarheit jener Anschauungen.²

¹ „Reden und Abhandlungen“ von Justus v. Liebig (Leipzig u. Heidelberg, 1874).

² Bei dieser Gelegenheit sei daran erinnert, daß noch im Jahre 1878 das Deutsche Patentamt unter Nr. 4453 ein Patent auf ein Perpetuum mobile erteilte.

Richtigere Vorstellungen über das Wesen der Naturkräfte verdanken wir erst dem Arzte Dr. Robert Mayer in Heilbronn: „sie brachten Licht in eine Menge bis dahin unverständlicher und unerklärbarer Vorgänge“, „sie erlangten durch die sich daran knüpfenden Forschungen der ausgezeichnetesten Physiker und Mathematiker eine kaum geahnte Bedeutung und Wichtigkeit“. Nach R. Mayer sind Kräfte Ursachen, und unterliegen gemäß der Grundregel „Causa aequat effectum“ dem allgemeinen Gesetze, daß die Wirkungen ihren Ursachen genau entsprechen und ihnen gleich sind; daher kann in einer Kette von Ursachen und Wirkungen niemals ein Glied zu Null werden oder verschwinden, die Glieder sind unzerstörlich, und nicht um quantitative Veränderungen kann es sich handeln, sondern nur um qualitative Umwandlungen. Wo also, wie in den Maschinen, ein Teil der bewegenden Kraft anscheinend vernichtet wird, kann in Wahrheit die Bewegung nur eine andere Form angenommen haben, und zwar wird dies, wie zahlreiche wohlbekannte Beispiele dartun, in der Regel die der Wärme gewesen sein. Zwischen der aufgewandten Bewegung, bzw. mechanischen Arbeit, und der entwickelten Wärme muß eine bestimmte quantitative Beziehung bestehen, und die angestellten Berechnungen und Messungen haben ergeben, daß eine Arbeitsleistung von 450 m/kg fähig ist, 1 kg Wasser von 0 auf 1° C zu erwärmen, und daß umgekehrt ebendiese Wärmemenge vermag, eine Arbeitsleistung von 450 m/kg zu vollbringen, so daß die Zahl 450 als Äquivalent der Wärme und Arbeitskraft anzusehen ist.¹ Es werden also z. B. 27000 Schläge² mit einem 5 kg schweren Hammer aus $\frac{1}{3}$ m Höhe, oder 9000 Schläge aus 1 m Höhe, oder 45000 Schläge mit einem 1 kg schweren Hammer aus 1 m Höhe, hinreichen, um 1 kg

¹ Die Zahl 450 ist zu hoch, als richtigster Wert gilt zurzeit 427 (s. Erdmann-Köthner, „Natur-Constanten“ Berlin, 1905, S. 28). ² Liebig gibt diese Zahlen in etwas anderer Anordnung und mit anderen Werten an, da er noch mit Pfunden und Fußern rechnet.

Wasser von 0 bis 100°, also um 100 Grade, zu erwärmen; 450 Schläge letzterer Art werden demnach die Temperatur von 1 kg Wasser um 1° C erhöhen, und umgekehrt wird sich durch Aufwendung gerade dieser Wärmemenge ein Gewicht von 1 kg 450 m hoch erheben lassen.

Wie die Arbeitskraft der Wärme durch Bestimmung der Höhe ausgedrückt werden kann, auf die sie ein gegebenes Gewicht zu heben vermag, so auch die Arbeitskraft des elektrischen Stromes, den ein rotierender Magnet, oder ein galvanisches Element erzeugt (letzteres durch die Auflösung eines Metalles), die Arbeitskraft eines Magneten, den der elektrische Strom, oder eine elektro-magnetische Spule ins Leben ruft, endlich auch die Arbeitskraft einer chemischen Umwandlung, z. B. der Elektrolyse des Wassers zu Wasserstoff nebst Sauerstoff. Mag also Wärme, Elektrizität, Magnetismus, oder chemische Affinität in Frage kommen, so sind und bleiben doch alle diese Kräfte nach bestimmten Verhältnissen äquivalent, und gegenseitig ineinander umwandelbar: „nirgends ein Ausfall, nirgends ein Überschuß, ... die Kraft ist unsterblich, ihre scheinbare Vernichtung nur eine Wandlung.“

Auch der Körper des Menschen erzeugt Wärme und verrichtet Arbeit, offenbar unter Verbrauch des ihm in der Nahrung zugeführten Kraftvorrates. Doch wo hat hinwiederum dieser seine Quelle? Er stammt, gemeinsam mit jenem aller unserer Brenn- und Leuchtstoffe und mit jenem der gesamten pflanzlichen Organismen, direkt oder indirekt aus der Sonne: „Indem die Sonnenstrahlen als das, was sie waren, verschwinden, häufen sich organische Verbindungen im Pflanzenleibe an, und die wärmende Kraft (dieser Strahlen) ruht jetzt in diesen Produkten; ... in ihnen sind die Strahlen der Sonne ebenso ‚latent‘ geworden, wie die strömende Elektrizität in dem, durch die Wasserzersetzung erzeugten Wasserstoff.“ Beim Genusse der Nahrungsstoffe empfangen wir also eine Summe aufgespeicherter Kraft und Wärme; wir heizen mit ihnen den

Körper ganz ebenso wie einen Ofen mit Heizmaterial, doch können natürlich die Stoffe, deren unmittelbare Verbrennung Wärme liefert, nicht gleichzeitig auch noch mechanische Kraft erzeugen, diese nimmt vielmehr ihren Ursprung aus der chemischen Veränderung der zusammengesetztesten, stickstoff- und schwefelhaltigen Bestandteile der Muskeln, also aus dem Stoffwechsel. Die Vorräte aufgespeicherter Wärme und Kraft werden wieder frei und wirksam, sobald durch die Verbrennung und den Stoffwechsel, d. i. durch den Verlauf des Lebensprozesses, die Nahrungsstoffe stufenweise und allmählich in die nämlichen ursprünglichen Substanzen zurückgeführt werden, aus denen sie entstanden, also in Kohlensäure, Wasser, und Ammoniak. —

Wie bekannt, beschäftigten Liebig schon seit den dreißiger Jahren des vergangenen Jahrhunderts Ideenverbindungen, die den soeben dargelegten nahe verwandt waren, die er aber nicht zu völliger Klärung zu bringen vermochte; schon in seinem agrikulturchemischen Werke, noch mehr aber in der „Tierchemie“ (1842 zuerst erschienen), finden sich zahlreiche Gedanken, die bis an die Schwelle der Wahrheit heranzuführen, Gedanken, die ihn in rastlosem Streben bemüht zeigen, die erahnte reife Frucht endlich an rechter Stelle zu fassen, — während sie sich dem Zugreifenden immer wieder aufs neue entzieht. Als ihm 1842 Robert Mayer seine erste, von Poggendorff in ihrer ursprünglichen Gestalt zurückgewiesene Abhandlung einsandte, war er daher durchaus vorbereitet und befähigt, ihre Bedeutung zu erfassen; sie bot die lange gesuchte Lösung des großen Rätsels, und indem Liebig dies sogleich erkannte, und sie in seinen Annalen zum Abdrucke brachte, leistete er der Wissenschaft einen unermeßlichen Dienst.

In der Neidlosigkeit, mit der Liebig Mayers Leistungen ankündigte und zeitlebens hochhielt, tritt die Lauterkeit seines Charakters ebenso glänzend hervor, wie in der Art, nach der er sich die Tragweite der Mayerschen Lehren zu eigen machte,

die Schärfe seines Geistes. Heutzutage ist freilich der Satz von der „Erhaltung der Energie“ längst Gemeingut aller Naturforscher und daher auch aller Chemiker geworden, vor fünfzig Jahren aber wurde er selbst von den nächstbeteiligten Fachleuten teils gar nicht verstanden, teils sogar bestritten: so z. B. glaubte zu jener Zeit noch der, als Wärmetheoretiker und Ingenieur so hervorragende Hirn, Dampfmaschinen vermöchten sehr wohl auch ohne Wärmeverbrauch Arbeit zu leisten, und ein Wärmeäquivalent brauche, falls es bestehe, keineswegs konstant zu sein, — Ansichten, die er erst 1862 endgültig fallen ließ.¹ Bewunderungswürdig bleibt daher die Sicherheit, mit der Liebig die volle Tiefe des Mayerschen Grundgedankens begriff und würdigte, erstaunlich auch die Klarheit, mit der er den wesentlichen Inhalt der Mayerschen Lehren darzulegen, und einem wenig vorgeschulten Zuhörerkreise verständlich zu machen wußte. Daß sein Vortrag von 1858 ihn auch selbst durchaus befriedigte, geht aus der Tatsache hervor, daß er ihn für die im nämlichen Jahre abgeschlossene neue (vierte) Auflage der „Chemischen Briefe“ verwertete, in deren Vorrede auf die „Bearbeitung einer Anzahl von Vorträgen“ (jedoch ohne nähere Bezeichnung) hingewiesen ist. Mit verschiedenen Abänderungen und Zusätzen versehen, bildet er dort den neu eingefügten 13. Brief,² und müßte daher eigentlich jedem Chemiker wohlbekannt sein, — ermangelte jenes Werk heute nicht so gänzlich der Leser, die ihm, als einem wahrhaft klassischen der wissenschaftlichen Literatur, gebühren; denn über die veralteten und überholten Einzelheiten läßt sich unschwer hinwegsehen, unsterblich bleibt aber das Bemühen des Aufschwingens zum höchsten Gesichtskreise, das selbstlose Streben nach Wahrheit, und die unerschrockene Kritik und Bekämpfung jener Fehlschlüsse und Irrtümer, die

¹ s. meine „Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften“ (Leipzig 1906, S. 554, im Aufsätze über Robert Mayer.)

² S. 103 der vierten Auflage.

v. Lippmann, Abhandl. u. Votr. II.

leider ebenfalls einer Art Unsterblichkeit teilhaftig sind, und fast mit jeder Generation in neuem Gewande wieder auftauchen. Daher läßt sich auch noch heute selbst aus Liebig's Fehlern nicht selten mehr lernen, als aus den Berichtigungen seiner Gegner und Widersacher.

Auch viele andere Stellen jener Neuauflage der „Chemischen Briefe“ zeigen, wie völlig durchdrungen Liebig von R. Mayers Anschauungen war: „Wärme, Licht, Magnetismus, Elektrizität, stammen von einer Mutter“ (S. 11); „erst die chemische Auflösung des Zinks erzeugt den entsprechenden elektrischen Strom, denn keine Kraft kann aus nichts entstehen“ (S. 97); „Wärme, Elektrizität, Magnetismus . . . sind äquivalent, und durch ein gewisses Maß von Elektrizität bringen wir ein entsprechendes Verhältnis von Wärme oder magnetischer Kraft hervor, die sich gegenseitig äquivalent sind; . . . chemische Affinität bringt, in der einen Form verbraucht, Wärme hervor, in der anderen Magnetismus oder Elektrizität, . . . und mit einer gewissen Summe Affinität erkaufen wir ein Äquivalent Elektrizität, gerade so wie wir umgekehrt durch ein gewisses Maß von Elektrizität Äquivalente von chemischen Verbindungen zersetzen“ (S. 98). Wie klar sich Liebig über die Arbeitsleistung, als den wesentlichen Punkt, war, beweist der auf das Beispiel des Magneten bezügliche Satz: „... es gilt, das Eisen zu heben, ihm eine Bewegung zu erteilen, . . . denn ein Magnet, der nur trägt, wirkt wie ein Felsen, der ruhend nur mit seinem Gewichte auf die Unterlage drückt, er ist ein eingeschlossener See, der keinen Fall besitzt“ (ebd.¹). Gleich durchdringend ist das Urteil über einen anderen Punkt von höchster Bedeutung: Wie die Erzeugung der Bewegung durch die Dampfmaschine, oder jene des elektrischen Stromes im galvanischen Element, so bleibt auch die der mechanischen Kraft im Körper an einen Stoffwechsel gebunden, aber die nähere

¹ Das nämliche Bild gebraucht schon Lionardo da Vinci (s. meine „Abhandlungen und Vorträge“, S. 355).

Beziehung ist uns vorerst noch gänzlich unbekannt, und niemals können die Vorgänge des Stoffwechsels und die Tätigkeiten der hierbei ins Spiel kommenden Kräfte direkt oder indirekt Geistestätigkeiten, Selbstbewußtsein, oder Gedanken erzeugen, da man sonst, nach dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft, fähig sein müßte, auch umgekehrt durch Gedanken Lasten zu heben, oder etwa Elektrizität, Magnetismus, und Wärme hervorzubringen (S. 187).

Noch in seiner letzten großen Arbeit „Über Gärung, Quelle der Muskelkraft, und Ernährung“, — die u. a. den unvergeßlichen Satz enthält: „Man sollte doch endlich zur Einsicht kommen, daß man ‚Ursachen‘ auch mit Mikroskopen nicht sehen kann“¹ —, sagt Liebig in gleichem Sinne: „Bei der Bildung organischer Substanz in der Pflanze unter dem Einflusse des Sonnenlichtes wird Wärme (oder Sonnenkraft) gebunden, oder, wie man sagt, latent; bei ihrer Rückbildung wird sie wieder frei, und das Maximum wird frei, wenn die Rückbildung dieser Substanzen genau ihrer Bildung entspricht. ... Die Pflanze ist ein Magazin von Sonnenkraft, ... und die in den Nährstoffen der Tiere aufgespeicherte Kraft kommt im Tierleibe wieder zur Äußerung.“² Von solchen Gedanken erfüllt, durfte Liebig mit Recht in einem Briefe vom 1. Dezember 1867 an Fr. Mohr den Ausspruch tun: „Wie unendlich fruchtbar ist doch das Prinzip der Erhaltung der Kraft in den Naturwissenschaften gewesen, und wenn ich daran denke, daß die erste Abhandlung Mayers weder Poggendorff noch ein Anderer drucken wollte, und daß man ihn in Heidelberg und Karlsruhe für einen Narren erklärte, so erscheint der geistige Fortschritt von da bis heute ganz wunderbar“.

Bemerkenswert ist es, daß Liebig in seinem Vortrage von 1858 zwar die, sich an Mayers Lehren „knüpfenden

¹ Seite 44 des Sonderabdruckes (Leipzig u. Heidelberg 1870). ² ebd., S. 80 und 123.

Forschungen der ausgezeichnetesten Physiker und Mathematiker“ erwähnt, aber keinen von diesen nennt, insbesondere nicht Helmholtz. Ich habe an anderer Stelle die einschlägigen leidigen Streitigkeiten über die Priorität betreff des Kraft-erhaltungsgesetzes behandelt, und gezeigt, daß Helmholtz diese mit Unrecht für sich in Anspruch nahm;¹ daß ein Kronzeuge wie Liebig zeitlebens die Priorität Mayers anerkannte, und (so viel man weiß) über anderweitige Behauptungen niemals auch nur ein Wort verlor, verdient deshalb besondere Hervorhebung, weil noch neuerdings Koenigsberger in seiner ausgezeichneten Biographie Helmholtz'² dem Verdienste R. Mayers durchaus nicht genügend gerecht wird. Es ist mit dem vorliegenden Tatbestande unvereinbar, das Prinzip von der Erhaltung der Kraft ein Helmholtzsches, den Begriff vom konstanten Energievorrat des Weltalls „einen völlig neuen, Helmholtz allein angehörigen“ zu nennen,³ sowie zu behaupten, auch R. Mayer sei zwar zum nämlichen Gedanken gelangt,⁴ aber „weniger allgemein und weniger klar bewußt“ und „nicht durch wissenschaftliche Methoden“, und sei „weit davon entfernt gewesen, ... die Richtigkeit ... des Gesetzes ... an allen damals bekannten Naturprozessen zu prüfen.“⁵ Die Abhandlungen R. Mayers von 1842 und 1845 erweisen das gerade Gegenteil dieser Angaben, und daß Helmholtz die Schrift von 1845 „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel“, — nach Moleschott „ein Werk von monumentalem Charakter, würdig des größten und fruchtbarsten Gedankens, den das Jahrhundert zutage gefördert hat“ —, weder als Physiologe noch als Physiker ihrer vollen Tragweite nach zu durchschauen vermochte, sie vielmehr ganz nebenbei mit wenigen Zeilen einer völlig nichtsagenden Besprechung abtat, wird stets unbegreiflich erscheinen,

¹ S. meine „Abhandlungen und Vorträge“, a. a. O.
schweig 1902 ff.

² Braunschweig 1902 ff. ³ ebd., Bd. 1, S. 79 und 208; Bd. 1, S. 89 und 213.

⁴ ebd., Bd. 2, S. 318; s. auch Bd. 2, S. 167.

⁵ ebd., Bd. 1, S. 82 und 87.

wie denn überhaupt das Verhalten dieses großen Mannes gegenüber R. Mayer vielfach rätselhaft und unerfreulich bleibt.¹

Nachschrift bei der Korrektur: Vor einigen Tagen teilte mir Geheimrat Prof. Dr. J. Volhard freundlichst mit, daß er in seiner, der Vollendung nahen Biographie Liebig's, anläßlich der Besprechung der „Chemischen Briefe“ auch Liebig's Beziehungen zu R. Mayer kurz erörtert, und dabei auf den Münchener Vortrag von 1858 hingewiesen habe.

¹ Über die späteren Prioritäts-Streitigkeiten zwischen Helmholtz und Mayer geht Koenigsberger ganz hinweg (Bd. 2, S. 237).