

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw. ~~28~~ .....

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

# Geschichte der Chemie

II

Von Lavoisier bis zur Gegenwart

Von

Dr. Hugo Bauer

3905904

# Sammlung Göschen Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

## Verzeichnis der erschienenen Bände.

- Ackerbau- u. Pflanzenbaulehre** von Dr. Paul Rippert in Berlin u. Ernst Langenbeck in Bochum. Nr. 232.
- Agrikulturchemische Kontrollwesen, Das**, von Dr. Paul Krißche in Göttingen. Nr. 304.
- Akustik**. Theoret. Physik I. Teil: Mechanik u. Akustik. Von Dr. Gust. Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 19 Abbildungen. Nr. 76.
- **Musikalische**, v. Dr. Karl L. Schäfer, Dozent an der Universität Berlin. Mit 35 Abbild. Nr. 21.
- Algebra**. Arithmetik u. Algebra v. Dr. H. Schubert, Prof. a. d. Gelehrtenschule d. Johanneums in Hamburg. Nr. 47.
- Alpen, Die**, von Dr. Rob. Sieger, Professor an der Universität und an der Exportakademie des k. k. Handelsmuseums in Wien. Mit 19 Abbild. u. 1 Karte. Nr. 129.
- Altertümer, Die deutschen**, v. Dr. Franz Sühse, Direktor d. städt. Museums in Braunschweig. Mit 70 Abb. Nr. 124.
- Altertumskunde, Griechische**, von Prof. Dr. Rich. Maiß, neubearbeitet von Rektor Dr. Franz Pohlhammer. Mit 9 Vollbildern. Nr. 16.
- **Römische**, von Dr. Leo Bloch in Wien. Mit 8 Vollb. Nr. 45.
- Analyse, Techn.-Chem.**, von Dr. G. Lunge, Prof. a. d. Eidgen. Polytechn. Schule i. Zürich. Mit 16 Abb. Nr. 195.
- Analysis, Höhere, I:** Differentialrechnung. Von Dr. Friedr. Junfer, Prof. am Kart. Nr. 68.
- — — Repetitionssammlung 3. Teil. Von Dr. Friedr. Junfer, Gymnasium in Stuttgart. Nr. 146.
- — — II: Integration. Von Dr. Friedr. Junfer, Gymnasium in Stuttgart. Nr. 88.
- Analysis, Höhere, II:** Repetitorium und Aufgabensammlung zur Integralrechnung von Dr. Friedr. Junfer, Prof. am Karls-Gymnasium in Stuttgart. Mit 50 Fig. Nr. 147.
- **Niedere**, von Prof. Dr. Benedikt Sporer in Ehingen. Mit 5 Fig. Nr. 53.
- Arbeiterfrage, Die gewerbliche**, von Werner Sombart, Professor an der Universität Breslau. Nr. 209.
- Arbeiterversicherung, Die**, von Dr. Alfred Manes in Berlin. Nr. 267.
- Arithmetik und Algebra** von Dr. Herm. Schubert, Professor an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 47.
- — — Beispielsammlung zur Arithmetik u. Algebra v. Dr. Hermann Schubert, Prof. an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 48.
- Ästhetik, Allgemeine**, von Prof. Dr. Max Diez, Lehrer an d. Kgl. Akademie der bildenden Künste in Stuttgart. Nr. 300.
- Astronomie**. Größe, Bewegung und Entfernung der Himmelskörper von A. F. Möbius, neu bearb. v. Dr. W. F. Wislicenus, Prof. a. d. Univers. Straßburg. Mit 36 Abb. u. 1 Stern. Nr. 11.
- Astrophysik**. Die Beschaffenheit der Himmelskörper von Dr. Walter F. Wislicenus, Prof. an der Universität Straßburg. Mit 11 Abbild. Nr. 91.
- Aufgabensammlg. z. Analyt. Geometrie d. Ebene** v. O. Th. Bürlfen, Prof. am Realgymnasium in Schw. Gmünd. Mit 32 Figuren. Nr. 256.
- ie d. Raumes** von Prof. am Realgymnasium in Schw. Gmünd. Mit 32 Figuren. Nr. 256.
- Mahler, Prof. am Gymnasium in Stuttgart. Nr. 243.
- Oberstudienrat für des Eberhard-Gymnasiums in Stuttgart.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297963

# Sammlung Götschen

Je in elegantem  
Leinwandband

80 Pf.

G. J. Götschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

**Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate** von Wilh. Weitbrecht, Prof. der Geodäsie in Stuttgart. Mit 15 Figuren und 2 Tafeln. Nr. 302.

**Baukunst, Die, des Abendlandes** von Dr. K. Schäfer, Assistent am Gewerbemuseum in Bremen. Mit 22 Abbild. Nr. 74.

**Betriebskraft, Die zweckmäßigste,** von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. 1. Teil: Die mit Dampf betriebenen Motoren nebst 22 Tabellen über ihre Anschaffungs- und Betriebskosten. Mit 14 Abbildungen. Nr. 224.

— 2. Teil: Verschiedene Motoren nebst 22 Tabellen über ihre Anschaffungs- und Betriebskosten. Mit 29 Abbildungen. Nr. 225.

**Bewegungsspiele** von Dr. E. Kohlrausch, Professor am Kgl. Kaiser Wilhelms-Gymnasium zu Hannover. Mit 14 Abbild. Nr. 96.

**Biologie der Pflanzen** von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbild. Nr. 127.

**Biologie der Tiere I: Entstehung u. Weiterbild. d. Tierwelt, Beziehungen zur organischen Natur** v. Dr. Heinr. Simroth, Professor a. d. Universität Leipzig. Mit 33 Abbildungen. Nr. 131.

— II: Beziehungen der Tiere zur organ. Natur v. Dr. Heinr. Simroth, Prof. an der Universität Leipzig. Mit 35 Abbild. Nr. 132.

**Bleicherei, Textil-Industrie III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe** von Wilhelm Massot, Lehrer an der Preuß. höh. Fachschule f. Textilindustrie in Krefeld. Mit 28 Fig. Nr. 186.

**Brauereweisen I: Mälzerei** von Dr. Paul Dreverhoff, Direktor der Öffentlichen und l. Sächsl. Versuchstation für Brauerei und Mälzerei sowie der Brauer- u. Mälzerschule zu Grimma. Mit 16 Abbildungen. Nr. 303.

**Buchführung.** Lehrgang der einfachen u. dopp. Buchhaltung von Rob. Stern, Oberlehrer der Off. Handelslehranst. u. Doz. d. Handelshochschule Leipzig. Mit vielen Formulare. Nr. 115.

**Buddha** von Professor Dr. Edmund Hardy. Nr. 174.

**Burgenkunde, Abriss der,** von Hofrat Dr. Otto Piper in München. Mit 30 Abbild. Nr. 119.

**Chemie, Allgemeine und physikalische,** von Dr. Max Rudolphi, Doz. a. d. Techn. Hochschule in Darmstadt. Mit 22 Figuren. Nr. 71.

— **Analytische,** von Dr. Johannes Hoppe. I: Theorie und Gang der Analyse. Nr. 247.

— II: Reaktion der Metalloide und Metalle. Nr. 248.

— **Anorganische,** von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 37.

— siehe auch: Metalle. — Metalloide.

**Chemie, Geschichte der,** von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart. I: Von den ältesten Zeiten bis zur Verbrennungstheorie von Lavoisier. Nr. 264.

— II: Von Lavoisier bis heute. Nr. 265.

**der Kohlenstoffverbindungen** von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I. II: Aliphatische Verbindungen. 2 Teile. Nr. 191, 192.

— III: Karbonnische Verbindungen. Nr. 193.

— IV: Heterocyclische Verbindungen. Nr. 194.

— **Organische,** von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 38.

— **Physiologische,** von Dr. med. A. Legahn in Berlin. I: Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.

— II: Dissimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 241.

**Chemisch-Technische Analyse** von Dr. G. Lunge, Professor an der Eidgenöss. Polytechn. Schule in Zürich. Mit 16 Abbild. Nr. 195.

# Sammlung Götschen

Je in elegantem  
Leinwandband

80 Pf.

G. J. Götschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

- Dampfkessel, Die.** Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium u. d. praktischen Gebrauch von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 67 Figuren. Nr. 9.
- Dampfmaschine, Die.** Kurzgefaßtes Lehrbuch m. Beispielen für das Selbststudium und den prakt. Gebrauch von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 48 Figuren. Nr. 8.
- Dampfturbinen, Die,** ihre Wirkungsweise und Konstruktion von Ingenieur Hermann Wilda in Bremen. Mit 89 Abbildungen. Nr. 274.
- Dichtungen a. mittelhochdeutscher Frühzeit.** In Auswahl m. Einlfg. u. Wörterb. herausgeb. v. Dr. Herm. Janzen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 137.
- Dietscheyen.** Kudrun u. Dietscheyen. Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. L. Jiriczek, Professor an der Universität Münster. Nr. 10.
- Differentialrechnung** von Dr. Frdr. Junker, Prof. a. Karls Gymnasium in Stuttgart. Mit 68 Fig. Nr. 87.
- **Repetitorium u. Aufgabensammlung** 3. Differentialrechnung von Dr. Frdr. Junker, Professor am Karls Gymnasium in Stuttgart. Mit 46 Fig. Nr. 146.
- Eddalieder** mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Dr. Wilhelm Ranisch, Gymnasial-Oberlehrer in Osnabrück. Nr. 171.
- Eisenhüttenkunde** von A. Krauß, dipl. Hütteningen. I. Teil: Das Roheisen. Mit 17 Fig. u. 4 Tafeln. Nr. 152.
- II. Teil: Das Schmiedeeisen. Mit 25 Figuren und 5 Tafeln. Nr. 153.
- Elektrizität.** Theoret. Physik III. Teil: Elektrizität u. Magnetismus. Von Dr. Gust. Jäger, Professor a. d. Univerf. Wien. Mit 33 Abbildgn. Nr. 78.
- Elektrochemie** von Dr. Heinr. Danneel, Privatdozent in Breslau. I. Teil: Theoretische Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Mit 18 Figuren. Nr. 252.
- Elektrotechnik.** Einführung in die moderne Gleich- und Wechselstromtechnik von J. Herrmann, Professor der Elektrotechnik an der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I: Die physikalischen Grundlagen. Mit 47 Fig. Nr. 196.
- II: Die Gleichstromtechnik. Mit 74 Figuren. Nr. 197.
- III: Die Wechselstromtechnik. Mit 109 Figuren. Nr. 198.
- Epigonen, Die, des höfischen Epos.** Auswahl aus deutschen Dichtungen des 13. Jahrhunderts von Dr. Viktor Junf, Aktuarium der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Nr. 289.
- Erdmagnetismus, Erdstrom, Polarlicht** von Dr. A. Nippoldt jr., Mitglied des Königl. Preussischen Meteorologischen Instituts zu Potsdam. Mit 14 Abbild. und 3 Tafeln. Nr. 175.
- Ethik** von Professor Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 90.
- Exkursionsflora von Deutschland** zum Bestimmen der häufigeren in Deutschland wildwachsenden Pflanzen von Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. 1. Teil. Mit 50 Abbildungen. Nr. 268.
- 2. Teil. Mit 50 Abbildungen. Nr. 269.
- Familienrecht.** Recht des Bürgerlichen Gesetzbuches. Viertes Buch: Familienrecht von Dr. Heinrich Uge, Prof. a. d. Univ. Göttingen. Nr. 305.
- Färberei. Textil-Industrie** III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei u. ihre Hilfsstoffe v. Dr. Wilh. Massot, Lehrer a. d. Preuß. höh. Fachschule f. Textilindustrie i. Krefeld. M. 28 Fig. Nr. 186.
- Feldgeschütz, Das moderne,** von W. Heydenreich, Oberstleutnant u. Militärlehrer an der Militärtechnischen Akademie. 1: Die Entwicklung des Feldgeschützes seit Einführung des gezogenen Infanteriegewehrs bis einschließlich der Erfindung des rauchlosen Pulvers, etwa 1850 bis 1890. Mit 1 Abbildung. Nr. 306.

Fortsetzung auf der 4. Vorsachseite.

Sammlung Göschen

---

# Geschichte der Chemie

II

Von Lavoisier bis zur Gegenwart

von

**Dr. Hugo Bauer**

Assistent am chemischen Laboratorium  
der kgl. Technischen Hochschule Stuttgart

---

Na składzie w księgarni  
**Józefa Meinharta**  
w Jarosławiu.

**Leipzig**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung

1906



~~I 26~~ I-301400

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht,  
von der Verlagshandlung vorbehalten.

Spamersche Buchdruckerei, Leipzig-R.

Akc. Nr.

~~4026/51~~

022-0-563 2016

# Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Zeitalter von Lavoisier . . . . .	5
Einleitung 5, Lebensbeschreibung der wichtigsten Chemiker dieses Zeitalters 6, Verbrennungstheorie von Lavoisier 14, Klassifikation der Elemente und Verbindungen 16, Gesetz der multiplen Proportionen 17, Daltons Atomtheorie, Bestimmung der Atomgewichte 18, Gay-Lussacs Volumgesetz und Avogadros Hypothese 21, Atom und Aequivalent 24, Elektrolyse, elektrochemische Theorie 24, Chemische Symbolik 26, Elektrolyse der Alkalien, Chlor und Jod Elemente 28, Atomgewichte von Berzelius 31, Chemische Verwandtschaft, Massenwirkung 35, Neue Elemente und anorganische Verbindungen 39, Chemische Technik 41, Organische Chemie 42.	
Zeitalter der Entwicklung der organischen Chemie . . . . .	46
Einleitung 46, Lebensbeschreibung von Liebig, Wöhler, Dumas, Bunsen, Laurent, Wurtz, Hofmann, Williamson, Kekulé und Frankland 47, Isomerie, chemische Konstitution 53, Radikaltheorie 55, Substitutionserscheinungen 58, Kerntheorie von Laurent, Typentheorie von Dumas 60, Typentheorie von Gerhardt-Laurent, Resttheorie 64, Gerhardts Klassifikation organischer Verbindungen 69, Atom, Molekül, Äquivalent 71, Sättigungskapazität, Valenzlehre 74, Typus „Methylwasserstoff“ von Kekulé 76, Strukturformeln und Isomerie 78, Atomistische und molekulare Verbindungen 82, Kekulé's Anteil an der Entwicklung der Strukturchemie 83, Dampfdichtebestimmungen, Spektraluntersuchungen, Periodisches System 86, Analytische Chemie 89, Elemente und anorganische Verbindungen 90, Organische Chemie 93, Chemische Großindustrie 100, Chemischer Unterricht und Literatur 102.	
Chemie der Jetztzeit . . . . .	105
Strukturchemie mit Isomerie und Tautomerie 106, Organische Synthesen 109, Physikalische Chemie 111, Elektrolytische Dissoziation und Elektrochemie 112, Edelgase, Radium 115, Chemische Technik 116, Valenzlehre 117, Chemischer Unterricht und Literatur 119.	

## Literaturübersicht.

---

- Kopp, Geschichte der Chemie. Braunschweig 1843.  
Meyer, E. von, Geschichte der Chemie. 3. Auflage. Leipzig 1905.  
Ladenburg, Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie von Lavoisier bis zur Gegenwart. Braunschweig 1902.  
Ostwald, W., Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Leipzig.  
Carrière, Justus, Berzelius und Liebig. Ihre Briefe von 1831—1845. München, Leipzig 1893.  
Kahlbaum, G. W., Monographien aus der Geschichte der Chemie.  
Ostwalds Klassiker der exakten Naturwissenschaften. Leipzig.
- 

## Abkürzungen bei Literaturangaben.

---

- Ann. der Chem. = Annalen der Chemie.  
Ann. chim. et phys. = Annales de chimie et de physique.  
Compt. rend. = Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences.  
Berl. Ber. = Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft.  
Journ. chem. Soc. = Journal of the Chemical Society.  
Pogg. Ann. = Poggendorffs Annalen.  
Proc. roy. soc. = Proceedings of the royal society.  
Ztschr. f. Chem. = Zeitschrift für Chemie.  
Ztschr. f. anal. Chem. = Zeitschrift für analytische Chemie.  
Ztschr. f. anorg. Chem. = Zeitschrift für anorganische Chemie.
-

## Einleitung.

Entsprechend dem in der Einleitung zum ersten Bändchen kurz skizzierten Entwicklungsgange der chemischen Wissenschaft ist das zweite Bändchen eingeteilt in:

1. das Zeitalter von Lavoisier 1774—1828,
2. das Zeitalter der Entwicklung der organischen Chemie 1828—1886,
3. die Chemie der Jetztzeit.

Speziell beim dritten Kapitel mußte infolge der enormen Fülle des sich immer mehr ansammelnden experimentellen Materials auf eine auch nur halbwegs ausführliche Beschreibung verzichtet werden, so daß dieses Kapitel nur einen kursorischen Überblick über die Fortschritte der letzten 20 Jahre zu geben vermag.

---

## Zeitalter von Lavoisier.

Infolge der bahnbrechenden Arbeiten des Franzosen Anton Laurent Lavoisier aus der Zeit 1775—1780 erschien als die wichtigste Aufgabe der chemischen Forschung, das Gewichtsverhältnis (die Quantität) der reagierenden Stoffe zu den Reaktionsprodukten bei den chemischen Reaktionen zu berücksichtigen. Bisher wurden diese Verhältnisse in der Regel vernachlässigt, und nur vereinzelte Untersuchungen sind bekannt, bei denen die Gewichtsverhältnisse bestimmt wurden. Es sei hier an die Arbeiten von Black über die Kalzinierung der „magnesia alba“ (Bd. I, S. 83) erinnert.

Durch die quantitativen Untersuchungen Lavoisiers wurde nun in erster Linie die elementare Natur von verschiedenen Stoffen, welche man seither als zusammengesetzte Körper betrachtete, eindeutig nachgewiesen; hierher gehören die Metalle, ferner Schwefel und Phosphor. Andererseits war es aber auch möglich, die von den Phlogistikern als Elemente angesehenen Körper, wie Schwefelsäure, Phosphorsäure und Metallkalke, einwandfrei als zusammengesetzte Stoffe zu erkennen (Bd. I, S. 77 u. S. 80 ff.). Wir sehen also, daß durch die Arbeiten von Lavoisier sich eine Umwälzung in den Ansichten der Chemiker vollzog, durch welche für die damalige Zeit eigentlich so recht das Unterste zu oberst gekehrt wurde. Daß trotzdem diese Umwälzung verhältnismäßig rasch erfolgte, dürfte vor allem in den exakten Untersuchungen von Lavoisier und seinen Schülern und ferner auch darin zu suchen sein, daß die Wage ein nicht trügendes Hilfsmittel repräsentiert und zugleich jedermann eine einwandfreie Kontrolle gestattet.

Die Dauer dieses Zeitalters wollen wir bis zum Jahre 1828 setzen, in welchem durch die Synthese des Harnstoffes die Aufmerksamkeit der Chemiker auf ein neues Arbeitsgebiet gelenkt wurde, dessen erfolgreiche Bearbeitung im Laufe des 19. Jahrhunderts geschah.

Anton Laurent Lavoisier war geboren im Jahre 1743, also ein Altersgenosse von Scheele; durch die geradezu vorzügliche Erziehung, welche er genoß, hatte er reiche Gelegenheit, sich in Mathematik und Physik auszubilden; den Unterricht in der Chemie erhielt er von Rouelle, welcher ja als Lehrer in besonders hohem Ansehen stand.

Die ersten chemischen Arbeiten Lavoisiers fallen in das Jahr 1770 und sind schon quantitativer Natur. Er

versuchte nämlich mit Hilfe von Wägungen nachzuweisen, daß die beim Kochen von Wasser sich bildende Erde nicht aus dem Wasser, sondern aus dem Glasgefäß, in welchem das Wasser gekocht wurde, stamme. Die Vorteile, welche ihm bei diesen Untersuchungen die Wage lieferte, mögen wohl bestimmend gewesen sein für seine späteren Untersuchungen über die Erforschung der Vorgänge beim Verbrennen von Körpern und bei der Verkalkung der Metalle. Die exakte Durchführung dieses Problems unter Benützung der Beobachtungen von Priestley und Scheele über den Sauerstoff veranlaßten ihn im Jahre 1777 zur Aufstellung einer neuen Verbrennungstheorie. Die Französische Akademie nahm ihn schon in jungen Jahren als Mitglied auf, und seine äußere Lebensstellung gestaltete sich bald sehr glänzend. Er entging jedoch dem Neid seiner Mitbürger nicht und wurde auf Grund nichtiger Beschuldigungen, ein Opfer der Französischen Revolution, am 8. Mai 1794 in Paris hingerichtet. Seine Arbeiten veröffentlichte er größtenteils in den Memoiren der Französischen Akademie.

Von seinen Zeitgenossen sind besonders drei hervorzuheben: Guyton de Morveau, Berthollet und Fourcroy. Der erste von diesen drei, im Jahre 1737 zu Dijon geboren, befaßte sich zuerst mit dem Studium der Rechtswissenschaften, wandte sich aber bald der Chemie zu. Von Morveau stammt der erste Versuch, statt der seitherigen, unklaren und zu allerlei Mißverständnissen führenden Bezeichnungsweise chemischer Verbindungen eine rationelle Nomenklatur einzuführen. (S. 16.) Besondere Erwähnung verdient noch seine erfolgreiche Tätigkeit bei der Gründung der *École polytechnique*, an welcher er dann als Professor tätig war. Er war einer der einflußreichsten Mitglieder der Nationalversammlung, machte

jedoch leider nicht den Versuch, die Ausschreitungen der Revolution einzudämmen. Sein Tod zu Paris fällt in das Jahr 1816.

Claude Louis Berthollet war im Jahre 1748 zu Talloire in Savoyen geboren. Im Jahre 1772 schlug er seinen Wohnsitz in Paris auf und wurde im Jahre 1780 in die Französische Akademie aufgenommen. Von da an entwickelte er eine rege Tätigkeit auf den verschiedensten Gebieten der Chemie. Zuerst gehörte er zu den Anhängern der Stahlschen Phlogistontheorie, war aber von 1785 an völlig überzeugt von der Verbrennungstheorie Lavoisiers. Im Jahre 1794 wurde Berthollet Lehrer an der polytechnischen Schule zu Paris. Er besaß ein hervorragendes organisatorisches Talent, welches ihm sowohl bei verschiedenen von Napoleon aufgetragenen, als auch bei sonstigen gemeinnützigen Untersuchungen zugute kam. In seinen letzten Jahren lebte er zu Arceuil bei Paris und starb auch daselbst im Jahre 1822. Es stammen von ihm verschiedene Experimentaluntersuchungen, welche das Ammoniak, die Blausäure, den Schwefelwasserstoff und das chlorsaure Kali behandelten. Fernerhin sind seine theoretischen Spekulationen über chemische Affinität zu erwähnen, welche damals zu hoher Geltung gelangten und deren Nachwirkungen bis in unsere Zeit reichen.

Anton Franz Fourcroy war im Jahre 1755 geboren. Er stammte aus einer armen Familie und war deshalb gezwungen, sich zuerst die Mittel zu seinen Studien zu erwerben. Seine Arbeiten lenkten aber bald die allgemeine Aufmerksamkeit auf ihn, so daß er im Jahre 1784 als Nachfolger Macquers Professor an dem „Jardin des plantes“ in Paris wurde. Im darauffolgenden Jahre erfolgte dann seine Aufnahme in die Pariser Akademie. Durch die Französische Revolution trat er auch in

den politischen Vordergrund, war während der Schreckenszeit in dem „Komitee des öffentlichen Unterrichts“ tätig und übernahm später unter Bonaparte das Ressort des öffentlichen Unterrichtswesens. Die Chemie verdankt nicht zum geringsten Teil ihr Emporblühen in den nächsten Jahren seinem Einfluß. Gemeinsam mit Lavoisier, Berthollet und Guyton de Morveau gründete er im Jahre 1789 die „Annales de Chimie“. Er starb im Jahre 1800.

Zu diesen drei Zeitgenossen Lavoisiers gesellen sich noch einige andere bedeutende französische Chemiker. Vauquelin, im Jahre 1763 zu Hébertot in der Normandie geboren, war zuerst Apotheker und kam als solcher in Fourcroys Laboratorium, wo er bald dessen Mitarbeiter wurde; nach dem Tode des letzteren erhielt er auch dessen Stelle als Professor am „Jardin des plantes“. Sein Tod fällt in das Jahr 1829. Die Untersuchungen Vauquelins waren verschiedenster Natur; neben den Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie, welche zur Entdeckung der Chinasäure, des Asparagins, der Kampfersäure u. a. a. führten, war er mit gleichem Erfolge auch in der anorganischen Chemie tätig und entdeckte hier das Chrom und die Beryllerde.

Joseph Ludwig Proust, geboren im Jahre 1755 zu Angers, war zuerst Apotheker und als solcher Vorstand der Apotheke am Salpêtrière Hospitale zu Paris; später finden wir ihn an verschiedenen Universitäten Spaniens als Lehrer tätig. Zu dieser Zeit trat er mit Entschiedenheit der Bertholletschen Ansicht entgegen, daß die Stoffe in stetig veränderlichen, je nach den Bedingungen wechselnden Verhältnissen zu Verbindungen zusammentreten. Als der Eroberungssucht Napoleons auch Spanien nicht standhalten konnte, wurde

er durch die Kriegszeit im Jahre 1808 seines trefflich ausgestatteten Laboratoriums und seiner Stellung beraubt. Dadurch gelangte er in eine mißliche Notlage, welche erst durch seine Aufnahme in die Pariser Akademie gehoben wurde. Seine Untersuchungen führten ungefähr zu ähnlichen Resultaten wie die Richters; er hat verschiedentlich die Gesetzmäßigkeit der Verbindungsverhältnisse betont, ohne sich jedoch zu bemühen, über die Ursache derselben ins klare zu kommen.

Joseph Louis Gay-Lussac war geboren im Jahre 1778 zu St. Leonard. Seine Einführung in die chemische Wissenschaft erfolgte durch Berthollet; und bald lenkte er durch seine physikalischen und chemischen Kenntnisse die Aufmerksamkeit seiner Zeitgenossen auf sich. Zur Ausführung seiner Untersuchungen scheute er vor keiner Gefahr zurück, was sich am deutlichsten darin zeigt, daß er zwecks physikalischer Beobachtungen mitunter geradezu wagehalsige Luftfahrten ausführte. Im Jahre 1808 wurde er Professor der Physik an der „Sorbonne“, im Jahre 1809 auch Professor der Chemie an der „École polytechnique“ und im Jahre 1832 Professor der allgemeinen Chemie am „Jardin des plantes“. Durch seine verschiedenartigen Untersuchungen erfuhren die weitesten Kreise der Chemie namhafte Vorteile. Sein Name ist sowohl mit dem Volumgesetz der Gase, als auch mit dem gesetzmäßigen Zusammenhange der Volumgrößen derselben mit der Temperatur, sowie mit den Untersuchungen über Jod, Cyan und Knallsäure, und endlich mit einer größeren Anzahl analytischer Methoden eng verknüpft. Speziell in letzterer Richtung ist zu erwähnen, daß Gay-Lussac als der Begründer der Titrimetrie zu betrachten ist. Sein Tod fällt in das Jahr 1850.

P. L. Dulong, geboren im Jahre 1785 zu Rouen, hat sich neben seinen physikalisch-chemischen Untersuchungen über die Atomwärme auch mit rein chemischen Arbeiten beschäftigt; er entdeckte im Jahre 1811 den Chlorstickstoff, eine Entdeckung, welche er mit dem Verlust von einem Auge und von mehreren Fingern büßen mußte; außerdem arbeitete er noch über die Sauerstoffverbindungen des Phosphors und Stickstoffs. Im Jahre 1838 starb er als Studiendirektor der polytechnischen Schule zu Paris.

T. A. Petit, der Mitarbeiter Dulong's bei der Arbeit über die Atomwärme der Elemente, gehört mit Rücksicht auf seine anderen Arbeiten mehr zu den Physikern als zu den Chemikern; er war geboren im Jahre 1791 und starb als Professor der Physik an der polytechnischen Schule zu Paris im Jahre 1820.

Damit haben wir die Beschreibung des Lebensganges der namhaftesten französischen Chemiker erledigt und wollen uns nunmehr der Biographie derjenigen zuwenden, welche damals in Deutschland tätig waren.

Martin Heinrich Klaproth, geboren 1743 zu Wernigerode, war von Haus aus Apotheker und verließ erst im Jahre 1787 diesen Beruf, um sich ganz seinen chemischen Studien zuzuwenden. Dieselben gaben die Veranlassung zu seiner Aufnahme in die Berliner Akademie, und, als im Jahre 1809 die Berliner Universität gegründet wurde, erhielt er als erster den dadurch neugeschaffenen Lehrstuhl der Chemie. Seine Untersuchungen zeugen von einer mustergültigen Sorgfalt und Gründlichkeit. Sie bewegen sich vor allem auf dem Gebiete der analytischen Chemie. Nicht zum wenigsten war diese Gründlichkeit in seinen Arbeiten ausschlaggebend für die von ihm gemachten Entdeckungen neuer Elemente; verdanken wir ihm doch diejenige des Urans, Titans und Zirkoniums.

Jeremias Benjamin Richter war geboren im Jahre 1762 zu Hirschfeld in Schlesien; er war zuerst Bergsekretär in Breslau, dann Bergassessor und Arkanist der Porzellanmanufaktur in Berlin. Seine Untersuchungen bewegten sich hauptsächlich auf dem Gebiete der Stöchiometrie und zeichnen sich durch peinliche Genauigkeit und Exaktheit aus. Leider ist die Ausdrucksweise seiner Publikationen äußerst unklar und verworren und zum Teil noch durch viele phlogistische Bezeichnungen entstellt, so daß seine Arbeiten zuerst völlig übersehen wurden. Erst durch die Bemühungen G. E. Fischers wurden dieselben in eine verständliche Form gebracht und die von Richter bestimmten Zahlenwerte in einer übersichtliche Äquivalentgewichtstabelle zusammengestellt. Dadurch kam es, daß dieselben erst lange nach seinem im Jahre 1807 erfolgten Tode die verdiente Würdigung erlangten.

Eilhard Mitscherlich, geboren im Jahre 1794 im Oldenburgischen, widmete sich ursprünglich orientalischen und linguistischen Studien, nebenbei betrieb er aber auch das Studium der Naturwissenschaften und kam dadurch in nähere Berührung mit Berzelius, welchem er im Jahre 1819 nach Stockholm folgte. Im Jahre 1821 wurde er Nachfolger Klaproths an der Universität Berlin und wirkte daselbst bis zu seinem im Jahre 1863 erfolgten Tode.

In England finden wir an bedeutenden Chemikern dieser Zeit Henry, Kirwan, Hatchett und Dalton. Die Arbeiten der drei ersten sind zwar für einzelne Zweige der Chemie außerordentlich fördernd gewesen, doch sind dieselben für die Beurteilung der gesamten chemischen Fortschritte nicht von einschneidender Bedeutung, so daß wir hier ihrer Namen nur kurz Erwähnung tun wollen. Dagegen sind die Arbeiten Daltons von so großem Einflusse auf die bisherigen chemischen Ansichten geworden,

daß wir uns auch mit dem Lebensgang desselben etwas näher befassen müssen.

John Dalton war im Jahre 1760 zu Eaglesfield in Cumberland als der Sohn eines armen Wollwebers geboren und deshalb in seiner Jugend schon darauf angewiesen, durch Erteilung von Privatunterricht sein Brot zu erwerben. Zuerst Mathematiker und Physiker, wandte er sich aber bald der Chemie zu und lenkte dieselbe durch seine bedeutenden Arbeiten über die Atomtheorie in neue Bahnen. Im Jahre 1793 wurde er Lehrer für Mathematik und Physik an einem College zu Manchester. Aus dieser Zeit stammt auch seine Entdeckung der Farbenblindheit (Daltonismus). Seit 1799 war er nur noch als Privatlehrer tätig; er selbst führte, wohl durch die Härte seiner Erziehung bedingt, einen äußerst anspruchslosen Lebenswandel. Im Jahre 1829 starb er zu Genf.

In Schweden finden wir tüchtige Vertreter der chemischen Wissenschaft in Ekeberg und Grau; doch sollen dieselben in dem knappen Rahmen dieser Darstellung nur erwähnt sein. Eingehender müssen wir uns jedoch mit dem Lebensgang von Johann Jakob Berzelius, einem der bedeutendsten Chemiker, der je gelebt hat, beschäftigen. Derselbe war geboren am 29. August 1779 zu Westerlösa in Schweden als Sohn eines dortigen Schulmeisters. Schon in jungen Jahren zeigte er eine besonders stark ausgeprägte Vorliebe für Chemie, allein seine ersten Lehrer boten ihm nicht das, was er von dieser Wissenschaft erwartete, und so wandte er sich unbefriedigt von derselben dem Studium der Medizin zu. Immerhin war aber sein Interesse für Chemie so groß, daß er dieselbe nicht völlig vernachlässigte; im Gegenteil, seine wissenschaftlichen Arbeiten beschäftigten sich vorwiegend mit chemischen Ideen, und auf Grund seiner Untersuchungen über die

Einwirkung des galvanischen Stromes auf Salze erfolgte zuerst seine Ernennung zum Adjunkten für Medizin, Botanik und Pharmazie und später die zum Professor für Chemie und Pharmazie an der Universität Stockholm, welche Stellung er im Jahre 1815 mit der Professur der Chemie daselbst vertauschte. Seit dem Jahre 1808 Mitglied der Stockholmer Akademie der Wissenschaften, war er vom Jahre 1818 an deren ständiger Sekretär. In demselben Jahre wurde er auch von König Karl XIV. in den Adelstand erhoben und im Jahre 1835 erfolgte seine Versetzung in den Freiherrnstand. Sein arbeitsreiches Leben wurde am 7. August 1848 durch den Tod abgeschlossen. Die von ihm ausgeführten hervorragenden wissenschaftlichen Arbeiten und seine erspriessliche Lehrthätigkeit verschafften ihm eine Reihe von Schülern, von welchen wir hier als die namhaftesten Rose, Mitscherlich, Wöhler und Christian Gmelin erwähnen wollen. Es versteht sich von selbst, daß durch diesen Anhang bedeutender Schüler die Ideen, Gedanken und Theorien von Berzelius in alle Länder getragen wurden und daß diese so auf die Weiterentwicklung der chemischen Forschung einen hervorragenden Einfluß ausübten.

Die in der Einleitung zu diesem Kapitel erwähnten Arbeiten Lavoisiers über die quantitativen Verhältnisse bei chemischen Reaktionen führten diesen Forscher zu der Aufstellung seiner Verbrennungs- oder Oxydationstheorie. Da durch dieselbe die damals gültige Stahlsche Phlogistontheorie gestürzt wurde und die ganze folgende Zeit bis auf unsere Tage von den Ideen Lavoisiers beherrscht ist, so dürfte es das gegebene sein, die spezielle Besprechung der Fortschritte der Chemie in diesem Zeitalter mit der Behandlung dieser zu beginnen.

Lavoisier selbst faßte im Jahre 1777 seine Ver-

brennungstheorie in folgenden drei Hauptsätzen zusammen:

1. Die Körper verbrennen nur in reiner Luft.
2. Diese letztere wird bei der Verbrennung verbraucht und die Gewichtszunahme des verbrannten Körpers ist gleich der Gewichtsabnahme der Luft.
3. Der brennbare Körper wird gewöhnlich durch seine Verbindung mit der reinen Luft in eine Säure verwandelt, die Metalle dagegen in Metallkalke.

Daß in der atmosphärischen Luft ein Stoff enthalten sei, welcher sich bei der Verbrennung eines Körpers mit diesem vereinige, ist übrigens nicht von Lavoisier zum erstenmal ausgesprochen worden. Wir finden vielmehr verschiedentliche Andeutungen derartiger Ansichten. So steht z. B. diejenige von Mayow (Bd. I, S. 74) der Wahrheit schon bedeutend nahe, wenn für ihn als das die Verbrennung wesentlich Bedingende der in der Luft vorhandene spiritus nitro-aëreus ist, der sich bei der Verkalkung mit dem Metall vereinigt. Das unstreitige Verdienst Lavoisiers ist es nun aber im Gegensatz zu allen früheren Angaben, daß er nicht nur eine Idee aussprach, welche einige Erscheinungen erklären konnte, sondern daß er dieselbe auch in ihrer Allgemeinheit durch eine Reihe glänzender, exakter Untersuchungen rechtfertigte. Damit bewies er aber auch zugleich, daß er nicht auf rein spekulativem Boden stand, sondern daß er seine Ansichten durch Versuche kontrollierte, wodurch er wieder Anregung zu neuen Ideen erhielt. Auf diese Weise war es möglich, daß, so revolutionär auch die obenerwähnten Sätze für die damaligen phlogistischen Ansichten waren, sie allen anfangs eingewandten Bedenken erfolgreich die Spitze bieten konnten. Es war eben in der Lavoisierschen Ansicht ein Mittel gefunden, um in einfacher Weise

eine ganze Reihe von chemischen Prozessen zu erklären, und dadurch erwarben sich dieselben auch in so verhältnismäßig kurzer Zeit die Anerkennung der weitesten Kreise der Chemiker.

Im Laufe der Zeit fand infolge der verschiedenartigsten Untersuchungen eine solche Vermehrung der Zahl chemischer Verbindungen statt, daß allgemein das Bedürfnis entstand, eine rationelle Klassifikation der Elemente und Verbindungen anzustreben. Eine solche Einteilung stammt nun von Guyton de Morveau (S. 7) und fußt in der Hauptsache auf der Boyleschen Definition der Elemente (Bd. I, S. 61). Morveau unterschied fünf Klassen von Elementen. In die erste setzte er neben den nicht allgemein anerkannten Elementen, Wärme und Licht, den Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff; in die zweite diejenigen, welche Säuren zu bilden vermögen, also Schwefel, Phosphor und Kohle, ferner die hypothetischen Radikale der Salzsäure, Flußsäure und Borsäure; die dritte Klasse bildeten die Metalle, die vierte die Erden und die fünfte die Alkalien.

Das Gegenstück zu diesen Elementen bildeten die Verbindungen, bei welchen er binäre und ternäre unterschied. Zu den ersteren gehörten die Säuren, und diese bezeichnete er mit dem gemeinsamen Wort „Acide“, auf welches dann der spezielle Name der betreffenden Säure folgte, z. B. Acide carbonique, Acide sulfurique usw. Bei denjenigen, welche weniger Sauerstoff enthalten, wurde statt der Endung -ique diejenige von -eux gebraucht, z. B. „Acide sulfureux“. Ferner zählte er zu den binären Verbindungen auch die Basen, welche er mit den Gattungsnamen „Oxyde“ bezeichnete, außerdem den Schwefelwasserstoff, die Schwefelmetalle und die Verbindungen der Metalle untereinander. Zu den ternären Körpern

rechnete er als Hauptvertreter die Salze. Er bezeichnete den Gattungsnamen derselben durch die Säure, aus welcher sie sich bilden, während der Speziesnamen der ihnen zugrunde liegenden Base entnommen wurde, z. B. „nitrate de plomb“ oder „sulfate de baryte“. Wie aus dieser kurzen Skizze der Morveauschen Einteilung der chemischen Verbindungen zu ersehen ist, war dieselbe so glücklich gewählt, daß sie im allgemeinen bis in unsere Zeit beibehalten werden konnte.

Wir wollen uns nunmehr der Betrachtung derjenigen Erfolge zuwenden, welche die chemische Wissenschaft durch die glücklichen Untersuchungen von Lavoisier unter der weitgehendsten Verwendung der Wage als chemischen Hilfsmittels zu verzeichnen gehabt hat.

Die zahlreichen quantitativen Untersuchungen, welche sich an diejenigen von Lavoisier anschlossen, führten bald zu der Beobachtung, daß sich jedes Element mit einem anderen nur in bestimmten Gewichtsverhältnissen verbinden könne. Den direkten Anlaß zu dieser Beobachtung bildeten die Untersuchungen Daltons über die Zusammensetzung des Äthylens und Methans, bei welchen derselbe nachweisen konnte, daß die Quantitäten Wasserstoff in beiden sich verhalten wie 1 : 2. Diesen Untersuchungen schlossen sich dann die über das quantitative Verhältnis der Zusammensetzung von Kohlenoxyd und Kohlensäure, von Stickoxydul, Stickoxyd, salpetriger Säure und Salpetersäure an. Bei allen diesen Verbindungen fand man eine Regelmäßigkeit in der Zusammensetzung bestätigt, und Dalton konnte darauf das Gesetz der multiplen Proportionen aufstellen, nach welchem stets, wenn verschiedene Mengen eines Elementes sich mit ein und derselben Quantität eines anderen chemisch verbinden, diese Mengen in einfachen, durch ganze

Zahlen ausdrückbaren Verhältnissen zueinander stehen.

Das Bestreben, diese Beobachtungen auch möglichst befriedigend zu erklären, führte dann weiterhin Dalton zur Entwicklung seiner Atomhypothese. Schon die griechischen Naturphilosophen hatten den Gedanken ausgesprochen, daß die Stoffe aus endlichen, nicht mehr weiter teilbaren Partikelchen, den Atomen, bestehen. Die Anwendung dieser Hypothese auf das Gesetz der multiplen Proportionen geschah durch Dalton in der Weise, daß er einfach statt der Verhältniszahlen absolute setzte. Hierdurch konnte er z. B. von dem Kohlenoxyd und der Kohlensäure sagen, daß beim ersteren ein Atom Kohlenstoff mit einem Atom Sauerstoff, bei letzterer dagegen ein Atom Kohlenstoff mit zwei Atomen Sauerstoff verbunden sei. Zeitlich fallen diese Arbeiten und Überlegungen Daltons in die Jahre 1802 und 1803, ausführliche Veröffentlichung erfuhren sie erst im Jahre 1808 im ersten Band seines Werkes „New System of chemical philosophy“.

Der Kernpunkt der ganzen Daltonschen Atomtheorie läßt sich in folgenden zwei Sätzen ausdrücken:

1. Jedes Element besteht aus gleichartigen Atomen von unveränderlichem Gewicht.

2. Die chemischen Verbindungen bilden sich durch Vereinigung der Atome verschiedener Elemente nach einfachsten Zahlenverhältnissen.

Zahlreiche Fingerzeige lassen nun allerdings darauf schließen, daß der geschichtliche Gang der Daltonschen Arbeiten nicht in der hier ausgeführten Weise sich vollzogen hat, sondern daß Dalton vielmehr auf rein deduktivem Wege zur Atomtheorie gelangt ist und die experimentellen Untersuchungen nur zur Kontrolle der hierdurch aufgestellten Behauptungen ausgeführt hat.

Die Atomtheorie hatte nun als nächste Folge die Bestrebung, die Gewichtsverhältnisse, nach welchen sich die Elemente zu Verbindungen vereinigen, möglichst genau zu bestimmen und damit eine Ableitung der relativen Atomgewichte zu erzielen. Dalton unterzog sich auch dieser Aufgabe, mußte jedoch hierzu noch einige Voraussetzungen machen, welche er in folgenden Sätzen zusammenfaßte, wobei er die Verbindungen zweier Elemente einer Betrachtung unterzog.

„Wenn nur eine Verbindung von zwei Elementen, A und B, bekannt ist, so hat man anzunehmen, daß dieselbe aus einem Atom des einen und aus einem Atom des anderen besteht:  $A + B$ , zweifache Verbindung oder Atom zweiter Ordnung“ (als Atom erster Ordnung sah Dalton ein elementares Atom an).

Kennt man zwei Verbindungen, welche aus zwei Elementen A und C zusammengesetzt sind, so kann deren Zusammensetzung durch die Symbole  $A + C$  und  $A + 2C$  ausgedrückt werden (dreifache Verbindung oder Atom dritter Ordnung).

Hat man über die Zusammensetzung von drei Verbindungen zweier Grundstoffe A und D zu entscheiden, so spricht die Wahrscheinlichkeit für folgende Kombinationen:  $A + D$ ,  $A + 2D$ ,  $2A + D$ .“

Außerdem gab es nach Dalton auch Atome fünfter Ordnung (z. B.  $A + 3E$ ) usw., jedoch wurden die einfachsten Verhältnisse begünstigt; Verbindungen, deren Atomzahlen sich wie 2 : 3 oder 2 : 5 verhielten, erklärte er hervorgegangen aus zwei Atomen höherer Ordnung (z. B. salpetrige Säure aus ein Atom Stickoxyd und ein Atom Salpetersäure).

Diese Überlegungen hatten zur selbstverständlichen Folge, daß das Atomgewicht einer Verbindung gleich der

Summe der sie zusammensetzenden elementaren Atomgewichte sei. Zur Bestimmung der relativen Atomgewichte der Elemente schlug nun Dalton folgenden Weg ein. Er ermittelte z. B. im Wasser das Verhältniß der Quantitäten Wasserstoff und Sauerstoff und setzte nun das Gewicht des Wasserstoffs als Einheit, worauf er dann den Wert des Sauerstoffs beziehen konnte. In ähnlicher Weise bestimmte er den Wert des Stickstoffs aus der Zusammensetzung des Ammoniaks und denjenigen des Kohlenstoffs aus der Analyse des Kohlenoxyds und der Kohlensäure, wobei er sich des aus der Zusammensetzung des Wassers abgeleiteten Wertes für Sauerstoff bediente. Er fand dadurch folgende Zahlen:

Wasserstoff	1
Sauerstoff	6,5
Stickstoff	5,0
Kohlenstoff	5,4

Wenn auch an diesen Zahlen manche Ungenauigkeit haftet, so war doch das Prinzip zur Bestimmung der relativen Atomgewichte richtig. Die Entwicklung der Daltonschen Atomhypothese war im allgemeinen so einleuchtend und klar, daß dieselbe bei den Chemikern der damaligen Zeit fast durchgehend eine günstige Aufnahme fand.

Wenige Monate, nachdem Dalton seine Atomtheorie in dem „New System of chemical philosophy“ klargelegt hatte, veröffentlichte Gay-Lussac Untersuchungen, welche sich mit den Volumverhältnissen bei Gasen befaßten. Dieser Chemiker fand, daß aus zwei Volumina Kohlenoxyd und einem Volumen Sauerstoff zwei Volumina Kohlendioxyd, und aus einem Volumen Stickstoff und drei Volumina Wasserstoff zwei Volumina Ammoniak

entstehen. Diese Beobachtungen stimmten auch mit verschiedenen Resultaten von Versuchen früherer Forscher überein und führten Gay-Lussac zur Aufstellung des Volumengesetzes, welches er folgendermaßen formulierte: „Zwei Gase verbinden sich stets nach einfachen Volumverhältnissen, und die Kontraktion, welche sie erleiden, also auch das Volumen des entstehenden Produktes, wenn es gasförmig ist, steht in einfacher Beziehung zu den Volumina der Bestandteile.“

Gay-Lussac hebt am Schlusse seiner Veröffentlichung besonders noch hervor, daß durch die Annahme eines gleichen molekularen Zustandes aller Gase ihr gleiches Verhalten gegen Druck und Temperatur erklärt werde, und daß seine Beobachtungen mit der Daltonschen Atomhypothese nicht nur im Einklang stehen, sondern eine wesentliche Stütze derselben bilden. Diese Ansicht fand aber nicht den Beifall Daltons. Er wurde hierzu dadurch veranlaßt, daß, wenn ein Atom Stickoxyd aus einem Atom Stickstoff und einem Atom Sauerstoff besteht und in gleichen Volumina gleich viel Atome angenommen werden, bei der Vereinigung von einem Volumen Stickstoff und einem Volumen Sauerstoff sich ein Volumen Stickoxyd bilden müsse, und nicht zwei, wie Gay-Lussac und Henry gefunden haben<sup>1)</sup>. Demnach wäre also ein gleicher molekularer Zustand aller Gase nicht möglich und es ist un schwer zu sehen, daß in diesem Falle eine tatsächliche Schwierigkeit vorhanden war.

Hier zeigte nun der italienische Physiker Amadeo Avogadro einen Weg, wie es möglich gemacht werden

<sup>1)</sup> Die in jeder Weise ungerechten Vorwürfe Daltons, daß Gay-Lussac schlecht gearbeitet habe, mögen wohl zu der Ansicht geführt haben, als ob Dalton aus Mißgunst die Verdienste Gay-Lussacs schmälern wollte. Die oben gegebene Ausführung desselben läßt aber immerhin erkennen, daß die Entgegnungen Daltons sachlich begründet waren.

konnte, diese Widersprüche aufzuklären. Derselbe unterschied zwischen „molécules intégrantes“ und „molécules élémentaires“ und nahm auf Grund des gleichen Verhaltens der Gase gegen Druck und Temperatur an, daß in gleichen Volumina aller Gase gleich viel Moleküle enthalten sind.

Beim Übergang eines Körpers, sei er Element oder Verbindung, in den Gaszustand bildet derselbe nun nicht unteilbare Partikelchen, sondern die „molécules intégrantes“, welche sich aus dem „molécules élémentaires“ zusammensetzen. Vereinigt sich also ein aus gleichen Volumina Stickstoff und Sauerstoff bestehendes Gasgemisch zu dem gleichen Volumen Stickoxyd, und enthält das Gesamtvolumen dieselbe Anzahl Moleküle, so kann die Vereinigung nicht durch Aneinanderlagerung vorher getrennter Moleküle entstanden sein. Es läßt sich diese Tatsache nur dadurch erklären, daß ebensowohl das Stickstoff- als auch das Sauerstoffmolekül aus je zwei „molécules élémentaires“ zusammengesetzt ist, welche sich spalten und dann gegenseitig vereinigen, so daß vor und nach der Vereinigung dieselbe Anzahl Moleküle vorhanden ist. Der Unterschied in der Zusammensetzung des Gasgemisches liegt dann nur darin, daß vorher dasselbe aus ungleichartigen, nachher aus gleichartigen Molekülen besteht.

Im Jahre 1814 erschien in den *Ann. chim. et phys.* (Bd. XC, 43) eine Abhandlung von Ampère, welche sich mit demselben Gegenstand befaßt, gleichzeitig aber auch durch die Stellung der „molécules élémentaires“ im „molécule intégrante“ die Kristallform der Körper zu erklären versucht. Im allgemeinen erfuhren aber die Ausführungen dieser beiden Gelehrten unter ihren Zeitgenossen vorerst wenig Beachtung.

In den Jahren 1791 bis 1802 machte J. B. Richter die Beobachtung, daß beim Vermischen zweier neutraler Salze, selbst wenn doppelte Umsetzung eintritt, die Neutralität erhalten bleibt; er folgerte hieraus, daß die Mengen a und b zweier Basen, welche durch eine gewisse Quantität einer Säure neutralisiert werden, auch durch dieselbe Quantität einer anderen Säure gesättigt werden, und umgekehrt bedürfen die Gewichte zweier Säuren, welche von einer Basismenge gesättigt werden, dieselbe Menge einer anderen Basis zur Neutralisation. Ferner bearbeitete Richter die Metallfällungen und bestimmte die Mengen der Metalle, wie sie sich gegenseitig aus ihren Lösungen niederschlagen; die gefundenen Zahlen konnte er zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes der Oxyde verwenden. Erwähnt soll hier noch werden, daß Richter zum erstenmal die Bezeichnung „Stöchiometrie“ benutzt und damit die Ermittlung der Größenverhältnisse bezeichnet, in welchen sich die Körper verbinden. Wie oben schon gesagt (S. 12), zeigen die Richterschen Veröffentlichungen eine sehr unverständliche Ausdrucksweise, so daß sie erst durch die Bemühungen Fischers, welcher sie in eine leichter verständliche Form brachte, zur allgemeinen Kenntnis gelangten. Fischer brachte im Jahre 1803 die Tafeln Richters in eine einzige Tabelle und führte ihre Anwendung folgendermaßen aus: „Man darf nur die Verhältnismengen einer Säure gegen die verschiedenen alkalischen Grundlagen bestimmen, nachher ist es hinlänglich, die Verhältnismenge einer einzigen Verbindung von jeder anderen Säure mit einer alkalischen Grundlage kennen zu lernen; so erfährt man durch eine leichte Rechnung die Verhältnismengen der Säuren in allen übrigen Verbindungen.“ Damit war aber nichts anderes geschaffen als eine Äquivalententafel.

Im Jahre 1814 suchte Wollaston, jedenfalls in erster Linie auf Grund der Richterschen Untersuchungen, nachzuweisen, daß die Bestimmung der Anzahl Atome in einer Verbindung unsicher und willkürlich sei, und schlug statt des Begriffs „Atom“ denjenigen des „Äquivalents“ vor. — Der Name Äquivalent wird von ihm zum erstenmal gebraucht. — Indessen machte er den Fehler, daß er das Äquivalent völlig in dem Sinne von Atom gebrauchte, was zu der falschen Annahme führte, als ob die Atome äquivalent seien. Wir werden später sehen, welche große Verwirrung diese Abhandlung Wollastons in den Kreisen der Chemiker hervorgerufen hat, und daß es heftiger Kämpfe bedurfte, um die strikte Trennung der Begriffe Atom und Äquivalent durchzuführen.

Das Ende des achtzehnten Jahrhunderts brachte im Jahre 1779 die berühmte Entdeckung Galvanis über elektrische Wirkungen an Froschmuskeln, deren weitere Ausarbeitung durch Volta zur Voltaschen Säule und Galvanischen Kette geführt haben. Als hiermit eine Quelle für die Elektrizität gefunden war, währte es nicht lange, so wurde auch die Einwirkung des elektrischen Stromes auf verschiedene chemische Körper ausgeführt. Nicholson und Carlisle beobachteten 1800, daß, wenn man die Galvanische Säule durch Wasser entläßt, dieses in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird. Es ist im ersten Bändchen (S. 73) schon erwähnt worden, daß Ritter die elementare Natur des Wasser dadurch zu retten suchte, daß er den Wasserstoff als Wasser mit positiver, den Sauerstoff als solches mit negativer Elektrizität zu erklären suchte. An die Elektrolyse des Wassers schloß sich dann diejenige von wässrigen Alkalilösungen, welche in erster Linie von Davy und von Berzelius ausgeführt wurde. Wir werden später bei der Besprechung der Metalle die

praktischen Resultate dieser Untersuchungen genauer kennen lernen. Hier seien dieselben nur insoweit erwähnt, als sie für die Entwicklung der theoretischen Ansichten grundlegend waren.

Über die Entstehung des elektrischen Stromes vertrat Volta die Ansicht, daß die bloße Berührung zweier heterogener Körper genüge, um dieselben in entgegengesetzt elektrische Zustände zu versetzen. Dieselbe Ansicht hatte auch Davy und auf ihr basierte seine Theorie über die Abhängigkeit der chemischen Verwandtschaft von dem elektrischen Zustande (Philosophical Transaktion 1807. 39). Als Gegner dieser Volta-Davyschen Berührungstheorie finden wir namentlich Ritter tätig, welcher in seinem „Elektrischen System“ S. 49 zu zeigen suchte, daß gleichzeitig mit dem Entstehen elektrischer Ströme chemische Zersetzungen stattfinden, daß also die elektrischen Erscheinungen eine Folge chemischer Prozesse sind. Berzelius dachte sich die Elektrizität als eine allgemeine Eigenschaft der Materie und setzte in jedem Atom zwei entgegengesetzt elektrische Pole voraus. Die Atome enthalten aber dann nicht gleiche Mengen von Elektrizität, sondern die Elektrizität des einen Pols herrscht über die des anderen vor, so daß das Atom (also auch das Element) entweder elektrisch-positiv oder elektrisch-negativ ist. Vereinigen sich nun zwei Elemente, so tauschen die entgegengesetzten Pole der Atome ihre Elektrizitäten aus. Läßt man dagegen auf eine Verbindung den elektrischen Strom einwirken, so erhalten die einzelnen Atome wieder elektrische Ladung und die Verbindung zerfällt in ihre Bestandteile.

Auf diesem Gedanken baute Berzelius seine sog. dualistische Theorie auf. Er sagte in seinem „Lehrbuch der Chemie“ Bd. III, S. 77: „Jeder zusammengesetzte Körper, welches auch die Anzahl seiner Bestandteile sein mag,

kann in zwei Teile getrennt werden, wovon der eine positiv, der andere negativ elektrisch ist; so ist z. B. das schwefelsaure Natron nicht aus Schwefel, Sauerstoff und Natrium zusammengesetzt, sondern es besteht aus Schwefelsäure und Natron, die wiederum in einen positiven und negativen Bestandteil getrennt werden können.“

Damit hatte sich Berzelius eine Ansicht über die Konstitution der Verbindungen gebildet und drückte sich über diejenige von Basen, Säuren und Salzen folgendermaßen aus: „In den Oxyden repräsentieren den elektro-negativen Bestandteil die Metalle, in den Säuren die Metalloide und in den Salzen sind die wasserfreien Basen die elektro-positiven, die wasserfreien Säuren die elektro-negativen Bestandteile.“ Mit einer kleinen Erweiterung war es ihm dann auch möglich, die Doppelsalze in dieser dualistischen Weise zu erklären, indem er das eine Salz für den elektro-positiven, das andere für den elektro-negativen Bestandteil ansah, wie er z. B. im Alaun das schwefelsaure Kalium als den positiven und das schwefelsaure Aluminium als den negativen Bestandteil bezeichnete. Es darf aber nicht übersehen werden und soll hier ausdrücklich hervorgehoben werden, daß die Gründung dieser dualistischen Theorie zu einer Zeit erfolgte, als man noch alle Säuren als sauerstoffhaltig ansah. Wir werden später noch kennen lernen, daß infolge dieser dualistischen Theorie es manch harten Kampf kostete, Berzelius und seine Anhänger von der Existenz sauerstofffreier Säuren zu überzeugen. Die Grundzüge dieser elektrochemischen Theorie hat Berzelius im Jahre 1812 aufgestellt, ihre ausführliche Darlegung fällt in das Jahr 1819.

Bei der allgemeinen Ausarbeitung dieser vorstehend entwickelten Ansichten trat bei Berzelius das Bedürfnis nach einer einfachen chemischen Symbolik immer fühl-

barer auf. Mit einem derartigen Gedanken war er aber nicht der erste, denn Dalton hatte schon mehrere Jahre früher vorgeschlagen, für die einzelnen Elemente besondere Symbole einzuführen. Er bezeichnete z. B. Sauerstoff mit  $\bigcirc$ , Wasserstoff mit  $\odot$ , Stickstoff mit  $\oplus$ , Schwefel mit  $\oplus$ . Durch eine richtige Zusammenstellung dieser Symbole konnte man dann die betreffende Verbindung bildlich vorstellen. Dies gibt z. B. für das Anhydrid der Schwefelsäure folgendes Symbol: . Es ist ohne weiteres einzusehen, daß diese Symbolik zu umständlich und schwerfällig war, als daß sie je einer allgemeinen Anwendung fähig gewesen wäre, und dem abzuhelfen, entwickelte Berzelius seine chemische Zeichensprache, indem er für jedes Element einen Buchstaben setzte und hierzu vorzugsweise den Anfangsbuchstaben von dem lateinischen Namen des betreffenden Elementes benutzte, z. B. für Stickstoff (Nitrogenium) N, für Schwefel (Sulfur) S, für Wasserstoff (Hydrogenium) H. Bei denjenigen Elementen, welche mit gleichem Anfangsbuchstaben beginnende Namen besaßen, wurde ein weiterer in diesem enthaltenen Buchstabe hinzugefügt; so bezeichnete er z. B. Quecksilber (Hydragyrum) mit Hg, Antimon (Stibium) mit Sb. Bei den Verbindungen setzte er in einfacher Weise diese Symbole nebeneinander und brachte die Atomzahl in denselben, wenn sie mehr als eins betrug, dadurch zum Ausdruck, daß man dem betreffenden Buchstaben die Atomzahl in folgender Weise anhängte: Schweflige Säure  $\text{SO}_2$ , Kohlensäure  $\text{CO}_2$  <sup>1)</sup>. Mit Hilfe dieser chemischen Zeichensprache war es zugleich auch möglich, den Dualismus in den einzelnen Ver-

<sup>1)</sup> Anfangs drückte Berzelius übrigens die Sauerstoffatome noch mit Punkten, die Schwefelatome mit Strichen aus, z. B.  $\dot{\text{C}}\text{a} = \text{CaO}$ ,  $\text{F}\ddot{\text{e}} = \text{FeS}_2$ .

bindungen zum Ausdruck zu bringen, z. B. kohlsaures Natrium  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CO}_2$ , ein Faktor, welcher natürlich für Berzelius sehr ins Gewicht fiel.

Nun hatte aber Berzelius zuerst diese Schreibweise nicht rein in der beschriebenen Weise gebraucht, sondern er hatte diejenigen Elemente, welche als Doppelatome auftreten, dadurch bezeichnet, daß er sie durchstrich, z. B. Wasser =  $\text{HO}$ . Darin lag wohl auch der Widerstand, welcher anfangs der allgemeinen Einführung dieser Berzeliusschen Symbolik entgegengesetzt wurde; denn, als er diese zu Verwirrungen verleitende Schreibweise beseitigte und die oben schon benutzte unumschränkte Bezeichnung mittels Zahlen einfuhrte, fand dieselbe auch allseitige Anwendung und ist heute noch die Grundlage zu der allgemeinen chemischen Schreibweise. Seine Nomenklatur schloß sich an die von Lavoisier, Guyton de Morveau und Berthollet gebrauchte an; er teilte die Elemente in Metalloide und Metalle, die Sauerstoffverbindungen in Oxydule, Oxyde und Superoxyde ein, während er die Säuren je nach ihrer Oxydationsstufe verschieden bezeichnete. Für die den Oxyden entsprechenden Chlorverbindungen gebrauchte er unter Anlehnung an jene die Bezeichnung Chlorüre, Chloride und Superchloride.

Wie schon erwähnt (S. 26), wurden bei der Ausarbeitung der dualistischen Ansichten von Berzelius alle Säuren als Sauerstoffverbindungen angesehen, und diese ganze Theorie war an die Annahme geknüpft, daß eben der Sauerstoff ein stetiger Bestandteil aller Säuren sei. Schon im Laufe des ersten und zweiten Jahrzehnts des 19. Jahrhunderts wurde jedoch diese Ansicht durch die Untersuchungen Davys über die Elektrolyse der Alkalisalze stark erschüttert. Derselbe suchte zuerst eine wässrige Lösung von Kali oder Natron der Elektrolyse zu unterwerfen,

der resultatlose Verlauf dieser Versuche führte ihn zu einer Änderung seiner Versuchsanordnung in der Art, daß er auf geschmolzenes Kali einen starken elektrischen Strom einwirken ließ. Hierbei beobachtete er nun die Bildung kleiner Metallkugeln, welche, mit Luft in Berührung gebracht, lebhaft verbrannten. Bei Einhaltung bestimmter Versuchsbedingungen gelang es ihm auch, geringe Mengen dieser Substanzen zu isolieren. Er beobachtete genau, daß die Abscheidung der Metallkugeln nur am negativen Pol stattfindet, während zugleich am positiven Pol Sauerstoffentwicklung auftritt. Von den Eigenschaften der gebildeten Körper entging ihm nicht, daß dieselben imstande sind, Metalloxyde zu reduzieren, und daß sie beim Verbrennen im Sauerstoff das Alkali regenerieren. Demgemäß faßte er das Kali oder Natron als Metalloxyd und die von ihm beobachteten neuen Körper als Metalle auf, für welche Ansicht auch ihr deutlich ausgeprägter Metallglanz sprach. Er schlug für dieselben die Namen „Pottassium“ und „Sodium“ vor. Bemerkenswert soll hier noch werden, daß es im Jahre 1808 Gay-Lussac und Thénard gelang, das Kalium und Natrium auch auf rein chemischem Wege durch Reduktion der Hydrate mit metallischem Eisen zu erhalten, und daß so die Möglichkeit gegeben war, die Untersuchungen Davys über diese Körper genau zu kontrollieren.

Wie auf diese Weise die Ansichten über die Natur der Alkalien eine Klärung erfuhren, so auch beim Chlor. Wie alle Säuren, so wurde auch die Salzsäure als sauerstoffhaltig angesehen, und das aus ihr durch Oxydation erhaltliche Chlor war dann oxydierte Salzsäure. Diese Annahme verursachte nun eingehende Untersuchungen, welche sich mit der Reduktion des Chlors beschäftigten. Alle diese Versuche aber, welche von Davy und von

Gay-Lussac und Thénard ausgeführt wurden, verliefen resultatlos, das Chlor ließ sich nicht reduzieren, selbst wenn man Kohle im Chlorgas zur Weißglut erhitzte. Als Davy im Jahre 1808 auch noch fand, daß Natrium beim Verbrennen im Chlorgas Kochsalz gibt, trat er mit der Behauptung an die Öffentlichkeit, daß die oxydierte Salzsäure, also das Chlor, ein einfacher Körper sei, und daß der Sauerstoff, welchen man erhält, wenn man Chlor über ein glühendes Metalloxyd leitet, nicht vom Gase, sondern vom Oxyde herrühre; er nannte dieses Element „Chlorine“. Die Salzsäure aber bildet demnach eine Säure, in welcher der Wasserstoff die Basis bildet und die oxydierte Salzsäure die Stelle des Sauerstoffs vertritt. Hiergegen nimmt nun Berzelius entschieden Stellung und bemühte sich, diese Ansicht zu widerlegen. Er war eben zu sehr von dem Werte der allgemeinen Anwendung seiner Theorie durchdrungen, als daß er auf Kosten der Einheitlichkeit Zugeständnisse gemacht hätte. Wir finden auch bei Betrachtung seiner Entgegnungen an Davy, daß in denselben weniger der Experimentator zu Wort kommt, als der Systematiker. Sind doch die meisten Einwände fortlaufend auf Analogieschlüsse gestützt.

Wesentlich unterstützt wurden die Ansichten Davys über die elementare Natur des Chlors durch die bedeutenden Untersuchungen Gay-Lussacs über das Jod im Jahre 1813. Berzelius selbst überzeugte sich von der Richtigkeit derselben, als er seine Untersuchungen über die eisenhaltigen blausauren Salze ausführte. Es spricht sich dann bei Gelegenheit des Sulfocyanwasserstoffs im Jahre 1820 deutlich in diesem Sinne folgendermaßen aus: „Aus dem, was ich schon sowohl hinsichtlich dieser Wasserstoffsäure, wie auch der Blausäure gesagt habe, ersieht man leicht, daß sich alle dazugehörigen Erscheinungen nur nach der Theorie

erklären lassen, welche man in letzter Zeit für die Salzsäure aufgestellt hat.“ Im selben Jahre erkannte er auch das Ammoniak als sauerstofffrei an, und im Jahre 1825 bezeichnete er das Fluor neben Chlor und Jod als salzbildende Elemente, für welche er die Bezeichnung Halogene einführte. Die Salze derselben unterschied er scharf von den sauerstoffhaltigen und bezeichnete sie im Gegensatz zu diesen, welche er „Amphoidsalze“ nannte, als „Haloidsalze“.

Wir haben die stöchiometrischen Arbeiten der damaligen Chemiker mit den Äquivalenten Wollastons verlassen und uns mit dem Einflusse der Elektrizität auf die Entwicklung chemischer Theorien beschäftigt, welche zur Aufstellung der elektrochemischen Theorie von Berzelius geführt hat. Nachdem wir uns über dieses Thema unterrichtet haben, wollen wir uns wieder zu den Untersuchungen über die multiplen Proportionen zurückwenden.

Berzelius versuchte die Gay-Lussacsche Volumtheorie mit der Atomtheorie zu verknüpfen, indem er annahm, daß von jedem einfachen, in den Gaszustand übergeführten Körper ein Volum einem Atom entspreche; er bezeichnet diese kleinsten Teile daher als „Volumatome“. Auf diese Weise vermochte er aus der Tatsache, daß Wasser aus zwei Volumen Wasserstoff und einem Volum Sauerstoff besteht, das relative Atomgewicht des Wasserstoffs und Sauerstoffs zu ermitteln. Das Volumgesetz hat also Berzelius Mittel und Wege geliefert, um an vielen Stoffen aus ihrer atomistischen Zusammensetzung die Atomgewichte zahlreicher Elemente abzuleiten. Als Beweis für die enorme Arbeitskraft von Berzelius möge hier noch beigefügt werden, daß derselbe neben seiner Lehrtätigkeit und sonstigen theoretisch-literarischen Arbeiten in etwas mehr als 10 Jahren für ungefähr 50 Grundstoffe aus

nahezu 2000 verschiedenen Verbindungen die Atomgewichte aus eigenhändig ausgeführten Analysen bestimmte. Zum Beweis für die Exaktheit seiner Arbeitsweise mögen folgende aus dem Jahre 1818 stammende Werte gelten, welche er auf Sauerstoff, den „Angelpunkt der Chemie“, = 100 bezogen hat. Im vorliegenden Falle sind sie auf Sauerstoff = 16 umgerechnet und die heutigen Werte in Klammern beigegefügt.

Kohlenstoff	12,2 (jetzt 12,0),
Sauerstoff	16,0 (jetzt 15,96),
Eisen	109,1 (jetzt 56,0 = $\frac{1}{2}$ von 112),
Natrium	93,5 (jetzt 23,0 = $\frac{1}{4}$ von 92).

Eine bedeutende Ergänzung und Bestätigung erhielten die Berzeliusschen Arbeiten, als im Jahre 1819 zwei wichtige Entdeckungen physikalisch-chemischer Natur gemacht wurden. Die eine betrifft die Beziehungen zwischen den Atomgewichten der Elemente und deren spezifischen Wärmen, während die andere auf den Zusammenhang zwischen Kristallgestalt und chemischer Konstitution aufmerksam macht.

Dulong und Petit machten die Erfahrung, daß die spezifischen Wärmen von festen Elementen nahezu umgekehrt proportional ihren Atomgewichten sind; sie leiteten hieraus den Satz ab, daß die Atome der einfachen Körper die gleiche Wärmekapazität besitzen. Diese Entdeckung bildete natürlicherweise ein sehr wichtiges Hilfsmittel für die Ermittlung der relativen Atomgewichte, da eben dann das Produkt aus spezifischer Wärme und Atomgewicht eine konstante Größe repräsentiert; diese wurde von Dulong und Petit „Atomwärme“ genannt. So hat man, um das betreffende Atomgewicht kennen zu lernen, nur nötig, die spezifische Wärme zu bestimmen, und kann mit ihrer

Hilfe aus der Atomwärme das betreffende Atomgewicht berechnen. Dulong und Petit führten eine solche Bestimmung auch in größerem Maßstabe aus, wobei sich aber zeigte, daß bei verschiedenen Metalloiden Ausnahmen auftraten, deren Aufklärung erst der neuesten Zeit vorbehalten war; im großen und ganzen jedoch ergänzten und bestätigten die Untersuchungen dieser zwei Forscher bei den Metallen die Berzeliusschen Resultate.

E. Mitscherlich machte die wichtige Entdeckung, daß die Kristallgestalt und die chemische Konstitution in einer gewissen Beziehung zueinander stehen, und erklärte infolgedessen das Auftreten isomorpher Kristalle bei verschiedenartigen Körpern durch eine gleichartige chemische Zusammensetzung. Seine Untersuchungen erstreckten sich hauptsächlich auf die phosphor- und arsensauren Salze, ferner auf die selen- und schwefelsauren Salze und endlich auf die Oxyde des Magnesiums und Zinks und auf die des Eisens, Chroms und Aluminiums und ihrer Salze. Aus diesen Untersuchungen über die Isomorphie suchte nun Berzelius die Atomgewichte von Elementen mit Hilfe von isomorphen Verbindungen abzuleiten, indem er die Mengen der sich isomorph vertretenden Elemente, auf Wasserstoff oder Sauerstoff als Einheit bezogen, als die relativen Atomgewichte betrachtete.

Diese erweiterte Möglichkeit der Atomgewichtsbestimmung veranlaßte Berzelius mit der Zeit zu mancher Änderung seiner bisher gefundenen Werte. Ein direkter Anstoß zur Aufstellung einer neuen Atomgewichtstabelle wurde durch seine Untersuchungen über die Zusammensetzung der Chromsäure und des Chromoxyds gegeben. Das Verhältnis von Sauerstoff zu Chrom ist in den neutralen Salzen der Chromsäure wie 3:1, woraus sich die Zusammensetzung der Chromsäure als  $\text{CrO}_3$  ergibt;

in dem Chromoxyd fand er dagegen die Zusammensetzung  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , also das Verhältnis von Sauerstoff zu Metall wie 3 : 2. Die Bedeutung dieser Betrachtungen liegt aber darin, daß sich dann für verschiedene andere Metalle nur halb so große Atomgewichte ergeben, als wie sie seither von Berzelius gebraucht wurden; diese letzteren Werte stimmen aber dann auch mit den von Dulong und Petit gefundenen überein. Das Jahr 1826 brachte demgemäß diese umgeänderte Atomgewichtstabelle von Berzelius und enthielt, was besonders hervorgehoben zu werden verdient, auch zum erstenmal die Atomgewichte des Stickstoffs und des Chlors, womit also auch er diese Körper als sauerstofffrei bezeichnete.

Trotz allen diesen Atomgewichtstabellen hielt Berzelius an der Annahme fest, daß die in gleichen Gasvolumina enthaltenen Mengen von Elementen ihre Atomgewichte seien. Diese Ansicht wurde aber durch eine in den *Annales de chimie et physique* i. J. 1827 von dem Chemiker J. B. Dumas veröffentlichte Methode zur Bestimmung von Dampfdichten unhaltbar. Die Methode selbst hier zu beschreiben, würde zu weit gehen, sie dürfte auch als allgemein bekannt vorausgesetzt werden; wir wollen uns vielmehr nur mit dem Einfluß, welchen dieselbe auf die chemische Forschung ausübte, beschäftigen. Dumas bestimmte nach seiner Methode das spezifische Gewicht der Dämpfe von Jod, Quecksilber, Phosphor und Schwefel, nahm aber hierbei auch wie Berzelius an, daß das Verhältnis der auf diesem Wege erhaltenen untereinander vergleichbaren Werte das der relativen Atomgewichte sei. Das Resultat seiner Untersuchungen war nun das, daß die von ihm gefundenen Werte mit den von Berzelius ermittelten nicht übereinstimmten. Dumas fand:

für Jod	123
für Quecksilber	101
für Phosphor	62,8
für Schwefel	96.

Berzelius hatte in seiner Tabelle aus dem Jahre 1826

für Quecksilber	202,8
für Phosphor	31,4
für Schwefel	32,24

angegeben. Aus dieser Zusammenstellung ist aber immerhin leicht ersichtlich, daß zwischen den von beiden Chemikern gefundenen Werten einfache Verhältnisse bestehen. Waren diese Resultate an und für sich schon geeignet, eine Verwirrung unter den damals lebenden Chemikern hervorzurufen, so trug Dumas dadurch, daß er völlig inkonsequent eine Abänderung der Atomgewichte durchführte, noch wesentlich zur Vergrößerung dieser Verwirrung bei. So war es möglich, daß namhafte Chemiker wie Gay-Lussac oder Liebig gegen Ende dieses Zeitalters überhaupt die Möglichkeit einer Bestimmung der relativen Gewichte der Atome verneinten und sich mit der Feststellung der sog. Äquivalente begnügten.

Außer diesen Untersuchungen über die durch die Atomtheorie hervorgerufenen Fragen wurde auch die schon früher angeregte Frage der chemischen Verwandtschaft oder chemischen Affinität in diesem Zeitalter zu einem vorläufigen Abschluß gebracht. Die vielfachen Beobachtungen, daß eine Reihe von Verbindungen mit gewissen anderen in Reaktion tritt, mit anderen dagegen wieder nicht, brachte schon zur Zeit von Albertus Magnus, also im 13. Jahrhundert, die Idee auf, daß zwischen den einzelnen Verbindungen eine gewisse Wahlverwandtschaft bestehen müsse, und diese Eigenschaft wurde mit dem Namen „affinitas“ bezeichnet. Glauber

hat sich dann eingehender mit dieser Frage beschäftigt und sie durch den bildlichen Ausdruck von Liebe und Haß anschaulicher zu machen versucht (s. Bd. I, S. 46). Er sowohl als nach ihm Boyle und Stahl stellten Reihen auf von chemisch ähnlichen Stoffen, von denen jeder den anderen aus bestimmten Verbindungen zu verdrängen vermochte. Diese Ausdrucksweise in Form von Reihen fand dann in den von Geoffroy dem Älteren ausgearbeiteten und im Jahre 1718 erschienenen Verwandtschaftstabellen eine Fassung, welche vorläufig beibehalten wurde. Mit dem weiterschreitenden Ausbau der chemischen Kenntnisse mußte aber diese Geoffroysche Tabelle beständig einer Erweiterung und Ergänzung unterzogen werden, und auch die Fälle, welche sich nicht in dieselbe einreihen ließen, für welche man vielmehr eine Ausnahmestellung einräumen mußte, mehrten sich immer mehr. Der Phantasie der damaligen Chemiker waren natürlich keine Zügel angelegt und so entstanden die unglaublichsten Anschauungen. Lemery z. B. nahm an, daß die einen Körper spitz, die anderen mit Poren versehen seien, in die letzteren greifen nun die Spitzen der ersteren hinein, und hierdurch vollziehe sich dann die Bildung der Verbindung. Von Boyle stammt dann wieder die Ansicht, daß sich die kleinsten Teilchen der verschiedenen Körper anziehen, und daß der stärkere und der schwächere Grad der gegenseitigen Anziehung von der Gestalt und der Lage der einzelnen Teilchen abhängen; diese Anschauung führte aber zu der falschen Meinung, daß flüssige Stoffe besser wirken als feste und die Dämpfe wiederum besser als beide. Mitunter wurde auch versucht, die Kraft, mit welcher sich diese Teilchen gegenseitig anziehen, mit der allgemeinen Schwerkraft in Verbindung zu bringen. Eine Ausarbeitung des chemischen Affinitätsgedankens von

diesem Boyleschen Gesichtspunkte aus stammt von Bergmann (s. Bd. I, S. 68), welcher jedoch auch die irrige Ansicht vertrat, daß eine Säure zu derjenigen Base die stärkste Verwandtschaft zeige, von der sie die größte Menge sättige, um ein neutrales Salz zu bilden. Eine Zusammenfassung aller dieser Gedanken über die chemische Verwandtschaft hat Guyton de Morveau aufgestellt und zwar in folgenden sechs Gesetzen:

1. Corpora non agunt, nisi fluida.

2. Die Verwandtschaft findet nur zwischen den kleinsten integrierenden Teilchen der Körper statt.

3. Die Verwandtschaft der Verbindung wirkt nur, insofern sie die Verwandtschaft der Kohäsion überwiegt.

4. Zwei oder mehrere Körper, welche sich durch die Verwandtschaft der Zusammensetzung miteinander verbinden, bilden ein Ganzes, welches neue Eigenschaften besitzt, die von den Eigenschaften, welche einem jeden dieser Körper vor der Verbindung zukamen, völlig verschieden sind.

5. Die Verwandtschaften erfordern einen gewissen Zustand der Temperatur, welche ihre Einwirkung langsamer oder schneller macht, vernichtet oder verstärkt.

6. Aus der Verwandtschaft eines Stoffes mit einem anderen darf man nicht auf die Verwandtschaft schließen, welche eine aus beiden Substanzen mit einem Übermaße der einen zusammengesetzten Masse äußert.

Diese sechs Gesetze führten Guyton de Morveau zu dem weiteren Satz, daß die chemische Verwandtschaft konstant und zugleich unabhängig ist von den Mengen, welche in Reaktion treten. Demgegenüber hob aber Berthollet mit Entschiedenheit hervor, daß bei der chemischen Affinität die Masse der reagierenden Stoffe von bedeutendem Einfluß sei, und folgerte weiter, daß der chemische Effekt eines Körpers

als das Produkt seiner Affinität und seiner Masse zu betrachten sei. Ein ähnlicher Gedanke war übrigens schon in dem im Jahre 1777 erschienenen Buche des sächsischen Staatschemikers Karl Friedrich Wenzel enthalten, welcher in demselben klar und deutlich den heute in der Chemie allgemein gültigen Satz aussprach, daß die Stärke der chemischen Wirkung proportional der Konzentration des wirkenden Stoffes ist. Wenzel ist also der Entdecker des Gesetzes der chemischen Massenwirkung, leider kam aber sein Werk durch ein Versehen von Berzelius in der damaligen Zeit nicht zu der Würdigung, welche ihm gebührte. Was nun den Anteil Berthollets an diesem so wichtigen Gesetze betrifft, so hat es den Anschein, als ob derselbe den Gedanken der chemischen Massenwirkung unabhängig von Wenzel erfaßt habe. Bei dem weiteren Ausbau dieses Gedankens verfiel Berthollet aber in den Fehler, die stöchiometrischen Beziehungen der einzelnen Körper zueinander nicht gebührend zu berücksichtigen, und dies war schuld, daß seine Ideen bei verschiedenen Chemikern auf lebhaften Widerspruch stießen (Proust, s. S. 9). Es bedurfte eines Zeitraumes von nahezu einem halben Jahrhundert, um dieselben in eine allgemein anwendbare Form zu bringen. Dies geschah mit der mathematischen Ableitung des Gesetzes der Massenwirkung durch Guldberg und Waage im Jahre 1867, in welcher Form es bestimmend für unsere heutigen chemischen Ansichten wurde.

So war der Stand der theoretischen Ansichten gegen das Ende des dritten Jahrzehnts. Mit diesem Zeitpunkt aber fallen einige Entdeckungen zusammen, welche für die weitere Entwicklung der chemischen Wissenschaft von so einschneidender Bedeutung sind, daß es gerechtfertigt erscheint, an dieser Stelle den Schluß und

den Anfang eines neuen Zeitalters zu setzen. Diese Entdeckungen sind die chemische Synthese einiger weniger in der Natur gebildeter Stoffe, vor allem ist es die Synthese des Harnstoffs durch Wöhler (1828). Damit wandte sich die Aufmerksamkeit der Chemiker vorherrschend dem Gebiete der organischen Chemie zu, und es dürfte allgemein bekannt sein, welche schöne Früchte besonders auf diesem Gebiete das Zusammenarbeiten von Theorie und Praxis gezeitigt hat.

Die vorstehend erörterten Spekulationen waren in vielen Fällen der Anlaß zur genauen Untersuchung einer Reihe von Verbindungen, wodurch eine große Vermehrung des experimentellen Materials herbeigeführt wurde. Der Sturz der Phlogistontheorie brachte zuerst eine einwandfreie Einteilung zwischen Verbindungen und Elementen, von welchen letzteren Lavoisier in seinem „*Traité de chimie*“ im Jahre 1789 schon 23 aufzählte. Seine Arbeiten waren es eben, durch welche einerseits die elementare Natur bekannter Metalle wie Eisen, Zink, Quecksilber, Arsen, Antimon unzweideutig nachgewiesen und andererseits eine Reihe sogenannter Metalloide als Elemente erkannt wurden. Hierher gehören Wasserstoff, Schwefel, Phosphor, ferner Stickstoff und Chlor, wobei wir von den beiden letzteren schon gehört haben, daß über ihre elementare Natur lange Zeit heftig gestritten wurde und daß eingehende Untersuchungen nötig waren, um ihnen allgemeine Anerkennung als Elementen zu verschaffen. Ferner wurde die Zahl der Elemente durch die Entdeckung verschiedener neuer Repräsentanten vermehrt. Im Jahre 1811 wurde das Jod von Courtois in der Asche von Seepflanzen, und im Jahre 1826 in den Mutterlaugen des Seesalzes das Brom von Balard entdeckt und beide auch bald als dem Chlor sehr ähnliche Elemente erkannt. Das Tellur wurde im Jahre 1782 von Müller von Reichen-

stein und das Selen von Berzelius im Jahre 1817 zum ersten Male beobachtet. Von Gay-Lussac und gleichzeitig von Davy wurde im Jahre 1808 das Bor aus der Borsäure isoliert, während Berzelius 1810 die Entdeckung des Siliciums gelang. Bei der Untersuchung der Elemente Kohlenstoff einerseits und Schwefel und Selen andererseits wurde auch die Beobachtung der bei diesen Elementen auftretenden Allotropie gemacht und gab Anlaß zu verschiedenen Untersuchungen, an welchen sich besonders Berzelius beteiligte (s. S. 54). Kalium und Natrium wurden von Davy durch Elektrolyse des Kalium- resp. Natriumhydroxyds im Jahre 1807 und kurze Zeit darauf von Gay-Lussac und Thénard durch Reduktion derselben mit metallischem Eisen hergestellt (s. S. 29); diesen Arbeiten schloß sich die Isolierung von Baryum, Strontium, Calcium und Magnesium durch Elektrolyse der betreffenden Amalgame an. Im Jahre 1817 entdeckte Arfvedson, ein Schüler von Berzelius, in mehreren Mineralien das Lithium; Wöhler isolierte im Jahre 1827 das Aluminium durch Einwirkung von metallischem Kalium auf das Chlorid desselben und im Jahre 1828 in analoger Weise das Beryllium. Vauquelin erkannte im Jahre 1797 das Chrom als Bestandteil des roten Bleispates; im Jahre 1783 wurde von Hjelm das Molybdän und von d'Elhujar das Wolfram isoliert, nachdem schon Scheele und Bergmann ihre Existenz vorausgesagt hatten. Während das Platin schon um die Mitte des 18. Jahrhunderts aus Südamerika nach Europa eingeführt wurde, war das Palladium erst im Jahre 1804 von Wollaston aus dem Platinerz isoliert worden; die weiteren Untersuchungen des Platinerzes führten dann zu der Entdeckung der übrigen dem Platin ähnlichen Elemente, nämlich Rhodium, Indium und Osmium.

Mit dieser Vermehrung der Anzahl der Elemente hatte sich auch eine systematische Bearbeitung der von denselben sich ableitenden Verbindungen entwickelt. Bei den Metalloiden wurden nacheinander die verschiedenen Oxydationsstufen und die hiervon sich ableitenden Säuren hergestellt und untersucht; hierher gehören die Arbeiten Gay-Lussacs über die Chlorsäure, diejenigen Davys und Stadions über die Unterchlorsäure und die Stadions über die Überchlorsäure, an welche sich dann die Untersuchungen über die entsprechenden Verbindungen des Jods anschlossen. Die verschiedenen Schwefelsäuren wurden von Gay-Lussac eingehend bearbeitet. Davy, Berthollet und Thénard nahmen lebhaften Anteil an der Untersuchung der verschiedenen Verbindungen des Arsens, Antimons und Phosphors. Die Silbersalze wurden von Davy zur Fixierung von Lichteindrücken verwendet, und der Untersuchung der Cyanverbindungen des Eisens wandten Berzelius und Gay-Lussac besondere Sorgfalt zu.

Alle diese Untersuchungen brachten aber auch für die chemische Technik eine Reihe von zum Teil neuen, zum Teil verbesserten Arbeitsmethoden. Die Einführung des kontinuierlichen Betriebs der Schwefelsäurefabrikation hatte die Verwendung des Gay-Lussac- und Glover-Turms zur Folge, wodurch erst eine rationelle Arbeitsweise erzielt werden konnte. Die technische Darstellung der Soda aus Steinsalz gelang Nikolaus Leblanc; derselbe setzte 1791 die erste Sodafabrik in Betrieb. Die Veranlassung zu der im Jahre 1799 von Thénard stammenden Methode der Darstellung von Chlorkalk bildeten die Untersuchungen Berthollets über die bleichende Wirkung des Chlors. Gegen das Ende dieser Zeit fällt dann auch noch die im Jahre 1828 von Gmelin und gleich-

zeitig von Guinet erfolgte Entdeckung des Ultramarins, welches sowohl einen technisch außerordentlich wichtigen Farbstoff repräsentiert, als auch zu vielen wissenschaftlichen Untersuchungen Veranlassung gab.

Die Verbrennungstheorie Lavoisiers und seine sich daran anschließenden Arbeiten brachten in die Kenntnisse der organischen Chemie weitgehende Umwälzung und eine nicht zu unterschätzende Klärung; durch die eigenen Untersuchungen kam schon Lavoisier zu dem Schlusse, daß alle organischen Verbindungen als Hauptbestandteile Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und in untergeordneter Weise Stickstoff, Phosphor und Schwefel enthalten. Zum qualitativen Nachweis für Kohlenstoff und Wasserstoff wurde von Lavoisier die Bildung von Kohlensäure und Wasser verwendet. Zum Nachweis von Stickstoff benutzten Berthollet und Lasaignac die Überführbarkeit desselben in Ammoniak oder Cyannatrium, während sie auf einen Gehalt an Phosphor oder Schwefel aus der Bildung von Phosphorsäure oder Schwefelsäure bei der Oxydation schlossen. Auch in der Frage der quantitativen Analyse organischer Körper hatte Lavoisier auf den richtigen Weg zu ihrer Ausführung hingewiesen, indem er eben die Oxydationsprodukte von organischen Körpern quantitativ zu bestimmen suchte, wobei er zur Oxydation solche Verbindungen verwandte, welche leicht Sauerstoff abgeben, wie Quecksilberoxyd oder Mennige. Im Prinzip deckt sich also das Verfahren mit der heutigen Art der Ausführung einer derartigen Analyse, seine diesbezüglichen Angaben wurden aber erst nach seinem Tode bei der Sichtung seiner Tagebücher der Öffentlichkeit zugänglich und infolgedessen war trotz vieler umfassender Arbeiten von Dalton, Saussure, Thénard, Gay-Lussac und Berzelius die quantitative Analyse organischer

Verbindungen zu Beginn des letzten Jahrhunderts noch sehr mangelhaft. Die Hauptschuld lag vor allem daran, daß diese Chemiker in der Hauptsache chlorsaures Kali als oxydierendes Agens anwandten, bis durch Gay-Lussac das heute noch gebräuchliche Kupferoxyd eingeführt wurde. Eine bequeme und einfache Ausführung einer solchen Analyse war jedoch erst möglich, als Liebig seinen Dreikugelapparat konstruiert hatte, was zeitlich in das nächste Zeitalter fällt.

Durch die allgemeine Erweiterung der chemischen Kenntnisse und die damit verbundene Vermehrung der Anzahl der bekannten Verbindungen trat bald die Notwendigkeit einer Einteilung der verschiedenen Körper in einzelne Gruppen auf. Die Beobachtung, daß eine Anzahl von chemischen Verbindungen sowohl im Pflanzen- wie im Tierreich, andere dagegen im Mineralreich vorkommen, führte dazu, zwischen mineralischer, vegetabilischer und animalischer Chemie zu unterscheiden. Eine derartige Einteilung stammt von Bergmann, welcher im Jahre 1780 die chemischen Verbindungen als organische und anorganische Körper unterschied. Im Zusammenhange hiermit steht dann auch die in diese Zeit fallende Aufstellung des allgemeinen Satzes, daß die organischen Körper sich nicht künstlich aus ihren Elementen herstellen lassen, sondern daß vielmehr zu ihrer Bildung eine bestimmte Lebenskraft, *vis vitalis*, nötig sei. Berzelius suchte einer solchen Einteilung noch einen tieferen Grund zu geben und unterschied demgemäß die anorganischen Körper als binäre Verbindungen im Gegensatz zu den organischen, welche er als ternäre und quaternäre betrachtete. Ferner nahm er an, daß die letzteren stets aus mehr als zwei Elementen bestehen, wurde aber hierdurch gezwungen, das Grubengas und andere derartige Verbindungen zu den anorganischen Körpern zu rechnen.

Die schönen Untersuchungen Gay-Lussacs über das Cyan, durch welche dasselbe als zusammengesetztes Radikal erkannt und seine Analogie mit den Elementen der Halogengruppe beobachtet wurde, führten zu der Annahme, daß die organischen Verbindungen aus gewissen Atomkomplexen bestehen. Von diesem Gesichtspunkte aus faßte dann Gay-Lussac den Alkohol als aus Äthylen und Wasser bestehend auf, und in dieser Richtung ging Döbereiner sogar so weit, daß er die Oxalsäure als aus Wasser, Kohlensäure und Kohlenoxyd bestehend ansah.

Die sich in dieser Zeit mehrende Beobachtung von Isomeriefällen, d. i. die Erscheinung organischer Verbindungen bei gleicher procentischer Zusammensetzung verschiedene Eigenschaften zu besitzen, drängte zu der Einsicht, daß man sich mit der empirischen Zusammensetzung der organischen Verbindungen nicht mehr begnügen könne, sondern daß man vielmehr in möglichst weitgehender Weise den Zusammenhang derselben mit ihrer chemischen Konstitution anstreben müsse. Hierin liegt aber der Übergang zu dem nächsten Zeitalter, in welchem sich die organische Chemie in rascher Weise selbständig weiter entwickelt hat. Diesen raschen Aufschwung verdankt dieselbe einerseits der Ausarbeitung der organischen Analyse, andererseits aber einer Reihe von glücklichen Spekulationen hervorragender Chemiker, welche dann im Laufe der Zeit zu dem Ausbau der Strukturchemie geführt haben.

Was die speziellen Kenntnisse der organischen Chemie betrifft, so war von den Kohlenwasserstoffen eine ganze Anzahl bekannt, z. B. das Grubengas, das Äthylen u. a.; dieselben wurden noch vermehrt durch die von Mitscherlich stammende Methode der Isolierung solcher Verbindungen.

dungen aus dem Rohbenzin. Hieran schloß sich dann die Bildung des Benzols aus Benzoesäure an und dieser folgte die Darstellung anderer Kohlenwasserstoffe aus Karbonsäuren, wie die Bildung des Methans aus Essigsäure. In eingehender Weise wurden von Berzelius die Salze der organischen Säuren untersucht, da derselbe in Erfahrung zu bringen suchte, ob dieselben ebenfalls dem Gesetze der multiplen Proportionen folgen; dadurch wurde derselbe auch zu der Untersuchung mehrbasischer gesättigter Karbonsäuren, in erster Linie der Bernsteinsäure veranlaßt. Im Jahre 1834 entdeckte Mitscherlich durch Einwirkung von Salpetersäure auf Benzol das Nitrobenzol, und Dumas und Gerhardt (s. S. 65) erkannten es als ein Substitutionsprodukt des Benzols. Diese Arbeiten führten dazu, das Radikal „Nitryl-NO<sub>2</sub>“ den Halogenen und dem Cyan anzuschließen.

Die mehr technische Ausnutzung der beim Studium von organischen Verbindungen erworbenen Kenntnisse ermöglichte auch bedeutende Fortschritte in der Fabrikation verschiedener organischer Produkte. In erster Linie ist hier die Fabrikation von Stärke und Zucker zu erwähnen. Wenn auch die rationelle Ausbeutung der Umwandlung von Stärke in Zucker durch Behandlung mit Säuren neuesten Datums ist, so fällt die erste Beobachtung, daß sich aus Stärke unter gewissen Bedingungen Zucker bilde, in das Jahr 1811 (Kirchhoff). Schon Ende des vorigen Jahrhunderts und wohl durch Veranlassung der damals sämtliche Industriezweige beeinflussenden Kontinentalsperre wurde das Verfahren der Herstellung von Zucker aus Zuckerrüben aufgenommen. Dasselbe führte aber zu Anfang des 19. Jahrhunderts ein mehr oder weniger kümmerliches Dasein, wenn auch verschiedene wichtige Verbesserungen im Fabrikationsbetrieb selbst

eingeführt wurden; es sei hier die von Figuier 1811 und von Derosne 1812 empfohlene Filtration des geläuterten Saftes durch Knochenasche und die durch Howard 1813 eingeführte Einrichtung der Vakuumpfannen erwähnt.

---

## Das Zeitalter der Entwicklung der organischen Chemie.

Während des in dem vorhergehenden Kapitel besprochenen Zeitalters hat sich der Gebrauch einer Unterscheidung zwischen anorganischer oder mineralischer und organischer Chemie (s. S. 43) immer mehr eingebürgert. Bestimmend für diese Trennung war die Annahme, daß zur Bildung eines zu der Gruppe der organischen Chemie gehörenden Körpers eine bestimmte Lebenskraft, *vis vitalis* genannt, nötig sei. Diese Ansicht wurde im Jahre 1828 durch den Chemiker Fr. Wöhler widerlegt, indem es demselben gelang, den im Harn sich vorfindenden, also im menschlichen Organismus gebildeten „Harnstoff“ auf künstlichem Wege durch Erhitzen von Kaliumcyanat mit Ammoniumchlorid herzustellen. Nachdem nun einmal der Anfang mit der künstlichen Darstellung von Naturprodukten gemacht war, folgten Schlag auf Schlag weitere derartige Synthesen, welche eine kaum geadhte Vermehrung dieses Teils der Chemie zur Folge hatte. Bestätigt wurde hierbei die Ansicht Lavoisiers, daß diese Körper alle nur aus einer gewissen Anzahl von Elementen und stets aus Kohlenstoff bestehen. Im allgemeinen Sprachgebrauch drückte man dies dadurch aus, daß man von einer „Chemie der Kohlenstoffverbindungen“ zum Unterschied von der „anorganischen Chemie“ sprach. Strenggenommen ist es

natürlich nicht korrekt, eine Trennung zwischen „organischer“ und „anorganischer“ Chemie zu machen, da doch eben die Kohlenstoffverbindungen gerade so Verbindungen des Kohlenstoffs sind, wie die Kaliumsalze solche des Kaliums, und man weiterhin doch gezwungen ist, die Kohlensäure und ihre Salze der anorganischen Chemie zuzuteilen. Wenn man also eine besondere Gruppe bildet, so ist die Bezeichnung „Chemie der Kohlenstoffverbindungen“ immer noch das geeignetere; und daß man eine besondere Gruppe für diese Verbindungen einführen muß, dazu wird man schon aus Zweckmäßigkeitgründen wegen der enormen Anzahl von bekannten chemischen Körpern gezwungen.

Die Dauer dieses Zeitalters wollen wir bis zu dem Jahre 1886 setzen, da mit diesem durch die Aufstellung der Dissoziationstheorie von Arrhenius sich in den Ansichten der Chemiker wieder eine bedeutende Wandlung vollzogen hat. Ehe wir uns mit der Entwicklung der chemischen Ansichten in diesem Zeitalter befassen, wollen wir uns den Lebensgang der bedeutendsten Chemiker desselben vergegenwärtigen, wobei es mit Rücksicht auf den knappen Raum nur möglich ist, eine beschränkte Anzahl derselben zu behandeln.

Justus v. Liebig war am 12. Mai 1803 zu Darmstadt geboren; er ergriff zuerst die Apothekerlaufbahn, sagte ihr aber bald Valet und widmete sich dem Studium der Chemie, wobei er sich durch seine Untersuchungen über das Knallsilber bekannt machte. Schellings faszinierende Persönlichkeit hielt ihn in Erlangen zwei Jahre lang in dem Bann der damals herrschenden Naturphilosophie. Dank seiner stark ausgeprägten Selbständigkeit machte er sich jedoch von diesem Einflusse los und verließ Erlangen, um nach Paris, der damaligen Blütestätte chemischer Wissenschaft, seinen Weg zu lenken, und so finden

wir ihn im Jahre 1821 daselbst als Schüler Gay-Lussacs, wo er mit diesem die wichtige Untersuchung über die Fulminate ausführte. Das Jahr 1824 brachte ihm seine Berufung als Professor der Chemie nach Gießen, wo er unter schweren Kämpfen für die Einrichtung einer rationellen Didaktik im chemischen Unterricht 28 Jahre lang wirkte, bis er im Jahre 1852 einem Rufe an die Universität München folgte. Sein an so großen Erfolgen reiches Leben wurde am 18. April 1873 durch den Tod abgeschlossen. In besonders erfolgreicher Weise hatte Liebig sowohl im Laboratorium, als auch in den Vorlesungen den Unterricht neu gestaltet und zwar so, daß seine Schüler ihr Leben lang mit wahrer Begeisterung von ihm sprachen. Kein Wunder, daß zu seiner Zeit Gießen die Sammelstätte aller wissenschaftlichen Chemiker wurde, so daß eine große Anzahl der bedeutendsten Forscher auf dem Gebiete der Chemie zu den Schülern Liebigs zu rechnen sind. Von den bedeutendsten sollen hier nur genannt sein: A. W. Hofmann, H. Kopp, Strecker, Fresenius, Varrentrapp, Muspratt, Gerhardt, Wurtz, Frankland und Volhard. Auf die einzelnen Arbeiten Liebigs muß im Laufe der allgemeinen Besprechung so häufig zurückgekommen werden, daß hier in ihre spezielle Besprechung nicht eingegangen werden kann.

Friedrich Wöhler, geboren im Jahre 1800 in dem Dorfe Eschersheim bei Frankfurt a. M., studierte zuerst Medizin in Marburg und Heidelberg. Durch den Einfluß L. Gmelins wandte er sich aber bald dem Studium der Chemie zu und wurde von letzterem zu Berzelius nach Stockholm geschickt. Im Herbst 1824 kehrte er nach Deutschland zurück, hier wirkte er zuerst in Berlin an der städtischen Gewerbeschule und dann in Kassel an der Kasseler Gewerbeschule als Lehrer der Chemie. Im Jahre 1836

erhielt er den Ruf als Professor der Chemie an die Universität Göttingen, wo er bis zu seinem am 23. September 1882 erfolgten Tode tätig war. Auch er war neben einer ersprießlichen und fruchtbaren Forschungsarbeit besonders als Pädagog tätig und hatte sich wie Liebig eine Anzahl von Schülern herangezogen, so daß für die Zukunft der Chemie in Deutschland das Zusammenwirken dieser beiden hervorragenden Männern von bedeutendem Einflusse war. Von seinen Schülern sind vor allem Kolbe, Geuther, Limpricht, Fittig und Beilstein zu nennen.

J. B. A. Dumas war im Jahre 1800 zu Alais geboren. Er war zuerst Apotheker und kam als solcher nach Genf. In dieser Stadt trat er mit verschiedenen Chemikern zusammen und erhielt durch diesen Verkehr manche Anregung zu wissenschaftlichem Studium. A. v. Humboldt veranlaßte ihn im Jahre 1823 nach Paris zu gehen, wo er dann auch dauernd blieb. Neben seiner Tätigkeit als Professor der Chemie hatte er auch verschiedene hervorragende Stellungen im öffentlichen Leben inne; so wurde er im Jahre 1848 Minister und im Jahre 1868 ständiger Sekretär der Académie des sciences. Er starb 1884 zu Cannes. Seine bedeutenden Arbeiten auf chemischem und physikalischem Gebiete haben wir zum Teil im vorhergehenden Kapitel schon kennen gelernt, wir werden ihnen aber auch bei der genaueren Besprechung dieses Zeitalters noch häufig begegnen.

Robert Wilhelm Bunsen, geboren am 31. März 1811 zu Göttingen, wurde nach kurzer Laufbahn als Privatdozent daselbst zuerst Nachfolger Wöhlers in Kassel, im Jahre 1838 Professor in Marburg, dann kurze Zeit in Breslau und im Jahre 1858 Professor in Heidelberg. Er starb in hohem Alter im Jahre 1902. Bunsen, welcher

seine wissenschaftlichen Arbeiten mit den Untersuchungen über Kakodylverbindungen begann, befaßte sich später hauptsächlich mit physikalisch-chemischen Problemen, wobei als bedeutendster wissenschaftlicher Fortschritt seine Untersuchungen über die Spektralanalyse anzusehen sind. Durch die Benennung der deutschen elektrochemischen Gesellschaft als „Deutsche Bunsengesellschaft für angewandte physikalische Chemie“ wurde sein Name für immer mit der physikalischen Chemie verknüpft.

August Laurent, im Jahre 1807 zu La Folie bei Langers geboren, war Schüler von Dumas. Er war zuerst Professor in Bordeaux und wurde im Jahre 1848 Warden der Münze in Paris, wo er im Jahre 1853 starb. Sein Freund Karl Gerhardt war im Jahre 1816 in Straßburg geboren. Derselbe hatte zuerst an verschiedenen deutschen Hochschulen, unter anderem auch bei Liebig in Gießen studiert. Darnach arbeitete er einige Jahre in Paris, wurde im Jahre 1844 Professor der Chemie in Montpellier, im Jahre 1848 in Paris und im Jahre 1855 in Straßburg, wo er schon nach einjähriger Tätigkeit im Jahre 1856 starb.

C. A. Wurtz, geboren im Jahre 1817 zu Straßburg, war Schüler von Liebig und Dumas. Im Jahre 1845 wurde er Professor der Chemie an verschiedenen Pariser Lehranstalten. Von 1866 bis 1877 war er Doyen der medizinischen Fakultät und starb im Jahre 1884 in Paris. Neben vorzüglichen Experimentaluntersuchungen auf dem Gebiete der organischen Chemie war er auch erfolgreich literarisch tätig; so veröffentlichte er im Jahre 1864 die „Leçons de philosophie chimique“, im Jahre 1879 „La théorie atomique“, im Jahre 1864 „Traité élémentaire de chimie médicale“ und ferner das „Dictionnaire de chimie pure et appliquée“.

August Wilhelm v. Hofmann war am 8. April 1818 zu Gießen geboren. Es mag wohl der Einfluß Liebig's gewesen sein, welcher denselben nach mehrjährigen philosophischen und juristischen Studien veranlaßte, sich der Chemie zuzuwenden. Erst Liebig's Assistent, dann kurze Zeit Dozent in Bonn, wurde er von dort im Jahre 1845 an das neugegründete College of Chemistry in London berufen. Im Jahre 1864 kam er wieder nach Bonn und wurde im Jahre 1865 Nachfolger Mitscherlich's an der Universität Berlin. Er starb am 5. Mai 1892. Seine zahlreichen und vom schönsten Erfolg begleiteten Experimentaluntersuchungen befaßten sich hauptsächlich mit organischen stickstoff- und phosphorhaltigen Verbindungen und waren für die Entwicklung der Teerfarbenindustrie von der weitgehendsten Bedeutung. Er ist Gründer der „Deutschen chemischen Gesellschaft“ (1868), welche ihm aus Anerkennung für seine Verdienste ein bleibendes Andenken dadurch bewahrte, daß sie ihr im Jahre 1900 aus Stiftungen erbautes Versammlungsgebäude mit seinem Namen als „Hofmannshaus“ bezeichnete.

A. W. Williamson, ein Schüler Liebig's, wurde im Jahre 1824 geboren; er war Professor der Chemie an dem University College in London. Von besonderer Bedeutung sind seine Arbeiten über die Bildung und Zusammensetzung von Äthern.

August Kekulé, geboren den 7. September 1829 zu Darmstadt, war vom Jahre 1856 an Privatdozent in Heidelberg und wurde im Jahre 1858 Professor der Chemie in Genf, von wo er im Jahre 1865 einem Rufe nach Bonn folgte. Hier war er bis zu seinem am 13. Juli 1896 erfolgten Tode tätig. Seine Arbeiten, welche für die theoretischen Ansichten der organischen Chemie grundlegend waren und auch die praktische Verwertung orga-

nischer Reaktionen beeinflussten, zeigten, daß er einer der bedeutendsten chemischen Forscher war. Aus seiner literarischen Tätigkeit soll sein Lehrbuch der organischen Chemie besonders hervorgehoben werden. Ein bleibendes und ehrendes Andenken wurde ihm von seinen Schülern und Kollegen dadurch gegeben, daß ihm ein Denkmal errichtet wurde, welches seinen Platz vor dem chemischen Institut der Universität Bonn gefunden hat.

Hermann Kolbe, im Jahre 1818 zu Elliehausen bei Göttingen geboren, studierte seit dem Jahre 1838 bei Wöhler in Göttingen. Von 1842 bis 1847 war er teils in Marburg als Assistent Bunsens, teils in London bei L. Playfair, teils in Braunschweig als Redakteur des von Liebig gegründeten Handwörterbuchs der Chemie tätig. Im Jahre 1851 erhielt er die Berufung als Nachfolger Bunsens nach Marburg und folgte im Jahre 1865 einem Rufe nach Leipzig, wo er bis zu seinem am 25. November 1884 erfolgten Tode tätig war. 42 Jahre hatte er so die Chemie durch eine Reihe von hervorragenden Arbeiten theoretischen und praktisch experimentellen Inhalts bereichert. Neben zahlreichen Aufsätzen für das erwähnte Handwörterbuch ist von seinen literarischen Arbeiten vor allem ein ausführliches Lehrbuch der organischen Chemie zu erwähnen, welchem er später noch ein kurzes über anorganische und organische Chemie folgen ließ. Vom Jahre 1870 an leitete er auch die Herausgabe des von Erdmann gegründeten Journals für praktische Chemie.

E. Frankland, geboren im Jahre 1825, arbeitete zuerst in Deutschland unter Liebig's, Bunsens und Kolbes Leitung und wurde später Professor der Chemie erst in Manchester und dann in London. Neben der Entdeckung der Organometalle, welche erst in neuester Zeit durch die Arbeiten Grignards große Bedeutung erlangt

haben, lieferten seine Untersuchungen einen wesentlichen Beitrag zu unseren Vorstellungen über das Wesen der Valenz der Elemente.

Mit der Synthese des Harnstoffs durch Wöhler wurde nun außer einer eigentlichen organischen Synthese auch noch das eklatanteste Beispiel dafür geschaffen, daß zwei quantitativ gleich zusammengesetzte chemische Verbindungen verschiedene Eigenschaften besitzen, also zwei verschiedene Körper repräsentieren. Verschiedentlich sind früher schon derartige Fälle bekannt geworden; es seien die verschiedenen Modifikationen der Kieselsäure, die zwei Formen des Calciumkarbonats und die von Liebig im Jahre 1819 entdeckte Knallsäure, welche dieselbe Zusammensetzung wie die Cyansäure besitzt, erwähnt (s. S. 44). Aber so auffallend, wie bei dem Harnstoff und dem Ammoniumcyanat, war keines der damals bekannten Beispiele, ist doch der erstere eine ausgesprochene Base und das letztere ein wohlcharakterisiertes Salz. Als Berzelius im Jahre 1830 erkannte, daß die bei der Darstellung von Weinsäure nebenher entstehende Säure die gleiche prozentische Zusammensetzung besitzt wie jene, nahm er, wenn auch anfangs zögernd, die weitere Bearbeitung dieser Frage in die Hand. Trotz des spärlichen Materials, das ihm zur Verfügung stand, führte er eine Systematisierung dieser Erscheinung herbei. Er nannte Verbindungen, welche trotz derselben prozentischen Zusammensetzung verschiedene Eigenschaften besaßen, „isomerische“ und unterschied auch bei derartigen Fällen zwei Gruppen, die der „Polymerie“ und die der „Metamerie“. Polymere Körper sind dann solche, welche bei gleicher prozentischer Zusammensetzung verschiedene Eigenschaften und verschiedenes Atomgewicht (nach Berzelius) besitzen, wogegen für die metameren Körper gleiche Zusammensetzung, ver-

schiedene Eigenschaften und gleiches Atomgewicht Bedingung ist. Im Jahre 1841 trennte er dann auch noch die Isomerie bei den Elementen von diesen Isomerieerscheinungen und bezeichnete dieselbe als „Allotropie“. Als Beispiel sei der Kohlenstoff mit Diamant, Graphit und amorpher Kohle erwähnt.

Weiterhin war aber auch Berzelius bestrebt, sich darüber Rechenschaft zu geben, worin diese Erscheinung ihren Grund habe. Aus manchen Andeutungen in seinen diesbezüglichen Arbeiten geht hervor, daß er als die wahrscheinliche Ursache der Isomerie die verschiedene Stellung der Atome annahm. Er bezeichnet z. B. den Unterschied zwischen schwefelsaurem Zinnoxidul und schwefligsaurem Zinnoxid nach seiner Schreibweise als:  $\text{SnO} + \text{SO}_3$  und  $\text{SnO}_2 + \text{SO}_2$ . Wir sind aber in keiner Weise zu der Annahme berechtigt, daß sich Berzelius das Problem der räumlichen Stellung der Atome im Molekül in der Weise vorgestellt hat, wie es heute in der Stereochemie durch die Entwicklung der organischen Chemie ausgebildet ist. Immerhin hat aber die Beobachtung von isomeren Verbindungen in weitgehendstem Maße die Frage nach der Konstitution der chemischen Verbindungen wenn auch nicht veranlaßt, so doch in den Vordergrund des Interesses gestellt. Schon im selben Jahre, in dem Wöhler den Harnstoff synthetisch herstellte, haben Dumas und Boullay gelegentlich einer Untersuchung über den Alkohol und die Äther darauf hingewiesen, daß allen diesen Körpern eine gewisse Atomgruppe, ein sog. Radical, eigen sei (s. auch S. 44). Sie stellten die Resultate in einer Tabelle zusammen, aus welcher ihre Ansicht in dieser Richtung deutlich hervorgeht, und wiesen dabei auch darauf hin, daß sich diese Körper mit den Ammoniumverbindungen vergleichen lassen.

Ölbildendes Gas	Ammoniak
$C_4H_4$	$NH_3$
Salzsaurer Äther	Salmiak
$C_4H_4 + HCl$	$NH_3 + HCl$
Äther	—
$2 C_4H_4 + H_2O$	—
Alkohol	—
$2 C_4H_4 + 2 H_2O$	Essigsaureres Ammonium
Essigäther	$2 NH_3 + C_8H_6O_3 + H_2O$ .
$2 C_4H_4 + C_8H_6O_3 + H_2O$	

Dieser Ansicht gegenüber verhielt sich Berzelius zuerst sehr zurückhaltend; er spricht z. B. einmal von derselben als „einer symbolischen Ausdrucksweise, die man nicht als die wirkliche Zusammensetzung der Körper ausdrückend betrachten könne“. Später schloß er sich jedoch den Dumasschen Ansichten an und führte für das Radikal  $C_4H_4$  den Namen „Ätherin“ ein.

Wir finden also hiermit die Ansicht vertreten, daß den organischen Körpern gewisse gemeinsame Atomgruppen zuzuschreiben seien, welche dieselbe Rolle spielen, wie die Elemente in den anorganischen Verbindungen. Ein weiterer Schritt in der Annahme solcher Radikale wurde durch die denkwürdigen Untersuchungen Liebig's und Wöhler's über das „Radikal der Benzoesäure“ getan. Diese Arbeit brachte die Ansicht zur allgemeinen Geltung, daß die organischen Verbindungen ihre Eigenschaften den in ihnen enthaltenen Radikalen verdanken. Der Nachweis der Anwesenheit des Radikals Benzoyl in einer ganzen Reihe von Verbindungen wurde durch diese Untersuchungen in so exakter Weise erbracht, daß die damaligen Chemiker davon überzeugt waren, daß die in solchen Verbindungen nachgewiesenen Radikale als für sich bestehende Atomgruppe

zu betrachten seien und daß man deren Isolierung anstreben müsse. Da der Alkohol und der Äther und eine Reihe mit diesen beiden nahe verwandter Verbindungen am sorgfältigsten untersucht waren, so bildeten sie auch für die weitere Bearbeitung der Radikaltheorie das eigentliche Material. Um ihre Ausarbeitung hatten sich hauptsächlich Berzelius und Liebig verdient gemacht. Der erstere suchte im Jahre 1833 unter Anlehnung an seine dualistische Theorie der anorganischen Verbindungen auch alle organischen Körper als binär gegliedert aufzufassen. Zu diesem Zwecke mußte er seine vorübergehend angenommene Ansicht von der Existenz sauerstoffhaltiger Radikale wieder aufgeben; um dies jedoch zu umgehen, sah er das Benzoyl als das Oxyd des Komplexes  $C_{14}H_{10}$  und die wasserfreie Benzoesäure als dessen Superoxyd an. Der Äther ist auf Grund dieser Ansicht das Oxydul des Radikals Äthyl — er formulierte ihn  $(C_2H_5)_2O$  — und den Alkohol faßte er demgemäß als das Oxyd des Radikals  $C_2H_6$  auf. Wir sehen hieraus schon die Schwierigkeiten, auf welche diese Entwicklungen stoßen mußten; ist doch eben durch diese Einteilung in keiner Weise der so nahe Zusammenhang zwischen Äther und Alkohol ausgedrückt.

Liebig fühlte diesen Mißstand auch ganz deutlich heraus; er machte aber bei dem Bestreben, demselben abzuhelfen, einen neuen Fehler, indem er willkürlich den betreffenden Radikalen ein doppelt so großes Atomgewicht zuschrieb. Den Äther faßte er als das Oxyd des Radikals  $C_4H_{10}$  oder als  $2(C_4H_{10}) \cdot O$  und den Alkohol als das Oxydhydrat desselben, also als  $C_4H_{10}O \cdot H_2O$  auf, und verglich so den ersteren mit dem Kaliumoxyd, den letzteren mit dem Kalihydrat. Der Unterschied zwischen der Liebigschen und Dumasschen Auffassung lag also

darin, daß Dumas den Äther als ein Hydrat ( $2 C_4H_4 \cdot H_2O$  vgl. S. 55), Liebig als ein Oxyd  $2(C_4H_{10})$  auffaßte. Dumas verteidigte seine Ätherintheorie lange gegen Liebigs Ansichten, konnte sie aber dauernd nicht behaupten, zumal als durch die 1834 von Feise entdeckten Merkaptane Liebig eine neue Gelegenheit gegeben wurde, die Gründe für und gegen seine Theorie auszuführen. Diese Publikation erschien 1836 in den „Annalen der Chemie und Pharmazie“; er faßte die Merkaptane analog dem Alkohol als aus Schwefeläthyl und Schwefelwasserstoff zusammengesetzt auf und schloß aus den verschiedenen Resultaten, daß der Äther kein Hydrat, sondern ein Oxyd sei. Als endlich Dumas seine Ätherintheorie aufgab und sich zu weiteren Untersuchungen mit Liebig vereinigte, erreichte gegen das Jahr 1837 die Radikaltheorie ihren Höhepunkt. Dumas hebt zugleich im Namen Liebigs den Vergleich der organischen Radikale mit den Elementen hervor und bezeichnet in einer in den „Comptes rendus de l'académie des sciences“ in Paris erschienenen Abhandlung die organische Chemie als die „Chemie der zusammengesetzten Radikale“. Es heißt dort: „Die organische Chemie besitzt ihre eigenen Elemente, welche bald die Rolle des Chlors oder Sauerstoffs, bald aber auch die eines Metalles spielen. Cyan, Amid, Benzoyl, die Radikale des Ammoniaks, der Fette, des Alkohols und seiner Derivate, bilden die wahren Elemente der organischen Natur, während die einfachsten Bestandteile wie Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff erst zum Vorschein kommen, wenn die organische Materie zerstört ist.“

Bei der weiteren Ausarbeitung der Radikaltheorie stellte sich nun das Bedürfnis ein, den Begriff Radikal etwas präziser zu fassen, und dies geschah durch Liebig,

welcher im Jahre 1838 den Begriff des Radikals Cyan durch folgende Ausführung exakt charakterisierte: „Wir nennen Cyan ein Radikal, weil es

1. der nicht wechselnde Bestandteil einer Reihe von Verbindungen ist, weil es

2. sich in diesen ersetzen läßt durch andere einfache Körper, weil es

3. in seinen Verbindungen mit einem einfachen Körper diesen letzteren ausscheiden und vertreten läßt durch Äquivalente von anderen einfachen Körpern.“

Im weiteren führte er dann aus, daß ein Radikal dann als solches charakterisiert sei, wenn es mindestens zweien der hier angeführten Bedingungen entspreche. Dadurch war die Anregung zur sorgfältigen Erforschung des chemischen Verhaltens organischer Körper mit besonderer Berücksichtigung ihrer Umsetzungs- und Spaltungsprodukte gegeben. Das ist es auch vor allem, was wir der Radikaltheorie trotz der vielfachen Irrtümer, in die die damaligen Chemiker durch sie verfallen waren, zu verdanken haben. Am Ende des 4. und Anfang des 5. Jahrzehnts erhielt durch die Untersuchungen Bunsens über die Kakodylverbindungen die Radikaltheorie eine wesentliche Stütze. Diese Arbeiten zeigten, daß dem Destillationsprodukt der arsenigen Säure mit Kaliumacetat, dem Alkarsin, ein arsenhaltiges Radikal zugrunde liegt, welches bei einer Reihe von Umsetzungen unverändert bleibt, und das, was für die damaligen Ansichten besonders wertvoll war, isoliert werden konnte. Demnach ist das Alkarsin als das Oxyd dieses Kakodyl genannten Radikals aufzufassen, entsprechend der Schreibweise  $C_4H_{12}AsO$ .

Ehe wir nun auf die weiteren Schicksale der Radikaltheorie eingehen, müssen wir uns mit dem Studium einiger Arbeiten Dumas' befassen, welche eben-

falls in das 4. Jahrzehnt des vergangenen Jahrhunderts fallen. Anlaß zu diesen Untersuchungen gab die von Gay-Lussac entdeckte Bildung des Chlorcyans aus Cyanwasserstoff, ferner die Synthese des Anderthalbfach-Chlorkohlenstoffs aus Äthylenchlorid durch Faraday und die Bildung von Benzoylchlorid aus Bittermandelöl nach Liebig und Wöhler. Der Kernpunkt, um den es sich bei diesen Arbeiten handelt, ist der, daß in verschiedenen organischen Verbindungen Wasserstoff durch andere Elemente oder Radikale ersetzt werden kann. Mit der dualistischen Lehre von Berzelius standen aber diese Beobachtungen deshalb im Widerspruch, weil der elektropositive Wasserstoff durch die elektronegativen Elemente Chlor, Brom oder Jod vertreten werden kann.

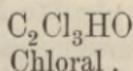
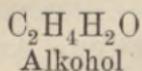
Im Verein mit seinen eigenen Untersuchungen aus dem Jahre 1834 über die Einwirkung von Chlor auf Terpentinöl und über die Bildung von Chloral aus Alkohol gelangte Dumas zu zwei Regeln, welche die Tatsachen der Substitution, für welche er die Bezeichnung „Metalepsie“ vorschlug, ausdrücken sollten, ohne daß er damit eine Theorie derselben aufstellen wollte. Diese zwei Sätze lauten:

1. Wird ein wasserstoffhaltiger Körper der dehydrogenisierenden Einwirkung des Chlors, Broms oder Jods ausgesetzt, so nimmt er für jedes Wasserstoffatom, das er verliert, ein diesem gleiches Volumen Chlor, Brom usw. auf.

2. Enthält der Körper Wasser, so verliert er den diesem entsprechenden Wasserstoff ohne Ersatz.

Während der erste Satz ohne weiteres verständlich ist, bedarf der zweite eines Kommentars. Wir müssen uns vor allem vergegenwärtigen, daß Dumas den Alkohol als eine Verbindung von Äthylen und Wasser auffaßte (s.S. 55), und wenn wir uns nun hierbei die Formulierung vor-

stellen, so dürfte der zweite Satz in seiner Abhandlung auch verständlich werden:



Die durch diese zwei Sätze festgelegten Tatsachen veranlaßten nun Dumas, weitere Untersuchungen in dieser Richtung anzustellen. Er untersuchte z. B. die Oxydation von Alkohol zu Essigsäure und fand, daß hierbei jedes Atom Wasserstoff durch ein halbes Atom Sauerstoff vertreten sei. Dies führte ihn zu einer Abänderung seines oben angeführten ersten Satzes; er sagt nun:

„Wenn eine Verbindung der dehydrogenisierenden Wirkung eines Körpers ausgesetzt wird, so nimmt sie von diesem eine dem entsprechenden Wasserstoff äquivalente Menge auf.“

Damit hat aber Dumas klar und deutlich auf den Unterschied von Atom und Äquivalent hingewiesen, und hierin liegt auch die große Bedeutung der Dumasschen Sätze.

Einen Schritt weiter in der Bearbeitung der Substitutionsvorgänge ging Laurent, indem er sich bemühte, die chemische Natur der substituierten Verbindung mit der ursprünglichen zu vergleichen. Er fand hierbei, daß noch gewisse Analogien zwischen beiden vorhanden sind, was ihn im Jahre 1839 zu der Behauptung führte, daß z. B. bei der Chlorsubstitution die Chlormoleküle den durch die Wasserstoffmoleküle leer gelassenen Raum einnehmen, daß also das Chlor gewissermaßen in den neuen Verbindungen dieselbe Rolle spielt, wie der Wasserstoff in der ursprünglichen.

Die Folge dieser Anschauung war für Laurent, in den organischen Verbindungen sogenannte „Kerne“ anzunehmen. Bei diesen unterschied er wieder zwischen

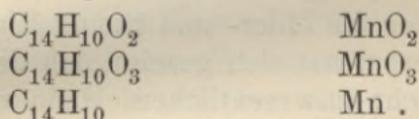
„Stammkernen“, welche aus Kohlenstoff und Wasserstoff in einfachen Atomverhältnissen zusammengesetzt sind, und zwischen „abgeleiteten Kernen“, welche entweder durch Substitution von Wasserstoff durch andere Elemente oder zusammengesetzte Radikale, wie Amid oder Nitryl, oder durch Anlagerung von Atomen entstanden sind. Die Laurentsche Kerntheorie unterscheidet sich von der Radikaltheorie vor allem dadurch, daß sie die Unveränderlichkeit der Radikale leugnet. Hauptsächlich Liebig und Berzelius waren es, welche gegen dieselbe mit aller Energie auftraten. Leider enthielten die Laurentschen Arbeiten, selbst in ihrer experimentellen Ausführung, so viele Lücken und Ungenauigkeiten, daß es seinen Gegnern nicht schwer wurde, scharfe Kritik an denselben zu üben. Liebig kommt sogar bei seiner Besprechung der Laurentschen Kerntheorie zu dem Schlusse, daß dieselbe unwissenschaftlich und schädlich sei. Gestützt wurde dieselbe jedoch wieder durch die Arbeiten von Dumas über die Chlor-essigsäure aus dem Jahre 1839, da durch dieselben in exakter Weise der Nachweis erbracht war, daß im vorliegenden Falle zwischen dem ursprünglichen Körper und dem Substitutionsprodukte eine tatsächliche Analogie vorhanden ist. Dumas benützte diese Beobachtungen zur Aufstellung seiner Typentheorie. Da die Essigsäure dadurch, daß in derselben sechs Atome Wasserstoff durch sechs Atome Chlor ersetzt sind, trotzdem eine einbasische Säure bleibt und mit Ätzkali ähnlich zusammengesetzte Produkte liefert, so folgerte er daraus, daß es in der organischen Chemie gewisse Typen gibt, welche bestehen bleiben, selbst wenn man an Stelle des Wasserstoffs ein gleiches Volumen Chlor, Brom oder Jod bringt. Denselben chemischen Typen sind demnach zuzuteilen Essigsäure und Trichlor-essigsäure, Aldehyd und Chloral, ferner Grubengas,

Bromoform, Chloroform und Jodoform. Ein chemischer Typus umfaßt eben Verbindungen, welche dieselbe Zahl Äquivalente in der gleichen Weise verbunden enthalten. Eine Erweiterung dieses Typenbegriffs vollzog Dumas durch Einführung des sog. mechanischen Typus, zu welchem er alle Verbindungen rechnete, welche auseinander durch äquivalente Substitution gedacht werden können, selbst wenn ihre Eigenschaften verschieden sind. Wie Dumas sich diese Typen vorstellt, geht am besten aus dem Satze hervor: „Der Alkohol, die Essigsäure und die Chlor-essigsäure gehören zu derselben natürlichen Familie, die Essigsäure und Chloressigsäure zu derselben Gattung.“ Es ist also leicht ersichtlich, daß sich die Dumassche Typentheorie eng an die Laurentsche Kerntheorie anschließt, und es ist als sicher anzunehmen, daß, wenn auch Dumas an vielen Stellen seiner Publikationen Laurent zitiert, mit der Zeit mancher Gedanke, manche Idee Laurents dem ebendamals größere Autorität genießenden Dumas zugeschrieben wurde. Ferner soll hier noch hervorgehoben werden, daß Dumas, aus Anlaß der von Walter ausgeführten Einwirkung von Schwefelsäureanhydrid auf Kampfersäure, wobei er neben Kohlenoxyd eine Sulfokampfersäure erhielt, auch die Vertretbarkeit von Kohlenstoff durch andere Elemente und zusammengesetzte Gruppen annahm. Wenn diese Hypothese auch damals auf den heftigsten Widerspruch stieß, so hat doch die spätere Zeit gezeigt, daß Dumas nicht unrecht hatte.

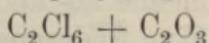
Die wichtigste Konsequenz, welche aus der Typentheorie zu ziehen war, ist das Verlangen nach einer unitarischen Betrachtungsweise, und Dumas wandte sich nunmehr auch energisch gegen die 20 Jahre lang unangefochtene dualistische Theorie. Er leugnet in keiner Weise den Einfluß der elektrischen Kräfte bei chemischen

Reaktionen; daß aber der elektrische Zustand der Atome unveränderlich sei, hält er mit den Substitutionserscheinungen unvereinbar und deshalb für falsch.

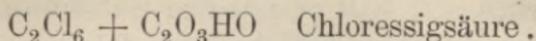
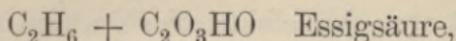
Seine Stellung zum Dualismus läßt sich durch die Sätze ausdrücken: „Jede chemische Verbindung bildet ein geschlossenes Ganzes, besteht also nicht aus zwei Teilen. Der chemische Charakter einer solchen ist vorzugsweise abhängig von der Anordnung und Zahl der Atome, dagegen in untergeordneter Weise von deren chemischer Natur.“ Einfach war es für Berzelius nicht, unter diesen Umständen sein dualistisches System zu verteidigen. Zuerst verwirft er die Möglichkeit von sauerstoff- oder schwefelhaltigen Radikalen und läßt nur solche gelten, welche Kohlenstoff, Stickstoff und Wasserstoff enthalten. Er vergleicht so das Benzoyl mit Manganoxyd, die Benzoesäure mit Mangansäure:



Die Chloressigsäure wird dann aufgefaßt als eine Verbindung von Oxalsäure und Kohlenchlorid oder, wie er es nennt, als eine mit  $C_2Cl_6$  gepaarte Oxalsäure:



und die Essigsäure als das Trioxyd des Radikals Acetyl,  $C_4H_6$ , also als  $C_4H_6 + O_3$ , wobei er im Jahre 1840 noch eine Ähnlichkeit beider Säuren leugnet. Als es nun im Jahre 1842 Melsens gelang, die Chloressigsäure durch Kaliumamalgam in die Essigsäure zurückzuverwandeln, bezeichnete er die Essigsäure als eine gepaarte Oxalsäure, deren Paarling  $C_2H_6$  ist. Durch die Einwirkung von Chlor auf Essigsäure wird dann der Paarling  $C_2H_6$  zu dem  $C_2Cl_6$  übergeführt:



Damit hat aber Berzelius nichts anderes als die Möglichkeit einer Substitution innerhalb eines sogenannten Paarlings ausgesprochen. Es ist daher leicht ersichtlich, daß selbst durch die Annahme dieser Paarlunge eine Ausdehnung der elektrochemischen Theorie auf die organische Chemie, als mit den gefundenen Beobachtungen nicht übereinstimmend, unmöglich war. Die weitere Folge hiervon war es, daß der Anhänger des Dualismus immer weniger wurden, und im Jahre 1844 trat auch Liebig offen gegen diese Spekulationen von Berzelius auf. Die Arbeit, welche Liebig vor allem veranlaßte, sich der unitarischen Anschauung zuzuwenden, war die Untersuchung A. W. Hofmanns im Gießener Laboratorium über die chlor- und bromhaltigen Derivate des Anilins. Hierbei hat sich gezeigt, daß der chemische Charakter in nicht unwesentlichem Maße von der Anordnung der Atome abhängig ist. Im allgemeinen findet man überhaupt um diese Zeit, daß sich die meisten Chemiker mehr und mehr von den theoretischen Betrachtungen der organischen Chemie ab- und anderen chemischen Gebieten zuwandten. Eine Änderung hierin trat erst dann ein, als Laurent in Gemeinschaft mit Gerhardt eine Verschmelzung der Radikaltheorie mit der Typentheorie anstrebte. Man bezeichnet diese Theorie im Gegensatz zu derjenigen Dumas' als „neuere Typentheorie“. Gerhardt negiert in erster Linie die Präexistenz von Wasser in den meisten organischen Verbindungen und findet keinen Grund zu der Annahme, daß der bei einer Reaktion entstandene Körper in dem betreffenden schon präform enthalten sei, wie damals vielfach angenommen

wurde. Er hebt dagegen hervor, daß es eine Klasse von Verbindungen gibt, welche fast bei jeder organischen Zersetzung sich bilden, ohne daß man die zerlegten Stoffe wieder aus ihnen zusammensetzen kann. Solche Körper von einfacher Zusammensetzung, aber außerordentlicher Beständigkeit sind z. B. Wasser, Kohlensäure, Salzsäure oder Ammoniak. Zu diesen Schlüssen wurde Gerhardt hauptsächlich bei der Untersuchung der von Mitscherlich schon beobachteten Nitrobenzobildung aus Benzol und Salpetersäure geleitet (s. S. 45). Er sagt selbst darüber folgendes: „Wenn zwei Körper aufeinander reagieren, so tritt aus dem einen ein Element (Wasserstoff) aus, das sich mit einem Element (Sauerstoff) des anderen vereinigt, um eine stabile Verbindung (Wasser) zu erzeugen, während die ‚Reste‘ zusammentreten. Im Falle des Nitrobenzols liefert das Benzol den Wasserstoff, die Salpetersäure den Sauerstoff zur Wasserbildung, es ist also gewissermaßen das Nitrobenzol eine Verbindung von zwei Radikalen, dem Rest des Benzols und dem Rest der Salpetersäure.“

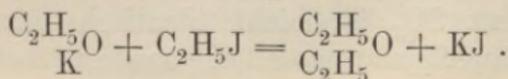
Unter der Bezeichnung „Reste“ verstand er demgemäß Atomkomplexe, welche bei der Wechselwirkung zweier Körper infolge der stärkeren Verwandtschaft der einzelnen Elemente zueinander übrig bleiben und sich miteinander vereinigen. Es wird diese Theorie auch „Resttheorie, Theorie des Residuum“ bezeichnet. Gerhardt faßte „die Reste“ aber nicht als wirkliche, in der betreffenden Verbindung tatsächlich vorhandene Atomgruppen auf, sie sind nach ihm zum Unterschied von den in freiem Zustande befindlichen Verbindungen gleicher Zusammensetzung in einer „Substitutionsform“ vorhanden. Als Beispiel diene die Einwirkung von Schwefelsäure auf Benzol, der entstandene Rest  $\text{SO}_3$  ist nicht identisch mit dem  $\text{SO}_3$  in dem schwefligsauren Blei, sondern befindet sich

eben in der sogenannten Substitutionsform. Die Nitrobenzolreaktion gab ihm auch noch Veranlassung zur Bestimmung der Basizität von Säuren. Aus der einbasischen Salpetersäure entsteht bei diesem Vorgang eine indifferente Verbindung, das Nitrobenzol, aus der zweibasischen Schwefelsäure erhält man aber bei der Einwirkung auf Alkohol die einbasische Ätherschwefelsäure, und auf Grund dieser Tatsache stellte er folgendes Basizitätsgesetz auf: „Die Basizität einer gepaarten Verbindung ist gleich der Summe der Basizität von den sich paarenden Körpern weniger eins.“ Dadurch war es möglich, die Sättigungskapazität der Säuren eindeutig zu bestimmen, und so konnte er die Essigsäure sowohl wie die Salz- und Salpetersäure als einbasische, die Schwefel- und Oxalsäure als zweibasische Säuren bezeichnen.

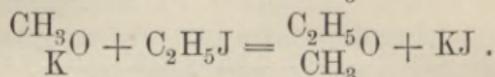
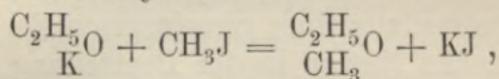
Von besonders großem Einflusse auf die weitere Entwicklung der Ansichten über die Zusammensetzung organischer Verbindungen sind die Untersuchungen von Williamson über die Einwirkung von Jodäthyl auf Kaliumäthylat, welche derselbe in der Hoffnung unternommen hatte, Alkohol zu erhalten; statt dessen entstand dabei aber Äther. Zur einfachsten und plausibelsten Erklärung dieses Resultats eignete sich am besten die von Laurent im Jahre 1846 ausgesprochene Ableitung des Alkohols und Äthers vom Wasser. Laurent drückte dies durch eine Tabelle aus, in welcher er diese Körper auch zugleich mit den Alkalien verglich.

HHO	EtHO	EtEtO	KHO	KKO
Wasser	Alkohol	Äther	Kalihydrat	Kaliumoxyd.

Hierdurch war Williamson die Möglichkeit gegeben, die von ihm entdeckte Reaktion folgendermaßen zu formulieren:

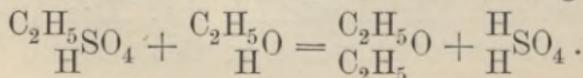


Die Arbeiten, welche er im Anschluß an diese Reaktion ausführte, trugen zu einer Befestigung dieser Ansichten noch wesentlich bei. Bei der Einwirkung von Jodmethyl auf Kaliumäthylat erhielt er den Äthylmethyläther, und dieselbe Verbindung konnte er auch aus Kaliummethylat und Jodäthyl erhalten:



Ferner bildeten diese Resultate die Veranlassung zur eingehenden Untersuchung der Ätherbildung aus Alkohol und Schwefelsäure, mit welcher man sich schon früher beschäftigt hatte und welche man damals durch die wasserentziehende Wirkung der Schwefelsäure zu erklären versuchte. Liebig wies nun nach, daß der Entstehung von Äther die Bildung der Äthylschwefelsäure vorangehe, so daß demgemäß die Schwefelsäure dem Alkohol nicht Wasser, sondern Äther entzieht, der sich mit der Schwefelsäure zu Ätherschwefelsäure vereinigt, die letztere aber spaltet sich dann beim Erhitzen auf 120—140° in Schwefelsäure und Äther. Berzelius war jedoch mit dieser Erklärung nicht einverstanden und suchte ihr gegenüberzustellen, daß die Schwefelsäure sich an der Reaktion nicht beteilige, sondern nur „Kontaksubstanz“ sei, also durch ihre katalytische Kraft die Reaktion vollziehe.

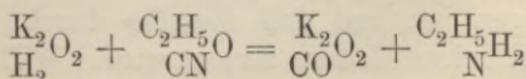
Im Jahre 1850 wies dann noch Graham nach, daß die Äthylschwefelsäure nur dann Äther bilde, wenn Alkohol zugegen ist, und daß dieselbe durch Wasser in Alkohol und Schwefelsäure zerlegt wird. Williamson erklärte die erstere Reaktion durch die Gleichung:



Bestätigung fand diese Williamsonsche Ansicht durch die Bildung des Äthylamyläthers aus Äthylschwefelsäure und Amylalkohol und mehrerer anderer Synthesen dieser sogenannten gemischten Äther. Die Vergleichung der organischen Körper mit Wasser bietet also, wie Williamson sagt, durch eine Vereinfachung unserer Ansichten und durch die Feststellung eines gemeinsamen Vergleichungspunktes manchen Nutzen in der Beurteilung chemischer Reaktionen.

Durch Einwirkung von Kalihydrat auf Cyansäureäther erhielt Wurtz im Jahre 1849 dem Ammoniak äußerst ähnliche Körper und leitete dieselben in der nämlichen Weise vom Ammoniak ab, wie Laurent-Williamson den Alkohol und Äther vom Wasser. Diese Verbindungen sind eben Ammoniak, in welchem Wasserstoff durch die Radikale „Methyl“, „Äthyl“ usw. ersetzt ist. A. W. Hofmann gelangte zu denselben Verbindungen durch Behandlung der Alkyljodide mit Ammoniak und erbrachte hierdurch für die Wurtzsche Ansicht eine nicht unwesentliche Bestätigung. Das Resultat dieser Untersuchungen war aber nichts anderes, als daß, wie sich Wurtz ausdrückte, der Typus „Ammoniak“ gebildet war.

An Hand der Reaktion, welche Wurtz zur Bildung von substituierten Ammoniaken führte, konnte nun im Jahre 1851 Williamson auch nachweisen, daß die zwei-basischen Säuren auf dem Vorhandensein mehrbasischer Radikale beruhen. Er formuliert die Wurtzsche Reaktion folgendermaßen:



und drückt sich hierbei wörtlich aus: „Das Atom CO ist mit zwei Wasserstoffatomen äquivalent; indem es sie er-

setzt, hält es zwei Atome des Kalihydrats, in welchem der Wasserstoff enthalten war, zusammen, wodurch notwendig eine zweibasische Verbindung, das kohlen-saure Kali, entsteht.“ Auf diese Weise erklärte er die Bildung des Oxamids aus dem zweibasischen Radikal  $C_2O_4$  und vermochte neben dem schon von Regnault aus schwefliger Säure und Chlor erhaltenen Schwefelsäurechlorid durch Einwirkung von Phosphorchlorid auf Schwefelsäure das Chlor-schwefelsäurehydrat zu isolieren. Durch die letzteren Versuche faßte er einerseits die Schwefelsäure als zweibasische Säure auf und konnte auch die Gerhardtsche Ansicht, daß der Chloridbildung bei zweibasischen Säuren stets eine Anhydridbildung vorangehen müsse, widerlegen.

Gerhardt griff nun auf die im Jahre 1842 von Schiel gemachte Beobachtung zurück, daß die Alkoholradikale eine Reihe bilden, deren einzelne Glieder stets um  $n CH_2$  differieren. Er nennt Körper, welche sich um  $n CH_2$  unterscheiden, „homolog“ und wies darauf hin, daß diese alle in chemischer Beziehung große Ähnlichkeit zeigen und daß nach den Untersuchungen von Kopp ihre physikalischen Eigenschaften sich langsam, aber stetig verändern. „Isolog“ sind nach Gerhardt solche Verbindungen, welche ähnliche chemische Eigenschaften besitzen, sich aber nicht um  $n CH_2$  voneinander unterscheiden. Als Beispiel diene Essigsäure und Benzoesäure. „Heterolog“ endlich nennt er solche, die durch einfache Reaktionen auseinander entstehen können, also durch ihre Bildungsweise verwandt, aber chemisch verschieden sind.

Darin liegt der Grundgedanke für die Gerhardtsche Klassifikation der organischen Verbindungen. Er selbst vergleicht diese Anordnung sehr passend mit einem Kartenspiel, das nach den Farben und dem Werte der

einzelnen Blätter aufgelegt ist. Jede fehlende Karte ist durch ihren Platz nach Farbe und Wert bestimmt, und so sind auch bei den fehlenden chemischen Gliedern die Haupteigenschaften, Entstehung, Zersetzung usw. im voraus bestimmbar.

Die Glieder aller heterologen, homologen und isologen Vertreter bezog er nun weiter auf die vier Urtypen: „Wasser“, „Salzsäure“, „Wasserstoff“ und „Ammoniak“.

Zur Erläuterung sei als Beispiel angeführt, daß er dem Typus „Wasser“ alle Alkohole, Äther, Säuren, Anhydride, Aldehyde und Acetone zuzählte.

Dadurch waren aber, genau betrachtet, in die mechanischen Typen von Regnault und Dumas Radikale eingeführt. Allerdings aber Radikale im Sinne Gerhardts, welcher diesen Begriff schon im Jahre 1839 dahin definierte, daß Radikale „Reste“ von Verbindungen sind, welche sich bei gewissen Reaktionen unzersetzt aus einer Substanz in die andere überführen lassen. Sie brauchen also nicht selbständig zu existieren, sondern drücken nur die Beziehungen aus, in welchen sich Elemente oder Atomgruppen gegenseitig ersetzen können. Ferner weist Gerhardt darauf hin, daß die so erhaltenen Symbole nicht die Anordnung der Atome selbst darstellen; die wahre Konstitution zu ermitteln, hält er für unmöglich, und dies war es wohl auch, was den damaligen Chemikern an der Gerhardtschen Klassifikation mangelhaft erschien. In der Hauptsache waren es wohl Zweckmäßigkeitserwägungen, welchen sie ihre allgemeine Aufnahme verdankte; am exaktesten drückte sich Liebig aus, wenn er von der „Nützlichkeit“ derselben spricht.

Ehe wir uns nun weiter mit dem Schicksal der Typentheorie und der Klassifikation Gerhardts beschäftigen können und ihren Übergang zur Strukturchemie kennen lernen

werden, ist es nötig, noch einige im Laufe der vierziger Jahre von Gerhardt und Laurent ausgesprochene Ansichten über die Begriffe „Atom“, „Molekül“ und „Äquivalent“ zu behandeln. Wir haben im letzten Kapitel gesehen, mit welchem Glück Berzelius für die einzelnen Elemente die relativen Atomgewichte bestimmte. Das ganze System, welches aus dieser Arbeit hervorgegangen ist, drohte nun zu Beginn der vierziger Jahre auf Veranlassung von Gmelin und seiner Schule verlassen zu werden. Man war bestrebt, an Stelle der Atomgewichte von Berzelius sogenannte Verbindungsgewichte, auch Äquivalente genannt<sup>1)</sup>, zu setzen, welche diejenigen Werte repräsentieren sollten, die die einfachsten Proportionen der reagierenden Stoffe zum Ausdruck brachten. Die Folge davon war, daß man die Berzeliusschen Werte meistens halbieren mußte, so daß für  $C = 6$ ,  $O = 8$  usw. eingeführt wurde. Im Jahre 1842 machte nun Gerhardt darauf aufmerksam, daß die bei organischen Reaktionen austretenden Mengen Wasser, Kohlendioxyd usw. niemals einem Äquivalent, sondern stets einem Multiplum desselben, meistens aber zwei entsprechen. Bedeuteten nun die Symbole der Gmelinschen Auffassung  $H_2O_2$ ,  $C_2O_4$  ein Äquivalent, so mußten die Formeln aller „anorganischen Verbindungen“ verdoppelt werden; entsprachen sie aber zwei Äquivalenten, so mußte man zu einer Halbierung der „organischen Formeln“ seine Zuflucht nehmen. Gerhardt suchte nun diesen Widerspruch dadurch zu lösen, daß er sich für die Atomgewichte von Berzelius ( $H = 1$ ,  $C = 12$ ,  $O = 16$ ) entschied. Allgemeine Durchführung vermochte Gerhardt seinen Ansichten nicht zu verschaffen, was in erster Linie darauf zurückzuführen ist, daß er die Metalloxyde, auf den Wassertypus

---

<sup>1)</sup> Vgl. auch den Anspruch Liebig's, S. 35.

bezogen,  $\text{Me}_2\text{O}$  schrieb, im Gegensatz zu Berzelius, welcher sie als  $\text{MeO}$  auffaßte. Dies hatte zur Folge, daß er bei einer Anzahl von Elementen, wie Calcium, Blei usw., nur die Hälfte der Berzeliusschen Werte setzte, z. B.  $\text{Ca} = 20$ ,  $\text{Pb} = 103,5$ . Da Gerhardt diese Zahlenwerte aber ebenfalls als Äquivalente bezeichnete, so war manche Verwirrung in dieser Richtung geschaffen, welche erst durch seine gemeinsam mit Laurent aufgestellten Betrachtungen vermieden wurde. Letzterer wies mit Entschiedenheit darauf hin, daß die Äquivalente der Elemente von Gerhardt mit denjenigen der Verbindungen gar nicht zu vergleichen seien. Er präziserte die ersteren als die Atomgewichte der Elemente und die letzteren als die Molekulargewichte der Verbindungen, indem er unter Molekulargewicht diejenige Gewichtsmenge, gleichgültig ob eines Elementes oder einer Verbindung, verstand, welche, gleiche physikalische Bedingungen vorausgesetzt, den gleichen Raum einnehme wie zwei Atome Wasserstoff. Dadurch erhielt er für Chlor die Formel  $\text{Cl}_2$ , für Sauerstoff  $\text{O}_2$ , für Stickstoff  $\text{N}_2$  usw. Im allgemeinen definierte er das Molekül als die kleinste Menge, welche man anwenden müsse, um eine Verbindung zustande zu bringen. Unter einem Atom verstand er dagegen die kleinste Menge eines Elementes, welche in zusammengesetzten Verbindungen vorkommt. Als Atomgewichte kamen infolgedessen die Gerhardt-Berzeliusschen Werte in Betracht. Die Äquivalente dagegen faßte er als die gleichwertigen Mengen analoger Körper auf, hob aber dabei ausdrücklich hervor, daß ein und dasselbe Element verschiedene Äquivalente besitzen kann.

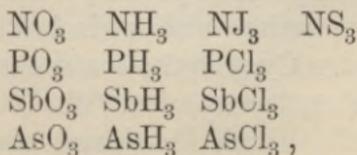
Diese Ansichten fanden aber in der damaligen Zeit wenig Anerkennung, im Gegenteil, es wurden die Verbindungsgewichte Gmelins meistens beibehalten, so daß sogar

Gerhardt selbst in seinem Lehrbuch im Jahre 1853 der Allgemeinheit halber noch Äquivalentformeln gebrauchte. Völlige Klärung in dieses Wirrsal kam erst durch die Bemühungen des Italieners Stanislaus Cannizzaro, welcher für die Annahme der aus den Dampfdichten sich ergebenden Atomgewichte eintrat und für die Metalle diejenigen Werte im Gegensatz zu Gerhardt annahm, welche sich aus der spezifischen Wärme derselben berechnen ließen.

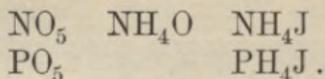
Greifen wir nun wieder zurück zur Gerhardtschen Klassifikation organischer Verbindungen, so haben wir dort schon gesehen, daß derselben in der Hauptsache nur Zweckmäßigkeit zugeschrieben wurde, daß sie aber auf die Dauer die Chemiker nicht befriedigen konnte, war doch mit derselben in keiner Weise irgendwelcher Aufschluß über die Konstitution der betreffenden Stoffe gegeben. An einer Erweiterung in dieser letzteren Richtung haben den größten Anteil Frankland und Kolbe genommen. Kolbe suchte die Ansichten von Berzelius neu zu beleben und nahm die Idee der Paarlinge wieder auf, wohl auf Grund seiner Synthese von Trichloressigsäure durch Einwirkung von Chlor auf Einfachchlorkohlenstoff im Sonnenlicht bei Gegenwart von Wasser. Er schreibt sie nach Berzelius als eine gepaarte Oxalsäure  $C_2Cl_6 + C_2O_3 + HO$  (s. S. 63). Außerdem versteht sowohl Kolbe wie Frankland die Radikale im alten, also nicht im Gerhardtschen Sinne, und darauf sind auch die Arbeiten über die Elektrolyse von organischen Säuren zurückzuführen, bei welchen Kolbe von dem Gedanken geleitet wurde, die Essigsäure in die ihr zugeschriebenen Paarlinge Methyl und Oxalsäure zu spalten. An diese Arbeiten reihen sich zwischen 1844 und 1850 die Darstellung des Cyanmethyls aus essigsauerm Ammonium und Phosphorsäureanhydrid durch Dumas, die Verseifung der Nitrile durch Frankland und Kolbe und die

Isolierung des Äthyls aus dem Jodäthyl mit Zink durch Frankland. Sie alle wurden von Kolbe dazu benutzt, die Paarlingstheorie zu rehabilitieren. Er bezeichnet so z. B. das Kakodyl als mit Arsen gepaartes Methyl  $\text{As}\widehat{\text{C}}\text{H}_3$  ( $\text{C} = 6$ ), die Essigsäure als  $(\text{C}_2\text{H}_5)\widehat{\text{C}}_2\text{O}_3, \text{HO}$ , den Aldehyd als  $(\text{C}_2\text{H}_5)\widehat{\text{C}}_2\text{O}, \text{HO}$  usw. Wertvoll war sicher an dieser Formulierung, was Kolbe selbst hervorhebt, daß die vier Kohlenstoffäquivalente der Essigsäure nicht gleichwertig seien, sondern daß zwei als Methyl darin enthalten sind, während die anderen beiden den Angriffspunkt für die Verwandtschaft des Sauerstoffs bilden.

Im Jahre 1852 greift dann Frankland den Satz Kolbes an, wonach das paarende Radikal auf die Natur der Verbindung von untergeordnetem Einflusse sein soll, und vermag auch denselben von der Unhaltbarkeit dieser Ansicht zu überzeugen. Frankland weist darauf hin, daß das Arsen in freiem Zustand sich mit fünf Atomen Sauerstoff zu verbinden vermag, als Kakodyl dagegen nur mit drei Atomen; er bezeichnet dies in der Art, daß das Arsen bei der Paarung mit Methyl seine „Sättigungskapazität“ ändert. Er übertrug dann ferner die sowohl bei diesen Untersuchungen, als auch bei denjenigen über Stannäthyl und Stibäthin gemachten Erfahrungen auf die anorganischen Verbindungen des Stickstoffs, Phosphors, Arsens und Antimons. Hierbei fand er, daß diese Elemente bei der Bildung von Verbindungen die Tendenz zeigen, sich entweder mit drei oder mit fünf Äquivalenten anderer Elemente zu vereinigen. So tritt das Verhältnis 1 : 3 auf bei



dasjenige 1 : 5 bei



Es erhellt also hieraus, wie Frankland in den Ann. der Chem. 85, 368 selbst sagt, hinlänglich, daß eine derartige Gesetzmäßigkeit herrscht und daß die Affinität des sich verbindenden Atoms der obengenannten Elemente stets durch dieselbe Zahl der zutretenden Atome ohne Rücksicht auf den chemischen Charakter derselben befriedigt wird. In derselben Abhandlung sagt er dann ferner, indem er für eine Verschmelzung der Typentheorie mit der elektrochemischen Radikaltheorie eintritt: „Denn während es klar ist, daß gewisse Typen von Verbindungsreihen existieren, ist es andererseits ebenso klar, daß die Natur einer sich von dem Originaltypus ableitenden Substanz wesentlich von dem elektrochemischen Charakter der darin enthaltenen einzelnen Atome und nicht lediglich von der relativen Stellung dieser Atome abhängt.“ Hiermit hat aber Frankland die Idee der Paarung aufgegeben und die Typentheorie, freilich in etwas veränderter Form angenommen.

Kolbe bekennt sich im Jahre 1857 zu Franklands Auffassung, ist aber bemüht, dieselbe noch zu erweitern. Er sucht die organischen Verbindungen durchweg als Abkömmlinge anorganischer Verbindungen, zum Teil durch einfache Substitution aus denselben entstanden, aufzufassen, indem er alle Kohlenstoffverbindungen von der Kohlensäure, alle Schwefelverbindungen von der Schwefelsäure ableitet.

Durch die Franklandschen Abhandlungen ist nun den elementaren Atomen eine zwar wechselnde, aber immerhin bestimmte Sättigungskapazität zugeschrieben

worden, und diese Ansicht birgt den Grundgedanken der Valenzlehre in sich. Wenn auch die letztere sich direkt an Franklands Untersuchungen anschließt, so dürfte man trotzdem berechtigt sein zu sagen, daß die Valenzlehre auch ohne diese Arbeiten entstanden wäre, denn sie ist eine Konsequenz der Trennung von Atom und Äquivalent. Sind die Atome nicht gleichwertig, so muß die Frage entstehen, wie sich das eine zum andern verhält, und damit ist die Frage nach der Valenz gegeben.

Auffallend ist bei der Aufstellung der Valenzlehre im allgemeinen, daß es der Untersuchung solch komplizierter Verbindungen wie der organischen bedurfte, um auf die doch bei den einfachen anorganischen Körpern viel augenfälliger zutage tretenden Erscheinungen aufmerksam gemacht zu werden<sup>1)</sup>. In analoger Weise kam man aber auch auf die speziellen Valenzverhältnisse beim Kohlenstoff nicht auf dem einfachsten Wege, wie er durch die beiden Verbindungen CO und CO<sub>2</sub> vorgezeichnet ist. Es waren auch hier Untersuchungen komplizierter Verbindungen nötig, um Einblick in diese Verhältnisse zu erlangen. Hierher gehören die Untersuchungen von Ray (Journ. chem. Soc. 7, 224) über die dreibasischen Ameisensäureäther, diejenigen von Berthollet über Glycerin (Ann. chim. et phys. [3] 41, 319) und die von Buff über Äthylen (Ann. der Chem. 96, 302) mit den dieselben ergänzenden von Wurtz (Compt. rend. 43, 199) über das Glykol. Ihre genaue Beschreibung würde hier zu weit führen.

Im Jahre 1857 leitete Kekulé alle Verbindungen der Methylreihe von dem Typus Methylwasserstoff ab, z. B.

$C_2H_4$	$C_2H_3Cl$	$C_2HCl_3$
Methylwasserstoff	Methylchlorür	Chloroform

<sup>1)</sup> E. v. Meyer, Geschichte der Chemie. 1905. S. 287.

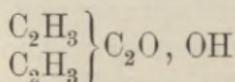
usw. Hieran knüpfen dann weitere Arbeiten Kekulé's, welche er in einer in den Ann. der Chem. im Jahre 1858 erschienenen Abhandlung „Über die Konstitution und Metamorphosen der chemischen Verbindungen und über die chemische Natur des Kohlenstoffs“ zusammenfaßte. Er machte durch diese Überlegungen möglich, den Typus „Methyl“ auf alle Kohlenstoffverbindungen auszudehnen, und rief damit ein neues System der organischen Chemie ins Leben. Ausgehend von den Untersuchungen Franklands über Stickstoff und Phosphor übertrug er die von diesem dabei entwickelten Ansichten auf den Kohlenstoff, wodurch er zu der Vierwertigkeit des Kohlenstoffs gelangte. Er begründet diese durch folgenden Satz: „Betrachtet man die einfachsten Verbindungen dieses Elementes  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{COCl}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CS}_2$  und  $\text{CNH}$ , so fällt es auf, daß die Menge Kohlenstoff, welche die Chemiker als geringst mögliche, als Atom erkannt haben, stets vier Atome eines ein- oder zwei Atome eines zweiatomigen Elementes bindet, daß allgemein die Summe der chemischen Einheiten der mit einem Atom Kohlenstoff verbundenen Elemente gleich vier ist. Dies führt zu der Ansicht, daß der Kohlenstoff vieratomig ist.“ Es sind allerdings schon ähnliche Gedanken von Kolbe und Frankland ausgesprochen worden, so daß es nicht berechtigt ist, Kekulé die Einführung des Begriffes der Atomigkeit in der Chemie zuzuschreiben. Er selbst hat sich übrigens in sehr reservierter Weise über seine diesbezüglichen Ansichten ausgesprochen, so daß es vielmehr seine Anhänger gewesen sind, welche den Anteil Kekulé's in unberechtigter Weise übertrieben haben. Sein Verdienst ist vielmehr darin zu suchen, daß er auf Grund der elementaren Sättigungskapazität zu der Vorstellung gelangte, daß die elementaren Atome im allgemeinen

untereinander in verschiedenem Grade gebunden sind, und daß hierbei ein Austausch und infolgedessen ein Verschwinden der einzelnen Affinitäten eintritt. In Übertragung dieser Ansichten auf Kohlenstoffverbindungen führt er dann aus, daß man für Substanzen, welche mehrere Atome Kohlenstoff enthalten, annehmen muß, daß wenigstens ein Teil der Atome durch die Affinität des Kohlenstoffs gehalten werde, so daß die Kohlenstoffatome selbst unter Bindung eines Teils der Affinität des einen gegen einen ebenso großen des anderen untereinander gebunden sind. Damit hat er also die Lehre von der Atomverkettung ausgesprochen. Er drückte sich hierüber in den *Ann. der Chem.* 106, 154 in folgender Weise aus: „Der einfachste und deshalb wahrscheinlichste Fall einer solchen Aneinanderlagerung von zwei Kohlenstoffatomen ist nun der, daß eine Verwandtschaft des einen Atoms mit einer des anderen gebunden wird. Von den  $2 \times 4$  Verwandtschaftseinheiten der zwei Kohlenstoffatome werden also zwei verbraucht, um die beiden Atome zusammenzuhalten; es bleiben mithin sechs übrig, die durch Atome anderer Elemente gebunden werden können.“ Diese Ansichten waren noch mancher Erweiterung fähig; Kekulé spricht auch z. B. von einer dichteren Aneinanderlagerung der Kohlenstoffatome im Benzol und Naphthalin, ferner von dem Falle eines gegenseitigen Austausches je zweier Verwandtschaftseinheiten, sowie auch von den Verhältnissen der Bindung anderer Elemente mit Kohlenstoffatomen. Unabhängig von Kekulé gelangte Couper (*Compt. rend.* 46, 1157 und *Ann. chim. et phys.* [3] 53, 469) zu ähnlichen Ansichten; von letzterem stammt die Einführung des Gebrauchs der Striche zur Andeutung der untereinander verbundenen Elemente, wodurch er den Grund zu den sogenannten „Strukturformeln“ legte. Die Bezeich-

nung „Struktur“ rührt dann von Butlerow her (Ztschr. f. Chem. 1861, 553), womit er allerdings in irrthümlicher Weise die wahre Lagerung der Atome ausdrücken wollte.

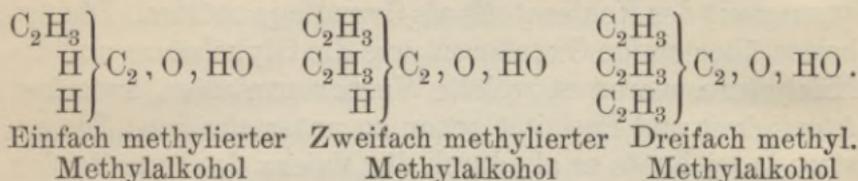
Von Kolbe und Wurtz wurden verschiedene organische Säuren eingehend untersucht, indem sie hierbei die Vieratomigkeit des Kohlenstoffs als Grundlage setzten. Die Arbeiten über einige Oxysäuren, wie die Glykolsäure und die Milchsäure, waren es, welche Wurtz veranlaßten, zwischen Atomigkeit und Basizität genau zu unterscheiden. Die erstere bezeichnete er als durch die Valenz des betreffenden Radikals, die letztere als durch die Anzahl der durch Metalle vertretbaren Wasserstoffatome bedingt. Weitere Aufklärung in dieser Frage brachte Kekulé in seinem im Jahre 1861 erschienenen Lehrbuche, in welchem er sagt, daß in der Milchsäure zwei typische, d. h. durch Vermittlung von Sauerstoff an Kohlenstoff gebundene Wasserstoffatome enthalten sind. Beide Wasserstoffatome seien aber in ihren Eigenschaften verschieden, da das eine, wie der typische Wasserstoff der Essigsäure, durch zwei Sauerstoffatome beeinflußt werde, während das andere eine dem typischen Wasserstoff des Alkohols ähnliche Rolle spiele.

Im Jahre 1862 erhielt Friedel aus dem Aceton einen mit dem Berthelotschen aus Propylen erhaltenen identischen Propylalkohol, welchen Kolbe zu seinen schon im Jahre 1859 als möglich vorhergesagten, sogenannten isomeren Alkoholen rechnete und dem er die Formel

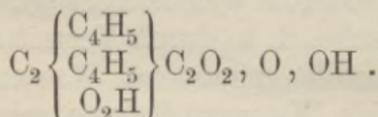


zuschrieb. Eine Bestätigung erfuhr diese Formulierung dadurch, daß dieser isomere Alkohol bei der Oxydation Aceton lieferte. Das im Jahre 1862 von Wurtz entdeckte und von Kolbe ebenfalls als sogenannter isomerer, also

sekundärer Alkohol angesprochene Amylenhydrat wurde erst im Jahre 1879 durch Wischnegradzky als tertiärer Alkohol erkannt. Kolbe verglich im Jahre 1864 die Alkohole mit den Aminbasen und gelangte infolgedessen für dieselben zu folgender Formulierung:



Durch Einwirkung von Oxalester auf Zinkäthyl hatte Frankland eine Säure erhalten, welche Kolbe als eine Biäthyloxyessigsäure auffaßte, der Formel entsprechend:



Kolbe vermochte dann weiterhin eine Isobuttersäure, ferner drei Isomere von der Formel der Valeriansäure kennen zu lernen; Geuther entdeckte im Jahre 1864 den Acetessigester, welcher durch die Arbeiten von Frankland und Duppa und später von J. Wislicenus das Ausgangsmaterial für zahlreiche Synthesen organischer Säuren wurde, wodurch die Kenntnisse derselben im allgemeinen und der Isomerieverhältnisse im speziellen wesentlich Klärung erfuhren. Durch alle diese Arbeiten wurde der wissenschaftliche organische Chemiker immer mehr dazu angeregt, nach einer Erklärung der Isomerieerscheinungen zu suchen. Für das Bestreben, diese zahlreichen Fälle möglichst einfach zu gestalten, boten die sogenannten Strukturformeln, wie sie sich mit Hilfe der von Couper vorgeschlagenen Striche (s. S. 78) entwickeln ließen, vielfache Vorteile und fanden demgemäß auch immer weiter gehende Verwendung. War es doch

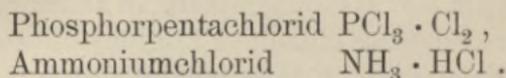
auch einfach, auf diese Weise die gegenseitigen Beziehungen der einzelnen Atome, d. h. die Art ihrer Bindung zu veranschaulichen. Wenn auch einige namhafte Chemiker wie Butlerow und Kolbe von dem Irrtum befangen waren, daß man mit Hilfe dieser Strukturformeln die tatsächliche räumliche Anordnung der Atome selbst ausdrücken könne, so war dies doch nicht die allgemeine Ansicht, es wurde vielmehr verschiedentlich gegen eine solche Auffassung Einspruch erhoben. Immerhin vermochte aber eine solche Vorstellung Ansichten hervorzurufen wie die, daß die kleinsten Teilchen der Elemente mit Häkchen ausgestattet seien, in welche die Häkchen eines andern eingreifen (Naquet und Baeyer).

Schon zu Anfang dieses Kapitels ist erwähnt worden, daß Berzelius die Traubensäure als eine der Weinsäure isomerische Verbindung erkannt habe; in den Jahren 1860 und 1861 hat nun Pasteur diesen Isomeriefall genauer untersucht und gefunden, daß es vier isomere Weinsäuren gibt. Zwei von diesen zeigen gegen den polarisierten Lichtstrahl ein eigenartiges Verhalten, indem sie diesen um gleiche Winkel, aber nach entgegengesetzter Richtung ablenken. Pasteur fand ferner, daß eine Mischung beider zu gleichen Teilen die Traubensäure liefert, welche dann den polarisierten Lichtstrahl nicht mehr ablenkt, und daß es durch geeignete Hilfsmittel möglich ist, die Traubensäure in ihre beiden „optisch aktiven“ Komponenten zu zerlegen. Ähnliche Fälle wurden auch bei anderen Körpern beobachtet, wie bei dem Amylalkohol, der Asparaginsäure usw. Carius führte für diesen Isomeriefall die Bezeichnung „physikalische Isomerie“ ein. Im Jahre 1875 haben dann Le Bel und van 't Hoff diese Isomerie mit Hilfe der Atomtheorie zu erklären versucht, indem sie die Erscheinung der optischen Aktivität auf das Vorhandensein eines sogenannten „asymmetrischen Kohlenstoffatoms“

zurückführten, worunter sie ein solches verstanden, dessen vier Valenzen an vier verschiedene Elemente oder Atomgruppen gebunden sind.

Wir haben also bisher gesehen, daß sich das ganze so komplizierte Gebäude der organischen Chemie immerhin verhältnismäßig einfach unter der Annahme einer Vierwertigkeit des Kohlenstoffs aufbauen läßt; es war nun das naturgemäße Bestreben der damaligen Chemiker, diese bei der organischen Chemie so fruchtbringend erwiesene Ansicht der Valenz auch auf die anorganische Chemie zu übertragen. Hier stieß man aber bald auf Schwierigkeiten, indem die einzelnen Elemente bald eine niedere, bald eine höhere Valenzzahl zeigten. Als Beispiel diene das Ammoniak, in welchem der Stickstoff nur drei, und das Chlorammonium, in dem derselbe dagegen fünf Affinitätseinheiten beansprucht. Die einen Chemiker schrieben nun den Elementen ein sogenanntes „maximales Sättigungsvermögen“ zu; es ist dann jedes Element mit einer bestimmten Anzahl Affinitätspunkte ausgestattet, von welchen jedoch in vielen Fällen nur ein Teil mit solchen anderer Elemente verbunden ist. Diesen Ausführungen trat jedoch Kekulé entschieden entgegen; er betrachtete die Atomität der Elemente als eine fundamentale Eigenschaft der Atome, welche ebenso unveränderlich sei, wie die Atomgewichte. Den Stickstoff nahm er dreiwertig, die Halogene einwertig und den Kohlenstoff vierwertig an. Zur exakten Durchführung dieser Annahmen mußte er aber zu neuen Hilfshypothesen seine Zuflucht nehmen, und auf Grund dieser entstand seine Einteilung der chemischen Verbindungen in sogenannte atomistische und molekulare Verbindungen, wobei er anzunehmen gezwungen war, daß in den letzteren die Komponenten durch Kräfte anderer Art zusammen-

gehalten seien, als in den ersteren. Er drückte dies auch in der Schreibweise aus, indem er die beiden Komponenten getrennt schrieb, z. B.



Als besonderes Kennzeichen der atomistischen Verbindungen galt für Kekulé, daß dieselben ohne Zersetzung in den Gaszustand überzugehen vermögen, während die molekularen Verbindungen in dem durch die Schreibweise ausgedrücktem Sinne beim Erhitzen zerfallen. Durch die Beobachtung einer unzersetzten Vergasung des Phosphorpentafluorids war aber, abgesehen von einer ganzen Anzahl weiterer Ausnahmen, eine derartige Trennung nicht haltbar, und so dürfte schon gegen Ende dieser Zeitperiode die Mehrzahl der Chemiker von einer unter gewissen Bedingungen wechselnden Sättigungskapazität der Atome überzeugt gewesen sein.

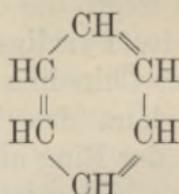
Ferner sei an verschiedene Arbeiten erinnert, welche in dieser Zeit erschienen sind und welche sich mit der Frage beschäftigen, ob den vier Kohlenstoffaffinitäten eine Gleichwertigkeit zuzuschreiben sei; die betreffenden Untersuchungen scheinen diese Frage im bejahenden Sinne entschieden zu haben.

Wenn sich nun die Konstitution einer großen Anzahl organischer Verbindungen verhältnismäßig leicht und einfach dadurch erklären läßt, daß sich die einzelnen Kohlenstoffatome untereinander absättigen und so gewissermaßen eine sogenannte Kohlenstoffkette repräsentieren, so fand doch schon Kekulé, daß es nicht möglich ist, dieser Annahme alle organischen Körper unterzuordnen. Hier waren es in erster Linie die wasserstoffärmeren Verbindungen, welche wesentliche Schwierigkeiten verursachten.

Kolbe, Couper und Wurtz haben sich dahin geäußert, daß man in dem Äthylen oder in der Akrylsäure ein oder mehrere Kohlenstoffatome dreiwertig annehmen müsse, wogegen Kekulé zuerst eine doppelte, in andern Fällen auch eine dreifache Bindung einzelner Kohlenstoffatome vorzog, später aber diese Ansicht dann wieder fallen ließ und sich dahin aussprach, daß die Affinitäten einzelner Kohlenstoffatome nicht völlig abgesättigt seien. Im großen und ganzen ist überhaupt die Frage nach der Konstitution solcher Verbindungen bis heute noch nicht völlig befriedigend abgeschlossen, man neigt aber mehr zu der Ansicht der mehrfachen Verkettung und spricht im allgemeinen von sogenannten „Doppelbindungen“ oder „dreifachen Bindungen“. Noch größere Schwierigkeiten bereiteten aber das Benzol und seine Derivate für die Konstitutionsfrage. Kekulé zeigte zuerst, daß das Benzol die Muttersubstanz aller derjenigen Verbindungen ist, welche man wegen ihres Zusammenhangs mit einigen starkriechenden Ölen als „aromatische Verbindungen“ bezeichnete und den anderen organischen Verbindungen gegenüberstellte, die man wegen ihrer Beziehung zu den Fetten als „Fettkörper“ bezeichnete.

Kekulé, welcher, worauf schon früher (S. 78) aufmerksam gemacht wurde, von einer dichteren Bindung der Kohlenstoffatome im Benzol und Naphthalin gesprochen hat, hat die Frage nach der Konstitution des Benzols in einer überaus glücklichen Weise gelöst. Unter der Voraussetzung der Vierwertigkeit des Kohlenstoffs und der Einwertigkeit des Wasserstoffs nahm er in diesen Verbindungen nicht eine Verkettung der Kohlenstoffatome in einfacher Kette an, sondern so, daß dieselben sich zu einem Ringe geschlossen haben, in welchem dieselben dreimal mit je einer Valenz und dreimal mit je zwei Valenzen unter-

einander gebunden sind. Durch diese Formulierung konnte er sowohl die Nichtexistenz isomerer Monosubstitutionsprodukte des Benzols, als auch die Nichtexistenz von mehr als drei Bi- und drei Trisubstitutionsprodukten erklären.



Allerdings ist bald von verschiedener Seite darauf hingewiesen worden, daß auf Grund der Kekulé'schen Formulierung die Existenz von vier Bisubstitutionsprodukten möglich sein müßte. Die Früchte solcher Überlegungen waren Vorschläge zur Änderung der Kekulé'schen Formel, wie sie in der Prismenformel Ladenburgs, in der Diagonalformel von Claus, in der zentrischen Formel Baeyers und in der Chinonformel Dewars zum Ausdruck kamen. Zugunsten seiner Formulierung führte dann Kekulé eine Hilfshypothese ein, in welcher er eine Oszillation der vierten Kohlenstoffvalenzen zwischen den Kohlenstoffatomen annimmt, so daß also je zwei Kohlenstoffatome bald einfach, bald zweifach untereinander gebunden erscheinen. Im allgemeinen findet man, daß die Baeyersche und die Kekulé'sche Formel immerhin die am häufigsten verwendeten sind. Damit ist also der Unterschied der Fettkörper und der aromatischen Verbindungen dadurch festgelegt, daß bei den einen die Kohlenstoffatome in Form einer offenen Kette, bei den andern in Form eines Rings miteinander verbunden sind.

Die glückliche Lösung so vieler Eigentümlichkeiten der Benzolderivate durch die Kekulé'sche Idee der Ringformel veranlaßte die Chemiker, bei verschiedenen anderen

Verbindungen, gleichgültig, ob sie nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen oder ob sie neben diesen beiden Elementen noch Stickstoff, Schwefel oder Sauerstoff enthalten, derartige ringförmige Systeme anzunehmen. Auf die Formel des Benzols folgte die des Naphthalins durch Erlenmeyer, dann die des Pyridins durch Dewar (1871) und Körner und die des Chinolins durch Dewar (1871); diesen schlossen sich dann das Thiophen, Furan und Pyrrol an, bei welchen der Ring nicht aus sechs, sondern nur aus fünf Atomen zu bilden ist. Mit der Zeit ließen sich fernerhin auch solche Verbindungen erhalten, bei denen sich nur drei oder vier Atome an der Ringbildung beteiligen, wie bei dem Trimethylen (Freund 1882) und bei den Derivaten des Tetramethylens und Pentamethylens.

Durch diese Anschauungen wurden die damaligen Chemiker veranlaßt, die Isomerieverhältnisse organischer Verbindungen genau zu studieren, und es erwiesen sich diejenigen bei dem Benzol und seinen Derivaten besonders interessant. Kekulé regte diesen Gedanken der sogenannten „Ortsbestimmung“ schon an, erfolgreiche Bearbeitung fand derselbe dann durch die Arbeiten von Baeyer, Gräbe, Ladenburg u. a.

Wir haben S. 34 schon kennen gelernt, daß die von Dumas entdeckte Methode der Dampfdichtebestimmung einen großen Einfluß auf die Atomgewichtsbestimmung ausgeübt hat. Es liegt nun deshalb nahe, daß sich das Bedürfnis fühlbar gemacht hat, diese Methode nach Möglichkeit zu vereinfachen und zu verbessern. Dumas bestimmte bei seiner Methode das Gewicht des ermittelten Dampfvolumens direkt; dieses Prinzip änderten nun Gay-Lussac und später A. W. Hofmann (1868), indem sie das von einer abgewogenen Menge des zu untersuchenden Körpers eingenommene Gasvolumen maßen. Im Jahre 1878 hat dann

V. Meyer auch diese Methode wieder geändert; er führte seine Bestimmungen in der Weise aus, daß er das Volumen der Luft oder sonst eines indifferenten Gases bestimmte, welches durch die betreffende vergaste Substanz verdrängt wird. Durch diese Methoden war man in den Stand gesetzt, durch entsprechendes Wechseln der betreffenden Heizflüssigkeit — Wasser, Schwefel, Nitrobenzol etc. — die Dampfdichte bei verschieden hoher Temperatur zu bestimmen. Auf diese Weise wurde gefunden, daß das Jod bei einer Temperatur von  $1700^{\circ}$  einatomig, das Aluminiumchlorid bei niedriger Temperatur der Formulierung  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$ , bei höherer Temperatur dagegen  $\text{AlCl}_3$  entspricht, daß dem Quecksilberchlorür in Dampfform die Formel  $\text{HgCl}$  zuzuschreiben ist, u. a. m. Alle diese Beobachtungen haben einen großen Einfluß auf die Valenzlehre ausgeübt.

Während des phlogistischen Zeitalters wurde schon von Marggraf und Scheele die Beobachtung gemacht, daß z. B. die Natriumverbindungen der Flamme eine intensive Gelbfärbung verleihen. Später finden wir dann auch genaue Untersuchungen über die Spektren vieler gefärbter Flammen; hier sind zu erwähnen die Arbeiten von John Herschel (1822), Fox Talbot (1826), W. A. Miller (1845) und Swan (1856); außerdem untersuchten Fraunhofer, Wollaston, Wheatstone, Angström u. a. die Spektren elektrischer Funken<sup>1)</sup>. Bei allen diesen Arbeiten wurde aber immer die Frage außer acht gelassen, ob die hellen Linien eines glühenden Gases durch die einzelnen chemischen Bestandteile bedingt seien. Erst durch Kirchhoff und Bunsen wurde im Jahre 1859 diese Frage dahin beantwortet, daß die hellen Linien eines glühenden Gases von den chemischen Bestandteilen desselben herrühren.

<sup>1)</sup> A. Kistner, Geschichte der Physik, II. Sammlung Göschen 294, S. 74.

Der zweite von ihnen aufgestellte Satz, daß die Art der Verbindung, die Temperatur und der Druck keinen Einfluß ausübe, erfuhr im Laufe der Zeit manche Einschränkungen, welche von Roscoe und Clifton, von Mitscherlich (1863) u. a. gemacht wurden. Auf Grund der Bunsen-Kirchhoffschen Arbeiten war es möglich, die Erscheinung der hellen Linien eines Spektrums zu einer analytisch-chemischen Methode auszuarbeiten, deren außerordentliche Fruchtbarkeit sich bei der Entdeckung neuer Elemente glänzend bewiesen hat (vgl. S. 91). Die eingehenden Untersuchungen des Sonnenspektrums ermöglichten im Verein mit den übrigen Beobachtungen die Lösung der Frage, welche Elemente in der Sonne enthalten sind. Um diese Untersuchungen haben sich neben Kirchhoff und anderen in erster Linie Müller und Kempf (1886), Rowland (1881—1888) und Thalén Verdienste erworben.

Ehe wir uns nun mit der geschichtlichen Entwicklung der unter dem Einflusse der geschilderten theoretischen Spekulationen sich rasch entwickelnden einzelnen Zweige der Chemie beschäftigen, müssen wir uns noch mit einigen Fortschritten über die theoretische Anschauung anorganischer Verbindungen befassen. Der englische Chemiker Newland und der deutsche Chemiker Lothar Meyer ordneten die Elemente nach der Größe ihrer Atomgewichte in eine Reihe, wobei sie fanden, daß nach einer gewissen Periode das chemische und das physikalische Verhalten der betreffenden Elemente große Ähnlichkeit zeigen, so daß man auf diese Weise die Elemente in natürliche Familien einzuteilen imstande ist. Wenn auch ein derartiges Bestreben zuerst wenig Anerkennung fand, so nahm dasselbe doch durch Erweiterungen von L. Meyer und Mendeljeff im Jahre 1869 infolge mancher genaueren Bestimmung der Atomgewichte faßbarere Gestalt an.

Die Frucht dieser Arbeiten war die Aufstellung des sog. „periodischen Systems der Elemente“, wodurch exakt ausgedrückt ist, daß die Eigenschaften der Elemente periodische Funktionen ihrer Atomgewichte sind. Mit seiner Hilfe vermochte Mendeljeff durch Ausfüllung der noch vorhandenen Lücken die Existenz von bisher unbekanntem Elementen, ja sogar die ungefähre Größe ihres Atomgewichtes vorauszusagen. Welch schöne Erfolge diese Spekulationen zeigten, beweist die Bestätigung solcher Prognosen durch die Entdeckung des Germaniums, Galliums und Skandiums.

Besonderen Wert legte man in dieser Zeit auf eine rationelle Bearbeitung der chemischen Prozesse zum qualitativen und quantitativen Nachweis der Elemente in ihren Verbindungen. Die Anfänge zur qualitativen Analyse, wie wir sie schon in dem früheren Zeitalter zu beobachten Gelegenheit hatten, wurden durch die Arbeiten von Berzelius, Klaproth u. a. immer mehr ergänzt, bis sie in dem heutigen „Gang der chemischen Analyse“ durch Pfaff, Rose und vor allem durch Remigius Fresenius ihren Abschluß fanden. Auch die Analyse auf trockenem Wege hatte, nachdem schon im phlogistischen Zeitalter die Verwendung von Flammenreaktionen von Marggraf empfohlen wurden, im Jahre 1820 durch die Einführung der Lötrohrreaktion von Berzelius und Hausmann und durch die Entdeckung der Spektralanalyse von Bunsen und Kirchhoff im Jahre 1859 eine nicht unbedeutende Erweiterung erfahren. Während Lavoisier, trotzdem er die Benutzung der Wage in der Chemie eingeführt hatte, keine praktische Methode zur Trennung anorganischer Verbindungen voneinander ausgearbeitet hat, stammen brauchbare derartige Methoden von Berzelius, Wöhler, Rose und auch hier wieder in erster Linie von

R. Fresenius. Die Maßanalyse, von Gay-Lussac durch seine Anleitungen zur Chlorimetrie im Jahre 1824 und zur Alkalimetrie im Jahre 1828 eingeführt, wurde namentlich von Bunsen, Mohr und Volhard durch brauchbare und heute noch allgemein benutzte Methoden bereichert. Um die Gasanalyse machten sich neben den älteren Chemikern, wie Gay-Lussac, Dalton, Henry u. a., besonders noch Bunsen, Winkler und Hempel verdient.

Die von Liebig ausgearbeitete quantitative Analyse organischer Verbindungen beschränkte sich nur auf diejenigen organischen Stoffe, welche Kohlenstoff, Wasserstoff und ev. Sauerstoff enthalten (s. S. 42). Dumas erweiterte nun im Jahre 1830 die Möglichkeit einer solchen Analyse dadurch, daß er Mittel und Wege zeigte, mit deren Hilfe es möglich war, auch den Stickstoff in derartigen Verbindungen genau zu bestimmen; während das Prinzip dieser Methode darin besteht, den Stickstoff als solchen zu messen, stammt von Will-Varrentrapp (Ann. der Chem., 39, 257), eine weitere Methode, bei welcher eine Überführung des Stickstoffs in Ammoniak stattfindet und welche in der Fassung von Kjeldahl (Ztschr. f. anal. Chem. 22, 366; 24, 455) noch heute allgemeine Verwendung findet. Alle diese Fortschritte in der Ausarbeitung brauchbarer analytischer Methoden waren auch auf die Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln und auf die gerichtliche Chemie von bedeutendem Einflusse. In dieser Richtung erwarben sich Fresenius, Stas, Husemann und König besondere Verdienste.

Bei Betrachtung der Fortschritte in der speziellen anorganischen Chemie ist zuerst die Vermehrung der Anzahl der Elemente zu nennen. Im Jahre 1860/61 wurde das Cäsium und Rubidium von Bunsen und Kirchhoff mit Hilfe der Spektralanalyse im Lepidolith

und in der Dürkheimer Sole beobachtet und daraus isoliert. Gallium (1875) und Indium (1863) wurden, das erstere von Lecoq de Boisbaudran, das letztere von Reich und Richter in Zinkerzen aufgefunden. Anfangs der vierziger Jahre wurden von Mosander in der Yttererde das Lanthan, Didym, Erbium und Thallium entdeckt, woran sich noch die Entdeckung des Skandiums von Nilson und die des Ytterbiums von Marignac anschlossen. Das Vanadium, in seinen Verbindungen schon seit Beginn des 19. Jahrhunderts bekannt, wurde im Jahre 1867 von Roscoe in freiem Zustand erhalten und als Element erkannt. Es liegt auf der Hand, daß die Bestimmung der Atomgewichte dieser neuen Elemente die Chemiker vielfach beschäftigt hat; aber auch die Atomgewichte von schon früher bekannten Elementen wurden eingehenden Nachprüfungen unterzogen. In erster Linie haben sich hierfür verdient gemacht Bunsen für Indium, Cäsium und Rubidium, Stas für Schwefel, Natrium und Kalium, Marignac für Kalium, Natrium und die Erdalkalien, Crookes für Thallium und Winkler für Aluminium u. a.

Eine genaue Bearbeitung wurde auch dem Auftreten der Allotropie bei den verschiedenen Elementen, wie beim Kohlenstoff oder beim Schwefel und Selen, gewidmet. Auch die Umwandlung des gewöhnlichen Phosphors in seine rote Modifikation, schon von Berzelius beobachtet, wurde im Jahre 1845 durch Schrötter eingehend studiert. Die Untersuchung der kristallinen Formen von bisher nur im amorphen Zustande bekannten Elementen, wie Bor und Silicium, wurde von Wöhler ausgeführt und daran schloß sich die Beobachtung von amorphen und kristallinen Modifikationen bei chemischen Verbindungen, wie bei der arsenigen Säure,

beim Quecksilberjodid und bei anderen. Im Jahre 1842 wurde das Ozon von Schönbein entdeckt und außer von diesem von Marignac, de la Rive, Andrews und Soret in bezug auf seine Zusammensetzung und sein Verhältnis zum Sauerstoff untersucht. Hand in Hand mit diesen Arbeiten gingen auch die Untersuchungen über einzelne Verbindungen der verschiedenen Elemente. In Anbetracht des engen Rahmens, in dem dieses Bändchen zu halten ist, ist es unmöglich, auch nur halbwegs die große Fülle der neuhergestellten Verbindungen aus dem Gebiete der anorganischen Chemie aufzuzählen. Es sollen deshalb nur die allerwichtigsten kurz skizziert werden. Bei den Halogenen gelang nach den gründlichen Untersuchungen Gay-Lussacs u. a. im Jahre 1869 die Reindarstellung des Fluorwasserstoffs durch Fremy und Gore, wobei im selben Jahre noch Niklès der furchtbaren Wirkung dieser Verbindung zum Opfer fiel. Dem Ozon schloß sich als stark oxydierend wirkendes Agens das Wasserstoffsperoxyd an. Ferner wurden die verschiedenen Oxydationsstufen der Halogene, des Schwefels, des Stickstoffs, des Phosphors und des Arsens einem genaueren Studium unterzogen. Von den Fortschritten in der Kenntnis der Metallverbindungen sollen in erster Linie die Untersuchungen über die Einwirkung des Lichtes auf die Silbersalze und die Verwendung derselben zum Fixieren von Lichteindrücken erwähnt werden. Schon Boyle, Scheele, Ritter und Davy (s. S. 41) machten dahingehende Beobachtungen; den Grund zu der heute so hoch entwickelten Photographie gelegt zu haben, ist aber das Verdienst Daguerres und Talbots. Im Jahre 1847 wurden, nachdem schon Talbot die jodierten Silberplatten durch lichtempfindliches Papier ersetzt hatte, durch Nièpce und Fry und Archer Negativbilder auf

Glas unter Anwendung von Eiweiß resp. Kollodium hergestellt<sup>1)</sup>.

In noch viel höherem Maße, als auf dem Gebiete der anorganischen Chemie, fand bei den organischen Verbindungen in diesem Zeitalter eine Vermehrung des experimentellen Materials statt. Es ist dies ja auch nicht wunderbar, da in der Hauptsache die Entwicklung aller theoretischen Anschauungen, vor allem diejenige der Valenzlehre an der Hand von organischen Stoffen stattfand. Wir müssen uns aber auch hier auf eine ganz kursorische Besprechung der Fortschritte in den einzelnen Gebieten beschränken.

Bei den Kohlenwasserstoffen sind zu erwähnen die Synthese derselben nach Wurtz (Ann. chim. phys. [3] 44, 273) und die Anwendung dieser Reaktion auf aromatische Verbindungen durch Fittig, ferner die Bildung von aromatischen Kohlenwasserstoffen nach der Methode von Friedel und Craft mit Hilfe von Aluminiumchlorid (Ann. der Chem. 131, 130). Aus den Jahren 1888—1890 stammen von Baeyer eingehende Untersuchungen über die Konstitution des Benzols (Ann. der Chem. 245, 251, 256 und 258). Von den Karbonsäuren fanden die gesättigten mehrbasischen in erster Linie durch Kolbe und die ungesättigten durch Kekulé eingehende Bearbeitung. Die Phthalsäuren wurden bei der oben schon erwähnten Baeyerschen Benzolarbeit eingehend studiert; zur Herstellung von aromatischen Karbonsäuren mit ungesättigter Seitenkette hat Perkin im Jahre 1877 eine allgemeine Synthese ausgearbeitet (Ann. der Chem. 147, 230). Zur Darstellung von Säurechloriden hatte Cahours einen allgemeinen Weg in der Einwirkung von Phosphor-

<sup>1)</sup> A. Kistner, Geschichte der Physik, II. Sammlung Göschen 291, S. 77 ff.

pentachlorid auf die betreffende Säure gezeigt (Ann. chim. phys. [3] 37, 285), von Béchamp wurde statt Phosphor-pentachlorid Phosphor-trichlorid (Compt. rend. 40, 944) empfohlen. Damit konnte dann Gerhardt die Darstellung der Anhydride zeigen, während die Bildung der Säure-amide aus den Chloriden schon Liebig und Wöhler bekannt war. Die Oxysäuren fanden durch J. Wislicenus in Form der Milchsäuren eingehende Bearbeitung und bildeten zugleich die Veranlassung der vielfachen Versuche Pasteurs, welche in der Aufstellung der Theorie Le Bel-van 't Hoffs über optische Isomerie ihren Abschluß fanden (s. S. 81). Bei den Oxysäuren des Benzols ist die von Kolbe im Jahre 1860 entdeckte Synthese der Salicylsäure (Ann. der Chem. 113 und 115) von besonderer Bedeutung. Von den Aldehyden und Ketonen wurde der Acetaldehyd und das Aceton schon von Liebig bearbeitet, die Konstitution der Aldehyde hat Kolbe als erster einwandsfrei ausgesprochen; allgemein wurden sie in dieser Zeit schon durch Oxydation der Alkohole erhalten. Der Benzaldehyd wurde, wie schon früher erwähnt, ebenfalls von Liebig in Gemeinschaft mit Wöhler untersucht, der Formaldehyd dagegen wurde von A. W. Hofmann zuerst (Proc. roy. soc. 16, 156) erhalten, die Synthese von Ketonen aus Säurechloriden und Zinkalkylen stammt von Williamson aus dem Jahre 1852 (Ann. der Chem. 81, 86).

Von Dumas wurde gelegentlich seiner Untersuchungen über die Erscheinung der Substitution die Einwirkung von Chlor auf Essigsäure ausgeführt und durch diese Arbeiten die Veranlassung zu zahlreichen Untersuchungen über die Einwirkung von Chlor und Brom auf die verschiedenen Kohlenwasserstoffe gegeben. Im Jahre 1862 wurde von H. Müller die chlorübertragende Wirkung des Jods beim Benzol und seinen Homologen beobachtet und eingehende

Untersuchungen besonders von L. Meyer unternommen. Bei aliphatischen Verbindungen, besonders bei Karbonsäuren, zeigten Hell und Volhard die Anwendung von amorphem Phosphor als Bromüberträger. Die Nitroverbindungen wurden in Form des Nitrobenzols im Jahre 1834 von Mitscherlich (Ann. der Chem. 12, 305) durch Einwirkung von Salpetersäure auf Benzol entdeckt (s. S. 45); durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Benzol erhielt derselbe Chemiker im Jahre 1833 die Benzolsulfosäure (Pogg. Ann. 29, 231. 31, 628).

Von den organischen Stickstoffverbindungen haben wir die Amine (Seite 68), als von A. W. Hofmann zum ersten Male genauer untersucht, kennen gelernt. In der aromatischen Reihe wurde im Jahre 1834 das Azobenzol durch Mitscherlich (Pogg. Ann. 32, 324), im Jahre 1853 das Azoxybenzol durch Zinin (Ann. der Chem. 85, 328) und im Jahre 1863 das Hydrazobenzol durch A. W. Hofmann (Jahresb. der Chem. 1863, 424) zum ersten Male hergestellt. Im Jahre 1859 wurde von Peter Griëß dann die wichtige Entdeckung der Diazoverbindungen gemacht, an deren theoretischer Betrachtung, speziell in der Konstitutionsfrage, sich in diesem Zeitalter Kekulé und Blomstrand beteiligten. Von den Cyanverbindungen wurde die Blausäure von Berthollet, die Ferrocyan- und Sulfocyanverbindungen durch Berzelius und die Cyansäure durch Liebig eingehend untersucht. Die Alkylcyanide wurden von Dumas durch Behandeln der Ammoniumsalze der organischen Säuren mit Phosphorpentoxyd zuerst im Jahre 1847 hergestellt (Compt. rend. 25, 383, 442), und ihre Umwandlung in die entsprechenden Carbonsäuren von Kolbe und Frankland mittels Kalihydrat (Ann. der Chem. 65, 269) im Jahre 1848 ausgeführt. Die ihnen isomeren Isonitrile hatte Kolbe schon

vorausgesehen und A. W. Hofmann im Jahre 1867 tatsächlich erhalten (Ann. der Chem. 144, 144; 146, 107). Der letztere hat dann auch die Alkylverbindungen der Sulfoeyansäure eingehend studiert und durch diese Arbeiten die Frage nach der Konstitution der Senföle geklärt.

Das Pyridin und das Chinolin, welche beide schon zu Beginn des letzten Jahrhunderts bekannt waren, wurden bald als Bestandteile verschiedener wichtiger Pflanzenalkaloide erkannt und boten deshalb genügend Veranlassung zu mannigfachen Untersuchungen. Die Ansicht, beide als Benzol resp. Naphthalin anzusehen, bei welchen eine CH-Gruppe durch Stickstoff ersetzt ist, hat Körner zuerst ausgesprochen, und sie erwies sich für die experimentelle Bearbeitung dieses Gebietes als besonders fruchtbringend.

Unzweifelhaft die schönsten Erfolge hat die durch Liebig und seine Zeitgenossen angeregte experimentelle Arbeitsweise unter Berücksichtigung der theoretischen Überlegungen in der Chemie der Farbstoffe zu verzeichnen. Hier hat sich in ganz hervorragender Weise der Erfolg eines innigen Zusammenarbeitens von Theorie und Praxis gezeigt. Hat sich doch die Industrie der Farbstoffe, welche in den fünfziger Jahren noch gar nicht existierte, schon bis zum Jahre 1882 so entwickelt, daß der Gesamtwert der in diesem Jahre hergestellten Farbstoffe 80—90 Millionen Mark betrug, von denen ungefähr zwei Drittel auf die Fabrikate Deutschlands fielen, als desjenigen Landes, in welchem dieses Zusammenarbeiten durch die Schule Liebig's in erster Linie gepflegt wurde. Als Vorbedingung für die erfolgreiche Entwicklung der Farbenindustrie war das genaue Studium des bei der Fabrikation von Leuchtgas als anfangs wertloses Nebenprodukt auftretenden Steinkohlenteers. Hier war es im Jahre 1834 schon Runge, welcher sich mit der Untersuchung desselben be-

schäftigte, und später war es dann vorzugsweise A. W. Hofmann. Besonders die Arbeiten Hofmanns über das Anilin aus den Jahren 1843—1845 kann man so recht als die Vorläufer für die Synthesen der künstlichen Farbstoffe bezeichnen. Die erste im Laboratorium hergestellte chemische Verbindung, welche als Farbstoff Verwendung fand, wurde von Perkin im Jahre 1856 erhalten und ist das Mauvein, dann folgte im Jahre 1858 die Synthese eines weiteren, den A. W. Hofmann durch Einwirkung von Tetrachlormethan auf Anilin darstellte, und im Jahre 1859 entdeckte in Lyon der Franzose Verguin das Fuchsin. Durch diese schönen Erfolge ermutigt, begannen die Chemiker eine fieberhafte Tätigkeit in der Herstellung der verschiedensten Farbstoffe und waren zugleich bestrebt, die neuen Errungenschaften technisch möglichst nutzbringend zu verwerten. Es entstanden auf diese Weise eine ganze Reihe von Farbstofffabriken, als deren wichtigste hier nur die Farbwerke in Höchst, diejenigen in Elberfeld und die Badische Anilin- und Soda-fabrik in Ludwigshafen genannt sein sollen.

Die Diazoreaktion von Grieb ermöglichte die Bearbeitung der großen Klasse der Azofarbstoffe, als deren erster Repräsentant das Anilingelb im Jahre 1863 entdeckt wurde, dem sich im Jahre 1866 die Entdeckung des Bismarckbrauns durch Caro und Grieb anschloß. Das von A. W. Hofmann zuerst erhaltene Dimethylanilin bildet das Ausgangsmaterial zu einer Reihe von Farbstoffen der Triphenylmethangruppe, wie Malachitgrün, Brillantgrün und andere. Die Untersuchungen von Coupier und Rosenstiehl über die Toluidine waren für die Herstellung der Farbstoffe der Rosanilingruppe geradezu unentbehrlich, und ferner führten die schon mehrfach erwähnten Untersuchungen von Baeyer über

das Benzol und die Phthalsäuren zum Fluorescein, Eosin, Phenolphthalin usw.

Hiermit wurde nach und nach eine stattliche Anzahl neuer Farbstoffe in der Färberei eingeführt. Die Chemiker waren aber auch andererseits bestrebt, die schon bekannten, meistens von der Natur dargebotenen Farbstoffe in bezug auf ihre chemische Konstitution zu untersuchen, um dieselben durch den Einblick in diese aus leicht zugänglichen Verbindungen künstlich aufzubauen und eine solche Synthese womöglich unter Verwendung von Abfallprodukten anderer Industriezweige so billig zu gestalten, daß der künstliche Farbstoff mit dem natürlichen in erfolgreiche Konkurrenz zu treten vermag. Einen besonders anschaulichen Fall haben wir in der Synthese des schon im Altertum bekannten und geschätzten Indigos; es möge deshalb gestattet sein, die Entwicklung der Indigosynthese als Beispiel hier zu besprechen, wenn auch ein großer Teil der Arbeiten zeitlich noch dem nächsten Kapitel zufällt.

Die Untersuchungen, welche sich mit der Frage nach der Konstitution des Indigos befaßten, rühren von Baeyer her und die erste Synthese dieses Farbstoffes war der Erfolg dieser Arbeit. Damit war aber vorerst für die technische Ausnützung noch nicht viel gewonnen, denn die Anthranilsäure, oder die o-Nitrozimtsäure, die Ausgangsmaterialien der Synthesen Bayers und die im Anschluß an diese von Heumann u. a. ausgearbeiteten Methoden waren so kostspielig, daß an eine erfolgreiche Konkurrenz mit dem natürlichen Indigo nicht zu denken war. Es bedurfte eines Zeitraumes von nahezu 20 Jahren, bis es der Badischen Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen gelang, eine aussichtsreiche Methode zur Herstellung der Anthranilsäure auszuarbeiten, indem sie sich hierzu des fast als Abfallmaterial geltenden Naphthalins bediente.

Damit war aber auch das Schicksal des natürlichen Indigos besiegelt. Im Jahre 1897 wurde in Deutschland schon künstlicher Indigo hergestellt<sup>1)</sup>.

In ähnlicher Weise ging es mit dem Alizarin, dem Farbstoff der Krappwurzel, nur gelang hier die Ausarbeitung technisch brauchbarer Methoden ungleich leichter als beim Indigo. Die erste Synthese des Alizarins stammt von Gräbe und Liebermann und fällt in das Jahr 1869.

Außer diesen für die Technik so wichtigen Untersuchungen hat aber auch die Farbstoffchemie zu einer Reihe von Untersuchungen Anlaß gegeben, welche zuerst mehr theoretisches Interesse besaßen, bald aber durch entsprechende Verallgemeinerung für alle Arbeiten auf diesem Gebiete bestimmend wurden. In den siebziger Jahren begann E. Fischer, sich mit dem Studium der zu der damaligen Zeit noch völlig im Dunkeln liegenden Verhältnisse der Rosanilinfarbstoffe zu befassen, und vermochte durch diese Untersuchungen einerseits den Verlauf der Reaktion, welcher zu der Bildung dieser Farbstoffe führt, andererseits ihre Konstitution in befriedigender Weise klarzulegen. Durch die eindeutige Bestimmung der Konstitution der verschiedenen Farbstoffklassen zeigte sich bald, daß zwischen der chemischen Konstitution einer Verbindung und der Natur eines Farbstoffs ein enger Zusammenhang bestehen müsse. Es trat daher die Frage auf, wodurch eigentlich das Auftreten der Farbe bei einer chemischen Verbindung bedingt ist und worauf ihre Verwendungsmöglichkeit als Farbstoff beruht. Das Studium der Farbstoffe in dieser Richtung führte zur Aufstellung einer Theorie der Farbstoffe durch O. N. Witt. Dieser Chemiker nahm an, daß die Anwesenheit gewisser Atom-

---

<sup>1)</sup> Seit neuerer Zeit stellen auch andere Fabriken, wie z. B. Höchst, künstlichen Indigo nach eigenem Verfahren her.

gruppen Bedingung sei sowohl für die Bildung einer gefärbten Verbindung, als auch für die Fähigkeit einer solchen, als Farbstoff benützt zu werden. Diese Theorie wurde von Witt im Jahre 1875 in den Berl. Ber. Bd. 9, 522 beschrieben, eine ausführliche Behandlung ist im Bändchen für Teerfarbstoffe zu finden<sup>1)</sup>.

Wir sind nun auf diese Weise von der Besprechung der geschichtlichen Entwicklung der allgemeinen organischen Chemie zu derjenigen der Verwertung chemischer Reaktionen für die chemische Großindustrie gelangt. Es ist wohl allgemein einleuchtend, daß die rapide Entwicklung der Farbstoffindustrie nicht ohne Einfluß auf die anderen Zweige der chemischen Großindustrie sein konnte. Die enormen Mengen von Benzol, Toluol, Anilin, Naphthalin usw., welche man zur Herstellung der verschiedenen Farbstoffe benötigte, haben eine möglichst sorgfältige Ausarbeitung von rationell arbeitenden Apparaten zur Destillation des Steinkohlenteers beansprucht. Abgesehen von dem vermehrten Bedarf an Salzsäure, an Salpetersäure zum Nitrieren, an Schwefelsäure zum Sulfurieren, wurden verschiedene andere Präparate erst hierdurch Fabrikationsmaterial der chemischen Fabriken; hierher gehört in erster Linie das Natriumnitrit, welches zum Diazotieren der aromatischen Amine für die Azofarbstoffe in großen Mengen nötig wurde, ferner eine ganze Reihe anderer Präparate, wie die Chromsäure resp. die Chromate, das Zinnchlorür, das Natriumacetat u. a. m. Bei der Leuchtgasfabrikation, deren Entwicklung im allgemeinen eine mehr empirische war — die erste Fabrik in England fällt ins Jahr 1810 —, bildet sich außer dem Steinkohlenteer noch ein weiteres wertvolles Abfallprodukt, das sogenannte „Gaswasser“, in welchem sich durch Waschen des Leuchtgases das in

<sup>1)</sup> Bucherer, Die Teerfarbstoffe. Sammlung Göschen 214.

demselben enthaltene Ammoniak ansammelt, das auf Ammonsalze und Cyanverbindungen technisch verarbeitet wird.

Im Gärungsgewerbe erfuhr die Spiritusfabrikation durch Verbesserung der Destillationsapparate wesentliche Fortschritte. In der Essigsäurefabrikation wurde durch das sogenannte Schnellessigverfahren ein rationellerer Betrieb ermöglicht; dasselbe wurde von Schützenbach im Jahre 1823 in Freiburg und von Wagemann im Jahre 1824 in Berlin zuerst ausgeführt. Die Industrie der Explosivstoffe, welche sich bisher nur mit der Herstellung des Schwarzpulvers beschäftigt hatte, wurde durch die im Jahre 1846 erfolgte Entdeckung der Schießbaumwolle von Schönbein und Böttger in neue Bahnen gelenkt. Die chemische Natur und die außerordentliche Wirkung dieses Explosivkörpers veranlaßten zahlreiche Untersuchungen, an welchen sich in erster Linie Abel beteiligte. Von besonderer Wichtigkeit ist dann das von Nobel im Jahre 1862 entdeckte Verfahren zur Verwendung des schon längere Zeit vorher bekannt gewordenen Nitroglycerins in Form des Dynamits. Bei den Zündwaren wurden die im Jahre 1807 eingeführten chemischen Feuerzeuge, Hölzchen mit einem Gemisch von Kaliumchlorat und Schwefel, welche durch Eintauchen in Schwefelsäure entzündet wurden, ums Jahr 1833 durch die phosphorhaltigen Reibstreichhölzchen ersetzt, und im Jahre 1848 erfuhren diese letzteren dadurch eine wesentliche Verbesserung, daß statt des giftigen gelben Phosphors der ungiftige rote Phosphor Verwendung fand.

Aus der Silikatindustrie sei besonders die Bereitung und Darstellung des hydraulischen Mörtels, des Zements, erwähnt, welcher eingehende Bearbeitung auch in betreff des Erhärtungsvorgangs durch Winkler, Knapp u. a. erfuhr.

In der Papierfabrikation wurde im Jahre 1846 erfolgreich die Methode der Papierherstellung aus vegetabilischen Rohstoffen, wie Holz oder Stroh, eingeführt.

Die Arbeiten Liebig's über die Phosphate waren nicht nur bahnbrechend für die Entwicklung der Agrikulturchemie, sondern begründeten auch den Industriezweig der künstlichen Düngstoffe und waren zugleich von nicht unbedeutendem Einflusse auf die Industrie des Rübenzuckers. Durch die Verbesserung der analytischen Methoden war man in den Stand gesetzt, auch die Verunreinigungen des Eisens einer genauen Untersuchung zu unterziehen, und diese Arbeiten gaben den Anlaß zur Ausarbeitung von brauchbaren Methoden für die Herstellung eines möglichst reinen Eisens. Die genaue Untersuchung des Hochofenprozesses von Rinmann u. a. im Verein mit den Untersuchungen der Gichtgase durch Bunsen ermöglichten die klare Erkenntnis der Beziehung des Stahls zum Eisen. Die Einführung des Bessemer Prozesses im Jahre 1856 war der erste Erfolg dieser Arbeiten, welchem sich dann bald darauf das Thomas-Gilchrist'sche Verfahren zum Entfernen des Phosphors im Jahre 1879 anschloß. Dieses Verfahren liefert aber auch zugleich ein Abfallprodukt, die Thomasschlacke, die durch die Arbeiten Wagners u. a. ein wertvolles Düngemittel für den Landwirt repräsentiert.

Auch in der Herstellung und Gewinnung der übrigen Metalle sind verschiedene Fortschritte zu verzeichnen, namentlich in derjenigen des Nickels, nachdem dasselbe immer mehr als Material zur Herstellung von Scheidemünzen und Gebrauchsgegenständen Verwendung fand.

Wir haben im laufenden Kapitel so oft Gelegenheit gehabt, die schönen Früchte zu bewundern, welche aus einem engen Zusammenarbeiten von Theorie und Praxis

hervorgegangen sind. Die hierdurch erzielten Erfolge dürften nicht zum wenigsten der Sorgfalt zuzuschreiben sein, welche in dieser Zeitperiode der Ausbildung der Chemiestudierenden zugewandt wurde. Zu Anfang des 19. Jahrhunderts existierten so gut wie gar keine Unterrichtslaboratorien und die Lehrstühle für Chemie an den Universitäten waren nicht selbständig, sondern wurden in der Regel im Nebenamte versehen. Chemische Experimentalvorträge wurden nun zuerst in der Mitte des 18. Jahrhunderts von Rouelle in Frankreich gehalten und später durch Davys Bemühungen auch in England eingeführt, wo sie Berzelius zum ersten Male hörte, der so überzeugt von ihrem Vorteile war, daß er sich derselben vom Jahre 1812 an selbst bediente. In Deutschland ging ihre Einführung infolge der damals dominierenden Stellung der Naturphilosophie nicht so rasch, erst gegen Mitte des 19. Jahrhunderts finden wir dieselben dank der Bemühungen von Liebig, Wöhler, Kolbe, Bunsen und A. W. Hofmann allgemein.

Die Ausarbeitung des praktischen Unterrichtes auf streng wissenschaftlicher Grundlage in dem Umfange, wie derselbe heutzutage an allen Hochschulen betrieben wird, ist das unstreitige Verdienst Liebigs. Derselbe vertrat eben entschieden die Meinung, daß der Schwerpunkt des chemischen Studiums nicht in die Vorlesungen, sondern in das praktische Arbeiten zu legen sei. Von ihm stammt die systematische Einteilung des Unterrichtes in qualitative und quantitative Analyse, in die Herstellung von Präparaten und in die Ausführung selbständiger Untersuchungen. Liebigs Bestreben bei seinem Unterricht war in erster Linie dahin gerichtet, seine Schüler zu selbständigem chemischen Denken zu erziehen. Laboratorien, in welchen der Unterricht der Chemiestudierenden in der angedeu-

teten Weise, nach dem Vorbilde Gießens, gehandhabt wurde, richteten mit der Zeit allé deutschen Hochschulen ein, so Göttingen auf Veranlassung Wöhlers in den dreißiger Jahren, Marburg durch Bunsen im Jahre 1840, Leipzig durch Erdmann im Jahre 1843 u. a.

Auch in anderen Ländern finden wir solche Institute, jedoch vorerst nicht in dem Umfange, wie in Deutschland; es dürfte hierin auch der Grund zu suchen sein, daß Deutschland in der Bearbeitung chemischer Fragen und in der Beeinflussung der chemischen Großindustrie mit der Zeit die erste Stelle einnahm.

Hand in Hand mit der Entwicklung des praktischen Unterrichts ging auch diejenige der chemischen Literatur. Abgesehen von den Lehrbüchern von Lavoisier, Thénard, Mitscherlich, oder von Liebig's „Organischer Chemie“, Wöhlers „Grundriß der Chemie“ und ihrer Erweiterung durch Fittig, ferner Regnault's „Cours élémentaire de chimie“, Grahams „Elements of chemistry“ u. a., erschienen große Handbücher wie das von Gmelin, von Dammer und von Beilstein. Zu ihrer Ergänzung entstanden noch sogenannte Handwörterbücher, z. B. von Fehling oder von Ladenburg, oder das „Dictionnaire de chimie pure et appliqué“ von Wurtz.

Für die möglichst rasche Verbreitung der neuen Errungenschaften auf dem chemischen Gebiete dienten die nach und nach sich vermehrenden periodischen Zeitschriften. So wurden in Frankreich im Jahre 1828 durch Berthollet, Lavoisier und Fourcroy die „Annales de Chimie“ gegründet; sie erscheinen von 1828 an als „Annales de Chimie et Physique“. Seit 1835 werden von der französischen „Académie des sciences“ in wöchentlich erscheinenden Heften die „Comptes rendus de l'académie des sciences“ herausgegeben.

In England existierten zuerst die Schriften der verschiedenen Gelehrten-Gesellschaften, wie die „Philosophical Transactions“. Das heutige Hauptorgan ist das seit 1848 erscheinende „Journal of the Chemical Society“.

In Deutschland war die erste derartige Zeitschrift die „Annalen der Physik und Chemie“, von Poggendorff im Jahre 1824 gegründet; zu denen sich dann die von Liebig im Jahre 1832 ins Leben gerufenen „Annalen der Chemie und Pharmacie“, seit 1835 den Titel „Annalen der Chemie“ führend, gesellten.

Im Jahre 1828 wurde von O. L. Erdmann das „Journal für technische und ökonomische Chemie“ gegründet, das dann im Jahre 1834 als das „Journal für praktische Chemie“ erschien. Im Jahre 1868 traten als das Publikationsorgan der Deutschen chemischen Gesellschaft die „Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft“ ins Leben. Vorübergehend existierte vom Jahre 1857 bis zum Jahre 1871 noch eine „Zeitschrift für Chemie“ unter der Leitung von Kekulé, Erlenmeyer und Fittig. Außerdem gab es noch einige Zeitschriften, welche sich mehr mit Referaten beschäftigten, wie die „Jahresberichte über die Fortschritte der Chemie“, das „Chemische Zentralblatt“ u. a. Aber auch die anderen Länder stehen mit derartigen Publikationsorganen nicht zurück; in der Mehrzahl der Fälle stehen sie in Zusammenhang mit Akademien oder Chemischen Gesellschaften, so in Holland, Italien, Österreich, Belgien, Rußland u. a.

---

## Die Chemie der Jetztzeit.

Die geschichtliche Entwicklung der organischen Chemie war es, was uns in dem vorhergehenden Kapitel hauptsächlich beschäftigt hatte, da dieser Zweig der che-

mischen Wissenschaft in der Zeit von 1830 bis gegen die Mitte der achtziger Jahre weitaus die Mehrzahl der Chemiker interessierte. Der leitende Gedanke bei diesen Arbeiten war das Bestreben, Klarheit in die Konstitution der organischen Verbindungen zu bringen und durch systematische Untersuchungen eine Klassifizierung derselben zu erzielen, durch welche ermöglicht werden sollte, das ganze große und für den ersten Moment schwer übersehbare Gebiet übersichtlich zu gestalten.

Die sich immer vergrößernde Anzahl der sog. Isomeriefälle (vgl. S. 53) veranlaßte den Ausbau der sogenannten „Strukturchemie“, deren weitgehendste Schlüsse die geometrische Isomerie von J. Wislicenus und die optische Isomerie von Le Bel-van 't Hoff (S. 81) repräsentieren. Welch große Anregung die Strukturchemie für die chemische Forschung gab, beweisen die vielen glücklichen Synthesen von Körpern, deren Existenz auf Grund der Strukturchemie vorauszusehen war. So hat sich also die Fruchtbarkeit der synthetischen Chemie auf dem Boden der Strukturlehre im Laufe der letzten 50 Jahre in ganz hervorragender Weise gezeigt. An die Synthese natürlich vorkommender Produkte, wie wir sie im letzten Kapitel gesehen haben, schlossen sich immer wieder neue an. Von den letzteren kann hier nur eine ganz beschränkte Zahl erwähnt werden; es sollen daher Erwähnung finden die Synthese von Alkaloiden wie Koniin durch Ladenburg im Jahre 1888 und die speziell in neuerer Zeit von Freund, Pschorr und Knorr ausgeführte Bearbeitung der Opiumalkaloide. Ferner sind zu nennen die Arbeiten E. Fischers über die Zuckerarten aus den achtziger und neunziger Jahren, über die Harnsäure aus den neunziger Jahren und über die Eiweißstoffe aus neuester Zeit. Es sei ferner erinnert an die erfolgreiche Bearbeitung der

Terpene durch Wallach und Baeyer, an die Synthese von verschiedenen Riechstoffen, wie Vanillin, Moschus und Ionon. Außerdem gelang es, verschiedene Verbindungen herzustellen, welche auf Grund ihrer physiologischen Wirkung mit natürlich vorkommenden Heilmitteln erfolgreich in Konkurrenz traten, wie Antipyrin (Knorr), Phenacetin, Pyramidon und nicht zu vergessen die sich stets vermehrende Zahl der künstlichen Farbstoffe, als deren wichtigsten Repräsentanten wir den Indigo schon im vorhergehenden Kapitel kennen gelernt haben.

Die oben erwähnte sogenannte geometrische Isomerie von J. Wislicenus sucht das verschiedene Verhalten von Körpern, wie Malein- und Fumarsäure oder die beiden Chlorpropylene, mit einer verschiedenen örtlichen Lagerung der Atome zu erklären. Von Hantzsch und Werner wurde diese zuerst nur für die Kohlenstoffverbindungen gemachte Annahme auf Stickstoffverbindungen übertragen, um hiermit das Auftreten von Isomerieerscheinungen bei Oximen und Diazokörpern veranschaulichen zu können.

Die sogenannte optische Isomerie fand, gegenüber dem im vorhergehenden Kapitel Ausgeführten, dadurch Erweiterung, daß man nicht nur optisch-aktive Kohlenstoffverbindungen, sondern nach den Arbeiten von Le Bel (1889), Ladenburg (1892) und neuerdings von Wedekind auch optisch-aktive Stickstoffverbindungen kennen lernte. Im Jahre 1900 gesellten sich zu diesen durch die Untersuchungen Popes auch noch optisch-aktive Schwefel- und Zinnverbindungen.

Besonders wichtig für die sogenannte Konstitutionsfrage organischer Verbindungen war das auffallende Verhalten einiger Körper, so zu reagieren, daß zur erschöpfenden Erklärung ihrer Reaktionsfähigkeit zwei verschiedene Formulierungen nötig sind, da sie sowohl nach der einen,

als nach der anderen zu reagieren vermögen, trotzdem sie tatsächlich nur in einer Form existieren. In der Regel sind es Verbindungen, bei denen für die Formeln die C(OH):C- oder CO·CH-Gruppierung in Betracht kommt. Beispiele dieser Art sind der Acetessigester, welcher im Jahre 1863 von Geuther entdeckt wurde, und dessen Reaktionsfähigkeit durch folgende zwei Formeln auszudrücken wäre:  $\text{CH}_3 \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOC}_2\text{H}_5$  und  $\text{CH}_3 \cdot \text{C}(\text{OH}) : \text{CH} \cdot \text{COOC}_2\text{H}_5$ , ferner das Isatin, Karbostyryl, Cyanamid u. a. Baeyer bezeichnete beim Isatin die Hydroxylformel als stabile Modifikation, die Ketoformel als labile, welche im freien Zustande nicht bekannt ist, von der also nur ihre Derivate existieren, sie ist nach ihm die Pseudoform. C. Laar schlug für diese Erscheinung die Bezeichnung „Tautomerie“ und V. Meyer „Desmotropie“ vor. Mit der Zeit ist es dann aber bei verschiedenen Repräsentanten gelungen, die zwei tautomeren Formen tatsächlich zu isolieren, und in den letzten Jahren vermochte Dimroth exakt nachzuweisen, daß bei tautomeren Verbindungen im flüssigen Zustande oder in Lösung ein Gleichgewicht beider Formen vorhanden ist. Damit hat sich die von W. Wislicenus<sup>1)</sup> ausgesprochene Ansicht der Tautomerieerscheinungen als intramolekularer umkehrbarer Umlagerungen und der von J. Traube aufgestellte Satz bewahrheitet, daß die Tautomerie eine besondere Art von Isomerie ist, bei der es sich um einen von äußeren Bedingungen sehr beeinflussten Gleichgewichtszustand zweier leicht ineinander umwandelbarer Isomeren handelt. Eingehende Untersuchungen über Tautomerie sind außer von den schon erwähnten Chemikern noch von Claisen, Hantzsch, Knorr, Rabe u. a. ausgeführt worden. Besonders interessant sind die Arbeiten von

<sup>1)</sup> W. Wislicenus, Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge. Herausgegeben von F. Ahrens. Bd. II, Heft 6/7.

Hantzsch über Pseudosäuren und Pseudobasen, wobei sich gezeigt hat, daß den Salzen die eine, den freien Basen resp. Säuren die andere tautomer mögliche Form zukommt (Ionisationsisomerie).

Zur erfolgreichen Ausführung aller dieser theoretisch so wichtigen Untersuchungen mußte aber notgedrungen auch die Zahl der bekannten synthetischen Arbeitsmethoden eine Vermehrung und Bereicherung erfahren. In erster Linie sind hier eine Reihe von sogenannten Kondensationen zu erwähnen, welche zwischen Aldehyden und Ketonen einerseits und bestimmten reaktionsfähig gemachten  $\text{CH}_2$ - resp.  $\text{CH}_3$ -Gruppen andererseits unter Mitwirkung von Basen wie Natronlauge, Natriumalkoholat, Ammoniak, Piperidin usw. oder Säuren wie Salzsäure oder Essigsäure ausgeführt werden. Es sind dies Arbeiten von Claisen, Knövenagel u. a. beim Malonester und Acetessigester, von V. Meyer bei Benzylecyanid, von verschiedenen anderen Chemikern beim Aceton, Acetophenon, Malonitril usw. Ferner ist von Wichtigkeit die durch Einwirkung von Phenylhydrazin auf Aldehyde und Ketone eintretende Hydrazonbildung, welche bei Oxyaldehyde und Oxyketone (Zuckerarten) zu Osazonen führt, wie E. Fischer im Jahre 1884 gefunden hat. Die Hydrazone und speziell ihre Orthosubstitutionsprodukte zeichnen sich dann weiterhin durch große Reaktionsfähigkeit, hauptsächlich unter Bildung von heterozyklischen Verbindungen, aus; es sei erwähnt die Karbazolbildung (Berl. Ber. 24, 306; 25, 133) und die Triazinbildung (Berl. Ber. 25, 2263, 3206; 26, 2788 u. a. a. O.). Das freie Hydrazin bildet mit Säuren Hydrazide, aus denen Curtius im Jahre 1896 die Darstellung der Stickstoffwasserstoffsäure gelang.

Eine ähnliche, allgemein für Aldehyde und Ketone charakteristische Reaktion ist die Einwirkung von Hydro-

xylamin auf dieselben, welche von V. Meyer im Jahre 1882/83 entdeckt wurde und zur Bildung von Oximen führt. Diese Reaktionen veranlaßten aber andererseits das Bestreben, durch möglichst einfache Reaktionen die Aldehyde und Ketone leicht zugänglich zu machen. Während dies für die ersteren bis heute trotz der Tiemann-Reimerschen und speziell der Gattermannschen Aldehydsynthese noch nicht in völlig befriedigender Weise gelungen ist, lassen sich aromatische Ketone nach Gattermann aus Säurechlorid und Benzol resp. dessen Substitutionsprodukte bei Gegenwart von Aluminiumchlorid verhältnismäßig leicht und allgemein erhalten. Als besonders ausgiebig hat sich die Reaktionsfähigkeit der Aldehyde, Ketone und verschiedener Säurederivate, wie Ester, Chloride usw., mit den Organomagnesiumverbindungen erwiesen, welche durch die von Grignard im Jahre 1900 entdeckte Methode leicht und einfach herstellbar sind. Hierdurch gelingt es, sowohl sekundäre, als auch tertiäre Alkohole und aus ihnen durch Wasserabspaltung Äthenverbindungen in einfacher Reaktion zu erhalten.

Zur Darstellung von Aminosäuren hat sich als besonders brauchbar die Gabrielsche Methode erwiesen, welche auf der Spaltung der aus Phthalimidkalium und Halogenfettsäuren entstehenden Produkte beruht. Die elektrolytische Reduktion aromatischer Nitroverbindungen wurde von verschiedenen Chemikern, wie Gattermann, Häußermann, Elbs, Tafel usw., studiert; es lassen sich hierbei je nach der Versuchsanordnung sowohl Azo-, Azoxy-, Hydrazokörper als auch Amine und Aminophenole erhalten. Andere elektrolytische Arbeiten in synthetischer Richtung, wie die Synthese höherer zweibasischer Säuren, wurden von Miller, von Brown und Walker u. a. ausgeführt. Die allgemeine Wichtigkeit der von

Peter Griess im Jahre 1860 entdeckten Diazoverbindungen wurde schon im letzten Kapitel erwähnt, über ihre Konstitution stammen aus neuerer Zeit Arbeiten von Hantzsch und Bamberger. Aus den Diazoverbindungen lassen sich sowohl mit Hilfe der Sandmeyerschen Methode (1884 ff.) leicht Halogenbenzole und Phenylnitrile erhalten, als auch durch Kochen mit Wasser Phenole oder mit Alkohol Kohlenwasserstoffe. Ihre Reaktion mit primären oder sekundären Aminen führt zur Bildung von Diazoaminoverbindungen resp. Azofarbstoffen; letztere sind schon Seite 97 erwähnt.

Unter Anlehnung an vereinzelte Versuche früherer Zeit hat sich aber während der letzten 25 Jahre neben der synthetisch-organischen Arbeitsrichtung immer mehr das Bestreben geltend gemacht, die Reaktionen bis in ihre einzelnen Teile, also möglichst den ganzen Reaktionsverlauf exakt und genau zu studieren. Hierzu reichten nun in vielen Fällen die chemischen Operationen nicht mehr aus, und man war genötigt, sich nach verfeinerten Methoden und genauer arbeitenden Apparaten umzusehen, mit deren Hilfe man in den Stand gesetzt ist, eine Reaktion während ihres ganzen Verlaufs zu verfolgen. Eine derartige Unterstützung hatte man nun in der Physik und den physikalischen Messungen gefunden. Zugleich damit fand auch eine allgemeine Übertragung physikalischer Ansichten auf chemische statt, es erfolgte gewissermaßen eine gegenseitige Verbrüderung, mit deren Hilfe manch schöne Erfolge zu verzeichnen sind; es sei hier nur an die Thermodynamik und an die Elektrochemie erinnert. Einen weiteren Bundesgenossen erhielt die Chemie, wohl eben durch die beständige Fühlung mit der Physik, in der Mathematik. Man bemühte sich nun, die Reaktion selbst, nachdem ihr Verlauf klargelegt ist, mit Hilfe der höheren Mathematik in Formeln auszudrücken, und konnte auf diese

Art dieselben in der exaktesten Form präzisieren. Mit diesen Bestrebungen befaßt sich derjenige Zweig der chemischen Wissenschaft, welchen wir heutzutage mit dem Namen „physikalische oder allgemeine Chemie“ bezeichnen. Durch die Bemühungen von Männern wie Gibbs, van der Waals, van 't Hoff, Ostwald u. a. hat sie sich aus ihren kleinen Anfängen heraus zu einer Wissenschaft ersten Ranges emporgearbeitet.

Der Beginn der Chemie der Jetztzeit ist auf das Jahr 1886 gesetzt und damit auf dasjenige Jahr, in welchem Svante Arrhenius seine elektrolytische Dissoziationstheorie veröffentlichte. Zwecks Besprechung dieser so überaus fruchtbringenden Theorie müssen wir zeitlich wieder etwas zurückgreifen. Im Jahre 1877 führte der Botaniker Pfeffer mit Hilfe der von Traube im Jahre 1867 schon entdeckten semipermeablen Wände eine Reihe von Untersuchungen über den osmotischen Druck von wässrigen Zuckerlösungen aus. Anschließend an diese Arbeiten entwickelte van 't Hoff die Ansicht, daß der osmotische Druck durch den Anprall der gelösten Moleküle an die Wände hervorgerufen werde, und kam dadurch zu dem Schlusse, daß der Zustand eines gelösten Körpers mit demjenigen der Gase eine große Ähnlichkeit habe und daß man infolgedessen die Gasgesetze, wie das Boyle-Mariottesche, das Gay-Lussacsche und die Avogadrosche Hypothese, direkt auf die Lösungen anwenden könne. Diese Arbeiten van 't Hoff's lieferten uns in ihrer Erweiterung die Methoden zur Bestimmung des Molekulargewichts mit Hilfe der Dampfdruckverminderung, der Schmelzpunktniedrigung und der Siedepunkterhöhung, wie sie in der von Raoult und Beckmann ausgearbeiteten Form möglich sind. Bei Benützung dieser Methoden fand schon Raoult und nachher mehrere andere Chemiker, daß die wässrigen

Lösungen von Salzen, Säuren und Basen diesen van 't Hoff'schen Gesetzen nicht gehorchen, daß man für sie vielmehr zu kleine Molekulargewichte findet, meistens nur die Hälfte oder ein Drittel des erwarteten Wertes. Infolgedessen war natürlich die Gültigkeit der van 't Hoff'schen Theorie sehr in Frage gestellt und derselbe war genötigt, sie durch Hilfs-hypothesen zu stützen. Arrhenius wies nun darauf hin, daß nur diejenigen Lösungen sich der van 't Hoff'schen Theorie nicht unterordnen, welche Elektrolyte sind, also den elektrischen Strom leiten und nach der Ansicht von Faraday durch denselben in ihre Ionen gespalten werden. Diese Tatsache führte Arrhenius zu der Annahme, daß diese Spaltung in die Ionen nicht erst durch den elektrischen Strom erzeugt werde, sondern daß diese Ionen vielmehr schon in der wässrigen Lösung vorhanden sind. Die Spaltung der Elektrolyte in ihre Ionen unter dem Einflusse des Wassers als Lösungsmittels wird Dissoziation genannt. Die Vollständigkeit der Dissoziation ist verschieden und hängt wesentlich von der Verdünnung ab. Zu ihrer Bestimmung bietet die verhältnismäßig leicht auszuführende Messung der elektrischen Leitfähigkeit ein einfaches Hilfsmittel. Die Anleitung in dieser Richtung ist schon von Arrhenius gegeben worden und hat dann durch Planck, Ostwald, Kohlrausch u. a. wesentliche Verbesserungen erfahren.

Eine ganze Reihe von seither nicht klarliegenden Erscheinungen fand dadurch eine einfache Erklärung, es sei nur an die Identität der Neutralisationswärme ein und derselben Säure mit verschiedenen Basen und umgekehrt erinnert, und so wurde manch neue und fruchtbringende Idee aus dieser Arrheniusschen Dissoziations-theorie geschöpft. Die Elektrochemie selbst erfuhr infolgedessen manche Umänderung, manche Erweiterung.

W. Nernst gelang es z. B. auf Grund derselben, im Verein mit der van 't Hoff'schen Lösungstheorie und der von ihm selbst aufgestellten Diffusionstheorie eine zufriedenstellende Theorie der Voltaschen Kette zu geben und damit ein hundertjähriges Rätsel zu lösen. Die Untersuchungen über die Konzentrationsketten, Oxydations- und Reduktionsketten, die Bestimmung über das elektromotorische Verhalten der verschiedensten Körper im allgemeinen, die Bestimmung der Leitfähigkeit einer großen Anzahl von Säuren und Basen und die damit bestimmbare sogenannte Affinitätskonstante, sie alle fußen auf der Theorie der Ionen in wässriger Lösung. Die Elektrochemie, welche bisher mehr oder weniger ein unbeschriebenes Blatt war, hatte hierdurch Kern und Wert erhalten und zugleich wurde auch die praktische Ausarbeitung derselben wesentlich unterstützt. Elektrochemische Reaktionen wurden in erster Linie für die Praxis der analytischen Chemie herangezogen und zwar sowohl für qualitative, wie für quantitative Analyse, wofür sich Classen, Miller, Kiliani u. a. besonders verdient gemacht haben. In der chemischen Großindustrie wird heute in zahlreichen Fällen die Elektrizität zu chemischen Reaktionen herangezogen. Die Elektrolyse der Alkalichloride, welche zur Darstellung der Alkalihydrate und zur Isolierung von Chlor führt, oder die elektrolytische Darstellung von Hypochloriten, ferner die elektrochemische Metallgewinnung, z. B. von Kupfer, Zink, Magnesium, Aluminium u. a., und die weitgehendste Elektrosynthese organischer Verbindungen, speziell die Reduktion von Nitrokörpern usw., sind beredte Beispiele für die weitgehende Verwendung elektrischer Energie im chemischen Fabrikbetrieb. Von Moissan endlich wurden verschiedene Untersuchungen bei sehr hohen Temperaturen (2000 bis

3000<sup>o</sup>) ausgeführt, welche letztere er mit Hilfe des elektrischen Ofens bequem erreichen konnte. Die Früchte dieser Arbeiten sind die Darstellung künstlicher Diamanten, die Isolierung des Fluors und vor allem die praktisch verwertbare Bildung von Calciumkarbid, dem Ausgangsmaterial zur Herstellung des Acetylens.

Verlassen wir hiermit die Elektrochemie und wenden uns wieder den rein chemischen Fragen zu, welche in den letzten Jahrzehnten bearbeitet wurden, so sei anlehnend an die Moissan'schen thermoelektrischen Arbeiten das Goldschmidt'sche Verfahren zur Erzeugung hoher Temperaturen mittels Aluminiumpulver erwähnt. Hierdurch ist es möglich, Metalle, wie Eisen, Chrom, Mangan usw., kohlefrei zu erhalten. Im Gegensatz zu diesen Arbeiten sei die von Linde im Jahre 1895 entdeckte Methode zur Erzeugung tiefer Temperaturen, besonders zur Verflüssigung der atmosphärischen Luft erwähnt. Man ist auf diese Weise leicht in den Stand gesetzt, Temperaturen von gegen  $-190^{\circ}$  zu erhalten. Außer Linde haben sich mit der Komprimierung von Gasen speziell Pictet, Cailletet, Wroble'sky und Dewar eingehend beschäftigt.

Die Anzahl der bekannten Elemente hat sich um die in den Jahren 1894 ff. von W. Ramsay und Lord Rayleigh entdeckten Edelgase Argon, Helium, Xenon, Krypton und Neon vermehrt. Die Veranlassung zur Entdeckung des Argons gab das verschiedene spezifische Gewicht des aus Luft gewonnenen oder aus Ammoniak durch Oxydation hergestellten Stickstoffs. Das Helium entdeckte Ramsay als ein Gas, welches sich aus dem Mineral Cleveit beim Behandeln mit Schwefelsäure entwickelt.

Im Jahre 1869 hatte Hittorf die Entdeckung gemacht, daß von der Kathode einer stark evakuierten Entladungsröhre besondere Strahlen ausgehen, und hat dieselben Kathoden-

strahlen genannt. Allgemeines Interesse erregten dieselben, als man durch die Arbeiten Röntgens im Jahre 1895 ihre merkwürdigen Wirkungen kennen lernte. Die weiteren Untersuchungen der verschiedensten Physiker führten dazu, diese Strahlen auf die Bewegung negativ geladener, materieller Teilchen, sogenannter Elektronen, zurückzuführen. Es sei dies hier nur deshalb erwähnt, weil in neuester Zeit die Ansicht über die Elektronen auch Eingang in der Chemie gefunden hat, indem man z. B. die Ionen als Verbindungen des betreffenden Atoms oder Atomkomplexes mit dem Elektron anzusehen bestrebt ist. Im Jahre 1896 beobachtete nun Becquerel, daß die Wirkung der Kathodenstrahlen, Baryumplatincyranür zum Leuchten zu bringen oder die Luft leitfähig zu machen, auch von gewissen Mineralien, insonderheit von der natürlichen Pechblende, erzielt werde. Dem Ehepaar Curie gelang es in mühseliger Arbeit, aus dieser Pechblende das Bromid eines neuen (?) Elementes zu isolieren, das sie Radium nannten. Außer beim Radium fand man auch bei verschiedenen anderen Elementen, daß sie die Träger dieser besonderen Strahlungsenergie sind, z. B. das Radiotellur, das Radioblei, das Radiowismut usw. Besonders interessant ist bei diesen Körpern noch, daß durch Aussendung der sogenannten „Emanation“ ein dauernder Energieverlust stattfindet, und als das Merkwürdigste bei all diesem hat Ramsay beobachtet, daß die Emanation sich in Helium überführen läßt. Alles in allem ist also das ganze Gebiet noch recht in Dunkel gehüllt, so daß noch manches Jahr vergehen dürfte, bis hier auch nur annähernd Licht geschaffen ist.

Bei anderen Elementen und ihren Verbindungen sind umfangreiche Verbesserungen in ihrer Herstellungweise zu bemerken. Im Jahre 1875 wurde durch Winkler das

von Peragrine Phillips (1831) schon entdeckte Kontaktverfahren zur Herstellung der Schwefelsäure in die Technik übertragen und von Knietsch so ausgearbeitet, daß man dieselbe direkt aus den Röstgasen herstellen kann. Da nach Berechnungen in absehbarer Zeit die Salpeterlager in Chile ausgebeutet sein werden, so ist man in letzter Zeit mit der Realisierung der schon alten Idee beschäftigt, Salpetersäure aus dem Stickstoff der Luft herzustellen. Es hat auch allen Anschein, als ob die rationelle Bearbeitung eines solchen Verfahrens in nächster Aussicht steht; jedenfalls sind in Norwegen zurzeit schon zwei Fabriken, welche diese Salpetersäureherstellung aus Luft mit Hilfe des elektrischen Stromes ausführen.

Eine bedeutende Entwicklung hat die Beleuchtungsindustrie durch Entdeckung Auers von Welsbach, mit Hilfe der Oxyde des Thoriums und Cers die nicht leuchtende Flamme des Bunsenbrenners helleuchtend zu machen und damit eine Beleuchtung zu schaffen, welche infolge ihrer Prächtigkeit und Billigkeit erfolgreich mit der elektrischen konkurriert.

Oben ist schon von der vielseitigen Verwendung der elektrischen Energie zu chemischen Operationen gesprochen worden; besonders wertvoll hat sie sich aber erwiesen, wenn es sich darum handelt, auf gewisse unedle Metalle oder Gipsabdrücke einen dünnen und gleichmäßigen Überzug eines edlen Metalls, wie Gold, Silber, oder eines Metalls überhaupt, wie Nickel, Kupfer usw., herzustellen. Man bezeichnet diese Art der Vergoldung, Verkupferung usw. als galvanoplastische.

Im letzten Kapitel haben wir gesehen, daß sich die Chemiker nicht einigen konnten in der Frage der konstanten oder wechselnden Valenz der Elemente. Die Anhänger der ersten Ansicht mußten zur konsequenten Durch-

führung ihrer Theorie bei verschiedenen Verbindungen zu einer Verdoppelung der betreffenden Formeln ihre Zuflucht nehmen, sie schrieben also das Ferrochlorid  $\text{Fe}_2\text{Cl}_4$ , das Kuprochlorid  $\text{Cu}_2\text{Cl}_2$ , das Merkurochlorid  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ . Mit Hilfe der S. 87 beschriebenen Methode der Dampfdichtebestimmung von V. Meyer hat sich nun nachweisen lassen, daß diese Verbindungen eben doch, wenn auch nur in Dampfform, als  $\text{FeCl}_2$  oder  $\text{HgCl}$  existieren, so daß also ein Wechsel der Valenz unbedingt angenommen werden muß. Zugunsten des letzteren sprechen nun noch zwei weitere Tatsachen, nämlich die Beobachtungen, daß der sonst durchweg als zweiwertig auftretende Sauerstoff unter Umständen vierwertig und der nur in wenigen Ausnahmen zweiwertige, sonst aber in den vielen organischen Verbindungen stets vierwertige Kohlenstoff auch dreiwertig auftreten kann. Es sind dies die Beobachtungen Baeyers u. a. über die Anlagerung von Säuren an gewisse sauerstoffhaltige Verbindungen, wie Pyron, Xanthon usw., und die Entdeckung des Triphenylmethyls durch Gomberg (Berl. Ber. 33 ff.). Für eine Teilbarkeit der Valenz, für die Annahme sog. Partialvalenzen tritt J. Thiele ein, auf Grund umfassender Untersuchungen über die sogenannte Kohlenstoffdoppelbindung unter spezieller Berücksichtigung der Benzolderivate (Ann. der Chem. 306 ff.). A. Werner hat in den letzten Jahren des vergangenen Jahrhunderts im Anschluß an Arbeiten über die Kobaltiakverbindungen den Valenzbegriff erweitert, indem er durch Einführung der sogenannten Koordinationszahl eine Grenzzahl annimmt, die angibt, wie viel Atome in direkter Bindung mit einem bestimmten anderen Elementaratom unabhängig von der Valenzzahl stehen können. Ferner seien noch die Arbeiten von Abegg und Bodländer

(Zeitschr. f. anorg. Chem. 20, 453) erwähnt, welche auf Grund der S. 116 angeführten Annahme, daß die Ionen gesättigte Verbindungen der Elementaratome mit dem Elektron seien, versuchten, die sog. Elektroaffinität der einzelnen Elemente auf die Valenzanschauung zu übertragen (Abegg, Zeitschr. f. anorg. Chem. 36, 330 ff.). Auch hier stehen wir heute noch einem Arbeitsgebiete gegenüber, das noch in keiner Weise auch nur als annähernd abgeschlossen zu betrachten ist.

Die sich während der Mitte des 19. Jahrhunderts so fruchtbringend zeigende Methode des chemischen Unterrichtes brachte eine stetige Vermehrung der chemischen Laboratorien an unseren Universitäten und Hochschulen mit sich. Fast kein Jahr vergeht, ohne daß nicht an der einen oder der anderen Hochschule ein neues, mit möglichster Anpassung an moderne Bestrebungen ausgestattetes chemisches Institut eröffnet wird. Von allen diesen sollen hier nur das im Jahre 1898 eröffnete chemische Institut der Universität Berlin und das 1896 eröffnete physikalisch-chemische Institut der Universität Leipzig erwähnt sein.

Mit dem enormen Aufschwung jedes einzelnen Teils der chemischen Wissenschaft mußte naturgemäß eine immer größer werdende Spezialisierung Hand in Hand gehen. Dies tritt wohl am deutlichsten in der Literatur zutage. Abgesehen von der großen Zahl der Unterrichts- und Handbücher für die einzelnen Zweige der Chemie, findet man auch eine sehr starke Vermehrung der Spezialfachzeitschriften. So entstanden die Zeitschrift für anorganische Chemie (im Jahre 1892), die Zeitschrift für physikalische Chemie, redigiert von van 't Hoff und Ostwald (im Jahre 1887), die Zeitschrift für physiologische Chemie, herausgegeben von Hoppe-Seyler (im Jahre 1877), die Zeitschrift

für analytische Chemie, begründet durch R. Fresenius (im Jahre 1862), die Zeitschrift für angewandte Chemie, herausgegeben vom Verein deutscher Chemiker, die Zeitschrift für Elektrochemie, das Vereinsorgan der deutschen Bunsengesellschaft für angewandte physikalische Chemie. Für die Möglichkeit eines umfangreichen gegenseitigen Meinungsaustausches in wissenschaftlichen Fragen ist durch Einführung einer Reihe von Kongressen gesorgt. In letzter Zeit hat sich außerdem noch das Bestreben geltend gemacht, durch Herausgabe von Sammlungen wichtiger Originalarbeiten früherer Chemiker oder von verschiedenen gegenseitigen Briefwechseln solcher das Studium der Geschichte der Chemie zu beleben. Für diesen Gedanken sind vor allem W. Ostwald und der im letzten Jahre verstorbene J. Kahlbaum erfolgreich eingetreten. Und in solchem Sinne mögen auch vorliegende Blätter, welche ja nur einen kurzen, unvollständigen Gang durch die Geschichte der Chemie vorstellen können, dem jungen Chemiker, dem Chemiestudierenden Anlaß zu weiterem Eindringen in das Werden und Entstehen der chemischen Wissenschaft geben.

---

# Namenregister.

- Abegg 118, 119.  
Abel 101.  
Albertus Magnus 35.  
Ampère 22.  
Andrews 92.  
Angström 87.  
Arfvedsen 40.  
Arrhenius 47, 112, 113.  
Auer 117.  
Avogadro 21.
- Balard 39.  
Bamberger 111.  
Baeyer 81, 86, 93, 97, 98,  
107, 108, 118.  
Béchamp 93.  
Becquerel 116.  
Beilstein 49, 104.  
Bergmann 40, 43.  
Berthollet 7, 8, 28, 37, 38,  
41, 42, 76, 104.  
Berzelius 13, 24, 25, 26,  
28, 30, 31, 33, 34, 40 ff.,  
53 ff., 59, 61, 64, 67, 71 ff.  
81, 89, 103.  
Black 5.  
Blomstrand 95.  
Bodländer 118.  
Böttger 101.  
Boullay 54.  
Boyle 36, 92.  
Brown 110.  
Buff 76.  
Bunsen 49, 58, 87, 89, 90,  
91, 102, 103, 104.  
Butlerow 79, 81.
- Cahours 93.  
Cailliet 115.  
Cannizzaro 73.  
Carius 81.  
Carlisle 24.  
Caro 97.  
Claisen 108, 109.  
Classen 114.
- Clifton 108.  
Couper 78, 80, 84.  
Coupier 97.  
Craft 93.  
Crookes 91.  
Curie 116.  
Curtius 109.
- Daguerre 92.  
Dalton 12, 13, 17, 19, 20,  
21, 27, 42, 90.  
Dammer 104.  
Davy 24, 25, 29, 30, 40,  
41, 103.  
Deresne 46.  
Dewar 86, 115.  
Dimroth 108.  
Döbereiner 44.  
Dulong 11, 32 ff.  
Dumas 34, 35, 45, 49, 54,  
56, 60 ff., 64, 70, 73, 86,  
90, 94, 95.  
Duppa 80.
- Eckeberg 13.  
Elbs 110.  
Elhujar, d' 40.  
Erdmann 104, 105.  
Erlenmeyer 86, 105.
- Fehling 104.  
Figuier 46.  
Fischer, E. 99, 106, 109.  
Fischer, G. E. 12, 23.  
Fittig 49, 93, 105.  
Fourcroy 7, 8, 104.  
Frankland 48, 52, 73, 74,  
75, 77, 80, 95.  
Frauenhofer 87.  
Fremy 92.  
Fresenius 48, 89, 90, 120.  
Freund 86, 106.  
Friedel 79, 93.
- Gabriel 110.  
Galvani 24.
- Gattermann 110.  
Gay-Lussac 10, 20, 21, 29,  
30, 31, 35, 37, 40 ff., 58,  
86, 90, 92.  
Gerhardt 50, 64 ff.  
Gibbs 112.  
Glauber 36.  
Gmelin 41, 71, 72.  
Goldschmidt 115.  
Gomberg 118.  
Gore 92.  
Gräbe 86, 99.  
Graham 67, 104.  
Grau 13.  
Grieff 95, 97, 111.  
Grignard 110.  
Guinet 42.  
Guldberg 38.  
Guyton de Morveau 7, 16,  
28.
- Hantzsch 107 ff., 111.  
Hatschett 12.  
Hausmann 89.  
Häußermann 110.  
Hell 95.  
Hempel 90.  
Henry 12, 21, 90.  
Herschel 87.  
Heumann 98.  
Hittorf 115.  
Hoff, van 't 81, 106, 112,  
119.  
Hofmann, A. W. 48, 51, 64,  
68, 86, 94, 95, 96, 97,  
103.  
Hoppe-Seyler 119.  
Howard 46.  
Husemann 90.
- Kahlbaum 120.  
Kekulé 51, 76 ff., 79, 82 ff.,  
86, 93, 95, 105.  
Kempf 88.  
Kiliani 114.

- Kirchhoff 45, 87, 89, 91.  
 Kirwan 12.  
 Kjedadhl 90.  
 Klapproth 11, 89.  
 Knapp 101.  
 Knorr 106, 107, 108.  
 Knövenagel 109.  
 Kohlrausch 113.  
 Kolbe 49, 52, 73, 74, 77,  
 79, 80, 81, 84, 93, 94,  
 95, 103.  
 König 90.  
 Kopp 48, 69.  
 Körner 86.  
  
 Laar, van 108.  
 Ladenburg 86, 104, 106,  
 107.  
 Lasaignac 42.  
 Laurent 50, 60 ff., 66, 71,  
 72.  
 Lavoisier 5, 14, 15, 17, 28,  
 39, 42, 46, 89, 104.  
 Le Bel 81, 106, 107.  
 Leblanc 41.  
 Lecoq de Boisbaudran 91.  
 Legray 33.  
 Lemery 36.  
 Liebermann 99.  
 Liebig 35, 43, 47, 53, 55,  
 56, 57, 61, 64, 67, 70, 94,  
 102, 103, 104, 105.  
 Limpricht 49.  
 Linde 115.  
  
 Marnagnac 91, 92.  
 Mayow 15.  
 Mendeljeff 88.  
 Meyer, L. 88, 94.  
 Meyer, V. 87, 108, 109,  
 110, 118.  
 Miller 87, 110, 114.  
 Mitscherlich 12, 33, 44,  
 45, 65, 88, 95, 104.  
 Mohr 90.  
 Moissan 114, 115  
 Mosander 91.  
  
 Müller 88, 94.  
 Müller von Reichenstein  
 39.  
 Muspratt 48.  
  
 Naquet 81.  
 Nernst 114.  
 Newland 88.  
 Nicholsen 24.  
 Niépce 92.  
 Niklès 92.  
 Nilsen 91.  
 Nobel 101.  
  
 Ostwald 112, 113, 119, 120  
  
 Pasteur 81.  
 Peragrine 117.  
 Perkin 93, 97.  
 Petit 11, 32 ff.  
 Pfaff 89.  
 Pfeffer 112.  
 Pictet 115.  
 Planck 113.  
 Poggendorff 105.  
 Pope 107.  
 Proust 9.  
 Pschorr 106.  
  
 Rabe 108.  
 Ramsay 115, 116.  
 Raoult 112.  
 Ray 76.  
 Rayleigh 115.  
 Regnault 70, 104.  
 Reich 91.  
 Richter 12, 23, 91.  
 Rinmann 102.  
 Ritter 24, 92.  
 Rive, de la 92.  
 Röntgen 116.  
 Roscoe 88, 91.  
 Rose 89.  
 Rouelle 103.  
 Rowland 88.  
 Runge 96.  
  
 Sandmeyer 101.  
 Saussure 42.  
  
 Scheele 40, 92.  
 Schiel 68.  
 Schönbein 92, 101.  
 Schrötter 91.  
 Schützenbach 101.  
 Soret 92.  
 Stadion 41.  
 Streckler 49.  
 Swan 87.  
  
 Tafel 110.  
 Talbot 87, 92.  
 Thénard 29, 30, 40 ff., 104.  
 Thiele 118.  
 Tiemann 110.  
 Traube 108.  
  
 Varrentrapp 48, 90.  
 Vauquelin 9, 48.  
 Verguin 97.  
 Volhard 48, 90, 95.  
 Volta 24, 25.  
  
 Waals, van der 112.  
 Wagemann 101.  
 Wagner 102.  
 Wallach 107.  
 Walkler 110.  
 Wedekind 107.  
 Wenzel 38.  
 Werner 107, 108.  
 Wheatstone 87.  
 Will 90.  
 Williamson 51, 66, 67, 68,  
 94, 107, 108.  
 Winkler 90, 91, 101, 117.  
 Wischnegradzky 80.  
 Wislicenus, J. 80, 94, 106.  
 Wislicenus, W. 108.  
 Witt 99, 100.  
 Wöhler 39, 46, 48, 53, 55,  
 59, 89, 94, 103, 104.  
 Wollaston 24, 31, 40, 87.  
 Wroblezky 113.  
 Wurtz 48, 50, 68, 76, 79,  
 84, 93, 104.  
  
 Zinin 95.

# Sachregister.

- Affinitas 35.  
Affinität 35, 75.  
Affinitätseinheiten 82.  
Affinitätskonstanten 114.  
Agrikulturchemie 102.  
Aldehyde 74, 94.  
Aldehydsynthesen 110.  
Alizarin 99.  
Allotropie 54, 91.  
Alkalien 16, 29.  
Alkalisalze 28.  
Alkohol 44.  
— isomerer 79.  
— tertiärer 79.  
Alkylyanide 95.  
Aluminium 40.  
Ameisensäureäther 76.  
Amid 61.  
Amine 95, 110.  
Aminophenole 110.  
Aminosäuren 110.  
Ammoniak 20, 31, 68, 70.  
Amphoidsalze 31.  
Amylenhydrat 80.  
Analyse, chemische 89.  
— organische 42, 91.  
Anilin 97.  
Anilingelb 97.  
Antimon 41.  
Äquivalent 24, 35, 60, 71, 72.  
Äquivalenttafel 23.  
Argon 115.  
Äther, gemischte 68.  
Ätherbildung 66.  
Ätherin 55.  
Äthylen 17, 76.  
Atomgewichte 31, 32.  
Atomgewichtstabellen 34.  
Atomhypothese 18, 31.  
Atomverkettung 78.  
Atomwärme 32, 33.  
Azobenzol 45, 95.  
Azofarbstoffe 97.  
Azokörper 110.  
Azoxybenzol 95.  
Azoxykörper 110.
- Baryum 40.  
Basen 26.  
Basizitätsgesetz 66.  
Beleuchtungsindustrie 116.  
Benzol 45, 93.  
Benzolformeln 85.  
Benzolsulfosäuren 95.  
Benzoylchlorid 59.  
Bernsteinsäure 45.  
Beryllium 40.  
Bessemerprozeß 102.  
Bindungen, einfache 84.  
— doppelte 84.  
— dreifache 84.  
Bismarckbraun 97.  
Blausäure 95.  
Bor 40.  
Borsäure 16.  
Brillantgrün 97.  
Brom 39.
- Calcium 40.  
Calciumkarbonat 53.  
Cäsium 90.  
Cer 117.  
Chemie, animalische 43.  
— anorganische 46.  
— der Farbstoffe 96.  
— der Kohlenstoffverbindungen 46.  
— der zusammengesetzten Radikale 57.  
— mineralische 43.  
— physikalische 112.  
— vegetabilische 43.  
Chinolin 86, 96.  
Chlor 29, 31.  
Chlorcyan 59.  
Chloride 28.  
Chlorkalk 41.  
Chlorkohlenstoff 59.  
Chlorsäure 41.  
Chlorüre 28.  
Chrom 40.  
Cyan 44.
- Cyansäure 53, 95.  
Cyanverbindungen 41.
- Dampfdichtebestimmung 86.  
Desmotropie 108.  
Diazoverbindungen 95, 111.  
Didym 91.  
Dissoziation 113.  
Dissoziationstheorie, elektrische 112.  
Doppelbindung 84.  
Doppelsalze 26.  
Druck, osmotischer 112.  
Düngerstoffe, künstliche 102.  
Dynamit 101.
- Effekt, chemischer 37.  
Eisen 32, 102.  
Elektrische Reduktion 110.  
Elektrizität 25.  
Elektrolyse 24, 28.  
Elektrolyse der Alkalichloride 114.  
Elektronen 116.  
Elektrosynthese 114.  
Elemente 16, 39, 115.  
Elemente der organischen Natur 57.  
Emanation 116.  
Eosin 96.  
Erbium 91.  
Erden 16.  
Essigsäure 74.  
Essigsäurefabrikation 101.  
Explosivstoffe 101.
- Ferrocyanverbindungen 95.  
Fettkörper 84.  
Flammenfärbung 87.  
Flammenreaktion 89.  
Fluor 31.  
Fluorescein 98.

- Flußsäure 16.  
 Fuchsin 97.  
 Furan 86.  
  
**Gallium** 91.  
 Galvanoplastik 117.  
 Gärungsgewerbe 101.  
 Gasanalyse 90.  
 Glycerin 76.  
 Glykol 76.  
 Großindustrie, chemische 100.  
  
**Halogenbenzole** 111.  
 Halogene 31, 92.  
 Haloidsalze 31.  
 Harnstoff 46.  
 Helium 115.  
 Heterologie 69.  
 Homologie 69.  
 Hydrazobenzol 95.  
 Hydrazokörper 110.  
  
**Indigo** 98 ff.  
 Indium 40, 91.  
 Isologie 69.  
 Isomerie 44, 54, 81.  
 — geometrische 107.  
 — optische 107.  
 — physikalische 81.  
 Isomorphie 33.  
 Isonitrile 95.  
  
**Jod** 30, 31, 34, 35, 39.  
  
**Kakodyl** 58, 74.  
 Kalium 29, 40.  
 Karbonsäuren 93.  
 Kathodenstrahlen 115.  
 Kerne 61.  
 Kerntheorie 61.  
 Ketone 94.  
 Kieselsäure 53.  
 Klassifikation Gerhards 70.  
 Knallsäure 53.  
 Kobaltiake 118.  
 Kohle 16.  
 Kohlendioxyd 20.  
 Kohlenoxyd 17, 18, 20.  
 Kohlensäure 17, 18.  
 Kohlenstoffatom, asymmetrisches 81.  
 Kohlenstoffverbindungen, optisch-aktive 107.  
  
 Kohlenwasserstoffe 44, 93.  
 Kondensationen 109.  
 Konstitution, chemische 32.  
 Kristallgestalt 32, 33.  
 Krypton 115.  
  
**Lanthan** 91.  
 Leuchtgasfabrikation 100.  
 Licht 16.  
 Literatur, chemische 104, 119.  
 Lithium 40.  
  
**Magnesium** 40.  
 Malachitgrün 97.  
 Maßanalyse 90.  
 Massenwirkung, chemische 38.  
 Mauvein 97.  
 Metalepsie 59.  
 Metalle 16, 102.  
 Metamerie 53.  
 Methan 17, 45.  
 Methylwasserstoff 76.  
 Molécules intégrantes 22.  
 — élémentaires 22.  
 Molekül 71, 72.  
 Molekulargewicht 112.  
 Molybdän 40.  
  
**Naphthalin** 86.  
 Natrium 29, 32, 40.  
 Neon 115.  
 Nitrobenzol 45.  
 Nitroverbindungen 95.  
 Nitryl 45, 61.  
 Nomenklatur 28.  
  
**Organometalle** 110.  
 Originaltypus 75.  
 Ortsbestimmung 86.  
 Osmium 40.  
 Oxalsäure 44.  
 Oxyde 28.  
 Oxydule 28.  
 Ozon 92.  
  
**Paarling** 64.  
 Palladium 40.  
 Papierfabrikation 102.  
 Partialvalenzen 118.  
 Phenolphthalein 98.  
 Phenylnitrile 111.  
 Phosphor 16, 34, 35, 41.  
  
 Phthalsäuren 98.  
 Platin 40.  
 Potassium 29.  
 Polymerie 53.  
 Proportionen 17.  
 Pseudobasen 109.  
 Pseudosäuren 109.  
 Pyridin 86, 96.  
 Pyrrol 86.  
  
**Quecksilber** 34, 35.  
  
**Radikal** 44, 55, 58.  
 Radikaltheorie 57.  
 Radioblei 116.  
 Radiotellur 116.  
 Radiowismut 116.  
 Radium 116.  
 Reste 65, 70.  
 Restetheorie 65.  
 Rhodium 40.  
 Rosanilingruppe 97.  
 Rübenzucker 102.  
 Rubidium 90.  
  
**Salpetersäure** 17, 117.  
 Salze 26.  
 Salzsäure 16, 29, 70.  
 Sättigungskapazität 74, 83.  
 Sättigungsvermögen, maximales 82.  
 Sauerstoff 16, 20, 32.  
 Säure, salpetrige 17.  
 Säureamide 94.  
 Säureanhydride 94.  
 Säurechloride 93.  
 Säuren 26.  
 Schwefel 16, 34, 35.  
 Schwefelsäure 41, 117.  
 Schwefelsäurefabrikation 41.  
 Schwefelverbindungen, optisch-aktive 107.  
 Selen 40.  
 Senföle 96.  
 Silbersalze 41, 92.  
 Silicium 40.  
 Silikatindustrie 101.  
 Skandium 91.  
 Soda 41.  
 Sodium 29.  
 Spektralanalyse 89.  
 Spiritus nitro-aëreus 15.  
 Stammkerne 61.

- Stärke 45.  
 Stärkezucker 45.  
 Steinkohlenteer 96.  
 Stickoxyd 17, 20.  
 Stickoxydul 17.  
 Stickstoff 16, 20.  
 Stickstoffverbindungen,  
   optisch-aktive 107.  
 Stöchiometrie 23.  
 Strontium 40.  
 Struktur 79.  
 Strukturchemie 106.  
 Strukturformeln 78, 80.  
 Substitution 60.  
 Substitutionsform 65.  
 Sulfoeyanverbindungen  
   95.  
 Sulfoeyanwasserstoff 30.  
 Superchlorid 28.  
 Superoxyd 28.  
 Symbolik, chemische 26.  
 System, periodisches der  
   Elemente 89.  
 Tautomerie 108.  
 Technik, chemische 41.  
 Tellur 39.  
 Temperatur, extreme  
   114ff.
- Tetramethylen 86.  
 Thallium 91.  
 Theorie, dualistische 25.  
   — der Farbstoffe 99.  
   — des Residuums 65.  
   — der Voltaschen Säule  
     114.  
 Thomas-Gilchristsches  
   Verfahren 102.  
 Thorium 117.  
 Typen 61, 75.  
 Typenbegriff 62.  
 Typentheorie 61.  
   — neuere 64.  
 Typus, mechanischer 62.
- Überchlorsäure 41.  
 Ultramarin 42.  
 Unterchlorsäure 41.  
 Unterricht, chemischer  
   103, 119.
- Valenz 82, 117.  
 Valenzlehre 76.  
 Valenzwechsel 118.  
 Vanadium 91.  
 Verbindungen, aroma-  
   tische 84.
- Verbindungen, atomisti-  
   sche 82.  
   — molekulare 82.  
 Verbindungsgewichte 71.  
 Verbrennungstheorie 15.  
 Verwandtschaft, chemi-  
   sche 35, 37.  
 Verwandtschaftstabelle 36.  
 Vis vitalis 43.  
 Volumatome 31.  
 Volumgesetz 21.  
 Volumtheorie 31.
- Wärme 16.  
   — spezifische 32.  
 Wasser 70.  
 Wasserstoff 16, 20, 70.  
 Wasserstoffsuperoxyd 92.  
 Weinsäure 53.  
 Wolfram 53.
- Xenon 115.
- Ytterbium 91.
- Zement 101.  
 Zinnverbindungen, op-  
   tisch-aktive 107.  
 Zucker 45, 106, 109.  
 Zündwaren 101.

# Kleine Bibliothek zur Chemie und Chemischen Technologie

aus der **Sammlung Göschen**

==== Jedes Bändchen gebunden 80 Pfg. ====

---

**Geschichte der Chemie** von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart. I: Von den ältesten Zeiten bis zur Verbrennungstheorie von Lavoisier. Nr. 264.

— — II: Von Lavoisier bis zur Gegenwart. Nr. 265.

**Allgemeine und physikalische Chemie** von Dr. Max Rudolphi, Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit 22 Figuren. Nr. 71.

**Stereochemie** von Dr. E. Wedekind, Professor an der Universität Tübingen. Mit 34 Abbildungen. Nr. 201.

**Anorganische Chemie** von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 37.

**Metalloide (Anorganische Chemie I)** von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 211.

**Metalle (Anorganische Chemie II)** von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 212.

**Organische Chemie** von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 38.

- Chemie der Kohlenstoffverbindungen** von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart I. II: Aliphatische Verbindungen. 2 Teile. Nr. 191, 192.
- — III: Karboeyklische Verbindungen. Nr. 193.
- — IV: Heterocyklische Verbindungen. Nr. 194.
- Analytische Chemie** von Dr. Johannes Hoppe. I: Theorie und Gang der Analyse. Nr. 247.
- — II: Reaktion der Metalloide und Metalle. Nr. 248.
- Maßanalyse** von Dr. Otto Röhm in Stuttgart. Nr. 221.
- Technisch-Chemische Analyse** von Dr. G. Lunge, Prof. an der Eidgenöss. Polytechnischen Schule in Zürich. Mit 16 Abbildungen. Nr. 195.
- Elektrochemie** von Dr. Heinrich Danneel. I. Teil: Theoretische Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Mit 18 Figuren. Nr. 252.
- Physiologische Chemie** von Dr. med. A. Legahn in Berlin. I: Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.
- — II: Dissimilation. Mit einer Tafel. Nr. 241.
- Das agrikulturchemische Kontrollwesen** von Dr. Paul Krische in Göttingen. Nr. 304.
- Allgemeine chemische Technologie** von Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. Nr. 113.
- Anorganische Chemische Industrie** von Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. I: Die Leblancsodaindustrie und ihre Nebenzweige. Mit 12 Tafeln. Nr. 205.

**Anorganische Chemische Industrie** von Dr. Gust. Rauter  
in Charlottenburg. II: Salinenwesen, Kalisalze,  
Düngerindustrie und Verwandtes. Mit 6 Tafeln.  
Nr. 206.

— — III: Anorganische Chemische Präparate. Mit 6 Tafeln.  
Nr. 207.

**Die Teerfarbstoffe** mit besonderer Berücksichtigung der  
synthetischen Methoden von Dr. Hans Bucherer,  
Professor an der Königl. Techn. Hochschule Dresden.  
Nr. 214.

**Die Industrie der Silikate, der künstlichen Bausteine  
und des Mörtels** von Dr. Gust. Rauter. I: Glas- und  
keramische Industrie. Mit 12 Tafeln Nr. 233.

— — II: Die Industrie der künstlichen Bausteine und  
des Mörtels. Mit 12 Tafeln. Nr. 234.

**Das Wasser** und seine Verwendung in Industrie und  
Gewerbe von Dr. Ernst Leher, Dipl.-Ingen. in Saal-  
feld. Mit 15 Abbildungen. Nr. 261.

**Metallurgie** von Dr. Aug. Geitz. 2 Teile. Mit 21 Fig.  
Nr. 313 und 314.

**Brauereiwesen I: Mälzerei** von Dr. Paul Dreverhoff,  
Direktor der Brauer- und Mälzerschule in Grimma  
Mit 16 Abbildungen. Nr. 303.

---

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung in Leipzig.



# Sammlung Götschen

Je in elegantem  
Leinwandband 80 Pf.

G. J. Götschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

- Feldgeschütz, Das moderne**, von W. Hendenreich, Oberstleutnant u. Militärlöcher an der Militärtechnischen Akademie. II: Die Entwicklung des heutigen Feldgeschützes auf Grund der Erfindung des rauchlosen Pulvers, etwa 1890 bis zur Gegenwart. Mit 11 Abbildungen. Nr. 307.
- Fernsprechwesen, Das**, von Dr. Ludwig Kellstab in Berlin. Mit 47 Figuren und 1 Tafel. Nr. 155.
- Festigkeitslehre** von W. Hauber, Diplom-Ingenieur. Mit zahlreichen Figuren. Nr. 288.
- Filzfabrikation**. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Direktor der Königl. Techn. Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.
- Finanzwissenschaft v. Präsident Dr. R. van der Borght** in Berlin. Nr. 148.
- Fischerei und Fischzucht v. Dr. Karl Esstein**, Prof. an der Sorbtatademie Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. Nr. 159.
- Formelsammlung, Mathemat.**, u. Repetitorium d. Mathematik, enth. die wichtigsten Formeln und Lehrsätze d. Arithmetik, Algebra, algebraischen Analysis, ebenen Geometrie, Stereometrie, ebenen u. sphärischen Trigonometrie, math. Geographie, analyt. Geometrie d. Ebene u. d. Raumes, d. Different.- u. Integralrechn. v. O. Th. Bürklen, Prof. am Kgl. Realgymn. in Schw.-Gmünd. Mit 18 Fig. Nr. 51.
- **Physikalische**, von G. Mahler, Prof. am Gymnasium in Ulm. Nr. 136.
- Forstwissenschaft** von Dr. Ad. Schwappach, Professor an der Sorbtatademie Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. Nr. 106.
- Fremdwort, Das, im Deutschen** von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 55.
- Fremdwörterbuch, Deutsches**, von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 273.
- Gardinenfabrikation**. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Direktor der Königl. Technischen Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Figuren. Nr. 185.
- Geodäsie** von Dr. C. Reinherz, Professor an der Technischen Hochschule Hannover. Mit 66 Abbild. Nr. 102.
- Geographie, Astronomische**, von Dr. Siegm. Günther, Professor a. d. Technischen Hochschule in München. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.
- **Physische**, von Dr. Siegm. Günther, Professor an der Königl. Technischen Hochschule in München. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.
- s. auch: Landeskunde. — Länderkunde.
- Geologie v. Professor Dr. Eberh. Fraas** in Stuttgart. Mit 16 Abbild. und 4 Tafeln mit über 50 Figuren. Nr. 13.
- Geometrie, Analytische, der Ebene** v. Professor Dr. M. Simon in Straßburg. Mit 57 Figuren. Nr. 65.
- **Aufgabensammlung zur Analytischen Geometrie der Ebene** von O. Th. Bürklen, Professor am Kgl. Realgymnasium in Schwäb.-Gmünd. Mit 32 Figuren. Nr. 256.
- **Analytische, des Raumes** von Prof. Dr. M. Simon in Straßburg. Mit 28 Abbildungen. Nr. 89.
- **Aufgabensammlung z. Analyt. Geometrie d. Raumes** von O. Th. Bürklen, Prof. a. Realgymn. i. Schwäb.-Gmünd. M. 8 Fig. Nr. 309.
- Geometrie, Darstellende**, v. Dr. Rob. Haußner, Prof. an der Universität Jena. I. Mit 110 Figuren. Nr. 142.
- **Ebene**, von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Mit 111 zweifarb. Fig. Nr. 41.
- **Projektive**, in synthet. Behandlung von Dr. Karl Doehlemann, Prof. an der Universität München. Mit 91 Figuren. Nr. 72.

# Sammlung Götschen

Je in elegantem  
Leinwandband 80 Pf.

G. J. Götschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

- Geschichte, Badische**, von Dr. Karl Brunner, Prof. am Gymnasium in Pforzheim und Privatdozent der Geschichte an der Techn. Hochschule in Karlsruhe. Nr. 230.
- **Bayerische**, von Dr. Hans Oel in Augsburg. Nr. 160.
- **des Byzantinischen Reiches** von Dr. K. Roth in Kempten. Nr. 190.
- **Deutsche, I: Mittelalter (bis 1500)** von Dr. F. Kurze, Oberl. am Kgl. Luisengymn. in Berlin. Nr. 33.
- **— II: Zeitalter der Reformation u. der Religionskriege** von Dr. F. Kurze, Oberlehrer am Kgl. Luisengymnasium in Berlin. Nr. 34.
- **— III: Vom Westfälischen Frieden bis zur Auflösung des alten Reichs (1648–1806)** von Dr. F. Kurze, Oberl. am Kgl. Luisengymnasium in Berlin. Nr. 35.
- siehe auch: Quellentunde.
- **Französische**, von Dr. R. Sternfeld, Prof. a. d. Univerf. Berlin. Nr. 85.
- **Griechische**, von Dr. Heinrich Swoboda, Professor an der deutschen Universität Prag. Nr. 49.
- **des 19. Jahrhunderts v. Oskar Jäger**, o. Honorarprofessor an der Univerf. Bonn. 1. Bdchn.: 1800–1852. Nr. 216.
- 2. Bdchn.: 1853 bis Ende d. Jahrh. Nr. 217.
- **Israels bis auf die griech. Zeit** von Lic. Dr. J. Benzinger. Nr. 231.
- **Lothringens**, von Dr. Herm. Derichsweiler, Geh. Regierungsrat in Straßburg. Nr. 6.
- **des alten Morgenlandes** von Dr. Fr. Hommel, Prof. a. d. Univerf. München. M. 6 Bild. u. 1 Kart. Nr. 43.
- **Osterreichische, I: Von der Urzeit bis 1439** von Prof. Dr. Franz von Krones, neubearbeitet von Dr. Karl Uhlirz, Prof. an der Univ. Graz. Nr. 104.
- Geschichte, Osterreichische II: Von 1526 bis zur Gegenwart** von Hofrat Dr. Franz von Krones, Prof. an der Univ. Graz. Nr. 105.
- **Römische**, von Realgymnasial-Dir. Dr. Jul. Koch in Grunewald. Nr. 19.
- **Russische**, v. Dr. Wilh. Reeb, Oberl. am Ostergymnasium in Mainz. Nr. 4.
- **Sächsische**, von Professor Otto Kaemmel, Rektor des Nikolaigymnasiums zu Leipzig. Nr. 100.
- **Schweizerische**, von Dr. K. Dändliker, Prof. a. d. Univ. Zürich. Nr. 188.
- **Spanische**, von Dr. Gustav Diercks. Nr. 266.
- **der Chemie** siehe: Chemie.
- **der Malerei** siehe: Malerei.
- **der Mathematik** s.: Mathematik.
- **der Musik** siehe: Musik.
- **der Pädagogik** siehe: Pädagogik.
- **der Physik** siehe: Physik.
- **des deutschen Romans** s.: Roman.
- **der deutschen Sprache** siehe: Grammatik, Deutsche.
- **des deutschen Unterrichtswesens** siehe: Unterrichtswesen.
- Geschichtswissenschaft, Einleitung in die**, von Dr. Ernst Bernheim, Professor an der Universität Greifswald. Nr. 270.
- Gesundheitslehre.** Der menschliche Körper, sein Bau und seine Tätigkeiten, von E. Rebmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abb. u. 1 Taf. Nr. 18.
- Gewerbewesen** von Werner Sombart, Professor an d. Universität Breslau. I. II. Nr. 203. 204.
- Gewichtswesen.** Maß, Münz- und Gewichtswesen von Dr. Aug. Blind, Prof. an der Handelsschule in Köln. Nr. 283.
- Gleichstrommaschine, Die**, von C. Kinzbrunner, Ingenieur und Dozent für Elektrotechnik an der Municipal School of Technology in Manchester. Mit 78 Figuren. Nr. 257.

# Sammlung Götschen

Je in elegantem  
Leinwandband

80 Pf.

G. J. Götschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

**Gletscherkunde** von Dr. Fritz Machacek in Wien. Mit 5 Abbild. im Text und 11 Tafeln. Nr. 154.

**Gottfried von Straßburg.** Hartmann von Aue, Wolfram von Eschenbach u. Gottfried von Straßburg. Auswahl aus dem hof. Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch von Dr. K. Marold, Prof. am Kgl. Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.

**Grammatik, Deutsche,** und kurze Geschichte der deutschen Sprache von Schulrat Professor Dr. O. Lyon in Dresden. Nr. 20.

— **Griechische,** I: Formenlehre von Dr. Hans Meißner, Professor an der Klosterschule zu Maulbronn. Nr. 117.

— II: Bedeutungslehre und Syntax von Dr. Hans Meißner, Professor an der Klosterschule zu Maulbronn. Nr. 118.

— **Lateinische.** Grundriß der lateinischen Sprachlehre von Professor Dr. W. Votjak in Magdeburg. Nr. 82.

— **Mittelhochdeutsche.** Der Nibelunge Nôt in Auswahl und mittelhochdeutsche Grammatik mit kurzem Wörterbuch von Dr. W. Golther, Prof. a. d. Universität Rostock. Nr. 1.

— **Russische,** von Dr. Erich Bernker, Professor an der Universität Prag. Nr. 66.

— siehe auch: Russisches Gesprächsbuch. — Lesebuch.

**Handelskorrespondenz, Deutsche,** von Prof. Th. de Beaur, Officier de l'Instruction Publique. Nr. 182.

— **Englische,** von E. E. Whitfield, M. A., Oberlehrer an King Edward VII Grammar School in King's Lynn. Nr. 237.

— **Französische,** v. Professor Th. de Beaur, Officier de l'Instruction Publique. Nr. 183.

— **Italienische,** von Professor Alberto de Beaur, Oberlehrer am Kgl. Institut S. S. Annunziata in Florenz. Nr. 219.

— **Spanische,** von Dr. Alfredo Nadal de Marzecurrena. Nr. 295.

**Handelspolitik, Auswärtige,** von Dr. Heinr. Sieveking, Prof. an der Universität Marburg. Nr. 245.

**Handelswesen, Das,** von Dr. Wilh. Lexis, Professor an der Universität Göttingen. I: Das Handelspersonal und der Warenhandel. Nr. 296.

— II: Die Effektenbörse und die innere Handelspolitik. Nr. 297.

**Harmonielehre** von A. Halm. Mit vielen Notenbeilagen. Nr. 120.

**Hartmann von Aue, Wolfram von Eschenbach und Gottfried von Straßburg.** Auswahl aus dem hofischen Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch von Dr. K. Marold, Professor am königlichen Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.

**Hauptliteraturen, Die, d. Orients** v. Dr. M. Haberlandt, Privatdoz. a. d. Universität Wien. I. II. Nr. 162, 163.

**Heldensage, Die deutsche,** von Dr. Otto Eitpold Jiriczek, Prof. an der Universität Münster. Nr. 32.

— siehe auch: Mythologie.

**Industrie, Anorganische Chemische,** v. Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. I: Die Eblancsodaindustrie und ihre Nebenweige. Mit 12 Tafeln. Nr. 205.

— II: Salinenwesen, Kalisalze, Düngerindustrie und Verwandtes. Mit 6 Tafeln. Nr. 206.

— III: Anorganische Chemische Präparate. Mit 6 Tafeln. Nr. 207.

— **der Silikate, der künstl. Bausteine und des Mörtels.** I: Glas- und keramische Industrie von Dr. Gustav Rauter in Charlottenburg. Mit 12 Tafeln. Nr. 233.

— II: Die Industrie der künstlichen Bausteine und des Mörtels. Mit 12 Tafeln. Nr. 234.

**Integralrechnung** von Dr. Friedr. Junker, Professor am Karlsghmn. in Stuttgart. Mit 89 Fig. Nr. 88.

**Integralrechnung.** Repetitorium und Aufgabensammlung zur Integralrechnung von Dr. Friedrich Junker, Professor am Karlsghmnasium in Stuttgart. Mit 50 Figuren. Nr. 147.

# Sammlung Götschen

Je in elegantem  
Leinwandband

80 Pf.

G. J. Götschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

- Kartenkunde**, geschichtlich dargestellt von E. Geleisch, Direktor der k. k. Nautischen Schule in Lussinpiccolo und S. Sauter, Professor am Realgymnasium in Ulm, neu bearbeitet von Dr. Paul Dinse, Assistent der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin. Mit 70 Abbildungen. Nr. 30.
- Kirchenlied**. Martin Luther, Thom. Murner, und das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Professor G. Berlit, Oberlehrer am Nikolai-gymnasium zu Leipzig. Nr. 7.
- Klimakunde I: Allgemeine Klima- lehre** von Professor Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Tafeln und 2 Fig. Nr. 114.
- Kolonialgeschichte** von Dr. Dietrich Schäfer, Professor der Geschichte an der Universität Berlin. Nr. 156.
- Kompositionslehre**. Musikalische Formenlehre von Stephan Krehl. I. II. Mit vielen Notenbeispielen. Nr. 149. 150.
- Kontrollwesen, Das agrrikultur- chemische**, von Dr. Paul Krißche in Göttingen. Nr. 304.
- Körper, der menschliche, sein Bau und seine Tätigkeiten**, von E. Rebmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abbildungen und 1 Tafel. Nr. 18.
- Kristallographie** von Dr. W. Brühns, Professor an der Universität Straß- burg. Mit 190 Abbild. Nr. 210.
- Kudrum und Dietrichsphen**. Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. E. Jiriczek, Professor an der Universität Münster. Nr. 10.
- — siehe auch: Leben, Deutsches, im 12. Jahrhundert.
- Kultur, Die, der Renaissance**. Gesittung, Förschung, Dichtung von Dr. Robert S. Arnold, Privatdozent an der Universität Wien. Nr. 189.
- Kulturgegeschichte, Deutsche**, von Dr. Reinh. Günther. Nr. 56.
- Künste, Die graphischen**, von Carl Kampmann, Sachlehrer a. d. k. k. Graphischen Lehr- und Versuchs- anstalt in Wien. Mit zahlreichen Abbildungen und Beilagen. Nr. 75.
- Kurzschrift** siehe: Stenographie.
- Länderkunde von Europa** von Dr. Franz Heiderich, Professor am Francisco-Josephinum in Mödling. Mit 14 Textkärtchen und Dia- grammen und einer Karte der Alpeneinteilung. Nr. 62.
- **der außereuropäischen Erd- teile** von Dr. Franz Heiderich, Prof. a. Francisco-Josephinum in Mödling. Mit 11 Textkärtchen u. Profil. Nr. 63.
- Landeskunde von Baden** von Prof. Dr. O. Kienitz in Karlsruhe. M. Profil, Abbildungen und 1 Karte. Nr. 199.
- **des Königreichs Bayern** von Dr. W. Göß, Professor an der Kgl. Techn. Hochschule München. Mit Profilen, Abbild. u. 1 Karte. Nr. 176.
- **von Britisch-Nordamerika** von Prof. Dr. A. Ooppel in Bremen. Mit 13 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 284.
- **von Elsaß-Lothringen** von Prof. Dr. R. Langenbed in Straßburg i. E. Mit 11 Abbildgn. u. 1 Karte. Nr. 215.
- **der Iberischen Halbinsel** von Dr. Fritz Regel, Professor an der Universität Würzburg. Mit 8 Kärt- chen und 8 Abbildung. im Text und 1 Karte, in Farbendruck. Nr. 235.
- **von Oesterreich-Ungarn** von Dr. Alfred Grund, Privatdozent an der Universität Wien. Mit 10 Text- illustration. und 1 Karte. Nr. 244.
- **des Königreichs Sachsen** v. Dr. J. Semmrich, Oberlehrer am Real- gymnas. in Plauen. Mit 12 Ab- bildungen u. 1 Karte. Nr. 258.
- **von Skandinavien** (Schweden, Norwegen und Dänemark) von Heinrich Kerp, Lehrer am Gymna- sium und Lehrer der Erdkunde am Comenius-Seminar zu Bonn. Mit 11 Abbild. und 1 Karte. Nr. 202.

# Sammlung Götschen

Je in elegantem  
Leinwandband

80 Pf.

G. J. Götschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

**Landeskunde des Königreichs  
Württemberg** von Dr. Kurt Has-  
fert, Professor der Geographie an  
der Handelshochschule in Köln. Mit  
16 Vollbildern u. 1 Karte. Nr. 157.

**Landwirtschaftliche Betriebslehre**  
von Ernst Langenbeck in Bochum.  
Nr. 227.

**Leben, Deutsches, im 12. Jahr-  
hundert.** Kulturhistorische Er-  
läuterungen zum Nibelungenlied  
und zur Kudrun. Von Professor  
Dr. Jul. Dieffenbacher in Freiburg  
i. B. Mit 1 Tafel und 30 Ab-  
bildungen. Nr. 93.

**Lesings Emilia Galotti.** Mit Ein-  
leitung und Anmerkungen von Prof.  
Dr. W. Voßig. Nr. 2.

— **Minna v. Barnhelm.** Mit Anm.  
von Dr. Tomajsek. Nr. 5.

**Licht.** Theoretische Physik II. Teil:  
Licht und Wärme. Von Dr. Gust.  
Jäger, Professor an der Universität  
Wien. Mit 47 Abbildungen. Nr. 77.

**Literatur, Althochdeutsche,** mit  
Grammatik, Übersetzung und Er-  
läuterungen von Th. Schaffler,  
Professor am Realgymnasium in  
Ulm. Nr. 28.

**Literaturdenkmäler des 14. u. 15.  
Jahrhunderts.** Ausgewählt und  
erläutert von Dr. Hermann Janßen,  
Direktor der Königin Luise-Schule in  
Königsberg i. Pr. Nr. 181.

— **des 16. Jahrhunderts I: Mar-  
tin Luther, Thom. Murner u.  
das Kirchenlied des 16. Jahr-  
hunderts.** Ausgewählt und mit  
Einleitungen und Anmerkungen ver-  
sehen von Prof. G. Berlit, Ober-  
lehrer am Nikolaigymnasium zu  
Leipzig. Nr. 7.

**Literaturdenkmäler des 16. Jahr-  
hunderts II: Hans Sachs.** Aus-  
gewählt und erläutert von Prof. Dr.  
Jul. Sahr. Nr. 24.

— **III: Von Brant bis Rollen-  
hagen: Brant, Gutten, Fischart,  
sowie Terepos und Fabel.** Aus-  
gewählt und erläutert von Prof.  
Dr. Julius Sahr. Nr. 36.

**Literaturen, Die, des Orients.**

I. Teil: Die Literaturen Ostasiens  
und Indiens v. Dr. M. Haberlandt,  
Privatdozent an der Universität  
Wien. Nr. 162.

— II. Teil: Die Literaturen der Per-  
ser, Semiten und Türken, von Dr.  
M. Haberlandt, Privatdozent an  
der Universität Wien. Nr. 163.

**Literaturgeschichte, Deutsche,** von  
Dr. Max Koch, Professor an der  
Universität Breslau. Nr. 31.

— **Deutsche, der Klassikerzeit** von  
Carl Weitzbrecht, Professor an der  
Techn. Hochschule Stuttgart. Nr. 161.

— **Deutsche, des 19. Jahrhunderts**  
von Carl Weitzbrecht, Professor an  
der Technischen Hochschule Stuttgart.  
I. II. Nr. 134. 135.

— **Englische,** von Dr. Karl Weiser  
in Wien. Nr. 69.

— — Grundzüge und Haupttypen der  
englischen Literaturgeschichte von Dr.  
Arnold M. M. Schröer, Prof. an der  
Handelshochschule in Köln. 2 Teile.  
Nr. 286. 287.

— **Griechische,** mit Berücksichtigung  
der Geschichte der Wissenschaften  
von Dr. Alfred Gerde, Prof. an  
der Universität Greifswald. Nr. 70.

— **Italienische,** von Dr. Karl Voßler,  
Professor a. d. Universität Heidel-  
berg. Nr. 125.

— **Nordische,** I. Teil: Die isländische  
und norwegische Literatur des Mittel-  
alters von Dr. Wolfgang Golther,  
Professor an der Universität Rostock.  
Nr. 254.

— **Portugiesische,** von Dr. Karl von  
Reinhardtstoettner, Prof. an der Kgl.  
Techn. Hochschule i. München. Nr. 213.

— **Römische,** von Dr. Hermann  
Joachim in Hamburg. Nr. 52.

— **Russische,** von Dr. Georg Polonskij  
in München. Nr. 166.

— **Slavische,** von Dr. Josef Karásef  
in Wien. I. Teil: Ältere Literatur  
bis zur Wiedergeburt. Nr. 277.

— — 2. Teil: Das 19. Jahrh. Nr. 278.

— **Spanische,** von Dr. Rudolf Beer  
in Wien. I. II. Nr. 167. 168.

# Sammlung Götschen

Je in elegantem  
Leinwandband 80 Pf.

G. J. Götschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

- Logarithmen.** Vierstellige Tafeln und Gegentafeln für logarithmisches und trigonometrisches Rechnen in zwei Farben zusammengestellt von Dr. Hermann Schubert, Professor an der Gelehrten Schule d. Johanneums in Hamburg. Nr. 81.
- Logik.** Psychologie und Logik zur Einführung in die Philosophie von Dr. Th. Essenhans. Mit 13 Figuren. Nr. 14.
- Luther, Martin, Thom. Murner und das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts.** Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberlehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.
- Magnetismus.** Theoretische Physik III. Teil: Elektrizität und Magnetismus. Von Dr. Gustav Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 33 Abbild. Nr. 78.
- Malerei, Geschichte der, I. II. III. IV. V.** von Dr. Rich. Muther, Professor an der Universität Breslau. Nr. 107—111.
- Mälzerei.** Brauereiwesen I: Mälzerei von Dr. Paul Dreverhoff, Direktor d. Öffentl. u. I. Sächs. Versuchstation für Brauerei u. Mälzerei, sowie der Brauer- u. Mälzerschule zu Grimma. Nr. 303.
- Maschinenelemente, Die.** Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den prakt. Gebrauch von Sr. Barth, Obergeringieur in Nürnberg. Mit 86 Fig. Nr. 3.
- Maß-, Münz- und Gewichtswesen** von Dr. August Blind, Prof. an der Handelsschule in Köln. Nr. 283.
- Maschanalyse** von Dr. Otto Röhm in Stuttgart. Nr. 221.
- Materialprüfungswesen.** Einführ. i. d. mod. Technik d. Materialprüfung von K. Memmler, Diplomingenieur. Ständ. Mitarbeiter a. Kgl. Materialprüfungsamte zu Groß-Lichterfelde. I: Materialeigenschaften. — Festigkeitsversuche. — Hilfsmittel f. Festigkeitsversuche. Mit 55 Fig. Nr. 311.
- Materialprüfungswesen.** Einführ. i. d. mod. Technik d. Materialprüfung von K. Memmler, Diplomingenieur. Ständ. Mitarbeiter a. Kgl. Materialprüfungsamte zu Groß-Lichterfelde. II: Metallprüfung u. Prüfung von Hilfsmaterialien d. Maschinenbaues. — Baumaterialprüfung. — Papierprüfung. — Schmiermittelprüfung. — Einiges über Metallographie. Mit 31 Figuren. Nr. 312.
- Mathematik, Geschichte der,** von Dr. A. Sturm, Professor am Obergymnasium in Seitenstetten. Nr. 226.
- Mechanik.** Theoret. Physik I. Teil: Mechanik und Akustik. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Univ. Wien. Mit 19 Abbild. Nr. 76.
- Meereskunde, Physische,** von Dr. Gerhard Schott, Abteilungsvorsteher an der Deutschen Seewarte in Hamburg. Mit 28 Abbild. im Text und 8 Tafeln. Nr. 112.
- Messungsmethoden, Physikalische** v. Dr. Wilhelm Bahrdt, Oberlehrer an der Oberrealschule in Groß-Lichterfelde. Mit 49 Fig. Nr. 301.
- Metalle** (Anorganische Chemie 2. Teil) v. Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Königl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 212.
- Metalloide** (Anorganische Chemie 1. Teil) von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 211.
- Meteorologie** von Dr. W. Trabert, Professor an der Universität Innsbruck. Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 54.
- Mineralogie** von Dr. R. Brauns, Professor an der Universität Kiel. Mit 130 Abbildungen. Nr. 29.
- Minnesang und Spruchdichtung.** Walthar v. d. Vogelweide mit Auswahl aus Minnesang und Spruchdichtung. Mit Anmerkungen und einem Wörterbuch von Otto Günther, Professor an der Oberrealschule und an der Techn. Hochschule in Stuttgart. Nr. 23.

# Sammlung Götschen Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Götschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

- Morphologie, Anatomie u. Physiologie der Pflanzen.** Von Dr. W. Migula, Prof. a. d. Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbild. Nr. 141.
- Münzwesen.** Maß-, Münz- und Gewichtswesen von Dr. Aug. Blind, Professor an der Handelsschule in Köln. Nr. 283.
- Murner, Thomas.** Martin Luther, Thomas Murner und das Kirchenlied des 16. Jahrh. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberl. am Nikolaigymn. zu Leipzig. Nr. 7.
- Musik, Geschichte der alten und mittelalterlichen,** von Dr. A. Möhler. Mit zahlreichen Abbild. und Musikbeilagen. Nr. 121.
- Musikalische Formenlehre (Kompositionslehre)** v. Stephan Krehl. I. II. Mit vielen Notenbeispielen. Nr. 149. 150.
- Musikgeschichte des 17. und 18. Jahrhunderts** von Dr. K. Grunsky in Stuttgart. Nr. 239.
- **des 19. Jahrhunderts** von Dr. K. Grunsky in Stuttgart. I. II. Nr. 164. 165.
- Musiklehre, Allgemeine,** v. Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 220.
- Mythologie, Germanische,** von Dr. Eugen Mogk, Professor an der Universität Leipzig. Nr. 15.
- **Griechische und römische,** von Dr. Herm. Steuding, Professor am Kgl. Gymnasium in Würzen. Nr. 27.
- siehe auch: Helden Sage.
- Navigation.** Kurzer Abriss des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Teils der Schiffsfahrtskunde. Von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigations-Schule zu Lübeck. Mit 56 Abbildungen. Nr. 84.
- Nibelunge, Der, Höt** in Auswahl und Mittelhochdeutsche Grammatik mit kurzem Wörterbuch von Dr. W. Golther, Professor an der Universität Rostock. Nr. 1.
- — siehe auch: Leben, Deutsches, im 12. Jahrhundert.
- Nutzpflanzen** von Prof. Dr. J. Behrens, Vorst. d. Groß. landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Augustenberg. Mit 53 Figuren. Nr. 123.
- Pädagogik im Grundriß** von Professor Dr. W. Rein, Direktor des Pädagogischen Seminars an der Universität Jena. Nr. 12.
- **Geschichte der,** von Oberlehrer Dr. H. Weimer in Wiesbaden. Nr. 145.
- Paläontologie** v. Dr. Rud. Hoernes, Prof. an der Universität Graz. Mit 87 Abbildungen. Nr. 95.
- Parallelperspektive.** Rechtswinkliger und schiefwinkliger Axonometrie von Professor J. Donderlinn in Breslau. Mit 121 Figuren. Nr. 260.
- Perspektive** nebst einem Anhang üb. Schattenkonstruktion und Parallelperspektive von Architekt Hans Frenschberger, Oberlehrer an der Baugewerkschule Köln. Mit 88 Abbild. Nr. 57.
- Petrographie** von Dr. W. Bruhns, Prof. a. d. Universität Straßburg i. E. Mit 15 Abbild. Nr. 173.
- Pflanze, Die,** ihr Bau und ihr Leben von Oberlehrer Dr. E. Dennert. Mit 96 Abbildungen. Nr. 44.
- Pflanzenbiologie** von Dr. W. Migula, Prof. a. d. Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbild. Nr. 127.
- Pflanzenkrankheiten** v. Dr. Werner Friedrich Bruck in Gießen. Mit 45 Abbildungen und 1 farb. Tafel. Nr. 310.
- Pflanzen-Morphologie, -Anatomie und -Physiologie** von Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 141.
- Pflanzenreich, Das.** Einteilung des gesamten Pflanzenreichs mit den wichtigsten und bekanntesten Arten von Dr. F. Reinecke in Breslau und Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Figuren. Nr. 122.
- Pflanzenwelt, Die, der Gewässer** von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 158.

# Sammlung Götschen

Je in elegantem

Leinwandband

80 Pf.

G. J. Götschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

- Pharmakognosie.** Von Apotheker F. Schmitthener, Assistent am Botan. Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe. Nr. 251.
- Philosophie, Einführung in die,** von Dr. Max Wentscher, Prof. a. d. Universität Königsberg. Nr. 281.
- **Psychologie und Logik zur Einführ.** in die Philosophie von Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Fig. Nr. 14.
- Photographie.** Von Prof. H. Kessler, Sachlehrer an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit 4 Tafeln und 52 Abbild. Nr. 94.
- Physik, Theoretische, I. Teil: Mechanik und Akustik.** Von Dr. Gustav Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 19 Abbild. Nr. 76.
- — II. Teil: Licht und Wärme. Von Dr. Gustav Jäger, Professor an der Univ. Wien. Mit 47 Abbild. Nr. 77.
- — III. Teil: Elektrizität und Magnetismus. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Universität Wien. Mit 33 Abbild. Nr. 78.
- **Geschichte der,** von A. Kistner, Professor an der Großh. Realschule zu Sinsheim a. E. I: Die Physik bis Newton. Mit 13 Fig. Nr. 293.
- — II: Die Physik von Newton bis zur Gegenwart. Mit 3 Figuren. Nr. 294.
- Physikalische Aufgabensammlung** von G. Mahler, Prof. d. Mathem. u. Physik am Gymnasium in Ulm. Mit den Resultaten. Nr. 243.
- Physikalische Formelsammlung** von G. Mahler, Prof. am Gymnasium in Ulm. Nr. 136.
- Physikalische Messungsmethoden** v. Dr. Wilhelm Bährdt, Oberlehrer an der Oberrealschule in Groß-Lichterfelde. Mit 49 Fig. Nr. 301.
- Plastik, Die, des Abendlandes** von Dr. Hans Stegmann, Konservator am German. Nationalmuseum zu Nürnberg. Mit 23 Tafeln. Nr. 116.
- Poetik, Deutsche,** von Dr. K. Borinski, Dozent a. d. Univ. München. Nr. 40.
- Posamentiererei, Textil-Industrie II:** Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Professor Max Gürtler, Direktor der Königl. Techn. Centralstelle für Textil-Ind. zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.
- Psychologie und Logik zur Einführ.** in die Philosophie, von Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Fig. Nr. 14.
- Psychophysik, Grundriss der,** von Dr. G. S. Eipps in Leipzig. Mit 3 Figuren. Nr. 98.
- Pumpen, hydraulische und pneumatische Anlagen.** Ein kurzer Überblick von Regierungsbaumeister Rudolf Dogdt, Oberlehrer an der kgl. höheren Maschinenbaukschule in Posen. Mit zahlreichen Abbildungen. Nr. 290.
- Quellenkunde zur deutschen Geschichte** von Dr. Carl Jacob, Prof. a. d. Universität Tübingen. 2 Bände. Nr. 279. 280.
- Rechnen, Kaufmännisches,** von Richard Just, Oberlehrer an der Öffentlichen Handelslehranstalt der Dresdener Kaufmannschaft. I. II. III. Nr. 139. 140. 187.
- Recht des Bürgerlichen Gesetzbuches.** Viertes Buch: Familienrecht von Dr. Heinrich Tietze, Professor an der Universität Göttingen. Nr. 305.
- Rechtslehre, Allgemeine,** von Dr. Th. Sternberg in Charlottenburg. I: Die Methode. Nr. 169.
- II: Das System. Nr. 170.
- Rechtsschutz, Der internationale gewerbliche,** von J. Neuberg, Kaiserl. Regierungsrat, Mitglied des Kaiserl. Patentamts zu Berlin. Nr. 271.
- Redelehre, Deutsche,** v. Hans Probst, Gymnasialprofessor in Bamberg. Mit einer Tafel. Nr. 61.
- Religionsgeschichte, Alttestamentliche,** von D. Dr. Max Löhr, Prof. an der Universität Breslau. Nr. 292.
- **Indische,** von Professor Dr. Edmund Hardy. Nr. 83.
- — siehe auch Buddha.

# Sammlung Götschen

Je in elegantem  
Leinwandband

80 Pf.

G. J. Götschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

- Religionswissenschaft, Abriss der vergleichenden**, von Prof. Dr. Th. Achelis in Bremen. Nr. 208.
- Roman**. Geschichte d. deutschen Romans von Dr. Hellmuth Mielle. Nr. 229.
- Russisch-Deutsches Gesprächsbuch** von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität Prag. Nr. 68.
- Russisches Lesebuch** mit Glossar von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität Prag. Nr. 67.
- — siehe auch: Grammatik.
- Sachs, Hans**. Ausgewählt und erläutert von Prof. Dr. Julius Sahr. Nr. 24.
- Säugetiere**. Das Tierreich I: Säugetiere von Oberstudienrat Prof. Dr. Kurt Lampert, Vorsteher des Kgl. Naturalienkabinetts in Stuttgart. Mit 15 Abbildungen. Nr. 282.
- Schattenkonstruktionen** v. Prof. J. Dunderlinn in Breslau. Mit 114 Fig. Nr. 236.
- Schmaroher u. Schmaroherium in der Tierwelt**. Erste Einführung in die tierische Schmaroherkunde v. Dr. Franz v. Wagner, a. o. Prof. a. d. Univ. Gießen. Mit 67 Abbildungen. Nr. 151.
- Schule, Die deutsche, im Auslande**, von Hans Amrhein in Halle a. S. Nr. 259.
- Schulpraxis**. Methodik der Volksschule von Dr. R. Senfert, Seminaroberlehrer in Annaberg. Nr. 50.
- Simplicius Simplicissimus** von Hans Jakob Christoffel v. Grimmelshausen. In Auswahl herausgegeben von Prof. Dr. S. Bobertag, Dozent an der Universität Breslau. Nr. 138.
- Sociologie** von Prof. Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 101.
- Spitzenfabrikation**. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Professor Max Gürtler, Direktor der Königl. Technischen Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Figuren. Nr. 185.
- Sprachdenkmäler, Gotische**, mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen v. Dr. Herm. Janzen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 79.
- Sprachwissenschaft, Germanische**, v. Dr. Rich. Loewe in Berlin. Nr. 238.
- **Indogermanische**, v. Dr. R. Meringer, Prof. a. d. Univ. Graz. Mit einer Tafel. Nr. 59.
- Sprachwissenschaft, Romanische**, von Dr. Adolf Zauner, Privatdozent an der Universität Wien. I: Lautlehre u. Wortlehre I. Nr. 128.
- II: Wortlehre II u. Syntax. Nr. 250.
- **Semitische**, von Dr. C. Brodelmann, Professor an der Universität Königsberg. Nr. 291.
- Staatsrecht, Preussisches**, von Dr. Fritz Stier-Somlo, Professor an der Universität Bonn. 2 Teile. Nr. 298 u. 299.
- Stammeskunde, Deutsche**, von Dr. Rudolf Much, a. o. Professor an d. Universität Wien. Mit 2 Karten und 2 Tafeln. Nr. 126.
- Statik**, I. Teil: Die Grundlehren der Statik starrer Körper v. W. Hauber, diplom. Ing. Mit 82 Fig. Nr. 178.
- II. Teil: Angewandte Statik. Mit 61 Figuren. Nr. 179.
- Stenographie** nach dem System von F. E. Gabelsberger von Dr. Albert Schramm, Mitglied des Kgl. Stenogr. Instituts Dresden. Nr. 246.
- Lehrbuch der Vereinfachten Deutschen Stenographie (Einig.-System Stolze-Schren) nebst Schlüssel, Lesebüchern u. einem Anhang v. Dr. Amsel, Oberlehrer des Kadettenhauses Oranienstein. Nr. 86.
- Stereochemie** von Dr. E. Wedekind, Professor a. d. Universität Tübingen. Mit 34 Abbild. Nr. 201.
- Stereometrie** von Dr. R. Glaeser in Stuttgart. Mit 44 Figuren. Nr. 97.
- Stilkunde** von Karl Otto Hartmann, Gewerbeschulvorstand in Lahr. Mit 7 Vollbildern und 195 Text-Illustrationen. Nr. 80.



# Sammlung Götschen

Je in elegantem  
Leinwandband

80 Pf.

G. J. Götschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

**Volkswirtschaftspolitik** von Prä-  
sident Dr. R. van der Borgh in Ber-  
lin. Nr. 177.

**Waltheuried, Das**, im Versmaße  
der Urschrift überfetzt und erläutert  
von Prof. Dr. H. Althof, Oberlehrer  
a. Realgymnasium i. Weimar. Nr. 46.

**Walther von der Vogelweide** mit  
Auswahl aus Minnesang u. Spruch-  
dichtung. Mit Anmerkungen und  
einem Wörterbuch von Otto Günther,  
Prof. a. d. Oberrealschule und a. d.  
Techn. Hochsch. in Stuttgart. Nr. 23.

**Warenkunde**, von Dr. Karl Hassack,  
Professor an der Wiener Handels-  
akademie. I. Teil: Unorganische  
Waren. Mit 40 Abbildungen. Nr. 222.  
— II. Teil: Organische Waren. Mit  
36 Abbildungen. Nr. 223.

**Wärme**. Theoretische Physik II. Teil:  
Licht und Wärme. Von Dr. Gustav  
Jäger, Professor an der Universität  
Wien. Mit 47 Abbild. Nr. 77.

**Wärmelehre, Technische, (Ther-  
modynamik)** von K. Walther u.  
M. Röttinger, Dipl.-Ingenieuren.  
Mit 54 Figuren. Nr. 242.

**Wäscherei**. Textil-Industrie III:  
Wäscherei, Bleicherei, Färberei und  
ihre Hilfsstoffe von Dr. Wilh. Massot,  
Lehrer an der Preuß. höh. Fachschule  
für Textilindustrie in Krefeld. Mit  
28 Fig. Nr. 186.

**Wasser, Das**, und seine Verwendung  
in Industrie und Gewerbe von Dr.  
Ernst Leher, Dipl.-Ingen. in Saalfeld.  
Mit 15 Abbildungen. Nr. 261.

**Webererei**. Textil-Industrie II: We-  
berei, Wirkerei, Posamentiererei,  
Spitzen- und Gardinenfabrikation  
und Filzfabrikation von Professor  
Max Gürtler, Direktor der Königl.  
Techn. Zentralstelle für Textil-  
Industrie zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

**Wirkerei**. Textil-Industrie II: We-  
berei, Wirkerei, Posamentiererei,  
Spitzen- und Gardinenfabrikation  
und Filzfabrikation von Professor  
Max Gürtler, Direktor der Königl.  
Techn. Zentralstelle für Textil-  
Industrie zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

**Wolfram von Eschenbach**. Hart-  
mann v. Aue, Wolfram v. Eschen-  
bach und Gottfried von Straßburg.  
Auswahl aus dem hof. Epos mit  
Anmerkungen u. Wörterbuch v. Dr.  
K. Marold, Prof. a. Kgl. Friedrichs-  
kolleg. 3. Königsberg i. Pr. Nr. 22.

**Wörterbuch** nach der neuen deutschen  
Rechtschreibung von Dr. Heinrich  
Klenz. Nr. 200.

— **Deutsches**, von Dr. Ferd. Detter,  
Prof. an d. Universität Prag. Nr. 64.

**Zeichenschule** von Prof. K. Kimmich  
in Ulm. Mit 17 Tafeln in Ton-,  
Farben- und Golddruck u. 135 Voll-  
und Textbildern. Nr. 39.

**Zeichnen, Geometrisches**, von H.  
Becker, Architekt und Lehrer an der  
Baugewerkschule in Magdeburg,  
neu bearb. v. Prof. J. Vonderlinn,  
diplom. und staatl. gepr. Ingenieur  
in Breslau. Mit 290 Fig. und 23  
Tafeln im Text. Nr. 58.

Weitere Bände erscheinen in rascher Folge.

# Sammlung Schubert.

## Sammlung mathematischer Lehrbücher,

die, auf wissenschaftlicher Grundlage beruhend, den Bedürfnissen des Praktikers Rechnung tragen und zugleich durch eine leicht faßliche Darstellung des Stoffs auch für den Nichtfachmann verständlich sind.

### G. J. Göschensche Verlagshandlung in Leipzig.

#### Verzeichnis der bis jetzt erschienenen Bände:

- |   |   |
|---|---|
| 1 Elementare Arithmetik und Algebra von Prof. Dr. Hermann Schubert in Hamburg. M. 2.80.   | 12 Elemente der darstellenden Geometrie von Dr. John Schröder in Hamburg. M. 5.—.   |
| 2 Elementare Planimetrie von Prof. W. Pflieger in Münster i. E. M. 4.80.  | 13 Differentialgleichungen von Prof. Dr. L. Schlesinger in Klausenburg. 2. Auflage. M. 8.—.   |
| 3 Ebene und sphärische Trigonometrie von Dr. F. Bohnert in Hamburg. 2. Auflage. M. 2.—.   | 14 Praxis der Gleichungen von Prof. C. Runge in Hannover. M. 5.20.  |
| 4 Elementare Stereometrie von Dr. F. Bohnert in Hamburg. M. 2.40.   | 19 Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungs-Rechnung von Dr. Norbert Herz in Wien. M. 8.—.  |
| 5 Niedere Analysis I. Teil: Kombinatorik, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Kettenbrüche und diophantische Gleichungen von Professor Dr. Hermann Schubert in Hamburg. M. 3.60. | 20 Versicherungsmathematik von Dr. W. Grossmann in Wien. M. 5.—.  |
| 6 Algebra mit Einschluß der elementaren Zahlentheorie von Dr. Otto Pund in Altona. M. 4.40.   | 25 Analytische Geometrie des Raumes II. Teil: Die Flächen zweiten Grades von Professor Dr. Max Simon in Straßburg. M. 4.40.                                       |
| 7 Ebene Geometrie der Lage von Prof. Dr. Rud. Böger in Hamburg. M. 5.—.   | 27 Geometrische Transformationen I. Teil: Die projektiven Transformationen nebst ihren Anwendungen von Prof. Dr. Karl Doehlemann in München. M. 10.—.             |
| 8 Analytische Geometrie der Ebene von Professor Dr. Max Simon in Straßburg. M. 6.—.   | 29 Allgemeine Theorie der Raumkurven und Flächen I. Teil von Professor Dr. Victor Kommerell in Reutlingen und Professor Dr. Karl Kommerell in Heilbronn. M. 4.80. |
| 9 Analytische Geometrie des Raumes I. Teil: Gerade, Ebene, Kugel von Professor Dr. Max Simon in Straßburg. M. 4.—.  | 31 Theorie der algebraischen Funktionen und ihrer Integrale von Oberlehrer E. Landfriedt in Straßburg. M. 8.50.   |
| 10 Differential- und Integralrechnung I. Teil: Differentialrechnung von Prof. Dr. W. Frz. Meyer in Königsberg. M. 9.—.  | 32 Theorie und Praxis der Reihen von Prof. Dr. C. Runge in Hannover. M. 7.—.  |
| 11 Differential- und Integralrechnung II. Teil: Integralrechnung von Prof. Dr. W. Franz Meyer in Königsberg. M. 10.—.   | 34 Liniengeometrie mit Anwendungen I. Teil von Professor Dr. Konrad Zindler in Innsbruck. M. 12.—.  |

# Sammlung Schubert.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

- |   |   |
|---|---|
| 35 Mehrdimensionale Geometrie I. Teil: Die linearen Räume von Prof. Dr. P. H. Schoute in Groningen. M. 10.—.                            | 44 Allgemeine Theorie der Raumkurven und Flächen II. Teil von Professor Dr. Victor Kommerell in Reutlingen u. Professor Dr. Karl Kommerell in Heilbronn. M. 5.80. |
| 36 Mehrdimensionale Geometrie II. Teil: Die Polytope von Prof. Dr. P. H. Schoute in Groningen. M. 10.—.                                 | 45 Niedere Analysis II. Teil: Funktionen, Potenzreihen, Gleichungen von Professor Dr. Hermann Schubert in Hamburg. M. 3.80.                                       |
| 38 Angewandte Potentialtheorie in elementarer Behandlung I. Teil v. Prof. E. Grimsehl in Hamburg. M. 6.—.                               | 46 Thetafunktionen u. hyperelliptische Funktionen von Oberlehrer E. Landfriedt in Straßburg. M. 4.50.   |
| 39 Thermodynamik I. Teil von Prof. Dr. W. Voigt, Göttingen. M. 10.—.  | 48 Thermodynamik II. Teil von Prof. Dr. W. Voigt, Göttingen. M. 10.—.   |
| 40 Mathematische Optik von Prof. Dr. J. Classen in Hamburg. M. 6.—.   | 49 Nicht-Euklidische Geometrie v. Dr. H. Liebmann, Leipzig. M. 6.50.  |
| 41 Theorie der Elektrizität und des Magnetismus I. Teil: Elektrostatik und Elektrokinetik von Prof. Dr. J. Classen in Hamburg. M. 5.—.  | 50 Gewöhnliche Differentialgleichungen beliebiger Ordnung von Dr. J. Horn, Professor an der Bergakademie zu Clausthal. M. 10.—.                                   |
| 42 Theorie der Elektrizität u. d. Magnetismus II. Teil: Magnetismus und Elektromagnetismus von Prof. Dr. J. Classen in Hamburg. M. 7.—. | 51 Liniengeometrie mit Anwendungen II. Teil von Professor Dr. Konrad Zindler in Innsbruck. M. 8.—.  |
| 43 Theorie der ebenen algebraischen Kurven höh. Ordnung v. Dr. Heinr. Wieleitner in Speyer. M. 10.—.                                    |   |

In Vorbereitung bzw. projektiert sind:

- |   |  |
|---|--|
| Elemente der Astronomie.  | Allgem. Formen- u. Invariantentheorie.   |
| Mathematische Geographie.   | Kinematik von Professor Dr. Karl Heun in Karlsruhe.                                  |
| Darstellende Geometrie II. Teil: Anwendungen der darstellenden Geometrie.                     | Elektromagnet. Lichttheorie von Prof. Dr. J. Classen in Hamburg.                     |
| Geschichte der Mathematik von Prof. Dr. A. von Braunmühl und Prof. Dr. S. Günther in München. | Gruppen- u. Substitutionentheorie von Prof. Dr. E. Netto in Gießen.                  |
| Dynamik von Professor Dr. Karl Heun in Karlsruhe.   | Theorie der Flächen dritter Ordnung.   |
| Technische Mechanik von Prof. Dr. Karl Heun in Karlsruhe.                                     | Mathematische Potentialtheorie v. Prof. Dr. A. Wangerin in Halle.                    |
| Geodäsie von Professor Dr. A. Galle in Potsdam.   | Elastizitäts- und Festigkeitslehre im Bauwesen von Dr. ing. H. Reißner in Berlin.    |
| Allgemeine Funktionentheorie von Dr. Paul Epstein in Straßburg.                               | Elastizitäts- und Festigkeitslehre im Maschinenbau von Dr. Rudolf Wagner in Stettin. |
| Räumliche projektive Geometrie.   | Graphisches Rechnen von Prof. Aug. Adler in Prag.                                    |
| Geometrische Transformationen II. Teil von Professor Dr. Karl Doehle- mann in München.        | Partielle Differentialgleichungen von Professor J. Horn in Clausthal.                |
| Elliptische Funktionen von Dr. Karl Boehm in Heidelberg.                                      | Grundlagen der theoretischen Chemie von Dr. Franz Wenzel in Wien.                    |

2,00  
G. J. Göschen'sche Verlagshandlung in Leipzig.

# Grundriß der Handelsgeographie

von

**Dr. Max Eckert**

Privatdozent der Erdkunde an der Universität Kiel

2 Bände

**I: Allgemeine Wirtschafts- und Verkehrsgeographie**

Preis: Broschiert M. 3 80—, geb. in Halbfranz M. 5.—

**II: Spezielle Wirtschafts- und Verkehrsgeographie**

Preis: Broschiert M. 8.—, geb. in Halbfranz M. 9.20

Dieser Grundriß ist ein Versuch, die Handelsgeographie als ein einheitliches wissenschaftliches System, das die gesamte Wirtschafts- und Verkehrsgeographie umfaßt, darzustellen. Ihr Wesen und ihre Aufgaben bestimmt der Verfasser dahin, daß sie von der Kenntnis der allgemeinen Lage und der orographischen und hydrographischen Voraussetzungen aus die gründliche Einsicht in die Erwerbs- und Verkehrsverhältnisse sowohl eines einzelnen Landschaftsgebietes bzw. eines einzelnen Wirtschaftsreiches, als auch der gesamten Erde, unter steter Berücksichtigung der wichtigsten klimatologischen, geologischen, volkswirtschaftlichen und politischen Faktoren, vermittelt.

# Leitfaden der Handelsgeographie

von

**Dr. Max Eckert**

Preis: In Leinwand geb. M. 3.—

Dieser Leitfaden ist für die Hand des Schülers bestimmt. Er ist im allgemeinen ein Auszug aus dem vorstehenden „Grundriß der Handelsgeographie“; wenn sich aber auch die stoffliche Verteilung im großen und ganzen nach diesem Werk richtet, so sind doch in einzelnen Punkten bedeutende Veränderungen vorgenommen worden. Außerdem wurde das statistische Beiwerk auf ein Minimum beschränkt.

S-96

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung in Leipzig.

# Allgemeine und spezielle Wirtschaftsgeographie

von

**Dr. Ernst Friedrich**

Privatdozent an der Universität Leipzig

Mit 3 Karten

Preis: Broschiert M. 6.80, geb. in Halbfranz M. 8.20

Dieses Buch sucht in ein **hologäisches Verständnis** der Wirtschaft (Produktion und Verkehr) einzuführen, indem es zeigt, wie jede örtliche Wirtschaft als Teil in dem zusammenhängenden und durch tellurische Faktoren bestimmten Wirtschaftsleben der Erde dasteht. Dabei wird, wie es richtig ist, die Produktion der Länder in den Vordergrund gestellt, der Verkehr an zweiter Stelle behandelt.

# Zeichenkunst

Methodische Darstellung des gesamten Zeichenwesens  
unter Mitwirkung erster Kräfte herausgegeben von

**Karl Kimmich**

582 Seiten, mit 1091 Text-Illustrationen,  
sowie 57 Farb- und Lichtdrucktafeln

————— 2 Bände —————

Preis: gebunden M. 25.—

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301400



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297963