

ЛОМОНОССОВЪ, ФИЗИКАЛИСЧЕ-ОПЫТЫ
ВЪ МАТЕМАТИКѢ, ФИЗИКѢ И
МЕДИЦИНѢ





OSTWALD'S KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN.

Nr. 178.

PHYSIKALISCH-CHEMISCHE
ABHANDLUNGEN

M. W. LOMONOSSOWS

1741—1752

2

ZR

67

WILHELM ENGELMANN IN LEIPZIG

2 Z R 67 - 178

OSTWALDS KLASSIKER
DER
EXAKTEN WISSENSCHAFTEN

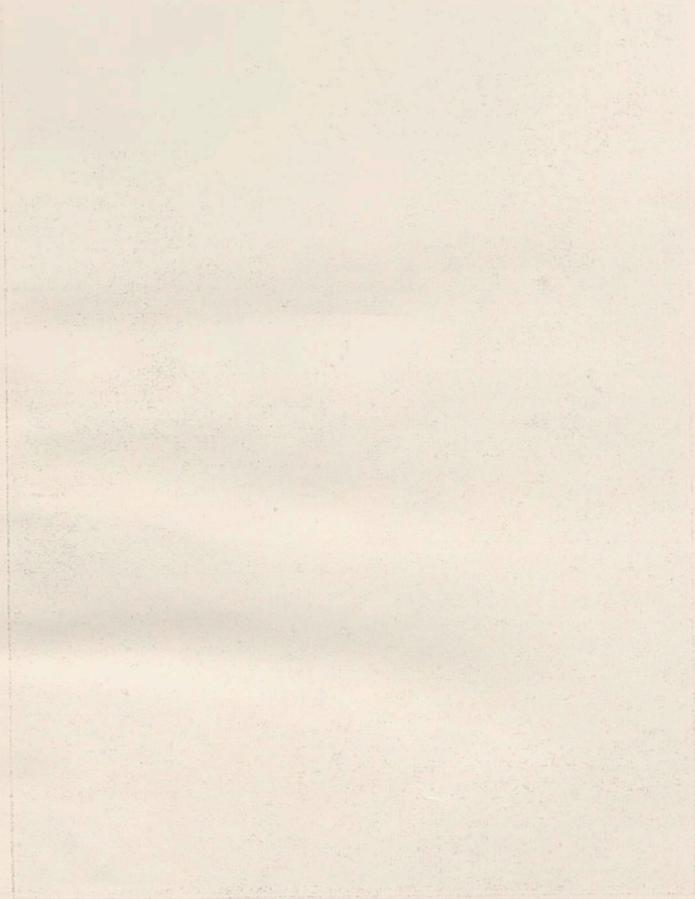
8. Gebunden.

Erschienen sind bis jetzt aus dem Gebiete der

Chemie und Mineralogie:

- Nr. 1. H. Helmholtz, Erhalt. der Kraft. (1847.) 7. Taus. (60 S.) *M* —.80.
> 3. J. Dalton u. W. H. Wollaston, Abhandlg. zur Atomtheorie. (1803 bis 1808.) Herausg. v. W. Ostwald. Zweiter, unveränderter Abdruck. Mit 1 Taf. (30 S.) *M* —.50.
> 4. Gay-Lussac, Über das Jod. (1814.) Herausgeg. von W. Ostwald. (52 S.) *M* —.80.
> 8. A. Avogadro u. Ampère, Abhandl. zur Molekulartheorie. (1811 u. 1814.) Mit 3 Tafeln. Herausg. von W. Ostwald. (50 S.) *M* 1.20.
> 9. G. H. Hess, Thermochemische Untersuchungen. (1839—1842.) Herausgegeben von W. Ostwald. (102 S.) *M* 1.60.
> 11. Galileo Galilei, Unterred. u. mathem. Demonstrat. über zwei neue Wissenszweige usw. (1638.) 1. Tag m. 13 u. 2. Tag m. 26 Fig. i. Text. Aus d. Ital. übers. u. herausg. v. A. v. Oettingen. Zweiter, unveränderter Abdruck. (142 S.) *M* 3.—.
> 21. W. Hittorf, Über die Wanderungen der Ionen während der Elektrolyse. (1853—1859.) I. Hälfte. Mit 1 Taf. Herausg. von W. Ostwald. 2., erweiterte Auflage. (115 S.) *M* 1.60.
> 22. Woehler u. Liebig, Untersuch. über die Radikale der Benzoesäure. (1832.) Herausgeg. von Herm. Kopp. Mit 1 Taf. (43 S.) *M* 1.—.
> 23. W. Hittorf, Über die Wanderungen der Ionen während der Elektrolyse. (1853—1859.) II. Hälfte. Mit 1 Taf. Herausg. von W. Ostwald. 2., durchgesehene Auflage. (142 S.) *M* 1.50.
> 24. Galileo Galilei, Unterredungen und mathem. Demonstrationen über 2 neue Wissenszweige usw. (1638.) 3. u. 4. Tag, mit 90 Fig. im Text. Aus dem Italien. u. Latein. übersetzt und herausgegeben von A. von Oettingen. 2. Auflage. (141 S.) *M* 2.—.
> 25. — Anhang zum 3. u. 4. Tag, 5. u. 6. Tag, mit 23 Fig. im Text. Aus dem Italienischen und Lateinischen übersetzt u. herausgegeben von A. von Oettingen. (66 S.) *M* 1.20.
> 26. Justus Liebig, Über die Konstitution d. organischen Säuren. (1838.) Herausgegeben von Herm. Kopp. (86 S.) *M* 1.40.
> 27. Robert Bunsen, Untersuchungen über die Kakodylreihe. (1837 bis 1843.) Herausgegeben von Adolf von Baeyer. Mit 3 Figuren im Text. (148 S.) *M* 1.80.

- Nr. 28. **L. Pasteur**, Über die Asymmetrie bei natürlich vorkommenden organischen Verbindungen. (1860.) Übersetzt und herausgegeben von M. u. A. Ladenburg. Zweiter, durchgesehener Abdruck. (36 S.) *M* —.60.
- ▷ 29. **L. Wilhelmy**, Über das Gesetz, nach welchem die Einwirkung der Säuren auf den Rohrzucker stattfindet. (1850.) Herausgegeben von W. Ostwald. (47 S.) *M* —.80.
- ▷ 30. **S. Cannizzaro**, Abriss eines Lehrganges d. theoret. Chemie, vorgetr. an der k. Universität Genua. (1858.) Übersetzt von Dr. Arthur Miolati a. Mantua. Herausg. v. Lothar Meyer. (61 S.) *M* 1.—.
- ▷ 31. **R. Bunsen und H. E. Roscoe**, Photochemische Untersuchungen. (1855—1859.) Erste Hälfte. Herausgeg. von W. Ostwald. Mit 13 Figuren im Text. (96 S.) *M* 1.50.
- ▷ 35. **Jacob Berzelius**, Versuch, die bestimmten und einfachen Verhältnisse aufzufinden, nach welchen die Bestandteile der unorganischen Natur miteinander verbunden sind. (1811—1812.) Herausgegeben von W. Ostwald. (218 S.) *M* 3.—.
- ▷ 38. **R. Bunsen und H. E. Roscoe**, Photochemische Untersuchungen. (1855—1859.) II. Hälfte. Herausgegeben v. W. Ostwald. Mit 18 Figuren im Text. (107 S.) *M* 1.60.
- ▷ 40. **A. L. Lavoisier u. P. S. de Laplace**, Zwei Abhandlungen über die Wärme. (Aus den Jahren 1780 u. 1784.) Herausg. von J. Rosenthal. Mit 13 Figuren im Text. (74 S.) *M* 1.20.
- ▷ 42. **A. v. Humboldt u. J. F. Gay-Lussac**, Abhandl. über d. Volumgesetz gasförm. Verbindgn. Herausg. v. W. Ostwald. (42 S.) *M* —.60.
- ▷ 44. Das Ausdehnungsgesetz der Gase. Abhandlungen von **Gay-Lussac, Dalton, Dulong u. Petit, Rudberg, Magnus, Regnault**. (1805—1842.) Herausgeg. von W. Ostwald. Mit 33 Textfig. (212 S.) *M* 3.—.
- ▷ 45. **Humphry Davy**, Elektrochemische Untersuchungen. Vorgelesen in d. königl. Societät zu London als Bakerian Lecture am 20. Nov. 1806 und am 19. Nov. 1807. Herausgeg. von W. Ostwald. Mit 1 Tafel. (92 S.) *M* 1.20.
- ▷ 52. **Aloisius Galvani**, Abhandlung üb. d. Kräfte der Elektrizität bei der Muskelbewegung. (1791.) Herausgegeben v. A. J. v. Oettingen. Mit 21 Fig. auf 4 Tafeln. (76 S.) *M* 1.40.
- ▷ 56. **Ch. Blagden**, Die Gesetze der Überkaltung und Gefrierpunktserniedrigung. 2 Abhandlungen. (1788.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. (49 S.) *M* —.80.
- ▷ 57. **Fahrenheit, Réaumur, Celsius**, Abhandlungen über Thermometrie. (1724, 1730—1733, 1742.) Herausgeg. von A. J. v. Oettingen. Mit 17 Textfiguren. (140 S.) *M* 2.40.
- ▷ 53. **Carl Wilhelm Scheele**, Chemische Abhandlung von der Luft und dem Feuer. (1777.) Herausgeg. von W. Ostwald. Mit 5 Textfiguren. (112 S.) *M* 1.80.
- ▷ 66. **J. W. Doebereiner und Max Pettenkofer**, Abhandlungen über die Anfänge des natürlichen Systems der chemischen Elemente, nebst einer geschichtlichen Übersicht der Weiterentwicklung der Lehre von den Triaden der Elemente. Herausgeg. von Lothar Meyer. (34 S.) *M* —.60.
- ▷ 68. **Lothar Meyer und D. Mendelejeff**, Abhandlgn. über das natürliche System der chemischen Elemente. (1864—1869 und 1869—1871.) Herausg. von Karl Seubert. Mit 1 Tafel. (134 S.) *M* 2.40.
- ▷ 72. **G. Kirchhoff und R. Bunsen**, Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen. (1830.) Herausg. von W. Ostwald. Mit 2 Tafeln und 7 Figuren im Text. (74 S.) *M* 1.40.



1903 C. J. K. O. J. W. M.



M. W. LOMONOSSOW

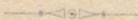
Physikalisch-chemische
Abhandlungen M. W. Lomonossows
1741—1752

Aus dem Lateinischen und Russischen
mit Anmerkungen

herausgegeben von

Menschutkin
B. N. Menschutkin und Max Speter
St. Petersburg Berlin

(Mit Lomonossows Bildnis
und einer Figur im Text)



Leipzig
Verlag von Wilhelm Engelmann

1910

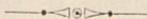
Physikalisch-chemische
Abhandlungen M. W. Lomonossows
1741—1752

Aus dem Lateinischen und Russischen
mit Anmerkungen

herausgegeben von

Menschutkin
B. N. Menschutkin und **Max Speter**
St. Petersburg Berlin

(Mit Lomonossows Bildnis
und einer Figur im Text)



Leipzig
Verlag von Wilhelm Engelmann
1910



2 ZR 67

-178

Z 1952, 20316

Verlag von Wilhelm Engelmann

1910



Vorbemerkungen der Herausgeber.

M. W. Lomonossow war einer der größten Schriftsteller und Gelehrten Rußlands. Während aber seine literarischen, poetischen, philologischen und geschichtlichen Schriften längst von hervorragenden Fachmännern in gründlicher Weise behandelt sind, blieben seine wissenschaftlichen Werke, besonders im Gebiete der Chemie und Physik, fast vollständig unbekannt. Da viele von ihnen in lateinischer Sprache abgefaßt, und viele bis jetzt nicht einmal veröffentlicht sind, so ist es begreiflich, daß der Name *Lomonossow* als Physiker und Chemiker nichts gilt.

Durch einen Zufall zum Studium der physikalischen und chemischen Werke *Lomonossows* angeregt, habe ich während zweier Jahre außer den gedruckten Abhandlungen alle in den Archiven der Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg vorhandenen Manuskripte *Lomonossows*, die zur Chemie und Physik gehören, gründlich studiert und die Resultate meiner Arbeit in einem in russischer Sprache erschienenen Buche*) veröffentlicht.

Meine Untersuchungen haben ergeben, daß die Arbeiten *Lomonossows* im genannten Gebiete in ungeahnter Weise wichtig sind und ein allgemeines Interesse bieten. Ich habe darum die Hauptergebnisse meiner Arbeit in einer kurzen, deutsch geschriebenen Abhandlung**) zusammengestellt, um sie auch weiteren Kreisen zugänglich zu machen.

Auch gegenwärtig bin ich noch mit *Lomonossows* Schriften beschäftigt. Unter meiner Beteiligung werden dessen physiko-

*) *M. W. Lomonossow* als Physikochemiker; Beitrag zur Geschichte der Chemie in Rußland. St. Petersburg 1904, 300 Seiten, 7 Tafeln und 15 Abb. — Auch im Journ. der russ. chem. Gesellsch. und in den Nachr. des Polytechn. Instituts zu St. Petersburg f. 1904 veröffentlicht.

**) *M. W. Lomonossow*, der erste russische Chemiker und Physiker, *Ostwalds Annalen der Naturphilosophie* IV. Bd. (1905), S. 203 bis 225.

chemische Schriften von der hiesigen Akademie der Wissenschaften (die mir 1907 für meine Untersuchungen über *Lomonossow* einen Preis von 500 Rubeln zuerkannt hatte) gedruckt; sie werden einen Band (den sechsten) der gesammelten Werke dieses denkwürdigen Mannes bilden.

Auf Veranlassung des Herrn Dr. *M. Speter* habe ich es nun im vorliegenden unternommen, eine Auswahl der mir am wichtigsten dünkenden Abhandlungen *Lomonossows* in deutscher Sprache herauszugeben. Eine vollständige Wiedergabe aller Abhandlungen wurde nicht angestrebt. Vielmehr ist in mehreren Fällen, dort wo nebensächliche oder heute nicht mehr interessierende Gegenstände zur Sprache kommen, an Stelle der Textübertragung eine kurze Inhaltsangabe gesetzt*). Die Anordnung der Abhandlungen ist eine chronologische. In den Anmerkungen, die in vereinzelten Fällen durch Herrn Dr. *Speter* ergänzt sind, ist zur Erläuterung auf den Zusammenhang zwischen *Lomonossows* und den späteren Kenntnissen hingewiesen.

Die sachgemäße Ausgestaltung des deutschen Textes, besonders in stilistischer Hinsicht, ist durch Herrn Dr. *Speter*, als zweiten Herausgeber, besorgt.

St. Petersburg, im Mai 1910.

Sosnowka.

Prof. Dr. B. N. Menschutkin.

Gelegentlich einer historisch-kritischen Studie über »Lavoisier und seine Vorläufer« stieß ich auf *M. W. Lomonossow*. Die Arbeiten des Herrn Prof. *B. N. Menschutkin* ermöglichten es mir, ein Bild von der Bedeutung dieses Mannes zu gewinnen. Ich fand, daß er in mehrfacher Hinsicht als »Vorläufer« *Lavoisiers* anzusprechen ist. Seine wissenschaftlichen Ideen sind denen *Lavoisiers* ebenbürtig. »Es darf« — schrieb ich — »mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß *Lomonossow* im Zeitalter *Lavoisiers* bei Konzentrierung seiner Geisteskräfte auf die rein chemischen Fragen dasselbe Ziel wie jener ebenso leicht erreicht hätte«**).

*) Diese Stellen sind durch Klammern () kenntlich gemacht.

**) Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge, XV. Bd., Heft 4/6, S. 109—218, Stuttgart 1910. Vgl. das Kap. IV (S. 160—164, Anmerk. hierzu S. 201—204), in dem auch als Sonderausgabe im Buchhandel erschienenen Hefte, S. 52—56 bzw. 93—96.

Bei dem Umstande, daß in den erst durch Herrn Prof. *Menschutkin* erschlossenen Schriften *Lomonossows* eine Fülle von Gedanken zu finden ist, die sich mit unseren heutigen physikalisch-chemischen Anschauungen manchmal ganz überraschend decken oder andererseits neue Richtlinien zeigen würden, schien es mir angebracht, eine Auswahl aus den Schriften unseres Autors, wie sie hier vorliegt, in die Wege zu leiten. Es erschien mir dies um so notwendiger, als auch die schon zu Lebzeiten *Lomonossows* veröffentlichten Arbeiten*) oder deren deutsche Übertragungen**) nicht leicht zugänglich sind, wodurch das Quellenstudium unmöglich ist.

Die Klarheit der *Lomonossowschen* Gedanken wird auch bei manchem »Nicht-Historiker« während der Lektüre ein gewisses Gefühl der Befriedigung hervorrufen.

Berlin, im Mai 1910.

Dr. Max Speter.

*) *Meditationes de caloris et frigoris causa* (Novi commentarii Academiae Scientiarum imperialis Petropolitanae Tom I ad ann. 1747 et 1748, Petropoli 1750, S. 206) und *Tentamen theoriae de vi aeris elastica* (l. c. S. 230).

**) *Crells* Neues chemisches Archiv, Leipzig 1788, Bd. VII, S. 174—178, bzw. S. 178—181, ferner *I. L. Mümler*, Physikalische und medizinische Abhandlungen der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Petersburg, Riga 1782, Bd. I.



I.

Die Elemente der mathematischen Chemie¹⁾.

(1741.)

Einleitung.

§ 1. I. Definition. Die Chemie ist die Wissenschaft, welche sich mit den Änderungen beschäftigt, die im zusammengesetzten Körper²⁾, soweit er zusammengesetzt ist, stattfinden.

§ 2. Erklärung. Ich gebe mich darüber keinem Zweifel hin, daß viele diese Definition als unzulänglich bezeichnen werden, wo sie das Fehlen der Prinzipien der Trennung, der Vereinigung, der Reinigung und anderer Ausdrücke, von denen fast alle chemischen Bücher voll sind, als Mangel empfinden müßten; die Scharfsinnigen werden aber leicht einsehen können, daß alle erwähnten Ausdrücke im Begriffe des zusammengesetzten Körpers mit enthalten sind. Wer nämlich die Eigenschaften des zusammengesetzten Körpers kennt, kann auch tatsächlich alle seine möglichen Veränderungen und also auch die Ausdrücke Trennung, Vereinigung usw. erklären, mit Ausnahme solcher organischer Erscheinungen, wie das Wachsen der Pflanzen, der Blutkreislauf und dgl.

§ 3. I. Zusatz. Da für alle Behauptungen in der Wissenschaft gewöhnlich auch die Beweisgründe erbracht werden, sind auch in der Chemie alle Thesen mit solchen zu belegen.

§ 4. II. Definition. Der praktische Teil der Chemie besteht in der historischen Erkenntnis³⁾ der Veränderungen des zusammengesetzten Körpers.

§ 5. Erklärung. Wie die Algebra eine besondere Methode des Rechnens darstellt, wo aus einigen gegebenen Zahlen mit Hilfe der praktischen Arithmetik andere bestimmt werden, so erzeugt die praktische Chemie aus einigen angewandten Kör-

pern neue: dazu müssen alle Wahrheiten, die je in der Chemie ermittelt worden sind, bekannt sein.

§ 6. III. Definition. Der theoretische Teil der Chemie besteht in einer philosophischen Erkenntnis der Veränderungen des zusammengesetzten Körpers.

§ 7. IV. Definition. Als Chemiker ist jeder anzusprechen, der die Kenntnisse der Änderungen des zusammengesetzten Körpers, soweit er zusammengesetzt ist, besitzt.

§ 8. Zusatz. Er muß folglich alles, was in der Chemie zur Behandlung gelangt, beweisen.

§ 9. V. Definition. Der praktische Chemiker besitzt die historische Kenntnis der Änderungen, die im zusammengesetzten Körper stattfinden.

§ 10. VI. Definition. Der theoretische Chemiker besitzt die philosophische Kenntnis der Änderungen des zusammengesetzten Körpers.

§ 11. Erklärung. Kann jemand das Kochen in einem mit Wasser oder mit einer anderen Flüssigkeit gefüllten Gefäß auf dem Feuer hervorrufen und es unterhalten, so wird er Praktiker genannt; wird er zudem noch wissen, daß das Wasser durch die vom Feuer ausgedehnte und aus ihm entweichende Luft zum Kochen gebracht wird, so wird er Theoretiker sein.

§ 12. I. Theorem. Der wahre Chemiker muß Theoretiker und Praktiker sein. Beweis: Der Chemiker muß alles, worüber in der Chemie die Rede ist, beweisen (§ 8). Was er aber zu beweisen hat, muß er zuerst studieren, das heißt, er muß sich historische Kenntnisse über die Änderungen des zusammengesetzten Körpers erwerben und folglich (§ 10) Praktiker sein. Ferner muß er es verstehen, das Erkannte zu beweisen, also es zu erklären, was das Vorhandensein der philosophischen Erkenntnisse voraussetzt. Folglich muß der wahre Chemiker auch Theoretiker sein (§ 11).

§ 13. I. Zusatz. Der wahre Chemiker muß demzufolge immer Philosoph sein.

§ 14. II. Zusatz. Solche, die sich nur praktisch mit der Chemie beschäftigen, sind keine wahren Chemiker.

§ 15. III. Zusatz. Und diejenigen, die nur theoretische Überlegungen anstellen, können ebensowenig zu den wahren Chemikern gerechnet werden.

§ 16. I. Lehrsatz. Alle Änderungen der Körper kommen mit Hilfe der Bewegung zustande.

§ 17. Auslegung. Das hat der berühmte W.⁴⁾ bewiesen.

§ 18. I. Zusatz. Folglich werden alle Änderungen des zusammengesetzten Körpers durch Bewegung hervorgebracht.

§ 19. Auslegung. Diese Bewegung ist größtenteils unmerklich, und ihre Ursache kann nicht durch die Sinne wahrgenommen werden, so daß man sie mittels des Vernunftschlusses erforschen muß.

§ 20. II. Zusatz. Die Bewegungen bilden einen Teil der Mechanik, folglich finden die Veränderungen der zusammengesetzten Körper mechanisch statt.

§ 21. III. Zusatz. Darum können diese Veränderungen durch die Gesetze der Mechanik erklärt werden.

§ 22. IV. Zusatz. Da die Stärke der Bewegung mittels der Mechanik bestimmt werden kann, und bekannte Größen deutlicher erkannt werden, so kann man auch die Veränderungen des zusammengesetzten Körpers mittels der Mechanik viel genauer verfolgen.

§ 23. V. Zusatz. Wer sich folglich den Weg zur gründlicheren Erforschung der chemischen Wahrheiten bahnen will, muß unbedingt die Mechanik studieren.

§ 24. VI. Zusatz. Da ferner Kenntnis der Mechanik eine solche der Mathematik voraussetzt, so muß derjenige, der das eingehendere Studium der Chemie anstrebt, die Mathematik gut kennen.

§ 25. Auslegung. Welches Licht der in die Geheimnisse der Mathematik Eingeweihte über die spagirische Kunst verbreiten könnte, ist ausgezeichnet ersichtlich aus einigen Kapiteln der Naturwissenschaften, die mathematisch behandelt sind, wie Hydraulik, Aerometrie, Optik und andere; alles, was in diesen Wissenschaften dunkel, zweifelhaft und falsch war, hat die Mathematik klar, sicher und augenscheinlich gemacht. Viele verneinen die Möglichkeit, daß man als Grundlage der Chemie die mechanischen Prinzipien nehmen und aus ihr eine exakte Wissenschaft machen könnte. Theoretiker, die jeglicher Vorbildung entbehren und durch die Dunkelheit verborgener Eigenschaften angeregt sind, wenden niemals die Gesetze der Mechanik auf die Veränderungen der zusammengesetzten Körper an und vergeuden ihre Musestunden mit dem Ersinnen nutzloser und falscher Theorien, durch welche sie die chemische Literatur verwirren. Würden diejenigen, die mit Rauch und Ruß ganze Tage verfinstern, die in ihrem Gehirn ein Chaos von der großen Menge unverdauter Experimente haben, die geheiligten Gesetze der Geometer nicht verachten, welche einst von *Euclid* streng

gehalten wurden und neuerdings durch *Wolff* vervollkommenet worden sind, — so würden sie ohne Zweifel tiefer in die Geheimnisse der Natur eindringen können, zu deren Mystagogen sie sich rechnen. In der That führen die Mathematiker aus der Vereinigung weniger Linien sehr viele Wahrheiten auf; warum sollten nicht auch die Chemiker in größerer Anzahl Gesetzmäßigkeiten auf Grund der massenhaft vorliegenden Experimente auffinden? Ich sehe keinen anderen Grund, als die Unkenntnis der Mathematik⁵⁾.

§ 26. II. Auslegung. Da ich beabsichtige, das Fach, in dem ich unterrichten muß, mit Hilfe der mathematischen und philosophischen Wahrheiten auseinanderzusetzen, so werde ich oft von einigen Axiomen der Philosophie und Mathematik Gebrauch machen. Ich werde diese hier vorausschicken und manche, die nur gelegentlich eingeführt werden, in den betreffenden Abteilungen des Lehrkurses aufführen.

§ 27. I. Axiom. Etwas kann nicht zu gleicher Zeit da sein und nicht da sein.

§ 28. II. Axiom. Alles hat einen genügenden Grund.

§ 29. III. Dasselbe ist sich selbst gleich (Prinzip der Identität: A ist A).

§ 30. II. Lehrsatz. Das Ganze ist gleich seinen Teilen zusammen genommen.

§ 31. III. Lehrsatz. Die allgemeinen Attribute der Einzelheiten hängen von derselben Ursache ab. Beweis: Die Attribute hängen vom Wesen ab (§ 157 der Ontologie⁶⁾); die Einzelheiten haben aber dasselbe Wesen, soweit sie zu einer Art gehören (§ 254 der Ontologie), folglich hängen ihre gemeinsamen Attribute von demselben Wesen ab, das heißt, sie haben einen genügenden Grund im gemeinsamen Wesen (§ 851 der Ontologie) oder hängen von einer Ursache ab.

§ 32. Definition. Die Veränderung des zusammengesetzten Körpers, soweit er zusammengesetzt ist, tritt als eine Veränderung seiner inneren Qualitäten auf.

§ 33. Erklärung. Unter inneren Qualitäten verstehe ich alles, was man im Körper durch die Sinne erkennen kann, außer der Figur, Bewegung und Lage des gesamten Körpers.

§ 34. I. Zusatz. Folglich muß man in der Chemie die Veränderungen der inneren Qualitäten beweisen (§ 1. 3).

§ 35. II. Zusatz. Da die Beweise nur bei einer vollen Kenntnis des Gegenstandes möglich sind, so muß man klare

Grundlagen über die inneren Qualitäten des Körpers, welche in der Chemie besprochen werden, gewinnen.

§ 36. III. Zusatz. Darum muß man einen Teil der Arbeit zum Aufklären der inneren Qualitäten des Körpers aufwenden.

§ 37. Definition. Ein Element ist ein Teil des Körpers, welcher aus keinem kleineren, von ihm verschiedenen, besteht.

§ 38. Definition. Eine Korpuskel ist die Vereinigung der Elemente zu einer unbeträchtlichen Masse.

§ 39. Definition. Die Korpuskeln sind homogen, wenn sie aus einer gleichen Zahl der Elemente, gleich verbunden, bestehen⁷⁾.

So sprechen wir von ähnlichen Massen der Körper, wo jeder Teil derselben dem Ganzen ähnlich ist. In der That, würden solche Körper nicht existieren, so wären auch keine solche Massen existenzfähig; wäre die Korpuskel auf jedem Platz verschieden, so würde sie verschiedenartig auf unsere Sinne reagieren, folglich würde jede Korpuskel einer anderen unähnlich sein, und es würden keine ähnlichen Massen existieren, was dem Versuche widerspricht.

Die Korpuskeln sind ungleichartig, wenn ihre Elemente verschieden sind, verschiedenartig⁸⁾ oder in verschiedener Anzahl verbunden sind; davon hängt die unendliche Mannigfaltigkeit der verschiedenen Körper ab.

Ein Principium ist ein Körper, der aus gleichartigen Korpuskeln besteht.

Ein zusammengesetzter Körper hat zwei oder mehrere verschiedene Principien, die so untereinander verbunden sind, daß jede einzelne Korpuskel Teile der Principien (aus welchen der Körper besteht) in demselben Verhältnis hat, in welchem alle einzelnen Principien überhaupt im ganzen zusammengesetzten Körper vorkommen.

Korpuskeln, die nur aus Elementen bestehen, werden primäre genannt.

Korpuskeln, wenn sie aus einigen primären zusammengesetzt sind, heißen sekundäre⁹⁾.

Darum enthält ein zusammengesetzter Körper sekundäre Korpuskeln. Ein Compositum ist eine Mischung zusammengesetzter Körper.

Im chemischen Unterrichte muß man Beweise liefern (§ 8); diese Beweise müssen aus der klaren Vorstellung des Wesens der Chemie abgeleitet werden. Die klare Vorstellung kann

man bei der Untersuchung der Eigenschaften, d. h. bei Erkenntnis der Teile des zusammengesetzten Körpers, machen. Nun wird die Erkenntnis am besten beim Betrachten der Teile im einzelnen gewonnen, da es infolge ihrer Kleinheit unmöglich ist, mit ihnen, wenn sie in Vereinigung sind, bekannt zu werden. Also muß man sie teilen; die Verteilung setzt einen Platzwechsel voraus, d. h. ihre Bewegung: folglich ist die Mithilfe der Mechanik bei der Erforschung und dem Beweise der chemischen Wahrheiten unumgänglich¹⁰⁾.



II.

Über die unmerkbarcn physikalischen Partikeln, die Naturkörper konstituieren und in denen eine genügende Ursache der partikulären Eigenschaften enthalten ist¹¹⁾.

(1742—1743.)

Erstes Kapitel.

Fundamentale Grundlagen.

§ 1—48 (enthält die nötigen Vorkenntnisse aus der Mechanik und Physik: über Körper überhaupt, — deren Trägheit, Dimension, Wirkung und Gegenwirkung; über Bewegung, — deren Entstehung und Beziehungen zu anderen Eigenschaften).

Zweites Kapitel.

Über die unmerkbarcn Teile der Körper.

§ 49. Die Körper, da sie aus dem Stoff zusammengesetzt sind, können in Teile zerfallen. Diese Teilung kann entweder physikalisch oder mathematisch betrachtet werden. Eine physikalische Teilung tritt nach meiner Ansicht auf, wenn die Teile sich durch die Bewegung voneinander loslösen; eine mathematische, wenn wir bei einer gegebenen Dimension des Körpers für die Teile eine beliebige Größe festsetzen.

§ 50. Erklärung. Da die reine mathematische Teilung willkürlich bestimmt wird, und man nicht beweisen kann, daß die mathematischen Teile der Körper sich durch Bewegung voneinander trennen, so werden wir nur die physikalische Teilung betrachten und die Benennung »physikalische Partikel« den kleinsten Teilchen geben, die sich durch Bewegung unterscheiden.

§ 51. 2. Versuch. Die Metalle und andere Körper können sich auflösen und teilen sich dabei in so feine Teile, daß man sie nicht mehr sehen kann; sie bilden mit dem Lösungsmittel einen einheitlichen Körper. Flüchtige Körper zerstreuen sich in der Luft, brennbare vergehen durch das Feuer in unmerkbar Teile.

§ 52. Zusatz. Physikalisch teilen sich die Körper in winzige Teilchen, die einzeln nicht sichtbar sind; die Körper bestehen somit aus physikalischen, unwahrnehmbaren Partikeln.

§ 53. Erklärung. Die wunderbare Kleinheit der physikalischen Partikel wird durch folgendes bewiesen (*Lomonossow* berechnet hier aus der Dicke eines Goldblattes, daß eine kubische Partikel Gold eine Kantenlänge von weniger als $\frac{1}{15552}$ einer Linie hat; aus der Betrachtung mikroskopischer Geschöpfe durch das Mikroskop wird auf eine noch viel kleinere Größe der Partikel geschlossen).

§ 54. Lehrsatz. Alles Dimensionale ist im Verhältnisse zu dem, was keine Dimension hat, unendlich groß. Beweis: (was keine Dimension besitzt, hat auch keine dimensionale Größe und nimmt keinen Raum ein, hat also keine Beziehung zu dem, was Dimension zeigt, so daß letzteres im Verhältnis zu ersterem unendlich groß erscheint).

§ 55. 4. Theorem. Die einzelnen unmerkbar physikalischen Partikeln der Körper haben Dimension. Beweis: (es wird die Annahme gemacht, daß diese Partikeln keine Dimension haben. Sie können sich im Körper entweder berühren oder nicht. Im ersteren Falle würden alle Partikeln zu einem Punkte zusammenfließen und folglich nichts Dimensionales bilden; im zweiten Falle könnte man im Zwischenraume zwischen je zwei Partikeln eine unendlich große Anzahl von dimensionslosen Partikeln setzen, also würden die Körper durchdringlich [compenetrabilia] sein, was dem Wesen letzterer widerspricht).

§ 56. Zusatz. Im zweiten Falle könnte man vielleicht den Partikeln, die keine Dimension haben, irgend eine Zentrifugalkraft geben, durch welche die Partikeln sich gegenseitig in bestimmter Entfernung halten würden. Diese Annahme einer Zentrifugalkraft ist zwar möglich, da aber die Partikeln, die keine Dimension haben, auch keine vom Zentrum verschiedene Oberfläche besitzen, so können sie sich nicht mit einer kreisförmigen Bewegung bewegen und die Zentrifugalkraft auf andere Partikeln ausüben. Eine Partikel kann die andere nur durch Impuls bei gegenseitiger Berührung in Bewegung setzen,

wenn diese andere ihr einen Widerstand leistet; da aber letztere Partikeln diesen Widerstand nur dann ausüben können, wenn sie dimensional sind, so können die Partikeln ohne Dimension auch keine repulsive Kraft besitzen.

§ 57. Zusatz. Da die Dimension der unmerklichen physikalischen Partikeln äußerst klein ist, so kann man letztere nicht sehen; sie ist aber endlich, so daß die unmerklichen Partikeln eine Figur haben¹²⁾.

§ 58. 5. Theorem. Die einzelnen unmerklichen physikalischen Partikeln besitzen Trägheit. Beweis: (aus der Unmöglichkeit der gegenseitigen Annahme abgeleitet).

§ 59. 1. Zusatz. Jede Partikel besteht folglich aus einer bestimmten Quantität des Stoffes, da die Trägheit der Quantität des Stoffes proportional ist.

§ 60. 2. Zusatz. Die einzelnen Partikeln sind gegenseitig undurchdringlich.

§ 61. 6. Theorem. Die unmerklichen physikalischen Partikeln sind selbst Körper. Beweis: (Körper bildet alles, was endlich, was dimensional ist und Trägheit besitzt; da die Partikeln alle diese Eigenschaften besitzen, sind sie auch Körper).

§ 62. Zusatz. Darum muß man alles, was im vorigen Kapitel über Körper gesagt oder verneint war, auch den unmerklichen physikalischen Partikeln zuerkennen¹²⁾.

Drittes Kapitel.

Über die Ursachen der partikulären Eigenschaften überhaupt.

§ 63. 11. Definition. Ein Körper unterscheidet sich von einem anderen, wenn jeder sinnlich wahrnehmbare Teil des einen sich von jedem sinnlich wahrnehmbaren Teil des anderen unterscheidet.

§ 64. Beispiel. So unterscheidet sich jeder sinnlich wahrnehmbare Teil des Kupfervitriols von jedem solchen Teile des Quecksilbers durch Farbe, Geschmack, Konsistenz, Festigkeit und durch jede Artbeschaffenheit.

§ 65. 12. Definition. Partikuläre Eigenschaften sind einige Eigenheiten der Körper, durch die sie sich untereinander partikulär unterscheiden.

§ 66. Zusatz. Somit können wir die partikulären Eigenschaften der Körper in jedem sinnlich wahrnehmbaren Teile derselben beobachten.

§ 67. Erklärung. Nach den §§ 64, 65, 66 müssen wir

zu den partikulären Eigenschaften Wärme und Kälte, Kohäsion der Teile, spezifisches Gewicht, Farbe, Geruch, Geschmack, elastische-, elektrische-, Heil-Kraft usw. rechnen.

§ 68. 3. Versuch. (Kupfer bildet beim Auflösen in Aqua fortis neue Partikeln von grüner Farbe; Alkali gibt mit Salpetersäure einen Körper von anderen Eigenschaften, welche von denen der Ausgangsstoffe ganz abweichen; die ätherischen Öle geben beim Verbrennen Ruß mit ganz anderen Eigenschaften usw.) In allen diesen Fällen werden die unmerkbarcn physikalischen Partikeln der Körper untereinander verbunden, oder abgesondert, oder schließlich transportiert.

§ 69. Erklärung. Wenn sich die partikulären Eigenschaften der Körper verändern, kann man sich keinen Fall vorstellen, wo die unmerkbarcn Partikeln sich nicht verbinden, absondern oder übertragen. Nun kann in den Körpern keine Veränderung ohne Bewegung zustande kommen; obwohl dabei größtenteils keine Bewegung beobachtet wird, so müssen sich doch die Partikeln mit einer unmerkbarcn Bewegung verbinden, absondern oder übertragen.

§ 70. 1. Zusatz. Da die partikulären Eigenschaften der Körper sich durch die Verbindung, Absonderung oder Versetzung der Partikeln verändern, so ist deren genügende Ursache in den unmerkbarcn Partikeln enthalten.

§ 71. 2. Zusatz. Die unmerkbarcn Partikeln, in denen die genügende Ursache enthalten ist, verbinden sich, trennen sich und versetzen sich, teilen sich also durch Bewegung; darum sind diese Partikeln nichts anderes, als die unmerkbarcn physikalischen Partikeln.

§ 72. 7. Theorem. Die genügende Ursache der partikulären Eigenschaften ist enthalten in: Dimension, Trägheit, Figur und Bewegung der unmerkbarcn physikalischen Partikeln. Beweis: (die partikulären Eigenschaften der Körper hängen von ihrer Dimension, Trägheit, Bewegung und Figur ab. Eine genügende Ursache der partikulären Eigenschaften ist in den unmerkbarcn physikalischen Partikeln enthalten (§§ 70, 71); folglich müssen Dimension, Trägheit, Bewegung und Figur dieser Partikeln eine genügende Ursache der partikulären Eigenschaften sein).

§ 73. 1. Zusatz. Da die verschiedenen unmerkbarcn physikalischen Partikeln sich untereinander durch Dimension, Trägheit oder Bewegung unterscheiden, so müssen auch die aus ihnen zusammengesetzten Körper sich durch partikuläre Eigenschaften unterscheiden.

§ 74. 2. Zusatz. Bei der Veränderung der Dimension, Trägheit oder Bewegung der unmerklichen Partikeln müssen sich auch die partikulären Eigenschaften der Körper ändern.

§ 75. 3. Zusatz. Da der Begriff »Dimension« in sich die Figur des Körpers einschließt, so müssen, wenn die unmerklichen physikalischen Partikeln sich durch die Figur unterscheiden, auch die durch die Dimension der Partikeln bedingten Eigenschaften der Körper sich unterscheiden; ändert sich die Figur der Partikeln, so müssen sich auch die partikulären Eigenschaften ändern.

§ 76. 4. Zusatz. Bei der Versetzung der unmerklichen physikalischen Partikeln werden die partikulären Eigenschaften geändert (§ 70). Folglich hängen die partikulären Eigenschaften auch von der Lage dieser Partikeln ab, und Körper, deren physikalische unmerkliche Partikeln sich durch die Lage unterscheiden, müssen auch Unterschiede in den partikulären Eigenschaften, die von deren Lage abhängen, zeigen.

§ 77. 8. Theorem. Die partikulären Eigenschaften der Körper können durch Gesetze der Mechanik erklärt werden. Beweis: (die Mechanik ist eine Wissenschaft der Bewegungen, deren Gesetze aus der Dimension, Trägheit und Lage der Körper abgeleitet werden; diese Eigenschaften der Partikeln erzeugen die partikulären Eigenschaften, folglich können letztere mittels der Gesetze der Bewegungen erklärt werden).

§ 78. 13. Definition. Ein Körper ist dem anderen ähnlich, wenn jeder sinnlich wahrnehmbare Teil des einen in bezug auf die partikulären Eigenschaften jedem sinnlich wahrnehmbaren Teil des anderen ähnlich ist.

§ 79. Erklärung. (So ist jeder sinnlich wahrnehmbare Teil des Goldes glänzend, gelb usw.)

§ 80. 14. Definition. Partikulär gleichartige Körper sind ähnliche Körper, die in allen partikulären Eigenschaften übereinstimmen; partikulär ungleichartige unterscheiden sich in manchen oder in allen partikulären Eigenschaften.

§ 81. Zusatz. Bei ähnlichen Körpern ist jeder sinnlich wahrnehmbare Teil mit dem anderen sinnlich wahrnehmbaren Teile desselben gleichartig.

§ 82. 15. Definition. Ein zusammengesetzter Körper ist ein ähnlicher Körper, der aus anderen ähnlichen Körpern besteht, die partikulär verschiedenartig sind und sich partikulär von ihm unterscheiden.

§ 83. Erklärung. So besteht z. B. Kupfervitriol aus

Kupfer, einer Säure und Wasser; Zinnober aus Quecksilber und Schwefel. Die ähnlichen Körper, die einen zusammengesetzten Körper bilden, heißen Bestandteile.

§ 84. 9. Theorem. Die ähnliche und gleichartige Körper bildenden unmerkbarcn physikalischen Partikeln, in denen die Ursache der partikulären Eigenschaften enthalten ist, haben in dem aus ihnen gebildeten ganzen Körper gleiche Dimension, Figur, Trägheit und Lage. Beweis: (wenn die Partikeln unter sich verschieden sind, so sind auch die partikulären Eigenschaften verschieden; darum müssen bei gleichen Eigenschaften der Körper auch die Eigenschaften ihrer unmerkbarcn physikalischen Partikeln gleich sein).

§ 85. Erklärung. Hier wird solche Ähnlichkeit der Partikeln verstanden, welche ausreicht, in partikulär gleichartigen Körpern dieselben partikulären Eigenschaften zu erzeugen.

§ 86. Zusatz. Somit müssen in den partikulär verschiedenen Körpern die unmerkbarcn physikalischen Partikeln sich durch Masse, Figur, Bewegung, Trägheit und Lage unterscheiden.

Viertes Kapitel.

Über physikalische Monaden.

§ 87. Axiom. Die zusammengesetzten Körper bestehen aus einer gewissen Anzahl Bestandteile, in die sie zerfallen.

§ 88. Erklärung. Jeder, der sich mit der Chemie beschäftigt, weiß, daß kein Körper bei der Analyse in unendlich verschiedene Bestandteile zerfällt; in jedem Fall kommen wir zu einem Punkte, wo die weitere Analyse nicht mehr gelingt.

§ 89. 10. Theorem. Alle Körper bestehen aus unmerkbarcn physikalischen Partikeln, welche die Grundlage der partikulären Eigenschaften bilden; diese Partikeln können sich nicht durch Bewegung in andere kleinere teilen. Beweis: (nehmen wir an, daß die Partikeln sich in andere kleinere teilen können. Dann würde auch ein aus ihnen gebildeter Körper in unendlich verschiedenartige Bestandteile zerfallen, was unmöglich ist).

§ 90. Erklärung. Wir bezeichnen als physikalische Monaden die unmerkbarcn physikalischen Partikeln, welche sich bei der Bewegung nicht in andere kleinere teilen. Keineswegs bestreiten wir hier die denkbare unendliche Teilbarkeit des Stoffes, da wir solche für möglich halten, ohne in den Irrtum zu fallen, sich dessen hier zu bedienen. Auch nehmen wir

keine Rücksicht auf die durch den Stoff bedingte Leere (wenn sie überhaupt existiert); sie hat ja nur eine einzige Eigenschaft — der Dimension — und kann somit nichts dem Wesen und der Natur der Dinge geben, gleichviel, ob sie existiert oder nicht.

§ 91. 11. Theorem. Die Figur der physikalischen Monaden ändert sich nicht. Beweis: (da die Monaden sich nicht weiter teilen können, so kann auch kein Teil derselben den Platz wechseln, was zum Ändern der Figur nötig ist).

§ 92. Zusatz. Da die Figur der Flüssigkeiten sich sehr leicht ändert, so ist es unbedingt nötig, daß die physikalischen Monaden feste Korpuskeln sind.

§ 93. Erklärung. Ich zweifle nicht, daß es vielen nicht leicht ist, die Annahme zu machen, daß die flüssigen Körper aus festen Partikeln bestehen. Um diese zu befriedigen, muß man für die Sinne klare Beweise liefern. Der Versuch zeigt, daß die Flüssigkeiten in ihren kleinsten fühlbaren Teilen sich dem festen Zustande nähern. So fließt auf einer geneigten Fläche ein winziges Tröpfchen Wasser nicht mehr und bildet keine dem Horizont parallele Oberfläche mehr; dadurch nähert es sich schon dem festen Zustande. Ferner erstarren sehr oft die Flüssigkeiten — ein recht sprechender Beweis, daß deren Partikeln fest sind, und flüssige Körper erst nach der Aufhebung ihrer Verbindung bilden. Am besten ist es aber am Quecksilber zu sehen: obwohl dieses sehr flüssig ist und in der größten Kälte nicht erstarrt¹³⁾, so kann es doch präzipitiert werden und gibt dann ein rotes Pulver, dessen Partikeln feste Korpuskeln bilden.

§ 94. Theorem. Die genügende Ursache der partikulären Eigenschaften ist hauptsächlich in den physikalischen Monaden enthalten. Beweis: (die Monaden können sich nicht durch Bewegung teilen, andererseits werden die partikulären Eigenschaften durch physikalische Partikeln, die sich nicht durch Bewegung teilen können, erzeugt, also müssen diese Partikeln Monaden sein.)

Fünftes Kapitel.

Über die Bewegung der physikalischen Monaden und über Wärme und Kälte.

§ 95—114. (Der Inhalt dieses Kapitels findet sich in der nächsten Schrift »Gedanken über die Ursachen der Wärme und Kälte« wieder.)



III.

Gedanken über die Ursachen der Wärme und Kälte¹⁴⁾.

(1744—1747.)

§ 1. Es ist sehr bekannt, daß die Wärme durch Bewegung entsteht: infolge von Reibung entzündet sich das Holz, Eisen kommt durch starke öftere Hammerschläge zum Glühen. Beim Erwärmen werden viele Körper als unmerkbare Teile durch die Luft verbreitet, wandeln sich in Asche um, schmelzen, indem die Kohäsion der Teile aufgehoben wird. Ferner ist die Wärme förderlich beim Wachsen, bei der Gärung, Fäulnis usw. Aus allem diesen ist ersichtlich, daß die Wärme in der Bewegung eine genügende Ursache hat; da aber die Bewegung nicht ohne Stoff zustande kommen kann, so muß eine genügende Ursache der Wärme in der Bewegung irgend eines Stoffes liegen.

§ 2. Obwohl in warmen Körpern häufig keine Bewegung verspürt wird, so läßt sich doch letztere nach ihrer Wirkung erkennen. So ist heißes Eisen augenscheinlich in Ruhe; aber einige Körper kann es schmelzen, andere in Dampf umsetzen, und durch die Anregung ihrer Teile zur Bewegung zeigt es deutlich, daß es selbst eine stoffliche Bewegung in sich führt. Auch kann man nicht die Bewegung da verneinen, wo sie das Auge nicht merkt: wegen der Kleinheit der sich bewegenden Teile kann man weder diese Teile, noch ihre Bewegung sehen. Niemand, wenn es nicht ein Verehrer der okkulten Eigenschaften ist, wird die Wärme — die primäre Ursache solcher Änderungen — einer besonderen Materie, die jeder Bewegung — sogar der Fähigkeit zur Bewegung — entbehrt, zuschreiben.

§ 3. Die Körper können sich auf zweierlei Art bewegen — entweder indem der ganze Körper seinen Platz fortwährend ändert, oder wenn die unmerklichen Teile der Materie ihre Lage ändern (allgemeine und innere Bewegung). Da öfters

keine Wärme bei einer starken allgemeinen Bewegung entsteht, und im Gegenteil beim Fehlen derselben eine sehr große Wärme, so muß die Wärme in der inneren Bewegung des Stoffes bestehen.

§ 4. Der Stoff der Körper ist zweierlei: der verbundene, welcher sich mit dem gesamten Körper bewegt und Trägheit besitzt, und der durchdringende, der in die Poren des ersten eindringt. Welcher gibt bei der Bewegung Wärme? Um dieses zu entscheiden, muß man folgendes beachten: 1. Der Körper hat umso mehr Wärme, je dichter sein verbundener Stoff ist, und umgekehrt (so gibt z. B. Steinkohle mehr Hitze als Holzkohle usw.). 2. Wir wissen, daß im selben Umfange die dichteren Körper mehr vom verbundenen, als vom durchdringenden Stoffe haben. Nach den Gesetzen der Mechanik ist die Quantität der Bewegung der Masse proportional; würden wir also die innere Bewegung des durchdringenden Stoffes als Ursache der Wärme annehmen, so würden die dünneren Körper — da sie mehr dieses Stoffes haben — auch die größere Wärme besitzen, was der Erfahrung widerspricht; deshalb ist eine genügende Ursache der Wärme in der inneren Bewegung des verbundenen Stoffes vorhanden.

§ 5. Dieses wird durch Wirkung des Sonnenlichtes, dessen Wärme mittels des Brennglases dem Körper mitgeteilt wird, augenscheinlich: nach dem Entfernen des Glases bleibt die Wärme länger in dichten Körpern, als in dünnen (so bleibt sie keine meßbare Zeit in höchst verdünnter Luft). Ferner ist der Grad der Wärme dem Gewichte und der Kohäsion der Körpertheile proportional — ein klares Zeichen, daß der verbundene Stoff es ist, der Wärme erzeugt.

§ 6. Die innere Bewegung kann man sich dreifach vorstellen: 1. progressive, wenn die Partikeln ihren Platz fortwährend wechseln; 2. kreisförmige, wenn sie sich an einem Platze drehen, und 3. Pendelbewegung, wenn die Partikeln sich hin und her bewegen. Welche von diesen erzeugt die Wärme? Zur Entscheidung dieser Frage machen wir folgende Annahmen: die Ursache der Wärme liegt nicht in der inneren Bewegung, die 1. in einem warmen Körper fehlt, 2. die zwar in einem warmen Körper vorhanden ist, aber in einem heißeren fehlt.

§ 7. Bei den Partikeln eines flüssigen Körpers ist die Kohäsion sehr schwach; sie können sich freiwillig progressiv bewegen. Diese Bewegung tritt oft klar zutage. Legen wir Salz oder Salpeter auf den Boden eines mit Wasser gefüllten

Gefäßes: das Wasser, dem Anschein nach ganz ohne Bewegung, löst es und verbreitet es durch sein ganzes Volumen. Dieses kann nur so geschehen, daß die Wasserpartikeln Salzpartikeln vom Salze wegtragen; es ist klar, daß die Wasserteilchen sich progressiv bewegen müssen.

§ 8. Im Gegensatz dazu sind die Partikeln fester Körper so stark untereinander verbunden, daß sie Widerstand gegen eine äußere Kraft, die sie auseinander treiben will, leisten: wir können deshalb nicht annehmen, daß ihre Partikeln die gegenseitige Verbindung freiwillig aufheben können und sich durch progressive Bewegung entfernen. Dieses wird z. B. durch die vergoldeten Silbersachen bewiesen, wo eine äußerst dünne Goldschicht sehr stark an dem Silber haftet; das Gold verläßt dagegen sofort die Oberfläche und verteilt sich durch die ganze Masse des Silbers, wenn wir den betreffenden Gegenstand schmelzen.

§ 9. Betrachten wir nun irgend einen vergoldeten Gegenstand, der auf die Siedetemperatur des Wassers erwärmt ist: die Goldschicht und die Festigkeit des Gegenstandes sind unverändert geblieben, d. h. seine Partikeln bewegen sich nicht progressiv. Vergleichen wir zweitens ein sehr hartes Mineral, z. B. Diamant, der bis zur Schmelztemperatur des Bleies erwärmt ist, mit beliebig kaltem Wasser, das ein Salz auflöst und davon noch kälter geworden ist: das Mineral werden wir sehr heiß aber ohne progressive Bewegung der Teile finden und das Wasser, das sich dieser Bewegung erfreut, sehr kalt: folglich kann laut § 6 die innere progressive Bewegung des Stoffes nicht die Ursache der Wärme sein.

§ 10. Aus der Definition der Pendelbewegung (§ 6) folgt, daß die ihr ausgesetzten Teile sich nicht in Verbindung befinden können; es ist unmöglich anzunehmen, daß die Partikeln ihre Kohäsion verletzen und außerhalb dieser sich bewegen, — bei der Kohäsion ist ja die gegenseitige Berührung, die durch Pendelbewegung vernichtet würde, unentbehrlich. Da die meisten festen Körper bei der Erwärmung bis zum Brennen eine starke Kohäsion besitzen, so wird die innere Pendelbewegung der Partikeln, als Ursache der Wärme, ausgeschlossen.

§ 11. Nachdem wir somit die progressive und die Pendelbewegung ausgeschlossen haben, bleibt nur die innere kreisförmige Bewegung (§ 6) des verbundenen Stoffes (§ 4) als zur Erzeugung der Wärme befähigt.

§ 12. Nun tritt die Frage auf: können die Partikeln eines festen Körpers, die also durch Kohäsion stark verbunden sind, sich drehen? Besinnen wir uns z. B. auf zwei Marmorstücke, deren polierte Flächen gegenseitig angelegt sind: man kann sie leicht drehen, obwohl sie durch Kohäsion fest verbunden sind. So können wir uns klar vorstellen, daß die kleinsten Partikeln sich leicht umeinander drehen können, umso leichter, je kleiner das Verhältnis ihrer Berührungsfläche zu ihrer ganzen Oberfläche ist. Diese Kreisbewegung können auch die Wasserparkikeln ohne Hindernis seitens der Kohäsion annehmen.

§ 13. Aus unserer Theorie kann man folgende Folgerungen ziehen: 1. Zur Wärmebewegung sind am besten kreisrunde Partikeln angepaßt, da solche sich nur in einem Punkte berühren. 2. Die Wärmebewegung, wie jede andere, kann sich vergrößern und vermindern; im ersten Falle wird sich der Grad der Wärme im Körper vergrößern, im zweiten Falle vermindern. 3. Die Partikeln warmer Körper drehen sich schneller, die der kalten langsamer. 4. Warme Körper kühlen sich beim Berühren mit kalten ab durch Verzögerung der Wärmebewegung und umgekehrt. 5. Wenn also die Hand Wärme fühlt, werden die Partikeln ihres verbundenen Stoffes in schnellere Kreisbewegung gebracht und in langsamere beim Gefühl der Kälte.

§ 14. Da der in der Mathematik gebrachte Beweis der strengste ist, werden wir unsere Wärmetheorie weiter durch Erklärung verschiedener Wärmeerscheinungen entwickeln, indem die Behauptungen a posteriori durch Beispiele bekräftigt werden.

§ 15. Betrachten wir zwei Partikeln, die sich in zwei sich reibenden Flächen der Körper *A* und *B* befinden. Bei dieser Reibung schlägt die eine Partikel durch einen Teil ihrer Oberfläche in die Oberfläche der anderen ein, und beide zwingen sich gegenseitig in die progressive Bewegung. Da aber beide Partikeln Bestandteile fester Körper sind und sich nicht progressiv bewegen können, so bleibt ihnen nichts übrig, als sich um ihre Achsen zu drehen. Diese Bewegung wird nun von den Partikeln, die sich in der Reibungsfläche befinden, anderen mitgeteilt, so daß schließlich bei der Reibung alle Partikeln beider Körper in die Wärmebewegung geraten. Hieraus ist es ersichtlich, warum sich feste Körper durch Reibung erwärmen, und man kann folgendes schließen: 1. je stärker die Körper sich gegenseitig drücken, desto intensiver wird die Bewegung der Partikeln, und desto schneller erwärmen sich die Körper; 2. die Partikeln der Flüssigkeiten, da sie nur

eine kleine Kohäsion haben und leicht Platz wechseln, können nicht so leicht wie feste Körper Wärme durch Reibung erzeugen.

§ 16. Wird ein Nagel durch eine eiserne Stange gerieben, so erwärmt sich der Nagel schneller als die Stange, weil die reibende Fläche der letzteren größer ist, und somit die Partikeln der Fläche des Nagels öfter eingeschlagen und schneller in Wärmebewegung gesetzt werden.

§ 17. Beim Schlagen des Eisens mit dem Schmiedehammer wirkt der Schlag der Reibung analog, die Partikeln des Eisens geraten in lebhaftere Wärmebewegung, und das Eisen kann sogar zum Glühen gebracht werden. Ähnlich gestalten sich die Dinge beim öfteren Biegen einer nichtelastischen Metallstange: die Partikeln reiben sich dabei gegenseitig, und die umgebogene Stelle wird heiß.

§ 18. Wenn ein wärmerer Körper A einen kälteren B berührt, so beschleunigen die schneller rotierenden Partikeln von A die Partikeln von B ; wieviel Bewegung von den einen weggeht, ebensoviel wird zu den anderen hinzukommen: demnach wird A kälter und B wärmer.

§ 19. Bei dieser Bewegung müssen zuerst diejenigen Partikeln eine beschleunigte Bewegung erfahren, die sich in der Berührungsfläche befinden, und diese Bewegung nach und nach den übrigen Partikeln überliefern. Darum erwärmt sich (bzw. erkaltet) die Berührungsfläche der Körper früher als der übrige Teil.

§ 20. Werden auf gegenüber liegende Flächen des kalten Körpers A zwei wärmere Körper B und C aufgestellt, so beschleunigen sich die Partikeln von A schneller in der Wärmebewegung, als wenn der wärmere Körper nur eine Oberfläche von A berührt. Somit wird die Wärmebewegung der Körper umso schneller beschleunigt oder verlangsamt, je größer die Oberfläche ist, auf die ein wärmerer oder kälterer Körper einwirkt. Da die Oberflächen ähnlicher Körper im doppelten, die Volumina dagegen im dreifachen Verhältnisse ihrer Durchmesser zueinander stehen, so ist es begreiflich, warum ähnliche Körper, die ein größeres Volumen haben, in einem Medium, z. B. Luft, sich langsamer abkühlen, bzw. erwärmen, als kleinere.

§ 21. Die Körper leisten Widerstand infolge ihrer Trägheit, die bekanntlich dem Gewichte proportional ist: darum werden spezifisch schwerere Körper langsamer als die leichteren durch dieselbe Kraft in Wärmebewegung versetzt, bzw. dieser beraubt.

§ 22. Man kann annehmen, daß die Partikeln fester Körper stärker verbunden und wahrscheinlich selbst größer sind, als die der weichen. Vermutlich liegt darin der Grund, warum festere Körper sich langsamer erwärmen und abkühlen, als weichere.

§ 23. Infolge der Kreisbewegung der Partikeln müssen sie sich gegenseitig mittels ihrer Oberflächen beeinflussen: jede wird von der benachbarten abgestoßen und um so stärker, je größer die Wärmebewegung ist. Da diesem die Kohäsion entgegenwirkt, so wird jene vermindert und kann schließlich durch die Wärme derartig gemindert werden, daß die Kohäsion aufgehoben wird, und die Körper schmelzen und dann verdampfen.

§ 24. Hieraus kann man schließen, daß 1. die Ursache des flüssigen und des gasförmigen Zustandes die Wärmebewegung der Partikeln ist: diese lockert die Kohäsion derartig, daß die Partikeln frei gegeneinander fallen und zerfließen können oder schließlich sich in der Luft zerstreuen; 2. darin liegt auch die Ursache der Verdampfung und der Verdunstung; 3. die gasförmigen und flüssigen Körper haben immer Wärme, mögen sie auch beliebig kalt erscheinen.

§ 25. Ein Körper *A* kann nicht bei Einwirkung auf *B* ihm eine größere Bewegungsgeschwindigkeit, als er selbst besitzt, erteilen, folglich auch ihm nicht mehr Wärme geben, als er selbst hat. Darum kann ein kalter Körper *B*, in einen warmen Körper *A* gebracht, nicht mehr Wärme bekommen, als *A* hat. Hierin liegt die Ursache, warum Gefäße aus Zinn, mit Wasser gefüllt, auf dem stärksten Feuer nicht schmelzen: das Wasser verzögert die Wärmebewegung der Zinnpartikeln und erlaubt dem Zinne nicht, zu schmelzen, weil es die dazu erforderliche Geschwindigkeit der Wärmebewegung nicht aufnehmen kann.

§ 26. Da wir keine Bewegungsgeschwindigkeit so groß setzen können, daß wir uns in Gedanken nicht eine bedeutendere vorstellen können, so ist der letztmögliche höchste Grad der Wärme eine unvorstellbare Bewegung. Andererseits kann die Bewegung zum vollen Stillstande kommen: der letzte mögliche Grad der Kälte ist somit ein absolutes Auflösen der Wärmebewegung und kann also bestehen¹⁵⁾.

§ 27. Obwohl der höchste Kältegrad möglich ist, so gibt es kaum einen solchen auf unserer Erde. Alles, namentlich, was uns kalt vorkommt, ist nur weniger warm, als unsere Sinnesorgane; so ist das kälteste Wasser noch warm. Auch

kann man nicht das Gefrieren als ein Zeichen der größten Kälte annehmen: die gleich nach dem Schmelzen erhärteten Metalle bilden auch ein Eis ihrer Gattung, sind aber so heiß, daß brennbare Körper durch sie angezündet werden können. Schließlich gibt es gasförmige Körper, die durch keinen bekannten Grad der Kälte zum Gefrieren gebracht werden können, so daß sie noch immer warm sind, wie z. B. Luft. Deswegen gibt es auf der Erde die größtmögliche Kälte nicht.

§ 28. Jetzt schreiten wir zur Betrachtung der gewöhnlichen Meinungen der jetzigen Philosophen über Wärme. Es wird nämlich als deren Ursache ein Wärmestoff angesehen; je wärmer der Körper, desto mehr von diesem Stoffe hat er, und er wird wärmer oder kälter, je nachdem dieser Stoff in ihn eindringt oder weggeht. Diese Hypothese müssen wir nun einer Untersuchung unterziehen.

§ 29. Als die Philosophen die Wärmeerscheinungen zu betrachten anfangen, so bemerkten sie bald, daß bei Vergrößerung der Hitze auch das Volumen des Körpers größer wird: daraus zogen sie den Schluß, daß in die Körper irgend ein Stoff eindringt und sie ausdehnt. Wir würden ihnen gern unseren Beifall zollen, wenn es ebenso leicht wäre, diese Annahme zu beweisen, wie sie aufzuhellen; woher, z. B., kommt es, daß bei dem stärksten Frost Pulver von einem kleinen Funken angezündet wird und momentan eine ungeheuere Flamme gibt? Von wo und wie sammelt sich auf einmal dieser Feuerstoff? Kommt er von weiten Gegenden zusammen und zündet das Pulver an? In diesem Falle sollte er auch andere Körper, die das Pulver umgeben, erwärmen und ausdehnen; oder ist dieses Feuer imstande nur Pulver anzuzünden, und muß also seine Natur vergessen — was dem Versuche und dem vernünftigen Gedanken widerspricht.

§ 30. Alles ist in der Natur so eingerichtet, daß bei Vergrößerung der Ursache auch ihre Wirkung wächst. Wenn zwei Körper den gleichen Grad der Wärme haben, so sollten sie auch, bei Gleichheit anderer Bedingungen, sich gleich ausdehnen oder zusammenziehen. Aber welche Mannigfaltigkeit wird hier beobachtet, wenn wir die Ausdehnung der Luft, verschiedener Flüssigkeiten und fester Körper vergleichen! Es gibt selbst Körper, wie Wasser, die sich erst beim Erwärmen verkleinern und dann sich ausdehnen, so daß Eis auf seiner Oberfläche schwimmt. Diese Mannigfaltigkeit wird keineswegs durch jenen vagabunden Wärmestoff erklärt.

§ 31. Die Philosophen, besonders die Chemiker, denken, daß dieses umherschweifende Feuer seine Anwesenheit nicht nur durch Ausdehnung der Masse, sondern auch durch Gewichtszunahme zeigt. Ich glaube, es war *R. Boyle*, der zuerst durch Versuche die Gewichtszunahme beim Verbrennen beobachtete und erklärte, daß Teile des Feuers und der Flamme wägbar werden können. Viele — beinahe alle — seiner Versuche beweisen aber, daß in den kalzinierten Körpern sich ein Teil der Flamme, oder Luft, die fortwährend über den kalzinierten Körper fließt, befindet. So nehmen metallische Platten, wenn man sie in der Schwefelflamme erhitzt, an Volumen und Gewicht zu, aber die Ursache dieser Zunahme liegt in der Säure des Schwefels, die in die Poren der Körper eindringt und sich mit ihnen verbindet. Nehmen wir an, daß mit den Metallen beim Glühen sich irgend ein Stoff verbindet, der das Gewicht der Kalke vermehrt. Dieser Stoff kann nicht derjenige sein, der dem Feuer zugeschrieben wird, da die Kalke beim Entfernen aus dem Feuer selbst im stärksten Froste die Gewichtszunahme beibehalten und keinen Überfluß an Wärme zeigen. Ich sehe nicht ein, warum in den Kalken der Stoff des Feuers nicht seiner Natur entsprechend wirkt. Ferner geben die Kalke bei der Reduzierung wieder Metalle, die Verfrischung geschieht aber bei einem stärkeren Feuer: es ist ganz unbegreiflich, warum das Feuer bald in die Körper eindringt, bald aus ihnen herauskommt. Zudem beobachteten andere Forscher nicht immer eine Gewichtszunahme beim Kalzinieren, so daß die Beweise der Existenz einer Wärmematerie nicht gerade überzeugend sind¹⁶⁾.

§ 32. Es wird allgemein angenommen, daß im Brennpunkte des Brennglases bei der Konzentrierung der Sonnenstrahlen sich der Wärmestoff kondensiert. Es scheint leicht, zuzugeben, daß der Lichtstoff aus der Sonne wie aus einer Quelle fließt; diese Hypothese ist aber derjenigen ähnlich, die aussagt, daß die Luft sich nach allen Seiten mit der Geschwindigkeit des Schalles von einem tönenden Körper verbreitet. Es ist ganz klar, daß hier Äther¹⁷⁾ und Strahlen verwechselt werden, die sich ebenso unterscheiden, wie Stoff und Bewegung; im Brennpunkte können nur Strahlen, Wärmebewegung sich kondensieren. Das wird durch den Brennpunkt der Sonnenstrahlen, die von der Mondoberfläche zurückgeworfen sind, einleuchtend gezeigt: er ist sehr hell und sollte auch heiß sein, wenn die Wärme von der Dichtigkeit des Wärme-

stoffes stammte. Er ist aber kalt, und man sollte schließen, daß der Stoff des Feuers — kalt ist. Jeder Vorurteilslose wird mit uns einverstanden sein, daß es unmöglich ist, die Bildung der Wärme im Brennpunkte des Brennglases mittels des Wärmestoffes zu beweisen.

§ 33. Beim Mischen von Schnee und Salz entsteht, wie man sagt, eine Kältemischung, da in ihr Wasser gefriert; dabei geht das Salz mit Schnee in eine Flüssigkeit über. Hieraus könnte man wieder schließen, daß der Wärmestoff aus dem Wasser in den Schnee übergeht; letzterer schmilzt durch den Eintritt des Wärmestoffes, ersteres gefriert, weil der Wärmestoff weggeht. Der Versuch zeigt aber, daß die Temperatur der Kältemischung sinkt, wenn sie flüssig wird, folglich kann ihr kein Wärmestoff zugekommen sein. Man muß eher annehmen, daß der Schnee durch Berührung mit dem warmen Wasser zuerst schmilzt, sich mit dem Salze verbindet, indem er es auflöst und dabei mehr Wärme aufnimmt, als das Wasser im Moment seines Gefrierens besitzt: deswegen gefriert reines Wasser, und der Schnee selbst bleibt flüssig von dem aufgenommenen Salze, da, wie bekannt, Salzlösungen viel niedriger gefrieren als Wasser.

§ 34. Aus all dem Mitgetheilten schließen wir, daß es ganz überflüssig ist, die Wärme der Körper einem subtilen, speziell dazu erdachten Stoffe¹⁸⁾ zuzuschreiben; die Wärme besteht dagegen in einer inneren Kreisbewegung des verbundenen Stoffes des warmen Körpers. Wir behaupten, daß der allerfeinste Stoff des Äthers, der den ganzen Weltraum erfüllt, zu dieser Bewegung und Wärme empfänglich ist; er ist es, der die Wärmebewegung von der Sonne aufnimmt, diese unserer Erde und anderen Weltkörpern überträgt und sie dadurch warm macht; der Äther ist das Medium, mittels dessen die Körper, weit voneinander entfernt, sich gegenseitig die Wärme, ohne etwas Fühlbares, mitteilen.

§ 35. Nachdem wir somit den Wärmestoff beseitigt haben, könnte man unsere Abhandlung schließen, wenn nicht noch einige Gelehrte auch der Kälte einen gewissen Stoff zuschreiben würden und dessen Sitz in den Salzen sähen, da dieselben beim Auflösen in Wasser Kälte erzeugen. Da aber die Salze oft auch Wärme erzeugen — z. B. beim Mischen von Kochsalz und Vitriolöl —, so könnten wir mit gleichem Rechte den Salzen die Ursache der Wärme zuschreiben, wenn wir nicht solch einen unsinnigen Streit unter unserer Würde hielten.



IV.

Versuch einer Theorie der elastischen Kraft der Luft¹⁹⁾.

(1748.)

§ 1. Während des letzten Jahrhunderts hat der Teil der Naturwissenschaften, der die Lehre über Luft enthält, dank der Erfindung der Luftpumpe eine außerordentliche Entwicklung erfahren, und wir sehen jetzt mit Staunen ihre Eigenschaften durch mathematische Gesetze ausgedrückt. Unter den Eigenschaften der Luft ist ihre elastische Kraft in ihrer Ursache noch ohne jede Erklärung geblieben, obwohl darüber viel geschrieben wurde.

§ 2. Von allen bis jetzt bekannten Hypothesen scheinen diejenigen, die sich der Gesetze der Kreisbewegung bedienen, am wahrscheinlichsten zu sein; wir werden uns dem anschließen, da in diesen vorzüglichen Gedanken noch manches fehlt, und einiges richtiger vorgetragen werden kann.

§ 3. Wir halten es namentlich für unnütz, bei Erklärung der elastischen Kraft der Luft jenes eigenartigen wandernden Fluidums uns zu bedienen, wie jetzt viele tun; uns genügt die Feinheit und Leichtigkeit der Luft selbst, und wir schreiben ihrer Substanz die Ursache der elastischen Kraft zu.

§ 4. Wir müssen zuerst eine klare Vorstellung über die elastische Kraft der Luft haben; diese Kraft ist das Streben der Luft, sich nach allen Richtungen auszudehnen; diese Ausdehnung wird durch die Entfernung der unmerklichen Partikeln der Luft voneinander hervorgebracht. Deswegen müssen wir die Natur dieser Partikeln und die Kraft, die sie auseinander bringt, betrachten.

§ 5. Die Partikeln der Luft kann man sich in zweifacher Weise vorstellen: entweder kann jede einzelne in einem größeren

oder kleineren Raume (wegen des Körperbaues oder organisierter Struktur) sich ausdehnen und zusammenziehen, oder aber, es haben die Partikeln einen physikalischen Bau und organisierte Struktur und üben die elastische Kraft nicht einzeln, sondern insgesamt aus.

§ 6. Die erste Vorstellung — schon mit dem schlichten Wesen der Natur unvereinbar — vernichtet die Durchsichtigkeit und die unzerstörbare Dauerhaftigkeit der Luft. In der organisierten Partikel müssen Teile sein, die zur Erzielung größerer Elastizität durch Wärme in stärkere Bewegung versetzt werden. Wenn Luft durch die Wärme der Sonne ausgedehnt wird, gehen deren Strahlen durch die Partikeln; dabei erleiden die Strahlen eine Brechung, die freilich sehr klein ist, aber bei der unendlichen Anzahl der Partikeln von der Oberfläche der Atmosphäre bis zur Erde das Licht sehr stark abzuschwächen vermag, wie es in den Wolken die Wassermolekeln thun, die aus Atomen zusammengesetzt sind.

§ 7. Indem wir ferner die unter dem Drucke der gesamten Atmosphäre sich vollziehenden Änderungen der Luft: heftige Strömungen, stärkste Reibung an festen Körpern usw. betrachten und uns des Versuches *Robervals* erinnern, der die Luft 15 Jahre lang stark zusammengedrückt hielt und seine Elastizität unverändert fand, so können wir uns die Partikeln kaum organisiert oder aus winzigsten zarten Teilen, die sehr bewegungsfähig und deshalb aneinander sehr schwach gebunden sind, zusammengesetzt vorstellen. Darum greifen wir die zweite Möglichkeit des § 5 auf und bezweifeln nicht, daß die Partikeln nicht organisiert sind, daß sie ferner sehr hart und unveränderlich sein müssen, so daß man sie mit Recht Atome zu nennen hat. Da sie laut den Gesetzen der Natur auf körperliche Gegenstände einwirken, so müssen sie unbedingt auch körperlicher Natur sein und eine Dimension haben.

§ 8. Hinsichtlich der Figur der Luftatome sind wir der Ansicht, daß nur die kugelförmige am besten der Leichtigkeit, Festigkeit, Einfachheit und sanften Natur der Luft entspricht. Da warme Luft die von ihr umgebenen kalten Gegenstände erwärmt, so erzeugen deren Atome in den Partikeln der Körper die Kreisbewegung, die Wärmebewegung ist; das kann nur durch Reibung geschehen, also müssen die Luftatome rauh sein.

§ 9. Dieses ist mit der Natur der Dinge vollkommen übereinstimmend. Alle Körper der Welt haben auf der Oberfläche Unebenheiten, damit die Figur dieser Körper, dem win-

zigsten Verhältnisse der Unebenheiten zum Ganzen gemäß, ihre äußerliche Form behält. So hat die Natur die Erde mit Bergen versehen und ihre partikulären Körper, selbst die kleinsten, ebenso mit Rauheiten; der Analogie nach sind auch die Luftatome mit winzigsten, aber sehr starken Rauheiten versehen.

§ 10. Die Luftatome, indem sie elastische Kraft ausüben, entfernen sich entweder durch unmittelbare Gegenwirkung oder mittels eines Fluidums, das zwischen ihnen besteht und viel kleinere Partikeln hat. Um zu entscheiden, welche dieser Voraussetzungen richtig ist, wenden wir uns zur hauptsächlichsten Eigenschaft der Luft: die Luft hat nämlich eine umso größere elastische Kraft, je mehr sie durch eine äußere Kraft zusammengedrückt wird, und je näher ihre Atome aneinander treten.

§ 11. Nehmen wir zuerst an, daß die Luftpartikeln mittels des Fluidums auseinandergehen. Beim Zusammendrücken der Luft zu einem kleineren Raum kann dieses Fluidum sich auch zusammenpressen lassen oder nicht. Im ersten Falle wären folgende Möglichkeiten: a) die Wand des Gefäßes ist für das Fluidum undurchdringlich, — was gegen die Kleinheit seiner Partikeln spricht (§ 10); b) das Fluidum wirkt auf das Gefäß ein — dann genügt es allein, auf Körper zu wirken; c) die Partikeln des Fluidums werden das Bestreben haben, auseinander zu gehen — dann wird man wieder dafür eine Erklärung finden müssen, und die ursprüngliche Frage wird unbeantwortet bleiben. Im zweiten Falle wird a) das Fluidum nicht auf das Gefäß einwirken und wird dann auch nicht in-stande sein, die feinsten Atome der Luft zu beeinflussen, da letztere infolge der Runde und Leichtigkeit ohne Mühe sich jeder Kraft entziehen; b) geht das Fluidum durch die Wände hindurch, so ist seine Dichtigkeit konstant, und beim Zusammendrücken der Luft wird sich ein anderes Verhältnis zwischen ihm und der Anzahl der Luftatome einstellen; es wird weniger Wirkung auf die Luftatome ausüben, folglich sollte sich auch die elastische Kraft der Luft vermindern.

§ 12. Alles Aufgeführte zeigt aufs deutlichste, daß die elastische Kraft der Luft nicht durch irgend ein Fluidum verursacht sein kann. Da diese Kraft bei der Gleichheit anderer Bedingungen sich im Verhältnisse des eigenen Stoffes der Luft vergrößert und vermindert, so kann kein Zweifel bestehen, daß elastische Kraft von der unmittelbaren gegenseitigen Einwirkung der Luftatome herrührt.

§ 13. Eine unmittelbare Einwirkung kann nur bei Berührung entstehen; da man aber die Luft zu einem mehr als dreißigfach kleineren Volumen zusammendrücken kann, so müssen zwischen den Atomen leere Zwischenräume existieren, die noch viele derselben enthalten könnten. Diese zwei widersprechenden Tatsachen — die aber beide ganz sicher sind — kann man nur derartig in Einklang bringen, daß beide Zustände der Atome in der Zeit verschieden sind, daß also nicht alle Luftatome in einem gegebenen Momente sich in dem gleichen Zustande befinden, und daß diese Zustände nur eine unmerkliche Zeit dauern: die einzelnen Atome stoßen wieder mit den näheren zusammen und streben, sich nach allen Seiten von den öfteren gegenseitigen Stößen zu zerstreuen²⁰).

§ 14. Es muß nun gezeigt werden, wie sich die Atome gegenseitig abstoßen. Wir wissen, daß mit der Wärme auch die elastische Kraft der Luft wächst, und umgekehrt; also wirken die Atome aufeinander stärker oder schwächer bei der gegenseitigen Berührung in Abhängigkeit von der Wärme ein, und würde letztere ganz fehlen, so würden sie Atome auch aller ihrer Wirkungen beraubt sein. Somit ist es nur die Wärme, welche die gegenseitige Einwirkung der Atome bedingt.

§ 15. Die Wärme besteht in einer Kreisbewegung der Partikeln des Körpers; folglich muß auch die Wirkung der Luftatome auf dieser Bewegung beruhen. Zwei schnell rotierende Kugeln mit ganz glatten Oberflächen miteinander in Berührung gebracht, können sich nicht abstoßen. Dieses kann nur dann erfolgen, wenn auf dieser Oberfläche Rauheiten sind (vgl. § 8).

§ 16. Wenn die Oberflächen der Atome Rauheiten besitzen, so stoßen sich die Atome bei sehr schnellen entgegengesetzten Kreisbewegungen sehr stark ab, wenn eine Rauheit des einen auf eine Rauheit des anderen stößt.

§ 17. Da die Atome Schwere besitzen, müssen sie infolge der Schwerkraft aufeinander fallen. Dabei stoßen sie sich bei Berührung sofort ab, da sie eine schnelle Wärmebewegung besitzen. Bei der ungeheueren Anzahl der Atome ist es unmöglich, daß jedes auf den höchsten Punkt des anderen fällt, somit wird sich seine abstoßende Bewegung sehr oft längs einer zu dem Horizonte geneigten Linie vollziehen: so wird sich die elastische Kraft der Luft nach allen Seiten hin äußern.

§ 18. Diese Einwirkung der Atome wird bei den Brummkreiseln, mit welchen die Knaben auf dem Eise spielen, gut

illustriert. Zwei gleiche, schnell rotierende Brummkreisel springen sofort nach Berührung ab, was von den Unebenheiten ihrer Oberfläche kommt, und je größer diese Unebenheiten sind, desto stärker stoßen sie sich ab.

§ 19. Obwohl unsere Theorie sich auf genügend stichhaltige Beweise stützt, wird sie noch augenscheinlicher werden, wenn wir mit ihrer Hilfe die Eigenschaften der Luft und die in ihr beobachteten Erscheinungen derart erklären können, daß ihre bestimmten Ursachen ganz klar zum Ausdruck kommen. Dazu wollen wir uns nun wenden.

§ 20. Die Atmosphäre besteht aus einer unendlich großen Anzahl von Luftatomen; die unteren stoßen die auf sie fallenden an die höhere Oberfläche der Atmosphäre zurück. Je weiter die übrigen Atome sich von der Erde befinden, desto weniger Widerstand finden sie in der hemmenden Kraft anderer schwerer Atome, so daß die in der höheren Oberflächenschicht der Atmosphäre befindlichen Atome durch ihre Schwere nach unten hin gezogen werden, von den näheren unteren abprallen und steigen, solange, wie die vom Abprallen gewonnene Kraft ihre Schwere übertrifft. Sobald letztere überwindet, fallen sie wieder und werden wieder abgestoßen usw.²¹⁾ Hieraus folgt, daß a) die Luft desto verdünnter wird, je weiter sie sich vom Erdzentrum befindet; b) daß die Atmosphäre sich nicht bis ins Unendliche hin erstrecken kann, und es eine Grenze geben muß, wo die Schwere der allerhöchsten Atome jene Kraft, die letztere vom Zusammenprallen gewonnen haben, übertrifft.

§ 21. Je schneller sich die Atome drehen, desto kräftiger werden sie sich gegenseitig abstoßen und umso stärker auf die entgegenstehenden Körper einwirken. Bei der schnelleren Kreisbewegung steigt bekanntlich die Wärme: darum hat die wärmere Luft eine größere elastische Kraft.

§ 22. Wie wir durch Erfahrung wissen, gibt es stets Gebiete, wo es kälter ist, als in den anderen; in unseren Gedanken über die Ursache der Wärme und Kälte haben wir bewiesen, daß auf der Erde nirgends absolute Kälte vorhanden sein kann: darum kann auch bei den Luftatomen niemals die Kreisbewegung aufhören, und folglich werden sie niemals ihre elastische Kraft verlieren.

§ 23. Der Schall besteht in einer Pendelbewegung, die von einem tönenden Körper den nächstliegenden Luftatomen mitgeteilt wird, und diese übermitteln sie mittels anderer

Atome in ununterbrochener Reihe auf eine Entfernung, die der Schallstärke proportional ist. Da nun die Luftatome sich größtenteils nicht berühren, so muß jedes Atom, um die Schallbewegung dem anderen zu überliefern, erst diesem sich nähern und ihm dann den Stoß erteilen; dazu ist ein minimalster Zeitaufwand erforderlich, der aber bei der fast unendlich großen Anzahl der Luftatome auf eine größere Entfernung hin eine merkbare Zeit ausmacht: darum hören wir den Schall erst nach einer gewissen Zeit²²).

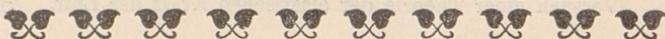
(1719)

§ 1. Als wir unsere Gedanken über die elastische Kraft der Luft in der Akad. ...

§ 2. ... über die hellste Kraft des Feuers, das entweder das aus dem Feuer gebildete Gas ...

§ 3. ... Wollen wir nun sehen, wie die Sache im Lichte ...

§ 11. ... die seien zwei Massen von gleichem Gewicht ...



IVa.

Nachtrag²³).

(1749.)

§ 1. Als wir unsere Gedanken über die elastische Kraft der Luft in der Akademie verlasen, bemerkte uns Herr *Richmann*, daß wir keine Erklärung geben, warum die Elastizität der Luft seiner Dichte proportional ist. Dieses geschah, weil wir an diesem Gesetz, hauptsächlich infolge der Worte des berühmten *Dan. Bernoulli*, zweifelten.

§ 2. *Bernoulli* fand nämlich²⁴) aus einer Untersuchung über die ballistische Kraft des Pulvers, daß entweder das aus dem Pulver gebildete Gas gar keine Luft ist, oder die Elastizitäten sich in größerem Verhältnisse vermehren, als die Dichten: die Dichte der Luft, die beim Verbrennen des Pulvers entsteht, kann die Dichte der gewöhnlichen Luft nicht mehr als tausendfach übertreffen, selbst wenn Pulver zusammengedrückte Luft wäre; das leitete er aus dem spezifischen Gewichte des Pulvers ab. Er behauptet aber, daß die Elastizität dieses Gases bedeutend mehr betragen muß, wenn das Pulver in den Kanonen momentan verbrennt.

... Wollen wir nun sehen, wie die Sache im Lichte unserer Theorie steht.

§ 11. Es seien zwei Luftmassen von gleichem Gewicht, *A* und *B*, gegeben; die Strecke, in der sich die Partikeln von *A* bewegen, steht zur Strecke, wo die Partikeln von *B* umherschwingen, im Verhältnisse $a : a - b$, dann wird das Volumen der Masse *B* zum Volumen der Masse *A* im Verhältnisse $a^3 : (a - b)^3$ stehen. Die Atome der Luft schwingen umso öfter, je kleiner der Raum ist, in dem sie sich bewegen, so daß die Zahl der Zusammenstöße umgekehrt proportional den Volumina sein wird, und somit wird das Verhältniß der Anzahl der Zusammenstöße der Partikeln *A* und der Partikeln *B* wie

$(a-b)^3 : a^3$ sein. Je öfter aber die Zusammenstöße erfolgen, umso mehr muß die elastische Kraft wachsen, so daß das Verhältnis der Elastizitäten von A und B $(a-b)^3 : a^3$, also umgekehrt proportional den Volumina, oder proportional den Dichten, sein muß.

§ 12. Dieses wird aber nur in dem Falle richtig sein, wenn die schwingenden Atome B und C (Fig. 1) nach jedem Zusammenstoße sofort an ein anderes benachbartes Atom A anprallen und nicht durch Zwischenräume zu anderen, entfernteren, wandern würden: in letzterem Falle, der auch in Wirklichkeit immer bestehen muß, werden sie das Anprallen

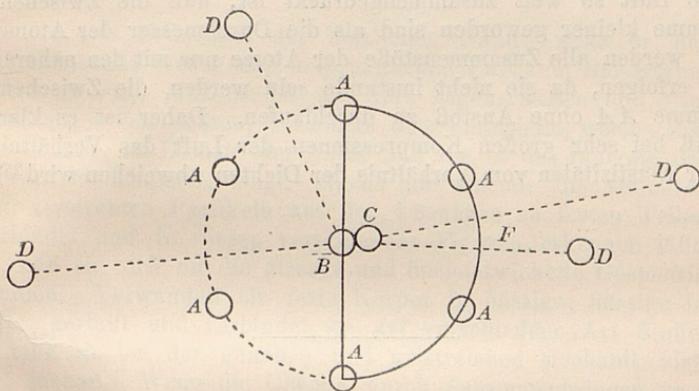
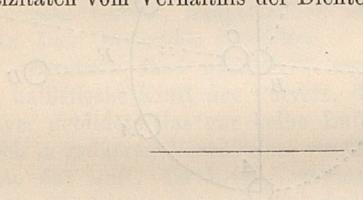


Fig. 1.

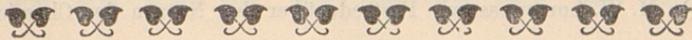
später erfahren und somit von dem oben abgeleiteten Verhältnisse folgenderweise abweichen.

§ 13. Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß die Atome B und C nach dem Zusammenstoße öfter in die Zwischenräume AA fliegen werden; die Durchmesser der Atome im Verhältnisse zum Schwingungsraum werden umso größer sein, je mehr die Luft zusammengedrückt ist. Da die Zahl der Anpralle überaus groß ist, muß ein Verhältnis zwischen den Schwingungen, die zum Zusammenstoß mit A führen, und denen, wo die Atome mit den entfernteren D zusammenstoßen, existieren; dieses Verhältnis ist gleich dem Verhältnis der Atomanzahl, die sich zwischen AA auf der durch den Halbkreis $AAFAAB$ umschriebenen Kugelfläche versammeln können, zu der Zahl der Atome A , die voneinander ebensoweit abstehen,

wie vom Zentrum B . Wird die Dichte der Luft vergrößert, so treten die Atome A näher aneinander, die Zwischenräume zwischen ihnen verkleinern sich, und die Anzahl der Schwingungen der Atome, bei denen sie nicht mit A zusammenstoßen, wird kleiner, so daß das soeben bestimmte Verhältnis auch kleiner wird. Zu den häufigeren Stößen (infolge von kleineren Zwischenräumen zwischen den Atomen) wird somit noch der Umstand hinzukommen, daß die Zwischenräume AA kleiner geworden sind, und deshalb die gegenseitigen Stöße der näheren Atome häufiger sein werden, darum wird der Widerstand der Luft größer sein, als nach dem Verhältnisse des § 11. Wenn die Luft so weit zusammengedrückt ist, daß die Zwischenräume kleiner geworden sind als die Durchmesser der Atome, so werden alle Zusammenstöße der Atome nur mit den näheren A erfolgen, da sie nicht imstande sein werden, die Zwischenräume AA ohne Anstoß zu durchlaufen. Daher ist es klar, daß bei sehr großen Kompressionen der Luft das Verhältnis der Elastizitäten vom Verhältnis der Dichten abweichen wird²⁵⁾.



... und somit von dem oben angegebenen Verhältni-
 diese Verhältnisse abzuleiten.
 § 12. Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß die Atome
 in der Luft nicht in die Zwischen-
 räume AA liegen, sondern die Durchmesser der Atome im
 Verhältnis zum Schwerepunkte, welche nicht größer sein
 können, als die Hälfte der Ab-
 weisung des Luftzusammendrucks ist. Da die Zahl der At-
 ome überaus groß ist, muß ein Verhältnis zwischen den
 Schwerepunkten der zum Zusammenstoße mit A hinführenden und denen
 wo die Atome mit den entfernteren B zusammenstoßen, exi-
 stieren: dieses Verhältnis ist gleich dem Verhältnis der Atom-
 anzahl, die sich zwischen AA auf der einen Seite befinden,
 zu der Zahl der Atome A , die von dem Schwerepunkte abstehen



V.

Festrede über den Nutzen der Chemie²⁶⁾.

(1751.)

... Der Erforscher der herrlichen Natur, wenn er das geheimnisvolle Wesen der ursprünglichen Partikeln der Körper erkennen will, muß zuerst alle ihre Eigenschaften und Veränderungen beobachten, besonders aber diejenigen, welche ihm die Chemie, im Dienste der Natur und bis in das Innerste der Körper eindringend, zeigt. Wenn die Chemie die zerteilten und zerstreuten Partikeln aus den Lösungen zu festen Teilen verbindet und in diesen verschiedene Figuren erkennen läßt, so muß sie sich an die strenge und hochentwickelte Geometrie wenden. Verwandelt sie feste Körper in flüssige, flüssige in feste, zerteilt und verbindet sie auf verschiedene Art Stoffe, so muß sie bei der genauen und geistreichen Mechanik sich Rat suchen. Wenn die Chemie durch Zusammenbringen verschiedener Stoffe verschiedene Farben hervorbringt, hat sie die einsichtsvolle Optik zu Hilfe zu nehmen. Die Chemie ordnet also die verborgenen Schätze ihrer Herrin; wird der wißbegierige unermüdliche Naturforscher sie durch Geometrie ausmessen, durch Mechanik erwägen, durch Optik betrachten, so wird er wahrscheinlich das gewünschte Ziel erreichen. Ich glaube, hier möchten Sie die Frage stellen: Warum haben denn bis jetzt die Naturforscher keinen Erfolg gehabt? Darauf gebe ich die Antwort, daß dazu ein sehr geübter Chemiker erforderlich ist, der zugleich auch ein sehr gründlicher Mathematiker wäre. Ein Chemiker ferner, der nur aus Büchern eine Vorstellung von der Chemie bekommen hat, wird nicht zum Ziel gelangen; er muß vielmehr fleißig selbst geforscht haben. Unbedingt ungeeignet ist, wer eine Fülle von Versuchen gemacht hat, aber durch Streben nach schnell zu erwerbendem Reichtum sich nur zur Erfüllung dieses Wunsches zu gelangen beihilft; er übersieht die in seinen Operationen stattfindenden

Erscheinungen und Änderungen, die zur Aufklärung der Geheimnisse der Natur führen könnten. Auch muß der Mathematiker nicht in schwierigen Berechnungen allein geschickt sein, sondern er muß in Erfindungen und Beweisen zur mathematischen Strenge sich gewöhnt haben und die in der Natur verborgene Wahrheit genau, unwiderlegbar darzutun verstehen. Nutzlos sind die Augen dem, der das Innere der Dinge sehen will, aber nicht die Hände zur Öffnung dieses Inneren hat; nutzlos sind die Hände dem, der keine Augen zum Betrachten der entdeckten Erscheinungen besitzt. Mit aller Gerechtigkeit kann man die Chemie als die Hände, die Mathematik als die Augen der Physik bezeichnen. Beide gewähren unbedingt wechselweise Hilfe beim Erforschen der inneren Eigenschaften der Körper; dagegen lenkt die Chemie oft die Vernunft der Menschen vom rechten Wege ab. Der Chemiker, indem er bei jedem Versuche verschiedene, oft unerwartete Erscheinungen und Einwirkungen beobachtet und dadurch zum Suchen eines schnellen Vorteils angelockt wird, lacht über den Mathematiker, der sich nur mit einigen vergeblichen Überlegungen über Punkte und Linien zu beschäftigen scheint. Der Mathematiker ist im Gegenteil durch klare Beweise von der Richtigkeit seiner Thesen überzeugt, wenn er durch unwiderlegbare und ununterbrochene Folgerungen die unbekannteten Eigenschaften der Größen aufdeckt, und verachtet den Chemiker, der nur praktisch die Sache anfaßt und zwischen vielen verwirrten Versuchen sich oft verirrt; an reines Papier, an blanke geometrische Instrumente gewöhnt, verabscheut er Rauch und Asche der Chemiker. Deshalb erzeugten bis jetzt diese zwei Wissensgebiete, obwohl durch gemeinsamen Nutzen vereint, meist so sehr verschieden denkende Forscher. Darum war auch bei keinem Menschen eine vollkommene Kenntnis der Chemie mit einer gründlichen mathematischen Bildung verbunden. Und obwohl manche Gelehrte in diesem Jahrhundert in beiden Wissenschaften gute Erfolge erzielten, halten sie dennoch dieses Unternehmen als über ihre Kräfte gehend und wollen sich darum nicht in der Erforschung der erwähnten Partikeln mit fester Absicht und regelmäßigem Eifer bemühen, besonders da sie bemerkten, daß einige Männer trotz vieler Mühe und Zeitaufwand durch nutzlose Absicht und durch die in ihrem Kopfe spukenden Phantasien die Naturwissenschaft mehr verdunkelten, als ihr Licht brachten²⁷).



VI.

Lehrkursus der wahren physikalischen Chemie²⁸).

(1752.)

Einleitung.

Das Studium der Chemie kann einen doppelten Zweck haben: die Vervollkommnung der Naturwissenschaften und die Vermehrung des Lebenswohls. Der letzte Zweck wog besonders in den älteren Zeiten, im vorigen und in diesem Jahrhunderte vor; darauf war viel Zeit und Geld verwendet worden. Den ersten Zweck verfolgten dagegen nur wenige Wissensdurstige, die jedoch zum philosophischen Verständnis der Natur nicht viel beigetragen haben. Wie diese Verhältnisse sich entwickelt haben, werde ich hier in einigen Worten darlegen.

Die Mehrzahl der blinden Sterblichen schätzt nämlich die Körperpflege höher, als die Entwicklung des Geistes: so ist es nicht wunderbar, daß durch den unermesslichen Fleiß der Chemiker unzählige Präparate entdeckt worden sind, die zur Erhaltung der Gesundheit, zur Förderung der Wohlfahrt, zum Schmuck der Körpers, zu Pracht und Schein, schließlich zur Erweckung der Leidenschaften und zum Verursachen des gewaltsamen Todes dienen. Die Chemiker haben dabei die klare Erkenntnis aller dieser Gegenstände vernachlässigt, den zuverlässigsten Weg zur Weiterentwicklung und Vervollkommnung dessen, wonach sie so begierig streben, indem sie diesen Weg für weniger fruchtbar halten.

Selbstverständlich gab es auch in diesem Jahrhundert Gelehrte, die sich an diese schwierige Aufgabe machten und in lobenswerter Weise versuchten, den Weg ins geheimnisvolle Innere des Körpers zu bahnen und diese dunkle Nacht zu beleuchten; allein in ihren Erwartungen getäuscht, haben sie auch anderen die Hoffnung genommen, obwohl sie doch vieles nicht

ohne Ruhm vollführten. Und wir selber würden wohl kaum wagen, solche Arbeit zu beginnen, wenn wir es nicht für möglich hielten, alle Schwierigkeiten zu beseitigen und den Weg zur klaren, vernünftigen Philosophie gangbar zu machen, indem wir alle Hindernisse erwogen und uns einer strengen geometrischen Methode für zahllose Erscheinungen, die in Betracht kommen, befleißigten.

Vorwort.

Erstes Kapitel.

Über die physikalische Chemie und deren Bestimmung.

§ 1. Die physikalische Chemie ist eine Wissenschaft, die auf Grund der Gesetze und Versuche der Physik die Ursache dessen erklärt, was in den zusammengestellten Körpern mittels chemischer Operationen geschieht²⁹). Sie kann die »chemische Philosophie« genannt werden, aber in einem ganz anderen Sinne, als es die mystische Philosophie ist, wo nicht nur Erklärungen fehlen, sondern auch die Operationen selbst in geheimnisvolles Dunkel gehüllt sind.

§ 2. Wir nennen dieses Lehrgebiet physikalische Chemie, weil wir uns entschlossen haben, nur das aufzunehmen, was zur wissenschaftlichen Aufklärung der Zusammensetzung der Körper führt. Deswegen halten wir es für unbedingt notwendig, alles, was zur Ökonomik, Pharmazie, Metallurgie, Glaskunde usw. gehört, wegzulassen und in einen besonderen Lehrkursus der technischen Chemie zu setzen; dadurch hoffen wir, zu erreichen, 1. daß jedermann leicht das, was er braucht, finden und das Buch ohne Langeweile lesen kann; 2. daß der Leser durch die Mannigfaltigkeit der Unterrichtsgegenstände nicht abgeschreckt wird; 3. daß die Sucht nach schnellem Gewinn die philosophische Betrachtung der schönen Natur nicht verdunkelt; 4. daß der eifrige Student der Chemie, nachdem er einen klaren Begriff von den zusammengesetzten Körpern gewonnen hat, mit voller Kenntnis sich mit der Vermehrung des Lebenswohls beschäftigen könnte.

§ 3. Wir nennen die Chemie eine Wissenschaft, indem wir den Naturphilosophen folgen: wenn sie wichtige Naturerscheinungen erklären, so beehren sie gewöhnlich — und ganz mit Recht — die Physik mit dem Namen Wissenschaft, ob-

wohl die Physik noch viel Zweifelhafte und noch mehr Unbekanntes enthält; selbstverständlich haben sie dann nicht die Gesamtheit der erworbenen Kenntnisse im Auge, sondern nur das Ziel der Physik. Niemand wird leugnen, daß wir mit gleichem Rechte chemische Erscheinungen mittels der Physik erklären dürfen.

§ 4. Wie gesagt, beschäftigt sich die Chemie mit den Eigenschaften und Veränderungen der Körper. Die Eigenschaften können zweifach sein: einige erwecken bei uns eine klare Vorstellung, andere nicht. Zu den ersteren gehören die Masse, äußeres Aussehen, Bewegung oder Ruhestand und die Lage jedes greifbaren Körpers; zu den zweiten Farbe, Geruch, Kräfte, die den Körper erweitern, Raum, Kohäsion usw. Die ersten werden nach dem Aussehen erkannt und durch geometrische und mechanische Gesetze definiert; die Ursache der letzteren liegt in den unserem Auge unzugänglichen Körperteilen, weshalb die Eigenschaften selbst nur mit Hilfe der physikalischen Chemie geometrisch und mechanisch bestimmt werden können. Die ersteren sind bei allen Körpern notwendigerweise vorhanden, die anderen nur bei einigen. Darum halten wir es, dem Beispiele von *Boyle* folgend, für zulässig, die ersten als allgemeine, die zweiten als partikuläre Eigenschaften zu bezeichnen.

Neuntes Kapitel.

Über die Art, Chemie mit Hilfe der Physik darzustellen.

Nachdem wir kurz alles, was die Chemie selbst betrifft, dargelegt haben, fangen wir mit dem an, was aus der Physik für die Chemie zu entnehmen ist, damit beide eine größere Entwicklung bekommen und vollständiger aufgeklärt werden.

Der Mehrzahl der Chemiker gilt ein zusammengesetzter Körper als mittels der chemischen Operationen untersucht, wenn sie — soweit es nach dieser Methode möglich ist — dessen Bestandteile erkannt haben; sie suchen nicht nach anderen Mitteln, ins Innere der Körper zu gelangen; indessen zeigt aber die Physik, mit mathematischen Gesetzen bewaffnet, deren beliebig viele! Die partikulären Eigenschaften hängen von der Zusammensetzung der Körper ab, und die Chemiker sind größtenteils davon überzeugt, daß sie in den Körpern neue Eigenschaften hervorrufen, indem sie deren Zusammensetzung ändern. Somit ist es vollständig klar, daß bei Untersuchung

der Zusammensetzung mittels chemischer Operationen man nicht die Eigenschaften vernachlässigen darf, besonders wenn man eine klare Erkenntnis der Vorgänge haben will. Es ist ja unsinnig, die Ursachen der Vorgänge herauszuforschen, wenn diese Vorgänge selbst nicht genügend bekannt sind. Darum muß man genau die partikulären Eigenschaften jedes Körpers, der einer chemischen Untersuchung unterworfen wird, prüfen; man muß so genau wie möglich sie bestimmen, damit, nachdem durch chemische Operationen die Kenntnis der Bestandteile gewonnen ist, man beurteilen könne, inwiefern und wieviel jede Eigenschaft durch Abänderungen eines gewissen Bestandteiles sich geändert hat³⁰⁾: hieraus kann man, nachdem beides in Übereinstimmung gebracht wird, deren wahre Ursache ermitteln.

Unter den partikulären Eigenschaften gibt es eine, die sich von Körper zu Körper ändert, namentlich das spezifische Gewicht. Berühmte Physiker haben schon längst ausgesprochen, daß es genügend bestimmt ist; dennoch sind bis jetzt sehr viele Körper hydrostatisch noch nicht gewogen worden, obwohl sie es eher verdienen als andere, bei denen diese Bestimmung schon ausgeführt ist. Bei diesen letzteren kann man in einigen Fällen deren Reinheit anzweifeln, auch fehlen oft nötige Angaben. Deshalb müssen wir alle Körper und deren Bestandteile, denen wir in unseren Vorlesungen begegnen werden, und alles, was man in Gefäße einschließen und betasten kann, hydrostatisch wägen und sorgfältig alle Daten aufschreiben; dieses muß bei jeder Operation, der ein bestimmter Körper unterworfen wird, ausgeführt werden.

Nach dem spezifischen Gewichte folgt die Kohäsion der Partikeln, aus denen die zusammengesetzten Körper aufgebaut sind. Dieses ist nur bei einigen, besonders schiedbaren Körpern bestimmt, und es ist die Belastung beim Bruch ermittelt. Um wieviel die Kohäsion der Partikeln durch die Verschiedenheit der Temperatur geändert wird, kann man sich deutlich aus dem Schmelzen fester Körper vorstellen und aus unseren Versuchen sehen . . . wir haben ersonnen, auf welche Weise, und mittels welcher Apparate die Kohäsion der Partikeln genauer als bei anderen Gelehrten zu bestimmen ist; das wird aus dem nächsten Kapitel ersichtlich³¹⁾.

Der experimentelle Teil eines Versuches der physikalischen Chemie.

Erstes Buch.

Physiko-chemische Untersuchung der Salze.

Erstes Kapitel.

Versuche und Beobachtungen über Salzlösungen.

§ 1. Es werden die Salze gewöhnlich in Wasser gelöst, obwohl auch andere wässrige Flüssigkeiten die Salze nicht abstoßen. Hier werden wir nur die Wirkung des Wassers, als eines allgemeinen Lösungsmittels der Salze, betrachten und die übrigen wässrigen Flüssigkeiten außer acht lassen: deren Zahl ist fast eine unendliche, und sie werden nur eher unsere Aufmerksamkeit ablenken, als zur Ermittlung der Wahrheit führen.

§ 2. Beim Wasser als Lösungsmittel muß der Physiker folgendes beachten: 1. Wieviel kann das Wasser von den wichtigsten Salzen bei verschiedenen Temperaturen auflösen; 2. die Dichtigkeit verschiedener Lösungen; 3. die Vermehrung des Volumens der Lösung, durch das Auflösen des Salzes entstanden; 4. Grad der Kälte beim Lösen der Salze; 5. die Ausdehnung der Lösungen vom Nullpunkte bis zur Siedetemperatur; 6. bei welchen Temperaturgraden die Lösungen kochen; 7. wie lange die Lösungen, im Vergleich mit Wasser, die Wärme halten; 8. welche Salze und in welchem Verhältnisse sie von anderen gesättigten Lösungen aufgenommen werden; 9. welche Lösungen beim Abkühlen schneller gefrieren; 10. ob das Wasser, der in ihm enthaltenen Luft beraubt, die Salze schneller oder langsamer löst; 11. ob die Lösungen die beim Auflösen der Salze entstandene Kälte ebenso schnell verlieren, wie wenn letztere von außen kommt; 12. Vergleich der Kohäsion der Partikeln des Wassers und der Lösungen; 13. Brechung der Sonnenstrahlen in den Lösungen, im Vergleich zur Brechung im Wasser; 14. Aufsteigen der Lösungen und des Wassers in Kapillarröhren; 15. Mikroskopische Untersuchung der Lösungen; 16. Digerieren der Lösungen im *Papin-*schens Topf; 17. Wirkung der elektrischen Kraft auf die Lö-

sungen; 18. Farbe der elektrischen Funken und Flammen in Lösungen; 19. Vergleich der Auflösung an der Luft und im Vakuum.

§ 3. Die aufgelösten Quantitäten der Salze ändern sich außerordentlich stark mit der Temperatur, wie aus der folgenden Tafel zu entnehmen ist*).

§ 4. Beim Kristallisieren der Salzlösungen muß man beobachten: 1. durch ein Mikroskop das ausgeschiedene Salz; 2. wieviel Wasser verdunstet, ehe Salz ausgeschieden wird; 3. die Kristallformen des Salzes; 4. ihr spezifisches Gewicht; 5. Kristallisieren beim stärksten Frost; 6. ob die Kristalle, die aus einer von Luft befreiten Lösung entstehen, fester sind; 7. ob die elektrische Kraft die Kristallisation befördert oder sie behindert; 8. Strahlenbrechung in Kristallen; 9. Kristallisation im *Papinschen* Topf.

§ 5. Beim Zerfließen und Auflösen der Salze im Dampfe muß man folgendes merken: 1. welche Salze früher zerfließen; 2. welche Erscheinungen die verdünnten Lösungen zeigen im Vergleiche mit § 4; 3. wird das Salz in Dämpfen bei Gegenwart von Weingeist aufgelöst; 4. auf Lösung der Salze in Dämpfen beim Brennen von Weingeist; 5. ob die Kristalle andere elektrische Flammen erzeugen.

§ 6. Beim Schmelzen der Salze: 1. welcher Grad der Wärme erforderlich ist; 2. mikroskopische Untersuchung gepulverter einfacher Salze; 3. Schmelzen im *Papinschen* Topf; 4. mikroskopische Untersuchung des nach dem Schmelzen festgewordenen Salzes auf seine Bruchflächen; 5. sein spezifisches Gewicht; 6. Vergleich der Festigkeit mit der Festigkeit der Kristalle³²⁾.

*) Diese Tafel ist nicht vollständig und enthält nur folgende Löslichkeitsangaben bei 0° in 1000 Teilen Wassers: K_2SO_4 —90, KNO_3 —163, $KAl(SO_4)_2$ —62, $Na_2B_4O_7$ —32; es sollten noch Daten für 25°, 50°, 75°, 100°, 125° und 150° angegeben sein. Die Temperaturen sind in Graden des Thermometers *Lomonossows* ausgedrückt (0° L. = 0° Cels., 150° L. = 100° Cels.).



Anmerkungen.

Das Lebensbild *Lomonossows* ist sehr abwechslungsreich. Am 8. November 1711 als einziger Sohn eines Pomoren*) in einem Dorfe in der Nähe der Stadt Holmogory an der nördlichen Düna (unweit von Archangelsk) geboren, konnte er frühzeitig lesen und schreiben. Als dreizehnjähriger Jüngling soll er in eine religiöse Sekte eingetreten sein. Alljährlich machte er mit seinem Vater, zu einer Zeit, wo das Meer eisfrei wird, Schifffahrten nach dem Nordmeer. Er hatte hierbei Gelegenheit, mancherlei Naturerscheinungen, wie Eisberge usw. zu beobachten, was in ihm eine leidenschaftliche Sehnsucht rege machte, Naturwissenschaften zu studieren. Sein Vater, der ihn seinem eigenen Gewerbe zuführen wollte, war mit dem Vorhaben des jungen *Lomonossow* keineswegs einverstanden. Es blieb diesem darum nichts übrig, als heimlich nach Moskau zu gehen, wo es ihm (1731) gelang, in der dortigen Akademie Aufnahme zu finden. In äußerster Dürftigkeit verblieb er hier bis zum Jahre 1735, nachdem er 1734 eine kurze Zeit in der geistlichen Akademie zu Kiew studiert hatte. Allein, da in diesen Lehranstalten keine Naturwissenschaften vorgetragen wurden, konnte er nur Latein, Humaniora und Theologie gründlich treiben, aber nicht seinen Wunsch erfüllen. Da kam zufällig von der Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg nach Moskau eine Anfrage nach den besten Schülern, die würdig wären, zum Studium ins Ausland geschickt zu werden. *Lomonossow*, als einer der besten, wurde sofort zu seiner großen Freude nach St. Petersburg empfohlen, wo er zunächst einige Monate im akademischen Gymnasium studierte, um dann Ende 1735 nach Marburg und Freiburg zu gehen. Hier lag er den Naturwissenschaften im allgemeinen und speziell

*) Es ist dies ein russischer Bauernschlag, der auf dem Nord- und weißen Meere seinen Lebensunterhalt sucht.

der Mathematik, Physik, Chemie und Metallurgie sehr eifrig ob. Nach seiner Rückkehr nach Petersburg (im Juni 1741) wurde er bald zum Adjunkten der Akademie und 1745 zum Professor der Chemie ernannt. Nach langer Krankheit starb er daselbst am 4. April 1765.

Seine wissenschaftliche Tätigkeit an der Akademie war außerordentlich vielseitig. Mit seinen hauptsächlichsten physikalischen und chemischen Werken können wir in dem hier Vorliegenden Bekanntschaft machen. Über seine sonstigen Arbeiten sei hier folgendes kurz erwähnt.

Lomonossow war der erste, der in russischer Sprache Gedichte nach modernen Regeln schrieb. Er wurde deshalb als ein Poet angesehen und sollte als solcher öfter Oden und Gedichte, selbst Tragödien für das Hoftheater schreiben. Auch rührt eine Grammatik der russischen Sprache und eine Rhetorik von ihm her; er führte in seinen Übersetzungen naturwissenschaftlicher Bücher wissenschaftliche Bezeichnungen und Benennungen ein, die auch jetzt noch im Russischen gebräuchlich sind. Beauftragt, die russische Geschichte zu schreiben, hat er auch darüber viel gearbeitet, jedoch ohne besonderen Erfolg. Überhaupt nahmen diese obligatorischen Arbeiten recht viel von seiner Zeit in Anspruch, die er vielleicht viel nützlicher zur Verfolgung der Naturwissenschaften benutzt haben würde. — Als einer der Gründer der Universität zu Moskau (eröffnet 1755), hat er auch viel zur Entwicklung der Akademie und ihrer Lehranstalten beigetragen. Während einiger Jahre machte *Lomonossow* im chemischen Laboratorium gefärbte Gläser und aus diesen Mosaikbilder. Er ist der Gründer der Mosaikkunst in Rußland; später errichtete er Glasfabriken unweit von St. Petersburg. Auch in der Astronomie sind verschiedene Leistungen von ihm zu verzeichnen; besonders müssen seine Beobachtungen des Durchganges der Venus vor der Sonnenscheibe am 26. Mai 1761 hervorgehoben werden. Dabei machte er nämlich die Entdeckung, daß die Venus eine große Atmosphäre hat, »eine solche, oder vielleicht eine noch größere als unsere Erde«; wie bekannt, wird diese Entdeckung gewöhnlich den Astronomen *Schröter* und *Herschel* (1791) zugeschrieben. Als er sich mit der atmosphärischen Elektrizität beschäftigte, bemerkte er im April 1753, daß die Atmosphäre auch bei Abwesenheit von Gewitterwolken elektrische Zustände aufweist. Die Nordlichter betrachtete er als eine elektrische Erscheinung und studierte dieselben eingehend. Viele Werke *Lomonossows*

sind dem Meereswesen gewidmet, wo er zahlreiche neue Instrumente, von denen viele erst in neuerer Zeit in Gebrauch kamen, beschrieb; auch in der Geographie hat er manches geleistet: unter seiner Leitung waren Karten einiger Teile Rußlands entworfen worden, und nach seinen sehr ausführlichen Plänen wurden Expeditionen zur Erforschung des Meeres nördlich von Sibirien entsandt. Der Geologie und Mineralogie ist er ebensowenig fremd geblieben; besonders ist erstere in dem Buche: »Erste Prinzipien der Metallurgie« (1742 geschrieben, 1763 gedruckt), ausführlich behandelt. Dieses Buch über Metallurgie blieb lange Zeit das einzige Original in russischer Sprache.

Lomonossows Leistungen kann man wohl in den Worten des Dichters *A. Puschkina* zusammenfassen: »*Lomonossow* war ein großer Mann . . . Indem er außergewöhnliche Willenskraft mit außergewöhnlicher Begriffskraft vereinigte, umfaßte *Lomonossow* alle Zweige der Aufklärung.«

I.

1) *Zu S. 6.* *Elementa Chymiae Mathematicae.* In russischer Übersetzung zuerst in dem Werke »*Lomonossow als Physiko-Chemiker*«, St. Petersburg 1904, von *B. N. Menschutkina*, veröffentlicht. Diese »*Elementa*« sind hier in naturgetreuer Übertragung deutsch wiedergegeben.

2) *Zu S. 6.* Der »zusammengesetzte Körper« nach *Lomonossow* entspricht unserem Begriffe der chemischen Verbindung. Für ihn ist die Chemie somit nicht die Lehre von den Grundstoffen und ihren Verbindungen, sondern nur die Wissenschaft von dem »zusammengesetzten Körper« allein. Der Begriff der Elemente ergibt sich *Lomonossow* sekundär durch die »historische Erkenntnis« des zusammengesetzten Körpers.

3) *Zu S. 6.* *Lomonossow* meint hier wohl Versuche und Reaktionen. Historische Erkenntnis = erfahrungsmäßige Erkenntnis.

4) *Zu S. 7.* *W.* ist der Professor Baron *Christian Wolf*, bei welchem *Lomonossow* in Marburg studierte.

5) *Zu S. 9.* Die Anwendung der Mathematik in der Chemie hat *Lomonossow* noch während seiner Lehrjahre in Aussicht genommen, wahrscheinlich unter dem Einflusse der Vorlesungen des Prof. *Chr. Wolf*, der überall die mathematische Methode

48
 FREIE UNIVERSITÄT
 BERLIN
 UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK

»wändte« und dadurch seine Vorlesungen über Physik und andere Wissenschaften außerordentlich klar und verständlich machte. Wir wissen aus den Briefen *Lomonossows*, daß er diese mathematische Methode in Freiberg auf Chemie öfters anzuwenden versuchte; diese Versuche wurden aber immer von *Henkel*, dem dortigen Professor der Chemie, einem reinen Empiriker, verspottet. Man braucht wohl kaum die Bedeutung hervorzuheben, welche die Mathematik in der Chemie der Jetztzeit erhalten hat, besonders in der physikalischen Chemie. Jedenfalls müssen diese Ansichten *Lomonossows* als sehr scharfsinnig bezeichnet werden.

Bekanntlich hat erst *I. B. Richter* in seiner 1789 zu Königsberg erschienenen Dissertation »De usu Matheseos in Chymia« auf die Notwendigkeit der mathematischen Behandlung chemischer Fragen hingewiesen.

6) Zu S. 9. Diese Hinweise sind auf das Werk *Chr. Wolf's Ontologia*, Francoforti et Lipsiae 1736, bezogen.

7) Zu S. 10. Somit sind *Lomonossows* Korpuskeln (diese Bezeichnung stammt von *R. Boyle* her) etwa unseren Molekeln, die Elemente den Atomen und seine »Prinzipien« den elementaren Stoffen analog.

8) Zu S. 10. Es ist interessant, daß hier als eine der Ursachen der Verschiedenheiten der chemischen Stoffe die verschiedenartige Verbindung der Partikeln angenommen wird. Bekanntlich ist diese Ursache der Verschiedenheit chemischer Verbindungen erst viele Jahre später, namentlich im Jahre 1830, von *Berzelius* beobachtet worden, der dieser Erscheinung zuerst die Benennung »Isomerie« gab; die isomeren Verbindungen sind fast ausschließlich nur unter den organischen Verbindungen bekannt und außerordentlich zahlreich; alle modernen Strukturtheorien dieser Verbindungen haben die Aufgabe, die verschiedene Verbindung und Anordnung einzelner Atome in der Molekel anzugeben.

9) Zu S. 10. Bei *Lomonossow* heißt es »derivativa«.

10) Zu S. 11. Hier kommt *Lomonossows* Manuskript zu Ende. Wie sich das Werk weiter entwickeln sollte, ist aus seinem Programm ersichtlich, dessen Hauptpunkte folgende sind: das erste Buch sollte das, was in den Körpern existiert, behandeln und aus folgenden Abschnitten bestehen: 1. Grundanschauungen, 2. Natur der Körper, 3. Schwerkraft, 4. Kohäsion, 5. Färbungen der Körper, 6. Wärme und Feuer, 7. elastische Kraft, 8. das Tönen der Körper, 9. Geschmack

und Geruch. Im zweiten Buche sollte dann das, was in den Körpern geschieht, beschrieben werden. Vom jetzigen Standpunkte kommt es uns sonderbar vor, daß in der Chemie solche Gegenstände, wie Schwerkraft, Wärme, elastische Kraft aufgeführt sind; indes ist es in einem damaligen Buche selbstverständlich, da zu jener Zeit für alle diese Kräfte besondere Stoffe angenommen wurden, wie Schwerstoff, Wärmestoff, Lichtstoff usw. Einige von diesen Stoffen — wie z. B. der Wärmestoff — haben sich sogar bis in das XIX. Jahrhundert erhalten.

II.

11) *Zu S. 12.* De particulis physicis insensibilibus, corpora naturalia constituentibus, in quibus qualitatium particularium ratio sufficiens continetur. Zum erstenmale 1904 von *B. N. Menshutkin* (vgl. Anm. 1) in russischer Übersetzung veröffentlicht. Die abgekürzten Stellen sind durch Klammern () gekennzeichnet.

12) *Zu S. 14.* Diese Anschauungen, die Partikeln als materielle Körperteilchen anzusehen, sind den modernen Anschauungen über Molekeln analog.

13) *Zu S. 18.* *Lomonossow* konnte sich selbst einige Jahre später von der Unrichtigkeit dieser Annahme überzeugen. Als namentlich im Winter 1759 in St. Petersburg scharfer Frost herrschte, bemerkte der intime Freund *Lomonossows*, der Akademiker *J. Braun*, am 14. Dezember zufällig, als er verschiedene Kältegemische untersuchte, daß im Quecksilber seines Thermometers Luftblasen waren, was nur vom Gefrieren des Quecksilbers herrühren konnte. Weitere Versuche wurden am 25. Dezember ausgeführt: an diesem Tage war der Frost 199° nach dem damals in Rußland üblichen *Deslisleschen* Thermometer ($= -32\frac{2}{3}^{\circ}$ Celsius), und in einem Gemische von Schnee und Eis und bis zur Lufttemperatur abgekühlten Salpetersäure, gefror das Quecksilber im Thermometer. Gemeinschaftlich mit *Lomonossow* wurde das feste Quecksilber am nächsten Tage, wo der Frost noch stärker war und 212° *Deslisle* ($= -41\frac{1}{3}^{\circ}$ C.) betrug, untersucht; sie fanden, daß die Eigenschaften des festen Quecksilbers fast vollkommen denen des Bleies analog sind.

III.

14) *Zu S. 19.* *Meditationes de caloris et frigoris causa.* *Novi Commentarii Academiae Imperialis Petropolitanae, Tomus I ad annos MDCCXLVII et MDCCXLVIII, 206—229.* Diese »Gedanken« sind 1744 geschrieben und Anfang 1745 in der Akademie von *Lomonossow* vorgelesen worden. Die Akademiker bemerkten, daß die Beweise für die Wärmebewegung ungenügend seien; auch fanden sie die Kritik der Arbeiten *Boyles* zu scharf. Deshalb sollte diese Abhandlung — wenigstens teilweise — nochmals geschrieben werden, sie wurde dann erst im Jahre 1747 aufgenommen. Hier ist eine abgekürzte Übersetzung dieser Gedanken gegeben.

15) *Zu S. 24.* Das ist unserem »absoluten Nullpunkte« analog.

16) *Zu S. 26.* Keine andere Erscheinung hat wohl mehr Arbeiten im XVIII. Jahrhunderte hervorgerufen, als die der Verbrennung; die ganze Epoche, in der *Lomonossow* arbeitete, wird gewöhnlich als das Zeitalter des Phlogiston bezeichnet, nach der Erklärung dieser Erscheinung mittels dieses hypothetischen Stoffes. Dazu kommt noch, daß das Feuer, welches auch heute noch eine große Rolle in den chemischen Laboratorien spielt, damals das bedeutendste Agens war. Die Verbrennungserscheinungen sind auch oft Gegenstand der Untersuchungen *Lomonossows* gewesen, und es wäre hier, im Zusammenhange mit der Abhandlung über die Ursache der Wärme, darüber zu berichten.

Die erste Erwähnung über diesen Gegenstand findet sich in einem Briefe *Lomonossows* an seinen Freund, den berühmten Mathematiker *Leonhard Euler*, vom 5. Juli 1748. In diesem langen Briefe teilt *Lomonossow* seine Gedanken über die Schwerkraft mit (er glaubte namentlich, daß die Masse des Stoffes verschiedener Körper ihrem Gewichte nicht proportional sei); am Ende dieses Briefes heißt es: »... durch diese Theorie wird gänzlich die Meinung über das in den gebrannten Körpern fixierte Feuer beseitigt. Es ist kein Zweifel vorhanden, daß die Luftpartikeln, die immer über den calcinierten Körper fließen, sich mit ihm verbinden und sein Gewicht vergrößern. Wenn man auf Versuche verweist, wo das Verbrennen der Körper in einem zugeschmolzenen Gefäße dennoch eine Gewichtszunahme hervorbringt, so könnte man die Versuche derart erklären, daß nachdem vom Erhitzen die Kohäsion der Partikeln aufgehoben

ist, ihre Seiten, die früher in gegenseitiger Berührung waren, jetzt frei der Schwere entgegengestellt sind und deshalb kräftiger zum Zentrum der Erde gedrückt werden.«

Die Versuche des Calciniereus von Blei und Zinn in zugeschmolzenen gläsernen Retorten, welche hier *Lomonossow* erwähnt, waren von *R. Boyle* gemacht und in seiner Abhandlung »*Detecta penetrabilitas vitri a ponderabilibus partibus flammae*« 1673 beschrieben. Einer dieser *Boyleschen* Versuche sei hier kurz angeführt: 1 Unze Blei war in eine Glasretorte gebracht und letztere luftdicht zugeschmolzen. Nach zwei-stündigem Erhitzen mittels einer Spirituslampe wurde sie geöffnet, wobei die Luft mit Geräusch in sie einströmte, ein Zeichen, daß das Gefäß intakt geblieben war. Nach dem Wägen des Kalkes und des übrig gebliebenen metallischen Bleies ergab sich eine Gewichtszunahme von 7 gran. Aus diesen Versuchen zog nun *R. Boyle* den Schluß, daß die schweren Teile der Flamme durchs Glas gewandert und sich mit dem Metalle verbunden hätten.

Es liegt außer Zweifel, daß die Unzulänglichkeit der oben angeführten Erklärung, die *Lomonossow* der Gewichtszunahme beim Calciniereus der Metalle in geschlossenen Gefäßen gab, ihn veranlaßte, die Versuche *R. Boyles* im Jahre 1756 zu wiederholen. Leider sind seine Laboratoriumsjournale für dieses Jahr bis jetzt nicht aufgefunden worden, so daß nur das Resultat der Versuche gegeben werden kann, das *Lomonossow* selbst wie folgt zusammenfaßte: »Ich habe Versuche in luftdicht zugeschmolzenen gläsernen Gefäßen gemacht, um zu erforschen, ob das Gewicht der Metalle infolge seiner Hitze zunimmt. Diese Versuche ergaben, daß die Meinung des berühmten *Robert Boyle* falsch ist, denn ohne Zulassen der äußeren Luft bleibt das Gewicht des verbrannten Metalls dasselbe.« Dasselbe Resultat erhielt 18 Jahre später auch *Lavoisier* bei denselben Versuchen*). *Lomonossow* erkannte auch, wie wir sehen, in dem Zulassen der äußeren Luft die Ursache, warum bei *Boyle* eine Gewichtszunahme stattfand.

*) Am 12. Nov. 1774 unter dem Titel: »*Mémoire sur la calcination des Métaux dans les vaisseaux fermés et sur la cause de l'augmentation de poids qu'ils acquièrent pendant cette opération*« mitgeteilt. Die Abhandlung ist in der Originalfassung in *Roxiers* Observ. sur la Phys. T. IV, Dec. 1774, p. 446—449, mit wesentlichen Retuschen *Mém. de l'Acad. Roy. des Sc.* für das Jahr 1774, 1777 abgedruckt. — Vergl. übrigens die eingangs erwähnte Schrift über »*Lavoisier und seine Vorläufer*«, S. 127 ff.

Diese Versuche haben ferner auch dazu beigetragen, daß *Lomonossow* einige Jahre darauf in seiner Rede: »Über die Festigkeit und Flüssigkeit der Körper« (1760), ein außerordentlich wichtiges Naturgesetz (worüber er *Leonhard Euler* noch in dem erwähnten Briefe vom 5. Juli 1748 berichtet, und was man als Satz von der Erhaltung des Stoffes und der Energie bezeichnen kann) aussagte: »Alle Veränderungen, die in der Natur vorkommen, geschehen so, daß, wenn irgendwo etwas zukommt, anderswo ebensoviel abnimmt. Wieviel Stoff einem Körper zugegeben wird, ebensoviel geht von einem anderen weg . . . Dieses Naturgesetz ist ein allgemeines, so daß es selbst auf die Regeln der Bewegungen sich erstreckt: der Körper, welcher einen anderen durch Impuls in Bewegung setzt, verliert ebensoviel von der seinigen, wieviel Bewegung er dem anderen übergibt.« Der Zeitraum von 12 Jahren, der von 1748 bis 1760 verlossen war, genügte, die Überzeugung von der allgemeinen Gültigkeit dieses Satzes bei *Lomonossow* zu festigen; während dieser Zeit machten seine Schüler und er selbst im chemischen Laboratorium (das unter seiner Aufsicht Ende 1748 von der Akademie der Wissenschaften erbaut war), zahlreiche quantitative chemische Versuche. Aber auch früher bediente er sich schon dieses »allgemeinen Naturgesetzes«: das sehen wir in den §§ 18 und 25 der »Gedanken über Wärme und Kälte«; ferner erklärt *Lomonossow* in der Abhandlung: »Über die Einwirkung chemischer Lösungsmittel überhaupt« (Anfang 1745 geschrieben; da sie gegenwärtig kein Interesse hat, ist sie hier nicht aufgeführt) den Mechanismus der Auflösung des Salzes in Wasser folgendermaßen: wenn sich feste Körper in flüssige verwandeln, geraten ihre Partikeln in lebhaftere Bewegung, deswegen beginnen die Salzpartikeln beim Zerfließen in Wasser, der schnelleren Bewegung der Wasserpartikeln wegen (weil Wasser flüssig ist) auch schneller zu rotieren. Wenn nun ein Körper die Bewegung eines anderen beschleunigt und ihm einen Teil seiner Bewegung übergibt, so kann es nur so geschehen, daß er selbst denselben Teil seiner Bewegung verliert. Deswegen verlieren die Wasserpartikeln einen Teil ihrer Bewegung, indem sie solche den Salzpartikeln abgeben; da aber Bewegung der Ursprung der Wärme ist, so kühlt sich das Wasser beim Lösen des Salzes ab. — Aus diesen Worten scheint der Schluß gerechtfertigt, daß *Lomonossow* die Möglichkeit des Überganges der Wärme in Arbeit und umgekehrt erkannte.

17) Zu S. 26. *Lomonossow* hat auch vielfach über Äther nachgedacht, der in vielen seiner Theorien eine wichtige Rolle spielt. Er selbst faßte alles, was er über ihn äußerte, in der unbeendet gebliebenen Schrift: »Theorie der Elektrizität, in mathematischer Weise bearbeitet« (1756), zusammen. Danach ist Äther der Stoff, mittels dessen Licht und Wärme übertragen werden kann, sehr dünn und zu verschiedenen Bewegungen, die Licht und Wärme erzeugen, äußerst befähigt. Alle drei Bewegungen sind ihm eigen (progressive, kreisförmige und Pendelbewegung). Wie in der Festrede: »Über das Entstehen des Lichtes« (1756), bewiesen wird, kann Licht nur durch die Pendelbewegungen des Äthers fortgepflanzt werden; die dabei entstehenden Lichtwellen sind ausführlich beschrieben und abgebildet in der Abhandlung über: »Elektrische Lufterscheinungen« (1753); *Lomonossow* war absoluter Gegner des Lichtstoffes. Die Wärme wird durch Kreisbewegung der Ätherpartikeln vermittelt. Da sich Licht fast unendlich schnell verbreitet, so sollen die Ätherpartikeln sich berühren, denn würden sie sich nicht berühren, so würde Licht geradezu wie der Schall in der Luft sich nicht sehr schnell fortpflanzen können. Die Partikeln des Äthers nimmt er auch als rund, mit winzig kleinen Rauheiten, an.

18) Zu S. 27. Die Ansichten *Lomonossows* über die Wärme als durch eine Wärmebewegung der Körperteilchen und nicht durch einen Wärmestoff verursacht, wurde damals von sehr wenigen geteilt; die meisten Gelehrten waren dagegen Anhänger des Wärmestoffes, und dieser letztere hat sich auch bis auf etwa 1855—1860*) erhalten, wo er erst infolge der Arbeiten eines *R. Mayer* und *Joule* durch die mechanische Theorie der Wärme nach und nach ersetzt wurde. Als *Lomonossows* Theorie 1750 erschien, wurde sie, besonders in Deutschland, einer sehr heftigen Kritik unterworfen; die Sache ging so weit, daß am 12. Oktober 1754 *I. Arnold*, um an der Universität zu Erlangen eine Dozentur der Physik zu erlangen, die Dissertation:

*) *J. L. G. Meinecke* (vergl. Anm. 29), der kurz vor *Dulong* und *Petit* gewisse Regelmäßigkeiten zwischen dem Verbindungsgewicht der Elemente und der Wärmekapazität gefunden hatte, äußerte sich 1817 (Erläuterungen zur chemischen Meßkunst, Halle und Leipzig, S. 196): »Da die chemische Capacität der Körper proportional ist ihrer Wärmecapazität, so verhält sich die Wärme in ihren Verbindungsgesetzen als ein Stoff: eine merkwürdige Tatsache, welche als ein Beweis für die Materialität der Wärme benutzt werden könnte.«

»Über die Unmöglichkeit, die Wärme durch die kreisförmige Bewegung der Partikeln des Körpers zu erklären«, mit großem Erfolge verteidigte. *Lomonossow* schrieb auf alle diese Kritiken 1755 eine Gegenkritik: »Über die Pflicht der Journalisten in der Auslegung von Schriften, welche zur Erhaltung der Freiheit des Urteils bestimmt sind«, eine Schrift, die in französischer Sprache erschien.

IV.

19) *Zu S. 28.* Tentamen theoriae de vi aeris elastica, auctore M. Lomonossow. In definitiver Form der Akademie im September 1748 vorgelegt, gedruckt in den *Novi Commentarii Academiae Petropolitanae Tomus I ad annos MDCCXLVII et MDCCXLVIII*, S. 230—244; dieser Band erschien 1750. Hier in abgekürzter Übersetzung wiedergegeben.

20) *Zu S. 31.* Eine solche Vorstellung über den inneren Zustand der Luft hat, soweit bekannt, zuerst*) *Daniel Bernoulli*, Mitglied der russischen Akademie der Wissenschaften, in seinem großem Werke ausgesprochen: »*Danielis Bernoulli, Joh. filii, Hydrodynamica sive de viribus et motibus fluidorum commentarii. Opus academicum, ab auctore dum Petropoli ageret, congestum. Argentorati, anno MDCCXXXVIII.*« Hier im zehnten Abschnitte — über die Eigenschaften und Bewegungen der elastischen Flüssigkeiten, hauptsächlich Luft — heißt es in § 2: Im zylindrischen Gefäße mit einem auf und ab bewegbaren Deckel, auf welchem sich das Gewicht *P* befindet, »ist der Raum unter dem Deckel durch kleine Korpuskeln, die sich mit enormer Geschwindigkeit bewegen, gefüllt: diese schlagen in den Deckel ein und halten sie durch fortwährend wiederholte Schläge. Sie bilden eine elastische Flüssigkeit, die sich ausdehnt, wenn man das Gewicht *P* vermindert, oder abnimmt und kondensiert, wenn man es vermehrt . . . Solch eine Flüssigkeit, deren Eigenschaften hauptsächlichsten Eigenschaften der elastischen Flüssigkeiten entsprechen, werden wir stets statt der Luft annehmen.«

*) Einige Hinweise auf die mechanische Theorie des luftartigen Zustandes finden sich im interessanten Werke *Cyrano de Bergeracs*: »*Histoire comique des Etats et Empires de la Lune*« 1661. *Lomonossow* kannte dieses Werk, da einige Zitate aus ihm in seinen Schriften zu finden sind.

21) Zu S. 32. Dieses Bild wird man jetzt in jeder Schilderung der kinetischen Theorie der Gase finden können.

22) Zu S. 33. Im ganzen genommen ist die mechanische Theorie *Lomonossows* der jetzigen kinetischen Theorie der Gase vollkommen analog. Die Theorie *Lomonossows* kann als eine Entwicklung der oben mitgetheilten Gedanken *D. Bernoullis* angesehen werden; beide Arbeiten hätten schon längst als Fundament zum Aufbau einer kinetischen Theorie der Gase benutzt werden können, wenn beide Theorien nicht vollkommen vergessen worden wären. *Bernoullis* Theorie wurde »entdeckt« im Jahre 1859, als in *Poggendorffs Annalen* (Band CVII, S. 490) die Übersetzung der ersten sechs Paragraphen des X. Abschnittes der *Hydrodynamica* erschien. *Lomonossows* Ansichten sind dagegen bis auf unsere Tage in Vergessenheit geblieben. Von den neueren Physikern scheint *Waterston* den Gasdruck durch das Anschlagen der Gasparkeln an die Wände des Behälters erklärt zu haben (1845); auch hielt er die Temperatur der Gase als von der Schnelligkeit der Bewegung ihrer Partikeln abhängig (Introduction to the study of physical chemistry, by Sir *William Ramsay*, s. XXXI); diese Abhandlung machte auch keinen Eindruck auf die Gelehrtenwelt, und erst *Krönig* und *Clausius* (1856—1857) gaben durch ihre Untersuchungen die Grundlage der modernen kinetischen Gastheorie.

Im Zusammenhange mit der Theorie der elastischen Luft muß hier noch der Versuche *Lomonossows* zur Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten der Luft gedacht werden (1752). Diese Versuche waren in Glasröhren ausgeführt und ergaben, daß dieser Koeffizient (für 1° Celsius umgerechnet) gleich 0,003 ist. Diese Bestimmungen dienten *Lomonossow* einige Jahre später (1760) dazu, ein Luftthermometer anzufertigen, »horizontal, dem Quecksilberthermometer ähnlich, um die großen Grade der künstlich erzeugten Kälte zu messen«.

IVa.

23) Zu S. 34. Supplementum ad meditationes de vi aeris elastica. Novi Commentarii Academiae Imperialis Petropolitanae, Tomus I, S. 305—312. 1749 geschrieben, 1750 veröffentlicht. Hier auch etwas abgekürzt übersetzt.

24) Zu S. 34. Die hier erwähnten Betrachtungen *D. Bernoullis* befinden sich gleichfalls in der »*Hydrodynamica*« in

einem Nachtrage zum zehnten Abschnitte, unter dem Titel: »Über die Kraft der kondensierten Luft und der Gase des angezündeten Pulvers beim Herauswerfen der Geschosse aus der Mündung der Windbüchsen und Kanonen.« Die Kraft der Pulvergase war bei den in Petersburg ausgeführten Versuchen folgenderweise bestimmt: die Kanone wurde vertikal gestellt, das Gewicht des Pulvers, der Kugel und die Höhe seiner Aszension beim Schusse (aus der Zeit, die zwischen dem Schusse und dem Fallen der Kugel verging, bestimmt) wurden notiert und daraus die Kraft der Gase berechnet. Im besten Falle hat sich die elastische Kraft der Pulvergase als 6004mal größer als die der gewöhnlichen Luft erwiesen; dabei glaubt *Bernoulli*, daß infolge des Luftwiderstandes, des unvollständigen Verbrennens des Pulvers und anderer Ursachen diese Zahl bis auf 10000 gebracht werden soll (es scheint, daß *Bernoulli* bei diesen Versuchen die Temperatur der Explosion gänzlich außer acht gelassen hat).

25) Zu S. 36. Somit hat *Lomonossow* aus den Versuchen *Bernoullis* und aus seinen eigenen (diese bestanden in der Ermittlung der Kraft, die zum Sprengen wassergefüllter und dem Froste ausgesetzter hohler Glaskugeln und gußeiserner Bomben angewendet werden muß; dabei nimmt *Lomonossow* an, daß dieses Sprengen auch durch die elastische Kraft der in Wasser aufgelösten und bei dessen Gefrieren frei werdenden Luft verursacht wird^[!]), die in keiner Beziehung zur mechanischen Theorie der Luft stehen, eine erstaunlich richtige Folgerung dieser Theorie gemacht. Erst nach etwa 115 Jahren hat *A. Dupré* (*Annales de chimie et de physique*, 4 Série, Tome 1, p. 168 [1864]) auf die Notwendigkeit hingewiesen, mit der Größe der Atome zu rechnen, aber erst 1873 hat *van der Waals* in seinem bekannten Buche über die Kontinuität des gasförmigen und flüssigen Zustandes in die Formel, welche die Beziehungen zwischen dem Drucke und dem Volumen des Gases gibt, die Größe der Atome und ihre gegenseitige Anziehung, die auch eine Wirkung ausübt, eingesetzt.

V.

26) Zu S. 37. Russisch in diesem Jahre abgedruckt. Hier wörtlich übersetzt.

27) Zu S. 38. Dieses Bruchstück der Festrede *Lomo-*

nossows ist angeführt, um zu zeigen, wie sich seine Ansichten über Chemie entwickelt haben, seit der Zeit, als er die Elemente der mathematischen Chemie verfaßte (1741). Außer diesen »Elementen« haben wir noch eine Schrift, wo *Lomonossow* seine Ansichten aussprach: das ist namentlich die »Dissertation über die Entstehung und Natur des Salpeters, zusammengestellt für die Preisschrift, welche die glorreiche königliche Akademie zu Berlin zum 1. April 1749 vorgeschlagen hat« (den Preis hat *Lomonossow* nicht bekommen, er wurde einem Dr. *Pietsch* zuerteilt). Hier lesen wir im Vorworte folgendes: »Obwohl es schwer erscheint, da noch keine allgemeinen physikalischen Grundlagen zur Erklärung der Entstehung und Zusammensetzung chemischer Körper existieren, und erst wenige physikalische Versuche mit dem gewünschten Erfolge in der Chemie angewendet sind, so halten wir es doch für möglich, wissenschaftlich den größten Teil der Chemie im Zusammenhange ihrer eigenen Thesen mit denen, welche in der Physik angenommen sind, zu schreiben; wir zweifeln nicht, daß nach Vereinigung der physikalischen und chemischen Wahrheiten wir erfolgreicher die verborgene Natur der Körper erkennen werden. Werden wir dann alle chemischen Wahrheiten in strengere gegenseitige Abhängigkeit setzen, so daß man sehen kann, wie weit eine Wahrheit aus der anderen folgt oder durch sie erklärt wird, so wird solch eine Wissenschaft Chemie sein, und es wird sofort klar werden, was der Chemie andere Wissenschaften gegeben haben, und inwiefern sie selbst imstande sein wird, ihnen ihrerseits Dienste zu leisten. Danach wird diese Wissenschaft würdig sein, unter den physikalischen Wissenschaften einen ihr gebührenden Platz einzunehmen.«

Eine fernere Erweiterung haben nun diese Ansichten *Lomonossows* in der Festrede über den Nutzen der Chemie erfahren. Manches von dem, was er hier sagt, ist bis in unsere Zeit richtig geblieben; so tritt noch in seltenen Fällen die gegenseitige Verachtung der Chemiker und Mathematiker in die Erscheinung. Erst in der neueren Zeit — teilweise eine verspätete Folge der *Richterschen* Betrachtungen — ist die Kombination der Chemie und Mathematik zustande gekommen, wie wir es an der glänzenden Entwicklung der physikalischen Chemie sehen können.

VI.

28) *Zu S. 39.* Tentamen Chymiae physicae in usum studiosae juventutis adornatum. 1752. Dromus ad veram Chymiam Physicam. Prolegomena. Zuerst in dem mehrfach erwähnten Buche *Menschutkins* 1904 in russischer Übersetzung vollständig abgedruckt. Hier ist dieser Kursus wörtlich wiedergegeben.

29) *Zu S. 40.* Erst (der in Anm. 18 angeführte) *Meinecke* sprach 1817 in seinen Ausführungen: »Über den Zusammenhang zwischen den chemischen und physikalischen Eigenschaften der festen einfachen Körper« (a. a. O. S. 197—204) ähnliche Gedanken aus. An einer Stelle spricht er sich folgendermaßen aus: »Allein so nahe auch in neuerer Zeit die Physik mit der Chemie in Verbindung gesetzt worden, so scheint doch die Anerkennung ihres Zusammenhanges wohl selten recht ernstlich gemeint zu seyn, wenigstens erscheinen in vielen chemischen Untersuchungen die Angaben der Dichtigkeit, der Cohäsion, der spec. Wärme u. s. w. als überflüssige Nebensache, und ohne Zusammenhang mit der chemischen Behandlung der Stoffe. Ohnstreitig aber würde die Chemie an Gründlichkeit gewinnen, wenn in den Stoffen die Beziehung ihrer physischen Kräfte zu den chemischen Verhältnissen bestimmt angewiesen werden könnte.«

30) *Zu S. 42.* Diese Definition der physikalischen Chemie entspricht vollkommen ihrem Wesen.

31) *Zu S. 42.* Dieser Lehrkursus der physikalischen Chemie stellt die Vorlesungen der physikalischen Chemie, die *Lomonossow* an der Universität zu St. Petersburg in den Jahren 1751—1753 vortrug, dar.

Der geschriebene Kursus ist unbeendet geblieben; er sollte, den vorhandenen Programmen nach zu schließen, die ganze Chemie umfassen; es ist hier aus ihm dasjenige, was jetzt noch Interesse hat, mitgeteilt. Wie richtig die Anschauungen *Lomonossows* über die physikalische Chemie waren, zeigt uns das Aufblühen dieser Wissenschaft während der letzten Decennien.

32) *Zu S. 44.* Aus dem Programm der physiko-chemischen Versuche ist nur einiges — hauptsächlich was die Lösungen anbetrifft — angeführt. Von diesem großen Programm ist aber scheinbar nicht viel verwirklicht, wie aus dem Folgenden zu sehen ist. Wie bekannt, ist das phlogistische Zeitalter der

Chemie, in welchem die Tätigkeit *Lomonossows* sich entfaltete, dadurch gekennzeichnet, daß chemische Versuche größtenteils rein qualitativ ausgeführt wurden. *Lomonossow* aber machte alle seine Versuche, selbst die unbedeutendsten, stets quantitativ. Einer seiner Schüler, *W. Klementiew*, hat uns seine Worte, die einen interessanten Einblick in die Arbeitsmethoden gegeben, die er seine Schüler lehrte, überliefert.

»Ich glaube, es gibt wohl keinen Gelehrten, der nicht wüßte, was für eine Unmasse chemischer Experimente überhaupt ausgeführt sind; er kann aber nicht leugnen, daß die Autoren derselben fast überall solche wichtige Sachen, wie Maß und Gewicht, weglassen. Wieviel aber diese zwei Umstände Wahrheit und Einsicht in die physiko-chemischen Experimente mit sich bringen, zeigt deren Gebrauch jedem, der sich fleißig mit Versuchen dieser Art abgibt. Was aus den Regeln der Mathematik und Physik abgeleitet wird, stimmt mit der Wahrheit überein; wie kann dann auch die Chemie den höchsten Grad der Vervollkommnung erreichen, wenn sie sich nicht dauerhaft mit diesen zwei Wissenschaften verbindet? Was kann angenehmer und nützlicher der Nachwelt sein als physiko-chemische Versuche? Aber bei Abwesenheit von Maß und Gewicht können wir nicht einmal unfehlbar das erreichen, was schon von anderen früher gemacht war. Dieser Umstand klärt vollständig auf, warum viele der schon längst beschriebenen chemischen Versuche selten, sogar niemals, anderen, die sie später wiederholen, gelingen. Somit muß jeder, der die physiko-chemischen Versuche ausführen will, sich ohne Fehlen der genannten Hilfsmittel — des Gewichts und des Maßes — bedienen.«

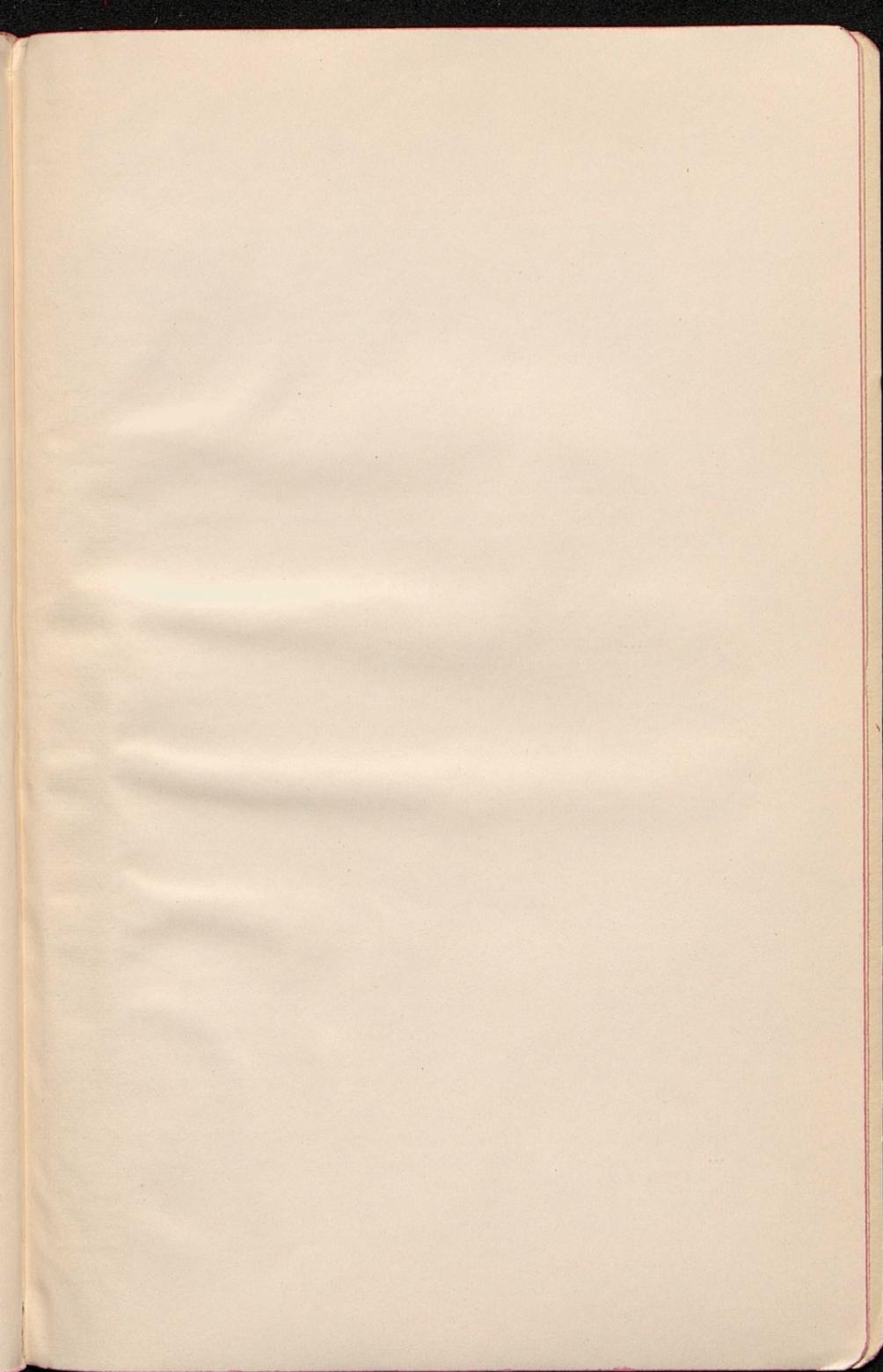
Über *Lomonossows* physiko-chemische Versuche läßt sich gegenwärtig nicht viel sagen. Fast alle Laboratoriumsjournale aus den Jahren 1753—1756, die diese Versuche enthalten, konnten bis jetzt nicht aufgefunden werden, nur einige Tabellen mit Resultaten sind erhalten. *Lomonossow* fing mit den Untersuchungen der Löslichkeit verschiedener Salze in Wasser an. Die dazu verwendeten Salze wurden durch Kristallisation, soweit es möglich war, gereinigt (mit dieser Reinigung wurde sofort nach dem Fertigstellen des chemischen Laboratoriums im Jahre 1749 angefangen); die Löslichkeit war, wie es scheint, so bestimmt, daß eine abgewogene und fein zerriebene Quantität des Salzes in eine abgewogene Menge destillierten Wassers von einer bestimmten Temperatur eingebracht wurde; nach

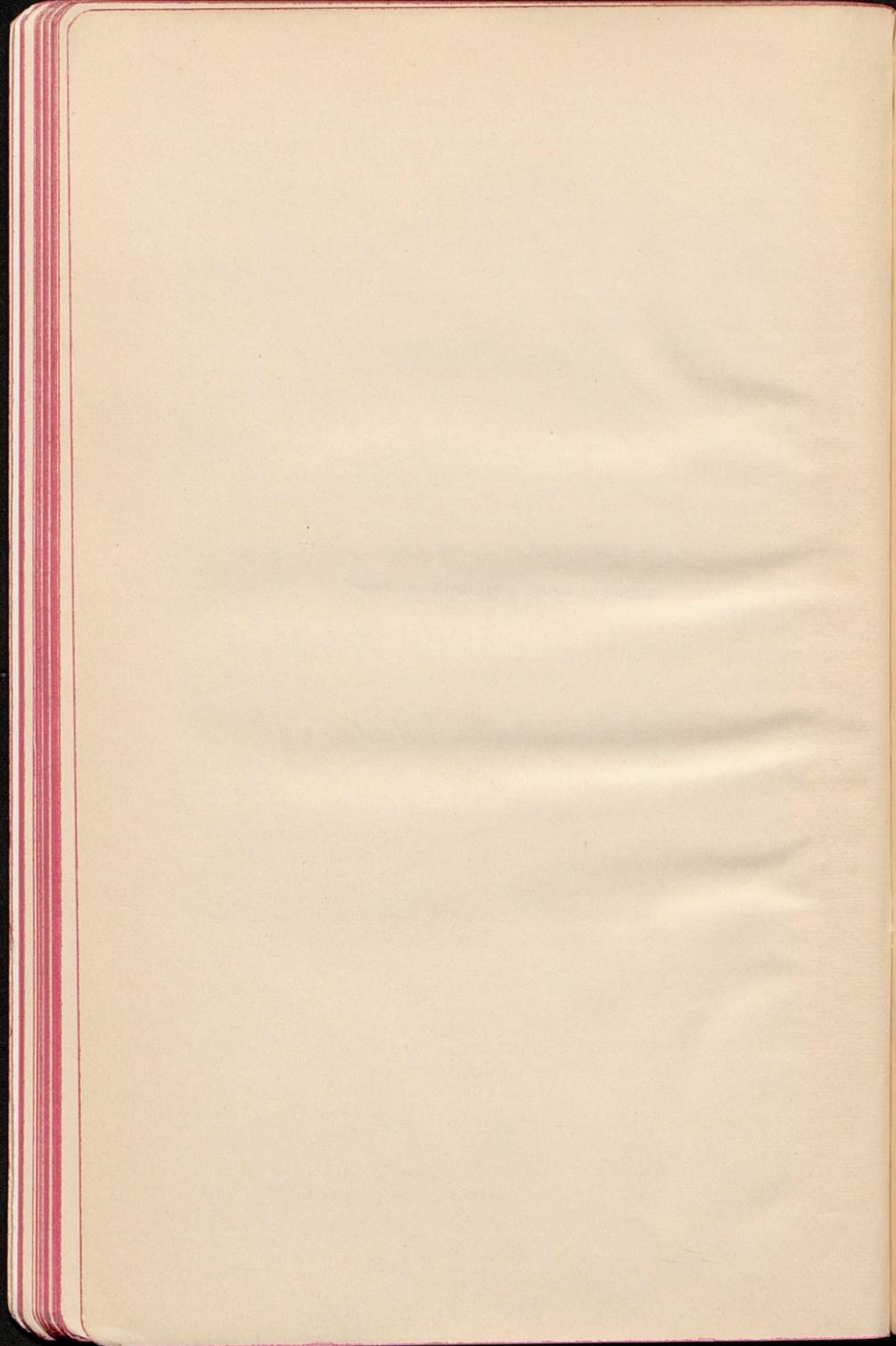
dem Auflösen wurde die Lösung filtriert und das nicht gelöste Salz gewogen. Natürlich weichen die erhaltenen Zahlen von den jetzigen Lösungsdaten ab, und zwar umso mehr, je höher die Temperatur war; für hohe Temperaturen (bis 150° nach *Lomonossows* Thermometer = 100° C.) sind die Löslichkeitsangaben stets viel zu klein ausgefallen. Die chemischen Hilfsmittel jener Zeit waren noch viel zu wenig ausgearbeitet, um genaue Resultate zu erzielen; es fehlten damals namentlich die jetzt bei solchen Untersuchungen üblichen analytischen Methoden. — Ferner wurden noch bestimmt: die Temperaturerniedrigung, die das Wasser beim Lösen einer bestimmten Menge Salzes erfährt, und die Temperaturen, bei denen Salzlösungen gefrieren. Dieses letztere war hauptsächlich mit Chlornatriumlösungen ausgeführt, und die Versuche ergaben, daß die Lösung umso niedriger gefriert, je mehr Salz sie enthält; Meerwasser gibt beim Abkühlen nur einen Brei; deshalb nahm *Lomonossow* an, daß das Eis und die Eisberge des Nordmeeres hauptsächlich aus den einmündenden Flüssen stammen. Dieses ist in seiner Dissertation: »Gedanken über die Entstehung der Eisberge«, welche er 1763 der schwedischen Akademie der Wissenschaften (die ihn zum Ehrenmitgliede ernannte) übersandte, ausführlich dargelegt.

Inhaltsübersicht.

	Seite
I. Die Elemente der mathematischen Chemie (1741)	6
II. Über die unmerklichen physikalischen Partikeln, die Naturkörper konstituieren, und in welchen eine genügende Ursache der partikulären Eigenschaften enthalten ist (1742–1743)	12
III. Gedanken über die Ursache der Wärme und Kälte (1744 bis 1747)	19
IV. Versuch einer Theorie der elastischen Kraft der Luft (1748)	28
IVa. Nachtrag (1749)	34
V. Festrede über den Nutzen der Chemie (1751)	37
VI. Lehrkursus der wahren physikalischen Chemie (1752)	39
Anmerkungen	45

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.





- Nr. 74. **Claude Louis Berthollet**, Untersuch. üb. die Gesetze d. Verwandtschaft. (1801.) Herausg. von W. Ostwald. (113 S.) *M* 1.80.
- > 75. **Axel Gadolin**, Abhandl. über die Herleitung aller kristallograph. Systeme mit ihren Unterabteilungen aus einem einzigen Prinzip. (Gelesen den 19. März 1867.) Deutsch herausgeg. von P. Groth. Mit 26 Textfiguren und 3 Tafeln. (92 S.) *M* 1.50.
- > 86. **Michael Faraday**, Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. III. bis V. Reihe. Elektrolyse. (1833.) Mit 15 Figuren im Text. Herausg. von A. J. von Oettingen. (104 S.) *M* 1.60.
- > 87. ——— VI. bis VIII. Reihe. Elektrolyse. (1834.) Herausg. von A. v. Oettingen. Mit 48 Figuren im Text. (180 S.) *M* 2.60.
- > 88. **Joh. Friedr. Christian Hessel**, Kristallometrie oder Kristallonomie und Kristallographie, auf eigentümliche Weise und mit Zugrundelegung neuer allgemeiner Lehren der reinen Gestaltenkunde, sowie mit vollständiger Berücksichtigung der wichtigsten Arbeiten und Methoden anderer Kristallographen. (1830.) I. Bändchen. Mit 8 Tafeln. Herausgeg. von E. Hess. (192 S.) *M* 3.—.
- > 89. ——— (1830.) II. Bändchen. Mit 3 Tafeln. Herausg. von E. Hess. (165 S.) *M* 2.80.
- > 92. **H. Kolbe**, Über den natürlichen Zusammenhang der organ. mit den unorganisch. Verbindungen, die wissenschaftliche Grundlage zu einer naturgemäßen Klassifikation der organ. chemischen Körper. (1859.) Herausgegeben von Ernst von Meyer. (42 S.) *M* —.70.
- > 94. **E. Mitscherlich**, Über das Verhältnis zwischen der chemischen Zusammensetzung u. der Kristallform arseniksaurer und phosphorsaurer Salze. (1821.) Herausgeg. von P. Groth. Mit 35 Figuren im Text. (59 S.) *M* 1.—.
- > 98. ——— Über das Benzin und die Verbindungen desselben. (1834.) Herausgegeben von J. Wislicenus. (39 S.) *M* —.70.
- > 100. **G. Kirchhoff**, Emission u. Absorption: 1. Fraunhofersche Linien. (1859.) — 2. Zusammenhang zwischen Emiss. u. Absorption. (1859.) — 3. Verhältnis zwischen Emiss.- u. Absorptionsvermögen der Körper für Wärme u. Licht. (1860—1862.) Herausg. v. Max Planck. Mit dem Bildnis von G. Kirchhoff u. 5 Textfiguren. (41 S.) *M* 1.—.
- > 104. **C. M. Guldberg** und **P. Waage**, Untersuch. über die chemischen Affinitäten. Abhandl. aus den Jahren 1864, 1867, 1879. Übersetzt und herausg. von R. Abegg. Mit 18 Tafeln. (182 S.) *M* 3.—.
- > 114. **Alessandro Volta**, Briefe über tierische Elektrizität. (1792.) Herausg. von A. J. von Oettingen. (162 S.) *M* 2.50.
- > 118. ——— Versuch. über den Galvanismus. (1796—1800.) Herausgeg. von A. J. von Oettingen. (99 S.) *M* 1.60.
- > 124. **H. Helmholtz**, Abhandlungen zur Thermodynamik. Herausgegeben von Dr. Max Planck. (84 S.) *M* 1.40.
- > 125. **John Mayow**, Untersuch. üb. d. Salpeter u. d. salpetrigen Luftgeist, d. Brennen u. das Atmen. Hrsg. v. F. G. Donnan. (56 S.) *M* 1.—.
- > 132. **Thomas Andrews**, Kontinuität der gasförmigen und flüssigen Zustände der Materie und über den gasförmigen Zustand der Materie. Herausg. von A. v. Oettingen und Kenji Tsuruta aus Japan. Mit 12 Textfiguren. (82 S.) *M* 1.40.
- > 134. **Michael Faraday**, Experim.-Unters. Hrsg. v. A. J. v. Oettingen. XVI. u. XVII. Reihe. Gegen Contacttheorie. Mit 18 Textfig. (103 S.) *M* 1.60.
- > 136. ——— XVIII. u. XIX. Reihe. Drehg. d. Polaris.-Ebene. Mit 11 Textfig. (58 S.) *M* 1.20.

7
2

- Nr.137. **August Horstmann**, Abhandl. zur Thermodynamik chem. Vorgänge. Herausg. v. I. H. van't Hoff. Mit 4 Textfiguren. (72 S.) *M* 1.20.
- > 139. **C. M. Guldberg**, Thermodynamische Abhandl. über Molekulartheorie u. chemische Gleichgewichte. Drei Abhandlungen aus den Jahren 1867, 1868, 1870, 1872. Aus dem Norwegischen übersetzt und herausg. von R. Aegg. Mit 9 Textfiguren. (85 S.) *M* 1.50.
- > 145. **August Kekulé**, Über die Konstitution u. die Metamorphosen der chem. Verbindungen u. über die chem. Natur d. Kohlenstoffs. Untersuch. über aromatische Verbindungen. Herausgeg. von A. Ladenburg. Mit 2 Textfiguren u. einer Tafel. (89 S.) *M* 1.40.
- > 150. **Joseph Fraunhofer**, Bestimmung des Brechungs- und Farbenzerstreuungs-Vermögens verschied. Glasarten in bezug auf die Vervollkommnung achromatischer Fernröhre. Herausgegeben von A. v. Oettingen. Miteinem Bildnis, 6 Figuren im Text und 2 Figuren auf einer Tafel. (36 S.) *M* 1.20.
- > 152. **Theodor von Grothuß**, Abhandlungen über Elektrizität und Licht. Herausgegeben von R. Luther und A. v. Oettingen. Mit einem Bildnis und 5 Textfiguren. (199 S.) *M* 3.—.
- > 155. **Quintino Sella**, Abhandlungen zur Kristallographie. Herausgegeben von F. Zambonini in Neapel. Mit 8 Textfiguren. (44 S.) *M* —.80.
- > 160. **Svante Arrhenius**, Untersuchgn. über die galvanische Leitfähigkeit der Elektrolyte. Herausgeg. von Otto Sackur. Mit 6 Textfiguren. (153 S.) *M* 2.50.
- > 163. **J. H. Jellett**, Chemisch-optische Untersuchungen. Übersetzt von L. Frank. Herausgeg. von W. Nernst. Mit 6 Figuren im Text. (84 S.) *M* 1.60.
- > 170. **Adolf Wurtz**, Abhandlung über die Glycole oder zweiatomige Alkohole und über Äthylenoxyd als Bindeglied zwischen organischer und Mineralchemie. Aus dem Französischen übersetzt und mit Anmerkungen versehen von M. u. A. Ladenburg. Mit 1 Figur im Text. (96 S.) *M* 1.80.
- > 173. **Berthelot und L. Péan de Saint-Gilles**, Untersuchungen über die Affinitäten. Über Bildung und Zersetzung der Äther. Annales de Chimie et de Physique 3^e série, Tome 65, p. 385; 66, p. 5 et 68, p. 225. Übersetzt u. herausgeg. von M. u. A. Ladenburg. Mit 2 Tafeln. (242 S.) *M* 4.40.
- > 174. **Wilhelm Koerner**, Über die Bestimmung des chemischen Ortes bei den aromatischen Substanzen. Vier Abhandlungen. Aus dem Französ. und Italien. übersetzt u. herausgeg. von G. Bruni in Padua und B. L. Vanzetti in Mailand. (132 S.) *M* 2.40.
- > 178. Physikalisch-chemische Abhandlungen **M. W. Lomonossows** (1741—1752). Aus d. Latein. u. Russ. mit Anmerkungen herausgeg. von B. N. Menschutkin u. Max Speter. Mit Lomonossows Bildnis u. 1 Fig. im Text. (61 S.) *M* 1.20.

Freie Universität Berlin



5391776/188

