

Von der Iatrochemie zur „Organischen Chemie“.

Historisches über Entstehung und Namenbildung der „organischen Chemie“¹⁾

von P. WALDEN, Rostock.

(Eingeg. 1. Okt. 1926.)

Der Name „organische Chemie“ gehörte während des letzten Halbjahrhunderts zu den allerorts mit unverhohlener Bewunderung und am häufigsten ausgesprochenen, wenn es galt, die immer wieder geglückten synthetischen Großtaten der modernen Chemie zu rühmen. Der Name war hier nicht „Schall und Rauch“! Dieser Name umschloß ein ganzes schöpferisches Arbeitsprogramm, und das Arbeitsprogramm bedeutete eine neue Kulturperiode. Und doch besteht ein gewisses Mißverhältnis zwischen den allbekannten Leistungen der organischen Chemie in moderner Kultur und Wirtschaft einerseits, und den historischen Kenntnissen über die Vergangenheit dieser organischen Chemie anderseits. Ist es nicht befremdlich, daß erst die jüngste Zeit uns eingehende Spezialwerke über die Geschichte der organischen Chemie beschert hat? Erschien doch Edv. Hjelts „Geschichte der organischen Chemie“ erst 1916, C. Graebes „Geschichte der organischen Chemie“ 1920, E. O. v. Lippmanns „Zeittafeln zur Geschichte der organischen Chemie“ 1921.

Man kann die Frage stellen, welche Umstände gerade zu unserer Zeit diese erhöhte Geschichtsbetrachtung der organischen Chemie bewirkt haben. Ist dies vielleicht aus dem Empfinden heraus geschehen, daß wir am Ausgang einer eigenartigen schöpferischen Periode stehen? „Geschichte schreiben ist eine Art, sich das Vergangene vom Halse schaffen“, sagt Goethe! Stehen wir vor neuen Aufgaben, dann muß aber erst recht die genaue Kenntnis des Vergangenen von Nutzen sein, um eine künftige, möglichst große wissenschaftliche Produktion mit geänderten Zielen und Methoden zu sichern. Die Geschichte ist dann nicht ein kurzweiliger Selbstzweck, sondern ein wichtiges Forschungsmittel und eine ernste Lehrmeisterin. Sind wir ausreichend orientiert über die Entstehungsgeschichte?

Wie entstand eigentlich die „organische Chemie“? Woher kam der mehrdeutige Name? Welches waren die Leitgedanken in der Anfangsperiode der organischen Chemie?

I. Die Chemie der drei Naturreiche.

An den Anfang der geschichtlichen Entwicklung der „organischen Chemie“ wird gewöhnlich das Werk des Apothekers N. Lémery „Cours de Chymie“ (Paris 1675) gestellt. So sagt Ladenburg (Vorträge über die Entwicklungsgesch. d. Chemie, II. Aufl., 1887): „Schon Lémery in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts trennte die organische Chemie von der anorga-

nischen“ (S. 120). Und ähnlich äußert sich Schorlemmer (Origine et développement de la chimie organique, Paris 1885): „Dès l'aurore de cette nouvelle époque, nous trouvons exprimée également pour la première fois une distinction précise entre les corps organiques et inorganiques... Ce fut en 1675 que parut le Cours de Chymie de N. Lémery“ (p. 7f). Auch Thorpe (History of Chemistry, vol. I, p. 121, 1924) schreibt die Trennung der Chemie in die zwei Zweige anorganische und organische Chemie demselben Lémery zu. Die verbreitetsten Lehrbücher der organischen Chemie wiederholen diese Ansicht, z. B.: „Man hat früher die im organischen, d. h. im Tier- und Pflanzenreiche vorkommenden Verbindungen in die organische, die Substanzen des Mineralreiches in die anorganische Chemie eingereiht (zuerst 1675 Lémery in seinem Cours de Chymie)“, — so sagt Bernthsen (Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie, XVI. Aufl., S. 1 [1924]).

Zwei Fragen treten nun auf: Ist diese Trennung in anorganische Chemie und organische Chemie überhaupt von Lémery durchgeführt worden, und ist Lémery der erste gewesen, der eine Trennung der Stoffwelt nach den drei Reichen vorgenommen hat?

In dem Vorwort des Cours de Chymie sagt er: „... je divise mon Livre en trois Parties; En la première, je traite des Minéraux; en la seconde, des Vegetaux, en la troisième, des Animaux“. Er will nicht allein die Beschreibung der hauptsächlichsten chemischen Heilmittel, sondern auch Raisonnements über die meisten Phänomene geben, welche die Operationen begleiten. Daher teilt er das Buch in die drei Teile. Er richtet sich an den Dekan und die Doktoren der Medizinischen Fakultät zu Paris: „Il vous appartient bien, Messieurs, d'estre regardez comme les plus sçavants hommes de l'Europe; rien n'est échappé à vostre penetration: La Nature n'a point de Secrets qui ne vous soient connus“. —

Auf Seite 2 seines „Cours de Chymie“ heißt es:

„La Chymie est un Art qui enseigne à separer les différentes Substances qui se rencontrent dans un Mixte: J'entens par les Mixtes, les choses qui croissent naturellement, à sçavoir les Minéraux, les Vegetaux, les Animaux.“

Von „organischer und anorganischer“ Chemie ist hier keine Rede.

Daß diese Klassifizierung Lémerys formal nur ganz entfernt an unsere heutige Teilung in anorganische und organische Chemie erinnert, ist augenscheinlich; daß sie auch sachlich unvollkommen und inkonsequent ist, ersieht man z. B. aus folgenden Beispielen: Bleizucker (Sucre de Saturne, p. 123), Vinaigre de Saturne mit Rosenöl u. a. gemischt (S. 124), der Bleizucker mit Terpentin (S. 127), Kupferacetat oder Crystaux de Venus, deren Destillationsprodukte (Esprit de Venus, p. 142), Huile de Briques (p. 287) — Destillationsprodukt von Olivenöl, Esprit de Nitre dulcifié aus Salpetergeist und Alkohol (S. 321), Bernstein, bzw. Ambra und Petroleum (p. 386 f.), sowie die Destillationsprodukte: das Bernsteinöl (S. 389) und Bernsteinsäure (S. 394) werden sämtlich im Kapitel I „Des Minéraux“ beschrie-

¹⁾ Die nachstehende historische Untersuchung ist die Folgewirkung einer Diskussion über das obige Thema und der nachherigen Anregung, die dem Verfasser — während der diesjährigen Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Kiel — von seiten der Redaktion dieser Zeitschrift zuteil geworden ist. Dieses dankend hervorzuheben, hält der Verfasser für seine Pflicht.

ben. In dem Abschnitt II „Des Vegetaux“ wird dagegen Essig (S. 453), Papier und dessen Destillationsprodukte (S. 410), Weinstein und dessen Destillationsprodukte (S. 457) usw. abgehandelt. Unter den Stoffen des Kapitels III „Des Animaux“ finden wir auch den Phosphor (S. 549), ferner Balduins Phosphor (Calciumnitrat) oder „hermetischen Phosphor“ (S. 566).

Diese Beispiele veranschaulichen uns das von L e m e r y angewandte System der Stoffgliederung nach ihrem Ursprung, nicht aber nach ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrer chemischen Natur. Daß er diese Gliederung streng durchgeführt hätte, wird man kaum behaupten. Hinsichtlich der Zusammensetzung sei folgendes angeführt: L e m e r y nimmt als Ergebnis der Analysen der Chemiker in den Gemischen fünf Prinzipien an, und zwar: „trois Actifs, l'Esprit, l'Huile et le Sel; et deux Passifs, l'Eau et la Terre“ (p. 3). Ferner: „On trouve aisément les cinq Principes dans les Animaux et dans le Vegetaux, mais on ne les rencontre pas avec la mesme facilité dans les Mineraux“ (p. 9), denn „... il se peut faire que ces substances qu'on appelle Principes, se soient tellement embarrassées les unes dans les autres, qu'on ne les puisse pas séparer qu'en brisant leur Figures“. Es werden also stereochemische Faktoren in die Betrachtung der Zusammensetzung mit hineinbezogen. Außerdem wird betont, daß die Prinzipien l'Huile (d. h. = Sulfur) und l'Esprit (= Mercurius) vornehmlich in den Pflanzen und Tieren vorkommen, daher deren „Corruption“ bedingen (S. 3). Diese Prinzipien sind die iatrochemischen, sie kommen schon bei J e a n R e y (1630) und L e F e b u r e (oder L e F è v r e, in dessen *Traité de la Chymie*, 1660) vor, die Annahme ihres Vorwaltens in dem Pflanzen- und Tierreich entspricht den damaligen allgemein herrschenden Ansichten.

Das Charakteristische bei L e m e r y dürfte nicht die Trennung der „organischen Chemie“ von der „anorganischen“ sein, denn es gab damals weder diese Bezeichnungen und Trennungen, noch diese Begriffe überhaupt, sondern die chemische Betrachtung der Naturkörper nach dem Vorkommen in den sogenannten drei Naturreichen.

Dann aber entsteht die Frage: War L e m e r y überhaupt der Bahnbrecher in dieser Gliederung der Naturprodukte? Hatte er nicht schon zahlreiche Vorgänger?

Gewöhnlich wird die Bezeichnung „Naturreich“, bzw. die Einteilung der Naturkörper in die drei „regna“: Tierreich, Pflanzenreich und Mineralreich E. K ö n i g zugeschrieben (*Regnum animale*, 1682).

Die alte Chemie hat ihrerseits diese Dreiteilung des Stoffgebietes schon vor dieser Zeit geübt.

Es muß anerkannt werden, daß die bewußte Hereinbeziehung der Stoffe der Pflanzen- und Tierwelt in das chemische Arbeitsgebiet eine wesentliche Erweiterung der Chemie und eine neue Forschungsepoche anbahnt.

Zur Veranschaulichung dieser Richtung sei auf die Titel der nachstehenden chemischen Werke verwiesen. J. B. P o r t a, *Magiae Naturalis libri XX*, Neapel 1584 (1589). Hier wird im II. Buch von der Generation der Tiere, im III. Buche von der Produktion neuer Pflanzen, im V. Buche von der Verwandlung der Metalle gelehrt.

M y l i u s, *Basilica chemica*, 1618. Hier behandeln die Bücher I—V die Metalle, Edelsteine und Mineralien, das VI. Buch die Pflanzen, das VII. (letzte) Buch die Tiere.

C. K h u n r a t h, *Medulla Destillatoria et Medica*, quintum aucta et renovata. Das ist: Gründliches und vielbewertetes Destillir und Artzney Buch / darinnen begriffen (wie der Spiritus Vini...). Auch allerley köstliche Oliteten, Spiritus, Salia etc. auss mancherley animalibus, mineralibus und vegetabilibus künstlich können destillirt... Hamburg 1623.

P. J. F a b r i (Faber), *Abrégé des Secrets Chimiques*, où l'on voit la nature des Animaux, Végétaux et Minéraux usw. Paris 1636.

J. R. G l a u b e r, *Miraculum mundi* oder ausführliche Beschreibung der wunderbaren Natur..., dadurch die Vegetabilien, Animalien und Mineralien gar leichtlich in die allerheilsamste Medicamenten und die unvollkommene Metallen realiter in beständige und perfecte Metallen können verwandelt werden. Hanau 1653.

N. L e F e b v r e, *Traité de la Chymie*... Que pour faciliter les Moyens de faire artistement et methodiquement les Operations qu'enseigne la Pratique de cet Art, sur les Animaux, sur les Vegetaux et sur les Mineraux... 1660.

C. G l a s e r, *Traité de la Chymie*... 1663 (1668, 1673 usw.). Deutsch von Marschalk, Nürnberg. 1677: *Novum Laboratorium Medico-Chymicum*; das ist... die üblichen Kunst- und Handgriffe des vegetabilischen, animalischen und mineralischen Reichs...

J. J. B e c h e r, *Physica subterranea*. 1669 (1681; 1703 von G. E. Stahl). Im V. Abschnitt werden als Gemische behandelt: Tiere, Pflanzen und Metalle.

E. B o l n e s t, *Aurora chymica, or rational way of preparing Animals, Vegetables and Animals for a physical use*. London 1672.

C. L a n c i l l o t t i, *Guida alla Chimica*... Operaz. sopra ogni Corpo misto Animale, Minerale, ò Vegetabile... Venetia 1674.

J o h. K u n c k e l, *Chymische Anmerkungen*, darin gehandelt wird von denen Principiis Chymicis, Salibus Acidis et Alcalibus Fixis und Volatilibus, in denen dreyen Regnis, Minerali, Vegetabili und Animali... Wittenberg 1677.

J. H. J ü n g k e n, *Chimia experimentalis curiosa ex principiis mathematicis demonstrata*. In quo ex triplici Regno remedia. Frankfurt. 1681.

A. Q. R i v i n u s u. V i g a n i, *Medulla chemiae*... ex Regno vegetabili, sed etiam ex minerali et animali experimentis. 1690.

P. P o m e t, *Histoire générale des drogues*, Paris 1691. In drei Klassen werden Pflanzen, Tiere und Mineralien mit ihrem Nutzen für Medizin, Chemie und Pharmazie dargestellt.

C l. T. L a G a r a y e, *Chimie Hydraulique, pour extraire les Sels Essentiels des Végétaux, Animaux et Minéraux avec l'Eau pure*... 1745.

Die angeführten Beispiele zeigen, daß die Behandlungsweise der Naturstoffe nach den drei Reichen (Mineral-, Pflanzen- und Tierreich) bei den chemischen Autoren schon seit dem XVI. Jahrhundert²⁾ gang und gäbe war, bzw. vor und nach L e m e r y, bis in das XVIII. Jahrhundert hinein, geübt wurde, um im XIX. Jahr-

²⁾ Bei der beispiellosen Autorität, die den Ansichten des Aristoteles durch Jahrtausende gezollt wurde, ist es naheliegend, den Ursprung dieser Dreiteilung der Natur bis auf Aristoteles zurückzuverfolgen. Er ist ja auch der Vater des Begriffes „Organon“, der wiederum die Wurzel für die Begriffe Organismen, organische Wesen usw. geworden ist. Vgl. E. O. v. L i p p m a n n, *Chemisches und Alchemistisches aus Aristoteles*, Abhandl. u. Vorträge, II, 64—161 (1913).

hundert als Mineral-, Pflanzen- und Tierchemie noch fortzuleben.

Eine neue Frage tritt alsdann an uns heran: Wie entstand aus dieser chemischen Gliederung der Stoffe nach den drei Naturreichen die „organische Chemie“? In welcher Stufenfolge vollzog sich der Prozeß der Begriffsbildung „organischer Körper“?

II. Wesensunterschiede der mineralischen, vegetabilischen und animalischen Stoffe; Brennbarkeit: Sulphur (Paracelsus), Terra pinguis (Becher), Phlogiston (Stahl), Kohlenstoff und Wasserstoff (Lavoisier). Kompliziertheit des Baus; Radikale. „Organisierte Körper“.

Mit Paracelsus (1493–1541) trat in die Chemie eine Persönlichkeit, die eine tiefgehende geistige Revolution in den bis dahin herrschenden Ansichten über Ziele und Grenzen chemischer Arbeit auslöste. Dieser Bekämpfer aller alten Autoritäten bahnte die Abkehr von den „alten Göttern“, von den Meistern der Alchemie und von dem Idol des „philosophischen Steins“ an, er zerstörte gleichsam das alchemistische „goldene Kalb“ und setzte an dessen Stelle den lebenden Organismus. Nicht künstlich Gold und Silber zu machen, sondern durch chemische Mittel Krankheiten zu beheben und Gesundheit zu erhalten, soll das Ziel der Chemie sein. Damit begründete er eine neue Arbeitsgemeinschaft zwischen Medizin und Chemie, stellte eine neue Wertskala für chemische Forschung und chemische Stoffe auf und schuf ein neues Milieu, das wirklichkeitsnah, interessenreich und durch naturwissenschaftlich geschulte Kräfte ausbaufähig war. Gerade die Eignung der lebenden Natur zu chemischen Versuchen oder Untersuchungen, diese Hereinbeziehung des „Organischen“ in den Arbeitsbereich der Chemie möchten wir als das besondere der Iatrochemie hervorheben. An diese neue Zielsetzung in der Chemie durch den Realpolitiker Paracelsus möchten wir den Anfang derjenigen Entwicklung setzen, die schließlich zu einer sogenannten „organischen Chemie“ führte. Zu erwähnen ist noch, daß die Iatrochemie mit ihrer neuen Ideologie nicht nur das gewaltige Endziel der chemischen Erkenntnis und Aufbauarbeit bereits voraussah, sondern es auch experimentell in Angriff zu nehmen wagte, nämlich aus anorganischem, totem Material direkt zu lebenden (organischen) Gebilden zu gelangen, d. h. synthetisch aus Leblosem Lebendes zu machen! Man erinnere sich an den „Homunculus“ des Paracelsus und an die „Palingenesie“ seines Anhängers Quercetanus.

Von seinen drei Grundsubstanzen Sulphur, Mercurius³⁾ und Sal sagte Paracelsus: „Nun die Ding zu erfahren, so nehmet ein Anfang vom Holz: Dasselbig ist ein Leib, nun lass brennen, so ist, das do brennt, der Sulphur, das do raucht [d. h. das flüchtige], der Mercurius, das zu Eschen [Asche] wird, Sal“ (Opus Paramirum, 1562). Diese Ideen wirken und entwickeln sich weiter.

Ein Jahrhundert nachher stellt J. J. Becher seine drei Prinzipien oder Urstoffe auf, es sind dies die mercurialische (terra mercurialis), die glasartige (terra lapidea) und die brennbare Erde (terra pinguis, sulfuris), (Physica subterranea, Sect. III; 1669). In den

³⁾ Daß bereits ums X. Jahrh. die Lehre weitverbreitet war, daß alle Stoffe aus Schwefel und Quecksilber bestehen, beweist die Enzyklopädie der „Treuen Brüder“. Vgl. E. O. v. Lippmann, Abhandlungen u. Vorträge II, 148 (1913), und Entstehung u. Ausbreitung der Alchemie, S. 380, 1919.

drei Naturreichen — sagt er — kommen alle drei Elemente (Prinzipien) vor, „aber in den Mineralien sind sie auf eine einfachere Weise vereinigt als in den vegetabilischen und animalischen Stoffen“ (s. a. Sect. V und VI, von den Gemischen).

Diese Hervorhebung der einfacheren Struktur bei den mineralischen Körpern stellt einen wichtigen Schritt im Entwicklungsgange der Konstitutionsforschung dar. Ein nächster Schritt ging von G. E. Stahl (1702) aus, der bei der Weiterentwicklung der Becher'schen Lehre für die vegetabilischen und animalischen Stoffe das Vorwalten des wässrigen und des brennbaren Elementes (des Phlogistons) unterschied, indem diese Stoffe bei der trocknen Destillation „Wasser“ als Destillat und Kohle als Rückstand lieferten.

In seinem Buch, „Zufällige Gedanken und nützliche Bedencken über den Streit von dem sogenannten Sulphure usw.“ (Halle 1718) sagt Stahl, „dass freylich so wohl in dem Fett, da man die Schuhe mit schmieret, als in dem Schwefel auss den Bergwercken, und allen verbrennlichen halben und ganzen Metallen, in der wahren That, einerley, und eben dasselbige, Wesen sey, was die Verbrennlichkeit eigentlichst giebt und machet“ (l. c. § 18).

Weitere Unterscheidungsmerkmale folgten. P.-J. Macquer wies (in seinen Elements de chymie théorique, 1749) darauf hin, daß die animalischen und vegetabilischen Körper die Fähigkeit der „Fermentation“ besitzen („unter Fermentation versteht man eine innere Bewegung, die von sich selbst unter den unsichtbaren Teilchen des Stoffes erregt wird und als deren Folge eine neue Lagerung und neue Verbindung entsteht), die Mineralkörper zeigen keinerlei sichtbare Fermentation. In seinem „Dictionnaire de chymie“ (1778) unterschied Macquer die mineralischen Stoffe von den organisierten, den vegetabilischen und animalischen (Kopp, Geschichte der Chemie, IV, 242, 1847). Neben dem soeben erwähnten verschiedenen Verhalten war es bei Macquer noch die andersgeartete Zusammensetzung der organisierten Stoffe: in ihnen sollte das Phlogiston in der Verbindung zu Öl als näherer Bestandteil enthalten sein.

Cavallo (Natur und Eigenschaften der Luft usw., engl. Ausgabe 1781, deutsch, Leipzig 1783, S. 5) sagt: „In dieser Absicht haben die Gelehrten, welche die Werke der Natur untersuchen wollten, die Körper unter verschiedene Klassen gebracht, als ob diese Klassen in der Tat voneinander getrennt und in keiner Verbindung wären. So haben sie z. B. die drei großen Abteilungen, das Tierreich, Pflanzenreich und Mineralreich angenommen“. Cavallo (S. 22) sagt dann von den Säuren: „Sie werden aus verschiedenen, teils mineralischen, teils vegetabilischen oder animalischen Körpern gezogen und in dieser Absicht in mineralische, vegetabilische und animalische Säuren eingeteilt“. Dort, wo er „von den vegetabilischen und tierischen Substanzen“ handelt (S. 100), sagt er: „Das Pflanzenreich, oder die Klasse derjenigen organisierten Körper, welche das Vermögen zu wachsen und sich fortzupflanzen besitzen, aber der willkürlichen Bewegung beraubt sind, ist in Absicht auf die Simplizität die nächste nach dem Mineralreiche... In jeder Pflanze findet sich etwas Erde, Salz, Wasser und Öl... Der große chymische Unterschied zwischen dem Mineralreiche und den beiden andern Naturreichen besteht darin, daß die Pflanzen und tierischen Körper eine brennbare fette oder ölige Substanz liefern, welche

man aus keinem Mineral erhalten kann.“ — „Das Öl, es komme nun aus tierischen oder vegetabilischen Substanzen, ist aus Wasser, Säure, Phlogiston und Erde zusammengesetzt“ (S. 106).

Überblicken wir noch einmal den Weg, den die Leitgedanken — von Paracelsus zu Becher und Stahl bis zum Ende des XVIII. Jahrhunderts — über das Wesen der vegetabilischen und animalischen Körper genommen haben, und beachten wir, daß diese Körper wegen ihrer leichten Brennbarkeit und Zersetzlichkeit reich an Phlogiston sein sollten, andererseits aber gerade die Kohle, bzw. der Wasserstoff (nach Cavendish) nahezu als reines Phlogiston angesprochen wurden, so erkennen wir unschwer, wie zwangsläufig und folgerichtig die nächste Etappe in diesem Entwicklungsgang war, eine Etappe, die zur stofflichen Charakterisierung, zur qualitativen und quantitativen Erforschung in den Händen eines Lavoisier führte. Für die nachherige „organische Chemie“ bedeutet es eine denkwürdige Tat, als Lavoisier 1784 die Verbrennungsanalyse von Weingeist bzw. Olivenöl und Wachs ausführte und aus der Natur der Verbrennungsprodukte, bzw. der Menge des gebildeten Wassers und Kohlensäuregases zum erstenmal die Zusammensetzung zahlenmäßig festzulegen versuchte.

Vom heutigen Standpunkt geprüft, sind diese grundlegenden Analysen nicht nur nicht genau, sondern sogar falsch, insofern z. B. im Olivenöl und Wachs kein Sauerstoff, im Weingeist wiederum etwa 20% Sauerstoff zu viel gefunden wurde:

| | Lavoisier gef. | Soll | Lavoisier gef. |
|---------------------------|----------------|-------|----------------|
| Weingeist (C_2H_5OH): | C 28,5% | 52,2% | Olivenöl |
| | H 17,4% | 13,0% | C 79% |
| | O 54,1% | 34,8% | H 21% |
| | | | O — |

| | Lavoisier gef. | Hess gef. | Berthelot gef. |
|-------|----------------|-----------|----------------|
| Wachs | C 82,3% | 79,2% | 77,4% |
| | H 17,7% | 13,2% | 11,8% |
| | O — | 7,6% | 10,8% |

Es stimmt uns nachdenklich, wenn wir diese historischen Analysen anschauen und ihnen — trotz aller Unvollkommenheit derselben — die gewaltige erkenntnistheoretische Auswirkung parallel stellen. In der Biologie der exakten Wissenschaften kommt ähnliches jedoch häufiger vor. Waren nicht Daltons Zahlenwerte ungenau, und errichtete er trotzdem nicht auf denselben seine Lehre von den multiplen Proportionen? Und waren die ungenauen Atomgewichte Prouts nicht gerade zweckdienlich bei der Aufstellung seiner Hypothese (1815) von der Einheit der Materie?

Auf Grund seiner Verbrennungsanalysen an Alkohol, Olivenöl, Wachs (1784) glaubte Lavoisier 1789 in seinem „Traité élémentaire de Chimie“ (vgl. Ausgabe 1793, t. I, 209, bzw. sämtliche Werke, I, 147) zu folgendem generellen Urteil berechtigt zu sein:

„J'ai déjà fait observer que, dans le règne minéral, presque tous les radicaux oxydables et acidifiables étaient simples; que dans le règne végétal, au contraire, et surtout dans le règne animal, il n'en existait pas qui ne fussent composés au moins de deux substances, d'hydrogène et de carbone; que souvent l'azote et le phosphore s'y réunissaient, et qu'il en résultait des radicaux à quatre bases.“

Der Sinn der Begriffe „radical, base“ ist von dem Schöpfer dieser Worte, Guyton de Morveau 1787, folgendermaßen definiert: „Nous nous sommes contenté de designer l'être simple qui y modifie l'oxygène par l'expression de base acidifiable, ou pour abrégé, de radical de tel acide.“ G. de Morveau nimmt

1787 derartige (hypothetische) Radikale der Essigsäure, Weinsteinsäure, Benzoësäure usw. an. (Vgl. de Morveau, Lavoisier, Berthollet, de Fourcroy: Methode der chemischen Nomenklatur, übersetzt von K. v. Meidinger, 1793, S. 49.)

Lavoisier hat den Begriff „Radikal“ sowohl für elementare Körper, als auch für zusammengesetzte Stoffe verwendet, insofern die einen wie die anderen mit Sauerstoff sich verbinden. Noch 1831 definierte Berzelius (Lehrbuch der Chemie, IV², S. 998 [1831]): „Radikal — der brennbare Körper, der in einem Oxyd mit Sauerstoff verbunden ist“ (vgl. noch die letzte (V.) Aufl., I. Band, S. 674 [1842]).

Damit war die Entwicklungsperiode der Iatro- und phlogistischen Chemie in bezug auf die Stoffe der organischen Reiche abgeschlossen. An Stelle der einstigen „Prinzipien“ traten in die Zusammensetzung die stofflichen Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff usw. ein. Der Begriff der Radikale als der näheren stofflichen Bestandteile auch der organisierten Substanzen bahnte eine Konstitutionsforschung an. Wie nun z. B. die Metalle als Radikale der mineralischen Oxyde im freien Zustande existierten, so entstand bei Lavoisier auch der Gedanke der freien organischen Radikale. Waren doch nach seinen eigenen, allerdings falschen Analysen die Öle, das Wachs Kohlenstoff-Wasserstoffverbindungen (d. h. sauerstofffrei), folglich, so mutmaßte er — könnten sie die freien Radikale sein, welche durch Oxydation neutrale Oxyde (als solche sah er Zucker an) oder Pflanzensäuren geben!

Doch die genaue quantitative Analyse dieser Stoffe der Pflanzen- und Tierwelt war noch ein Problem, dessen Lösung den Meistern des kommenden Jahrhunderts vorbehalten war. Und so hat Lavoisier keine weiteren Spezialstudien in der Konstitutionsforschung dieser Körperklasse ausgeführt. Andererseits erlitt diese Forschung gerade in dem Moment, wo sie die alten Fesseln abgestreift hatte und nun in eine neue Entwicklungsphase treten konnte, neuartige Hemmungen: der experimentellen Forschung wurden neue Fesseln von seiten der philosophierenden Chemiker angelegt. Die Herkunft der Versuchsobjekte, der neue Name „organische Körper“ sollten der neuen „organischen Chemie“ für längere Zeit große geistige Hemmungen bereiten!

III. Neue Einteilung der Körper in „unorganisierte“ (auch „unorganische“) und in „organisierte“ (oder „organische“).

Wann entstand diese neue Gliederung? Welchen Begriff verband man mit dem Wort „organisiert“ oder „organisch“? Was verstand man unter „organische Körper“?

In erster Reihe waren es morphologisch-physiologische, nicht chemische Erwägungen und Kennzeichen, die in der zweiten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts die Naturwissenschaftler bewogen, die mineralischen Körper als „unorganisierte“ von den Körpern der Pflanzen- und Tierwelt zu scheiden und die letzteren beiden, d. h. Pflanzen und Tiere, in die gemeinsame Klasse der „organisierten Körper“ zu versetzen. Es war dies eine große Zeit der Klassifizierungen und Systematisierungen. Der Genfer Naturforscher Ch. de Bonnet lehrte um 1750 die ununterbrochene Stufenfolge zwischen dem höchstentwickelten Tier und dem niedrigsten pflanzlichen Lebewesen, sein Werk „Considérations sur les corps organisés“ (Genf 1762; deutsch 1773) war auch für eine neue Begriffs-

und Namenbildung maßgebend. Die Mineralien wiederum wurden von Werner 1774 klassifiziert, während Haüy (1784) seine Strukturtheorie der Mineralien aufstellte. Die „Natur“ wird in ein System gebracht! C. v. Linné gibt sein Werk „Systema naturae“ (1766–1768), Buffon seine „Histoire naturelle“ (1749–1788), J. Kant seine „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ (1755) heraus.

Der neue Begriff „corps organisés“ dringt weiter vor, die Begriffe „Organe“ und „Organismen“ werden immer vertrauter.

Joh. G. Wallerius schrieb 1772 in seinem „Mineralsystem“ (deutsch von Leske, Berlin, I. Teil, 1781):

„Das pflanzenartige Wachstum, das einige... den mineralischen Körpern zuschreiben, widerspricht aller Erfahrung. Wir sehen täglich, daß die Kunst Mineralien, wo nicht völlig, doch zum Teil zersetzen und neue hervorbringen kann. Sie sind nichts als Mischungen verschiedener Bestandteile: Organisation, Gefäße und Flüssigkeiten, die in diesen Gefäßen bewegt würden, lassen sich nirgends an ihnen dartun“ (I. c., S. 3).

Beachtenswert ist hier die Unterscheidung zwischen den mineralischen Körpern und den pflanzlichen, welche letzteren als besonderes Kennzeichen die „Organisation“ usw. besitzen.

Bei der Frage nach der Einteilung der „natürlichen Körper“ sagt A. G. Werner (Von den äußerlichen Kennzeichen der Fossilien, Leipzig 1774): „... sie teilen sich in zwei Hauptarten ein, wovon die eine ihre Verhältnisse in der Zusammensetzung, die andere aber in der Mischung führet, zu welcher erstern die Tiere und Pflanzen, sowie zu der andern die Körper des Fossilien- und meteorischen Reichs gehören; es sind zwar beide als natürliche Körper zusammengesetzt, und ihre Teile gemischt; erstere aber sind aus Teilen, so von einander verschieden sind, und welche wir Organe nennen, zusammengesetzt (composita)..., letztere hingegen sind ganz einfach oder aus einerlei Teilen zusammengesetzt (aggregata)...“ (I. c., S. 22).

Daß um 1780 die Bezeichnung „organisierter Körper“ bereits gang und gäbe war und auch in populären Schriften Anwendung fand, ist z. B. aus der Schrift eines ungenannten Autors „Briefwechsel über die Naturprodukte“ (I. Teil. Von den Mineralien. Leipzig 1781) zu ersehen. Hier heißt es, daß die Natur die Naturprodukte auf zweierlei Art zusammensetzt, „indem sie sie entweder bloß von außen an einander häuft, oder von innen heraus in bestimmter Ordnung dergestalt zusammen mischt und verbindet, daß die flüssigen sich zwischen den festen in besonderen Gefäßen ordentlich bewegen können. In dem letzteren Falle sind sie allemal in bestimmten Gestalten geordnet und heißen organisierte Körper, in dem ersteren hingegen... da nehmen sie selten eine bestimmte Gestalt an, und heißen unorganisiert“. Die natürlichen Körper werden nun „in die drei Reiche der Natur“ eingeteilt: in das Mineralreich (die „Mineralien leben nicht“), in das „Gewächs- oder Vegetabilreich“ („Pflanzen hingegen leben ohne zu empfinden“), und in das „Tier- oder Animalreich“ („Tiere leben und empfinden“).

Cavallos ursprünglich in englischer Sprache (1781) erschienenes Werk, sowie Macquers Dictionnaire (1778), gebrauchen ebenfalls die Bezeichnung „organisierte Körper“ (vgl. oben). Andere Autoren verwenden jedoch die Form „organische Körper“. Wel-

chen Sinn legte man diesen Bezeichnungen bei?

T. Bergman hat in seinen „Kleinen Physischen und Chymischen Werken“ (IV. Band, Frankfurt a. M. 1788) „Meditationen über das System der Fossilien“ mitgeteilt (I. c., S. 224–363). Hier sagt er:

§ 1. „Oberste Gattung aller natürlichen Körper. Die Körper, welche man auf der Oberfläche unserer Erde antrifft, lassen sich füglich in organische und unorganische teilen.“

§ 2. „Organische Körper. Diese haben eine Menge innerer Gefäße, wodurch die Teile aus den Nahrungsmitteln ausgezogen, vorbereitet und verbreitet werden, und also dem Körper zum Wachstum, Erhaltung und Fortpflanzung dienen.“

§ 3. „Klassen der organischen Körper. Man nennt sie auch lebendige Körper und nachdem sie entweder mit Sinn versehen sind oder nicht, so machen sie zwei besondere große Klassen aus, Tiere und Pflanzen, die man gewöhnlich als zwei Reiche der Natur ansieht.“

§ 4. „Unorganische Körper. Unorganische heißen diejenige, so gar keine organische Struktur besitzen, und nur durch eine äußere Apposition der Teile, vermöge der Attraktion, wachsen.“

Dem Ohr des modernen Chemikers klingen nun diese Gliederungen, genauer die Namen „organische Körper“ und „unorganische Körper“ ganz vertraut. Es wäre aber ein arger Irrtum, den heutigen Sinn dieses Begriffes „organischer Körper“ = organische chemische (individuelle) Verbindung bei jenen einstigen Bezeichnungen „organische Körper“ vorauszusetzen!

Zur weiteren Bekräftigung dieses ursprünglichen Begriffsinhalts führen wir noch aus Bergmans Abhandlung „Von den neuesten Entdeckungen in der Chymie“ (vgl. I. c., Band VI, 89 ff.) die folgende Stelle an, die von „zwei Arten von Körpern auf unserer Erde“ handelt: „Die eine, und zwar größte Art derselben ist ungestalt und roh, durch eine Zusammenwachsung der Teile gebildet, und mit keinen Gefäßen versehen, welche Nahrungsmittel zuführen; dieses sind z. B. die Erden, Steine, Salze, Metalle, Wasser, Luft, Feuer, die man auch gewöhnlich unorganische Körper nennt. Die andere Art... begreift Körper unter sich, die von Natur so gebaut worden, daß die ihnen zur Nahrung dienende Feuchtigkeit durch sehr kleine Gefäße zugeführt und nach allen Teilen verbreitet werde. Hierher gehören Pflanzen und Tiere, so man auch unter dem allgemeinen Namen organische Körper⁴⁾ begreift“ (I. c., S. 97).

Die Bezeichnung „unorganische“ und „organische“ Körper war demnach schon um 1780 eingebürgert. Der Name erwies sich den kommenden anderthalb Jahrhunderten gegenüber als beständig, während der Begriff gänzlich sich veränderte.

Über den ursprünglichen Sinn der Namen „organisch“ und „organischer Körper“ wollen wir auch die Philologen befragen, und zwar Autoritäten vom Ende des XVIII. und Ende des XIX. Jahrhunderts.

Von dem Wort „Organ“ sagen die Gebrüder Grimm (Wörterb. VII, 1338), daß es ein im XVIII. Jahrh. aus dem griech.-lat. *ὄργανον* entlehntes Wort ist.

⁴⁾ In seiner Arbeit „Von dem Lötrohr und seinem Gebrauche bei der Untersuchung der Mineralkörper“ (1777/1779) sagt T. Bergman: § 8. „Unorganische Körper sind vierfach, nämlich salzige, irdische, phlogistische und metallische“ (Kl. Schriften, II. Band, S. 534, 1782).

In J. C. Adelungs „Gramm.-kritisches Wörterbuch der Hochdeutschen Mundart“ (II. Ausg., III. Teil, 1789) heißt es: „Organisch, adj. et adv. aus dem Latein. und Griech. *organicus*, mit Organen, d. i. Werkzeugen der Empfindung, und in weiterer Bedeutung, der Veränderung, begabet und darin gegründet. Ein organischer, oder organisirter Körper, welcher vermöge seiner Zusammensetzung zu Empfindungen und Veränderungen fähig ist; zum Unterschiede von einem unorganischen“ (l. c., S. 614). Man beachte also auch hier den Sinn „organischer Körper“!

Das große „Deutsche Wörterbuch“ von J. Grimm und W. Grimm schreibt etwa hundert Jahre später (VII. Band, Leipzig 1889): „Organisch, adj. und adv. gebildet nach griech.-lat. *organikos*, *organicus* ... zunächst naturwissenschaftlich, mit organen versehen und durch sie belebt: organische Körper Lichtenberg naturlehre (1794) vorr. 26, organische geschöpfe Kant 4, 324, wesen 3, 61; substantivisch das organische Hölderlin 2, 254; zu einem organismus gehörend, in ihm wirkend: organisches Leben, naturgesetz u. dgl.; auch in der art eines organismus gegliedert und wirkend, organisch eingerichtet usw....“ (l. c. 1339).

IV. Organische Struktur.

Analyse und theoretische Unmöglichkeit der Synthese.

Ein neues Moment hob T. Bergman 1780 hervor. In seiner „Chemischen Untersuchung des Indigs“ (die 1780 von der Pariser Akademie preisgekrönt wurde) hatte er nach damaligen Begriffen eine erschöpfende Analyse des Indigos durchgeführt und sagte alsdann: „Die Wahrheit der analytischen Versuche wird durch synthetische bestätigt; diese letzteren aber lassen sich in Körpern aus dem Tier- und Pflanzenreich nicht durch die Kunst bewerkstelligen, indem es ohnmöglich ist, die organische Struktur nachzuahmen, durch deren Wirkung nicht selten Bestandteile vereinigt werden, die sich sonst auf keine andere Weise vereinigen lassen“ (vgl. Kleine Physische und Chymische Schriften, V. Band, S. 45, 1789). Die gleiche Ansicht wiederholt sich in einer späteren Abhandlung Bergmans „Von den neuesten Entdeckungen in der Chymie“ (Kl. Phys. u. Chym. Schriften, VI. Band, S. 89, 127 [1790]). Dort heißt es:

„Die Analysis der Körper wird durch die Synthesis erwiesen und bestätigt⁵⁾. Ich sagte..., daß man viele Körper, welche zu den unorganischen gehören, durch die Kunst nachmachen könne. Allein ich zweifle völlig, daß dieses auch bei den organischen Körpern statfinde. Denn wenn man auch ihre Elemente kenne, so ist dieses noch nicht hinreichend genug, da bei den organischen Körpern das vornehmste ist ihr besonderer Bau, welchen die Kunst nicht nachahmen kann, und die Natur nur auf eine Weise hervorbringt“ (l. c. 127, s. a. 117).

⁵⁾ Den Grundsatz, die analytischen Befunde stets durch gegenübergestellte synthetische Versuche zu stützen, hat T. Bergman wiederholt betätigt, z. B. in seiner Untersuchung „Vom Nickel“ (1775), „Von den Zinkerzen“ (1779), (Kleine Schriften, II. Band, S. 303, 396, 1782). In der Abhandlung „Von den metallischen Säuren“ (1781) heißt es: „Durch die Analysis und Synthesis entdeckt man in jedem Metalle zwei Bestandteile, nämlich Phlogiston und Erde“ (l. c. III, 148, 1785).

Trotz dieser prinzipiellen Verneinung der Synthese unternahm Bergman (wenn auch vergeblich) Versuche zur künstlichen Darstellung des Indigos und schloß daran folgende prophetischen Worte: „Man kann also hoffen, daß einstens die Europäer ihren Indig selbst bereiten werden, und also die Kosten ersparen, womit sie selbigen in Indien aufkaufen müssen“ (ib.). Was der Meister Bergman vergeblich versucht und doch hoffnungsvoll vorausgesagt, hat nach hundert Jahren der Meister A. Baeyer verwirklicht. — Es ist noch an eine andere Tatsache zu erinnern; Bergman unterwarf unter anderm den Indigo auch der trocknen Destillation und erhielt (neben neun Teilen eines brenzlichen Öles) acht Teile eines gelben „alkalischen Liquors“, hatte er damit nicht das Rohanilin (als Krystallin 1826 von Unverdorben entdeckt) abgeschieden (1780)? Über Unverdorben vgl. O. Schlenk, Z. ang. Ch. **39**, 757 [1926].

V. „Organische Kräfte“

im Gegensatz zu mechanisch-chemischen Kräften.

F. A. C. Gren (Grundriß der Chemie, 1796/1797; II. Aufl., I. Teil, 278 f. [1800]) sagte 1796:

„Die organischen Körper bieten uns eine weit größere Mannigfaltigkeit in ihrer Zusammensetzung dar als die unorganischen... Bei der großen Wandelbarkeit des quantitativen Verhältnisses dieser Grundstoffe (d. h. von Kohlen-, Wasser- und Sauerstoff, bzw. auch Stickstoff und Phosphor) gegeneinander unter Einwirkung der Wärme, der Luft, des Wassers können wir die Zusammensetzungen (d. h. Verbindungen) daraus, welche wir aus den Körpern der Pflanzen und Tiere scheiden, zwar leicht ineinander umändern, aber wir können sie doch nicht aus ihren Grundstoffen hervorbringen. Dies können nur die lebenden Organe tun.“ ... „Die Körper der Pflanzen und Tiere sind keine Gemische, sondern Gemenge verschiedentlich gearteter Zusammensetzungen.“

In seinem „Grundriß der Naturlehre“ (III. Aufl. 1797, § 1132, bzw. V. Aufl., 1808, S. 585) hebt Gren die Rolle des Lebens noch schärfer hervor: „So bewundernswürdig die unendliche Mannigfaltigkeit der Stoffe, welche die Natur, durch Hilfe der organischen Kräfte, aus einigen wenigen Grundstoffen bildet, so ist die ganz eigentümliche Natur dieser Mischungen nicht weniger bewundernswert. Sie unterscheiden sich von chemischen Mischungen auf eine höchst merkwürdige und auffallende Art dadurch, daß es unmöglich ist, sie durch chemische Kräfte außer dem organischen Körper nachzumachen. Was sich in den Gefäßen organischer Körper aus den Grundstoffen bildet, das macht kein Chemiker im Kolben und Schmelztiegel nach. Er kennt die ponderablen Grundstoffe des Zuckers, der Holzfaser usw., aber er wird nie etwas Ähnliches aus ihnen durch chemische Kräfte mischen... Die organischen Kräfte sind offenbar eine ganz eigene und höhere Art von Kräften, als mechanische und chemische Naturkräfte; auch ist es höchst wahrscheinlich, daß mancherlei nicht wahrnehmbare Stoffe bei den organischen Mischungen und Entmischungen eine noch wichtigere Rolle spielen mögen, als bei chemischen.“

Man beachte bei diesen Ausführungen erstens: den Sinn der Worte „organischer Körper“ (d. h. Pflanzen- und Tierkörper) im Gegensatz zu einer (orga-

nischen) Mischung oder Zusammensetzung⁹⁾ (d. h. chemischen Verbindung im heutigen Sinn); zweitens: die organischen Kräfte (also die in lebenden Organen wirkenden Kräfte) im Gegensatz zu den mechanisch-chemischen Kräften; drittens: die strikte Verneinung einer Möglichkeit außerhalb „der organischen Körper“, solche Verbindungen, wie z. B. Zucker, jemals synthetisch darzustellen; viertens: den Hinweis auf die Mitwirkung von „nicht wahrnehmbaren Stoffen“ beim Aufbau der Zelle — man könnte dabei an unsere heutigen Enzyme, Fermente u. ä. denken.

Die „Lebenskraft“ (oder die „organischen Kräfte“⁷⁾) war damit, ohne viele Gedankenarbeit, auch in die chemische Forschung hineingebracht, nachher bedurfte es allerdings einer halbhundertjährigen Experimentalarbeit, um sie wieder aus der Chemie hinauszubringen!

Zu bemerken wäre noch, daß Gren sich die Synthese recht leicht dachte, indem er hervorhebt, daß der Chemiker „durch chemische Kräfte dergleichen Stoffe umändern kann (z. B. den Zucker in Weingeist verwandeln); aber er kann nie den Schritt, den er vorwärts tat, wieder zurück tun (aus Weingeist wieder Zucker herstellen)“.

Gren als Autor des seinerzeit hochgeschätzten „Handbuches“ der gesamten Chemie (I. Aufl., 1787), gliederte 1787 dieses Werk in zwei Teile, in deren erstem neben den Grundbegriffen und allgemeinen Eigenschaften die „näheren Bestandteile der Körper des Pflanzenreiches“, „der Körper des Tierreiches“ und der mineralischen Säuren und Salze dargelegt sind. Im zweiten Teil „handele ich die entferntern Bestandteile der Pflanzen- und tierischer Körper, ihre Untersuchung durch Feuer, und ihre von selbst erfolgende Zersetzung ab“. Seine Zuhörer sollten erst die mineralischen Säuren usw. kennenlernen, „die wir mit bei der Untersuchung der entferntern Bestandteile der organischen Körper anwenden müssen“. Ferner heißt es (III. Aufl., II. Teil, S. 1 f., 1806): „Die Zusammensetzung der Körper der organischen Reiche ist weit mannigfaltiger, als die des unorganischen Reiches. Die Bestandteile derselben sind subtiler und flüchtiger, sie sind genauer untereinander verbunden, und in den Verhältnissen zueinander weit mehreren Abänderungen unterworfen... Wenn zur vollständigen chemischen Kenntnis eines Körpers nicht allein das Was?, sondern auch das Wie viel? seiner Bestandteile zu wissen notwendig ist, so müssen wir gleich anfangs gestehen, daß unsere Kenntnis der Mischung der organischen Körper noch weit von ihrer Vollkommenheit entfernt ist.“ — „Der Grund von dieser mangelhaften Kenntnis der Mischung organischer Körper liegt zum Teil auch mit darin, daß man die

„näheren und entferntern Bestandteile dabei nicht gehörig oder gar nicht unterschied... So ist der Weg, welchen die ältern Chemisten einschlugen, die Zergliederung der pflanzlichen und tierischen Stoffe auf trockenem Wege durchs Feuer, nicht der rechte, sondern vielmehr unzureichend und trügerisch...“ Grens Handbuch geht noch auf die quantitative Seite der verschiedenen organischen Körper ein. Es wird darauf hingewiesen, daß z. B. Lavoisiers Analyse des fetten Öls (d. h. des Olivenöls) den Sauerstoff als einen wesentlichen Bestandteil übersehen haben müsse, weil „die fetten Öle bei der Destillation für sich, auch beim Ausschluß der respirablen Luft, ein saures Phlegma und kohlen-saures Gas geben. Beide können aber nicht ohne Sauerstoff gebildet werden, und folglich muß das Oxygen selbst schon einen Bestandteil des fetten Öls ausmachen“ (Gren-Klaproth, Handbuch d. system. Chemie, II. Teil, 186). Wir finden also, „daß Kohlenstoff, Hydrogen und Oxygen die hauptsächlichsten Bestandteile aller und jeder Pflanzen, und aller ihrer näheren Bestandteile, ausmachen und daß der Unterschied der letzteren voneinander in den mehrsten Fällen von dem verschiedenen respektiven Verhältnisse dieser Grundstoffe voneinander abhängt“ (l. c. 261). Als Ursache der Wesensunterschiede gilt also noch der Unterschied in den Proportionen dieser drei Elemente, nicht in ihrer Anordnung.

Aus derselben Zeit — auf der Schwelle des angebrochenen XIX. Jahrhunderts — wollen wir noch eines andern bedeutenden Forschers Ansichten kurz anführen.

Fourcroy (Système des Connaissances chimiques, 1801; deutsche Ausgabe von Fr. Wolff, 1801/1802, 4 Bände) teilt die „chemischen Erscheinungen in der Natur und in den Künsten“ in vier Klassen ein:

1. die Erscheinungen in der Atmosphäre; 2. diejenigen im Mineralreiche; 3. solche, die „auf das Leben und den Tod der Vegetabilien Beziehung haben, und die nicht durch die Kunst, sondern die Natur bewirkt werden“, und 4. die natürlichen chemischen Erscheinungen des Tierreichs, „die in den tierischen Körpern während und nach dem Leben stattfinden“ (I. Band, S. 30). Ferner sagte er: „Bei Erklärung der Erscheinungen („der organischen Stoffe“) reichen wir mit bloß physischen Kräften... nicht mehr aus, wir müssen eine andere Klasse von Kräften, die organischen zu Hilfe nehmen. Wenn das unorganische Wesen nur als Naturprodukt zu betrachten ist, so muß das organische Wesen als Naturzweck... angesehen werden. Dieses entwickelt sich durch eine aus seinem Innern hervorstrebende Kraft... Wenn das unorganische Wesen gleich bei seiner Entstehung alle die Vollkommenheiten erreicht hat, deren es seiner Natur nach fähig ist, so bemerken wir bei der Entwicklung organischer Stoffe mehrere Perioden... Endlich modifizieren organische und chemische Kräfte einander, und hemmen zum Teil wechselseitig ihre Wirkungen... In dem organisierten Körper ruhen gleichsam alle chemischen Verwandtschaften, und sind untätig, so lange die organischen Kräfte tätig sind“ (III. Band, S. 2).

VII. „Organisk Kemi“ (1806) von Berzelius

und die Lehre von den bestimmten Proportionen, die elektrochemische Theorie, der chemische Bau und die chemischen Symbole; „organische Atome“.

In das Jahrzehnt 1810—1820 fällt eine Reihe von Tatsachen, die für die organische Chemie von historischer Bedeutung werden sollten. Es war zuerst die

⁹⁾ Als Mischung oder Zusammensetzung (synthesis, mixtio) wurde die Verbindung ungleichartiger Teile (Stoffe) zu einem neuen gleichartigen verschiedenen Körper bezeichnet (Gren, System. Handb., I. Teil, S. 35, 1806).

⁷⁾ Diese „organischen“, in allem Lebenden wirkenden Kräfte, bzw. die Lebenskraft vis vitalis, ist wohl ein Erbstück der Zeit, wo ein Paracelsus einen Spiritus vitae, eine Vis naturae (Opus Paramirum) annahm, oder wo Basil. Valentinus-Thölde den Spiritus vitalis existieren ließ (Letztes Testament und vom großen Stein der Weisen, 1645). Seine Wurzeln dürften in der Lehre der Stoiker vom λόγος, σπέρμα u. ä. zu suchen sein. (Über diese vgl. E. O. v. Lippmann, Entstehung und Ausbreitung der Alchemie, 148 ff., 1919.)

Wir wollen daran erinnern, daß der Pariser Arzt T. Borda als Begründer des Vitalismus gilt bzw. 1752 die Lehre von der „Lebenskraft“ einführte.

chemische Analyse, welche in ihrer Anwendung auf die organischen Körper zu neuen Zahlenwerten über die quantitative Zusammensetzung der letzteren führte, wir erinnern nur an Gay-Lussac und Thenard, Sur l'Analyse végétale et animale (1811; s. a. Gilb. Ann. der Phys. 37, 401 [1811]), an Berzelius (Gilb. Ann. 40, 247 [1812]) und insbesondere 1814–1815 (Ann. of Philos. 4, 323, 401 [1814], 5, 93, 174, 260 [1815], s. a. Ann. de Chimie 94, 5, 170, 296 [1815], 95, 51 [1815]).

Ferner: Berzelius' Versuch (1811), Wesen und Entstehung der organischen Körper im Vergleich mit den unorganischen Körpern zu definieren (Gilb. Ann. 38, 224 [1811]; 42, 37, 282 [1812]).

Alsdann: Berzelius' „Untersuchungen, um die bestimmten Proportionen zu bestimmen, nach welchen die Elemente der organischen Natur vereinigt sind“ (s. o. Ann. of Phil., sowie Ann. de Chimie 94 und 95, 1814/15).

Schließlich: Berzelius' Vorschlag, neue chemische Symbole anzuwenden (1814), die qualitative und quantitative Zusammensetzung der organischen Verbindungen kurz auszudrücken und durch die Annahme von organischen Radikalen eine Strukturforschung anzubahnen.

In dieses Jahrzehnt fällt auch der erstmalige Gebrauch des Namens „organische Chemie“ durch Berzelius.

Wir wollen alle diese Momente näher betrachten. Zuerst ist zu bemerken, daß die verbesserte organische Analyse zu genaueren Einblicken über die Natur der Elemente und über den Prozentgehalt derselben in den organischen Körpern führte. Berzelius unternahm alsdann einen Versuch, das Wesen der organischen Körper und den inneren Zusammenhang der Elementaratome zu deuten.

Die klassische Untersuchungsserie von Berzelius über die Äquivalentgewichte (vom J. 1810) trägt den Titel: „Versuch, die bestimmten und einfachen Verhältnisse aufzufinden, nach welchen die Bestandteile der unorganischen Natur miteinander verbunden sind“ (deutsche Übers. in Gilb. Ann. d. Physik 37, 249, 415 [1811], sowie Fortsetzung, ib. 38, 161 [1811]). In dieser Abhandlung steht auch eine Zugabe, „die organischen Körper betreffend“ (l. c. 37, 465 [1811]). Dasselbst heißt es: „Die Produkte der organischen Natur wollen sich, dem ersten Ansehen nach, nicht in die Gesetze fügen, auf die ich in der Zusammensetzung der unorganisierten Körper geführt worden bin: es war daher meine Absicht, in einer folgenden Abhandlung die Revision der organischen Stoffe vorzunehmen, und dabei mit den einfachsten, d. h. mit Ölen und vegetabilischen Säuren, den Anfang zu machen. Je mehr ich aber mit diesen Versuchen mich beschäftigt habe, desto mehr bin ich überzeugt worden, daß die Daten aus der Chemie der unorganischen Körper noch nicht zahlreich, und mit sehr wenigen Ausnahmen, noch nicht genau genug sind...“ „Ich habe mit der elektrischen Säule verschiedentlich versucht, das brennbare Radikal der Gewächssäuren von dem Sauerstoffe zu scheiden; es hat aber nie gelingen wollen“ (l. c. 471).

Weiterhin gelangt er zu dem folgenden „Prinzip für die Bildung der organischen Produkte“ (Gilb. Ann. 38, 224 [1811]): „In den organischen Produkten sind zwei, drei oder mehrere brennbare Körper gemeinschaftlich vereinigt um eine Portion Sauerstoff, welche nur zur Oxygenation

eines einzigen von ihnen hinreicht, und diese Zusammensetzung kann nicht in nähere Bestandteile getrennt und daraus zusammengesetzt werden...“ „Die Verbindungsart gehört der organischen Natur so ausschließlich, daß, wenn dergleichen Verbindungen in der unorganischen Natur vorkommen, wir ihnen immer einen organischen Ursprung zuschreiben...“

1811 veröffentlicht Berzelius (Journ. de Phys. 1811, Okt., s. a. Gilb. Ann. der Physik 42, 37, 282 [1812]) seinen „Versuch einer lateinischen Nomenklatur nach elektrisch-chemischen Ansichten“. Hier teilt er die zusammengesetzten Körper in zwei Klassen:

„Composita inorganica“ und
„Composita organica“.

„Die ersteren sind alle nach bestimmten Proportionen zusammengesetzt, zufolge unveränderlicher Gesetze, welche ich in meinem Versuche über die festen und einfachen Verhältnisse, wonach die Körper in der unorganischen Natur miteinander verbunden sind... zu entwickeln gesucht habe. Sie sind insgesamt Verbindungen aus nur zwei Bestandteilen, die wir teils für sich bestehend, teils auf mannigfaltige Art miteinander verbunden sehen... Die zweite Klasse der zusammengesetzten Körper unterscheidet sich von der ersteren hauptsächlich dadurch, daß sie nur aus dreifachen, vierfachen und mehrfachen Verbindungen besteht und keine zweifache in sich enthält. Die organischen Körper sind nämlich insgesamt Verbindungen aus zwei oder mehreren brennbaren Körpern mit Sauerstoff... Ihre Elemente sind demselben allgemeinen Bildungsgesetze als die unorganischen Verbindungen unterworfen... Ihre Bildung ist der organischen Natur vorbehalten und scheint der chemische Zweck der Organisation zu sein... Die Hauptbedingung der organischen Bildung scheint eine elektrisch-chemische Modifikation in den Elementen zu sein, welche von der abweicht, die ihnen ursprünglich in der unorganischen Natur zukommt. Kaum sind sie aus dem organischen Körper, der sie hervorgebracht hat, entfernt, so streben sie diese ihr ursprüngliche elektrisch-chemische Modifikation wieder zu gewinnen...“ (l. c. 52 f.).

Erstes Vorkommen der Bezeichnung „Organisk Kemi“ in den schwedischen Werken von J. J. Berzelius^{*)} (1806, 1808, 1812). In dem Werke „Föreläsningar i Djurkemien of J. Jacob Berzelius, Förra Delen. Stockholm 1806“ heißt es (in der Übersetzung):

§ 1. „Die Natur hat sich in zwei große recht verschiedene Hauptklassen geteilt: in die organische und anorganische (i organisk och oorganisk). Beide haben die gleichen Bestandteile, gehorchen den gleichen Verwandtschaften, und gehen durch diese unaufhörlich ineinander über. Die anorganische Natur ist zusammengesetzt aus einer größeren Anzahl von Grundstoffen, vereint auf zahllose Weisen, aber selten viele zusammen. Die Urstoffe der organischen Natur sind dagegen weniger zahlreich, aber sie gehen beinahe alle zusammen, oder wenigstens die meisten von ihnen in jeden organischen Körper ein, und ihre verschiedenen Verbindungsweisen sind unendlich“ (S. 1).

^{*)} Die nachfolgenden Originalzitate aus den schwedischen Werken von Berzelius verdanke ich der Liebenswürdigkeit und Sachkenntnis des Herrn Prof. Dr. H. von Euler in Stockholm, welcher auf meine Bitte hin die mühevollen Aufsuchung der erstmaligen Erwähnungen der Bezeichnung „organische Chemie“ unternommen hat.

§ 6. „Der Teil der Physiologie, welcher die Zusammensetzung der lebenden Körper beschreibt, mit den in ihnen verlaufenden chemischen Prozessen, heißt organische Chemie...“ (Den delen af Fysiologien, som beskriver de levande kropparnas sammansättning, med de i dem föregående Kemiska processerna, kallas organisk kemi“; S. 6, Zeile 7 v. unten)... „Die Physiologie umfaßt beide Klassen von organischen Körpern, Pflanzen und Tiere, und wird darnach geteilt in Pflanzenphysiologie und Tierphysiologie. Der chemische Teil der Tierphysiologie heißt Tier-Chemie (Djur-Kemi), und behandelt die Zusammensetzung der tierischen Körper mit den in ihnen vorgehenden chemischen Prozessen“ (Seite 7).

Aus dieser „Tierchemie“ vom Jahre 1806 ersehen wir neben der bereits vorher geläufigen Zweiteilung in die organische und anorganische Natur noch den neuen Namen und Begriff „organische Chemie“.

Berzelius, 1808 und 1812. Im Jahre 1808 erschien der erste Teil des klassisch gewordenen Lehrbuches der Chemie (Lärbok i Kemien af Dr. J. Jac. Berzelius. Förra Delen 1808). Hierin schreibt Berzelius auf der ersten Seite der Einleitung:

„Der spätere Teil, der, sobald tunlich, herausgegeben werden soll, umfaßt die Metalle, die organische Chemie und eine alphabetische Erklärung der weniger bekannten chemischen Worte, welche im Buche vorkommen. Ich habe in diesem Teil versucht, die organische Chemie (organiska Kemien) darzustellen in einer für den Ackerbauer und Landwirt belehrenden Weise, welche dieses Gebiet der Chemie hauptsächlich interessieren muß...“

Auf S. 6 des Textes wird eine Gliederung der Chemie vorgenommen: „Die Chemie pflegt eingeteilt zu werden in 1. Philosophische oder Theoretische..., 2. Meteorologische..., 3. Mineralogische..., 4. Metallurgische..., 5. Organische, welchedeninneren Bau von Pflanzen und Tieren beschreibt mit den chemischen Prozessen, in welchen ihr Leben besteht (Organisk, som beskriver växters och djurs inre byggnad, med de kemiska processer, hvari deras lifbestår). 6. Technische.“ —

Wir finden also hier eine detaillierte Begriffsbestimmung der organischen Chemie. Die Herausgabe dieses Teils der Chemie verzögert sich jedoch um mehr als ein Jahrzehnt. Über die Hemmungen und deren theoretischen Untergrund, sowie über deren schrittweise Überwindung geben die folgenden Darlegungen Aufschluß. Der in Aussicht gestellte andere Teil des Lehrbuches von Berzelius erscheint allerdings 1812 (Lärbok i Kemien, af Dr. J. Jac. Berzelius. Andra Delen. Stockholm 1812). In dem Vorwort desselben findet sich das folgende Bekenntnis:

„Die organische Chemie ist eine so ganz eigene Wissenschaft, daß der Chemiker beim Übergang von der Untersuchung der anorganischen Natur zu der der organischen in ein für ihn ganz fremdes Gebiet gerät. Die Lehre von den bestimmten Proportionen, welche beobachtet wird zwischen den Grundstoffen in der anorganischen Natur, im Zusammenhang mit der Lehre vom Einfluß der Elektrizität als chemischen Agens, wird einmal mehr Licht auch über

die organische Chemie verbreiten; aber es ist gegenwärtig unmöglich, mit Sicherheit das Resultat der Untersuchungen in dieser Hinsicht vorausszusagen. Die organische Chemie ist in diesem Augenblick in ganz dem gleichen kritischen Übergang, wie die Lehre von den Metallen es war, als der Erste Teil herausgegeben wurde; und obgleich ich freilich nicht zu hoffen wage, daß wir mit gleicher Leichtigkeit zu entscheidenden Resultaten in diesem Fach kommen, wie in der Lehre von den Metallen, so meine ich doch die Herausgabe der Lehre von der organischen Chemie aufschieben zu sollen, bis wir wenigstens einige zuverlässige Resultate der Untersuchungen über die Grundgesetze für ihre Zusammensetzung und für die Beziehung zwischen ihren anorganischen Grundstoffen erhalten haben“ (Seite II und III).

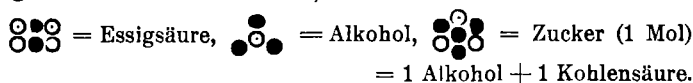
Die soeben angedeuteten und als notwendig gekennzeichneten Experimentaluntersuchungen über die Grundgesetze der Zusammensetzung organischer Körper wurden von Berzelius im Jahre 1814 veröffentlicht — sie haben für die Auffassung von der Struktur und für die atomistische Formulierung der organischen Verbindungen eine grundlegende Bedeutung.

Diese umfangreiche Untersuchungsreihe von Berzelius aus dem Jahre 1814 (Ann. de Chimie 94, 5, 170, 296; 95, 51 [1815]) trägt den Titel: „Expériences pour déterminer les proportions définies, dans lesquelles les éléments de la nature organique sont combinés.“ Ihren Zweck formuliert Berzelius folgendermaßen: „...après avoir examiné un grand nombre de corps inorganiques, je trouvais à propos de revenir aux corps organiques, afin de déterminer jusqu'où les lois que j'avais établies dans la nature inorganique pourraient s'appliquer aux corps organiques“ (p. 10). Mit Hilfe der Bleisalze, der „sels végétaux à base de plomb“, analysiert er eine Reihe von Säuren und leitet die chemischen Formeln für dieselben (in Form der an das Bleioxyd gebundenen Radikale) ab, z. B. Citronensäure: $H + C + O$ (S. 175), Weinsäure: $5H + 4C + 5O$ (S. 177); Bernsteinsäure: $4H + 4C + 3O$ (S. 189); Essigsäure: $6H + 4C + 3O$ (S. 302); Gallussäure: $6H + 6C + 3O$ (S. 307); ferner auch die „substances nonacides“, z. B. Zucker: $10O + 12C + 21H$ (l. c. 95, 65), Milchzucker $8O + 10C + 16H$ (S. 87), daraus Schleimsäure: $8O + 6C + 10H$ (S. 87). Am Schlusse sagt er: „Nous pouvons donc nous former cette idée, que les atomes (d. h. Molekeln) organiques ont une certaine structure mécanique, qui nous permet d'en séparer quelques-uns de certains atomes élémentaires, sans beaucoup altérer le tout. Nous retirons de cette manière certains atomes du sucre de lait, et le reste demeure de l'acide muqueux. Si nous continuons à enlever d'autres atomes, cet acide sera également détruit, et le tout aux produits communs de la décomposition des oxides ternaires, particulièrement aux acides oxalique et malique“ (p. 88). „... Dans mon Mémoire sur la cause des proportions chimiques, j'ai fait mention de substances organiques, dont la décomposition pouvait difficilement être expliquée par les considérations de la théorie corpusculaire. Nous voyons qu'à mesure qu'on étudie la nature organique, ces difficultés disparaissent, et dans l'état présent de nos connaissances, la théorie corpusculaire est la seule qui nous mette en état d'expliquer d'une manière satisfaisante la composition des atomes organiques“ (p. 90).

Die ersten Symbole für „vegetabilische und animale“ Säuren schufen Hassenfratz und Adet (1787), indem sie für die (hypothetischen) Radikale bestimmte Zeichen, d. h. die ersten Buchstaben der lateinischen Namen setzten, z. B. \overline{S} = Radikal der Bernsteinsäure, \overline{L} = Radikal der Milchsäure, \overline{A} = Radikal der Essigsäure, \overline{T} = Radikal der Weinsäure. Für Alkohol wurde \overline{A} , für Ether (Äther) \overline{E} gesetzt.

(Vgl. „Methode der chem. Nomenklatur von G. de Morveau, Lavoisier usw., von K. v. Meidinger, 1793; Tafel II.)

Einen wesentlichen Fortschritt in dieser Zeichensprache stellen die Symbole Daltons (1808) dar. Hier werden bereits qualitative und quantitative Verhältnisse berücksichtigt und dem damaligen Stande der Forschung entsprechende Formeln aufgestellt, z. B. wenn \circ = Wasserstoff, \bullet = Kohlenstoff und \bigcirc = Sauerstoff bedeuten, so ist



(Vgl. Ostwalds Klass., Nr. 3, S. 187.)

Eine weitere Darlegung seiner Ansichten über organische Verbindungen, und zwar vom elektrochemischen Standpunkt aus, gab Berzelius in seinem Lehrbuch.

In dem III. Bande seines 1818 in schwedischer Sprache erschienenen Lehrbuches der Chemie hatte Berzelius einen besonderen Abschnitt der Theorie der chemischen Proportionen und der elektrochemischen Theorie gewidmet. In seiner Autobiographie (vgl. Kahlbaums Monographien aus der Geschichte der Chemie, VII. Heft, S. 73 [1903]) berichtet Berzelius von seinem Pariser Aufenthalt (1818) folgendes: „Die Lehre von den chemischen Proportionen hatte sich zu der Zeit noch so wenig in Paris eingebürgert, daß sie in den Vorlesungen der Professoren kaum angedeutet, viel weniger vorgetragen wurde; auch die elektrochemische Theorie war noch nicht dahingelangt.“ Infolgedessen beschloß er, eine französische Übersetzung dieses Abschnittes herauszugeben (erschien in Paris 1819). Unter Mitbenutzung dieser französischen (verbesserten) Ausgabe lieferte dann K. A. Blöde die deutsche Ausgabe: Berzelius, Versuch über die Theorie der chemischen Proportionen und über die chemischen Wirkungen der Elektrizität“ (Dresden 1820). Aus diesem Werk wollen wir nachstehende Sätze zitieren.

Berzelius unterscheidet Atome (d. h. Molekeln) erster, zweiter, dritter usw. Ordnung. „Atome erster Ordnung nennen wir diejenigen, welche unmittelbar aus einfachen Atomen zusammengesetzt sind. Es gibt davon zweierlei Arten, anorganische und organische. Die ersteren bestehen niemals aus mehr als zwei Grundstoffen; die letzteren dagegen wenigstens aus dreien. Die zusammengesetzten Atome der zweiten Ordnung werden durch die Vereinigung von Atomen erster Ordnung gebildet, und Atome der dritten Ordnung sind aus Atomen der zweiten zusammengesetzt usw.“ (S. 28) ... „Auch ist bis jetzt noch unbekannt, wie viele Glieder organischer Atome der ersten Ordnung sich untereinander und mit unorganischen zu mehrfach zusammengesetzten Atomen vereinigen können“ (S. 29). Von den „chemischen Proportionen in der organischen Natur“ heißt es: „In der organischen Natur sind die Gesetze für die Vereinigung der einfachen Atome von ganz anderer Be-

schaffenheit...“ (S. 43) ... „Man kann es als Hauptregel für die organischen Gebilde annehmen:

daß die zusammengesetzten Atome der ersten Ordnung wenigstens drei Elemente (nämlich Kohlen-, Wasser- und Sauerstoff) enthalten und daß die Atome sich in jeder beliebigen relativen Anzahl (in allen Proportionen) miteinander vereinigen können, ohne daß eines derselben notwendig die Rolle der Einheit zu übernehmen brauchte...“ (S. 45). „Wenn organische Atome der ersten Ordnung sich mit zusammengesetzten unorganischen Atomen der ersten Ordnung verbinden, so geschieht dieses... nach denselben Gesetzen als wenn sich unorganische Atome der ersten Ordnung unter sich vereinigen“ (S. 49).

„Die organische Natur hat eine ihr ganz eigentümliche Weise, Oxyde mit zusammengesetzten Radikalen hervorzubringen und den Bestandteilen derselben eine elektrische Polarität anzueignen, die mit ihrer ursprünglichen Polarität in der unorganischen Natur weder zusammenhängt noch Ähnlichkeit hat, und die sie zum größeren Teil nur unter dem Einflusse des Organismus beibehalten...“ (S. 102). Aus den elektrochemischen Ansichten über die unorganischen Körper folgt, „daß alle chemischen Vereinigungen nur auf zwei entgegengesetzten Kräften, auf positiver und negativer Elektrizität beruhen und daß sonach jede Verbindung aus zwei Bestandteilen zusammengesetzt sein müsse, die durch ihre elektrochemische Reaktion zusammen vereinigt werden... Daraus folgt ferner, daß jeder zusammengesetzte Körper, er mag übrigens so viele Bestandteile enthalten als er wolle, in zwei Teile geteilt werden könne, wovon der eine positiv-, der andere negativ-elektrisch ist“ (S. 103). — „In der organischen Chemie muß dieselbe Ansicht gültig sein, und jedes organische Produkt als in Sauerstoff und in ein zusammengesetztes Radikal elektrisch teilbar betrachtet werden können...“ (S. 104).

In dieser Arbeit bringt Berzelius auch besondere abgekürzte Symbole für die organischen (Säure-)Molekeln in Vorschlag, indem er die Anfangsbuchstaben der lateinischen Namen verwendet, und zwar mit einem Strich darüber, z. B. Citronensäure = \overline{C} , Essigsäure = \overline{A} , Weinsäure = \overline{T} (S. 120), Benzoësäure = \overline{B} , Ameisensäure = \overline{F} usw. (Hierbei versteht er unter den Säuren die heutigen Anhydride.)

Wenn wir die Ansichten Berzelius' den modernen elektronentheoretischen Ansichten vom Bau der organischen homöopolaren Verbindungen gegenüberstellen, so wird man die mannigfachen Berührungspunkte zwischen beiden nicht leicht verkennen.

Berzelius (Versuch usw., S. 46f.) teilte die „organischen Atome“ (d. h. Molekeln) in zwei Klassen ein, deren erste nur Molekeln mit einer geringen Anzahl einfacher Atome aufweist, während die andere Klasse Körper enthält, die aus einer sehr großen Anzahl einfacher Atome zusammengesetzt sind. Zusatz oder Wegnahme eines oder mehrerer Atome des einen Elementes bewirkt dann nur geringe Änderungen der Eigenschaften. Klingt es nicht wie eine Vorahnung der (erst 1842 von Schiel entdeckten, bzw. 1843 von Gerhardt so benannten) homologen Reihen, wenn er sagt: „... es können sich ganze Reihen analoger Körper bilden, welche sämtlich den allgemeinen Kennzeichen nach gleich sind, in einzelnen Stücken aber voneinander abweichen, und gewissermaßen als Arten ein und derselben Gattung anzusehen sind“?

VIII. „Organische Chemie“;

Gmelins Handbuch (1817, 1822):
„Organische Verbindungen“.

Unter den deutschen Handbüchern der Chemie vor hundert Jahren nimmt dasjenige von L. Gmelin einen besonderen Platz ein. Bekanntlich war der „Gmelin“ (seit seiner ersten Auflage vom Jahre 1817) das deutsche Handbuch der Chemie überhaupt und als größtes und zuverlässigstes Nachschlagewerk der anorganischen Chemie dient der „Gmelin“ noch der Gegenwart und der Zukunft. In diesem „Handbuch der theoretischen Chemie“ führt Gmelin die getrennte Behandlung der unorganischen von den organischen Verbindungen durch. In Anlehnung an das Vorgehen und die Lehren von Berzelius gibt Gmelin folgende Definitionen (1817):

„Die Verbindungen der wägbaren Stoffe sind: a) Unorganische, b) Organische“ (S. 132, 1817).

- a) „Unorganisch. Diese sind immer nur binäre, wenn sie auch aus mehreren Stoffen bestehen, und das Verhältnis, in dem sich ihre Mischungsgewichte der Zahl nach vereinigen, ist meistens sehr einfach; diese Verbindungen lassen sich meist künstlich hervorbringen...“ (Handbuch, II. Aufl., S. 124 [1821]).
- b) „Organisch. Die organischen Verbindungen bestehen wenigstens aus drei Bestandteilen, welche nach einer meistens sehr komplizierten Zahl der Mischungsgewichte, unmittelbar miteinander zu ternären, quaternären usw. Verbindungen vereinigt sind. Sie lassen sich sämtlich nicht durch Kunst nachmachen... und sind bloß Produkte der durch Lebenskraft der organischen Körper geleiteten Affinität“ (l. c., S. 193 [1817], bzw. S. 125 [1821]).

Der zweite Band des Gmelinschen „Handbuches der theoretischen Chemie“ (Frankf. a. M., II. Aufl., 1822) trägt den Untertitel: „Chemie der organischen Verbindungen oder organische Chemie“ (S. 905–1698 [1822]).

Als weitere Unterscheidungsmerkmale der organischen Verbindungen werden angeführt (S. 908 f.):

Sie „sind entweder fest oder flüssig, nie gasförmig (wenn nicht einige Miasmen)...“ „Alle organischen Verbindungen enthalten Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff, und zwar in einem solchen Verhältnisse, daß der Sauerstoff nie hinreichend ist, allen Wasserstoff der Verbindung in Wasser und zugleich allen Kohlenstoff in Kohlensäure zu verwandeln. Hierzu gesellt sich öfters, besonders im Tierreiche, noch Stickstoff, seltener... Phosphor, Schwefel, Calcium, Eisen.“

Kohlenwasserstoffe, wie z. B. Ölgas (C_4H_{10}), Grubengas CH_4 , sowie deren künstliche Chlorprodukte usw. gehören hiernach zu den unorganischen Verbindungen.

Die Bezeichnung „Organische Chemie“ dürfte hiernach durch Gmelins Handbuch in die deutsche chemische Literatur eingeführt bzw. eingebürgert worden sein.

In demselben Zeitabschnitt vollzieht sich aber noch eine weitere begriffliche Scheidung und Neubildung: aus der mehrdeutigen Bezeichnung „organischer“ bzw. „anorganischer Körper“ löst sich ein neuer und klarerer Begriff los, welcher durch die Fortschritte der organischen Analyse und durch die Atomtheorie Daltons ermöglicht wird: „zusammengesetztes che-

misches Atom“, chemische Verbindung, (nachher) chemische Molekel. An Stelle der früheren Bezeichnungen: organische Mischung oder Zusammensetzung (Gren), composita organica (Berzelius, 1811), treten die Bezeichnungen „Organische Atome“ (Berzelius, 1814), „Organische Verbindungen“ (Gmelin, 1817), die nun Stoffen von konstanter elementarer Zusammensetzung, gemäß der Theorie der chemischen Proportionen (Berzelius, 1814), entsprechen.

Daß man bereits zu jener Zeit organische Konstitutionsfragen nicht nur lösen wollte, sondern auch geschickt löste, beweist der geniale Döbereiner. In seinem Buch „Zur pneumatischen Chemie“ (II. Teil, 1821, III, 1822; IV, 1824) finden sich Kapitelüberschriften in der Art: „Erforschung der chemischen Konstitution der organischen Substanzen.“

IX. „Organische Chemie“

und Berzelius' deutsches Lehrbuch (1825 ff.) — zusammengesetzte Radikale. Lebenskraft und „katalytische Kraft“ (1835).

Daß die Bezeichnung „organische Körper“ („organische Verbindungen“) vor hundert Jahren sich eingebürgert, trotzdem aber die Scheidung in unorganische und „organische Chemie“ noch kein allgemeines Bürgerrecht erworben hatte, sehen wir auch an Thénard.

In seinem mehrbändigen *Traité de chimie élémentaire, théorique et pratique* (III. Aufl., 1821) behandelte noch L. J. Thénard im I. Teil die *Chimie inorganique*, und im II. Teil: *Corps organiques végétaux, ou Chimie végétale*, — *Corps organiques animaux, ou Chimie animale* (t. III, p. 1 und 514). Es ist nicht uninteressant zu erfahren, wie Thénard sich die Synthese der Naturprodukte ermöglicht denkt: „Si le carbone, si l'hydrogène et l'oxygène étaient liquides, rien ne s'opposerait à leur combinaison, leur nouvel état la favoriserait; elle aurait lieu à la température ordinaire, et il est probable que l'on pourrait former alors un grand nombre de substances végétales... C'est dans l'acte de végétation que la nature les crée...“ (l. c., p. 37).

Im Jahre 1825 erschien der I. Band des Berzelius'schen „Lehrbuches der Chemie“, übersetzt von Fr. Wöhler. In der „Vorerinnerung“ schreibt Berzelius: „Ich habe ... die Chemie eingeteilt in die unorganische und die organische“ (l. c. IX). In diesem der „unorganischen Chemie“ (l. c., S. 164) gewidmeten Bande finden wir beim Element Kohlenstoff auch die Kohlenwasserstoffe und deren Verbindungen mit Chlor und Jod (l. c. 281–292) aufgeführt, ferner sind in dem Abschnitt „Sauerstoffsäuren mit zusammengesetztem Radikal“ 11 organische Säuren (Essig-, Wein-, Citronen-, Äpfel-, Benzoë-, Galläpfel-, Schleim-, Ameisen-, Bernstein-, Honigstein- und Cyansäure) abgehandelt (l. c., S. 552–602). Erklärend wird ausgeführt, „daß in der unorganischen Natur alle oxydierten Körper ein einfaches Radikal haben, dagegen organische Substanzen aus Oxyden mit zusammengesetztem Radikal bestehen. Bei den Pflanzenstoffen ist das Radikal im allgemeinen aus Kohlenstoff und Wasserstoff, bei den tierischen Stoffen aber aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff gebildet“ (l. c., S. 552). Mit dem III. Bande, „Organische Chemie“) im allgemeinen“

⁹⁾ Im Kreise der französischen führenden Chemiker wurde die Bezeichnung „chimie organique“ nicht ohne weiteres angenommen. Das große Lehrbuch von Berzelius erschien in französischer Übersetzung unter dem Titel „*Traité de chimie*

(1827), beginnt die „Pflanzenchemie“. Zur Kennzeichnung der „Zusammensetzung der organischen Körper“ heißt es unter anderm: „Da in der organischen Natur der Sauerstoff einer der wesentlichen Bestandteile ist, so können auch die organischen Produkte als Oxyde von zusammengesetzten Radikalen betrachtet werden. Diese Radikale existieren nicht außer Vereinigung mit Sauerstoff, wenigstens kennen wir kein einziges derselben, und sind folglich ganz hypothetisch...“ (III¹, 139).

Berzelius (Lehrbuch III¹, 143, 1827) macht die folgende Äußerung: „In den Organen der lebenden Körper bekommen also die Oxyde zusammengesetzter Radikale, welche sie hervorbringen, einen eigenen elektrochemischen Zustand, welcher nicht bloß auf der Natur des angewendeten unorganischen Elementes beruht, sondern hauptsächlich auf der eigentümlichen Beschaffenheit des lebenden Organes, und es wäre, von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, nicht unmöglich, daß in der organischen Natur zwei Körper vorkommen könnten, welche aus gleichen Elementen und zu gleichem, relativem Gewichte beständen, welche aber durchaus keine gleichen Eigenschaften hätten.“ Wenn Berzelius hier infolge der elektrochemischen Zustände die Isomerie vorausahnt, so hatte bereits A. v. Humboldt 1797 die Wahrscheinlichkeit von isomeren Verbindungen infolge verschiedener Bindung vorhergesagt (vgl. E. O. v. Lippmann, Abhandlungen und Vorträge, II, 450 ff., 1913).

Doch folgen wir noch weiter den Gedankengängen von Berzelius; er sagt: „Ein jeder organische Körper unterscheidet sich folglich von einem unorganischen darin, daß der erstere einen für uns bemerkbaren Anfang hat, sich entwickelt, abnimmt, aufhört und zerstört wird, während dagegen der unorganische vor uns da war, und beständig fortfährt so da zu sein, daß, in welche Verhältnisse er auch kommen mag, sein Wesen nicht vernichtet werden kann“ (III¹, 136)... „Das Wesen des lebenden Körpers ist folglich nicht in seinen unorganischen Elementen begründet, sondern in etwas anderem... Dieses Etwas, welches wir Lebenskraft nennen, liegt gänzlich außerhalb den unorganischen Elementen und ist nicht eine ihrer ursprünglichen Eigenschaften wie Schwere, Undurchdringlichkeit, elektrische Polarität u. a. m.“ (S. 137). — „Die organischen Körper zerfallen in zwei wohl unterschiedene Klassen, in Pflanzen und Tiere, welche in ihren am wenigsten ausgebildeten Individuen allmählich von der einen Klasse, oder wie man es ehemals nannte, von dem einen Reiche zu dem anderen übergehen“ (III¹, 174 f.).

Zu beachten ist hierbei, daß unter den „organischen Körpern“ als Gegenständen des chemischen Studiums nicht nur die organischen Verbindungen oder Körper im heutigen Sinne, sondern — viel weiter fassend — auch das Keimen, Wachsen, die Pflanzenteile, Nervensystem, Gefäßsystem, Organe für Blutbildung, Verdauung usw. verstanden werden. Die „organische Chemie“ als Chemie einer solchen Art von „organischen Körpern“ unterscheidet sich ganz wesentlich vom Inhalt und Wesen unserer heutigen organischen Chemie. Ferner ist im Auge zu behalten, daß die Entstehung und Ent-

wicklung dieser „organischen Körper“ ursächlich mit der „Lebenskraft“ verknüpft wird. Eine Synthese der „organischen Körper“ im Sinne von Berzelius ist daher nicht möglich, und folgerichtig sagt er: „Die Kunst vermag nicht die Elemente der unorganischen Natur nach Art der lebenden Natur zu vereinigen; bei unseren Versuchen bringen wir nur binäre Vereinigungen und Zusammensetzungen derselben hervor... Wenn sich die Kunst des Einflusses chemischer Reagenzien auf organische Produkte bedient, so kann sie eine kleine Anzahl mit den organischen Produkten gleichartiger Materien hervorbringen, aber dies geschieht immer so, daß sie ihre Elemente ihrem endlichen Zerfallen in binäre Verbindungen um einige Schritte näher bringt“ (I. c., III¹, S. 145)... „Wenn wir aber auch in Zukunft mehrere solche (d. h. organische) Produkte aus rein unorganischen Materien und von einer mit den organischen Produkten analogen Zusammensetzung entdecken sollten, so ist doch diese unvollständige Nachahmung immer zu unbedeutend, als daß wir jemals hoffen könnten es zu wagen, organische Stoffe künstlich hervorzubringen, und, wie es in den meisten Fällen in der unorganischen Natur glückt, die Analyse durch die Synthese zu bestätigen“ (III¹, 147, 1827).

Als nun im Jahre 1828 Fr. Wöhler seine denkwürdige Harnstoffsynthese gemacht hatte und diese Entdeckung Berzelius mitteilte, fragte er den Meister: „Diese künstliche Bildung von Harnstoff, kann man sie als ein Beispiel von Bildung einer organischen Substanz aus unorganischen Stoffen betrachten?“ (vgl. Hjelt, Briefe F. Wöhlers an Berzelius, S. 47 [1884]). Die erwartete Gegenäußerung „über diese Geschichte“ enthielt keine direkte Antwort von Berzelius, sondern nur einen Glückwunsch zu dieser „recht wichtigen und hübschen Entdeckung“!

Ausweichend ist auch das folgende Urteil, das allerdings eine andere Bewertung der Synthese enthält. „Eine der unerwartetsten und dadurch interessantesten Entdeckungen im Gebiete der Tierchemie ist unstreitig die künstliche Erzeugung von Harnstoff. Diese Entdeckung ist von Wöhler (Pogg. Ann. 12, 255 [1828]) gemacht worden“, so urteilte Berzelius in seinem Jahresbericht (9. Jahrg. f. 1829, S. 266)... „Man kann... sagen, daß diese Substanz von einem zusammengesetzten unorganischen Atom der zweiten Ordnung, von cyanichtsaurem Ammoniak, zu einem zusammengesetzten organischen Atom der ersten Ordnung übergegangen sei. Diese Tatsache enthält den Schlüssel zu vielen klareren Ansichten und zeigt, daß dieselbe Anzahl von einfachen Atomen, auf ungleiche Art unter sich in dem zusammengesetzten Atom verteilt, die Entstehung von Körpern mit verschiedenen Eigenschaften veranlassen können...“

Die Frage nach der unbedingten Notwendigkeit der Mitwirkung der Lebenskraft wird hier nicht berührt, oder ist sie bereits in den oben zitierten Worten, die solche Einzelfälle als nicht beweiskräftig hinstellen, beantwortet? Es schien so, daß solche Ausnahmefälle nur die Regel bestätigen, denn noch in der letzten (V.) Aufl. seines klassischen Lehrbuches (I. Band, 1842) sagte Berzelius, indem er die Chemie in die „zwei charakteristisch unterschiedenen Abteilungen“ gliederte:

1. „In die, welche die chemischen Erscheinungen in der leblosen Natur abhandelt und die wir **Unorganische Chemie** nennen, und
2. „in die, welche die chemischen Erscheinungen der lebenden Natur und der davon hervorgebrachten Pro-

minérale, végétale et animale“ (trad. par Jourdan et Esslinger), 1829—1833. Ebenso im Rahmen der Dreireiche-Einteilung bewegte sich Gay-Lussacs „Cours de Chimie comprenant l'histoire des sels, et la chimie végétale et animale“, 2 vol., 1828.

dukte abhandelt, und welche wir Organische Chemie nennen“ (S. 114) ... „Es mischen sich hier die geheimnisvollen, unbekannten, der theoretischen Spekulation Trotz bietenden Wirkungen des Lebens ein“ (S. 5).

Während Berzelius (noch 1847, Lehrb., IV. Band, S. 1) eine Lebenskraft annahm, hatte Berthollet sie schon 1803 in seiner *Statique chimique* abgelehnt. Indem er von den Erzeugnissen des Pflanzenreichs spricht, fährt er fort: „Indessen setzt ihre Bildung und die freiwilligen Veränderungen, die sie erleiden, weder andere Verwandtschaften noch andere Grundursachen der Wirksamkeit außer den Quellen der chemischen Erscheinungen voraus“ (Versuch einer chemischen Statik, übers. von Bartoldy und Fischer, II. Teil, S. 456, 1811). Und von animalischen Körpern sagt er: „Es scheint mir daher, daß die in dem lebenden Tiere nach und nach entstehenden Verbindungen ebenfalls ein Erfolg der Verwandtschaft sind, der wie bei den übrigen chemischen Erscheinungen, nach den Umständen wechselt“ (l. c., S. 508). — Ebenso hatte schon H. C. Oersted in seinem Buch „Ansicht der chemischen Naturgesetze“ (1812) die Frage, ob in der „organischen Natur“ ein „höheres Gesetz, ein höheres Prinzip der Einheit“ herrsche, verneint: „Daß in der organischen Natur ganz neue Kräfte, nicht neue Wirkungsformen der bekannten vorkommen, heißt etwas ganz Unerwiesenes aufstellen“ (l. c., S. 235 f.; s. a. oben Thénard).

Bei dieser Problemstellung handelte es sich ja nicht allein um die Chemiker und um den Machtbereich der chemischen Synthese; es war ein Grundproblem der Naturforschung und Erkenntnislehre, es bewegte die Denker von mancherlei Art und Größe. Zwei Beispiele dafür.

Der Entdecker der seinen Namen tragenden „elektrischen Figuren“ und Verfasser satirischer Schriften, der Physik-Professor G. Ch. Lichtenberg, stellte (etwa 1790) die Frage: „Inwiefern lassen sich die Pflanzen als chemische Laboratorien ansehen? Sind sie dieses, so fragt es sich, was wird aus der Composition des Wassers? Ich fürchte aber fast, es sieht mit der Chemie des tierischen und Pflanzenkörpers so aus: Woraus bestehen Newtons Werke? Antwort: Aus Lumpenpapier und Druckerschwärze“ (Verm. Schriften, VII, 129 [1844]).

Und sollen wir nicht des Goethe-Wortes gedenken, das er seinem „Alchymisten“ Wagner in den Mund legt?

„Was man an der Natur Geheimnisvolles pries,
Das wagen wir verständig zu probieren,
Und was sie sonst organisieren ließ,
Das lassen wir krystallisieren.“

Tatsächlich begann ein immer regeres Probieren und ein immer erfolgreicherer Kristallisieren, und die „Lebenskraft“ begann Alterungserscheinungen zu zeigen, ihre Bedeutung nahm in dem Maße ab, als das Studium der organischen Verbindungen fortschritt.

Die vis vitalis verschwand aber nicht, ohne vorher eine andere vis occulta, die „Katalytische Kraft“ gleichsam als Stellvertreterin im lebenden Organismus geschaute zu haben.

Als Berzelius 1835 (Jahresber. f. 1835, S. 237 ff. [1836]) die neue Begriffsbildung „katalytische Kraft“ und „Katalyse“ bewerkstelligte, sagte er: „Es ist dies eine ebensowohl der unorganischen, als der organischen Natur angehörige neue Kraft zur Hervorbringung chemischer Tätigkeit, die gewiß mehr, als man bis jetzt

dachte verbreitet sein dürfte, und deren Natur für uns noch verborgen ist“ (S. 243). Indem er von der Bildung der organischen Körper im Pflanzensaft oder Blut spricht, mutmaßt er, daß die Ursache „wir künftig vielleicht in der katalytischen Kraft des organischen Gewebes, woraus die Organe des lebenden Körper bestehen, entdeckt werden“ (S. 245) ... „Wenn ich sie eine neue Kraft nenne, ist es dabei keineswegs meine Meinung, sie für ein von den elektrochemischen Beziehungen der Materie unabhängiges Vermögen zu erklären; im Gegenteil, ich kann nur vermuten, daß sie eine eigene Art der Äußerung von jenen sei“ (S. 243).

Und 1842 fügt Berzelius erläuternd hinzu: „Diese Kraft wird allgemeiner, aber geheimnisvoller, in den Prozessen der organischen Chemie, besonders innerhalb der lebenden Körper ausgeübt“ (Lehrbuch, V. Aufl., I. Band, S. 111 [1842]).

Es war wohl nicht Berzelius' Schuld, wenn die „katalytische Kraft“ jahrzehntelang keine Förderung der chemischen und technischen Chemie bewirkte. — War einst die „Lebenskraft“ trotz ihrer geheimnisvoll mächtigen Wirkung ein dem experimentierenden Chemiker unzugängliches Machtmittel, so ist heute die nicht minder geheimnisvolle bzw. vieldeutige „katalytische Kraft“ ein gefügiges Werkzeug in der Hand des Chemikers, ein Werkzeug von fast unbegrenzten Möglichkeiten¹⁰⁾.

X. Wandlung in den Ansichten über die Aufgaben der organischen Chemie.

Chemie der zusammengesetzten Radikale (organische Chemie). Dumas und Liebig, 1837.

Das chemische Studium der organischen oder organisierten Körper, oder die „organische Chemie“ während der bisher betrachteten Periode war durch zwei Faktoren gekennzeichnet. Einerseits war es der Ursprung bzw. die lebende Natur: für die Wahl der Objekte zum experimentellen Studium war dadurch a priori eine Beschränkung und Bindung festgesetzt, und doch schien die Zahl der Objekte und die Mannigfaltigkeit der Vorgänge in der lebenden Natur unbegrenzt zu sein! Andererseits war es die „Lebenskraft“, welche außerhalb der lebenden Natur die synthetischen Versuche des Chemikers lähmte, während sie in der lebenden Zelle ungehemmt die verwickeltsten Synthesen ermöglichen sollte. Merkwürdig genug: die Gesetze für die Verbindungen der Elemente, ob in der organischen Natur unter Mitwirkung jener „organischen Kräfte“, ob in des Chemikers Laboratorium mittels chemisch-physikalischer Kräfte — die Gesetze sind dieselben. Noch 1846 schrieb Berzelius: „Indem wir die Gesetze für die unorganische Vereinigungsweise als Leitfaden anwenden, öffnet sich für unsere Ansicht im-

¹⁰⁾ Im Hinblick gerade auf die Leistungen der modernen Katalyse in der reinen und angewandten organischen Chemie ist es nicht ohne Interesse, an die Einstellung Liebig's zu der Berzelius'schen „katalytischen Kraft“ zu erinnern.

„Die Annahme dieser neuen Kraft ist der Entwicklung der Wissenschaft nachteilig, indem sie den menschlichen Geist scheinbar zufriedenstellt, und auf diese Art den weiteren Forschungen eine Grenze setzt“ (Liebig, Handbuch der Chemie, I, 84 [1837–1843]). Deutlicher spricht sich Liebig noch im Brief an Wöhler (2. Juni 1837) aus: „Weißt Du denn nicht, daß die Esel, welche in Deutschland Bücher schreiben, seine (d. h. Berzelius) katalytische Kraft ohne zu prüfen, annehmen und unseren Kindern in den Kopf setzen werden, weil sie bequem und die Faulheit begünstigend ist? ... Gibst Du nicht zu, daß die ganze Idee von der katalytischen Kraft falsch ist?“

mer mehr und mehr von dem Organischen“ (Jahresber. 26, 403 [1847]).

Es konnte nicht ausbleiben, daß bei dieser Zwiespältigkeit im Wesen der „organischen Chemie“, bei dem ungeheuer großen Aufgabenkreis der Ruf nach Abgrenzung und Beschränkung der Aufgaben laut wurde. Es ist charakteristisch, daß ein „Nichtchemiker“, von hoher geistiger Warte aus, diese Scheidungsnotwendigkeit früh erkannt und deutlich formuliert hat.

Schon Goethe¹¹⁾ hat dies hervorgehoben, indem er (in den Vorarbeiten zu einer Physiologie der Pflanzen) sagt:

„Kenntnis der Teile eines organischen Körpers insofern er aufhört organisch zu sein, oder insofern seine Organisation nur als stoffhervorbringend und als stoffzusammensetzend angesehen wird: Chemie.“

Ferner: „Wenn dann so auf diese Weise der organische Körper mehr oder weniger zerstört worden ist, so daß seine Form aufgehoben ist und seine Teile als Materie betrachtet werden können, dann tritt früher oder später die Chemie ein und gibt uns neue und schöne Aufschlüsse über die letzten Teile und ihre Mischung.“

Wie anders nimmt sich die Aufgabenfülle der typischen Chemiker aus.

In seinem Handbuch der organischen Chemie“ (IV. Aufl., I. Band, 1848) schreibt L. Gmelin:

„Die organische Chemie betrachtet:

1. „Die in den Pflanzen- und Tierkörpern sich vorfindenden einfachen organischen Verbindungen... Chemie der organischen Verbindungen im engeren Sinn.
2. „Die Zusammensetzung der aus diesen und den unorganischen Stoffen bestehenden Pflanzen und Tiere und ihrer Teile. Chemische Botanik und Zoologie.
3. „Die chemischen Veränderungen, welche in diesen Körpern, so lange sie unter der Botmäßigkeit der Lebenskraft stehen, vor sich gehen. Chemische Pflanzen- und Tier-Physiologie“.

(I. Band, S. 1.)

„Der Kohlenstoff ist der einzige wesentliche Bestandteil der organischen Verbindungen“, deshalb „...könnte man die organischen Verbindungen einfach definieren als Verbindungen des Kohlenstoffes.“ Oder genauer gesagt: „Organische Verbindungen sind... alle einfache Verbindungen, welche mehr als 1 Atom Kohlenstoff enthalten“ (l. c. 3f.).

Doch neben diesem einen und breiten Stromlauf, wie er von einem Berzelius¹²⁾ und Gmelin ausge-

¹¹⁾ Es sei daran erinnert, daß ein Berzelius in seiner Autobiographie (Kahlbaum-Monographie aus der Geschichte der Chemie, VII. Heft, S. 80f.) von dem ersten Zusammentreffen mit Goethe in Karlsbad berichtet und ihn den „berühmten Dichter und Naturforscher Baron v. Goethe“ nennt.

¹²⁾ Für die Wesensart von Berzelius ist es kennzeichnend, wie beschränkt bei ihm der Gebrauch der gerade von ihm geschaffenen Bezeichnung „organische Chemie“ ist. Wenn er 1832 das Benzoylradikal von Liebig und Wöhler „als den Anfang eines neuen Tages in der vegetabilischen Chemie“ preist, wenn er 1838 diese Untersuchung des Bittermandelöls als „die schönste Arbeit in der Pflanzenchemie“ bezeichnet, vermeidet er das Wort „organische Chemie“. Daß darin ein bewußtes Vorgehen, ein System liegt, erkennen wir aus seinen „Jahresberichten“. Hier finden wir vom I. Bande (1822) an, fortlaufend bis zum

baut wurde, trat immer deutlicher ein parallel gerichteter Zweigstrom auf, an dessen Ausgestaltung und Vertiefung Dumas und Liebig emsig arbeiteten.

Schon 1834 schrieb Dumas (Journ. de pharm., t. XX, 267, 1834):

„Je borne donc la chimie organique à l'étude des composés définis, existant dans le règne organique, ou produits par des réactions exercées sur des substances qui en proviennent. Mais, on le voit, c'est encore retomber dans une définition basée uniquement sur l'origine des corps, et entièrement indépendante de leur nature. J'ai cherché vainement une autre définition...“

Es bedeutete daher einen Schritt vorwärts, als Dumas und Liebig (Compt. rend. 1837, 5, 567) in ihrer gemeinsamen „proclamation“ neue systematische Untersuchungen und neue Ideen, eine „Philosophie der organischen Substanzen“, versprachen: die zusammengesetzten Radikale wurden als die wahren und geheimnisvollen Elemente der organischen Chemie proklamiert. Die praktische Anwendung der neuen Auffassung sollte bald ersichtlich werden.

In seinem „Handbuch der Chemie“, I. Abteilung: „Anorganische Chemie“, II. Abteilung: „Organische Chemie“ (1837–1843) gibt J. Liebig folgende Definitionen: „Die Chemie umfaßt demnach zwei wohl voneinander unterschiedene Klassen von Verbindungen, die eine begreift die Verbindungen der einfachen Körper untereinander, Verbindungen, welche nicht den Charakter von Radikalen besitzen, Chemie der einfachen Radikale (anorganische Chemie), die andere umfaßt die zusammengesetzten Radikale und die Verbindungen, welche sie bilden, Chemie der zusammengesetzten Radikale (organische Chemie)“ (l. c., S. 192). Die Chemie der zusammengesetzten Radikale — mit dem Untertitel „Organische Chemie“ — nimmt den zweiten Band des Handbuches ein (S. 601–1400). Man beachte hier den Gebrauch der Form „anorganische“ Chemie im Gegensatz zu der Form „unorganische Chemie“, welche von Berzelius (bis 1845) und L. Gmelin (noch 1852) verwendet wird.

Man beachte aber noch ein anderes: Liebig spricht ganz allgemein von der Struktur der Verbindungen, ohne hierbei die vorher so eindringlich betonte Herkunft und den Zusammenhang mit den Lebensvorgängen zu berühren. Wie definierte er eigentlich die Aufgabe der organischen Chemie? Zur Zeit der Abfassung des „Handbuchs“ erschien ein revolutionierendes Werk von J. Liebig, nämlich

„Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie“ (Braunschweig 1840),

dort sagt er: „Die organische Chemie hat zur Aufgabe die Erforschung der chemischen Bedingungen des Lebens und der vollendeten Entwicklung der Organismen“ (S. 3).

Überspringen wir ein Vierteljahrhundert und hören, was Liebig noch im Jahre 1865 äußerte; in seinen Chemischen Briefen (Volksausgabe, 1865, S. 1407) heißt es: „Darin liegt der große Unterschied der orga-

XXIII. Bande (1843/1844) konsequent die Begriffs- und Stoff-scheidung „Physik und unorganische Chemie“, neben „Pflanzenchemie“ und „Tierchemie“. Erst vom XXIV. Bande an (1844/1845) heißt es: „Unorganische Chemie“, alsdann „Organische Chemie“ — jedoch mit dem Untertitel „Pflanzenchemie“ und „Tierchemie“.

nischen Körper von den Mineralsubstanzen, daß sie Verbindungen höherer Ordnungen sind; obwohl nur aus drei oder vier, höchstens fünf Elementen bestehend, sind ihre Atome (d. h. Molekeln) dennoch weit zusammengesetzter ... ein Stärkekörnchen können wir aus seinen Elementen nicht zusammensetzen, weil zu ihrem Zusammentreten in der dem Stärkekorn eigentümlichen Form die Lebenskraft mitwirkte, die unserem Willen nicht in gleicher Weise wie Wärme, Licht, Schwerkraft usw. zu Gebote steht ... Wir können die zusammengesetzteren (organischen Molekeln) in einfachere zerfallen machen; aus Holz und Amylon können wir Zucker, aus Zucker können wir Oxalsäure, Milchsäure, Essigsäure, Aldehyd, Alkohol, Ameisensäure, wie wohl keine einzige dieser Verbindungen aus ihren Elementen hervorbringen.“ — Die Berufung des großen Synthetikers Liebig auf die „Lebenskraft“ sollte uns nachdenklich stimmen. Und wie verschieden war seine Auffassung von der Aufgabe der organischen Chemie!

XI. „Organische Chemie“ = „Chemie der Kohlenstoffverbindungen“ (seit 1850).

Kolbe, Gerhardt, Kekulé, Butlerow, Berthelot. Die Synthese in der organischen Chemie.

Das Band zwischen der lebenden Natur und der organischen Chemie lockert sich immer mehr, das große Aufgabengebiet der Forschung — wie es noch Gmelin (1848) umriß — wird beschränkter und damit eindeutiger. Es entfällt allmählich die Forderung, daß organische Verbindungen der organischen Natur ihre Entstehung verdanken müssen. An Stelle dieser notwendigen Herkunftsbestimmung und Lebensbetätigung tritt das Interesse für die chemische Natur, den chemischen Bau und die künstliche Darstellung dieser kohlenstoffhaltigen Stoffe. Diese grundsätzliche Umstellung in der organischen Chemie tritt etwa von 1850 auf, sie wird die bestimmende etwa seit 1860.

Es war H. Kolbe 1845 gelungen, eine neue wichtige organische Synthese zu vollführen, indem er die Trichloressigsäure aus unorganischen Materialien (Schwefelkohlenstoff, Chlor und Wasser) erhalten hatte. Im Jahre 1851 schrieb er:

„Da indes eine natürliche Grenze zwischen organischen und unorganischen Verbindungen überhaupt nicht existiert, ... so erscheint es am einfachsten, die organische Chemie geradezu die Chemie der Kohlenstoffverbindungen zu nennen, und nur einige wenige, nämlich die einfachsten Kohlenstoffverbindungen ... aus Gründen der Zweckmäßigkeit der unorganischen Chemie zu überweisen.“ ... „Was man früher als die Aufgabe der organischen Chemie betrachtete, ist gegenwärtig diejenige der physiologischen Chemie geworden ... Dem Chemiker kommt es auf den Ursprung weniger an, als auf die chemische Natur derselben (d. h. der Stoffe). Die Frage nach der Konstitution der chemischen Verbindungen, gleichgültig welchen Ursprungs sie sind, oder welche Verwendung sie finden, steht für diesen zunächst im Vordergrund“ (Liebig's Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie, V. Band, S. 737 [1851]), s. a. Kolbe, Ausführl. Lehrbuch der organ. Chemie, I, S. 3 f. [1853]).

Gerhardt setzte an den Anfang seines großen „Lehrbuches der Organischen Chemie“ (deutsche Originalausgabe von Rud. Wagner, I. Band, 1854) die folgende Definition: „Die organische Chemie beschäftigt sich mit dem Studium der Gesetze, nach welchen die Verbindungen, aus denen die Tiere und Pflanzen

bestehen, Umwandlungen erleiden; sie macht uns mit denjenigen Methoden bekannt, durch welche die organischen Substanzen außerhalb des lebenden Organismus zusammengesetzt werden können“ (l. c., S. 3). Und weiterhin: „Die natürlichen Verbindungen und die Kunstprodukte unserer Laboratorien sind Ringe einer Kette, durch welche die nämlichen Gesetze aneinander gefesselt sind, wie es durch zahlreiche Nachahmungen von Naturprodukten in der neueren Zeit bewiesen worden ist“ (l. c., S. 6).

Aus dieser Umschreibung des Arbeitsgebietes der organischen Chemie kann entnommen werden, daß die frühere zwangsläufige Abhängigkeit von dem lebenden Organismus in der neugestalteten organischen Chemie nicht mehr aufrecht erhalten ist.

Aug. Kekulé, als Verfasser des Werkes „Lehrbuch der organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen“ (Erlangen, 1859—1861), sagt: „Wir sind zu der Überzeugung gelangt, daß ... weder in dem Stoff, noch in den Kräften und ebensowenig in der Anzahl oder in der Art der Gruppierung der Atome ein Unterschied besteht zwischen den organischen und den unorganischen Verbindungen ... Wir definieren also die organische Chemie als die Chemie der Kohlenstoffverbindungen ... Ganz besonders muß dabei hervorgehoben werden, daß die organische Chemie nichts zu tun hat mit dem Studium der chemischen Vorgänge in den Organen der Pflanzen oder Tiere. Dieses Studium bildet den Gegenstand der physiologischen Chemie“ (I. Band, S. 11).

Butlerow in seinem „Lehrbuch der organischen Chemie“ (russ. 1864, deutsch 1868) verwirft alle früheren Kennzeichen zur Charakterisierung der organischen Verbindungen, indem er keine natürliche Grenze zwischen ihnen und den mineralischen Körpern findet. Die Begriffe organische Verbindung und Kohlenstoffverbindung sind zu identifizieren. „Alle Körper, welche Kohlenstoff enthalten, müssen dann ins Bereich der organischen Chemie gehören, oder richtiger: diese letztere muß den Namen „Chemie der Kohlenstoffverbindungen“ erhalten (l. c., S. 5).

Es war dann M. Berthelot, der durch seine systematischen organischen Synthesen aus den Elementen bahnbrechend vorging. „La chimie crée son objet“, erklärte er zielbewußt. Und in seiner „Chimie organique fondée sur la synthèse“ (1860) sagte er von seinen Untersuchungen: „Der Zweck unserer Forschung ist, das Leben aus allen Erklärungen, die die organische Chemie betreffen, zu verbannen.“ — Und so geschah es. Das Wort, das (vor 25 Jahren) Moissan an Berthelot richtete, gilt mit weit größerem Rechte von den Synthetikern überhaupt: „Vous avez détruit cette action mystérieuse de la force vitale“!

Schl u ß w o r t.

Nicht plan- und sinnlos vollzog sich einst die Stoffgliederung nach den drei Naturreichen. Gerade so und nicht anders mußte sie geschehen. Galt es doch zuerst, die zu untersuchenden Objekte und Phänomene im Zusammenhange mit ihrem Stand- und Ursprungsort zu untersuchen, unter den natürlichsten Bedingungen zu erfassen. Und war dann die Annahme einer „Lebenskraft“ nicht zu ihrer Zeit ebenso natur- und denknotwendig, wie im XIX. Jahrhundert ihre Beseitigung, nachdem die Synthese das Schaffen der organischen Stoffe im Laboratorium dargetan hatte?

Im Gegensatz zu den Stoffen der leblosen Natur tritt man anfänglich den Stoffen der lebenden Natur mit einer gewissen Scheu nahe: die letzteren sind ja o r g a -

nisierte, die anderen unorganisierte Körper. Die Systematisierung führt also zu einer Zweiteilung der Stoffe, damit zu einer Chemie der unorganisierten Körper neben einer Chemie der organisierten Körper. Sprachlich vollzieht sich zu derselben Zeit (gegen Ende des XVIII. Jahrh.) eine Umbildung der Wortform „organisiert“ in „organisch“. Zu Beginn des XIX. Jahrhunderts tritt eine weitere begriffliche Zusammenziehung hinzu, statt „Chemie der organisierten (= organischen) Körper“ sagt man kurz „organische Chemie“. Statt der ursprünglichen „Körper“ (d. h. Teile und Einzelindividuen von Pflanzen und Tieren) ist inzwischen der Begriff „chemische Verbindung“ („chemischer Körper“) getreten, aber immer noch vom Pflanzen- und Tierreich abstammend. Um die Mitte des XIX. Jahrhunderts ist der Umbildungsprozeß praktisch beendet, die Ursprungsforderung ist abgeschafft, und die „organische Chemie“ ist eine „Chemie der Kohlenstoffverbindungen“ geworden! Diese Erkenntnis der stofflichen Zusammensetzung ging ebenfalls einen mühevollen, weiten Weg, der folgerichtig — vom Verhalten im Feuer (oder bei freiwilliger Zersetzung) und von der Beständigkeit — in qualitativer Weise über das brennbare Prinzip, den Sulphur oder die Terra pinguis, über das Phlogiston (von Paracelsus zu Becher und Stahl) zu den stofflichen Elementen Kohlenstoff und Wasserstoff (Lavoisier) führte und in die quantitative Analyse ausmündete. Die Atomtheorie und die Lehre von den multiplen Proportionen (Dalton, Berzelius) schufen die Grundmauern für das Gebäude der chemischen Formeln und die Erforschung der Struktur, die ihrerseits in der organischen Synthese Bestätigung und Krönung fanden.

Wenn wir sehen, wie im Laufe von etwa anderthalb Jahrhunderten die Daten über Herkunft, bzw. wie Name und Charakter der „organischen“ Chemie sich verwischt haben, sollte es dann nicht naturgemäß sein, daß auch die Daten über Herkunft und Wesen der „Chemie“ selbst im Wandel der Jahrtausende von Grund aus sich geändert haben? „Die Chemie oder, wie man richtiger sagen müßte, die Chymie ist also zunächst die Kunst des Metallgusses“ (H. Diels), — und was haben die Jahrtausende daraus gemacht, und wie eigenartig nimmt sich heute die Wort- und Begriffsbildung „organische Chemie“ aus! Gleicht sie nicht einer erstarrten Schlackenhülle, aus der ein wunderbares neues Leben entsprossen ist?

Die großen Errungenschaften der organischen Synthese im allgemeinen, der technischen organischen Synthese aus den einfachen Stoffen im besonderen und zu unserer Zeit, haben den früheren Sinn des Wortes „organisch“ und den Arbeitsinhalt der organischen Chemie selbst gänzlich umgewandelt.

Die physiologische und Biochemie hat das einstige Aufgabengebiet der „organischen Chemie“ übernommen, und die organische Chemie von heute ist im besonderen eine Chemie der Kohlenstoffverbindungen geworden. Das was man ehemals der „organischen Chemie“ glaubte vorenthalten zu müssen, die chemische Synthese, ist heute ihre Glanzleistung. Und doch steckt in der Konservierung des alten Namens „organische Chemie“ für die heutige Chemie ein Etwas, das nachdenklich stimmt. Wohl besitzen wir hunderttausende „organische Verbindungen“, aber eine „organische Chemie“ — im strengen Sinne des Wortes — haben wir nicht. Die bisherige „organische Synthese“ machte die organische Chemie zu einem bedeutsamen Staatsglied im Staatskörper, sie führte hinauf zu Macht und Ansehen, aber auch abseits von der lebenden Natur, von den Quellen,

aus denen einst die organische Chemie ihren Ursprung genommen hat, abseits von den großen Aufgaben, die ein Berzelius und ein Liebig ihr einstmals gestellt hatten. Soll mit einer gewissen Resignation der alte Weg auch fernerhin benutzt werden? Oder soll nach neuen Wegen gesucht werden? Wenn wir eine neue Epoche anbahnen wollen, müssen wir uns mit neuen Idealen und Ideen ausrüsten. [A. 275.]

Atombau und Quantentheorie. I

von H. MARK, Berlin-Dahlem.

(Eingeg. 20. Sept. 1926.)

So alt die Frage nach den kleinsten Teilchen ist, aus denen die Körper zusammengesetzt sind, so neu ist sie als akutes physikalisches Problem. Denn die klassische Physik beschäftigte sich vorzugsweise mit den Gesetzen des Geschehen, ohne zunächst auf die Struktur der hieran beteiligten Körper näher einzugehen. Erst die Entdeckung der Kathodenstrahlen, der Radioaktivität und der Röntgenstrahlen halfen den atomistischen Anschauungen zum endgültigen Durchbruch, als deren letztes Ziel die Möglichkeit vorschweben mußte, das makroskopische Verhalten der Körper durch Atome von geeigneter Konstruktion zu erklären.

Diese Aufgabe zerfiel in zwei Teile: Es mußte ein geeignetes Atommodell gefunden werden, d. h. man mußte sich gewisse Vorstellungen über die Zusammensetzung des Atoms bilden und man mußte die Gesetze kennen, die das Atominnere beherrschen. Dabei war es zunächst das Gegebene, die Gültigkeit der makroskopisch bewährten Gesetze der klassischen Mechanik und Elektrodynamik auch für das Atominnere zu postulieren, nachdem man auf Grund experimenteller Erfahrung zu einem bestimmten „Atommodell“ gekommen war.

Es stellte sich aber heraus, daß im Mikrokosmos des Atoms nicht dieselben Beziehungen gelten wie bei makroskopischen Erscheinungen. Diese inneratomaren Gesetze zu finden wurde nun zur Hauptaufgabe; und je schwieriger die Lösung wird, um so interessanter und wichtiger sind die Ergebnisse. So lassen sich bisher drei Stadien der Entwicklung des Problems erkennen. Zunächst wurde versucht, die neuen experimentellen Ergebnisse atomistisch nach den bekannten klassischen Gesetzen zu deuten; der Höhepunkt war das Rutherford'sche Atommodell. Sodann zeigte Bohr, daß unter der Gültigkeit der klassischen Gesetze die Spektren nicht zu deuten sind. Durch neue Prinzipien gelang ihm zunächst die quantitative Deutung des Wasserstoffspektrums, nach weiterem Ausbau durch Sommerfeld konnte die Theorie auch über andere Spektren, über die Feinstrukturen und über den Aufbau des periodischen Systems Rechenschaft geben. Indessen blieb sie in den theoretischen Grundlagen unbefriedigend und erschien als eine der klassischen Theorie aufgefropfte Summe von Vorschriften, für deren Verständnis keine Grundlage da war und deren Beziehung zu den klassischen Gesetzen dunkel blieb. Das führte zu den Versuchen Heisenbergs und Schrödingers, durch eine ganz neue Mechanik der kleinsten Teile (in der die alte Mechanik als Grenzfall auftritt) die Atomtheorie auf eine einheitliche Grundlage zu stellen.

I.

Wir setzen die elementaren, chemischen und physikalischen Tatsachen und Überlegungen voraus, die zur Atomistik führen, d. h. zu der Annahme, daß die Materie aus Atomen, aus kleinen, im wesentlichen unangreifbaren Teilen aufgebaut ist, daß die chemischen Ele-