

Aut
12

**Vergangenes und Künftiges
aus der Chemie**



William Rauscy.

Vergangenes und Künftiges aus der Chemie

Biographische und chemische Essays

von

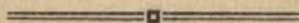
Sir William Ramsay, K. C. B.

Commandeur de la Legion d'Honneur
Commendatore della Corona d'Italia
Fellow of the Royal Society etc.

Deutsche, um eine Autobiographische Skizze vermehrte
Ausgabe

übersetzt und bearbeitet von

Wilhelm Ostwald



LEIPZIG

AKADEMISCHE VERLAGSGESELLSCHAFT m. b. H.

1909



19

Vorwort des Übersetzers.

Es war mir eine ganz besondere Freude, William Ramsays Essays dem Deutschen Leserkreise zu vermitteln. Durch vielfachen persönlichen Verkehr während einer mehr als zwanzigjährigen Freundschaft mit den Gedanken und Arbeiten des Verfassers vertraut, glaube ich im Stande gewesen zu sein, eine sachlich und persönlich treuere Wiedergabe der Äußerungen des großen Schottischen Forschers zu bewerkstelligen, als eine noch so genaue Wortübersetzung es getan hätte. Vielleicht ist es mir sogar gelungen, jenes eigentümliche Resonanzphänomen zu erzeugen, demzufolge denen, die den Autor persönlich kennen, der Klang seiner Stimme aus dem gedruckten Buch entgegentönt.

Das sachliche Interesse an dem Inhalt der Essays braucht kaum besonders betont zu werden. Es wird sich insbesondere dem zweiten Teile zuwenden, in welchem der Verfasser wiederholt von jenen Arbeiten berichtet, die ihn gegenwärtig in die Reihe der ersten Forscher unserer Zeit gestellt haben. Daß die geschichtlichen Darstellungen des ersten Teils mit Vorliebe sich den speziellen Landsleuten des Verfassers, den Schotten, zuwenden, wird niemanden überraschen, der das intensive Gesamtgefühl dieses zähen und hochbegabten Volkes kennt. Empfängt hierdurch das geschichtliche Bild eine scharfe Beleuchtung von einem Punkte aus, so wird es dadurch doch nirgend unrichtig. Selbst dort, wo man in einzelnen Fällen sich

über Unterlassungen beschweren möchte, überzeugt man sich, aus der Darstellung der gleichen Angelegenheiten in anderen Aufsätzen, daß es sich nur um Zufälligkeiten handelt. Und wer wollte dem Entdecker die Freude daran verdenken, daß er gerade in dem Gebiete, in welchem er der unbestrittene Meister ist, bei der Umschau in die Vergangenheit so viele Landsleute begrüßen kann!

Besondere Aufmerksamkeit verdient endlich der letzte Aufsatz über die Funktionen der Universität. Ramsay gehört zu den ganz wenigen Englischen Forschern, die sich auch als Lehrer ersten Ranges betätigt haben. Denn er hat nicht nur Gesellen, sondern junge Meister in großer Zahl heranzubilden gewußt. In den Studienjahren, die er in Deutschland verbracht hat, ist ihm vermutlich das Ideal zuerst aufgegangen, das er an seiner Lehrstelle zu verwirklichen gewußt hat. Inzwischen ist ein Menschenalter vergangen, und wir müssen uns fragen, ob unsere Universitätsverhältnisse noch jetzt die ideale Beschaffenheit zeigen, die der Meister seinen Landsleuten zur Nachahmung vorhält, nachdem sie seinerzeit den hochstrebenden Jüngling mit Begeisterung erfüllt hatten.

Von dem Englischen Original unterscheidet sich die vorliegende Deutsche Ausgabe endlich durch die autobiographische Skizze, die der Verfasser auf die Bitte des Herausgebers für diese geschrieben hat. Ihr Inhalt zeigt die Quellen der allgemeinen Gedanken, welche die Gesamtheit dieser bemerkenswerten Aufsätze zusammen fassen.

Groß-Bothen, Januar 1909.

Wilhelm Ostwald.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Autobiographische Skizze	1
Geschichtliche Essays.	
Das Jugendalter der Chemie	36
Die großen Londoner Chemiker	55
I. Boyle und Cavendish. II. Davy und Graham.	
Joseph Black; sein Leben und sein Werk	106
Lord Kelvin	129
Pierre Eugène Marcellin Berthelot	142
Chemische Essays.	
Wie Entdeckungen gemacht werden	157
Die Becquerelstrahlen	172
Was ist ein Element?	189
Über die periodische Anordnung der Elemente	204
Radium und seine Produkte	221
Was ist Elektrizität?	235
Die Aurora Borealis	247
Die Funktionen der Universität	269

Autobiographische Skizze.

Es ist keine leichte Aufgabe, eine kurze Autobiographie zu schreiben, aber ich will versuchen, dem Wunsche meines Freundes Ostwald zu genügen. Vielleicht vermag ich dabei solchen, die jünger sind als ich, einige Winke über das zu geben, was sie vermeiden sollen. Fänden sie gar in meiner Laufbahn Einiges, was ihnen nachzuahmen wünschenswert erscheint, so würde ich mich besonders glücklich schätzen.

Ich bin überzeugt, daß ein jeder Mensch vorwiegend das ist, was seine Vorfahren aus ihm gemacht haben. Ebenso, wie wir einen großen Teil unseres Lebens damit zubringen, so viele von unseren Handlungen als möglich in die Gebiete unbewußter Gehirntätigkeit zu übertragen und sie damit automatisch zu machen, wie etwa ein geschickter Musiker Wirkungen ohne Anstrengung hervorbringt, d. h. ohne sich dessen im einzelnen bewußt zu werden, was er tut, obwohl er diese seine Geschicklichkeit vielen Jahren bewußter Übung verdankt, — ebenso, glaube ich, ernten wir die Früchte von Jahrhunderten angestrebter Betätigung unserer Voreltern und erben in gewissem Umfange deren Instinkte und Gewohnheiten. Die persönliche Anwendung dieser Betrachtung kommt darauf hinaus: da meine Vorfahren väterlicherseits Färber waren, und zwar sicher bis zu sieben Generationen rückwärts, und die mütterlicherseits Ärzte, so darf wohl geschlossen werden, daß ich Aussicht hatte, chemische Instinkte als

mein Erbteil auf den Weg zu bekommen. Mein Großvater väterlicherseits verließ seine Färberei in Haddington etwa um das Jahr 1780 und wurde Teilnehmer der Firma Arthur & Turnbull in Camlachie, einer Vorstadt von Glasgow. Sie fabrizierten Chemikalien für Färber und begannen nach dem Eintritt meines Großvaters Holzessig durch Destillation von Holz herzustellen, welcher weiter in Bleizucker, Aluminium- und Natriumazetat übergeführt wurde. Hierzu fügte mein Großvater Kaliumbichromat, welches er, wie ich glaube, entdeckt hat, nachdem das gelbe Kaliumchromat vorher von Vauquelin hergestellt worden war. Er erfand auch die Färbung mit Chromorange, indem er die mit Chromgelb gefärbten Waren durch ein Bad von Ätzkalk zog. Für die Herstellung des Bichromats wurde dem neutralen Salz nicht Schwefelsäure zugefügt, sondern Essigsäure. Er hatte Rechte auf Chromeisensteinlager in der Türkei erworben; als aber seine Gesundheit sich verschlechterte, Herr Arthur gestorben und Herr Turnbull ein alter Mann geworden war, der vor dieser Spekulation zurückschreckte, die er als abenteuerlich ansah, so ging die Fabrikation des Chromates in die Hände von Herrn John und James White über, bei deren Erben sie bisher geblieben ist. Ich glaube, daß auch mein Großvater es war, der das Ferroferricyanid entdeckt hat, die schöne Farbe, die als Turnbells Blau während vieler Jahre in der Fabrik hergestellt wurde.

Im Jahre 1798 wurde in Glasgow eine chemische Gesellschaft gegründet, von der ich das einzige Protokollbuch besitze, da mein Großvater ihr erster und einziger Präsident gewesen ist. Unter den Mitgliedern ragt Charles Tennant Fabrikant in St. Rollox hervor; es sei daran erinnert, daß seine Firma den Bleichkalk in die chemische Industrie eingeführt hat. Die Gesellschaft hatte nur ein kurzes Dasein, denn als 1801 die „Philosophical Society of Glasgow“ gegründet wurde, nahm sie die chemische Gesellschaft in sich auf.

Mein Großvater stand mit vielen wohlbekannten französischen Chemikern in Briefwechsel. Ich erinnere mich, wie er erzählte, daß Gay Lussac eine Nacht in seinem Hause zugebracht hat, als er auf einer Reise nach dem Hochland durch Glasgow kam; in meinem Besitz befinden sich Briefe von Vauquelin, de Morveau und anderen Chemikern jener Zeit, deren Inhalt indessen kein besonderes Interesse bietet.

Im Jahre 1827 starb mein Großvater, als mein Vater nur fünfzehn Jahre alt war. Mein Vater wurde von Graham aufgefordert bei ihm am „Mechanic's Institute“ in Glasgow Assistent zu werden, aber der wohlbekannte Schiffsbauer Robert Napier lud ihn ein, bei ihm als Lehrling einzutreten, und dies wurde von seinen Freunden als aussichtsreicher angesehen. Dort blieb er fünf Jahre; in den letzten beiden Jahren seiner Lehrzeit besuchte er Vorlesungen an der Universität Glasgow über Mathematik, mathematische Physik und Chemie, gleichzeitig mit William Thomson (Lord Kelvin). Später beteiligte sich mein Vater als Ingenieur an der enormen Entwicklung des Eisenbahnwesens, die damals über ganz England stattfand. Schließlich wurde er örtlicher Verwalter der Scottish Union-Versicherungsgesellschaft. Obwohl er kein Gelehrter im engeren Sinne war, hatte mein Vater gute Kenntnisse in den Wissenschaften. Er besaß vorwiegend mathematische Neigungen und beschäftigte sich insbesondere mit Quaternionen, die ihn mit tieferem Interesse erfüllt hatten. Auch pflegte er regelmäßig die geologischen Zeitschriften zu lesen, um die Forschungen seines Bruders, Sir Andrew Ramsay, zu verfolgen, der als Generaldirektor der Geologischen Landesanstalt der Nachfolger von Murchison war. Daß diese wissenschaftliche Neigung von der ganzen Generation meines Vaters geteilt wurde, geht daraus hervor, daß ein anderer Onkel von mir, John, Zuckerpflanze in Demerara wurde, und seine Fabrik und sein

Laboratorium mit den neuesten Maschinen und wissenschaftlichen Apparaten ausstattete, die sich auf die Bearbeitung und Untersuchung des Rohrzuckers bezogen. Ich besitze noch die ausgedehnte chemische Bibliothek meines Onkels John. Meine Tante Eliza war ihrerseits eine ausgezeichnete Botanikerin und stellte viele Sammlungen der lokalen Floren in den verschiedenen Teilen von Schottland zusammen.

Vom Standpunkt der Vererbungslehre mag es auch der Mühe wert sein, zu berichten, daß die Familie Brown, aus der Crum Brown und sein, sowie meines Vaters Vetter, Samuel Brown, der Verfasser des „Essay on Chemistry“ abstammen, ebenso wie mein Großvater Abkömmlinge von John Brown von Haddington sind, einem zu seiner Zeit hervorragenden Theologen.

Mütterlicherseits ist der Bericht kürzer. Mein Großvater von dieser Seite, Archibald Robertson, war praktischer Arzt in Edinburgh. Er schrieb Kompendien für Studenten der Medizin: *Colloquia chymica*, *Colloquia anatomica*, kurze Lehrbücher, die nach der Weise der Zeit in lateinischer Sprache abgefaßt waren. Er starb 1835. Sein Vetter, der gleichfalls Archibald Robertson hieß, war *Medicinae Doctor*, Mitglied der Royal Society, und ist durch seine medizinischen Forschungen bekannt geworden. Drei Onkel mütterlicherseits sind Ärzte geworden, doch starben sie alle in verhältnismäßig jungen Jahren.

Daher darf man, glaube ich, sagen, daß das, was ich von chemischer Begabung besitze, ein Erbstück meiner Voreltern von beiden Seiten ist.

Zu Anfang der sechziger Jahre wurde auf Naturwissenschaften in den Schulen wenig gegeben. An die Elementarschule von Stark, die ich zwischen dem vierten und zehnten Lebensjahre besuchte, erinnere ich mich nur wenig; wir hatten Unterricht im Englischen, Lateinischen, Französischen und in der Arithmetik. Auf der Glasgower

Akademie, die ich bis zu meinem fünfzehnten Jahre besuchte, wurde Naturwissenschaft nur in einmaligen wöchentlichen Dosen von einem Herrn Keddie administriert, der etwas wie ein Naturphilosoph war. Ich erinnere mich eines Unterrichts in dem, was Huxley später Physiographie genannt hat; es gab Lektionen über die Natur der Kreide, ihre Stellung im geologischen System, ihre chemische Zusammensetzung usw. Indessen wurde hierbei weder ein systematischer Unterricht angestrebt, noch gab es Gelegenheit zu Versuchen im Laboratorium. Ich bin der Ansicht, daß in unseren modernen englischen Schulen der sogenannte naturwissenschaftliche Unterricht (science teaching) zu weit getrieben wird. Es wird dabei versucht, den unreifen Geist des Schülers zur Erfassung von Dingen zu bringen, die im Grunde sehr schwierige geistige Probleme sind. Kinder lernen auf Treu und Glauben, nicht durch Gründe, und wiederholen so die Entwicklung des Menschengeschlechtes. Es bedarf eines reifen Geistes, um die Gedanken zu erfassen, die der chemischen Philosophie zu Grunde liegen, wo die zu lösenden Probleme komplex sind und auf Axiomen und Syllogismen beruhen, die schwierig zu definieren sind und erst in jüngster Zeit klare und genaue Gestalt angenommen haben.

Ich war ein einigermaßen frühreifer, wenn auch fauler und träumerischer Junge, als ich im November 1866 an der Universität Glasgow immatrikuliert wurde. Ich verstand wenig Latein und noch weniger Griechisch, konnte ziemlich geläufig französisch sprechen, hatte unregelmäßige Kenntnisse in der Mathematik und eine große Abneigung, mich an den üblichen Bewerbungen zu beteiligen. Auch hier sei mir die Nebenbemerkung gestattet, daß bei uns in England dem Wettbewerb als einer Anregung zur Arbeit viel zu viel Bedeutung beigelegt wird. Man scheint es als selbstverständlich anzunehmen, daß alle Jungen von dem Wunsche erfüllt seien, ihre Kameraden zu übertreffen. Ich

halte eine solche Gesinnung keineswegs für allgemein und mir scheint es offenbar, daß die beste Arbeit in der Welt aus ganz anderen Ursachen getan wird. Sehr wahrscheinlich ist der wichtigste Faktor der ererbte Trieb; und wenn es auch zweifellos gute moralische und intellektuelle Folgen hat, wenn man den Jungen zwingt, Arbeiten zu tun, die er nicht liebt, so ist es doch viel wichtiger, ihm jede Gelegenheit zu geben, zu entdecken, wo seine besondere Begabung liegt. Doch können sich solche Begabungen auch erst spät entwickeln, und wenn man allzu früh die Spezialisierung zu sehr erleichtert, so kann wohl auch der Zweck verfehlt werden. In meinem persönlichen Falle brachte ich die beiden ersten Jahre an der Universität damit zu, daß ich die klassischen Autoren las; hiervon ist nichts nachgeblieben, als die Erinnerung an einige Oden von Horaz und die Fähigkeit, lateinische Texte mit großer Leichtigkeit zu entziffern. Ich fürchte, daß ein großer Teil meiner Zeit mit der Lektüre von schöner Literatur ausgefüllt war; was ich an Kenntnis von Shakespeare, Milton, Wordsworth, Tennyson, sowie der älteren Romanschriftsteller besitze, wurde wesentlich um jene Zeit erworben.

Im November 1868 studierte ich Logik und Mathematik, und 1869 trat ich in das Laboratorium von Robert Tatlock, der Assistent bei Professor Penny, wohlbekannt durch seine frühen Bestimmungen genauer Atomgewichte, gewesen war. Dies war indessen nicht meine erste Berührung mit der Chemie, denn bevor ich die Schule verließ, hatte ich das Unglück, beim Fußball ein Bein zu brechen. Während meiner Genesung las ich Grahams Chemie, hauptsächlich, wie ich bekennen muß, um zu lernen, wie man Feuerwerk macht. Ich erinnere mich, daß mein Vater mir kleine Mengen Kaliumchlorat, Phosphor, Schwefelsäure usw. zu schenken pflegte, dazu kleine Becher, Flaschen und eine Spirituslampe, damit ich während der langweiligen Monate meiner Genesung ein Vergnügen hätte. Während

der ersten Jahre an der Universität infizierte ich einen intimen Freund, der jetzt ein hervorragender Jurist ist, mit dem Wunsche, in die Geheimnisse der Chemie einzudringen, und ich erinnere mich unseres Triumphes, als wir eine reichliche Kristallisation von Oxalsäure aus Zucker erzielt hatten.

Herr Tatlock war (und ist) ein ausgezeichnete Analytiker, und während eines Jahres hatte ich die qualitative Analyse und ein gut Stück der quantitativen durchgemacht. Als einer seiner Assistenten krank wurde, beförderte er mich zeitweilig dazu, ihn zu vertreten; hierbei gewann ich meine erste Idee von Verantwortlichkeit. Im nächsten Jahre hörte ich die Vorlesungen von Thomas Anderson, der durch seine Untersuchungen über die Pyridin- und Chinolinbasen bekannt ist. Andersons Gesundheit hatte durch einen Unfall gelitten und nach einigen Monaten wurden seine Vorlesungen von Professor John Ferguson übernommen, der ihm auf den Lehrstuhl folgte, den er noch jetzt inne hat. Um dieselbe Zeit hörte ich Anatomie bei Professor Allen Thomson, einem der besten Vortragenden, die ich je gehört habe; doch wendete ich meine Zeit wesentlich an Chemie und Mathematik. Während ich 1870 noch bei Tatlock war, begann ich bei Sir William Thomson zu hören und in seinem Laboratorium zu arbeiten; ebenso hörte ich Geologie bei Professor John Young. Sir William war kein systematischer Lehrer, sprach meist über die Köpfe fort, wirkte aber doch sehr anregend. Da sich in diesem Bande einige von meinen Erinnerungen aus dieser Zeit mitgeteilt finden, so brauchen sie hier nicht wiederholt zu werden. Es genügt hervorzuheben, daß er uns alsbald zu seinen Assistenten machte, so daß wir, wenn auch noch so bescheiden, das Gefühl hatten, ihm bei seinen Entdeckungen zu helfen.

Als im nächsten Jahre meine Mutter und ich aus der Sommerfrische auf den Shetlandinseln zurückkehrten, er-

reichte uns die Nachricht von dem Ausbruch des Deutsch-Französischen Krieges. Ich hatte beabsichtigt, nach Heidelberg zu gehen, um bei Bunsen zu arbeiten; doch wurde es als unvorsichtig angesehen, bei der unsicheren Beschaffenheit der kontinentalen Zustände einen Aufenthalt so nahe an der Grenze zu wählen. So blieb ich weiter in Tatlocks Laboratorium und hörte bei William Thomson. Als sich der Sieg der Deutschen als unzweifelhaft herausgestellt hatte, ging ich nach Heidelberg, besuchte Bunsen und bekam einen Platz in seinem Laboratorium. Da aber mehrere meiner Freunde Fittigs Unterricht in Tübingen sehr rühmten, ging ich im Frühling 1871 dorthin und begann eine Arbeit über Platinammoniumverbindungen, die ich bei Tatlock hergestellt hatte. Nach kurzer Zeit schlug mir aber Fittig ein Thema seiner eigenen Wahl vor, nämlich die Toluylsäuren, und nach zwei Jahren erwarb ich mir den Doktorgrad durch eine Dissertation über die Ortho- und Metatoluylsäure. Vorlesungen hörte ich bei Reusch über Physik und Quenstedt über Geologie. Fittig war ein ausgezeichnete Lehrer im Laboratorium wie im Hörsaal; ebenso habe ich viel von Wilhelm Städel und Ira Remsen, seinen Assistenten gelernt; ferner von meinen Studiengenossen Peter Römer, Emil Kachel, Böttlinger und Rügheimer.

Als ich nach Glasgow zurückgekehrt war, bewarb ich mich um die Assistentenstelle bei der Young-Professur für technische Chemie an der „Anderson-Universität“, die damals von Gustav Bischof, dem Sohne des berühmten Bonner Geologen, bekleidet wurde. Professor Bischofs Kenntnis des Englischen war von solcher Beschaffenheit, daß er sehr viel Zeit brauchte, um sich auf seine Vorlesungen vorzubereiten. Daher hatte ich für die etwa zwanzig Studenten im Laboratorium allein Sorge zu tragen. Otto Hehner, jetzt einer der besten Stadtchemiker in London, war sein Privatassistent, und seine Ratschläge

waren mir eine sehr große Hilfe; er hatte bei Fresenius studiert und war ein ausgezeichnete Analytiker. Während der zwei Jahre dort begann ich eine Arbeit über die Einwirkung des Chlors und Broms auf Hydroxyde. Ich glaube nicht, daß ich aus dieser Zeit irgend etwas veröffentlicht habe; doch ist mir die systematische Arbeit, die ich ohne Hilfe ausführen mußte, sehr gesund gewesen. Auch habe ich sehr viel von meinen Studenten gelernt, denn es gibt keine schärfere Prüfung und keine unbarmherzigere Kritik, als die von unseren Schülern.

Im Jahre 1874 wurde Professor Ferguson Andersons Nachfolger und wählte mich zum Unterrichtsassistenten; meine Aufgabe war, seine Vorlesungen durch besondere Kurse zu ergänzen. Es waren bis 200 Studenten, hauptsächlich Mediziner, vorhanden, welche die Vorlesung über allgemeine Chemie besuchten; sie waren in vier Gruppen von 50 geteilt, und ich hatte diese einzeln durch Frage und Antwort, sowie durch wöchentliche schriftliche Übungen zu unterrichten. Jede Gruppe kam zweimal wöchentlich daran; so hatte ich das ganze Gebiet gleichzeitig viermal durchzumachen. Das Ergebnis war, daß ich die anorganische Chemie so gründlich lernte, wie es nur wenigen beschieden ist. Es war einigermaßen monoton und wirkte auf mich gegen Ende meiner sechsjährigen Tätigkeit deutlich erschöpfend. Doch legte ich Vorträge über organische Chemie ein, die mir Anregung lieferten, und führte auch, allerdings ziemlich einsam, einige Untersuchungen im Laboratorium durch. Denn damals arbeitete niemand selbständig, ausgenommen einige Studenten, die ich dazu veranlaßt hatte, unter ihnen Arthur Smithells, gegenwärtig Professor in Leeds und J. J. Dobbie, früher Professor in Bangor, gegenwärtig Direktor des Museums zu Edinburgh. Damals veröffentlichte ich eine Notiz über ein neues Mineral, einen tesseraleen wismuthaltigen Schwefelkies und eine Arbeit über die Einwirkung der Wärme auf

Aethylnatriumthiosulfat, in welcher nachgewiesen wurde, daß die Thioschwefelsäure eine Hydroxylgruppe neben einer Sulfhydrylgruppe enthält, da es bei der Zersetzung in der Wärme Dithiodisulfid abspaltet, $(C_2H_5)_2S_2$, und Natrium-

dithionat hinterläßt, dessen Struktur $Na-O-S(=O)_2-O-Na$

hierdurch festgestellt wurde.

In den Kellern des chemischen Laboratoriums waren die Vorräte von den Fraktionierungen der Pyridinbasen aufgespeichert, die Professor Anderson hinterlassen hatte; Professor Ferguson stellte sie mir freundlichst zur Verfügung. Die Fraktion, in welcher die Picoline enthalten waren, versprach am interessantesten zu werden, und ich begann sie zu untersuchen. Aus Picolin entstand eine Picolinsäure, d. h. eine Pyridinmonokarbonsäure, aus Lutidin eine Dikarbonsäure, von denen viele Abkömmlinge dargestellt wurden. In Erinnerung an meine Platinammoniumverbindungen wurden entsprechende Verbindungen aus Pyridin und Picolin untersucht; ebenso einige Abkömmlinge des Dipyridins. Versuche über die physiologische Wirkung einiger dieser Stoffe veranlaßten mich, die Vorlesungen des Professors McKendrick zu besuchen, der damals vor kurzem auf den Lehrstuhl der Physiologie berufen worden war. Er veröffentlichte die Ergebnisse unserer Versuche im Journal of Physiology. Die Synthese des Pyridins aus Acetylen und Blausäure wurde zum erstenmale ausgeführt; doch gelang es mir nicht, den Pyridinring zu spalten. Zu gleicher Zeit untersuchte ich mit Dobbie die Oxydationsprodukte des Chinins und Cinchonins, wobei Karbonsäuren der Pyridinreihe erhalten wurden.

Ich glaube, daß mir ein Anlaß, Arbeiten im Gebiete der physikalischen Chemie zu beginnen, daraus entstand, daß die Bestimmung der Dampfdichten einiger hochsiedender

Abkömmlinge des Dipyridins Schwierigkeiten machte. Ich wollte das Verfahren von Victor Meyer ausführen, welches darin bestand, flüssiges Metall durch den entstehenden Dampf aus dem Gefäß zu verdrängen, das man in einem Bade von Schwefeldampf erhitzte. Es ist gegenwärtig vollständig durch sein späteres klassisches Verfahren verdrängt worden. Hieraus entstand mir die Idee, das Molekularvolum von Flüssigkeiten bei ihren Siedepunkten dadurch zu bestimmen, daß ich ein Glasgefäß von bekanntem Volum in ihrem eigenen Dampf erhitzte, das mit eben der Flüssigkeit gefüllt war. Das Verfahren ist viel einfacher, als das von Kopp geübte, und die Ergebnisse sind nicht weniger genau. Nachdem ich einmal auf das Meer der physikalischen Chemie hinausgesegelt war, boten sich mir zahlreiche Probleme. So erinnere ich mich, daß ich lange Zeit darüber gesehnen habe, die elektrische Leitfähigkeit von Lösungen mittelst des eben erfundenen Telephons zu messen, indem dieses den Ton, oder die Abwesenheit des Tons einer Pfeife erkennen lassen sollte, die von einem elektrischen Motor angetrieben wurde. Ich muß leider bekennen, daß ich nicht auf die Idee verfiel, das Rasselgeräusch einer Induktionsspule für diesen Zweck zu verwenden. Eine andere Versuchsreihe, die erfolgreicher war, aber nie veröffentlicht wurde, bezog sich auf die Bestimmung der Dampfdichte aus der Tonhöhe einer Pfeife, die durch den fraglichen Dampf angeblasen wurde. Und eine dritte bezog sich auf das Verhalten verschiedener Flüssigkeiten und Lösungen, die in die Spule einer Hughesschen Induktionswage gebracht wurden. Gleichzeitig arbeitete ich fast alle Abende zusammen mit meinen Freunden McKendrick und Coats über die Wirkung der bekannten Anästhetica, wobei wir neue zu finden versuchten. Wir bildeten ein Komitee der British Medical Association, und nachdem die Versuche an Tieren durchgeführt worden waren, war ich das „corpus vile“, an dem die passend

erscheinenden Stoffe geprüft wurden. Denn Anästhetica erregen mich nicht, sondern dämpfen nur meine Sinnesempfindungen und bringen bei mir keine von den hysterischen oder rauschartigen Wirkungen hervor, welche so oft die ersten Stadien begleiten. Die Wirkung, welche fortgesetzte Dosen von Aethylidenchlorid und Äther auf mich hervorbrachten, beschränkte sich auf eine Unsicherheit in den Beinen, und keine schädlichen Nachwirkungen haben die häufigen teilweisen Vergiftungen begleitet. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Versuche, die sich auf den Blutdruck bezogen, wurden den medizinischen Zeitschriften mitgeteilt; neue Anästhetica entdeckten wir nicht, doch fanden wir, daß im großen und ganzen befriedigende Resultate mit Aethylidenchlorid erhalten werden können. Indessen ist dieses teuer, schwer in reinem Zustande zu erhalten und gewährt keinen besonderen Vorzug gegen Äther und Chloroform, wenn diese sorgsam angewendet werden.

Im März 1880 bewarb ich mich erfolgreich um den Lehrstuhl der Chemie am University College in Bristol, der durch den Austritt von Professor Letts frei geworden war; dieser wurde seinerseits Nachfolger von Dr. Andrews in Belfast, berühmt durch das Ozon und den kritischen Punkt. Ich glaube, daß mir die Stellung zugesprochen wurde, weil ich fähig war, holländisch zu lesen! Es stellte sich nämlich heraus, daß man von mir erwartete, den Wählern, die den Verwaltungsrat des College bildeten, Antrittsbesuche zu machen. Dieser Verwaltungsrat bestand aus den führenden Männern von Bristol, Geistlichen, Ärzten, Fabrikanten und Kaufleuten. Unter anderen besuchte ich einen alten Geistlichen, der dafür bekannt war, daß er unter großer Anerkennung in der Kommission für die Revision der Bibelübersetzung mitgearbeitet hatte. Eine meiner Empfehlungen war holländisch geschrieben, da sie von dem Professor Gunning stammte, dessen Bekanntschaft ich einige Jahre vorher in Frankreich gemacht hatte, und

der Geistliche fragte mich, ob ich die Sprache kenne. Ich mußte gestehen, daß ich sie entziffern konnte; da brachte er einige theologische Schriftstücke hervor, die er mich zu übersetzen bat. Ich tat es, nicht ohne Schwierigkeit. Bei der Wahl erhielt ich eine Stimme Mehrheit, und wenn ich auch keinen positiven Nachweis dafür habe, so bin ich doch völlig überzeugt, daß er die entscheidende Stimme abgegeben hat.

In Bristol setzte ich die Arbeit über die Molekularvolumen der Flüssigkeiten fort, und da ich natürlich zu wissen wünschte, ob die einfachen, von Kopp entdeckten Beziehungen auch bestehen blieben, wann man die Siedepunkte unter höherem Druck nimmt, so begann ich Experimente mit Flüssigkeiten in zugeschmolzenen Röhren, wie Caignard Latour. Um einigermaßen konstante Temperaturen zu erhalten, wurden die Röhren in eine Vertiefung eines dicken, geneigt aufgestellten Kupferblocks gelegt, der mit einer Glasplatte bedeckt war und von unten geheizt wurde. Die Dicke des Blockes bedingte wegen der guten Wärmeleitung des Kupfers gleichförmige Temperaturen und war gleichzeitig eine Sicherung bei Explosionen. Die Röhren wurden mit verschiedenen Flüssigkeiten verschieden vollgefüllt, und es wurden die Volumänderungen bei verschiedenen Temperaturen beobachtet. Diese Anordnung wurde indessen bald gegen einen Apparat nach Andrews vertauscht. Hierbei lag die größte Schwierigkeit bei den Dichtungen; diese wurde aber überwunden, indem man Gummicylinder, durch welche die Experimentieröhren geführt waren, mittels stählerner Deckkappen am Compressionscyliner zusammenpreßte. Die Vervollkommnung dieses Apparates nahm anderthalb Jahre in Anspruch; inzwischen bestimmte ich mit meinem Assistenten Orme Masson die Molekularvolumen von Schwefel, Phosphor, Natrium, und wir fanden, daß unsere Werte recht gut mit denen übereinstimmten, welche

H. Kopp, Lossen und Thorpe aus den Verbindungen dieser Elemente berechnet hatten.

Nachdem ich in Bristol ein Jahr gewesen war, mußte Alfred Marshall, Professor der politischen Ökonomie und Prinzipal (Direktor) des College, seine Stellung wegen schlechter Gesundheit aufgeben. Ich hatte mich im Herbst 1881 verheiratet, und meine Frau und ich mußten unsere Hochzeitsreise über die beabsichtigte Dauer verlängern. Denn ich hatte gehört, daß ich zum Nachfolger Marshalls als Prinzipal in Frage kam und wollte nicht nach Bristol zurückkehren, bevor die Angelegenheit erledigt war. Ende September erhielt ich die Nachricht, daß ich gewählt worden war, und ich trat meine doppelten Pflichten im Oktober 1881 an. Hierdurch wurde die experimentelle Forschung natürlich einigermaßen erschwert und die Dinge wurden nicht besser dadurch, daß ich ein neues Laboratorium zu bauen hatte. Außerdem wurde mir dadurch eine besondere Last auferlegt, daß ich in einigen benachbarten Städten wöchentliche Vorlesungen über die Chemie des Färbens und der Tuchfabrikation zu halten hatte. Dies kam dadurch, daß die „Alte und Fromme“ Tuchmacherkompanie in London den chemischen Lehrstuhl der Hauptsache nach gestiftet und dabei die Veranstaltung solcher Vorlesungen zur Bedingung gemacht hatte. Außerdem mußte ich zweimal wöchentlich Abendvorlesungen halten, so daß insgesamt die Arbeit in Bristol nicht nur schwer, sondern in einigen Beziehungen unangenehm war. Nach einigen Jahren zogen indessen die Tuchmacher ihre Bedingung zurück, und die auswärtigen Vorlesungen hörten zu meiner großen Erleichterung auf.

Im Herbst 1882 wurde Sidney Young mein Assistent. Unsere erste gemeinsame Arbeit bezog sich auf „heißes Eis“. In der Zeitschrift „Nature“ war behauptet worden, daß wenn man die Kugel eines Thermometers mit Eis umgibt und in ein teilweise luftleer gemachtes Gefäß

bringt, die Temperatur dieses Eises durch Erhitzen von außen über 0° gesteigert werden könne. Dies erschien unwahrscheinlich; und als wir den Versuch machten, so ergab sich, daß die Temperatur des Eises von dem Drucke abhängig ist, der in dem Gefäße herrscht. Daraus entwickelte sich ein Mittel, den Dampfdruck des Eises bei verschiedenen Temperaturen zu bestimmen. Demgemäß wurde eine Reihe von Versuchen durchgeführt, und indem wir einen Zwillingsapparat aufstellten, der einerseits ein Thermometer enthielt, dessen Kugel mit nasser Watte umgeben war, andererseits ein ähnliches Thermometer mit einer Eishülle, konnten wir durch Druckverminderung vergleichende Versuche über die Verdampfungstemperatur von Eis und über kaltem Wasser unter gleichem Druck machen. Erstere ergab sich immer höher, als die letztere, und so wurde die Voraussagung von James Thomson experimentell bestätigt. Gelegentlich wurde auch ein Verfahren erfunden, um ein durch Dampf geheiztes Thermometer gegen Überhitzung zu schützen: indem man die Thermometerkugel mit Watte oder Asbest umgibt, erhält man die wahren Siedetemperaturen einer Flüssigkeit beim Fraktionieren. Dies führte zu Versuchen mit anderen Stoffen, wie Essigsäure, Kampfer, Brom, Jod usw.; hierbei wurden Resultate ähnlichen Charakters gefunden und die Dampfdrucklinien dieser Stoffe im festen und flüssigen Zustande bestimmt.

Hiervon war es nur ein kurzer Schritt dahin, das Verhalten dissoziierbarer Stoffe wie Paraldehyd, Chloralhydrat, Bernsteinsäure usw. zu untersuchen. Bei der Bestimmung der Verdampfungskurve des Salmiaks wurde die merkwürdige Tatsache festgestellt, daß ganz trockenes Ammoniak sich mit ganz trockenem Chlorwasserstoff nicht verbindet. Hernach hat Brereton Baker diesen Gegenstand mit großem Erfolge weiter untersucht.

Bevor ich Glasgow verlassen hatte, hatte ich der

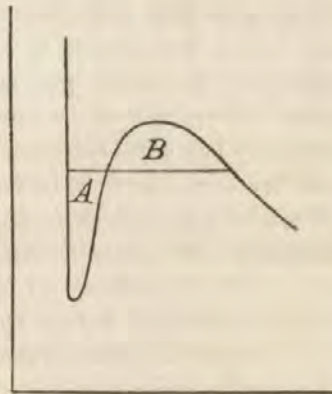
Philosophischen Gesellschaft dort eine Abhandlung vorgelegt, in welcher ich nachwies, daß zwischen der Verdampfungswärme einer Flüssigkeit und ihrer Volumvermehrung beim Übergange in den Dampfzustand ein annähernd konstantes Verhältnis besteht. Die Beziehung ist inzwischen unabhängig von Trouton entdeckt worden und ist seitdem als die Troutonsche Regel bekannt. Durch den Vergleich der Differentialquotienten des Druckes nach der Temperatur bei den von uns untersuchten Stoffen fand Young eine einfache Beziehung zwischen den Differentialkurven. In der Gleichung $\frac{L}{S_2 - S_1} = \frac{dp}{dT} \cdot \frac{T}{J}$ besteht eine Beziehung zwischen der Dampfwärme L , dem Volumenunterschied zwischen Flüssigkeit und Gas $S_2 - S_1$, der Temperaturveränderlichkeit des Druckes dp/dT und der absoluten Temperatur T , wobei J der Transformationsfaktor aus Wärme in Arbeit ist. Es ergab sich, daß für gleiche Druckerhöhungen das Verhältnis der entsprechenden absoluten Temperaturen bei zwei Flüssigkeiten eine lineare Funktion ist; hieraus folgt die Möglichkeit, aus zwei Druck-Temperaturbestimmungen die gesamte Dampfdrucklinie eines Stoffes zu berechnen. Es wurde bewiesen, daß diese Beziehung sowohl für dissoziierende Stoffe, wie für nichtdissoziierende besteht und sie ergab sich als zwischen solchen Extremen anwendbar, daß Schwefel mit dem Siedepunkt 446° und Sauerstoff mit dem Siedepunkt -182.5° miteinander verglichen werden konnten. Die „Regel von Ramsay und Young“ wurde auch angewendet, um den Dampfdruck des Quecksilbers bei niederen Temperaturen zu berechnen.

Cundall und ich fanden bei unserer Untersuchung des Stickstoffperoxyds, daß gasförmiges Stickstofftrioxyd praktisch nicht existiert. Cundall setzte diese Untersuchung fort, indem er die Dissociation des Stickstoffperoxyds im flüssigen Zustande bestimmte und ich nehme hierzu

Arbeiten aus der späteren Londoner Zeit nach der Gefrierpunktmethode voraus, aus denen sich ergab, daß die Formel des flüssigen Stickstofftrioxyds wirklich N_2O_3 ist.

Während diese verschiedenen Versuche im Gange waren, wurde auch der Druckapparat fertig, und Young und ich machten uns daran, das Verhalten der Flüssigkeiten bei sehr hohen Drucken und Temperaturen zu untersuchen. Wir studierten Methyl-, Äthyl- und Propylalkohol, Essigsäure, Benzol und einige andere Flüssigkeiten und wir zeigten, daß bei konstantem Volum eine einfache lineare Beziehung zwischen der Temperatur und dem Drucke besteht, sowohl für Gase, wie für stark erhitzte Flüssigkeiten, wie dies ja auch aus der Gleichung von van der Waals folgt. Diese lautet $p = \frac{RT}{v-\beta} - \frac{\alpha}{v^2}$;

bezeichnet man $\frac{R}{v-\beta}$ mit b und α/v^2 mit a , so hat die Gleichung die Form $p = bT - a$. Diese Gleichung machte die Extrapolation unserer Messungen möglich und erlaubte die Kurven zu zeichnen, die den stetigen Übergang aus dem flüssigen Zustande in den gasförmigen bei allen Temperaturen unterhalb des kritischen Punktes darstellen. So wurde es möglich, experimentell nachzuweisen, daß die zwischen der Dampfdrucklinie und dem darüberliegenden Teil der Druck-Volumkurve eingeschlossene Fläche gleich ist der zwischen der Dampfdrucklinie und dem unteren Teil eingeschlossenen. Sind in der Figur die Ordinaten p Drucke, und die Abszissen v



Volume, so sind die Flächen *A* und *B* einander gleich. Auch hier konnte eine Vorhersagung von James Thomson experimentell erwiesen werden.

Im Jahre 1887 wurde ich auf den Lehrstuhl der Chemie am University College in London berufen, der durch den Rücktritt Alexander Williamsons (berühmt durch seine Untersuchung über die gemischten Äther), frei geworden war. Das College war 1827 gegründet worden und der erste Professor war Thomas Turner, der Verfasser eines wohlbekannten Lehrbuches gewesen. Auf Turner folgte Graham, und während dieser noch die Hauptprofessur inne hatte, trat Williamson als Professor für angewandte Chemie ein. Nachdem Graham die wichtige Stellung eines Münzmeisters übertragen worden war, erhielt Williamson die Hauptprofessur und Fownes erhielt seine Stelle. Nach dem Tode von Fownes wurde die Professur für angewandte Chemie selbständig gemacht und bei meinem Amtsantritte hatte Charles Graham, der Spezialist für Brauereiwesen, sie inne. Ich empfand es als eine große Ehre, zum Nachfolger so berühmter Männer berufen zu werden.

Bei der Wiederaufnahme der Arbeiten führte ich Messungen über das thermische Verhalten des Wassers bei hohen Temperaturen aus, wobei ich grünes Wasserstandrohr benutzte, das im Rufe stand, dem Wasser bei hohen Temperaturen widerstehen zu können. Es wurde indessen bei der höchsten Temperatur, für welche Volum und Druck gemessen wurden, 280°, bereits stark angegriffen. Dies war die letzte gemeinsame Arbeit, die ich mit Young ausführte; er setzte seinerseits diese Arbeiten fort, und hat unsere Kenntnisse durch die Untersuchung vieler reiner Flüssigkeiten bei hohen Temperaturen sehr bereichert.

Als ich in dem ersten Bande der vor kurzem von Ostwald gegründeten Zeitschrift für physikalische Chemie van't Hoff's wohlbekannten Aufsatz las, machte dessen

Scharfsinn einen großen Eindruck auf mich und ich übersetzte ihn ins Englische. Er wurde im „Philosophical Magazine“ veröffentlicht, nachdem er im Auszuge der Physikalischen Gesellschaft vorgelegt worden war. Die Physiker wußten mir hierfür wenig Dank, da keiner von ihnen die Annahme gut heißen wollte, daß sich die Molekeln gelöster Stoffe wesentlich frei in einem Lösungsmittel bewegen und dabei einen osmotischen Druck ausüben sollten. Kurz darauf fiel mir ein, daß man durch die Messung der Dampfdruckverminderung in Quecksilberlösung die Molekulargewichte vieler Metalle bestimmen könnte. Das Ergebnis war interessant; es stellte sich heraus, daß in der Regel die Metalle einatomig sind, wie sie sich übrigens auch im Dampfzustande in den Fällen erwiesen haben, wo man die Dampfdichten hat messen können.

Die viel größere Anzahl von Studenten in London ermöglichte es, Arbeiten durchzuführen, die in Bristol unmöglich gewesen wären. Linder und Picton stellten auf meine Veranlassung eine sorgsame Untersuchung über die Kolloide an und Baly bestimmte die Kompressibilität verdünnter Gase. Perman wiederholte mit Jod die klassischen Versuche von Kundt und Warburg, durch welche diese die Einatomigkeit des Quecksilberdampfes bewiesen hatten. Er half mir auch bei Messungen über die Wellenlänge von Tönen bestimmter Höhe unter verschiedenen Drucken und Temperaturen beim Äther, sowohl dampfförmigem wie flüssigem. Dadurch erhielten wir die Daten, um die adiabatischen Linien mit großer Genauigkeit zu entwerfen. 1892 wurden Versuche angefangen, um die Oberflächenspannung der Flüssigkeiten bis zum kritischen Punkt hinauf zu messen, wobei Andeutungen einfacher Beziehungen der Oberflächenenergie verschiedener Flüssigkeiten erhalten wurden. Damals kam Shields in mein Laboratorium; ich schlug ihm diese Arbeit vor und nach acht Monaten ver-

öffentlichten wir das, übrigens schon von Eötvös entdeckte Gesetz, daß die Oberflächenenergie der Flüssigkeiten eine lineare Funktion der Temperatur ist. Es gestattete uns nachzuweisen, daß die meisten Flüssigkeiten Molekulargewichte haben, die mit denen ihrer Dämpfe übereinstimmen. Nur Wasser, die Alkohole, die organischen Säuren und einige andere Flüssigkeiten besitzen im flüssigen Zustande komplexe Molekeln. Diese Arbeit wurde im nächsten Jahre mit Miß Aston fortgesetzt; dabei wurden Lösungen untersucht, ohne daß indessen ein einfaches Ergebnis ermittelt werden konnte. Wahrscheinlich ist die Verteilung der komplexen Molekeln in einer Flüssigkeit nicht gleichförmig oder ändert sich mit der Konzentration. Einige Jahre später dehnte Dr. Frank Bottomley in meinem Laboratorium die Arbeit auf geschmolzene Salze aus; dabei wurde die molekulare Komplexität von geschmolzenem Kalium- und Natriumnitrat nachgewiesen.

Während des Jahres 1883 machte ich Versuche mit einer Membran, die für ein Gas semipermeabel ist, nämlich Palladium, und zeigte, daß, wenn man ein Gefäß aus diesem Metall, das Stickstoff oder irgend ein anderes indifferentes Gas enthält, in einer Atmosphäre von Wasserstoff erhitzt, der Druck im Innern auf den doppelten Wert geht. Es tritt nämlich Wasserstoff ein, bis dessen Druck außen und innen nahezu gleich ist und sein Druck fügt sich dem des Stickstoffes zu, für welchen Palladium impermeabel ist.

In der Vorlesung über Experimentalchemie ist es üblich zu zeigen, daß die Stoffe an Gewicht zunehmen, wenn sie verbrennen oder sich mit Sauerstoff verbinden. Ein bequemes Verfahren besteht darin, daß man in einem Tiegel etwas Magnesium erhitzt; da aber Magnesium in der Rotglühhitze flüchtig ist, so ist es zweckmäßig, auf den Tiegel einen Deckel zu legen. Natürlich beträgt die Gewichtszunahme des Magnesiums so viel, wie das Gewicht

des aufgenommenen Sauerstoffs. Ich bemerkte, daß der Tiegelinhalt nach dem Stehen an feuchter Luft einen Ammoniakgeruch hatte, offenbar infolge der Zersetzung des entstandenen Magnesiumnitrids durch Wasser. Um diese Zeit (Frühling 1894) hatte Lord Rayleigh gefunden, daß „chemischer Stickstoff“, d. h. solcher, der nicht aus atmosphärischer Luft dargestellt worden war, eine geringere Dichte besitzt, als gewöhnlicher Stickstoff aus Luft, die von Wasserdampf, Kohlendioxyd usw. befreit ist, und hatte die Leser der Zeitschrift „Nature“ gebeten, eine Erklärung dieser Anomalie anzugeben. Ich bat ihn um die Erlaubnis (die ich bereitwillig erhielt), zu versuchen, ob ich ihm bei der Aufklärung dieses Mysteriums behilflich sein könne. Es wurde Luft durch glühendes Kupfer ihres Sauerstoffgehaltes beraubt und der Rückstand mit Magnesiumspänen in einer Verbrennungsröhre erhitzt. Nachdem eine größere Menge Stickstoff durch das Magnesium absorbiert worden war, wurde eine Dichtebestimmung des Rückstandes vorgenommen. Die Dichte betrug das 15fache von der des Wasserstoffs, während Stickstoff bloß das 14fache hat, und sie nahm in dem Maße zu, als die Absorption des Stickstoffs fortgesetzt wurde, bis sie 18 erreichte. Es war somit offenbar, daß die Luft ein Gas enthält, das dichter ist als Sauerstoff. Als ich Lord Rayleigh dies mitteilte, sagte er mir, daß er den alten Versuch von Cavendish und Priestley wiederholt und die Verbindung des Stickstoffs und Sauerstoffs der Luft durch elektrische Funken in Gegenwart von Ätzalkali durchgeführt habe. Auch dies war in meinem Laboratorium durch meinen Privatassistenten Percy Williams gemacht worden, doch hatten wir dies Verfahren zugunsten des geschwinderen mit Magnesium verlassen. Lord Rayleigh hatte einen kleinen Rückstand erhalten, der unbekannte Spektrallinien zeigte. Nach gegenseitiger Mitteilung bestand er darauf, daß wir unsere Kräfte vereinigen sollten, und im August 1894 konnten

wir gelegentlich der Versammlung der British Association in Oxford die Entdeckung eines „neuen gasförmigen Bestandteils der Atmosphäre“ mitteilen. Ich hatte über 100 ccm davon hergestellt und fand seine Dichte gleich 19.9; auch ergab er sich als einatomig, wie sich aus der Wellenlänge eines Tones, verglichen mit der Wellenlänge in Luft unter gleichen Umständen, herausstellte. Ferner wurde das Verhalten des Gases gegen alle einigermaßen leicht zu erhaltenden Elemente unter verschiedenen Umständen untersucht. Da es sich aller Verbindung widersetzte, nannten wir es Argon, das Untätige; der Name war, glaube ich, von meinem Freunde Professor Bonney vorgeschlagen worden. Während ich diese Versuche durchführte, zeigte Lord Rayleigh, daß die vom Wasser absorbierte und aus diesem wieder gewonnene Luft reicher an diesem dichteren Bestandteil ist, als die ursprüngliche Luft; hieraus ergab sich, daß dieser eine größere Löslichkeit im Wasser hat, als Stickstoff und Sauerstoff. Ebenso bewies Lord Rayleigh, daß es sich im Rückstande konzentriert, der bei der Diffusion von Luft durch Tonröhren nachbleibt. Das Spektrum des Gases wurde von unserem Freunde, Sir William Crookes, aufgenommen, und Professor Olczewski in Krakau verflüssigte es und bestimmte seine kritischen Konstanten.

Im Januar 1895 hatte ich die Ehre, über diese Entdeckung vor einer überfüllten Versammlung der Royal Society zu sprechen; kurz darauf hielt Lord Rayleigh eine Freitagsvorlesung über denselben Gegenstand in der Royal Institution.

Während nach Wegen gesucht wurde, um zu Verbindungen des Argons zu gelangen, machte mich der wohlbekannte Mineralog, Professor Myers, gegenwärtig Prinzipal der Londoner Universität, auf eine Abhandlung von Hillebrand (von der Geologischen Landesanstalt der Vereinigten Staaten) aufmerksam, in welcher erwähnt ist,

daß gewisse Uranmineralien beim Erhitzen große Gasmengen ausgeben. Es gelang mir, etwa 30 g Cleveit, eines dieser Uranmineralien, zu kaufen. Als ich dieses mit verdünnter Schwefelsäure behandelte und das Spektrum des entwickelten Gases (nach seiner Befreiung von Stickstoff mittels der Methode von Cavendish) untersuchte, fand ich eine glänzende gelbe Linie, die der Lage nach beinahe mit der D-Linie des Natriums zusammenfiel, aber doch von ihr deutlich verschieden war. Sie entsprach der Beschreibung einer Linie, die zuerst 1868 von Janssen im Sonnenspektrum gefunden worden war. Später ist sie von Frankland und Lockyer untersucht worden, die sie einem auf der Erde unbekanntem Element zuschrieben, das auf der Sonne existiert, und das sie deshalb Helium nannten. Schiaparelli hatte angegeben, diese von Janssen D_3 genannte Linie in einem Gase beobachtet zu haben, das aus einer Fumarole in der Nähe des Vesuv gewonnen war. Das irdische Helium erwies sich als ein Gas von der Dichte 2, einatomig, wie Argon und daher vom Atomgewicht 4. Es erwies sich ebenso inaktiv, wie Argon, und ich zeigte mit meinem damaligen Assistenten Norman Collie, daß es ein besserer Leiter der Elektrizität ist, als alle anderen Gase.

Aus der Betrachtung der periodischen Tabelle der Elemente konnte man die Existenz mehrerer anderer ähnlicher Gase voraussehen; und mit Morris Travers, den ich zur Mitarbeit eingeladen hatte, untersuchte ich eine sehr große Anzahl von Mineralien, sieben Meteoriten und etwa zehn Proben Mineralwasser auf die Anwesenheit inerter Gase; doch ohne Erfolg. In den Mineralwassern wurde Argon und zuweilen Helium gefunden; die Mineralien ergaben, wenn sie Gase entwickelten, nur Helium, außer Malakon, der daneben eine Spur Argon gab. Von den Meteoriten gaben sechs keine Gase; der siebente enthielt sehr kleine Mengen von Argon und Helium. Dann gingen

wir dazu über, Helium und Argon womöglich durch Diffusion zu zerlegen, denn Lockyer hatte die Vermutung ausgesprochen, daß Helium ein Gemenge eines Stoffes, den er Asterium nannte, mit dem wahren Helium sein möchte; dem ersten schrieb er die glänzende grüne, dem anderen die gelbe Linie im Spektrum zu. Die Diffusionsversuche fielen indessen negativ aus und sowohl Argon wie Helium verhielten sich homogen.

Im September 1897 fand die Versammlung der British Association in Toronto, Canada, statt und als Präsident der Chemischen Abteilung verfiel ich dem Schicksal, einen Eröffnungsvortrag zu halten. Ich wählte als Thema „Ein unentdecktes Gas“ und sagte die Existenz eines Gases mit der Dichte 10 und dem Atomgewicht 20 voraus. Um jene Zeit hatten Travers und ich uns entschlossen, eine große Menge Luft zu analysieren, deren Verflüssigung in großem Maßstabe schon damals von Kamerlingh Onnes, Dewar, Hampson u. a. bewerkstelligt worden war. Im Spätherbst gab uns Hampson etwa 100 ccm flüssiger Luft. Nachdem das meiste davon verdampft war, wurde der Rückstand untersucht; er enthielt ein Gas, das zwei glänzende Linien zeigte, eine gelbe und eine grüne. Seine Dichte war höher, als die des Argons, nämlich etwa 22.5. Wir nannten es Krypton (verborgen). Travers hatte etwa 15 l Argon hergestellt, um es zu verflüssigen. Als dies mit Hilfe einer zweiten Portion flüssiger Luft von Hampson geschehen war, leuchteten die ersten verdampfenden Anteile hell feuerfarben beim Durchgang einer elektrischen Entladung; das glänzende Spektrum zeigte viele rote, orange und gelbe Linien. Wir nannten es Neon (das Neue). Als schließlich Krypton von Argon fraktioniert wurde, blieb jedesmal eine sehr kleine Blase zurück, nachdem anscheinend alles Krypton mittels der Pumpe herausgenommen worden war. Auch dieser Rückstand zeigte ein besonderes Spektrum, und wir nannten es Xenon, den Fremdling.

Auch muß erwähnt werden, daß wir ein weiteres als neu angesehenes Gas meldeten, das wir Metargon nannten. Wenn der Sauerstoff entfernt worden war, nachdem wir das Gas „gefunkt“ hatten, bildete sich eine Fraktion, welche im Grün und Violett Linien zeigte, die von denen des Argons verschieden waren. Wie das Argon erschien es indifferent und auch seine Dichte war von der des Argons kaum verschieden. Die richtige Erklärung kam später heraus. Es war immer eine bestimmte Sorte Phosphor benutzt worden, um den Sauerstoff aus den Gasgemengen herauszunehmen; diese hatte anscheinend irgend eine Kohlenstoffverbindung enthalten, denn das Spektrum, das bei ziemlich hohem Druck erschien, war das des Kohlenoxyds. Muß man auch solch einen Fall, wie die Veröffentlichung einer Ungenauigkeit, bedauern, so wage ich doch zu glauben, daß ein gelegentlicher Irrtum entschuldigt werden darf. Unfehlbar kann man nicht sein; und in solchen Fällen gibt es immer eine sehr große Zahl guter Freunde, welche die Ungenauigkeit schnelligst verbessern.

Bis zum Sommer 1900 waren Travers und ich in unserer freien Zeit von der Untersuchung dieser Gase und der Bestimmung⁸ ihrer Eigenschaften völlig in Anspruch genommen. Um diesen Bericht über die inaktiven Gase hier zu schließen, kann ich gleich vorausnehmen, daß Professor Moore, der bei mir 1907 bis 08 arbeitete, die Rückstände von nicht weniger als 120 Tonnen flüssiger Luft untersucht hat, die mir freundlichst von Herrn Claude, dem Erfinder eines sinnreichen Verfahrens, Sauerstoff aus Luft zu isolieren, geliefert worden waren. Es konnte keine Spur eines Gases gefunden werden, das schwerer oder weniger flüchtig war, als Xenon. Die Gase Helium (4), Neon (20), Argon (40), Krypton (82.5) und Xenon (130) scheinen also eine eigene Reihe zu bilden; doch hiervon später. Die Spektren dieser Gase sind von Baly mittels

eines Spektrometers aufgenommen worden, das er selbst gebaut hat und dessen Gitter, das ein besonders schönes ist, von Brashier in Alleghany geliefert worden war.

Im November 1900 reiste ich mit meiner Frau nach Bombay. Ein reicher und wohlthätiger Parsi, J. N. Tata, hatte eine Summe von nahezu 400 000 Pfund gestiftet, um eine „Universität“ zu gründen. Die Mitwirkung der indischen Regierung war erforderlich, und es wurde eine Kommission, teilweise aus geborenen Indern, teilweise aus Regierungsbeamten, gebildet, welche ermitteln sollte, wie am besten vorzugehen sei. Ich war so glücklich, zu ihrem Berater gewählt zu werden. Mein Auftrag war, den Zustand der Erziehung und der Industrie in Indien zu studieren, und daraufhin die Beschaffenheit und die Richtung des zu schaffenden Instituts vorzuschlagen, ebenso wie die passendste Lage zu empfehlen. Es würde sehr viel mehr Raum beanspruchen, als ich zur Verfügung habe, wenn ich diese köstliche Reise durch Indien beschreiben wollte, die sowohl von der Regierung, wie von vielen eingeborenen Herrschern Indischer Staaten befördert wurde. Es muß die Angabe genügen, daß wir Bombay, Poona, Bangalore, Madras, Kalkutta, Patna, Benares, Allahabad, Delhi, Lucknow, Cawnpore, Roorki und Baroda besuchten, um die Lehrer an den meisten Universitäten auszufragen und Fabriken zu besuchen. Bangalore erschien als der geeignetste Ort, und die Entwicklung der Indischen Industrien durch wissenschaftliche Mittel als die zweckmäßigste Aufgabe der Unternehmung. Gegenwärtig ist das Institut endgültig gegründet worden mit Dr. Travers als Direktor; die Errichtung der Gebäude in Bangalore ist gleichfalls begonnen.

Nach der Rückkehr von Indien wurden Versuche vorgenommen, die relativen Mengen der inaktiven Gase in der Luft zu bestimmen; zunächst hatte Dr. Kelley genau den Gesamtgehalt bestimmt; das Verhältnis zwischen

Helium, Neon, Krypton und Xenon wurde schätzungsweise gemessen.

Im Jahre 1898 war ich zum Mitgliede der Königlichen Kommission für die Behandlung der Abfallwässer ernannt worden. Dies erforderte ein Laboratorium für die Untersuchung der verschiedenen Probleme, die durch die neu eingeführte bakteriologische Behandlung der Abwässer wichtig geworden waren. Die Organisation dieses Laboratoriums, die Zusammenstellung der geeigneten Mitarbeiter und die allgemeine Oberaufsicht über die erhaltenen Ergebnisse haben einen großen Teil meiner Zeit und Energie in Anspruch genommen. Unter meiner Leitung wurde ein schnelles Verfahren zur Bestimmung des freien Sauerstoffs sowohl in natürlichen Wassern, wie in den Abwässern von Miß Homfray ausgearbeitet, das sich als sehr nutzbar erwiesen hat. Die Kommission hat ihren fünften Bericht in diesem Jahre ausgegeben; ihre Arbeiten laufen noch fort.

Als ich der Jahrhundertfeier des Französischen Instituts im Jahre 1896 beiwohnte, lud der verstorbene Becquerel Lord und Lady Kelvin, Sir George Stokes und mich in sein Laboratorium, um seine neuen Versuche über Strahlen zu zeigen, die von Uranverbindungen ausgehen. Ich erinnere mich sehr gut des intensiven Interesses, welches Lord Kelvin entwickelte, und der Lebhaftigkeit, mit welcher Becquerel seine Antworten im geschwindesten Französisch gab. Daß die Strahlung andauernd war, wunderte Lord Kelvin am allermeisten und erregte die größte Neugier bei uns allen. Daher bewillkommnete ich Herrn Frederic Soddy, dessen bemerkenswerte Arbeiten mit Rutherford bereits allgemeine Aufmerksamkeit erregt hatten, mit besonderer Freude, als er im Herbst 1903 in mein Laboratorium eintrat.

Nachdem wir einiges Radiumbromid beschafft hatten, waren wir verwegen genug, die Untersuchung des Spektrums

der Emanation zu versuchen, welche es entwickelt. Ich war gewohnt, mit kleinen Gasmengen zu arbeiten, wie ich denn die physikalischen Eigenschaften des Xenons mit weniger als 4 ccm dieses Gases bestimmt hatte, aber hier, wo es sich um Kubikmillimeter handelte, waren doch besondere Maßnahmen erforderlich. Mein Gedanke war, daß man das Spektrum durch Beimischung einer kleinen Spur Helium sichtbar machen könnte, denn dessen sichtbares Spektrum ist so einfach, daß wir glaubten, es müssen sich neben seinen Linien etwaige neue der Emanation mit Leichtigkeit erkennen lassen. Nach einigen Fehlversuchen fabrizierten wir Vakuumröhren aus Thermometerrohr, und wenn wir es auch nicht erreichten, das Spektrum der Emanation zu sehen, so waren wir doch überrascht, das des Heliums in solchen Röhren zu finden, in die wir jedenfalls keines hineingebracht hatten. Dies führte uns zu einer angenäherten Messung des Volums der Emanation, die in einer gegebenen Zeit aus einer gegebenen Menge Radiumbromid sich entwickelt; auch kennzeichneten wir sie als ein wahres Gas, das dem Boyleschen Gesetz gehorcht, wie andere Gase auch. Eine Bestimmung der Menge Helium aus einem gegebenen Volum Emanation wurde gleichfalls gemacht. Dies war der erste beobachtete Fall einer Transmutation. Denn an der elementaren Natur des Radiums kann kein Zweifel sein, da es ein Metall ist, welches Salze bildet, die denen des Bariums ähnlich sind, wie Frau Curie nachgewiesen hat. Ebenso wenig kann ein Zweifel bestehen, daß Helium ein Element ist, gemäß der üblichen Bezeichnung.

Nach dem Fortgange Dr. Soddys im Sommer 1904 waren Dr. Collie und ich erfolgreich in der Aufnahme des Spektrums der Emanation und in der Feststellung, daß auch sie als Element anerkannt werden muß.

Während des Geschäftsjahres 1903/4 hatte ich die Ehre, als Präsident der Society of Chemical Industry zu

fungieren, und im August 1904 hielt die Gesellschaft ihre Jahresversammlung in New York ab, da sie viele Mitglieder in den Vereinigten Staaten und in Kanada zählt. Ich hatte hierbei einen Vortrag zu halten und wählte als Gegenstand die Erziehung des Chemikers. Die hier dargelegten Anschauungen wurden von der chemischen Welt günstig aufgenommen und der Vortrag ist in mehrere Sprachen übersetzt worden. Unsere Rundreise durch die wichtigsten Staaten des Ostens und unser Besuch der Weltausstellung in St. Louis waren äußerst interessant und lehrreich. Mitte Oktober war ich wieder an der Arbeit.

Professor Giesel hatte bemerkt, daß die Gase, die aus einer wässerigen Lösung von Radiumbromid sich entwickeln, hauptsächlich aus Sauerstoff und Wasserstoff bestehen, doch mehr Wasserstoff enthalten, als dem Verhältnis im Wasser entspricht. Es war von Interesse, die Ursache dieses Überschusses ausfindig zu machen. Auf Brom und Ozon wurden die entwickelten Gase mit negativem Erfolg geprüft. Es ergab sich, daß auch die Emanation Wasser auf ähnliche Weise zersetzt, und da ich wissen wollte, ob vielleicht dabei eine dem Wasserstoff äquivalente Menge eines Metalls abgeschieden werden würde, wie dies geschieht, wenn man eine Lösung von Kupfersulfat elektrolysiert, so unterwarf ich eine Kupfersulfatlösung in einem Kölbchen der Einwirkung der Emanation. Das Ergebnis war unerwartet; metallisches Kupfer hatte sich zwar nicht ausgeschieden, dagegen gab die Lösung, nachdem das gelöste Kupfer entfernt worden war, beim Verdampfen einen geringen Rückstand, der das Spektrum des Lithiums erkennen ließ. Dies war so überraschend, daß neue Versuche mit sorgfältig gereinigtem Kupfersulfat in Gang gesetzt wurden; gleichzeitig wurde ein Parallelversuch mit derselben Lösung im gleichen Glase angestellt, bei welchem alles übereinstimmte, außer daß keine Emanation hinein-

gebracht worden war. Diese Versuche wurden dreimal wiederholt; in jedem Falle konnte festgestellt werden, daß der Rückstand von der mit Emanation behandelten Probe Lithium enthielt, von der Probe ohne Emanation dagegen nicht. Das Glas des Kölbchens wurde mit negativem Ergebnis auf Lithium geprüft. Hieraus konnte nur der eine Schluß gezogen werden, nämlich, daß einer der Bestandteile des Kupfersalzes sich in Lithium umgewandelt habe; und da im dritten Versuch anstelle des Sulfats Kupfernitrat benutzt worden war, so ergab sich die natürliche Konsequenz, daß das Kupfer der umgewandelte Stoff gewesen war. Allerdings hat inzwischen Frau Curie ähnliche Versuche mit negativem Ergebnis angestellt; doch braucht man sich nicht zu sehr darüber zu wundern. Einige Jahre vorher hatte ich 70 ccm einer gasförmigen Verbindung von Bor und Wasserstoff durch die Einwirkung von Chlorwasserstoff und Magnesiumborid herausgestellt; das Borid seinerseits war aus Magnesiumpulver und Bortrioxyd gewonnen worden. Die Verbindung wurde analysiert und ergab die Zusammensetzung BH_3 ; aus ihrer Gasdichte ergab sich die Molekularformel B_3H_3 . Ich übertreibe nicht, wenn ich sage, daß ich mindestens fünfundzwanzig Versuche gemacht habe, diesen Stoff wieder herzustellen; aber ich bin außerstande gewesen, die erforderlichen Bedingungen wiederzufinden. Es wurde Borsäure von aller möglichen Herkunft benutzt; alle denkbaren Veränderungen der Temperatur, des Verhältnisses zwischen Bortrioxyd und Magnesium, der Dauer des Erhitzens usw. wurden versucht: alles ohne ein faßbares Ergebnis; in keinem Falle konnte ich mehr als ein paar ccm des fraglichen Gases erhalten. Daß man das Gas erhalten kann, steht außer Zweifel; nur ist es mir nicht möglich gewesen, die entscheidenden Bedingungen wieder aufzufinden, welche ich beim ersten Versuche zufällig richtig getroffen hatte. Es muß bezüglich der Transmutation von Kupfer

in Lithium hervorgehoben werden, daß das Gewicht des minimalen Rückstandes bei der mit Emanation behandelten Kupfersalzlösung bedeutend größer war, als ohne Emanation; auch zeigte er ein glänzendes Natriumspektrum. So erschien es mindestens möglich, daß das Kupfer zu den niedrigeren Gliedern seiner Reihe „abgebaut“ worden war.

Es ist bereits mitgeteilt worden, daß die Emanation Wasser zersetzt. Als ich die entstandenen Gase auf Helium untersuchte, war ich überrascht, daneben eine verhältnismäßig große Menge Neon (nach der Helligkeit seines Spektrums geschätzt) anzutreffen. Und der inaktive Gasrest von der Behandlung der Kupferlösung mit Emanation ergab nur das Spektrum des Argons, ohne das des Heliums.

Die enorme Energiemenge, welche mit dem Zerfall des Radiums verbunden ist, kann aus der Wärmeentwicklung der Radiumverbindungen berechnet werden; sie ist von Rutherford auf den $3\frac{1}{2}$ millionenfachen Betrag der Energie bestimmt worden, die von einer gleichen Menge Knallgas bei der Explosion freigemacht wird. Der Fortschritt der Entdeckungen ist in weitem Umfange verbunden gewesen mit der Konzentration der Energie. Nur durch die Konzentration der Energie seiner großen Batterie auf ein kleines Stückchen feuchten Ätzkalis ist Davy seinerzeit im Stande gewesen, das Metall Kalium zu entdecken. Ist es nicht natürlich, anzunehmen, daß, wenn man eine solche unerhörte Energiemenge auf die Kupferionen einwirken läßt, diese transmutiert werden können? Doch will ich diese Sache hier nicht weiter verfolgen, da sie eben wieder untersucht wird.

Im November 1904 ward mir die sehr erfreuliche Mitteilung, daß mir der Nobelpreis für Chemie zuerkannt worden sei. Im Dezember desselben Jahres waren meine Frau und ich bei der Preisverteilung zugegen und empfingen

dabei die liebenswürdigste Gastfreundschaft. Besonders hübsch war es, daß mein früherer Mitarbeiter Lord Rayleigh gleichzeitig Empfänger des Preises für Physik war.

In den Jahren 1905 und 1906 wurde die Emanation aus meinen Radiumvorräten, die damals erheblich vergrößert wurden, hauptsächlich für die Behandlung des Krebses verwendet. Unter Förderung durch Sir Lander Brunton waren Versuche mit Injektion wässriger Lösungen von Emanation bei krebserkrankten Mäusen durch Dr. Baskford mit positiven Erfolgen ausgeführt worden. Ein Fall von zweifellosem Krebs, der zweimal operiert worden war, wurde, soviel sich beurteilen läßt, mit Erfolg geheilt, nachdem etwa 18 wöchentliche Injektionen der wässrigen Lösung der Emanation von 50 mg Radium gegeben worden waren. Es erschien mir als meine Pflicht, weitere Forschungen in dieser Richtung auf jede Weise zu unterstützen. Aber von den 10 Patienten, die seitdem behandelt worden sind, ist kein einziger geheilt worden. In einigen Fällen glaubte der behandelnde Arzt, daß das Leben verlängert worden war und die Kranken gaben an, daß die Injektionen sie von ihren Schmerzen befreiten. Zu meinem großen Bedauern wurden die Versuche aufgegeben, da es hoffnungslos erschien, durch die Injektion von Radiumemanation ein Heilmittel gegen Krebs zu finden. Die Resultate sind nie veröffentlicht worden und ich hoffe, daß auch diese kurze Nachricht andere nicht abhalten wird, erschöpfende Versuche durchzuführen, wenn sie die Wirkung des Radiums auf diese schreckliche Krankheit untersuchen wollen. Was der eine verfehlt hat, kann möglicherweise der andere finden.

Als ich wieder in die Nutznießung meiner Radiumvorräte zurückgelangt war, wurden neue Versuche begonnen; das Spektrum der Emanation wurde aufgenommen und eine genauere Volumbestimmung der entwickelten Mengen Emanation durchgeführt. Die Wirkung der Emanation

tion auf einige häufige Stoffe, wie Ammoniak und Chlorwasserstoff wurde unter Mitwirkung von Alexander Cameron beobachtet, und gegenwärtig laufen weitere Versuche in gleicher Richtung.

Während der letzten beiden Jahre hatte ich die Ehre, Präsident der Chemischen Gesellschaft zu London zu sein. Zum Gegenstande meiner Rede 1908 wählte ich das Thema: Elektron als Element. Anknüpfend an Helmholtz' Faraday-Vorlesung von 1887, wo er hervorhob, daß jedes Atom eines Elements aus einem Elektrolyt, das an den Polen ausgeschieden wird, eine oder mehrere Einheiten elektrischer Ladung trägt, erwähnte ich Nernsts Vorschlag, die positiven und negativen Ladungen durch besondere Symbole darzustellen, so daß man annehmen kann, sie treten auf ganz dieselbe Weise in chemische Verbindungen ein, oder aus ihnen heraus, wie dies gewöhnliche einwertige Elemente tun. In der gleichen Richtung weitergehend, wies ich darauf hin, daß in den letzten Jahren der Nachweis erbracht worden sei, daß Partikeln von negativer Elektrizität oder Elektronen eine unabhängige Existenz besitzen. Ein positives Ion ist daher ein Element oder eine Gruppe, die ein Elektron verloren hat, welches seinerseits sich mit einem Element oder einer Gruppe verbunden hat, die dadurch negativ geladen worden ist. Somit können die Elektroden einer Batterie als eine Art elektrischer Saug- und Druckpumpen angesehen werden, durch welche die Elektronen dem Elektrolyt entzogen, oder in ihn gedrückt werden. Ich bin überzeugt, daß zur richtigen Interpretation der chemischen Tatsachen diese oder eine ähnliche Hypothese angenommen werden muß.

Indem ich diesen kurzen Bericht über meine Arbeiten schließe, möchte ich besonders die große Hilfe hervorheben, die ich seitens meiner Assistenten und Studenten erfahren habe. Ich hätte sie gern alle genannt, aber das

war unmöglich, und ich bitte, daß der eine oder andere, dessen Name nicht erwähnt worden ist, nicht glauben möchte, daß ich ihm nicht dankbar bin. Von den Arbeiten, die in meinem Laboratorium vor sich gingen, habe ich immer ohne Rückhalt gesprochen, und die gleiche Gewohnheit hat mein Kollege Dr. Collie, gegenwärtig Professor der organischen Chemie am College. Der Fortschritt der Wissenschaft ist das, wofür wir alle arbeiten, und dieser Fortschritt beruht ganz und gar auf der Erleichterung der gegenseitigen Mitteilung. Im Mittelalter hemmte der Alchimist den Fortschritt der Wissenschaft durch seinen dunklen Schwulst; die Gründung der Akademien im 17. Jahrhundert und die Veröffentlichung ihrer Arbeiten hat die Dunkelheit beseitigt, durch die der Fortschritt der Entdeckungen behindert worden war. Es ist mir der Einwand gemacht worden, daß ein zu freier Verkehr der Gedanken die Originalität zerstören könne, daß ein Forscher Ideen des anderen benutzt, und daß es schließlich schwierig ist, zu entscheiden, was eigentlich ihm allein an der Arbeit gehört. Was liegt daran? Das Laboratorium, wie es sein soll, ist eine Familie, wo gegenseitig Rat und Hilfe auf jede Art gewährt wird, um die Geheimnisse der Natur aufzuschließen. Der Fortschritt ist so schon schwierig genug, weshalb also ihm noch ein künstliches Hindernis in den Weg stellen? Ich scheue mich nicht zu erklären, daß ich oft Anderen Ideen verdankt habe. Wo ich konnte, habe ich dies anzuerkennen mich bemüht, doch ist das nicht immer möglich. Während das Sachliche im Gedächtnis bleibt und sich in die Gesamtheit der Gedanken einfügt, um schließlich Frucht zu tragen, gerät die Quelle in Vergessenheit. Die Kunst der Entdeckung besteht darin, daß man Glieder schmiedet, durch welche Tatsachen in Zusammenhang gebracht werden, zwischen denen man früher keinerlei Beziehung vermutete. Einige sind in solcher Beziehung mehr begabt, als Andere. Ein gutes

Gedächtnis scheint mir oft eher ein Hindernis als eine Hilfe beim Entdecken zu sein. Die Erklärung liegt vermutlich darin, daß etwas wie ein unterbewußtes Gedächtnis besteht, in welchem „vergessene“ Tatsachen aufbewahrt liegen und wo erforderliche Verbindungen hergestellt werden, die ins Bewußtsein aufsteigen, wenn eine ausreichende Anregung dazu eintritt.

Es ist nicht meine Sache, mehr als eine Andeutung der zahlreichen wissenschaftlichen Ehrungen zu geben, die ich empfangen durfte; sie sind viel mehr als ich verdiene. Doch liegt das besonders Erfreuliche in ihnen, daß sie die Anerkennung derjenigen unter meinen Zeitgenossen ausdrücken, die am besten über meine Arbeit urteilen können. Es gibt in der Welt keine größere Freude, als die Anerkennung unserer Freunde.

Zum Schluß möchte ich ein Wort von Robert Boyle anführen, das ich indessen ein wenig abgeändert habe. „Der Sohn solcher Eltern zu sein, wie mein Vater und meine Mutter waren, eine solche Gehülfin zu haben, wie meine Frau ist, hat mir ein Glück gebracht, das ich mit größter Dankbarkeit anerkennen muß; meine Geburt und Laufbahn entsprachen so sehr meinen Neigungen und Absichten, daß, wenn mir die Wahl erlaubt gewesen wäre, ich schwerlich Gottes Bestimmung geändert haben würde.“

Geschichtliche Essays.

Das Jugendalter der Chemie.

In den Anfangstagen der Weltgeschichte war das Studium der Wissenschaften unbekannt. Die gesellschaftlichen Zustände waren unsicher; ein Volk überfiel immer das andere und die Männer hatten wenig Zeit übrig für Dinge, die nicht mit Krieg und Jagd zusammenhingen. Bei solchen Völkern indessen, welche stark genug waren, um den Angriffen ihrer Nachbarn zu widerstehen, und wohlhabend genug, um auf Überfälle in den Gebieten anderer zu Raubzwecken verzichten zu können, finden wir einige Versuche, in die Geheimnisse der Natur einzudringen. In einigen Ländern, wie Ägypten, machten die Angehörigen einer mit freier Zeit ausgestatteten Klasse, nämlich der Priester, einige Fortschritte in dem, was wir Naturwissenschaft oder elementare Physik und Chemie nennen können, zweifellos getrieben teilweise durch den Wunsch nach Wissen, teilweise indessen wohl auch durch den Wunsch, das Volk mit Verehrung für ihr höheres Wissen zu erfüllen. Zu jenen Kenntnissen kam noch eine nicht unbedeutende Bekanntschaft mit Astronomie und Mathematik.

Für die praktischen Bedürfnisse des Lebens wurden außerdem gewisse Fertigkeiten gepflegt, insbesondere Metallgewinnung und Färberei, die auf chemischen Grundlagen beruhen. Diese wurden indessen rein handwerksmäßig ausgeübt, und ihre Entwicklung war langsam. Denn

sie befanden sich größtenteils in den Händen von Sklaven, da die Freien es vorteilhafter fanden, sich dem Handel oder der Regierung zu widmen. Der gegenwärtige Zustand der Türkei oder von Marokko gibt eine ungefähre Vorstellung von den Lebensverhältnissen in den Jahrhunderten vor dem Anfange der christlichen Zeitrechnung, was den Betrieb der Wissenschaften anlangt. Trotz des Beispiels der benachbarten Völker, deren Wohlstand zu einem großen Teile auf der Hingabe beruht, mit welcher sie die Kenntnis der Wissenschaften entwickelt haben, zeigen die Türken und Mauren einen vollständigen Mangel an Interesse für diese Dinge. Um so weniger kann man von solchen Völkern erwarten, daß sie irgend welchen Eifer für die selbständige Enthüllung der Geheimnisse der Natur zeigen werden.

Doch hat es immer von Zeit zu Zeit einzelne Geister gegeben, welche von den kleinen Sorgen des Tages nicht ausgefüllt waren. Fragen, wie diese: Wie ist die Welt entstanden? Woraus besteht sie? Was wird ihr endliches Schicksal sein? haben sie geplagt, wie sie uns plagen; und die Geschichte der wissenschaftlichen Entdeckungen beginnt mit Versuchen, derartige Fragen zu beantworten. Viele Völker wurden indessen durch die Priester ihrer Religionen belehrt, daß es gottlos sei, derartige Fragen zu stellen. Erst zu Beginn der früheren griechischen Kultur, nachdem die landläufige Mythologie nicht mehr die besseren Geister zu befriedigen vermochte, treffen wir ernstliche Versuche an, fundamentale Probleme von der Art der angegebenen zu bearbeiten. Aber selbst bei den Griechen finden wir eine deutliche Abneigung, sich um Sachen zu bekümmern, welche anscheinend wenig oder garnicht die menschlichen Angelegenheiten berühren. Selbst Sokrates, einer ihrer größten Denker, lehrte, daß es töricht sei, die Dinge, welche die Menschen unmittelbar betreffen, zu vernachlässigen zugunsten jener äußeren Sachen. Plato, der die Aussprüche des Sokrates auf-

gezeichnet hat, schrieb im siebenten Buche der „Republik“: „Wir wollen die Astronomie mit Hilfe der Probleme verfolgen, ebenso wie wir Geometrie treiben; wenn es aber unser Wille ist, die wahre Natur der Astronomie zu erkennen, so müssen wir die Himmelskörper unbeachtet lassen“. Und an einer anderen Stelle legt er dar, daß selbst wenn wir diese Dinge erkennen könnten, wir weder die Bahn der Gestirne ändern, noch unsere Kenntnis zum Besten der Menschheit anwenden könnten. Im Timäus bemerkt Plato: „Gott allein hat die Kenntnis und die Macht, das Viele zur Einheit zu verbinden und ebenso das Eine in das Viele aufzulösen. Kein Sterblicher aber ist imstande, noch wird er es jemals sein, das eine oder das andere auszuführen...“

Auch im Mittelalter findet sich dieselbe Gewohnheit, sich mit unvollkommenen Beobachtungen zu begnügen und aus unzulänglichen Voraussetzungen Schlüsse zu ziehen. In unseren Tagen, wo eine gewisse Vertrautheit mit wissenschaftlichen Denkmethode oder mit wissenschaftlichen Tatsachen fast allgemein verbreitet ist, hält es schwer, sich die geistige Beschaffenheit vorzustellen, auf Grund deren unsere Voreltern (selbst solche, die Zeit und vielleicht sogar einige Geisteskräfte an solche Probleme wandten) sich mit Antworten auf elementare Fragen zu begnügen vermochten, wie wir alsbald einige kennen lernen wollen.

Die Antwort, welche ein damaliger Gelehrter auf die Frage gegeben hätte: woraus sind die Körper zusammengesetzt? wird folgendermaßen von Le Febvre, Apotheker seiner Majestät Königs Karl des Zweiten, dargelegt: „Wenn die Substanz ein Körper ist, so muß sie notwendig Menge besitzen, und daher muß sie notwendig teilbar sein; nun sind die Körper entweder aus unteilbaren Dingen zusammengesetzt, d. h. aus Punkten, oder aus Stücken. Ein Körper kann aber nicht aus Punkten bestehen, denn ein Punkt ist unteilbar und besitzt keine

Menge; daher kann er einem Körper keine Menge erteilen, da er selbst keine hat. Daraus muß geschlossen werden, daß die Körper aus Stücken bestehen. Hierzu ist aber zu sagen, daß diese Stücke entweder teilbar oder unteilbar sein müssen; ist das erstere der Fall, so kann solch ein Teil nicht der kleinstmögliche sein, da er in noch kleinere geteilt werden kann. Ist aber jenes kleinste Stück seinerseits unteilbar, so stoßen wir auf die gleiche Schwierigkeit, da er ohne Menge sein muß und daher auch keine solche dem Körper mitteilen kann, denn die Teilbarkeit ist eine wesentliche Eigenschaft einer jeden Menge.“ Diese Logik ist unangreifbar, aber sie bringt uns um keinen Schritt vorwärts.

Schauen wir zu, was die Ansichten des Du Clos, Arzt von Ludwig dem Vierzehnten, waren, was die Ursache der Erstarrung der Flüssigkeiten betrifft. Folgendes sind seine denkwürdigen Worte:

„Die Ursache für das Festwerden der Flüssigkeiten ist offenbar die Trockenheit, denn diese Eigenschaft, welche das Gegenteil der Feuchtigkeit ist, die die Körper flüssig macht, kann wohl eine Wirkung hervorbringen, welche der von der letzteren hervorgerufenen entgegengesetzt ist, nämlich das Festwerden der Flüssigkeiten.“ Auch dieser tief sinnige Ausspruch gewährt uns keine erhebliche Einsicht.

Und noch ein Zitat. Es stammt aus einem Werk von Jean Rey, welches 1630 unter dem Titel gedruckt worden ist: „Über eine Untersuchung, weshalb Zinn und Blei bei der Veraschung an Gewicht zunehmen.“ Er geht von der damals vielbeliebten These aus, daß die Natur den leeren Raum verabscheut. „Es ist vollkommen sicher, daß im Gebiete der Natur ein leerer Raum, in welchem sich nichts befindet, keinen Platz haben kann. Es gibt in der Natur keine Kraft, welche das Weltall aus Nichts gemacht haben könnte, und ebenso keine, welche das Weltall zu Nichts machen könnte, denn dieses erfordert

das gleiche Vermögen. Nun müßte die Materie anders beschaffen sein, wenn es einen leeren Raum geben könnte; denn könnte er hier sein, so könnte er auch dort sein, und wenn er hier und dort sein könnte, warum könnte er nicht anderswo sein? und warum nicht überall? Daher könnte das Weltall durch seine eigenen Kräfte sich selbst vernichten; aber nur IHM, der es hat erschaffen können, bleibt der Ruhm, seine Zerstörung zu bestimmen.“

Indessen müssen wir beim Studium der älteren Geschichte der Chemie dessen eingedenk sein, daß viele Tatsachen, die uns jetzt vertraut sind, damals unbekannt waren, und daß insbesondere der Standpunkt, von dem aus die alten Chemiker die Erscheinungen der Natur betrachteten, gänzlich verschieden von dem war, der uns gegenwärtig so heimisch ist. Aus den angeführten Beispielen, welche aus Schriften stammen, die keineswegs besonders lange vor unserer Zeit geschrieben wurden, nämlich nur sechs oder sieben Generationen vor uns, geht hervor, daß unsere Urururgroßväter von uns nicht nur durch den Mangel an Kenntnissen verschieden waren, sondern durch ihre ganze Betrachtungsweise der von ihnen gesehenen Tatsachen. Und es ist daher für uns einigermassen schwierig, ihren Standpunkt wieder zu finden und ihre Denkweise uns anzueignen. Doch müssen wir dies immerhin versuchen, wenn wir den Fortschritt unserer Wissenschaft erkennen wollen.

Der Fortschritt der chemischen Wissenschaften bildet nämlich einen Teil des Fortschrittes im menschlichen Denken überhaupt. Die damaligen Ideen bewegten sich in bestimmten Linien; sie bezogen sich alle auf Spekulationen über die Natur der Materie; diese aber gestalteten sich sehr verschiedenartig. Denn man kann fragen: Welche Formen kann die Materie annehmen? Was ist die innere Struktur der Materie? Welche Änderungen erfährt die Materie? Diese drei Fragen waren für die Alten ebenso

grundlegend, wie sie es für uns sind, und es ist in diesen Essays beabsichtigt, dem Leser eine Vorstellung über die Geschichte dieser drei Gedankenkreise zu vermitteln. Wir werden sehen, daß unsere gegenwärtige Kenntnis uns ermöglicht, diese drei Reihen mittels gewisser Hypothesen zu vereinigen; doch wird es bis zu einem bestimmten Punkte besser sein, sie einzeln zu betrachten.

Die Elemente.

In den alten Tagen hatte das Wort „Element“ eine andere Bedeutung, als wir sie heute damit verbinden. Oder genauer, es hatte zwei verschiedene Bedeutungen, welche oft mit einander verwechselt worden sind. Die vermutete Abstammung dieses Wortes deutet auf die eine dieser Bedeutungen hin, denn ebenso wie L, M und N Bestandteile des ABC sind, so wurde ein Element als ein Bestandteil der Substanzen angesehen. Aus dem Gebrauch des Wortes bei den Alten scheint indessen hervorzugehen, daß ein Element auch oft als eine Eigenschaft der Materie angesehen wurde; augenscheinlich wurde angenommen, daß durch die Änderung der Eigenschaften, oder in den Worten jener alten Autoren, durch Entziehung oder Zufügung des einen oder anderen Elements einem Stoff gegenüber, dieser Stoff in einen anderen, vollkommen verschiedenen umgewandelt werden könne. Belege für diese beiden Bedeutungen werden weiter unten gegeben werden.

Vermutlich ist den Griechen der ursprüngliche Gedanke der Elemente von den Indern zugekommen. Die Buddhistische Lehre war, daß die Anzahl der Elemente sechs ist, nämlich Erde, Wasser, Luft, Feuer, Äther und Bewußtsein. Empedokles von Agrigent, der um 440 v. Ch. lebte, gibt nur die ersten vier und es entstand mancherlei Streit darüber, welches von ihnen als

das Urelement betrachtet werden sollte, von dem alle anderen abstammen. Denn selbst in jenen fernen Tagen war die Spekulation bereits zu der Vorstellung von der Einheit der Materie gelangt. Während Thales behauptete, daß Wasser das Urelement sei, glaubte Anaximenes, daß Luft oder Feuer es sei, und Aristoteles betrachtete die verschiedenen Elemente nicht als verschiedene Arten Materie, sondern als verschiedene Eigenschaften, mit denen die eine Materie behaftet ist. Plato sah die Elemente dagegen als verschiedene Stoffe an, denn er legt dem Timäus folgende Worte in den Mund: „In erster Linie wurde das, was wir gegenwärtig Wasser nennen, zu Stein und Erde, wie unser Auge es uns zu zeigen scheint (es spielt vermutlich auf Bergkristall an, der damals als versteinertes Eis angesehen wurde); und wenn dasselbe Element geschmolzen und zerstreut wird, so geht es in Dampf und Feuer über. Wenn die Luft entflammt wird, so geht sie in Feuer über, und wieder geht das Feuer, wenn es gesammelt und verdichtet wird, in Luft über; und wieder bildet die Luft, wenn sie gesammelt und verdichtet wird, Wolken und Dampf; werden diese noch mehr verdichtet, so bilden sie fließendes Wasser; und Wasser bildet wiederum Steine und Erde, und so scheint die Erzeugung von einem zum anderen im Kreise übertragen zu werden.“

Aristoteles schrieb seinen Elementen vier Eigenschaften zu, nämlich je zwei jedem einzelnen Element. So war die Erde kalt und trocken, das Wasser kalt und feucht, die Luft warm und feucht, das Feuer warm und trocken. Aristoteles nahm ferner ein fünftes Element an, das diese vier begleitet; er nannte es Hyle. Lateinisch wurde es *Quinta essentia* genannt und die späteren Alchimisten betrachteten es als von äußerster Wichtigkeit, denn sie nahmen an, daß es die ganze Welt durchdringt. Das unaufhörliche Suchen der Alchimisten nach der

„Quintessenz“ wurde angetrieben durch die Ansicht, daß seine Entdeckung alle Umwandlungen möglich machen würde. Indessen war, soweit wir wissen, das Wort „Chemie“ in Aristoteles Zeiten noch nicht in Gebrauch. Man behauptet, daß es in einem Manuskript des Zosimus vorkommt, eines Einwohners der ägyptischen Stadt Panapolis, der im fünften Jahrhundert schrieb. Es scheint die Kunst, Gold und Silber herzustellen, zu bedeuten, denn Skaliger gibt den Titel dieses Werkes folgendermaßen an: „Eine wahrhafte Beschreibung der heiligen und göttlichen Kunst, Gold und Silber zu machen.“ Berthelot, der eingehende Studien über die alten griechischen, lateinischen, arabischen und syrischen Manuskripte gemacht hat, die sich auf die Vorgeschichte der Chemie beziehen, nimmt an, daß die Versuche der Metalltransmutation nicht von irgendwelchen philosophischen Begriffen über die Natur der Elemente herrühren, sondern von den betrügerischen Versuchen der Goldschmiede, ihren Abnehmern wertloses Material an Stelle von Silber und Gold anzuhängen. Eines der ältesten bezüglichen Manuskripte datiert aus dem dritten Jahrhundert und wird zu Leiden in Holland aufbewahrt. Es wurde in einem Grab zu Theben 1828 gefunden. Es ist eine grobe und falschgeschriebene Sammlung von Handwerksvorschriften für Metallarbeiten, wo oft eine Legierung von Kupfer und Zinn erwähnt wird, die eine gewisse Ähnlichkeit mit Gold hat. Diese Handschrift scheint dem Schicksal entgangen zu sein, welches die meisten ägyptischen Handschriften jener Zeit verschlungen hat. Der Kaiser Diocletian hatte verordnet, daß alle alchemistischen Manuskripte verbrannt werden sollten, „damit nicht die Ägypter durch die Kunst (Gold und Silber zu machen) reich würden und ihre Mittel benutzten, um sich gegen die Römer zu empören“.

Wenn aber auch der Gedanke der Transmutation nicht aus solchen theoretischen Vorstellungen, wie die des

Aristoteles über die Einheit der Materie und über die Möglichkeit, sie durch die Änderung ihrer Eigenschaften umzuwandeln, entstanden ist, so hatten doch die späteren Alchimisten kein Bedenken, die Aristotelische Theorie zugunsten ihrer Sache zu benutzen. Und durch viele Jahrhunderte, ja bis in unsere Tage hat es immer Menschen gegeben, welche ihr Leben dieser Aufgabe widmeten.

In der gleichen Zeit bestand die Ansicht eines mystischen Zusammenhanges zwischen den Metallen und den Planeten, der auf chaldäischen Ursprung zurückgeht. Gold war die Sonne, Silber der Mond, Zinn und später Quecksilber wurden dem Merkur zugeschrieben. Das in der Schlacht dienliche Eisen hatte Verwandtschaft mit dem rötlichen Mars; Elektron, eine Legierung aus Gold und Silber, und später das Zinn war Jupiter und das graue und schwere Blei entsprach dem langsam wandernden Saturn. Diese Analogien wurden benutzt, um Horoskope zu stellen und die Zukunft denen vorauszusagen, die reich und leichtgläubig genug waren, sich an die Astrologen zu wenden.

Während der Zeit, wo diese phantastischen Anschauungen herrschten, bestanden mancherlei Techniken, welche die Kenntnis chemischer Vorgänge erforderten. Sie sollen später erwähnt werden, doch sei bemerkt, daß die Spekulation sich nicht auf die Erklärung dieser chemischen Umwandlungen richtete, sondern ihren eigenen Weg ohne viel Rücksicht auf die Erfahrungstatsachen ging.

Die Eroberung Ägyptens durch die Araber im siebenten Jahrhundert machte der Gelehrtenschule von Alexandria, in welcher Angehörige aller Völker zusammentrafen und Probleme erörterten, ein zeitweiliges Ende. Doch erwies sich der Geist der griechisch-ägyptischen Kultur selbst für den Fanatismus der Mohammedaner als zu stark: die Eroberer wurden ihrerseits erobert und es entstand eine arabische Schule der Wissenschaften, welche die von den

Griechen übernommenen Traditionen weiterführte. Bis Berthelot den Irrtum nachwies, war geglaubt worden, daß die lateinischen Werke, welche als Übersetzung aus dem Arabischen des achten Jahrhunderts und der folgenden auftraten, nur Übertragungen aus den alten arabischen Autoren seien. Tatsächlich scheinen sie aber zum größten Teil Fälschungen zu sein, die mit den Originalen nur wenig Ähnlichkeit haben. So erweist sich der angeblich 1529 ins Lateinische übersetzte Geber als gänzlich verschieden von dem wahren Geber der arabischen Schriften. Seine Bemerkung über die Alchimie ist durch kräftigen gesunden Menschenverstand gekennzeichnet. Er äußert sich folgendermaßen: „Ich sah, daß die Leute, welche sich den Versuchen zur Herstellung von Gold und Silber hingaben, in völliger Unkenntnis und nach falschen Methoden arbeiteten. So begriff ich, daß sie sich aus zwei Klassen zusammensetzen: Betrügern und Betrogenen. Ich bedauerte beide.“

Um jene Zeit wurde indessen eine Erweiterung zu der Klassifikation der Aristotelischen Elemente bewirkt, die sich etwa bis vor zwei Jahrhunderten erhalten hat, und die offenbar aus dem Bedürfnis herrührte, die Eigenschaften der Metalle und ihre Veränderungen in der Hitze zu erklären. Die neu hinzugefügten „Prinzipien“, wie sie damals genannt wurden, waren Salz, Schwefel und Quecksilber. Wir lesen, daß die edlen Metalle ein „sehr reines Quecksilber“ enthalten, was vermutlich bedeutete, daß sie einen höheren Metallglanz haben, während die gemeinen Metalle, wie Kupfer und Eisen, einen „schlechten Schwefel“ enthalten, da sie sich leicht im Feuer ändern, indem sie ihr metallisches Aussehen verlieren und sich in schwarze Schlacken umwandeln. Diese „Prinzipien“ wurden später durch die Zufügung von Phlegma und Erde auf fünf vermehrt. Phantastische Ähnlichkeiten wurden aufgesucht zwischen der göttlichen Dreieinigkeit, Vater, Sohn und heiliger Geist, und den drei erstgenannten

Prinzipien, oder Körper, Seele und Geist. Beständig wurden Versuche angestellt, durch derartige Analogien Inspiration zu erlangen. So wurde die Verflüchtigung des Quecksilbers oder Spiritus, wie es zuweilen genannt wurde, als vergleichbar der Himmelfahrt Christi angesehen. Für die Narrheit und Absurdität der Alchimisten scheint es keine Grenze zu geben. Das Verzeichniss ihrer Prozesse oder Operationen ist uns durch Sir George Ripley, der um 1471 lebte und schrieb, mitgeteilt worden.

Diese Operationen sind zwölf an der Zahl, die der Autor in schöne Verse *) gebracht hat. Da diese sich natürlich nicht entsprechend ins Deutsche übersetzen lassen, so sind hier nur die Namen der Operationen selbst gegeben, während der Originaltext sich in der Anmerkung findet. Die Operationen sind:

1. Kalzination; 2. Dissolution; 3. Separation. 4. Konjunktion; 5. Putrefaktion; 6. Kongelation. 7. Kibation; 8. Sublimation; 9. Fermentation; 10. Exaltation; 11. Multiplikation; 12. Projektion.

Die Kapitel sind ermüdend und zerfahren und man kann keinen klaren Gedanken aus dieser Flut fischen.

*) Die Verse lauten:

„The fyrst Chapter shalbe of naturall Calcination;
The second of Dyssolution secret and phylosophycall;
The third of our Elemental Separation;
The fourth of Conjunktion matrimonyall;
The fifth of Putrefaction then followe shall;
Of Congelatyon, albyfcative shall be the Syxt,
Then of Cybation the seaventh shall follow next.
The secret of our Sublymation the eyght shall show;
The nynth shall be of Fermentation,
The tenth of our Exaltation I trow;
The eleventh of our mervelose Multyplycatyon;
The twelfth of Projectyon, then Recapytulatyon;
And so thys treatise shall take an end,
By the help of God, as I entend.“

Denn es war ein Teil des alchemistischen Credo, daß ihre Geheimnisse zu kostbar seien, um sie dem niederen Volke zu offenbaren.

„Die Philosophen haben sich verschworen,
Es nie zu nennen eines Menschen Ohren.
Noch irgendwo es in ein Buch zu schreiben ;
Denn Gott will, daß es unentdeckt soll bleiben,
Weil er es selbst so werth und theuer hält.
Nur wo es seiner Majestät gefällt,
Verkündet ers durch seines Geists Erguß,
Oder versagt es. Sieh, dies ist der Schluß.“ —

sang Chaucer*), und er hat wahr berichtet, denn die Bedeutung der alchemistischen Ausdrücke ist meist unentzifferbar.

Der grüne Löwe, der Basilisk, der Ichnemon, der Salamander, der fliegende Adler, des Drachen Schwanz und Blut, der gefleckte Panther, der Rabenschnabel, blau wie Blei, König und Königin, der rote Freier und die Lilienbraut und viele andere mystische Ausdrücke, die zweifellos für den Adepten eine Bedeutung hatten, finden sich zu einem unentwirrbaren Chaos vermischt.

Außer den phantastischen Ausdrücken, mit deren Hilfe die Alchimisten ihre Geheimnisse gegen profane Blicke schützten, besaßen sie eine Gruppe von Zeichen, möglicherweise Chaldäischen oder Ägyptischen Ursprunges, mit denen sie ihre Stoffe und viele ihrer Prozesse symbolisierten. Während das wesentlichste Ziel der heutigen Wissenschaft die Klarheit ist, war das der Alchimisten Zweideutigkeit und Geheimnis. In einzelnen Fällen haben sie ihre Geheimnisse so erfolgreich versteckt, daß selbst die moderne Wissenschaft sie nicht zu enträtseln vermocht hat. Ein gewisser Trost, wenn er auch ein wenig nach Traubensäure schmeckt, liegt darin, daß die Enträtselung schwerlich der Mühe lohnt, wenigstens soweit moderne Wissen-

*) Übersetzung von Hertzberg.

schaft in Frage kommt. Wo ihre Beschreibungen sich haben entziffern lassen, enthalten sie Angaben über wenig taugliche Methoden, um Dinge unvollkommen genug zu machen, die wir heute viel leichter und schneller machen können. Wie bereits angegeben, war ihre Theorie von den Elementen irrig; sie kannten sehr wenige reine Stoffe und hatten kein Kriterium der Reinheit für die, welche sie kannten; auch war ihnen die Gasform der Materie unbekannt.

Immerhin führten die unendlichen Experimente zur Gewinnung des Steines der Weisen, der die unedlen Metalle in Gold verwandeln und des Lebenselixirs, welches seinem glücklichen Besitzer unsterbliche Jugend verschaffen sollte, auf die Entdeckung zahlreicher chemischer Verbindungen. Die Schriften des *Basilii Valentini*, der ein Benediktinermönch in Süddeutschland aus der zweiten Hälfte des fünfzehnten Jahrhunderts gewesen sein soll*), enthalten Beschreibungen zahlreicher Stoffe, die wir jetzt als chemische Individuen kennen, sowie Methoden zu ihrer Darstellung. In dem Traktat „Vom großen Steine der uralten Weisen“ findet sich eine ins einzelne gehende Beschreibung der Eigenschaften des gewöhnlichen Schwefels, des Quecksilbers mit Andeutungen seiner medizinischen Wirksamkeit, seiner Verbindungen, von Antimonsulfid oder Spießglas, welches nach seiner Ansicht viel Quecksilber, viel Schwefel aber wenig Salz enthält. Ferner von Kupferwasser, eine Lösung von Eisensulfat; „luna potabilis“ oder Silbernitratlösung; gebranntem Kalk; arseniger Säure; Salpeter. Den letzteren läßt er seine eigene Geschichte erzählen: „Zwei Elemente finden sich reichlich in mir, Feuer und Luft; in geringerer Menge enthalte ich Wasser und Erde; daher bin ich feurig, brennbar und flüchtig. Denn in mir wohnt

*) Die unter diesem Namen gehenden Schriften werden jetzt als späte Fälschungen angesehen. (Übers.)

ein feiner Geist; ich bin am ähnlichsten dem Quecksilber, außen kalt und innen heiß. Mein Hauptfeind ist der gemeine Schwefel, und dennoch ist er mein größter Freund, da ich durch ihn gereinigt und verfeinert werde.“ Salmiak, Weinstein, Essig und namentlich zahlreiche Verbindungen des Antimons finden sich gleichfalls durch Basilius Valentinus in seinem „Triumfwagen des Antimonii“ beschrieben. In diesen Schriften findet sich oft die Bemerkung, daß manche der beschriebenen Stoffe medizinische Eigenschaften haben. Seine Schüler, unter denen Paracelsus wohl am meisten bekannt ist, entwickelten diesen Teil seiner Lehre. Trotz seiner ausgedehnten Kenntnisse behielt er den Glauben an die Transmutationen bei; den Elementen Gebers und seiner Schüler fügte er das „Salz“ oder wie er es nannte, das „philosophische Salz“ hinzu. Es ist der Bestandteil der Stoffe, welcher Beständigkeit verleiht und welcher nachbleibt, nachdem der flüchtige Schwefel und das Quecksilber durch das Feuer vertrieben worden sind.

In der ersten Hälfte des sechzehnten Jahrhunderts brachte Paracelsus die Anschauungen des Basilius Valentinus zur Entwicklung und Anwendung und gründete die Schule der „Iatrochemiker“, d. h. der Forscher, welche als Hauptzweck der Chemie nicht die Transmutation der Metalle ansahen, sondern die Anwendung der chemischen Substanzen für medizinische Zwecke. Paracelsus huldigte übrigens der Theorie der drei Prinzipien, wandte sie aber auf den menschlichen Körper an, den er aus diesen drei Prinzipien bestehend ansah; Krankheit bestand in dem Mangel an einem derselben und konnte durch dessen Zuführung geheilt werden. Zuviel Schwefel, lehrte er, verursacht Fieber und Pest, zuviel Quecksilber Paralyse und Depression, zuviel Salz Diarrhöe und Wassersucht. Mangel an Schwefel bewirkt Gicht; destilliert er von einem Organ zum anderen, so bewirkt er Delirium, und so fort in phantastischen Theorien. Eine der phan-

tastischsten ist die Annahme eines wohlthätigen Geistes, des *Archaeus*, der im Magen wohnt und von dort aus die Ernährung des Körpers überwacht. Doch übten diese Ansichten keinen erheblichen Einfluß auf die Entwicklung der Chemie aus. Immerhin hatten die Lehren des *Paracelsus* die gute Wirkung, daß sie die Aufmerksamkeit auf einen sehr wichtigen Zweig der chemischen Wissenschaft lenkten, nämlich die pharmazeutischen Anwendungen. Und von jener Zeit ab bis etwa um die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts sind viele der bestbekanntesten Chemiker durch eine medizinische Schule gegangen und aus den Reihen der Ärzte stammt eine große Anzahl chemischer Entdecker her.

Wenn auch die Alchimisten nach dem Beginn des achtzehnten Jahrhunderts nur wenig Einfluß mehr auf den Fortschritt der Chemie ausübten, so setzten sie doch ihre unfruchtbaren Forschungen fort. Die Möglichkeit der Transmutation hat von jeher im Zusammenhange gestanden mit Spekulationen über die Einheit der Materie. Und obwohl zurzeit nur wenig Zeugnisse dafür anzuführen sind, daß alle Stoffe schließlich aus einer einheitlichen Materie bestehen, so enthält die Geschichte unserer Wissenschaft doch mancherlei Nachrichten über Versuche, die Transmutation wirklich durchzuführen. Ein solcher Versuch ist in neuerer Zeit von *Samuel Brown* gemacht worden, welcher behauptet, *Silicium* aus *Paracyan*, einem Stoffe, der nur Kohlenstoff und Stickstoff enthält, hergestellt zu haben. Spätere Forscher haben indessen seine Ergebnisse nicht bestätigen können. Es besteht durchaus kein Zweifel über die Ehrlichkeit von *Brown's* Arbeit; doch ist der einzige Schluß, der gezogen werden kann, der, daß er nicht genügende Vorsicht beobachtet hat, um sein Material gegen Verunreinigung mit *Silicium* zu schützen. Geheime Gesellschaften bestehen auch noch jetzt in Frankreich, unter Namen wie „*Orden der Rosenkreuzer*“ oder die

„Alchimistische Gesellschaft von Frankreich“; letztere ist die Nachfolgerin der „Hermetischen Gesellschaft“. Eine der letzten ihrer Untersuchungen war vom Maître Theodore Tifferand ausgeführt worden, der 1896 behauptete, Kohlenstoffverbindungen, wie Äther und Essigsäure erhalten zu haben, als er metallisches Aluminium in Glasröhren mit Salpetersäure eingeschlossen und den Strahlen der Sonne während zweier Monate ausgesetzt hatte. Doch stehen immer noch die Versuche, Gold zu machen, in erster Linie. August Strindberg will „unvollkommenes“ Gold aus Ammoniumferrosulfat erhalten haben, und in noch neuerer Zeit hat Emmens, der übrigens ablehnt, ein Alchimist genannt zu werden, behauptet, Mexikanische Silberdollars in Gold verwandelt, oder genauer, die kleine Menge Gold, welche in ihnen enthalten ist, dadurch vermehrt zu haben, daß er das stark abgekühlte Metall gehämmert hat. Es gibt Gründe, anzunehmen, daß ein noch unbekanntes Element existiert, welches sowohl dem Golde wie dem Silber ähnlich ist; Emmens will dieses Element, daß er Argentaureum nennt, durch Hämmern von Silber hergestellt und es durch einen weiteren Prozeß in Gold verwandelt haben. Auch behauptet er, daß Sir William Crookes bewiesen habe, daß das Gold in einem Mexikanischen Silberdollar sich wirklich, wenn auch sehr wenig vermehrt habe, nachdem er ihn nach jenem Verfahren behandelt hatte.

In dem Vorangegangenen haben wir gesehen, daß die bezüglich der Elemente seit den ältesten Zeiten angenommene Lehre war, daß es deren vier gibt, nämlich Erde, Wasser, Luft und Feuer. Daneben bestanden drei chemische oder „hypostatische“ Prinzipien, nämlich Quecksilber, Schwefel und Salz. Trotz der Widerlegung dieser Anschauungen durch Robert Boyle, welche wir später betrachten wollen, fristeten sie ihr Dasein bis zur Mitte des achtzehnten Jahrhunderts, indem

sie in allen Lehrbüchern angeführt wurden. Macquers „Chemie“, ein Lehrbuch, das seinerzeit eine sehr große Verbreitung besaß, gibt die folgende Beschreibung der alten Elemente (1768.) „Luft ist die Flüssigkeit, welche welche wir immerfort atmen und welche die ganze Oberfläche der Erdkugel umgibt. Da sie schwer ist, wie alle anderen Körper, so dringt sie an alle Orte, die nicht absolut unzugänglich oder durch andere Körper eingenommen sind, die dichter sind, als sie selbst. Ihre hauptsächlichste Eigenschaft ist, daß sie der Verdünnung und Verdichtung fähig ist, so daß dieselbe Menge Luft einen viel größeren oder viel kleineren Raum einnehmen kann, je nach ihrem Zustande. Hitze oder Kälte, oder, wenn man will, die Anwesenheit oder Abwesenheit der Feuermaterie sind die wesentlichsten Ursachen und wirklich auch das Maß ihrer Verdichtung oder Verdünnung; denn wenn eine gewisse Menge Luft erhitzt wird, so nimmt ihr Raum proportional dem Hitzegrad zu, dem sie ausgesetzt wird; infolgedessen enthält nun derselbe Raum weniger Teilchen, als vorher. . . Luft geht in die Zusammensetzung vieler Substanzen ein, namentlich des Körpers der Pflanzen und Tiere; wenn man die meisten derselben vollständig zerlegt, so wird eine so große Menge Luft herausgezogen, daß einige Naturforscher behauptet haben, daß sie ihrer Elastizität völlig beraubt werde, wenn sie sich so in Verbindung mit anderen Körpern befindet.“

Nach der Beschreibung einiger physikalischer Eigenschaften des Wassers fährt Macquer fort: „Wasser tritt in den Verband vieler Körper ein, sowohl der zusammengesetzten wie der sekundären Prinzipien, doch scheint es, wie die Luft, von der Zusammensetzung aller Metalle und der meisten Mineralien ausgeschlossen zu sein. Denn obwohl in den Eingeweiden der Erde eine immense Menge Wasser vorhanden ist, welches deren Inneres benetzt, so darf doch hieraus nicht geschlossen werden, daß es eines

der Prinzipien der Mineralien ist. Es befindet sich nur zwischen deren Teilen eingelagert, denn sie können vollständig davon befreit werden, ohne ein Anzeichen von Zersetzung zu geben; daher ist es nicht fähig, sich mit ihnen genau zu verbinden.“

Von der Erde sagt er: „Wir haben bemerkt, daß die beiden eben behandelten Prinzipien flüchtig sind; d. h. die Wirkung des Feuers trennt sie von den Körpern, an deren Zusammensetzung sie sich beteiligen, führt sie fort und zerstreut sie. Das Prinzip, von dem wir nun sprechen wollen, nämlich die Erde, ist fix und widersteht der höchsten Kraft des Feuers, wenn es absolut rein ist. Daher muß dasjenige, was hinterbleibt, wenn ein Körper dem allerstärksten Feuer ausgesetzt gewesen ist, als dessen erdiges Prinzip angesehen werden, und es besteht wesentlich aus diesem. . . Die Erde ist also eigentlich ein fixes Prinzip, das im Feuer beständig ist.“ Darnach geht er dazu über, zwischen schmelzbarer und verglasbarer Erde und unschmelzbarer und unverglasbarer zu unterscheiden; die letztere nennt er auch absorbierende Erde, wegen ihrer Fähigkeit, sich mit Wasser zu imbibieren.

Macquers Anschauungen bezüglich des Feuers sind die folgenden: „Die Materie der Sonne oder des Lichtes, Phlogiston, Feuer, das schweflige Prinzip, die brennbare Materie sind alles Namen, mit denen das Element des Feuers gewöhnlich bezeichnet wird. Doch scheint es, daß eine genaue Unterscheidung der verschiedenen Zustände, in denen es sich befindet, noch nicht gemacht worden ist; d. h. zwischen den Erscheinungen des Feuers das wirklich als ein Prinzip in der Zusammensetzung der Stoffe existiert, und zwischen denen, die es zeigt, wenn es im freien Zustande und in seiner natürlichen Beschaffenheit besteht. Im letzteren Zustande können wir es eigentlich Sonnenmaterie oder Licht- oder Feuermaterie nennen, und man kann es als eine Substanz ansehen, die aus un-

endlich kleinen Partikeln besteht, die beständig mit einer äußerst schnellen Bewegung behaftet sind; es hat daher die wesentlichen Eigenschaften einer Flüssigkeit. . . . Die größte Änderung der Körper, welche seine Anwesenheit oder Abwesenheit hervorruft, ist, sie flüssig oder fest zu machen; daher können alle anderen Körper als wesentlich fest angesehen werden. Feuer allein ist wesentlich flüssig und ist das Prinzip der Flüssigkeit in anderen Körpern. Dies vorausgesetzt, könnte selbst die Luft fest werden, wenn man sie von allem Feuer befreien könnte, welches sie enthält, ebenso wie die widerstandsfähigsten Körper flüssig werden, wenn sie von einer genügenden Menge Feuerteilchen durchdrungen werden.“ —

In den vorangegangenen Zeilen ist ein Versuch gemacht worden, die Art und Weise zu zeigen, in welcher die Welt, die uns umgibt, angesehen worden ist. Die Leute gaben sich zufrieden, das als wahr anzunehmen, was man ihnen sagte; ja, es wurde als unpassend betrachtet, wenn man sich allzu genau um die Geheimnisse kümmern wollte, die uns umgeben. Die Tradition erfuhr die höchste Verehrung und die Berühmtheit wie der persönliche Charakter desjenigen, der eine bestimmte Lehre vertrat, hatte viel mehr Gewicht, als die Nachweise der inneren Wahrscheinlichkeit der Lehre selbst.

Dieser Geist ist noch keineswegs ausgestorben; die große Mehrheit des Menschengeschlechtes begnügt sich mit Kenntnissen aus zweiter Hand. Es darf wohl gefragt werden, ob es sich denn überhaupt lohnt, solche Kenntnisse zu haben. Natürlich ist es unmöglich, daß jedermann alle Naturerscheinungen selbst untersuchen sollte. Doch ist es mindestens möglich, ein jedes Kind so weit zu bringen, daß es, wenn auch in noch so elementarer Weise, begreift, wie man nützliche Schlüsse aus Beobachtung und Versuch zieht, und sich so, wenigstens in gewissem Maße, von der Knechtschaft intellektueller Autoritäten frei zu machen.

Die grossen Londoner Chemiker.

L. Boyle und Cavendish.

Das Land und Volk, welches den anderen in der Chemie überlegen ist, wird auch das erste an Reichtum und allgemeinem Wohlstand sein. Denn die Kenntnis der Chemie ist so eng verbunden mit der Entwicklung aller Arten von Industrien, mit der Bekämpfung der Krankheiten und mit der Überlegenheit im Kriege, daß sie für eine reiche, gesunde und friedliebende Nation unbedingt wesentlich ist. Der Elektriker hängt vom Chemiker bezüglich des Eisens ab, das er für seine Dynamos braucht; der Ingenieur bezüglich der Materialien, aus denen er seine Maschinen baut; Waschen, Bleichen und Färben der Gewebe, in die wir uns kleiden, die Herstellung des Papiers, auf welches wir schreiben, und der Tinte, mit der wir es befecken; die Beschaffung unserer Nahrungsmittel und die Beseitigung der Abfallstoffe aus unseren Häusern; die Bereitung der Heilmittel und der Explosivstoffe, die gegenwärtig zum Kriegführen dienen: alles dies gehört in das Arbeitsgebiet des Chemikers und ohne ihn würden wir in den halbbarbarischen Zustand unserer Voreltern zurück-sinken.

Und dabei müssen wir dessen inne werden, daß wir noch weit von der Vollkommenheit entfernt sind. Kein Prozeß ist so weit entwickelt, daß er nicht noch reichlich verbessert werden könnte. Die Wissenschaft kennt kein Ende, und was heute eine wissenschaftliche Kuriosität ist, kann morgen den wesentlichen Teil einer wichtigen Industrie bilden. Dies ist eine, wenn auch meiner Ansicht nach nicht die wichtigste Ursache, das Studium der Chemie zu fördern. Die Grenzen menschlichen Wissens zu erweitern und dadurch unseren Schöpfer zu ehren, ist sicherlich noch mehr ein erstrebenswertes Ziel. Ich will hier

die Worte Francis Bacons anführen, welche Charles Darwin als Motto vor seine „Entstehung der Arten“ gesetzt hat. „Es soll daher niemand infolge einer schwächlichen Einbildung der Nüchternheit oder infolge einer unangebrachten Bescheidenheit denken oder sagen, daß der Mensch in seiner Forschung zu weit gehen, oder daß er zu gut in dem Buche von Gottes Worten oder Gottes Werken, in der Theologie oder Naturwissenschaft, unterrichtet sein könnte; vielmehr sollen die Menschen einen unendlichen Fortschritt zur Vollkommenheit in beiden anstreben.“ Doch wird immerhin die Aussicht auf Ruhm und Erfolg jetzt wie früher den Geist des durchschnittlichen Menschen mehr anspornen, und wir brauchen diesen Ansporn nicht zu verachten, da er gleichfalls zur Förderung des erstrebten Zieles dient, soweit die Motive nicht an sich niedrige sind.

Wenn man die Wissenschaft studiert mit dem bewußten Zweck, Reichtum oder Ruhm zu gewinnen, so erlangt man ziemlich sicher keines von beiden. Salomos Bitte war: Gib mir Weisheit und Wissen und er erhielt die Antwort: Weisheit und Wissen sollst du haben und Reichtum und Schätze und Ehre dazu. Die Ursache, weshalb der Versuch meist mißlingt, Wissenschaft zur Erwerbung von Reichtümern zu verwerten, ist einfach genug. Sie liegt in dem betrüblichem Umstande, daß der Mensch leider nicht allwissend ist. Niemand kann, wenn er eine Untersuchung anfängt, voraussagen, wo sie enden wird. Wenn sie sachgemäß angefangen wird, so wird sie sicherlich Kenntnisse ergeben; aber ob diese geeignet sind, Reichtum und Ruhm zu bringen, weiß niemand voraus. Allerdings gibt es Forschungen, die auf ein ganz bestimmtes Ziel gerichtet waren und auch zu einem entsprechenden Ergebnis geführt haben, und wir werden hier später sehen, wie die Entdeckung der Prinzipien der Flamme zu der Erfindung der Sicherheitslampe durch

Sir Humphry Davy geführt hat. Aber in der Regel strebten die Chemiker, welche unsterblichen Ruhm gewonnen haben, nach einem edleren Ziel, nämlich der Vermehrung des menschlichen Wissens. Ich bitte um Ihre Aufmerksamkeit für die Schicksale einiger unter ihnen, welche in besonderer Weise mit London verbunden waren. Mögen diejenigen unter uns, die ihnen, wenn auch in weiter Ferne, nachfolgen, durch ihr Beispiel geleitet werden!

In den früheren Tagen existierte eine Wissenschaft im heutigen Sinne noch nicht. Die meisten Männer, welche von der Knechtschaft der unaufhörlichen Arbeit frei waren, hatten nur Krieg oder Staatswesen als Arbeit im Sinne, und Jagd als Erholung. Solche, denen diese Dinge wegen der Beschaffenheit ihres Geistes widerstanden, fanden Beschäftigung in der Geschichte, der Poesie, in philosophischen Erörterungen und in der Religion. Allerdings beschäftigten sich einige unter ihnen mit Spekulationen über die Natur der Welt, in der wir leben; ihre Gedanken waren aber mehr davon eingenommen, wie sie sein sollte, als wie sie wirklich ist. Der moderne Geist ist bescheidener. Wir glauben nicht mehr, daß wir genügende Schöpferkraft besitzen, um ein System des Weltalls zu konstruieren; wir sind zufrieden, wenn wir die Natur in noch so bescheidener Weise erforschen können, und wir rufen den Versuch zu Hilfe, als ein Mittel, die Natur zu befragen. Wir teilen bereitwillig unsere Kenntnisse anderen mit, und wir rechnen unsererseits auf ihre Hilfe und erwarten ihre Kritik. In den alten Tagen wurde die Sprache des Geheimnisses gesprochen. Sie verhüllte Schätze, die zu kostbar waren, um sie dem gemeinen Volke zu entschleiern. „In jenen Tagen waren, um die Wort Samuel Browns*) anzuführen, die Metalle Sonnen und Monde,

*) Dr. Samuel Browns Essays.

Könige und Königinnen, rote Freier und Lilienbräute. Gold war Apollo, die Sonne des hohen Himmels, Silber Diana, der schöne Mond in seinem rastlosen Laufe, neckisch durch den himmlischen Wald getrieben; Quecksilber war Merkur mit den Flügelschuhen, der Götterbote, neu entflammt auf einem Hügel, den der Himmel küßt; Eisen war der rote Mars in voller Rüstung; Blei war Saturn mit den schweren Lidern, ruhig wie ein Stein im verwachsenen Walde der materialen Formen; Zinn war der Diabolus metallorum, der wahre Teufel der Metalle, und so weiter in bedeutungsvoller Mystik.

„Da gab es fliegende Vögel, grüne Drachen und rote Löwen. Jungfräuliche Brunnen waren da, königliche Bäder und die Wasser des Lebens. Salze der Weisheit und geistige Essenzen gab es, so fein und flüchtig, daß die Tropfen nicht den Boden erreichten, wenn man sie vom Rande der wundersamen Phiole, die sie enthielt, einzeln fallen ließ. Da waren Liebespulver, welche alle Männer und Weiber ihrem glücklichen Besitzer zutrieben; und endlich der Alkahest, das universale Lösungsmittel und das noli-me-tangere aller Essenzen. Da gab es das große Elixier, welches unsterbliche Jugend dem glücklichen Besitzer verlieh, der rein und tapfer genug war, die goldene Flamme zu küssen und zu verschlingen, die den Becher des Lebens umgab — der glückliche Endymion einer neuen Mythologie. Da gab es den philosophischen Stein und den Stein der Weisen. Ersterer war die Kunst und Praxis, letzterer die Theorie und die Idee der Umwandlung der gemeinen Metalle in edle: eine Theorie und Praxis der Erhebung. Der philosophische Stein war jünger als die Elemente, doch bei seiner jungfräulichen Berührung mußte der grösste Kalk zu reinstem Golde erröten. Der Stein der Weisen war der erstgeborene unter allen Dingen und älter als der König der Metalle. — Mit einem Worte, es war ein unentwirrbares Gemisch aus einigen wenigen,

schergewonnenen Tatsachen der Natur, aus einer Menge traditioneller Prozesse und Resultate, aus einigen ganz richtigen Analogien, vielen höchst phantastischen Begriffen, aus einer oder zwei sehr tiefen, aber unanwendbaren Ideen, einem Nebel von philosophischen Mysticismus und einer Unterströmung von glühender Religiosität.“

Solche Begriffe herrschten in den Köpfen der „Philosophen“, wie sie sich zu nennen liebten bis zur Mitte des achtzehnten Jahrhunderts. Inzwischen war aber das Verfahren entstanden, die Natur zu befragen, und trug bald gute Frucht. Wenn sich auch diese Begriffe von Elementen und substantziellen Formen noch bis zu viel späterer Zeit durchfristeten und selbst heute noch nicht ganz verschwunden sind, so erfuhren sie doch den ersten schweren Schlag um jene Zeit. Es war der erste Vorstoß des Angriffes, dem sie schließlich unterliegen sollten.

Dieser Vorstoß wurde von Boyle ausgeführt. Der Geist, in welchem er sich auf die feindlichen Reihen warf, wird am besten durch seine eigenen Worte dargestellt. „Ich aber bin gewöhnt, Meinungen wie Münzen zu betrachten; wenn ich eine empfangen, so beachte ich viel weniger, wessen Zeichen sie trägt, als aus was für Metall sie gemacht ist. Es ist mir ganz einerlei, ob sie vor vielen Jahren oder Jahrhunderten geprägt worden war, oder ob sie gestern die Münze verlassen hat. Ebenso wenig kommt es für mich in Betracht, durch wie viele oder wenige Hände sie inzwischen gegangen ist, falls ich nur mich mit dem Probierstein überzeugt habe, ob sie echt ist oder nicht, und ob sie daher verdient hat, in Kurs gewesen zu sein, oder nicht. Finde ich nach ausgeführter Prüfung, daß sie gut ist, so wird mich der Umstand, daß sie lange und bei Vielen als echt gegolten hat, nicht veranlassen, sie zurückzuweisen; finde ich sie aber gefälscht, so wird weder Bild und Unterschrift des Fürsten, noch ihr Alter, noch die Zahl der Hände, durch die sie gegangen

ist, mich veranlassen, sie anzunehmen. Und ein ungünstiges Ergebnis in einer Probe, die ich selbst angestellt habe, wird sie mir mehr entwerthen, als alle die täuschenden Dinge, die ich genannt habe, sie mir empfehlen könnten.“

In solchem Sinne ist der „Skeptische Chemiker, oder Betrachtungen über die Experimente, welche gewöhnlich zugunsten der vier Elemente und der drei chemischen Prinzipien in den gemischten Körpern vorgebracht werden,“ geschrieben. Dort werden die verschiedenen Theorien der Materie eingehendst untersucht, deren Ursprung in den entlegensten Wildnissen der Zeit liegt und die seitdem Nebenflüsse von allen Seiten in ihrem Lauf aufgenommen hatten, so daß sie zu Boyles Zeiten eine ungeheurere Masse darstellten. Jedes Postulat wird geprüft und, wenn möglich, experimentell erprobt. Ist es richtig, so wird es beigehalten, ist es falsch, verworfen.

Am Anfange des Buches finden wir einen lange als wahr angenommenen Satz: *Homogenea congregare*, d. h. gleiches zieht sich zu gleichem. Boyle widerlegt dies dadurch, daß zwei Flüssigkeiten, wie Wasser und Weingeist, die gleich sind in ihrer Farblosigkeit und Durchsichtigkeit, und obwohl sie sich in allen Verhältnissen miteinander vermischen, doch leicht durch Gefrieren getrennt werden können, indem beim Abkühlen das Wasser erstarrt und der Weingeist flüssig bleibt. Hier finden wir die erste Nachricht von Experimenten über einen Gegenstand, der inzwischen in Raoults Händen zu so unerwartet wichtigen Ergebnissen geführt hat. Ein anderes Argument Boyles besteht darin, daß zwar Gase und Flüssigkeiten sich gern vermischen, feste Körper dagegen keine Neigung dazu zeigen, und daß sie sogar nicht an einander haften, außer in solchen Fällen, wo der Zusammenhalt durch die Gestalt und den entsprechenden Einfluß des Luftdruckes erklärt werden kann.

Nach einer Anzahl solcher Angriffe geht Boyle dazu über, die damals ganz allgemein herrschende Hypothese zu betrachten, nach welcher Salz, Schwefel und Quecksilber als Elemente angesehen werden. Er greift sie auf zwei Linien an. Zunächst in folgender Weise: Wenn alle Stoffe aus Salz, Schwefel und Quecksilber bestehen, und wenn, wie behauptet wird, die tierischen und pflanzlichen Stoffe viel Quecksilber, weniger Schwefel und sehr wenig Salz enthalten, so ist es wünschenswert nachzuweisen, ob eine Pflanze gebildet werden kann aus einem Stoff, welches keines von den dreien enthält, nämlich aus Wasser allein, das zuweilen Phlegma genannt und zu den Elementen gezählt wurde. Dies versuchte er, indem er einen Kürbis in einer gewogenen Menge Erde erzog. Nachdem jener groß geworden war, bewies Boyle, daß er aus Wasser bestand, indem er ihn destillierte, und bewies ferner, daß die Erde, in der er gewachsen war, nichts an Gewicht verloren hatte. Hier wendet er sich triumphierend gegen der „gemeinen Spagyristen“ und bestreitet die Wahrheit seiner Theorie. Gegenwärtig wissen wir, daß außer den Elementen des Wassers noch Stickstoff und Kohlenstoff in kleineren Mengen nötig sind, damit ein Kürbis sich bilden kann; doch war es ein riesiger Fortschritt, zu zeigen, daß weder Quecksilber, noch Salz, noch Schwefel hierfür erforderlich sind. Er zitiert Herrn de Roche, der behauptet hatte, Erde in Wasser und umgekehrt verwandelt zu haben. Er ist nicht ganz sicher, ob dieser Recht hat, doch ist er geneigt, seinen Angaben ein gewisses Gewicht beizulegen.

Seine ganze Angriffslinie ist dahin gerichtet, nachzuweisen, daß die sogenannten Elemente nicht einfach sind, sondern sich weiter auflösen lassen. Was zunächst den Schwefel anlangt, so betont er, daß das, was die Chemiker Schwefel nennen, nicht immer dieselben Eigenschaften hat. Nur ist es immer brennbar. Schwefel ist

also in der damals geltenden Bedeutung dieses Wortes der brennbare Anteil, den man erhält, wenn man pflanzliche oder tierische Stoffe destilliert. Quecksilber ist der andere Anteil, der mit dem Schwefel nicht mischbar, wohl aber brennbar ist und einen Geschmack besitzt. Der Rückstand der Erhitzung, oder das *caput mortuum*, wie es damals genannt wurde, war das Salz. In einer alten Schrift über den Gegenstand wird Salz als die Ursache der Solidität und Feuerfestigkeit in den Stoffen bezeichnet; Schwefel oder Oel (beide Worte hatten so ziemlich die gleiche Bedeutung) dienten dazu, die Masse zäher zu machen; Quecksilber dient, die Masse in Gärung zu bringen und die Bestandteile zu erheben, und die Erde soll das Wasser aufsaugen und austrocknen, in welchem das Salz aufgelöst ist.

Hier bemerken wir eine Wendung in der Art, wie die Elemente betrachtet werden. Sie sind nicht länger Prinzipien oder abstrakte Qualitäten der Materie, sondern sie existieren innerhalb der Materie und können aus ihr durch passende Prozesse gezogen werden. Ihre Anzahl war wechselnd; Wasser oder Phlegma wurden zuweilen als Element angenommen, zuweilen verworfen, wie es der Theoretiker brauchte. Boyle bewies klar, daß diese Elemente nicht immer die gleichen Eigenschaften aufwiesen; daß nicht nur die „philosophischen“ Elemente Quecksilber und Schwefel in jeder Beziehung verschieden sind von den Stoffen gleichen Namens, sondern daß eine Art, die durch Destillation von Holz erhalten worden war, ganz verschieden war von der, die durch gleiche Behandlung von Knochen sich ergab. Er trieb seine Beweisführung weiter, indem er die Destillate nochmals der Reihe nach destillierte, d. h. indem er das ausführte, was wir jetzt eine fraktionierte Destillation nennen, und dabei nachwies, daß jedes Destillat sich in mannigfaltige Flüssigkeiten überführen ließ, die sich voneinander

vermöge ihrer Eigenschaften unterschieden. Hier nahm er einen Prozeß voraus, der gegenwärtig in sehr großem Maßstabe durchgeführt wird, nämlich die trockene Destillation des Holzes, welche Essigsäure, Holzgeist und Teer ergibt.

Fast alle Untersuchungen vor Boyle wurden nach zwei Methoden allein durchgeführt, nämlich Verbrennung, oder Erhitzung unter Berührung der Luft, und Destillation oder Erhitzung in Gefäßen verschiedenartiger Gestalt, benannt die Blase oder Retorte, Abkühlung der Dämpfe in einer Röhre, die ein Wurm hieß (und im Englischen noch jetzt so heißt) und Sammlung der verflüssigten Produkte in birnförmigen Gefäßen, den Rezipienten. Die Wärme sah man als den allgemeinen Zerleger der Stoffe an und die Produkte von der Einwirkung der Wärme auf die Stoffe als deren Elemente. Boyle zog dies in Zweifel, er fragte, ob die bei der Destillation erhaltenen Stoffe in den Ausgangskörpern bereits existierten, wie dies die Theorie der Elemente erforderte. Er fand, daß bei der Destillation nicht immer die gleichen Stoffe in gleicher Zahl entstanden, und er bewies, daß die Produkte selbst keine reinen oder elementaren Stoffe waren, sondern „Mischungen“. Er sagt: „Es muß bezweifelt werden, ob es eine bestimmte Anzahl von Elementen gibt oder nicht, oder wenn man will, ob alle zusammengesetzten Stoffe aus der gleichen Anzahl elementarer Prinzipien oder Bestandteile bestehen.“

Boyle war übrigens nicht nur ein Zerstörer, sondern er versuchte auch eine eigene Theorie aufzubauen, wenn auch nicht in ordentlicher Weise. Er scheint die Vorstellung von einer universalen Materie gehabt und ihre Verschiedenheiten nicht der Behaftung mit abtrennbaren Eigenschaften zugeschrieben zu haben, sondern der Gestalt und Bewegung ihrer kleinsten Teilchen. Indem er diese Lehre gegen die Ansichten seiner Zeit verteidigte, sagte

er: „Auch frage ich, von welchen chemischen Prinzipien die Bewegung herkommt, welche doch ein Zustand der Materie von viel zu allgemeiner Beschaffenheit ist, als daß er aus einem der drei chemischen Prinzipien abgeleitet werden könnte.“ In einem Essay über die Geschichte der Flüssigkeit und Festigkeit versucht er mit einigem Erfolg nachzuweisen, daß alle Körper, selbst die ganz starr erscheinenden, tatsächlich in Bewegung sind. Beispielsweise betont er, daß der Diamant im Dunklen leuchtet, wenn er gerieben wird, und schreibt dies, übereinstimmend mit unseren gegenwärtigen Anschauungen, der molekularen Bewegung zu. Ebenso bemerkt er, daß alle Körper durch die Wärme ausgedehnt werden, und ist geneigt, die Magnetisierung des Stahls auf Bewegung seiner kleinsten Teilchen zurückzuführen. Auf Bewegung und Ruhe begründet er die verschiedenen Eigenschaften der Körper. An einer anderen Stelle vermutet er, daß die Einwirkung der Säuren auf die Metalle der spitzen Gestalt ihrer Atome zuzuschreiben sei, welche sich zwischen die mehr runden Teilchen der Metalle eindrängen und diese auseinander schneiden, während sie selbst durch diese Arbeit stumpf werden.

Man kann den Wert von Boyles Arbeiten im Gebiete der Chemie schwerlich zu hoch einschätzen. Obwohl er der erste war, der erklärte, daß die Chemie von allen Anwendungen unabhängig ist und als ein Teil des großen Gebietes der Naturwissenschaft betrachtet werden muß, so ist doch die praktische Förderung unberechenbar groß, welche die Menschheit durch Boyles theoretische wie experimentale Arbeit erfahren hat. Erst nach seiner Zeit wurde es möglich, Theorien zu entwickeln, welche die handwerksmäßigen Methoden erklärten, die bis dahin in den Manufakturen angewendet worden waren, und welche das Verbessern wie Entdecken aus einem Zufallsspiel in ein Ergebnis wissenschaftlicher Überlegung zu verwandeln.

Der ganze Fortschritt der modernen Industrien beruht auf der Anwendung wissenschaftlicher Entdeckungen, die ihrerseits nicht die Resultate eines Probierens auf gut Glück sind, sondern das Ergebnis sorgsamer und systematischer Untersuchung. Hierdurch wird die Wohltat bezeugt, die Boyle jenen durch die Anwendung wissenschaftlicher Prinzipien gebracht hat.

Die Zeit gestattet nicht, auf Boyles wohlbekanntes Abhandlung über den Druck der Luft einzugehen, wo er beweist, daß eine gegebene Luftmenge unter dem Drucke von zwei Pfund genau die Hälfte des Raumes einnimmt, den sie unter dem Drucke von einem Pfund eingenommen hatte. Wenn dies auch nicht absolut genau ist, so ist es doch richtig genug, um in ein Gesetz verallgemeinert zu werden, das Boyles Namen trägt. Er findet die Ursache für die Federkraft der Luft darin, daß die „Luft eine große Menge elastischer Teilchen enthält, welche, wenn sie durch ein anderes Gewicht zusammengepreßt werden, beständig streben, sich auszudehnen und sich von dem Druck zu befreien, ebenso wie Wolle der Hand widersteht, welche sie drückt und ihre Dimensionen verkleinert; sie nimmt letzere wieder an, wenn die Hand geöffnet wird, und versucht dies sogar zu tun, solange diese noch geschlossen bleibt.“

Boyle schwelgte allerdings in mechanischen Erklärungen. Dies beweisen die Titel seiner Abhandlungen. Wir finden die mechanische Hervorbringung des Magnetismus; die mechanische Hervorbringung von Elektrizität; die mechanischen Ursachen der Fällung; die mechanische Entstehung der ätzenden Kraft und der Ätzbarkeit; sogar die mechanische Hervorbringung von Geschmücken und Farben. Die Reihe endet mit dem „mechanischen Ursprung von Hitze und Kälte“. Um Wärme hervorzubringen, ist erforderlich, daß „die sich bewegenden Teilchen klein sind“, was in der Tat ein Ausspruch der modernen An-

schauungen in der Sprache jener Zeit ist. Die Zersetzung des Körpers durch Hitze erklärt er mit den folgenden Worten: „Es scheint die wahre und eigentliche Eigenschaft der Wärme zu sein, die Teilchen der Materie in Bewegung zu setzen und sie hierdurch zu „dissoziieren.“

Ungeachtet dieser zahlreichen Versuche, die Naturerscheinungen als Materie und Bewegung zu erklären, veranlaßt ihn seine Bescheidenheit zu der folgenden Äußerung: „Da ich auf viele Dinge gestoßen bin, von denen ich mir die Ursache nicht wahrscheinlich machen konnte, und auf einige, die ich durch mehrere Ursachen erklären konnte, die so verschieden sind, daß sie überhaupt keine andere Ähnlichkeit haben, als daß sie alle gleich wahrscheinlich sind, so habe ich eine solche Schwierigkeit gefühlt, die Ursachen und Weisen der Dinge zu erforschen, und bin so bewußt meiner eigenen Unfähigkeit, diese Schwierigkeiten zu überwinden, daß ich nur von wenigen Dingen positiv zu sprechen wage, ausgenommen von Tatsachen.“ Dies scheint mir übrigens in der Hauptsache unsere Lage noch heute zu sein.

Boyles Recht, als ein „großer Londoner Chemiker“ angesehen zu werden, beruht auf dem Umstande, daß London sein Wohnort von dem Jahre 1691 ab bis zu seinem Tode war, der in seinem 65. Lebensjahre erfolgte. Ein Londoner von Geburt war er aber nicht; er war vielmehr ein Irländer, geboren in Lismore in der Grafschaft Waterford. Er war ein Edelmann von Geburt, denn er war der siebente Sohn und das vierzehnte Kind des Earl von Cork. Als Kind wurde er zu Hause erzogen; mit dem achten Lebensjahre wurde er auf die Schule zu Eton geschickt, wo er, wie er sagt „viel von dem Latein verlor, das er gelernt hatte; denn er gab sich so sehr den solideren Teilen des Wissens hin, daß er von einem natürlichen Hasse gegen das Studium der bloßen Worte erfüllt wurde.“ Im elften Jahre (man war damals sehr frühreif)

war seine Zeit in Eton vorüber; er wurde mit einem französischen Hofmeister zusammen mit seinem Bruder nach Genf geschickt, wo er seine Studien während 21 Monaten fortsetzte, worauf er nach Italien ging. Dort blieb er bis 1642, wo seines Vaters Geldverhältnisse infolge der großen Irischen Rebellion schwierig wurden; als er heimkehrte, fand er seinen Vater tot. Ihm waren zwei Besitzungen geblieben; eine lag zu Stalbridge in Dorsetshire, wo er sich niederließ. 1654, in seinem 27. Lebensjahre siedelte er nach Oxford über, um sich einer Anzahl Männer anzuschließen, die eine Gesellschaft gebildet hatten, die sie das Philosophische Kollegium nannten. Diese Gesellschaft verlegte später ihr Hauptquartier nach London und wurde 1663 durch Karl den Zweiten als „Königliche Gesellschaft von London“ inkorporiert. Ihre Aufgabe war die „Förderung der natürlichen Wissenschaften.“

Boyles Name findet sich in den ersten Bänden der „Transactions“ oft vor. So finden wir am 2. Januar 1601, daß Herr Boyle gebeten worden war, seinen Zylinder mitzubringen, und seine Versuche über die Luft zu zeigen, wenn es ihm bequem ist. Doch scheint es ihm sehr lange nicht bequem gewesen zu sein, denn am 1. April wurde er gebeten, die beabsichtigte Änderung seiner Luftpumpe zu beschleunigen. Am 15. Mai schenkte Herr Boyle seine Maschine der Gesellschaft und es wurden mit ihrer Hilfe zahlreiche Versuche in Anwesenheit der Mitglieder der Gesellschaft angestellt. Mit solchen „philosophischen“ Angelegenheiten verbrachte er die Tage seines an äußeren Ereignissen armen Lebens, und in einer selbstbiographischen Skizze, die er gegen Ende seines Lebens entworfen hatte, sagt er: „Der Sohn solcher Eltern zu sein, und dabei nicht der älteste, war ein Glück, welches unser Philarethes (Tugendfreund, nämlich er selbst) mit der größten Dankbarkeit erwähnen muß; denn diese Geburt entsprach so

genau seinen Meinungen und Absichten, daß wenn ihm eine Wahl gegeben worden wäre, seine eigene Wahl kaum Gottes Entscheidung geändert haben würde.“

Cavendish war ebenso wie Boyle von vornehmer Geburt. Er war der Sohn von Lord Charles Cavendish, der seinerseits der dritte Sohn des zweiten Herzogs von Devonshire war. Seine Mutter war Lady Anne Grey, vierte Tochter von Henry, Herzog von Kent. Aber außer der Tatsache, daß beide den höheren Reihen der Gesellschaft entstammten, hatten sie wenig Gemeinsames. Boyles Geist umfaßte das ganze Gebiet der Natur; seine Schriften behandeln religiöse, philosophische und wissenschaftliche Gegenstände mit großer Freiheit und einem völligen Mangel an mentaler Reserve, welche seinen offenen, durchsichtigen Charakter bezeugen. Sein Motto war: *nihil humanum a me alienum puto*, und er führte diesen Spruch im Leben und in seiner Arbeit durch. Dagegen war Cavendish von Natur äußerst schen und zurückhaltend; er hatte keine Freunde und wenige Bekannte; statt die Gesamtheit der Natur zu umfassen, beschränkte er sich auf die Untersuchung einiger weniger Probleme von erstklassiger Bedeutung. Seine Arbeiten sind durch die größte Genauigkeit und Feinheit gekennzeichnet; bei der Mitteilung seiner Schlüsse war er bis zum Äußersten vorsichtig. Beide Arten der geistigen Beschaffenheit haben ihre Vorzüge; doch in diesem Falle hätte man beide lieber etwas weniger ausgeprägt gesehen. Wäre Boyle nicht so vielseitig gewesen, so hätte er mehr Beiträge zur Wissenschaft in Gestalt genauer Experimentaluntersuchungen hinterlassen; und wäre Cavendish nicht so zurückhaltend gewesen, so hätte er seinen Zeitgenossen mehr Gutes erwiesen und wäre sicherlich ein glücklicherer Mann gewesen. Keiner von beiden war verheiratet, und man darf vielleicht den

Schluß ziehen, daß die Natur eines Mannes nicht auf ihren Höhepunkt gelangt, außer unter dem Einflusse einer Genossin, die um ihn sei.

Henry Cavendishs Leben war ebenso arm an Ereignissen, wie Boyles, und kann in wenigen Worten erzählt werden. Er war am 10. Oktober 1731 in Nizza geboren, wohin seine Mutter aus Gesundheitsrücksichten gegangen war; sie starb, nachdem er zwei Jahre alt geworden war. 1742 wurde er ein Schüler von Dr. Newcome in der Schule zu Hackney, wo er bis 1749 blieb; in diesem Jahre ging er nach Cambridge und trat als Student in das Peterhouse College ein. 1753 verließ er es, ohne einen Grad erreicht zu haben. Vermutlich ist er dann nach London gegangen, doch fehlen alle Einzelheiten über sein Leben während etwa zehn Jahren. Vermutlich hat er diese Zeit mit mathematischen und physikalischen Studien verbracht, für die er sich ein Laboratorium in den Ställen eingerichtet hatte, die zu dem Stadthause seines Vaters gehörten. Erst 1766 hatte er Courage genug, etwas zu veröffentlichen; sein Notizbuch läßt erkennen, daß er bereits 1764 begonnen hatte, Versuche zu machen, die der Mitteilung sehr wohl wert waren. Von dem erwähnten Termin ab erschienen Abhandlungen aus seiner Feder in regelmäßigen Zwischenräumen bis 1809, ein Jahr vor seinem Tode. Unterbrechungen dieser Arbeiten kamen kaum vor, wenn wir nicht einige Reisen nach verschiedenen Teilen von England und Wales, um die Geologie des Landes und die verschiedenen Industrien in ihren Mittelpunkten zu studieren, als eine Art Feiertage rechnen wollen. Eine Unterbrechung seiner Arbeiten durch den Sonntag gab es nicht; einen Tag wie den anderen widmete er seiner Arbeit, und so gingen die Jahre dahin. Während der Lebenszeit seines Vaters soll er ein Einkommen von L. 500 (10 000 Mark) jährlich gehabt haben; als aber sein Vater 1783 starb, und später noch eine Erbtante, wurde er enorm

reich. In seinem Éloge auf Cavendish bemerkt Biot hierüber: Er war der reichste Gelehrte und wahrscheinlich auch der gelehrteste Reiche.

Sein Londoner Haus stand an der Ecke des Montague-Platzes und der Gowerstraße. Besuch nahm er nur selten an. Seine Bibliothek hatte Cavendish in einem besonderen Hause, Dean-Straße, Soho, untergebracht, wo sie der Benutzung Fremder wie seiner eigenen offen stand. Wenn er ein Buch brauchte, so ging er in seine eigene Bibliothek, wo er eine Empfangsbescheinigung nach vorgeschriebener Ordnung unterzeichnete wie in einer öffentlichen Bibliothek. Sein Laboratorium war ein Landhaus in Clapham. Die oberen Räume bildeten ein astronomisches Observatorium. Hier bewirtete er gelegentlich Freunde, indessen in einer höchst anspruchslosen Weise. Der einzige regelmäßige Gang war ein Hammelbein. Es wird berichtet, daß, als einmal die unerhörte Anzahl von fünf Gästen in Aussicht stand, seine Haushälterin ihm angedeutet habe, ein einziges Hammelbein würde nicht für alle ausreichen. Seine Antwort war: kaufe zwei! Einige seiner Zeitgenossen haben Schilderungen ihrer persönlichen Erlebnisse und Eindrücke hinterlassen. Professor Playfair schildert ihn als einen Mann von wunderlichem Aussehen, das nicht das eines Mannes von Rang war. Er sprach sehr selten, und dann zögernd und schwierig; doch enthielten seine Bemerkungen stets eine ausgezeichnete Belehrung oder deuteten auf wichtige Schlüsse hin. Einmal war ihm ein österreichischer Edelmann vorgestellt, der ihm nach der Art seiner Landsleute versicherte, daß der Hauptgrund, nach London zu reisen, für ihn die Aussicht gewesen sei, mit einer der größten Zierden seines Zeitalters zu verkehren und einen der größten Naturforscher zu sehen, der existierte. Cavendish antwortete auf diese schwungvollen Reden kein Wort, sondern stand mit niedergeschlagenen Augen, völlig beschämt und verlegen da.

Schließlich entdeckte er eine Lücke in dem umgebenden Kreise von Menschen, schoß mit aller Geschwindigkeit, die er aufbringen konnte, hindurch und hielt nicht eher still, als bis er sich in seiner Kutsche in Sicherheit befand, die ihn augenblicklich nach Hause bringen mußte. Sir Humphry Davy sagt von ihm: „Seine Stimme war ein Quäken, sein Betragen nervös. Er fürchtete Fremde und wenn er verlegen war, so machte ihm das Sprechen Schwierigkeiten. Er war gekleidet wie unsere Großväter, war enorm reich, machte aber gar keinen Gebrauch davon.“ Und die Erinnerung von Lord Brougham war, daß er oft zu verschwinden pflegte, wenn man ihn anredete, und zwar plötzlich, mit einer Art Ausruf oder Schrei, als wäre er verletzt oder gestört. „Ich erinnere mich, sagt Lord Brougham, des schrillen Tons, den er ausstieß, indem er sich geschwind von Zimmer zu Zimmer schob; er schien geärgert, wenn man ihn ansah, näherte sich aber von Zeit zu Zeit einer Gruppe, um zuzuhören.“

Er war gelegentlich nicht angroßmütig, aber der Einfall, zu schenken, kam ihm nicht. Eines Abends speiste er im Club der Royal Society, als jemand aus der Gesellschaft einen früheren Bibliothekar Cavendishs erwähnte. Cavendish sagte: „Armer Kerl, wie geht es ihm? „Ich fürchte, sehr mäßig,“ sagte der Andere. „Das tut mir leid,“ erwiderte Cavendish. „Wir hatten gehofft, daß Sie etwas für ihn tun würden,“ sagte wieder der Andere. „Ich, ich, ich, was kann ich tun?“ „Eine kleine Leibrente; seine Gesundheit ist nicht die beste.“ „Gut, gut, gut, wird ein Scheck auf 10000 Pfund (200000 M.) ausreichen?“ „Das ist viel mehr als nötig.“

Er lebte einsam und starb einsam. Nachdem er einige Tage krank gewesen war, ließ er seinen Diener kommen und trug ihm auf, Lord George Cavendish zu rufen, sobald er tot sei. Nach etwa einer halben Stunde ließ er den Diener wieder kommen, und dieser mußte ihm seine Bot-

schaft aufsagen. Dann sagte er: „Gut. Gieb mir das Lavendelwasser. Geh.“ Nach wieder einer halben Stunde kam der Diener in das Krankenzimmer zurück und fand seinen Herrn tot.

Während Boyle an allen menschlichen Dingen ein Interesse nahm, schien Cavendish überhaupt an nichts anderes zu denken, als an Naturerscheinungen. Sein Biograph, Dr. George Wilson, berichtet, daß sein Motto war: Alles ist nach Maß, Zahl und Gewicht geordnet. Dies ergibt sich auch aus einer kurzen Betrachtung seiner Arbeiten.

Die ersten Arbeiten Cavendishs finden sich nur in seinen unveröffentlichten Notizen. Es scheint, daß er die Gewohnheit hatte, von Zeit zu Zeit einen Bericht über seine Versuche zu schreiben, ohne daß er für die Veröffentlichung bestimmt war. So wurde nach seinem Tode ein Bericht über zwei lange Arbeiten gefunden, die aus einer weit früheren Zeit stammen, als dem Erscheinungstermin seiner ersten Arbeit in den Philosophical Transactions. Die erste jener Arbeiten beschäftigt sich mit dem Unterschiede zwischen dem metallischen Arsen und seinen beiden Oxyden. Er schloß, daß das Arsenikoxyd (Arsenpentoxyd) vollständiger seines Phlogistons beraubt (in moderner Ausdrucksweise oxydiert) ist, als das arsenige Oxyd (Arsentrioxyd), und dieses vollständiger als der Arsenregulus. Auch Betrachtungen über die Natur der roten Dämpfe finden sich, welche entstehen, wenn man den weißen Arsenik mittels Salpetersäure oxydiert; diese haben später reiche Frucht gelegentlich der Untersuchungen über die Zusammensetzung der Luft getragen. Eine andere unveröffentlichte Untersuchung bezieht sich auf die Wärme. Cavendish hat unabhängig die Gesetze der spezifischen Wärme entdeckt, auch hat er Tabellen der spezifischen Wärmen zahlreicher Stoffe mitgeteilt. Auch das, was Black „latente Wärme“ nannte, war ihm be-

kannt, d. h. die Wärme, welche bei der Verdampfung von Flüssigkeiten verbraucht, oder bei der Kondensation von Gasen und Dämpfen sowie der Erstarrung der Flüssigkeiten entwickelt wird.

Da dieser Aufsatz sich mit dem Chemiker Cavendish zu beschäftigen hat, so will ich über seine physikalischen Arbeiten mit kurzen Andeutungen hinweggehen. Eine der wichtigsten unter seinen Forschungen bezieht sich auf die Ursache des merkwürdigen Schlages, den der Zitterfisch erteilen kann. Durch die Konstruktion einer Art von künstlichem Zitterfisch bewies er, daß es sich um einen elektrischen Schlag handelt; hierbei hat er in bemerkenswerter Weise bereits zwischen Intensität und Quantität der Elektrizität unterschieden. Wie Faraday anerkannt hat, rühren diese Ausdrücke wirklich von ihm her.

In den Jahren 1783, 1786 und 1788 veröffentlichte er drei Abhandlungen über das Gefrieren und entwickelte dabei seine Anschauungen über die Natur der Wärme. Die erste Arbeit behandelt das Gefrieren des Quecksilbers; die beiden anderen das der Mineralsäuren und des Weingeistes. Er tadelte Blacks Ausdruck „Entwicklung oder Absorption von latenter Wärme“, da dieser die Hypothese involviert, daß die Wärme der Körper daher rührt, daß sie mehr oder weniger von einer Substanz, genannt Wärmestoff, enthalten. Er bevorzugte die Ansicht von Boyle und Isaac Newton, daß die Wärme von einer inneren Bewegung der kleinsten Teilchen der Körper herrührt. Und deshalb braucht er den Ausdruck: Wärme wird erzeugt.

Ein interessanter Teil der dritten Abhandlung ist ein Abschnitt, in welchem er Richters Tabellen der Äquivalente der Säuren und Basen vorausnimmt, und zwar nicht etwa durch eine gelehrte Untersuchung, sondern durch ein Verfahren, die Stärke der Schwefelsäure zu messen. Er schrieb 1788: „Mein Verfahren bestand darin,

die Menge des plumbum vitriolatum (Bleisulfat) zu finden, welche durch Bleizucker niedergeschlagen wird, und daraus die Stärke zu berechnen, indem ich annahm, daß die Menge Schwefelsäure, welche 100 Teile plumbum vitriolatum erzeugt, 33 Teile Marmor auflösen kann; denn ich fand durch den Versuch, daß die Menge Vitriolöl ebensoviel fixes Alkali sättigt, als eine solche Menge Salpetersäure, welche 33 Teile Marmor auflöst.“ Richters Tabellen wurden 1792 veröffentlicht. Cavendishs Bemerkung setzt die Kenntniss der Gesetze der bestimmten Proportionen und der Aequivalentgewichte voraus, während Dalton seine Lehre erst etwa zwanzig Jahre später entwickelt hat.

Die wichtigste physikalische Arbeit, welche Cavendish ausgeführt hat, ist die Bestimmung der Gravitationskonstante, oder, wie man oft sagt, des „Gewichtes der Erde“. Das Experiment wird gewöhnlich als das von Cavendish bezeichnet, obwohl das Verfahren zuerst vom Rev. John Mitchell vorgeschlagen worden war. Eine hochempfindliche Drehwage mit bleiernen Kugeln an den Enden wird von einem Draht getragen. Dann bringt man zwei schwere Bleimassen so zur Seite der Kugeln an, daß sie abgelenkt werden. Die Ablenkung wurde gemessen oder aus den Beobachtungen der Schwingungen abgeleitet. Aus den gefundenen Werten kann man leicht die Größe einer Wasserkugel von gleicher Masse berechnen, und daraus die Dichte der Erde, da man die Anziehung kennt, welche jene Masse durch die Schwere erfährt. Die erhaltenen Resultate erweisen sich als sehr gut, wenn man sie mit denen vergleicht, die in neuerer Zeit unter Anwendung aller Vorsichtsmaßregeln erhalten worden sind. Dies ist ein bemerkenswerter Beweis von Cavendishs Geschicklichkeit und Scharfsinn.

Doch wir haben uns hier mit Cavendishs chemischen Arbeiten zu beschäftigen. Sie sind vom höchsten Range

und tragen die Zeichen eines Meisterkopfes, der eine Meisterhand lenkt.

Vor Black's Zeiten hatte das Wort Gas keine Mehrzahl. Was wir jetzt ein Gas nennen, wurde als eine Art von gewöhnlicher Luft betrachtet. Black bewies aber, daß es möglich ist, ein Gas in festem Zustande zu erhalten, beispielsweise in den Karbonaten des Calciums und Magnesiums, oder wie man sie damals nannte, in den „milden“ Erdalkalien; ferner, daß ein Gas Gewicht hat. Er nannte das Kohlendioxyd „fixe Luft“. Cavendish's erste veröffentlichte Abhandlung beschäftigt sich mit „künstlicher Luft“; sie erschien 1766, sieben Jahre nach der Veröffentlichung von Black's Abhandlung über „Magnesia alba, Ätzkalk und andere alkalische Stoffe“. Cavendish definierte seine künstliche Luft als „jede Art von Luft, welche in den Stoffen im unelastischen Zustande enthalten ist und aus ihnen künstlich entwickelt wird“. Er behandelt zuerst den Wasserstoff, dann das Kohlendioxyd, und zuletzt die Gase, welche bei der Gärung und Fäulnis entstehen. War er auch nicht der Erste, der Wasserstoff dargestellt hat (denn es mußte seit Jahrhunderten bekannt sein, daß eine brennbare Luft bei der Einwirkung verdünnter Säuren auf gewisse Metalle entwickelt wird), so war er doch der erste, der Wasserstoff als einen Stoff für sich mit bestimmten Eigenschaften definierte, und nicht als eine bloße Abänderung der gewöhnlichen Luft. Er stellte den Wasserstoff durch die Einwirkung von Eisen, Zink oder Zinn auf verdünnte Schwefelsäure oder Salzsäure her. Dadurch, daß er das Gewicht eines bestimmten Volums ermittelte, fand er, daß das Gas in allen diesen Fällen das gleiche war. Zuerst maß er es ohne große Genauigkeit mittelst einer Tierblase. Später bestimmte er das Gewicht aus dem Gewichtsverlust einer Flasche, die zunächst Zink und Säure außer gegenseitiger Berührung enthielt, worauf die Re-

aktion eingeleitet wurde. Das Volum des aus einem bestimmten Gewicht Zink entstehenden Gases wurde in anderen Versuchen genau gemessen. Ein anderes Verfahren, ihre Identität zu erweisen, das für unsere Begriffe wunderlich ist, bestand darin, daß er die Proben mit bestimmten Volumen Luft mischte und die Stärke des Knalls bei der Explosion mittelst einer Flamme schätzte. Cavendish stellte ferner „die flüchtige schwefelige Säure“ dar, indem er starke Schwefelsäure anstelle der schwachen verwendete, und ebenso nicht brennbare Luft (Stickoxydul) durch die Anwendung von Salpetersäure.

Cavendish glaubte nicht, daß die „Luft“ aus der Säure stammte, sondern er sah das Metall als die Quelle an. Man darf nicht vergessen, daß damals die Lehre bestand, beim Verbrennen eines Stoffes gehe ein Prinzip fort, welches Stahl, der Begründer dieser Lehre, „Phlogiston“ genannt hatte. Cavendish glaubte zuerst, daß der Wasserstoff selbst das lange gesuchte Phlogiston sei. Aber eine genauere Überlegung ließ ihn seine Ansicht ändern; später nahm er an, daß Wasserstoff ein Hydrat des Phlogistons oder eine Verbindung dieses Stoffes mit Wasser sei. Ferner fügte Cavendish in dieser Abhandlung, ebenso wie in einer folgenden, zahlreiche neue Tatsachen denen zu, die Black bereits über die Eigenschaften des Kohlendioxyds ermittelt hatte; sie enthalten aber Sachen von nicht so großem theoretischem Interesse und sollen uns daher hier nicht aufhalten.

Siebzehn Jahre später veröffentlichte er seine nächste „pneumatische“ Abhandlung. Sie hieß: „Nachricht von einem neuen Endiometer“. Dieses Endiometer, welches dem Bilde des gewöhnlich Cavendish zugeschriebenen Endiometers keineswegs entspricht, ist nicht für die Explosion von Gasgemischen bestimmt, sondern für die Bindung des Sauerstoffs der Luft mittelst Stickoxyd. Mittelst dieses Endiometers maß er die Zusammensetzung vieler Proben

atmosphärischer Luft, und sein endliches Ergebnis, daß gemäß der Ausdrucksweise unserer Tage, die Luft 20.83 Volumprocente Sauerstoff enthält, ist von außerordentlicher Genauigkeit.

Die nächste Abhandlung von Cavendish in der Reihe seiner Publikationen vom Jahre 1784 enthält die Ergebnisse seiner 1781 begonnenen Versuche unter dem Titel: Versuche über Luft. Der Gegenstand der Untersuchung war „die Ursache der Volumverminderung auszufinden, welche die Luft bekanntlich durch alle Arten der Phlogistierung erleidet, und zu entdecken, was aus der so verlorenen oder kondensierten Luft wird“. Sein erster Gedanke war, daß hierbei immer „fixe Luft“ gebildet wird. Nachdem er dies aber als unrichtig erwiesen hatte, ging er dazu über, nachzusehen, ob nicht, wie einige Versuche von Priestley vermuten lassen, „der dephlogistizierte Teil der gewöhnlichen Luft durch Phlogistisieren in Salpetersäure oder Schwefelsäure verwandelt wird“, d. h. ob nicht Sauerstoff durch Reduktion in diese Säuren übergehen kann. Als er den Sauerstoff durch brennenden Schwefel entfernte, konnte er keine Salpetersäure finden, und als er die Kondensation durch Stickoxyd bewerkstelligte, enthielt die entstehende Salpetersäure keine Schwefelsäure. Dann versuchte er, ein Gemisch von Luft und Wasserstoff durch den elektrischen Funken zu entzünden: dieser Versuch führte zu der Entdeckung von der Zusammensetzung des Wassers. Nachdem er 500 000 Maß-Gran*) brennbarer Luft (Wasserstoff) mit dem $2\frac{1}{2}$ fachen Volum atmosphärischer Luft verbrannt hatte, konnte er bis 135 Gran Wasser sammeln, „welches weder Geschmack, noch Geruch hatte, und welches keinen merklichen Rückstand hinterließ, wenn es zur Trockne verdampft wurde“.

In einer kurzen Skizze wie diese ist es leider unmög-

*) Das Volum von 500 000 Gran Wasser.

lich, alle die äußerst scharfsinnigen Experimente zu beschreiben, welche er ausgedacht hatte, um festzustellen, woher die Säure stammt, welche bei ungenügender Menge von Wasserstoff entsteht; wir dürfen bloß erinnern, daß, wenn es an Wasserstoff mangelt, der Sauerstoff sich teilweise mit dem anwesenden Stickstoff verbindet, mit dem er Salpetersäure und salpetrige Säure bildet.

Obwohl Cavendish die Ergebnisse seiner Versuche in der Sprache der Phlogistontheorie ausdrückt, darf man nicht glauben, daß ihm die neuen Ansichten unbekannt waren, welche Lavoisier aufgestellt hatte. In der eben erwähnten Abhandlung spricht er seine Ergebnisse auch in der neuen Bezeichnungswiese aus; er schließt aber folgendermaßen: „Aus dem Gesagten scheint darnach hervorzugehen, daß die Naturerscheinungen auch ganz gut ohne Zuhilfenahme des Phlogistons erklärt werden können; denn es kommt wirklich auf dasselbe heraus, ob man sagt, daß man einem Körper dephlogistisierte Luft zufügt, oder daß man ihm Phlogiston entzieht und Wasser zufügt; da es nun vermutlich keinen Stoff gibt, der vollkommen wasserfrei ist, und da ich kein Mittel kenne, Phlogiston von einem Körper auf den anderen zu übertragen, ohne daß dabei unbestimmt bleibt, ob nicht gleichzeitig Wasser übertragen wird, so ist es äußerst schwer, durch den Versuch zu entscheiden, welche von den beiden Meinungen die wahrste ist. Da aber das allgemein angenommene Prinzip des Phlogistons die Erscheinungen ebensogut erklärt, als Herrn Lavoisiers Theorie, so habe ich mich an jenes gehalten“. Später wird uns die gleiche Schwierigkeit entgegentreten, wenn wir Davys Versuche betrachten werden, welche zu der Aufklärung der wahren Natur des Chlors geführt haben.

In moderner Ausdrucksweise hat es sich hier für Cavendish um die Frage gehandelt, was aus dem Sauerstoff wird, wenn die Körper in der Luft verbrennen und

ob die Bildung von Kohlendioxyd regelmäßig die Verbrennung begleitet. Er erwähnt fünf Wege, auf denen die Luft des Sauerstoffs beraubt werden kann, nämlich die Kalzination der Metalle; die Verbrennung von Schwefel oder Phosphor; die Vermischung von Stickoxyd; das Verpuffen mit Wasserstoff; letztlich die Einwirkung elektrischer Funken. In der zweiten Reihe seiner Versuche studiert er im Einzelnen die Einwirkung eines dauernden Stromes elektrischer Funken auf die Luft; dies führte zu der Entdeckung der Zusammensetzung der Salpetersäure. Denn bei der Abdampfung zur Trockne hinterließen „die Ätzlaugen eine kleine Menge eines Salzes, das offenbar Salpeter war, was sich aus der Art ergab, wie ein damit getränktes Papier sich im Verbrennen verhielt“. Doch fragte er, „ob nicht tatsächlich verschiedene Stoffe unter dem Namen der phlogistisierten Luft verwechselt werden“. Daher machte er „ein Experiment, um zu bestimmen, ob die Gesamtmenge der phlogistisierten Luft aus atmosphärischer Luft in Salpetersäure übergeführt werden kann, oder ob sich darin ein Anteil von anderer Beschaffenheit befindet, der diese Umwandlung nicht erleiden kann“. Nachdem er den Versuch durchgeführt hat, schließt er: „Wenn ein Teil phlogistisierter Luft in unserer Atmosphäre vorhanden ist, der von dem übrigen verschieden ist und nicht in Salpetersäure übergeführt werden kann, so müssen wir sicher schließen, daß er nicht mehr als den $\frac{1}{125}$ -sten Teil des Ganzen beträgt“. Er hat fast genau Recht, denn es bleibt bei seinem Versuch ziemlich genau ein Prozent nach. Dieser Rest ist neuerlich als ein besonderes Element erkannt und Argon genannt worden. Und in noch neuerer Zeit hat sich ergeben, daß dieses Argon noch kleine Anteile anderer Gase enthält, die gleichfalls Elemente sind und Helium, Neon, Krypton und Xenon genannt wurden. Diese Abhandlung war die letzte über chemische Gegenstände, welche Cavendish veröffentlicht hat.

Diese beiden Männer, Boyle und Cavendish, zählen sicherlich zu den großen Männern. Boyle ist mit Recht der Vater der modernen Chemie genannt worden, und Cavendish hat dadurch, daß er die Erde gewogen, und die Zusammensetzung von Wasser und Luft bestimmt hat, noch mehr Anrecht auf diesen Titel. Beide waren ihrer Zeit weit voraus; Boyle vermöge seines nüchternen wissenschaftlichen Denkens und klaren Urteils; Cavendish durch seine Fähigkeit, in dem Zeitalter der qualitativen Untersuchungen quantitative Messungen von der größten Feinheit auszuführen und aus ihnen richtige Schlüsse zu ziehen.

II. Davy und Graham.

Zwischen dem Ausblick über eine weite Landschaft und dem Rückblick über geschichtliche Ereignisse läßt sich ein lehrreicher Vergleich ziehen. Zunächst erscheint ein Objekt, von dem der Beschauer durch eine große räumliche oder zeitliche Distanz getrennt ist, unbestimmt und nebelhaft, wie uns die Persönlichkeiten der älteren Ägyptischen, Griechischen und Arabischen Geschichte erscheinen. Und ebenso wie die Phantasie die fehlenden Einzelheiten der Landschaft in einer Weise ergänzt, die ebensogut richtig wie falsch sein kann, so sind wir geneigt, durch den Nebel der Zeiten hindurch in die Schriften der Alten Gedanken hineinzulesen, welche mehr in unserem Kopfe, als in diesen Schriften enthalten sind. Am genauesten werden vielleicht Gegenstände in einer mittleren Entfernung aufgefaßt, denn sie sind weder durch den Nebel der Ferne, noch durch das übermäßige Detail der unmittelbaren Nähe der Beurteilung entzogen. Dies ist bei Boyle und Cavendish der Fall. Bei Davy und Graham, deren Leben und Werke den Gegenstand des vorliegenden Essays bilden sollen, wird es schon ein wenig schwierig,

aus ihren Schriften jene hervortretenden Punkte auszusuchen, welche nach Ablauf eines weiteren halben Jahrhunderts leuchtend und klar sich gegen die Arbeiten ihrer Zeitgenossen abheben werden. Bei der chemischen und physikalischen Arbeit liegt, wie im Leben, die Sicherheit meist bei einem glücklichen Mittelweg, und so werde ich versuchen, unwichtige Einzelheiten zu vermeiden, während ich die wichtigsten Dinge in dem Werk dieser beiden bemerkenswerten Männer darzustellen versuche. Die Schwierigkeit liegt darin, zu wissen, was man fortlassen darf; denn was uns heute noch unbedeutend erscheint, kann morgen sich als zu den wesentlichen und fundamentalen Lehren unserer Wissenschaft gehörig erweisen.

Zu der Zeit, als Cavendish seine glänzende Reihe von Versuchen über Gase begann, war Humphry Davy ein Kind von zwei Jahren und ließ eben die ersten Zeichen seiner Begabung erkennen, welche ihn im späteren Leben so ungewöhnlich ausgezeichnet hat. Er konnte schon damals fließend sprechen; ein oder zwei Jahre später wurde er in die Schule geschickt, wo er lesen und schreiben lernte, bevor er sechs Jahre alt war; in seinem siebenten Jahre wurde er in die Mittelschule zu Truro, seinem Geburtsorte, übergeführt. Vom Standpunkte eines jungen Mannes von einundzwanzig auf diese Jugenderlebnisse zurückblickend, schrieb er: „Ich betrachte es als einen Glücksfall, daß ich als Kind viel mir selbst überlassen blieb, an keinen besonderen Schulplan gebunden wurde, und in Herrn Corytons Schule viel faulenzen durfte“. Machen wir nicht einen Fehler, wenn wir zu sehr auf eine systematische Ausnutzung der Zeit seitens der Knaben in unseren modernen Schulen Gewicht legen? Denn man muß wissen, daß das zwangsweise Cricket und Fußball, die in unseren Schulen so verbreitet sind, für manche Knaben die schwierigste Aufgabe darstellen, die sie zu bewältigen haben,

und die ihnen keine Zeit für eine heilsame Faulheit läßt.

Wie viele andere Jungen ist Davy in die Hallen der Chemie durch das Seitentor der Feuerwerkerei eingetreten. Sein Hauptvergnügen war Fischen und Verse machen. Während seines ganzen Lebens hat er den Geschmack an beiden Beschäftigungen nicht verloren, und obwohl er als Angler erfolgreicher war, denn als Poet, so haben doch seine Verse einen gewissen Wert, da sie von einer erheblichen Begabung mit Phantasie zeugen, welche auch durchaus notwendig für höhere Leistungen in der Wissenschaft ist. Wenn auch die Gefühle lobenswert sind, die er ausgedrückt hat, so überschreitet doch seine poetische Technik kaum das Niveau, das von einem „poeta laureatus“ verlangt wird.

Als er nun fünfzehn war, schloß seine Schulerziehung ab. Während des nächsten Jahres setzte er seine Beschäftigung mit „viel faullenzen“ erfolgreich fort; im Jahre 1795 aber wurde er bei Herrn Borlase, Wundarzt und Apotheker in seiner Geburtsstadt in die Lehre gegeben. Dann ergriff ihn das Arbeitsfieber und er stürzte sich in die Aufgabe der Selbstbildung mit unwiderstehlicher Gewalt. Sein Studienplan ist so bemerkenswert und ausgedehnt, daß ich der Versuchung nicht widerstehen kann, ihn vollständig herzusetzen.

1. Theologie oder Religion, gelehrt durch die Natur.
Ethik, gelehrt durch die Offenbarung.

2. Geographie.

3. Mein Beruf.

1. Botanik.

2. Pharmazie.

3. Nosologie.

4. Anatomie.

5. Chirurgie.

6. Chemie.

4. Sprachen.

1. Englisch.

2. Französisch.

3. Lateinisch.

4. Griechisch.

5. Italienisch.

6. Spanisch.

7. Hebräisch.

5. Logik.

6. Physik.

1. Die Lehren und Eigenschaften der natürlichen Körper.
2. Von den Operationen der Natur.
3. Die Lehre von den Flüssigkeiten.
4. Die Eigenschaften der organisierten Materie.
5. Über die Organisation der Materie.
6. Elementare Astronomie.
7. Mechanik.
8. Geschichte und Chronologie.
9. Rhetorik.
10. Mathematik.

Wer von uns hat ein so extensives und inklusives Studium unternommen?

Indem er diesen Lehrplan, wenn auch wohl nicht ganz in der vorgeschriebenen Ordnung, durchführte, gelangte er zu dem Fach Chemie im Januar 1798. Seine Lehrbücher waren Lavoisiers Chemie und Nicholsons chemisches Wörterbuch. Er blieb während des ganzen Kurses bei der Mathematik, die er 1796 begonnen hatte, und erwähnt deren Nutzen für das Studium der Physik und Chemie. In der selbstauferlegten Aufgabe, die Chemie zu bewältigen, begann er alsbald praktisch zu arbeiten, nachdem er sich in Dr. Tonkins Hause ein kleines Laboratorium eingerichtet hatte, das er mit der einfachsten und billigsten Ausstattung versah. Etwa vier Monate nach dem Beginn seiner Studien befand er sich in Briefwechsel mit Herrn Beddoes, einem Mediziner in Clifton, über Probleme von Wärme und Licht. Dieser Verkehr hatte erhebliche Folgen für Davy, denn ihm wurde die Stelle eines Verwalters des „Pneumatischen Institutes“ angetragen, die von Beddoes mit Hilfe von Josiah Wedgewood und Gregory Watt, dem jüngsten Sohn von James Watt, gegründet worden war. Die Aufgabe war, die damals eben erst entdeckten verschiedenen Gase im Hinblick auf ihre mögliche medizinische Wirksamkeit zu untersuchen.

Wenn man die Laufbahn eines Mannes der Betrachtung unterzieht, so ist es lehrreich, die Gründe zu untersuchen,

welche seine Handlungen bestimmt haben. Die letzteren mögen zuweilen den Gefühlen nicht ganz entsprechen, aus denen sie entstanden sind, aber reine Absichten sollen stets anerkannt werden und durch Betrachtung von Absicht und Erfolg kann man den Charakter beurteilen. In einem von Davys frühesten Notizbüchern, die für niemands Auge außer seinem eigenen bestimmt waren, findet sich folgende Bemerkung: „Ich habe weder Reichtümer noch Macht, noch Geburt, um mich zu empfehlen; wenn ich aber leben bleibe, so glaube ich von nicht geringerem Nutzen für die Menschheit und meine Freunde sein zu können, als wenn ich mit allen diesen Vorteilen geboren wäre.“ Und etwa zwanzig Jahre später, 1821, enthält sein Tagebuch den folgenden Wunsch: „Möge jedes Jahr mich besser machen, nützlicher, weniger egoistisch und mehr ergeben der Sache der Menschheit und der Wissenschaft.“ Dies sind edle Worte und geben uns eine hohe Wertschätzung für Humphry Davys Charakter.

Im Januar 1799 kam er in das pneumatische Institut und arbeitete unter der Oberleitung von Dr. Beddoes. Im nächsten Jahre hatte er seine klassische Arbeit über das Lachgas oder Stickoxydul ausgeführt und dessen merkwürdige physiologischen Wirkungen entdeckt und untersucht. Auch hatte er die Zusammensetzung von Salpetersäure, Stickoxyd, Stickstoffperoxyd und Ammoniak bestimmt. Mit 1801 begann er seine Versuche an der galvanischen Batterie, die ihm später so reiche Früchte an wichtigen Ergebnissen getragen hat. Während dieser beiden Jahre veröffentlichte er nicht weniger als neun Abhandlungen in der wissenschaftlichen Zeitschrift seiner Zeit, in Nicholsons Journal, dem Vorgänger des Philosophical Magazine, als Ergebnis seines erstaunlichen Fleißes.

Während dieser Zeit seines Lebens entwickelte sich Davys Selbstkritik so weit, daß er das überflüssige Theoretisieren aufgab und sich der Sammlung von Tat-

sachen zuwendete. Seine eigenen Worte sind: „Wenn ich die Mannigfaltigkeit der Theorien betrachte, die man auf eine schmale Grundlage von ein oder zwei Tatsachen erbauen kann, so überzeuge ich mich, daß der wahre Forscher die Aufgabe hat, sie allzusammen zu vermeiden. Es ist mühsamer, Tatsachen zu sammeln, als über sie zu spekulieren; aber ein gutes Experiment ist mehr wert, als der Scharfsinn eines Geistes wie Newton.“ Im Lichte dieser Überzeugung ist es interessant, das Programm kennen zu lernen, das er um diese Zeit für sich selbst entwarf. Er hat es im Frühling 1799 geschrieben.

„Salzsäure, Borsäure, Flußsäure zersetzen. Dreifache Verwandtschaften unter Berührung mit erhitzten brennbaren Stoffen bei hoher Temperatur versuchen.“

„Die Erscheinungen der Oxydation untersuchen.“

„Den Vorgang des Pflanzenwachstums mit Genauigkeit erforschen.“

Die Zersetzung der Salzsäure und der Borsäure hat er hernach erfolgreich ausgeführt, wenn auch sehr viel später. Aber die „Erscheinungen der Oxydation“ sind selbst gegenwärtig nur unvollkommen bekannt. Zum „Vorgang des Pflanzenwachstums“ hat er aber, wie wir sehen werden, wertvolle Beiträge geliefert.

Entsprechend diesen Gedanken über den verhältnismäßigen Wert von Theorie und Praxis erzielte Davy seine größten Erfolge im Gebiete der Tatsachen. Wo er versucht hat, zu theoretisieren, sind seine Resultate nicht glücklich gewesen. Allerdings hat er nicht gewagt seine Theorien zu veröffentlichen; die, welche uns durch sein Tagebuch offenbart werden, haben wenig empfehlenswertes. Er gab seiner Einbildungskraft, von der er einen reichen Anteil erhalten hatte, nach anderer Richtung volle Freiheit. Viele Projekte seiner Phantasie wurden indessen nie ausgeführt. Unter diesen mag ein episches Gedicht in sechs Büchern erwähnt werden, genannt das Epos

des Moses, und soweit vorhanden in fünffüßigen Jamben geschrieben. Er besaß ein tief religiöses Gefühl und betrachtete „diese kleine Erde bloß als einen Punkt, von dem aus wir einer Entwicklung entgegengehen, die nur durch die Unendlichkeit begrenzt ist“.

Im Jahre 1801 empfahl Professor Hope in Edinburg Davy zum Dozenten für die Royal Institution, welche im Jahre vorher vom Grafen Rumford begründet worden war, nachdem der frühere Professor der Chemie daselbst, Dr. Garnett, zurückgetreten war. Seine erste Vorlesung hielt er im April 1801 und errang alsbald einen großen Erfolg. „Das Aufsehen, das er durch seinen ersten Kursus von Vorlesungen erzielte, und die enthusiastische Bewunderung, welche sie gewonnen, kann man sich gegenwärtig kaum vorstellen. Die ersten Männer an Rang und Talent, Literaten und Gelehrte, Praktiker und Theoretiker, Blaustrümpfe und Modedamen, Alt und Jung, alles drängte sich in den Vorlesungssaal. Seine Jugend, seine Schlichtheit, seine natürliche Beredsamkeit, seine chemischen Kenntnisse, seine glücklichen Erläuterungen und die gut ausgeführten Experimente erregten allgemeine Aufmerksamkeit und grenzenlosen Beifall. Komplimente, Einladungen und Geschenke regneten auf ihn in allen Maßen von allen Seiten herab; jedermann suchte seine Gesellschaft und war stolz darauf, mit ihm bekannt zu sein.“ Trotz all diesen Versuchungen, sein Werk zu vernachlässigen, blieb er seiner Berufung treu. Er schrieb 1803: „Meine wirkliche und wache Existenz ist zwischen den Gegenständen meiner wissenschaftlichen Arbeiten. Gewöhnliche Zerstreungen und Vergnügungen brauche ich nur als Unterbrechung des Gedankenstromes.“ Doch würden viele wissenschaftliche Forscher von heute froh sein, wenn sie so viel freie Zeit aus ihren täglichen amtlichen Beschäftigungen extrahieren könnten wie er. Davy kam gewöhnlich zwischen zehn und elf Uhr ins Laboratorium

und blieb dort bis drei oder vier, wenn er nicht gestört wurde. Abends war er fast immer eingeladen. „Den Besuchern dieser Gesellschaften muß er mehr als Diener der Mode erschienen sein, denn als Diener der Wissenschaft“, bemerkte sein Bruder.

Dennoch hat er in den folgenden Jahren eine enorme Arbeitsmenge geleistet. Auf Veranlassung des Vorstandes der Royal Institution untersuchte er die Chemie des Gerbens, was ihn dazu führte, die alte Eichenrinde durch Catechu zu ersetzen. Auf Veranlassung des landwirtschaftlichen Ministeriums hielt er Vorlesungen über den Zusammenhang der Chemie mit der Pflanzenphysiologie. Diese Vorlesungen wurden alljährlich wiederholt und in ihnen wurden die Ergebnisse zahlreicher Arbeiten niedergelegt, die von ihm oder unter seiner Leitung über die Chemie der Pflanzen ausgeführt worden waren. Als er 1813 die Vorlesungen aufgab, veröffentlichte er sie in Buchform unter dem Titel: *The Elements of Agricultural Chemistry*. Als Autorhonorar erhielt er 1000 Guineen (21 000 Mark), und 50 Guineen für jede folgende Auflage. Er war wirklich ein glücklicher Mensch!

Zwischen Januar 1801 und April 1812 führte er zwei seiner wichtigsten Arbeiten aus, nämlich die Zerlegung der Alkalien und die Aufklärung der Natur des Chlors. Da sein Ruhm hauptsächlich auf diesen beiden Arbeiten, sowie auf seinen Untersuchungen über die Flamme beruht, welche in der Erfindung der Sicherheitslampe gipfelten, so will ich auf diese Dinge etwas genauer eingehen.

Im Jahre 1774 hatte der schwedische Chemiker Scheele gefunden, daß bei der Behandlung von Braunerstein oder Mangandioxyd mit Salzsäure, oder, wie sie damals genannt wurde, mit „spiritus salis“, sich eine gelbe Luft entwickelt, die in einer Blase gesammelt werden konnte. Sie hatte einen erstickenden Geruch, bleichte

Lackmus und farbige Blumen und griff alle Metalle an, sogar Gold. Er nannte dies Gas dephlogistizierte Salzsäure, indem er annahm, daß der Braunstein die Salzsäure ihres Phlogistons beraubt und sie so in das gelbe Gas verwandelt hatte. Im Jahre 1788 untersuchte Graf Berthollet dies Gas und fand, daß, wenn es in eiskaltes Wasser geleitet wurde, sich eine kristallinische feste Masse bildete. Beim Aussetzen der erhaltenen wässerigen Lösung an das Sonnenlicht beobachtete er die Entwicklung von Sauerstoffgas, woraus er schloß, daß die dephlogistizierte Salzsäure wirklich eine Verbindung von Salzsäure mit Sauerstoff sei, denn außer dem entwickelten Sauerstoff fand sich im Wasser nach der Einwirkung des Sonnenlichts Salzsäure vor. Diese Auffassung erklärt auch nach Berthollet die Einwirkung des gelben Gases auf die Metalle, denn man konnte annehmen, daß es seinen Sauerstoff an das Metall abgab, während die Salzsäure das entstandene Oxyd wie gewöhnlich auflöste. Entsprechend dieser Beobachtung schlugen de Morveau, Lavoisier, Berthollet und de Fourcroy bei der Aufstellung ihrer „Methode de nomenclature chimique“ für das Gas den Namen „acide oxymuriatique“ vor. Bevor wir aber die Geschichte des Chlors weiterführen, wird es zweckmäßig sein, zunächst Davys Untersuchung über die Alkalimetalle kennen zu lernen.

Noch bevor er Bristol verließ, hatte Davy Versuche mit der Voltaschen Säule begonnen. Nach seiner Ankunft in London setzte er seine elektrischen Untersuchungen fort und 1807 veröffentlichte er sehr bemerkenswerte Abhandlungen über die chemischen Wirkungen der Elektrizität. Es war beobachtet worden, daß, wenn man die beiden Pole einer Säule in zwei Gefäße mit Wasser setzt, die durch befeuchteten Asbest oder einen baumwollenen Docht verbunden sind, sich um den positiven Pol Säure und um den negativen Alkali sammelt. Davy zeigte durch eine

Reihe überzeugenderer Versuche, daß das Alkali, gewöhnlich Kali oder Natron, aus dem Glase stammt, während die Säure Salzsäure aus dem Kochsalz ist, das fast immer als Verunreinigung des gewöhnlichen Wassers vorhanden ist. Auf Grund dieser Versuche entwickelte er die Theorie, daß alle Stoffe, die gegeneinander eine chemische Verwandtschaft äußern, sich in Zuständen entgegengesetzter elektrischer Ladung befinden, und daß daher der positive Pol die negativ geladenen Teilchen anzieht, während der negative Pol sich ebenso den positiv geladenen gegenüber verhält. Beispielsweise sind Sauerstoff und die Säuren negative Körper, denn sie werden vom positiven Pole angezogen und ausgeschieden; andererseits sind die Metalle und ihre Oxyde, ferner Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenstoff und Selen positiv, da sie am negativen Pole auftreten. Daher sollte es mit Hilfe eines hinreichend starken Stromes möglich sein, jede beliebige Verbindung in ihre Elemente zu zerlegen. Diese Überlegungen führte Davy noch weiter und er schloß, daß auch die Ursache der chemischen Anziehungen in entgegengesetzten elektrischen Zuständen der zusammensetzenden Elemente zu suchen sei. Daher ist die Verbindung ein neutraler Stoff, denn seine Elemente besitzen gleiche und entgegengesetzte elektrische Ladungen, die einander in der Verbindung neutralisieren. Wenn aber ein elektrischer Strom durch eine solche Verbindung geleitet wird, so kann er seinerseits die elektrischen Ladungen der Elemente neutralisieren und so ihre Anziehung überwinden und die Verbindung zerlegen.

Durch die Anwendung dieser Gedanken kam er dazu, die fixen Alkalien, nämlich Kali und Natron in Sauerstoff und Wasserstoff einerseits, die Metalle Kalium und Natrium andererseits zu zerlegen. Nachdem es ihm nicht gelungen war, irgendwelche Ergebnisse mit den wässerigen Lösungen dieser Stoffe zu erlangen, außer daß sich Sauerstoff und

Wasserstoff entwickelte, versuchte er, einen sehr starken Strom durch die geschmolzenen Alkalien gehen zu lassen. Kali wurde in einem Platinlöffel geschmolzen, der mit dem positiven Ende einer Batterie verbunden war, und ein mit dem negativen Ende verbundener Platindraht in die geschmolzene Masse getaucht. Das Ergebnis war am negativen Pole ein intensives Licht und eine Flammensäule, die sich vom Berührungspunkte erhob. Als der Strom umgekehrt wurde, stiegen Gasblasen durch das Kali auf, die sich an der Oberfläche entzündeten. Die freigemachte Substanz war offenbar brennbar und schien im Augenblicke des Entstehens zerstört zu werden. Bessere Ergebnisse wurden mit Kali erhalten, das nur an der Oberfläche feucht geworden war, und es konnten kleine Metallkügelchen gesammelt werden, „die äußerlich genau dem Quecksilber glichen. Viele Versuche erwiesen bald, daß diese Kügelchen das waren, wonach ich suchte, nämlich die brennbare Grundlage des Kalis“. Natron gab ähnliche Ergebnisse, und so waren die Alkalimetalle entdeckt.

Diese neuen Metalle brannten in Sauerstoff, wobei sie sich in dieselben Alkalien verwandelten, aus denen sie entstanden waren; auch in „oxydierter Salzsäure“ brannten sie und gaben die „Muriate“ des Kalis und Natrons. Wasser zersetzten sie unter Wasserstoffentwicklung und Rückbildung der Alkalien; mit Schwefel und Phosphor bildeten sie Verbindungen. Oxyde von Kupfer, Eisen, Blei und Zinn wurden zu den Metallen reduziert und Glas wurde angegriffen, wobei anscheinend „die Grundlage des Kiesels“ frei gemacht wurde.

Davy führte auch ziemlich genaue Bestimmungen der Mengen dieser Metalle aus, die in den Alkalien enthalten waren, welche Davy als Oxyde ansah. So wurde die zusammengesetzte Natur der Alkalien, die früher als Elemente angesehen worden waren, endgültig festgestellt.

Obwohl ähnliche Erscheinungen mit Baryt und Stron-

tian, den alkalischen Erden, beobachtet wurden, so gelang es nicht, die Metalle rein herzustellen. Als ein negativer Pol aus Quecksilber benutzt wurde, entstanden aber Amalgame, welche die neuen Metalle Barium und Strontium enthielten. Auch mit Kalk und Magnesia wurden ähnliche Nachweise erhalten, daß sie Metalle enthalten, die Davy Kalzium und „Magnium“ nannte. Entfernte man das Quecksilber durch Destillation, so wurden weiße metallische Rückstände erhalten, die noch quecksilberhaltig waren, sich aber an der Luft sehr schnell oxydierten und die betreffenden Oxyde ergaben. Von diesen Ergebnissen wurden Berichte in den Philosophical Transactions von 1807 und 1808 veröffentlicht.

Im Dezember 1808 wurde die berühmte Abhandlung über die elementare Natur des Chlors vorgetragen. Da mittelst des Stromes aus einer Lösung von Salzsäure keine anderen Produkte erhalten wurden als Sauerstoff und Wasserstoff (was auffällig ist, wenn nicht verdünnte Lösungen benutzt worden waren), versuchte er die Einwirkung des trockenen Salzsäuregases auf Kalium. Das Gas wurde absorbiert und entwickelte $\frac{8}{22}$ seines Volums Wasserstoff. Hieraus schloß er, daß Salzsäuregas mindestens ein Drittel seines Gewichtes Wasser enthalte, und daß es vom Kalium nicht „zersetzt“ worden sei. Sein Bestreben war daher daraufhin gerichtet, wirklich trockenes Salzsäuregas zu erhalten. Für diesen Zweck erhitzte er trockenes Chlorkalzium mit trockenem Eisensulfat, mit geschmolzener Phosphorsäure, mit trockener Borsäure; dabei trat aber nie eine Gasentwicklung ein, während große Mengen Salzsäure sich aus denselben erhitzten Gemischen entwickelten, wenn ihnen Wasser zugefügt wurde. Nach vielerlei Versuchen in der gleichen Richtung, bei welchen die Chloride des Phosphors und des Schwefels entdeckt wurden, wurden auch diese Stoffe der Einwirkung des Kaliums unterworfen; auch sie entwickelten keinerlei gasförmiges Produkt.

Im Anhang zu diesen Versuchen, welche als Baker-Vorlesung veröffentlicht wurden, spricht Davy die Ansicht aus, daß Salzsäure eine Verbindung eines Stoffes, der bisher noch nicht im unverbundenen Zustande erhalten wurde, mit einem Drittel bis zu einem Viertel Wasser ist, und daß oxydierte Salzsäure aus dem gleichen Stoffe besteht (frei von Wasser), verbunden mit Sauerstoff. Seine Vorstellung war damals, daß, „wenn Stoffe in Salzsäuregas oxydiert werden, dies durch eine Zersetzung des darin enthaltenen Wassers geschieht, und daß, wenn sie in oxydierter Salzsäure oxydiert werden, dies durch Verbindung mit dem Sauerstoff dieses Körpers geschieht“. Davy glaubte, daß alle Chloride sauerstoffhaltig seien.

In einer späteren Abhandlung, die im November 1809 vorgelegt wurde, gelangte er auf die wahre Erklärung der Tatsachen. Sie war begründet auf Versuchen über die das Verhalten von weißglühender Holzkohle gegen Salzsäuregas und oxydierte Salzsäure. Es fand keinerlei Einwirkung statt und Davy begann zu zweifeln, ob denn die allgemeine Annahme, diese Stoffe enthielten Sauerstoff, überhaupt richtig sei. Er versuchte daher, ob die Verbindungen der oxydierten Salzsäure mit Zinn, Phosphor und Schwefel bei der Einwirkung von Ammoniak Sauerstoffverbindungen dieser Elemente geben würden; seine Experimente führten zu negativen Resultaten. Darauf untersuchte er ein Argument für den angenommenen Sauerstoffgehalt der oxydierten Salzsäure, nämlich daß diese bei der Einwirkung auf Metalle Wasserstoff gäbe, und in einer späteren Abhandlung vom November 1810 bewies er, daß beim Erhitzen von Barium- oder Strontiumoxyd in oxydierter Salzsäure auf zwei Volume absorbierten Gases ein Volum Sauerstoff entwickelt wird. Dies ist genau soviel Sauerstoff, als in dem Oxyd vorhanden war, und ebenso ergaben Versuche mit anderen Metalloxyden, daß immer aus ihnen nur ebensoviele Sauerstoff entwickelt

wird, als von vornherein in ihnen enthalten ist. Aus diesen Tatsachen schloß Davy, daß es „den Grundsätzen eben derselben Nomenklatur, vermöge deren der Stoff oxydierte Salzsäure genannt worden ist, widerspricht, einen Stoff so zu nennen, in welchem man niemals Sauerstoff nachgewiesen hat und der keine Salzsäure enthalten kann“; demgemäß schlug er vor, den Stoff Chlor (englisch Chlorine) zu nennen.

Viele Verbindungen des Chlors wurden von Davy erstmalig dargestellt, darunter Sauerstoffverbindungen des Chlors. Doch ließ er sich nicht zu der dogmatischen Behauptung verführen, daß dieses Gas ein Element sei; er schrieb im Gegenteil: „Bei den Betrachtungen, welche ich zu entwickeln mir erlaubt habe, ist weder Sauerstoff, noch Chlor, noch Fluor als Element bezeichnet worden; es ist nur behauptet worden, daß keines von ihnen bisher zersetzt worden ist.“ Es wäre gut, wenn alle Chemiker Davys Vorsicht nachahmen wollten.

Von Gay-Lussac und Thenard wurden diese Anschauungen bekämpft, doch würde es zu viel Zeit beanspruchen, diesem Kampfe zu folgen. Es genügt mitzuteilen, daß Davy das Schlachtfeld mit wehenden Fahnen behauptete.

Während aller dieser Jahre wurde Davy mit Ehren überschüttet. Fellow der Royal Society wurde er 1803; 1807 wurde er deren Schriftführer, was er bis 1812 blieb; in diesem Jahre erhielt er die Ritterwürde. In seinem persönlichen Tagebuch, dem er seine innersten Gedanken anvertraute, findet sich eine nette kleine Bemerkung bezüglich derartiger Auszeichnungen: „Ein Mann soll stolz auf Ehren sein, nicht eitel auf sie.“ Außer Ehren ward ihm auch Reichtum; für zwei Vorlesungskurse in Dublin erhielt er nicht weniger als £ 1170 (fast 24000 M.)!

Im Jahre 1812 veröffentlichte er seine „Elements of Chemistry.“ Sie sind seiner Gattin gewidmet, denn im

gleichen Jahre verheiratete er sich mit der verwitweten Frau Apreece.

Gleichfalls in diesem Jahre verlor er beinahe sein Augenlicht bei Versuchen mit Chlorstickstoff, der seinem Entdecker Dulong bereits einen Finger gekostet hatte. 1813 stellte er die wahre Natur des Fluors fest, indem er seine Analogie mit Chlor nachwies; gegen das Ende des Jahres besuchte er Paris, und bewies dort mit Hilfe seines transportablen Laboratoriums die Analogie zwischen Jod und Chlor. Dieses Element war etwa zwei Jahre vorher von Courtois entdeckt worden und Gay-Lussac glaubte, daß es Salzsäure bildet. Davy teilte seine Entdeckung Gay-Lussac mit, der sich keineswegs mit diesen Ansichten einverstanden erklärte; erst nach geraumer Zeit und nach Durchführung seiner meisterhaften Arbeiten über das Jod und seine Verbindungen hat sich dieser hervorragende Chemiker von der Richtigkeit der Ansichten Davys überzeugt.

Nach seiner Rückkehr von dem Kontinent widmete sich Davy der Erforschung der Natur der Flamme, mit dem Ergebnis, daß er das Verfahren entdeckte, die Ausbreitung der Flamme in eine umgebende brennbare Atmosphäre dadurch zu vermeiden, daß er sie mit einer Hülle von Drahtnetz umgab. Dabei kühlt sich vermöge der Wärmeleitung des Metalls die explosive Mischung soweit ab, daß sich die Verbrennung nicht durch das Drahtnetz fortpflanzen kann. Diese Erfindung wurde mit der größten Befriedigung begrüßt, sowohl vom allgemeinen Publikum, wie von allen denen, die bei den Kohlenminen irgendwie interessiert waren. Zum Ausdruck des Dankes erhielt er von einer Vereinigung hervorragender Minenbesitzer 1817 wertvolles Tafelsilber, das auf £ 2500 (50 000 Mk.) geschätzt wurde. Seine Verdienste um die Menschheit wurden so hoch bewertet, daß ihm im folgenden Jahre die Baronie verliehen wurde. Und als 1820 Sir

Joseph Banks starb, der den Sitzungen der Royal Society während nicht weniger als 41 Jahren präsi- diert hatte, wurde Sir Humphry Davy zu seinem Nachfolger ernannt und erhielt dadurch die höchste Ehre, die einem wissenschaftlichen Manne in England zuteil werden kann. Er gab diese Stellung 1827 auf. Seine Ansichten bezüglich Ehren war „Es ist nicht wert, sie zu haben, aber es ist peinlich, sie nicht zu haben“, und wieder „Es ist besser, Ehren zu verdienen und sie nicht zu haben, als sie zu haben, und nicht zu verdienen.“

Während dieser Jahre veröffentlichte Davy viele Abhandlungen, die sich auf die Erhaltung des Kupferbeschlages an Seeschiffen und auf den Schutz der Metalle durch elektrochemische Mittel im allgemeinen beziehen. Diese und ähnliche Untersuchungen wurden 1826 in seiner Bakervorlesung über die Beziehung zwischen chemischen und elektrischen Vorgängen zusammengestellt.

Damit war seine wissenschaftliche Arbeit fast zu Ende, denn 1826 hatte er einen ersten Schlaganfall, und wenn er auch noch bis 1829 lebte, so war doch sein Leben von unaufhörlichem Suchen nach Gesundheit ausgefüllt. Er reiste viel auf dem Kontinent und erholte sich teilweise; im Mai 1829 aber traf ihn in Genf ein letzter Schlaganfall, und er starb in seinem 53. Lebensjahre.

Sir Humphry Davys Werk findet sich zusammengestellt in einem Aufsatz, der in Sillimans *American Journal of Science and Arts* veröffentlicht ist: „Zusammenfassend können wir in Sir Humphry Davy ein schlagendes Beispiel für das sehen, was die Römer einen vom Glück begünstigten Mann nannten, dessen Erfolg aber, selbst nach eigenem Urteil, nicht das Ergebnis eines Zufalles ist, sondern des Scharfsinns, der Voraussicht im Entwerfen ihrer Pläne und der Geschicklichkeit und Hingabe, sie erfolgreich zu Ende zu führen. Er hatte Glück mit seinen Theorien, Glück mit seinen Ent-

deckungen und Glück darin, daß er in einem Zeitalter lebte, das erleuchtet genug war, um seine Verdienste zu schätzen.“ Und wir hören ihn seine eigene Grabschrift entwerfen: „Mein einziges Ziel war, der Sache der Menschheit zu dienen; und wenn mir das gelungen ist, so fühle ich mich reich belohnt durch den erquicklichen Gedanken, daß mir solches gegeben war.“

Im Interesse Ihrer Geduld ist es ein Glück, daß meine gegenwärtige Aufgabe sich auf die Lebensläufe der Chemiker bezieht, die vor uns dahingegangen sind. Und wenn ich mich außerdem auf solche Namen beschränkte, welche ohne Gefahr eines Irrtums als „groß“ bezeichnet werden dürfen, so tritt uns der Grahams entgegen. Es gab Männer von guter Begabung, die ihrerseits gutes und nützlichendes verrichtet haben, so Turner, der Vorgänger Grahams, Daniell, der uns die nach ihm benannte Batterie geschenkt hat und noch viele andere weniger hervorragende; von ihnen kann ich aber nur die Namen nennen.

Die Stadt Glasgow schenkte Graham London; Boyle war ein Irländer und Cavendish war in Frankreich geboren, Davy kam aus Cornwall. London hat indessen Rückzahlung geleistet, denn Penny, der den größten Teil seines Lebens in Glasgow zugebracht hat, war ein Londoner, der als Nachfolger Grahams dorthin berufen worden war. Auch er hatte seinerzeit erhebliche Verdienste; er war ein außergewöhnlich anziehender Lehrer und man kann von ihm sagen, daß er es in der Kunst eines Sachverständigen zur Vollkommenheit gebracht hat. Letzteres mag kein besonderes Lob in den Augen vieler sein; wird es aber als dem Charakter eines wahren Mannes der Wissenschaft als nicht angemessen angesehen, das köstlichste Erbe des geborenen Forschers, die Freiheit des Urteils, aufzugeben, so hat Penny diese kleine Sünde durch viele schöne Arbeiten gesühnt, unter denen vielleicht

die bedeutendsten seine Atomgewichtsbestimmungen sind, die sogar noch in unseren Tagen unter die zuverlässigsten gerechnet werden dürfen.

Thomas Graham war der Sohn eines Fabrikanten in Glasgow und kam gegen Ende 1805 zur Welt. Er wurde in der Schule und hernach an der Universität Glasgow erzogen. An letzterer blieb er ungewöhnlich lange, denn er trat mit vierzehn Jahren ein und erwarb seinen Grad nicht früher, als im reifen Alter von 21 Jahren. Ich weiß, daß einem richtigen Cambridger oder Oxforder Studenten vierzehn Jahre lächerlich jung erscheinen werden; doch sind die Ergebnisse in vielen Fällen, wie z. B. auch in dem des letzten Präsidenten der Royal Society, Lord Kelvin, sehr gut. Es gibt manche Knaben, die sich früh entwickeln, und denen man schweres Unrecht täte, wenn man sie nach dem gewöhnlichen Maßstab des durchschnittlichen Schulbuben messen wollte.

Grahams Lehrer in der Chemie war Thomas Thomson, ein Mann von Europäischem Rufe. In seinem Lehrbuch der Chemie wurde Daltons Atomtheorie veröffentlicht, bevor ihr Autor sie persönlich der Presse anvertraute; auch war er ein Mann, der das lebhafteste Interesse an der Wissenschaft betätigte, und dessen Unterricht höchst anregend war. Auch sein Physiklehrer, Professor Meikleham war, wie man mir sagt, ein anziehender Lehrer; während seiner Studentenjahre wendete Graham sehr viel Zeit auf die Mathematik und Physik. Gegen Ende seiner Studienzeit geriet Graham indessen in eine unglückliche Meinungsverschiedenheit mit seinem Vater, der aus ihm einen Geistlichen machen wollte. Mit der Verschlossenheit, welche dem Schotten so oft eigen ist, hatte keiner von beiden dem anderen Kenntniss von seinen Absichten bezüglich der Zukunft gegeben; und als die Entdeckung gemacht wurde, wollte mit der Zähigkeit, die gleichfalls ein Rassenmerkmal ist, keiner dem anderen

seinen Willen opfern. Graham verließ deshalb seine Vaterstadt und setzte seine Studien in Edinburg fort, wobei ihn seine Mutter und seine Schwester Margaret gegen Mangel schützten, da der Vater ihm seine Hilfe entzogen hatte. Dort studierte er bei Hope, dem Entdecker des Strontiums, arbeitete fleißig weiter in Mathematik und Physik und bereitete sich so auf sein Lebenswerk vor. Noch während seiner Studentenjahre begann er indessen bereits etwas Geld zu erwerben, und wir erfahren, daß die ersten selbsterworbenen sechs Guineen verwendet wurden, um Geschenke für Mutter und Schwester zu kaufen.

Er kehrte nach Glasgow zurück und eröffnete ein kleines privates Laboratorium; doch wurde er bald zum Dozenten im Mechanischen Institut ernannt, wo er Nachfolger des Dr. Clark war, des Erfinders des Verfahrens, hartes Wasser weich zu machen, der nach Aberdeen als Chemieprofessor übersiedelte. 1830 wurde er der Nachfolger von Ure, des Verfassers des chemischen Wörterbuches, an der „Anderson-Universität“, einer Anstalt, die als Rivale der Glasgower Universität gegen das Ende des achtzehnten Jahrhunderts gegründet worden war.

1837 starb Edward Turner, Professor der Chemie an der neubegründeten Londoner Universität und unter vielen Kandidaten wurde Graham zu seinem Nachfolger ernannt. Er war sehr glücklich über diese Wendung und in einem Briefe an meine Großmutter (er war ein intimer Freund meiner Familie) schreibt er, daß er plötzlich in Überfluß geraten sei, da er die Kollegiangelder von nicht weniger als 400 Studenten bekam, die seine Vorlesungen besuchten.

Graham hatte weder einen fließenden noch einen eleganten Vortrag; seine Gewissenhaftigkeit aber und die wissenschaftliche Methode, in der er seine Gegenstände behandelte, ebenso wie seine Begeisterung für die Wissen-

schaft machten ihn dennoch zu einem anziehenden Lehrer und trugen sicherlich nicht wenig dazu bei, sein Auditorium zu füllen. Die gleichen Eigenschaften zeichnen sein Lehrbuch der Chemie aus, das ich für das beste derartige Lehrbuch halte, das je geschrieben worden ist, wenn es auch gegenwärtig ganz veraltet ist. Obwohl es in England nicht mehr erscheint, existiert es noch in Deutschland, wenigstens in dem Namen „Graham-Otto“.

Bis 1854 behielt Graham seinen Lehrstuhl am University College; als dann aber Sir John Herschel seine Stellung als Münzmeister aufgab, wurde Graham erwählt, diesen Posten einzunehmen, der von so vielen ausgezeichneten Männern vorher bekleidet worden war, vor allen von Isaac Newton. Während Graham dieses Amt versah, wurde seine Gewissenhaftigkeit von den Unterbeamten als eine ungewohnte Last empfunden, und er hatte einen schweren Kampf zu bestehen, um die nötigen Reformen einzuführen. Die Zähigkeit seines Charakters erwies sich indessen als überlegen, und nach einigen Jahren lebhafter Kämpfe blieb er Sieger und gewann wieder die Muße, seine wissenschaftlichen Arbeiten fortzusetzen, die er während der Kriegsjahre hatte unterbrechen müssen. In diesem Amte blieb er bis zu seinem Tode, der 1869 erfolgte.

Im Gegensatz zu Davy war Graham von bescheidenem und zurückhaltendem Wesen. Seine Güte machte ihn allen denen teuer, die er in den Kreis seiner Freunde aufnahm, und sein ruhiges Urteil machte ihn zu einem unschätzbaren Berater. Doch sammelte er ein volles Maß von Ehren; er war der erste Präsident der chemischen Gesellschaft, Mitglied der Royal Society, Inhaber der Keith-Medaille der Königlichen Gesellschaft von Edinburg, sowie zweier Königlicher Medaillen der Royal Society; 1862 erhielt er die Copley-Medaille als Dank für ein der Erforschung der Wissenschaft erfolgreich gewidmetes Leben.

Auch war er korrespondierendes Mitglied der Französischen Akademie der Wissenschaften und erhielt von dieser Körperschaft den Jecker-Preis.

Grahams wissenschaftliche Arbeiten lassen sich in zwei Gruppen teilen; die eine bezieht sich auf das physikalische Verhalten der Gase und Flüssigkeiten, die andere auf die Konstitution der Salze. Außer seinen Arbeiten über diese beiden Gegenstände veröffentlichte er noch eine Anzahl zerstreuter Mitteilungen.

Aus der zweiten Gruppe ist zuerst eine Abhandlung über Verbindungen mit Kristall-Alkohol zu nennen, entsprechend dem bekannten Kristallwasser. So wurde die Ähnlichkeit zwischen Wasser und Alkohol nachgewiesen, welche Ähnlichkeit unter den Händen seines Nachfolgers Williamson einen erheblichen Anteil an der Entwicklung der modernen Anschauungen über die Konstitution der Kohlenstoffverbindungen gewann und somit indirekt auch die Entwicklung der ganzen Chemie beeinflusste. 1833 veröffentlichte Graham eine wichtige Abhandlung über die Phosphorsäuren. Er schloß, daß, wenn Alkohol das Wasser in hydratischen Salzen ersetzen kann, Wasser auch die Basen in den Phosphaten muß ersetzen können. Bis dahin waren nämlich die Säuren des Phosphors den Chemikern ein Rätsel geblieben. Graham bewies, daß die Orthophosphorsäure eine Verbindung von einem Molekül Phosphorpentoxyd, P_2O_5 , mit drei Molekülen Wasser ist, und daß jedes Wassermolekül durch das Oxyd eines Metalls, wie Natrium, ersetzbar ist. Pyrophosphorsäure ihrerseits konnte als eine Verbindung von zwei Molekülen Phosphorsäureanhydrid mit zwei Molekülen Wasser angesehen werden, die wiederum beide durch Oxyde ersetzbar sind. Metaphosphorsäure endlich ist eine Verbindung von einem Molekül des Anhydrids mit einem Molekül Wasser. Dadurch entwickelte sich der allgemeine Begriff der Basizität und eine Säure wird ein-

zwei oder dreibasisch genannt, je nachdem sie sich mit einem, zwei oder drei Molekülen Base zu verbinden vermag, wobei verschiedene Säuren ganz wohl das gleiche anhydrische Oxyd enthalten können. Diese Anschauungen Grahams gaben eine Erklärung für die damals höchst mysteriöse Tatsache, daß beim Mischen des neutralen Silbernitrats mit dem basisch reagierenden Dinatriumphosphat neben dem Niederschlag eine sauer reagierende Lösung erhalten wird. Seine Versuche bahnten auch den Weg für die spätere Theorie der Säuren, nach welcher sie als Wasserstoffsalze aufzufassen sind. In Grahams Sprache waren die drei Säuren des Phosphors Wassertriphosphat, Wasserbiphosphat und Wasserphosphat, denn er verstand unter Phosphorsäure das, was wir jetzt das Anhydrid dieser Säure nennen. Gegenwärtig heißen die Verbindungen der Gruppe PO_4 Phosphate, und daher der Name Phosphate des Wasserstoffs. Graham hat als erster erkannt: „wenn eine dieser Verbindungen (der Phosphorsäuren) mit einer starken Base behandelt wird, so wird das ganze Wasser oder ein Teil davon ersetzt, aber die Gesamtmenge der Basen, die mit der Säure in Verbindung steht, bleibt unverändert.“ Gegenwärtig würden wir sagen, daß der Wasserstoff dabei teilweise oder ganz durch Metall ersetzt wird, daß aber die Summe der Äquivalente von Metall plus Wasserstoff oder die Basizität der Säure unverändert bleibt.

Die Fortführung des gleichen Gedankenganges ergab die Überlegung, ob nicht auch Kristallwasser durch Salze Molekül für Molekül ersetzt werden kann. So kristallisiert Zinksulfat gewöhnlich mit sieben Molekülen Kristallwasser. Eines dieser Wassermoleküle läßt sich durch Kaliumsulfat ersetzen, und aus dem Heptahydrat $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ entsteht das Doppelsalz $ZnSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 6H_2O$. Auch ergab es sich, daß bei diesem Salze und anderen sechs Moleküle Kristallwasser leichter ausgetrieben werden können, als das siebente,

welches als dasjenige betrachtet werden darf, das im Doppelsalze durch Kaliumsulfat ersetzt ist.

Auch experimentierte Graham über die Wärmeentwicklung bei der Neutralisation von Säuren mit Basen und über die Lösungswärmen von Salzen. Derartige Untersuchungen beschäftigten ihn bis 1843.

Graham hatte unterdessen eine ganz andere Reihe von Untersuchungen unter Händen, durch welche er eine bestimmtere Kenntniss über die Konstitution der Materie anstrebte. Aus der Erkenntnis, daß der Gaszustand einfachere Bedingungen darbietet, als der flüssige oder feste, wendete er seine Arbeit hauptsächlich auf die Erkenntnis der Natur der Gase. Diese Untersuchungen begannen 1836. Ausgehend von einer Beobachtung Döbereiners, daß aus einem gesprungenen Zylinder, der mit Wasserstoff gefüllt über Wasser stand, mehr Gas entwich, als eintrat, so daß das Wasser im Zylinder stieg, begann Graham seine Versuche über die Diffusion der Gase und die Geschwindigkeit ihres Ausströmens aus engen Öffnungen. Beide Versuchsreihen ergaben das gleiche Gesetz, nämlich, daß die Geschwindigkeit des Durchganges der Quadratwurzel aus der Dichte des Gases umgekehrt proportional ist. Unter gleichen physikalischen Bedingungen bewegt sich der Wasserstoff viermal schneller, als der Sauerstoff, der sechzehnmal so schwer ist. Und da die Dichten proportional den Molekulargewichten sind, so folgt, daß sich auch ein Molekül Wasserstoff viermal so schnell bewegt, wie ein Molekül Sauerstoff. Das Gesetz wurde durch Messungen an vielen anderen Gasen bestätigt. Diese experimentellen Tatsachen sind hernach einer der kräftigsten Gründe zugunsten der kinetischen Gastheorie geworden, die viel später aus der Annahme entwickelt wurde, daß der Druck der Gase von Stößen herrührt, welche die bewegten Moleküle gegen die Wände ihrer Gefäße ausüben, und daß die Temperatur von

der Bewegungsgeschwindigkeit dieser Moleküle bestimmt wird.

Viel später, 1859, untersuchte Graham die Ausflußgeschwindigkeit der Gase durch enge Röhren und fand dabei Resultate, die sich als von hohem Werte für die Theorie des Gaszustandes erwiesen haben.

Einige Jahre später, 1851 und 1852 veröffentlichte Graham Experimente über die Geschwindigkeit der Diffusion der Flüssigkeiten, indem er die Gedankenreihe seiner älteren Untersuchungen über Gase entsprechend fortführte. Sein Verfahren war ebenso einfach wie geeignet zur Erzielung der gewünschten Ergebnisse. Es wurde eine weitmündige Flasche mit der Salzlösung gefüllt und innerhalb eines großen Gefäßes aufgestellt. Dieses wurde dann vorsichtig mit Wasser gefüllt, wobei Acht gegeben wurde, daß aus der inneren Flasche nichts heraus gelangte. Dann wurde das Ganze während längerer Zeit sich selbst überlassen. Dabei ergab sich, daß das Salz nicht in der Flasche blieb, sondern beständig in das Außengefäß hinüberwanderte. Es wurden dann die Mengen gemessen, welche in verschiedenen Zeiten und bei verschiedenen Temperaturen ausgewandert waren.

Versuche mit sehr zahlreichen Stoffen ergaben bald die Tatsache, daß gewisse unter ihnen sehr viel schneller wandern, als andere. So fand Graham beispielsweise, daß unter gleichen Umständen 69 Teile Schwefelsäure, 58 Teile Kochsalz, 26 Teile Zucker, 13 Teile Gummi arabicum in derselben Zeit auswanderten, in welcher von Eiweiß nur 3 Teile gewandert waren. Andere Stoffe, wie Kalium- und Ammoniumchlorid, Kalium- und Ammoniumnitrat, Magnesium- und Zinksulfat gebrauchen gleiche Zeit für ihre Diffusion. Außerdem werden einige Salze während der Diffusion in ihre Bestandteile gespalten. Unter ihnen befindet sich der gewöhnliche Alaun, von dem das leichter diffundierende Kaliumsulfat viel schneller fortgeht,

als das langsame Aluminiumsulfat. Und selbst Kaliumsulfat gibt Andeutungen, daß es durch Diffusion in Schwefelsäure und Kali gespalten wird.

Bekanntlich hat reines Wasser, wenn es ein poröses Gefäß umgibt, das mit einer Lösung gefüllt ist, die Tendenz, in dieses Gefäß einzudringen; ist dieses Gefäß geschlossen und mit einem Manometer versehen, so macht sich ein Druck geltend, welcher der osmotische Druck genannt wird. Graham versuchte diese Erscheinung mit der Diffusion in Zusammenhang zu bringen, fand aber, daß gewöhnliche Salze ebenso wie Zucker, Tannin, Alkohol, Harnstoff und ähnliche Stoffe nur wenig dahin wirkten, den Druck zu erhöhen. Andererseits wurden deutliche osmotische Erscheinungen mit starken Säuren, Weinsäure, Zitronensäure, Essigsäure beobachtet. In diesen Fällen ergab sich, daß das poröse Gefäß stark angegriffen war, und Graham war deshalb geneigt, den osmotischen Druck einer chemischen Wirkung zuzuschreiben. Wahrscheinlich rühren seine Ergebnisse daher, daß die von ihm benutzten Scheidewände nur wenig „semipermeable“ Eigenschaften besaßen, um einen modernen Ausdruck anzuwenden.

Zwischen 1852 und 1861 nahmen Grahams Pflichten an der Münze ziemlich alle seine Kräfte in Anspruch, so daß seine Veröffentlichungen eine große Lücke aufweisen. In dem letzten Jahre veröffentlichte er aber wieder eine Arbeit über die Transpiration von Flüssigkeiten, ein Gegenstand, der in letzter Zeit durch viele Forscher erfolgreich bearbeitet worden ist. Bei seinen praktischen Neigungen entwickelte Graham alsbald einen Plan, um die osmotischen Erscheinungen auf die Trennung der „kristalloiden“ Stoffe, welche schnell durch eine poröse Scheidewand gehen, wie die gewöhnlichen Säuren und Salze, von den „kolloiden“ oder leimartigen Stoffen, deren Wanderungsgeschwindigkeit viel geringer ist, anzuwenden. Dies Verfahren hat sich

besonders nützlich für die Trennung giftiger Stoffe, wie Alkaloide oder Schwermetallsalze, von Magen- und Darm-inhalten bei gerichtlichen Analysen erwiesen.

Aus Rücksicht auf die Zeit will ich nur erwähnen, daß Graham höchst interessante Versuche über die Absorption des Wasserstoffs durch eine dünne Palladiumplatte und den Durchgang dieses Gases durch Metalle angestellt hat. Er wurde hierbei zu der Vermutung geführt, daß das entstehende Produkt eine wirkliche Legierung des Metalls mit Wasserstoff im metallischen Zustande ist, so daß man den Wasserstoff selbst unter die metallischen Stoffe rechnen müßte. Er versuchte sogar, diese Anschauung dadurch zur Geltung zu bringen, daß er den Wasserstoff Hydrogenium nannte, damit sein Name dieselbe Endung trug, wie die Namen der meisten Metalle.

Doch ich muß diese unvollkommene Skizze von Grahams Werk hier schließen, indem ich hoffe, daß das Mitgeteilte genügen wird, um Viele von Ihnen zu veranlassen, sich mit diesen Arbeiten aus erster Hand bekannt zu machen. Grahams Gewissenhaftigkeit, seine Begeisterung und sein Scharfsinn machen seinen Stil zu einem höchst anziehenden: seine Abhandlungen werden immer ein Muster dafür bleiben, wie derartige Dinge darzustellen sind. Er besaß einen wahrhaft wissenschaftlichen Sinn; hierin ist er Boyle ähnlicher als Cavendish oder Davy. Man darf vermuten, daß wenn Graham im siebzehnten Jahrhundert gelebt hätte, und Boyle im neunzehnten, die Ergebnisse ihrer Arbeiten nicht sehr verschieden gewesen sein würden von denen, die jetzt den Namen des Anderen tragen.

Vergleicht man Grahams Charakter mit dem von Cavendish und Davy, so kann gesagt werden, daß während Cavendish seine Ergebenheit der Wissenschaft gegenüber so weit getrieben hat, daß er darüber die gewöhnlichen Freuden des menschlichen Lebens einbüßte,

und während Davy vielleicht einen zu großen Anteil an gesellschaftlichen Dingen nahm, als daß er von dem Vorwurf der Pose ganz freigesprochen werden könnte, Graham die glückliche Mitte zwischen beiden hielt, geliebt von denen, denen er seine Freundschaft schenkte und geachtet und geehrt von Allen. Von ihm kann man, wie von Faraday sagen: Er war ein guter und gerechter Mann.

Joseph Black; sein Leben und sein Werk.

Es gibt Naturen, die so glücklich konstituiert sind, daß sie den vielen Prüfungen entgehen, welche die meisten Menschen plagen. Markus Aurelius dankte seinem Adoptivvater dafür, „daß er ihm den Vorzug einer gleichförmigen und freundlichen Stimmung gelehrt habe; Beständigkeit gegen Freunde ohne Ermüdung oder Zärtlichkeit; stets zufrieden und heiter sein; in die Zukunft hinausschauen, und sich demgemäß verhalten; die geringsten Kleinigkeiten nicht vernachlässigen, aber ohne Hast und Verwirrung“. Solch einen Charakter besaß Joseph Black. Sein Biograph, Dr. Robison, der Herausgeber seiner Vorlesungen und sein Nachfolger an der Universität Glasgow, schrieb: „Als er älter wurde, behielt sein Gesicht den angenehmen Ausdruck innerer Zufriedenheit, welcher den Beschauer behaglich stimmt und stets gefällt. Seine Weise war überaus unbefangen, unauffektiert und angenehm. Man konnte sich ihm auf das leichteste nähern. Er war liebenswürdig und bereitwillig, sich in irgend eine Unterhaltung zu vertiefen, sei sie ernsthaft oder alltäglich. Da sein Geist reich mit Tatsachen ausgestattet war, so war sein Gespräch allzeit inhaltreich und angenehm. Ihm war keine der eleganten Vollkommenheiten des Lebens fremd“. Sein Freund Dr. Ferguson

sagt von ihm: „Da Dr. Black niemals etwas scheinen wollte, so war er allzeit genau das, was der Augenblick verlangte und nie mehr. Niemand hat jemals gesehen, daß Dr. Black jemals zu irgend einer Zeit sich überstürzte, um Dinge zu beginnen, welche er bei früherem Anlasse versäumt hatte. Jedes Ding wurde zu seiner bestimmten Zeit und an seinen richtigen Ort getan. Er schien immer reichlich Muße zu haben und er war immer bereit, Freunde und Bekannte zu empfangen und an jeder Unterhaltung, die vorkam, seinen Anteil mit Heiterkeit zu nehmen“. Sein Nachfolger Dr. Thomson fand Dr. Robisons Schilderung von Blacks Charakter so richtig, daß er sie beinahe wörtlich in seiner Geschichte der Chemie wiederholte, ohne die Formalität von Anführungszeichen für nötig zu halten.

Sein Schüler Henry Brougham, einer der Begründer des College, an dem ich die Ehre habe, einen Lehrstuhl einzunehmen, portraitiert ihn in seinen „Philosophen aus der Zeit Georgs III.“ als „einen Mann, dessen Ansichten über jeden Gegenstand durch Ruhe und Weisheit gekennzeichnet waren, der völlig frei sowohl von Leidenschaft wie Vorurteil war, während Heuchelei ihm nur aus den Komödien bekannt war, die er möglicherweise gelesen hatte. Seine Stimmung blieb gleichartig in allen Verhältnissen des Lebens. Die Zuverlässigkeit seines Urteils in allen Dingen, in der Literatur, wie in gewöhnlichen Angelegenheiten, wurde durch Adam Smith gekennzeichnet, der bemerkte, „er hat weniger Unsinn in seinem Kopf als irgend ein anderer lebender Mann“. In späten Jahren schrieb Brougham: „Es macht mir Freude, mich mit diesen Erinnerungen zu beschäftigen und mir das Entzücken zurückzurufen, das ich empfand, als ich diesen berühmten Weisen hörte, wie er die Einzelheiten der Schritte auseinandersetzte, durch welche er seine Entdeckungen gemacht hatte, wobei er sie durch Anekdoten illustrierte,

die ihm gelegentlich in den Sinn kamen, und die Demonstration durchführte, indem er vor uns all die vielen Experimente anstellte, welche ihn zuerst die wichtigsten Geheimnisse der Natur entschleiert hatten. Neben der Freude in seiner Nähe gewesen zu sein, als er den Sieger errungen hatte, fanden wir einen außerordentlichen Genuß darin, ihn seine Schwierigkeiten erzählen zu hören, was er einfach, überaus anmutig in dem stillen Geist der Philosophie mit der vollkommensten Bescheidenheit tat; wie er uns die Stufen zugänglich machte, welche er nacheinander während seiner glänzenden Laufbahn erreicht hatte; wie er über denselben Boden sozusagen in unserer Gegenwart wanderte, welchen er als der erste vor langen Jahren betreten hatte; wie er uns vielleicht dieselben Instrumente zeigte, welche er damals gebraucht hatte, und wie er dieselbe Rolle vor unsern Augen spielte, welche die tiefe und breite Grundlage seines unvergänglichen Ruhms gelegt hatte. Nicht der kleinste Teil dieses außerordentlichen Interesses war dem Zufall zuzuschreiben, daß er so lange die Zeit seiner Erfolge überlebt hatte, — daß wir wußten, dort sitzt in unserer Gegenwart derselbe Mann nun in seinen alten Jahren, ruhend unter den Lorbeeren, die er in früher Jugend gewonnen hatte. Alles zusammen genommen: der Eindruck war so, wie man ihn sich nicht wohl vorstellen kann. Ich habe den größten Geistern der Zeit gelauscht, wie sie ihre Bemühungen in vollendeter Sprache darlegten, habe die überwältigenden Perioden von Pitts majestätischer Beredsamkeit gehört, die Heftigkeit von Fox's glühender Deklamation, habe die enggeschlossene Kette von Grant's exakter Logik verfolgt, bin hingerissen worden durch das Gemisch von Phantasie, Bosheit und Gründen bei Plunket, aber ohne jede Zögerung würde ich bloß wegen des intellektuellen Genusses (obwohl ich sehe, wieviel davon durch Association bedingt ist) vorziehen, noch einmal das Privilegium

genießen zu dürfen, dessen ich mich in jenen Tagen erfreuen durfte, nämlich zugegen zu sein, wie der erste Naturforscher seiner Zeit sich als Historiker seiner eignen Entdeckungen betätigte, und Augenzeuge der Experimente zu sein, durch welche er jene Entdeckungen seinerzeit gemacht hatte, wie sie nochmal von seinen eignen Händen ausgeführt wurden“.

Schottland war wirklich in der letzten Hälfte des 18. Jahrhunderts die Heimat zahlreicher großer Männer. Adam Smith, der erste politische Ökonom, David Hume, der Historiker, James Hutton, der Geolog und James Watt, der Ingenieur: alle diese waren intime Freunde von Black und jeder von ihnen war ein schöpferischer Geist erster Klasse. Und es ist meine angenehme Aufgabe, Ihnen einen Bericht über Entdeckungen Blacks und deren Folgen vorzulegen und versuchen zu zeigen, daß mit seinem Werk eine neue Epoche für die Chemie und die Physik begann.

Von Blacks Jugend ist wenig zu sagen. Sein Leben war nicht gerade abenteuerlich. Seine Laufbahn kann in wenigen Worten erzählt werden.

Joseph Black war an den Ufern der Garonne in der Nähe von Bordeaux 1728 geboren worden.

Sein Vater, John Black, war aus Belfast gebürtig, ein Nachkomme einer schottischen Familie, welche sich dort niedergelassen hatte. Er lebte in Bordeaux, wo er einen Weinhandel hatte und war ein intimer Freund des Präsidenten Montesquieu. Joseph war eines von 13 Kindern, unter denen sich 8 Söhne befanden. Zwölf Jahre alt wurde er 1740 in Belfast zur Schule geschickt und wie viele andere Knaben aus Nordirland ging er nach Glasgow hinüber, um die Universität zu besuchen, denn damals bestand natürlich das Queen's College in Belfast noch nicht. Dies war im Jahre 1746. Dr. Robison erwähnt Briefe vom Vater Black an seinen Sohn Joseph,

aus denen hervorgeht, daß er in jeder Beziehung ein guter Sohn und fleißiger Student war. Er erhielt die übliche allgemeine Bildung. Wir finden wenigstens, daß er gut lateinisch schreiben konnte. Ethik lernte er bei Adam Smith. Seine Neigungen für die Naturwissenschaften wurden vermutlich unterstützt durch seine intime Freundschaft mit dem Sohne des Professors der Naturwissenschaften Dr. Robert Dick, dem späteren Nachfolger seines Vaters auf dem Lehrstuhl, den er leider nur wenige Jahre bekleidete, da er durch einen frühen Tod dahingerafft wurde. Black verdankte auch Cullen sehr viel, über den ein sehr interessanter Bericht sich bei Thomas Thomson in dessen Geschichte der Chemie befindet. Cullen war Dozent der Chemie an der Universität Glasgow von 1746 bis 1756. Im Jahre 1751 wurde er zum Professor der Medizin ernannt, denn zu der Zeit und weiter bis zur Ernennung von Thomas Thomson wurde Chemie nur durch einen Dozenten vorgetragen. Thomson schreibt Cullen ein besonderes Talent für Ordnung, Klarheit der Aussprache, Lebhaftigkeit der Gebärde und gründliche Kenntnis in seiner Wissenschaft, kurz Enthusiasmus, zu; diese Eigenschaften machten ihn zum Abgott seiner Studenten. Er bemühte sich besonders ihre Freundschaft durch häufigen geselligen Verkehr zu gewinnen, und hat zweifellos frühzeitig Blacks große Begabung erkannt. Cullens einziger Beitrag zur physikalisch-chemischen Literatur bezieht sich auf das Sieden des Äthers bei vermindertem Drucke und die Abkühlung dabei. Die Ursache dieses Verhaltens wurde indessen erst später durch Black entdeckt, denn Cullen beschränkte sich darauf, seine Beobachtung mitzuteilen.

In kurzer Zeit war Black bei Cullen als sein Assistent tätig und Cullen erwähnte oft Blacks Namen in seinen Vorlesungen als eine Autorität für bestimmte Tatsachen.

Black's methodische Gewohnheiten veranlaßten ihn, eine Art Tagebuch zu führen, in welchem nicht nur die Ergebnisse seiner experimentellen Arbeit verzeichnet waren, sondern auch Bemerkungen über Medizin, Jurisprudenz oder Kunst. Er wandte dabei die doppelte Buchführung an, denn er führte besondere Tagebücher, in denen diese Notizen nach ihren Gegenständen verteilt waren. Aus diesen Tagebüchern lassen sich die Daten seiner meisten wichtigen Entdeckungen entnehmen.

In jenen Zeiten war die Chemie die Magd der Medizin. Der Einfluß der Schule der Iatro-Chemiker, die von Paracelsus begründet worden war, hielt noch an, obwohl einzelne kühne Forscher, unter ihnen Boyle, Mayow und Hales, schon ein Jahrhundert vorher sich von ihren Fesseln befreit hatten. Die Dozentur der Chemie in Glasgow wurde als eine Einleitung zu besser bezahlten Stellungen angesehen und Cullen bekleidete sie gleichzeitig mit der Crown-Professur der Medizin von 1751 bis 1756. Wahrscheinlich auf Cullens Rat ging Black 1750 oder 1751 nach Edinburg, um dort seine medizinischen Studien zu beenden. Ein anderer Grund hierfür war vielleicht der, daß er an der Universität einen Vetter hatte, James Russel, Professor der Naturwissenschaften, bei welchen er wohnte. Dort erwarb er den Grad eines Doktors der Medizin im Jahre 1754. Allerdings hätte er in Glasgow drei Jahre früher den Grad erwerben können; doch hat zweifellos seine Gründlichkeit es ihm wünschenswert gemacht, eine wirklich wertvolle Arbeit vorzulegen, und es war tatsächlich diese Doktorarbeit, welche seinen Ruhm begründete. Hiervon später mehr.

Im Jahre 1756 wurde Dr. Cullen auf den Lehrstuhl der Chemie in Edinburg berufen und Black, der seit seiner Doktorpromotion sich als praktischer Arzt betätigt hatte, wurde sein Nachfolger auf dem Lehrstuhl der Anatomie und in der Dozentur für Chemie, denn sein

Ansehen bezüglich der Wissenschaft, welcher er sich hingeeben hatte, war bereits damals ein hohes.

Black behielt den Lehrstuhl der Anatomie indessen nicht lange. Seine Neigungen lagen mehr in der Richtung der praktischen Medizin und unter Zustimmung der Universität tauschte er und der Professor der praktischen Medizin ihre Lehrstühle. Während er dieses Amt bekleidete, übte er auch noch medizinische Praxis, und Robison sagt, daß in jener Zeit seines Lebens, er war etwa 32 Jahre alt, sein Ausdruck ebenso verbindlich wie seine Manieren angenehm waren. Neben der allgemeinen Popularität, die er sich erworben hatte, war er ein besonderer Günstling der Damen. Soviel wir wissen, hat er keine von ihnen ausgezeichnet, denn er blieb bis zum Ende seines Lebens unverheiratet. Es scheint, daß die Damen sich durch seine Berücksichtigung sehr geehrt fühlten, und wir hören, daß diese Aufmerksamkeiten nicht ohne Unterscheidung ausgeteilt wurden, da sie ausschließlich denen zukamen, welche sich entweder durch geistige Überlegenheit auszeichneten oder durch die Feinheit ihres Verhaltens und die Anmut und Eleganz ihrer Erscheinung.

Im Jahre 1766 tauschte Dr. Cullen den Lehrstuhl der Chemie in Edinburg für den der Medizin ein, und Universität wie Stadt waren einig, Dr. Black auf den vakanten Lehrstuhl zu berufen. Schon 1756 war er seitens der Universität für den Lehrstuhl empfohlen worden, aber die Stadträte, welche die Wahl zu treffen hatten, berücksichtigten die Empfehlung nicht und Cullen wurde angestellt. Jetzt aber bestand Einstimmigkeit und Black siedelte nach Edinburg über, wo er bis zum Ende seines Lebens blieb.

Seit dieser Zeit widmete er sich völlig dem Unterricht und sparte keine Mühe, seine Vorträge interessant und lehrreich zu gestalten. Er illustrierte sie durch zahlreiche Experimente. Robison erzählt uns, daß während

er die Eitelkeit des Schauspielers verachtete, die Einfachheit, Eleganz und Genauigkeit, mit welcher er seine Versuche ausführte, wahrhaft bewundernswürdig waren und ebenso lobt Brougham seine Geschicklichkeit. „Ich habe ihn gesehen siedendes Wasser oder siedende Säure aus einem Gefäß in ein anderes gießen, aus einem Gefäß ohne Schnabel in eine Röhre, indem er es soweit hielt, daß der Strahl dünn und so senkrecht wurde, daß kein Tropfen verloren ging. Der lange Tisch, auf welchem er die verschiedenen Versuche ausgeführt hatte, war am Ende der Vorlesung so sauber, wie er gewesen war, bevor die Apparate aufgestellt wurden. Kein Tropfen einer Flüssigkeit, kein Staubkorn waren darauf zu sehen.“

Black hatte einen starken Einfluß auf das Verhalten der Bevölkerung von Edinburg gegenüber der Wissenschaft ausgeübt. Der Ruf, den er als Professor erworben hatte, veranlaßte viele seine Vorträge zu besuchen, ohne daß sie gerade Chemie studieren wollten, nur des intellektuellen Genußes wegen und es wurde Mode, ihn zu hören.

Nach Blacks Entdeckung der Kohlensäure machte das Studium der Chemie der Gase große Fortschritte. An diesen hat Black indessen keinen weiteren Anteil genommen. Seine Gesundheit war nie gut gewesen. Er hatte viel mit Verdauungsstörungen zu tun und bei mehreren Gelegenheiten scheinen seine Lunge und seine Bronchien affiziert worden zu sein, denn er litt an Bluthusten. Aber er hat den Spruch gelernt: „Erkenne Dich selbst“ und so regelte er seine Arbeit und seine Diät mit solchem Erfolge, daß er ein ruhiges und ziemlich langes Leben führte.

„Glücklich ist das Volk, welches keine Geschichte hat“, und Dr. Blacks ereignisarmes Leben wurde glücklich zurückgelegt. Er bekleidete seinen Lehrstuhl über mehr als dreißig Jahre, und erreichte ein heiteres Alter inmitten vieler naher Freunde. Einige Zeit warf man ihm

Geiz vor, und Brougham teilt die Ursache für dieses Gerücht mit, nämlich, daß er auf seinem Arbeitstisch eine Wagschale zu haben pflegte, auf der er die Guineen wog, welche er als Honorar erhielt. Er verteidigt aber diese vielleicht etwas komische Praxis und wendet sich gegen den Vorwurf; und Robison, welcher sie gleichfalls erwähnt, erwähnte in einer Anmerkung, daß er mehr als ein Beispiel dafür geben könne, daß Black einen großen Teil seines Vermögens für einen Freund riskiert hatte.

Als seine Kräfte abnahmen, beschäftigte sich Black mehr und mehr mit der Sorge für seine Gesundheit und wurde immer engherziger in seiner Nahrung. Einer seiner nahen Freunde, Dr. Ferguson, gibt nachstehend einen Bericht über seinen Tod, der eines solchen stillen und friedlichen Philosophen würdig war. „Am 26. November 1799, im 71. Lebensjahre starb er ohne irgend einen Krampf, Stoß oder Stupor, welcher die Annäherung des Todes angezeigt hätte. Er war bei Tisch bei seinem gewöhnlichen Mahl: etwas Brot, einigen Pflaumen und einer gemessenen Menge Milch, die mit Wasser verdünnt wurde. Er hatte den Becher in seiner Hand, als sein Puls den letzten Schlag tun wollte, und setzte ihn auf seine zusammengeschlossenen Kniee nieder, wo er ihn mit der Hand festhielt, wie jemand, der sich völlig wohlbefindet. In dieser Stellung starb er ohne einen Tropfen zu verschütten und ohne sein Gesicht zu verziehen, als wenn er seinen Freunden ein Experiment hätte zeigen wollen, wie leicht man sterben kann.“

Er hinterließ mehr Geld, als irgend jemand vermutet hätte, daß er es während seiner Tätigkeit hätte erwerben können. Sein Testament war etwas phantastisch, er teilte sein Vermögen in 10 000 Teile und verteilte es unter zahlreiche Leute in solchen Anteilen oder Bruchteilen davon, entsprechend seinen Ansichten von ihren Bedürfnissen oder Verdiensten.

In Kays „Edinburger Portraits“ wird eine Geschichte von Black und Hutton erzählt, die fast unzertrennliche Freunde waren. Nachdem sie sich über die Verschwendung der Nahrungsmittel unterhalten hatten, fiel es ihnen ein, daß während die Schalthiere des Meeres als Nahrungsmittel sehr geschätzt waren, die des Landes vernachlässigt sind. So beschlossen sie, ihre Anschauungen in die Praxis zu übersetzen, sammelten eine Anzahl Schnecken, kochten sie und setzten sich zum Festmahl nieder. Jeder begann sehr fröhlich zu essen, und keiner wollte den anderen seine wahren Gefühle verraten. Schließlich brach Dr. Black das Eis, aber in vorsichtiger Weise, indem er die Meinung seines Tischgenossen zu erforschen schien. „Doktor, sagte er in seiner bestimmten und ruhigen Weise, glaubst du nicht, daß sie ein bißchen — ein bißchen komisch schmecken?“ „Ja, verdammt komisch, nehmt sie fort, nehmt sie fort“, schrie Dr. Hutton, indem er vom Tisch aufsprang und seinen Gefühlen des Abscheus freien Lauf ließ.

Die mitgeteilten Züge lassen Black als mit einer ruhigen kontemplativen Natur begabt erscheinen. Kays Karikatur deutet an, daß er auch eine ziemlich humoristische Auffassung des Lebens haben und sogar eine Spur von kaustischer Ironie entwickeln konnte. Ein Portrait von ihm während der Vorlesung könnte wohl skizziert werden, wie er schneidende Kommentare über die Einwürfe macht, die von einem deutschen Chemiker Namens Mayer gegen seine Lehre von der Kaustizität erhoben worden waren, welche (wie uns Brougham sagt) „dieser Mensch durch die Annahme erklärte, daß eine Säure, die er „Acidum pingue“ nannte, die Ursache von der Mildheit der Alkalien sei. Die rücksichtslose Härte dieser Lektion, in welcher Black die Unwissenheit und den Dogmatismus dieses törichten Theoretikers geißelte, wird von seinen Hörern nie vergessen werden“. Mir scheint indessen, daß Mayers Theorie schwerlich richtig von Brougham

aufgefaßt worden ist (denn sie ist Blacks eigener Erklärung außerordentlich ähnlich), oder sie ist von Black mißverstanden worden. Ein anderes Portrait von Kay stellt Black und Hutton dar, mit der Unterschrift „Die Philosophen“, und hier hat der Zeichner gleichfalls erkennbar gemacht, daß Black seinen Scherz wohl schätzen konnte. Ein drittes Bild zeigt ihn auf einem Spaziergange, und es gibt eine Vorstellung von seiner Erscheinung im 59. Lebensjahre.

Das Portrait von Dr. Cullen, Blacks Vorgänger in Glasgow wie in Edinburg und sein lebenslänglicher Freund, wird gleichfalls von Kay gegeben. Cullen starb 1790, 81 Jahre alt.

In alten Tagen wurde es ganz und gar als ein Wunder angesehen, daß ein Gas auf einen kleinen Raum gebracht werden, oder daß Luft in Mengen aus einem Stein entwickelt werden könnte, ebenso wie der arabische Dschin von enormer Größe und wildem Aussehen aus einer Flasche herauskommen konnte, wie dies in der „Geschichte vom Fischer“ in einem der reizenden Märchen von „Tausend und eine Nacht“ erzählt wird. Allerdings hatte Robert Boyle in der Mitte des 17. Jahrhunderts seine berühmte Entdeckung über den Druck der Luft veröffentlicht, in welcher er bewies, daß je größer der Druck ist, den das Gas erleidet, um so kleiner der Raum wird, den es einnimmt. Wie groß aber auch der Druck war, Boyles Luft blieb immer Luft. Man könnte denken, daß die Umwandlung des Wassers in Dampf die Leute hätte überzeugen können, daß wenigstens eine Flüssigkeit in ein Gas verwandelt werden kann. Da aber der Dampf leicht wieder in Wasser übergeht, so wurde wahrscheinlich die Aufmerksamkeit nicht auf den verhältnismäßig großen Raum gelenkt, den der Dampf selbst einnimmt. Erst Blacks Entdeckung der Bildung von Kohlendioxyd oder „fixer Luft“, wie er es nannte, aus Marmor lenkte die

Aufmerksamkeit darauf, daß ein Gas aus einem festen Körper entstehen könnte. Außerdem unterschied die besondere Eigenschaft dieses Gases, daß es nämlich fixiert werden konnte, es vollständig von der gewöhnlichen Luft. Allerdings hatte Stephen Hales, der Botaniker, viele Stoffe vegetabilischer, animalischer und mineralischer Herkunft destilliert, und unter diesen befinden sich mehrere, welche unreinen Wasserstoff, Sumpfgas, Kohlendioxyd oder Sauerstoff gegeben haben müssen. Hales begnügte sich aber, die Volume der Gase zu messen, die er aus einem bekannten Gewicht seiner Stoffe erhalten hatte, ohne daß er sich um ihre Eigenschaften kümmerte. Und als das Ergebnis vieler Versuche schloß er, daß „unsere Atmosphäre ein Chaos ist, das nicht nur aus elastischen, sondern auch aus unelastischen Luftteilchen besteht, welche darin massenhaft schweben, ebenso wie die schwefeligen, salzigen, wässerigen und erdigen Teilchen, welche auf keine Weise in einen solchen permanent elastischen Zustand gebracht werden können, wie jene Teilchen, die die wahre permanente Luft bilden“. Dies war die übliche Vorstellung über die Natur der Luft.

Der Anlaß, aus welchem Blacks berühmte Untersuchung entstanden sind, ist merkwürdig genug. Sir Robert Walpole ebenso wie sein Bruder Horace, später Lord Walpole, litten am Stein. Sie glaubten Erleichterung von einer Medizin gehabt zu haben, die von einer Mrs. Jon. Stephens erfunden worden war.

Durch ihren Einfluß erhielt sie 5000 Pfund für die Enthüllung ihres Geheimnisses, welches in der London Gazette am 19. Juni 1739 veröffentlicht wurde. Folgendes war die Beschreibung:

„Meine Medicinen sind ein Pulver, eine Abkochung und Pillen. Das Pulver besteht aus Eierschalen*) und

*) Eierschalen und Schnecken kalzinirt in einen mit Kohlen umgebenen Tiegel während 8 Stunden, dann in ein irdenes Geschirr gelegt

Schnecken*) beide kalziniert. Die Abkochung wird gemacht, indem man einige Kräuter**) zusammen mit einer Kugel kocht, welche aus Seife***), Schweinekresse, schwarzgebrannt, und Honig besteht. Die Pillen bestehen aus kalzinierten Schnecken, Samen von wilden Rüben, Kletten-samen, Hagebutten und Hafer, alle schwarzgebrannt, Seife und Honig.“

Dr. Cullen und seine Kollegen beanstandeten die Wirksamkeit so kurioser und ätzender Mittel und zu dem Zwecke, ein milderes Alkali ausfindig zu machen und medizinisch zu verwenden, begann Black seine Experimente über Magnesia. Diese sind in einer Abhandlung beschrieben, die den Titel hat „Versuche über Magnesia alba, Ätzkalk und einige andere alkalische Substanzen“. Dies war der chemische Teil seiner Doktor-Dissertation, die er 1754 in Edinburg einreichte. Die Versuche hatte er 1752 begonnen. Die Doktorschrift selbst war lateinisch: „De Humore Acido a Cibis orto, et Magnesia Alba.“ Die Schrift wurde im folgenden Jahre gedruckt.

Die gebräuchlichen Medizinen zur Auflösung der Blasensteine waren alle ätzend. „Lapis Causticus“ oder Ätzkali und Seifensiederlauge oder Ätznatron. Diese Stoffe werden aus mildem Alkali, d. h. den Karbonaten hergestellt, indem man ihre Lösung mit gelöschtem Kalk kocht, der seinerseits aus Ätzkalk und Wasser gewonnen wird. Nun entsteht Ätzkalk durch Erhitzen von Kalkstein im Feuer und dadurch gewinnt er seine brennenden

in einem trockenen Zimmer, um zu zerfallen während 2 Monaten aufgestellt. So werden die Schalen milder von Geschmack und zerfallen zu Pulver.

*) Schnecken werden in einem Tiegel erhitzt bis sie nicht mehr rauchen und dann in einem Mörser gepulvert. Nimm 6 Teile Eierschalen auf einen Teil Schneckenpulver. Die Schnecken dürfen nur im Mai, Juni, Juli und August präpariert werden.

**) Kräuter für die Abkochung: grüne Kamille, süßer Fenchel, Petersilie und Klette; Blätter oder Wurzeln.

***) Seife, die beste Seife von Alicante.

Eigenschaften oder seine Kaustizität. Es wurde angenommen, daß diese von dem Feuer herrührt, dessen Essenz sozusagen absorbiert wird. Durch das Kochen der milden Alkalien mit Kalk sollte eine Übertragung dieses Eduktes des Feuers auf die Alkalien stattfinden, welche ihrerseits dadurch kaustisch wurden. Kalkwasser oder eine Lösung von Ätzkalk wurde als ein Lösungsmittel für den Blasenstein benutzt, und der Versuch, aus Bittersalz ein weniger kaustisches Lösungsmittel zu gewinnen, veranlaßte Black zu seinen Forschungen.

Wie sein Laboratoriumsbuch ausweist, begann Black mit den alten Vorstellungen. Er versuchte, der Feuermaterie habhaft zu werden, wenn sie aus dem Kalk entwich, während dieser beim Liegen an der Luft mild wurde. Er scheint einige Versuche hierfür angestellt zu haben, denn er notiert: „Nichts entweicht, das Gefäß erhebt sich stark, indem die Luft absorbiert wird.“ Zwei Seiten später verzeichnet er in seinem Buch einen Versuch, den Gewichtsverlust, den eine Unze Kalkstein beim Brennen erleidet, mit dem zu vergleichen, der beim Auflösen desselben in „spiritus salis“ (Salzsäure) entsteht. Hier scheint er begonnen zu haben, hinter die Ursache von Mildheit und Kaustizität zu kommen.

Wenige Seiten weiter zeigt ein anderer Eintrag, daß es das Rätsel gelöst hat. „Wenn ich Kalk durch ein gewöhnliches Alkali fälle, so findet kein Aufbrausen statt. Die Luft verläßt das Alkali und geht zum Kalk. Es ist aber kein Kalk mehr, sondern c. c. c. Es braust jetzt auf, was guter Kalk nicht tut.“

Nun müssen wir die Gedankenreihe verfolgen, welche ihn zu diesem Schlusse führte.

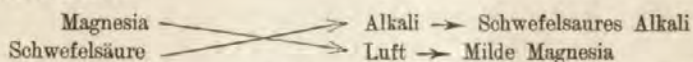
Nachdem er „milde Magnesia“ durch Fällen von Bittersalz oder Magnesiumsulfat mit Kaliumkarbonat oder Pottasche dargestellt hatte, fand er, daß diese „schnell aufgelöst wird unter Entwicklung oder Auswerfung von

Luft durch die Säuren des Vitriols, des Salpeters und des gewöhnlichen Salzes, auch durch destillierten Weinessig“. Ferner fand er, daß die Eigenschaften der dabei erhaltenen Salze, des Sulfats, Nitrats und Chlorids von Magnesium durchaus verschieden waren von denen der gewöhnlichen alkalischen Erden, daß wenn er Magnesia mit Salmiak oder Chlorammonium destillierte, flüchtige Kristalle von Riechsalz (Ammoniumkarbonat) am Halse der Retorte sich ansetzten; diese gaben mit dem Retortenrückstand (Chlormagnesium) wieder milde Magnesia; daß eine ähnliche Wirkung hervorgebracht wird, wenn man milde Magnesia mit „kalkigen Substanzen“ (Kalksalzen) kocht; während die Säure den Kalk verläßt, um sich mit der Magnesia zu verbinden, wird wieder milde Magnesia gefällt, wenn man die entstandenen Lösungen mit Alkali (d. h. Karbonat) versetzt.

Erhitzt man milde Magnesia, so verwandelt sie sich in ein weißes Pulver, das sich in Säuren ohne Aufbrausen löst. Außerdem hat sie beim Erhitzen $\frac{7}{12}$ ihres Gewichts verloren. Black wendet nun seine Aufmerksamkeit auf diesen flüchtigen Anteil; er versucht, ihn wiederzusetzen, indem er den Rückstand in Schwefelsäure auflöst und wieder durch Alkali (Karbonat) fällt. Das erhaltene weiße Pulver löst sich nun unter Aufbrausen in Säuren auf und „hat alle Eigenschaften wieder angenommen, die es beim Glühen verloren hatte. Außerdem hat es nahezu ebensoviel an Gewicht gewonnen, als es vorher im Feuer verloren hatte; und da es sich als mit Aufbrausen in Säuren löslich erweist, so muß ein Teil des Gewichts sicherlich der Luft zugeschrieben werden“.

Black hat hier einen enormen Schritt getan; er hat ein Gas im verbundenen Zustande gewogen. Er schließt weiter: „Daher scheint es einleuchtend, daß die Luft durch die Säure aus dem Alkali vertrieben worden ist, und sich bei der Magnesia untergebracht hat“.

Wir können diese Wechselwirkung wie folgt anschaulich darstellen:



Der nächste Schritt war, zu versuchen, ob milde Magnesia beim Auflösen in Säuren ebensoviel an Gewicht verliert, wie beim Erhitzen. Vielleicht wegen der Löslichkeit der fixen Luft im Wasser wurde ein viel kleinerer Gewichtsverlust beim Auflösen der Magnesia gefunden (35 Gran von 120) als beim Erhitzen (78 Gran von 120). Dagegen war die Säuremenge, die nötig war, um die Magnesia aufzulösen, praktisch dieselbe, ob sie vorher erhitzt war oder nicht (267 und 262 Gran)*).

Black wendete seine Aufmerksamkeit nun dem Kalk zu. Er löste Kalkstein in Salzsäure und fällte die Lösung mit Alkali; zwischen dem wiederhergestellten Kalkstein und dem ursprünglichen konnte ein Unterschied nicht gefunden werden. So hatte er zuerst die fixe Luft vom Kalk getrennt, und dann beide wieder verbunden. Diese Versuche führten Black zu dem Schlusse, daß die fixe Luft etwas von der Natur einer Säure haben müsse, denn sie verwandelt Ätzkalk, die scharfe Erde, wie er ihn nannte, in gewöhnlichen Kalkstein oder milde Erde, und die Mildheit mußte von der Verbindung mit der fixen Luft herrühren.

So ergibt sich auch die Erklärung der merkwürdigen Tatsache, daß milde Magnesia beim Vermischen mit Kalkwasser reines Wasser gibt, denn die fixe Luft verläßt die Magnesia und verbindet sich mit dem Kalk, und sowohl der gebildete milde Kalk, wie die Magnesia sind in Wasser unlöslich. Ähnlich wird die Wirkung des Ätzkalkes zum

*) Da Black ziemlich sicher mit basischem Karbonat arbeitete, so ist sein Befund erklärlich, denn beim Erhitzen geht Kohlendioxyd und Wasser, beim Auflösen in Säure nur ersteres fort. Übers.

Kaustischmachen der fixen Alkalien erklärt, indem er dem Alkali die fixe Luft entzieht, wodurch diese kaustisch werden, während er selbst mild wird.

Indem er diesen Gedankengang weiter verfolgte, erkannte Black, daß beim Zufügen von kaustischem Alkali zu Bittersalz eine Magnesia erhalten werden müsse, die mit Säuren nicht aufbraust, da hier die fixe Luft ausgeschlossen ist; ebenso, daß kaustische Alkalien aus Kalksalzen den Kalk in ätzenden Zuständen fällen müssen, nur verbunden mit Wasser.

Als entsprechende Versuche mit Säuren und Erhitzen am Kalkstein durchgeführt wurden, ergaben sich die gleichen Resultate, wie bei der Magnesia.

Nun war noch zu beweisen übrig, daß fixe Luft nicht die Eigenschaften der gewöhnlichen Luft teilt. Hierzu brachte Black 4 Maß-Unzen Kalkwasser und ebenso vier Unzen gewöhnliches Wasser unter den Rezipienten seiner Luftpumpe und pumpte die Luft aus; aus beiden entwickelte sich ungefähr gleich viel Luft. Hieraus folgt, daß die Luft, welche von Kalk angezogen wird, verschieden von der Luft ist, die in Wasser gelöst ist. Ätzkalk zieht die Luft nicht an, wenn diese von ihrer gewöhnlichen Beschaffenheit ist, sondern ist nur fähig, sich mit einer besonderen Art zu verbinden, „welche in der Luft zerstreut ist, entweder im Zustande eines sehr feinen Pulvers oder wahrscheinlicher in dem einer elastischen Flüssigkeit. Dieser habe ich den Namen der fixen Luft gegeben, vielleicht sehr unpassend; doch hielt ich es für besser, ein Wort zu brauchen, das in der Wissenschaft bereits Anwendung findet, als einen neuen Namen zu erfinden, bevor wir genauer mit der Natur und den Eigenschaften dieser Substanz bekannt sind“.

Weiter galt es, zu prüfen, welches die Natur der kaustischen Alkalien ist, und ob sie an Gewicht zunehmen, wenn sie mild werden. Dies geschah indirekt, indem be-

stimmt wurde, welche Gewichte von Säure nötig waren, um einerseits kaustisches Alkali, andererseits Weinstein, d. h. Kaliumkarbonat, zu sättigen. Sechs Maß Säure waren nötig, um das eine und fünf, um das andere zu neutralisieren. Black's Bestimmung ist recht genau; sein Fehler beträgt nur etwa vier Prozent. Durch Zusatz von Schwefelsäure bewies er, daß das kaustische Alkali keinen Kalk enthält und daher auch seine kaustischen Eigenschaften nicht etwa einem Gehalt an diesem verdankt.

Um zu beweisen, daß Kalkstein oder Magnesia „ihre Luft verlieren“, wenn sie in Säuren aufgelöst werden, und sie bei Zufügung eines milden Alkali wieder gewinnen, während die benutzte Säure auf das Alkali übergeht, fügte Black Ätzlauge zu einer Lösung von Bittersalz, wodurch er einen Niederschlag von Magnesia erhielt, der sich in Säuren ohne Aufbrausen löste, zum Zeichen, daß keine fixe Luft hierbei in Frage kam. Durch Zusatz von Ätzlauge zu einer mittelst Salzsäure hergestellten Kalklösung erhielt er Kalk, der sich in Wasser zu Kalkwasser auflöste, das sich in keiner Weise von dem gewöhnlichen Kalkwasser unterscheiden ließ. Er gelangt dahin, daß er schließt: „Hätten wir eine Methode, um das fixe Alkali von seinen Säuren zu befreien, ohne daß es sich dabei mit fixer Luft verbindet, so würden wir es im ätzenden Zustande erhalten.“ Es kann dies zwar durch Erhitzen von Salpeter mit Holzkohle geschehen, aber es ergibt sich, daß alsdann das Alkali mit Luft gesättigt ist. Das gleiche geschieht, wenn man Alkalisalze von Pflanzensäuren glüht. Black vermutet, daß die fixe Luft entweder vom Salpeter oder von der Kohle (im ersten Falle) stammen muß (tatsächlich stammt sie von beiden), da der Salpeter den Sauerstoff, die Kohle den Kohlenstoff liefert. Im zweiten Falle bemerkt er, daß die Pflanzensäure durch das Feuer nicht sowohl vom Alkali getrennt, als vielmehr zerstört

wird. Wie nahe stand er vor der Entdeckung, daß die fixe Luft aus Kohle entsteht!

Dies ist Black's Untersuchung über die fixe Luft. Und nachdem er so nachgewiesen hatte, daß ein Gas von einem festen Körper zurückgehalten und durch Behandlung mit Hitze oder einer Säure ausgetrieben werden kann, wendete er sich etwas später der Frage nach der Ursache dieser Fixierung zu. Er entdeckte, daß sie verursacht war, durch das, was er die latente oder verborgene Wärme nannte. Diese Untersuchung ist indessen nicht in solchem Hinblick angestellt worden; der Zusammenhang zwischen beiden ist zufällig, wenn auch von fundamentaler Beschaffenheit.

Zwischen den Jahren 1759 und 1763 bildete er sich Vorstellungen über die Wärmemengen aus, die erforderlich sind, um gleiche Gewichte verschiedener Körper um gleich viel Temperaturgrade zu erwärmen. Boerhave hatte angenommen, daß gleiche Räume verschiedener Körper gleiche Mengen Wärme enthalten, unabhängig von der Natur der Materie, mit der sie angefüllt sind; der Grund dieser Annahme lag für ihn darin, daß ein Thermometer den gleichen Stand zeigt, wenn es mit verschiedenen Körpern in demselben Raume in Berührung gebracht wird. Hier liegt eine Verwechselung zwischen Wärme und Temperatur vor. Dies wurde von Black bemerkt, der hervorhob, daß man zwischen der Quantität und der Intensität der Wärme unterscheiden müsse. Die letztere ist, was wir jetzt Temperatur nennen. Er zitiert Fahrenheit, daß zwar gleiche Wassermengen von verschiedenen Temperaturen beim Vermischen die mittlere Temperatur ergeben, daß man aber drei Maß Quecksilber auf zwei Maß Wasser nehmen müsse, um das gleiche zu erzielen; dies entspricht dem zwanzigfachen Gewicht Quecksilber. Black drückte dies aus, indem er sagte, daß die Kapazität

des Quecksilbers für Wärme sehr viel kleiner sei, als die des Wassers.

Schon vorher, 1757, hatte Black Experimente angestellt, die ihn zu solchen Gesichtspunkten führten. Er hatte bemerkt, daß wenn Eis oder eine andere feste Substanz in eine Flüssigkeit übergeht, eine sehr viel größere Wärmemenge aufgenommen wird, als man hernach mittels des Thermometers erkennen kann. Es geht eine große Menge Wärme in die Stoffe ein, ohne sie merklich wärmer zu machen. Umgekehrt kommt eine große Menge Wärme aus einer Flüssigkeit heraus, wenn sie erstarrt, welche gleichfalls vorher nicht durch das Thermometer angezeigt wurde.

Hierdurch gewann er ein Maß für die bestimmte Wärmemenge, die von einer bekannten Eismenge zum Schmelzen verbraucht wird. In einem großen leeren Raum, wo die Temperatur genügend konstant blieb, hängte er in 15 Zoll Entfernung von einander zwei Kolben auf, von denen der eine 5 Unzen Eis von 32° F. enthielt, der andere Wasser von 33° F. Im letzteren war ein feines Thermometer angebracht. Die Temperatur des Raumes war 47° F. Während einer halben Stunde hatte das Wasser die Temperatur 40° F. angenommen, während $10\frac{1}{2}$ Stunden vergingen, bis das Eis geschmolzen war. Dies ist 21 mal länger, als das Wasser brauchte, um $40 - 33 = 7^{\circ}$ wärmer zu werden, was also $7 \times 21 = 147$ Einheiten ausmacht. Die fünf Unzen Wasser würden durch dieselbe Wärmemenge um 147° F. wärmer gemacht worden sein. Die Temperatur des Eiswassers war aber nur 8° über dem Schmelzpunkt, nachdem die $11\frac{1}{2}$ Stunden vergangen waren, somit sind 139 bis 140 Grade „absorbiert worden durch das schmelzende Eis und haben sich verborgen in dem Wasser, in das es sich verwandelt hat“.

Nun wurde das Versuchsverfahren geändert. Black wog ein Stück Eis und fügte es zu einer gewogenen Menge

Wasser, dessen Temperatur bekannt war. Das warme Wasser wurde viel stärker durch das Eis abgekühlt, als wenn eine gleiche Menge Wasser von 32° F. zugefügt worden wäre. Aus diesem zweiten Versuch ergab sich die Wärmemenge zum Schmelzen des Eises als so groß, um die gleiche Wassermenge um 143° F. zu erwärmen.

Ein dritter Versuch wurde angestellt, wodurch bewiesen wurde, daß, wenn ein Stück Eis mit seinem gleichen Gewicht Wasser von 176° F. vermischt wird, es schmilzt und alles die Temperatur 32° F. annimmt. Hieraus folgt $176 - 32 = 143$, ein übereinstimmendes Ergebnis. Somit ist die latente Wärme des Wassers in Fahrenheit-Einheiten rund 142 oder 143. Die genauesten modernen Messungen geben 79.5 Centigradeinheiten, entsprechend 143 Einheiten der Fahrenheit'schen Skala. Black's Bestimmung ist bemerkenswert gut, namentlich wenn wir die rohen Hilfsmittel bedenken, die er benutzen mußte.

Der Inhalt dieser Forschungen wurde dem Philosophischen Klub oder der Gesellschaft von Professoren und anderen Mitgliedern der Universität Glasgow im Jahre 1762 mitgeteilt und wurde in den Vorlesungen der nächsten Jahre den Studenten entwickelt.

Black schlug Irvin, seinem Schüler und späteren Nachfolger auf seinem Lehrstuhl in Glasgow vor, die latente Wärme von Walrat und Bienenwachs zu bestimmen, und dieser fand, daß auch diese Stoffe beim Schmelzen Wärme absorbieren, die für das Thermometer unmerklich ist. Als er aber den Gedanken über die Beziehung zwischen fest und flüssig ausdehnen wollte, schoß er vorbei. Zum Beispiel glaubte er, daß die große Temperaturerhöhung durch Hämmern von Eisen, wodurch ein geschickter Schmied sogar Rotglut erreichen kann, auf die „Entwicklung der latenten Wärme durch Hämmern“ zurückzuführen sei. Er erfaßte nicht, daß die Wärme durch die mechanische Arbeit hervorgebracht wird, und daß Arbeit quantitativ

in Wärme verwandelt werden kann. Diese Entdeckung wurde erst mehr als achtzig Jahre später durch Mayer und Joule gemacht, wenn auch Graf Rumford und Humphry Davy sie zu Beginn des neunzehnten Jahrhunderts vorausgesehen hatten.

Ähnliche Versuche stellte Black über die latente Wärme des Dampfes an, wobei er die Zeit, welche für eine bekannte Wassermenge unter dem Einfluß einer konstanten Wärmequelle erforderlich war, um eine bestimmte Temperaturerhöhung zu erfahren, mit der Zeit verglich, die sie brauchte, um in Dampf verwandelt zu werden. Seine Schätzung indessen, daß 830 Einheiten zur Verdampfung eines Teils Wasser erforderlich seien, ist nicht genau, denn der wirkliche Betrag ist 967 Einheiten der Fahrenheitschen Skala. Black führt Versuche von Boyle, von Robison, seinem Nachfolger auf dem Glasgower Lehrstuhl, und von seinem Vorgänger Cullen an, bei denen sich eine Erniedrigung des Siedepunktes durch Verminderung des Druckes ergeben hatte; er schreibt richtig dies dem freieren Entweichen des Dampfes zu, sowie der Absorption der Wärme durch den Dampf, wodurch die Flüssigkeit, von dem er entweicht, um so mehr abgekühlt wird.

Diese Anschauungen Blacks wurden durch dessen Freund James Watt für die Konstruktion des Kondensators benutzt, welcher, wie bekannt, eine Revolution im Bau der Dampfmaschinen und dadurch in unserem ganzen industriellen und sozialen Leben bewirkt hat. Sie wurden von vielen Männern der Wissenschaft weiter entwickelt, bis sie in der Hand der Meister Joule, Clerk Maxwell, Rankine, James Thomson, Lord Kelvin, Clausius nach der physikalischen, und von dem Amerikaner Willard Gibbs nach der chemischen Seite derart entwickelt wurden, daß sie das wahre Fundament der Schwesterwissenschaften Physik und Chemie bilden.

Blacks große chemische Entdeckung, daß ein Gas existiert, welches von atmosphärischer Luft sicherlich verschieden ist, indem es durch Alkalien und alkalische Erden fixiert werden kann, führte zur sogenannten „pneumatischen Chemie“ und hatte die Entdeckung des Sauerstoffs durch Priestley, des Stickstoffs durch Rutherford, des Wasserstoffs durch Cavendish und Watt und die neueren Entdeckungen des Argons und seiner Verwandten, sämtlich Bestandteile der atmosphärischen Luft, zur Folge. Tatsächlich sind die Gase der Atmosphäre alle von Schotten und Engländern entdeckt worden*).

Und Blacks Nachweis, daß die Umwandlung einer zusammengesetzten Verbindung in einfachere Bestandteile, und umgekehrt der Aufbau der ersten Verbindung aus diesen Bestandteilen durch die Wage verfolgt werden kann, hatte die gesamte weitere Entwicklung der Chemie zur Folge. Erst in den letzten Jahren, nachdem Becquerel die Wirkung der Uranerze und -verbindungen auf die Entladung des Elektroskops und nachdem Frau Curie eine der Ursachen der Entladung durch Uranerze, nämlich die Existenz des neuen Elements Radium entdeckt hat, und nachdem Rutherford und Soddy die aus Radium und Thorium entwickelten Gase isoliert haben, ist in Gestalt des Elektroskops ein noch empfindlicheres Werkzeug in die Hand des Chemikers gelegt worden. Jede Entdeckung eines neuen Forschungsprinzips leitet eine neue Entwicklungsreihe ein, und die zusammengesetzte Beschaffenheit mancher sogenannter Elemente tritt in ihrem elektrischen Verhalten einigermaßen in derselben Weise zutage, wie Black die Zerlegbarkeit der Verbindungen im Jahre 1752 bewiesen hat.

*) Die Gerechtigkeit erfordert indessen zu sagen, daß der Sauerstoff gleichzeitig mit Priestley durch den Schweden Scheele entdeckt worden ist.

Lord Kelvin.

Am 16. Juni 1896 fand an der Universität Glasgow eine beinahe einzigartige Feier statt. An jenem Tage wurde das Jubiläum von Lord Kelvin gefeiert; er war während fünfzig Jahre Professor der Physik an jener Universität gewesen. Der Prinz von Wales, jetzt König von England, sandte ihm ein Glückwunschsreiben; 28 Universitäten, 12 Colleges und 51 gelehrte Gesellschaften schickten Delegierte mit Adressen, in denen Lord Kelvin noch viele Jahre Gesundheit und Glück gewünscht wurde, und welche mit Ausdrücken der Bewunderung seine glänzenden Taten im Gebiete der Physik erwähnten. Was waren das für Taten, und wodurch verdienten sie diese allgemeine Bewunderung? Es würde einen viel größeren Raum beanspruchen, als er mir zu Gebote steht, wenn ich hierauf vollständig antworten wollte; ich will daher nur versuchen, eine kurze Skizze von William Thomsons Leben und Werk zu geben.

James Thomson, Williams Vater, war 1812 Lehrer an dem Königlichen Akademischen Institute zu Belfast. Er war ein Abkömmling einer der schottischen Familien, welche im siebzehnten und achtzehnten Jahrhundert nach Irland ausgewandert waren. Er hatte zwei Söhne, James und William, die beide in Irland geboren waren und die beide berühmt wurden. Als William acht Jahr alt war, wurde sein Vater zum Professor der Mathematik an der Universität Glasgow ernannt. Mein Vater war einer seiner Schüler und ich erinnere mich wohl seiner Er-

zählungen von Professor Thomsons Freundlichkeit und Sinn für Humor.

Er hatte die Gewohnheit, seinen Studenten am Beginn der neuen Vorlesung den Inhalt der vorangegangenen abzufragen und in seiner Anfängerklasse begann er mit sehr elementaren Fragen. Eines Tages fragte er einen Hochländer: „Was verstehen Sie unter einem Punkt, Herr M^cTavish?“ Die Antwort war: „Nun, ein Tupfen.“ Bei der Konstruktion einer Figur wurde er gefragt: „Was soll ich zuerst tun, Herr M^cTavish?“ „Eine Kreide in die Hand nehmen.“ Und dann? „Eine Linie ziehen.“ Professor Thomson tat es und nach einer Pause fragte er: „Wie weit soll ich die Linie ziehen, Herr M^cTavish?“ „Ad infinitum“ war die überraschende Antwort.

In dem würdigen Alter von zehn Jahren bezog William die Universität. Seine Erziehung war ausschließlich durch seinen Vater bewirkt worden, denn Professor Thomson war hellsehtig genug, zu erkennen, daß er zwei sehr hervorragende Söhne besaß. Sie wurden in den klassischen Sprachen, Mathematik, Logik und Philosophie unterrichtet.

Im Mai 1907 hatte ich auf dem Jahresfestessen des Glasgow University Club das Glück, Lord Kelvin seine Ansichten über Erziehung darlegen zu hören. Er sprach über die Universität von Glasgow und empfahl die Allseitigkeit der Bildung, welche sie vermittelte. Im Alter von zwölf Jahren, sagte er, sollte ein Knabe seine Muttersprache soweit gelernt haben, daß er sie richtig und mit einiger Freiheit handhabt; er sollte französisch lesen können und imstande sein, lateinische und leichte griechische Autoren zu übersetzen und auch etwas deutsch verstehen. „Nachdem er so die Bedeutung der Worte gelernt hat, sollte der Junge Logik studieren.“ In seinem anmutigen Plauderstil ging er dazu über, die Vorteile der Kenntnis des Griechischen zu preisen. „Ich habe nie gefunden, daß das bißchen Griechisch, das ich gelernt habe, mich ver-

hindert hat, mir einige Kenntniss in der Physik zu erwerben“. In seinem Falle war das allerdings nicht so. Aber er hätte hier wohl die Bemerkung zufügen können, daß es sicherlich ein schwerer Irrtum ist, als unverbrüchliches Gesetz aufzustellen, daß kein junger Mensch das College besuchen dürfe, bevor er das Alter von 15 oder 16 Jahren erreicht hat. Denn William Thomson hat selbst die höchsten Auszeichnungen in Mathematik und Physik erreicht, bevor er so alt war. Man kann ja sagen, daß seine Frühreife ganz außergewöhnlich war, und zweifellos war sie es; aber es sind ja gerade solche Jungen, die eigenartig und verschieden von ihren Altersgenossen sind, welche für ihr Volk von besonderem Werte werden, und so sollte dem ungewöhnlichen Talent jede Entwicklungsmöglichkeit freigemacht werden.

William Thomson verbrachte sechs Jahre an der Universität Glasgow, erwarb aber dort keinen Grad. In jenen Tagen war das Streben des Studenten nicht auf den Titel gerichtet, sondern auf die Erwerbung von Kenntnissen. Vor seinem siebzehnten Jahre ging er nach Cambridge, wo er vier Jahre verbrachte. Dort herrschte das Examinationssystem absolut, und zum Ärger seiner Lehrer wurde William Thomson nicht „senior wrangler“, d. h. er erhielt nicht die Auszeichnung als bester Mathematiker seines Jahrganges. Bekanntlich hängt der Erfolg bei diesem Examen hauptsächlich von der Schreibgeschwindigkeit und der Genauigkeit des Gedächtnisses ab, viel weniger von der Selbständigkeit des Denkens. Der geringere Erfolg Thomsons war dadurch entstanden, daß er eine von den Fragen gar nicht bearbeitet hatte. Sie bezog sich auf die Abkühlung einer erwärmten Kugel und nach der Prüfung fragte ihn einer der Examinatoren: „Aber, Mr. Thomson, warum haben Sie diese Frage nicht bearbeitet? Mr. Tomkinson hat sie ganz richtig gelöst“. „Ja,“ sagte Thomson, „nachdem ich die Arbeit an

das Cambridge Mathematical Journal abgeschickt habe, habe ich wirklich vergessen, wie ich sie angefangen hatte“. Übrigens wußten seine Lehrer doch, wes Geistes Kind er war. In dem Jahre, wo Thomson die Prüfung ablegte, war Robert Ellis Examinator und Harvey Goodwin „Moderator“ und letzterer erzählt: „Ich erinnere mich, daß Ellis mir mit einem Lächeln sagte: Wir beide verstehen ungefähr so viel, daß wir ihm die Schreibfedern schneiden können.“*)

Immerhin gewann Thomson den Preis „Smith“, der mehr für schöpferische Fähigkeiten als für Gedächtnis erteilt wird. Im gleichen Jahre wurde er zum „Fellow“ seines College gewählt; dies brachte ihm ein Einkommen von £ 200 (4000 M.), wodurch er in die Lage versetzt wurde, seine Studien in Frankreich fortzusetzen.

In Cambridge hatte sich Thomson keineswegs ausschließlich den Wissenschaften gewidmet; vielmehr nahm er ein lebhaftes Interesse an der Musik und war Vorsitzender der musikalischen Gesellschaft; ebenso gewann er einen Preis für Rudern. Damals war die Wissenschaft in Cambridge durch die Fesseln gehemmt, welche Newton ihr angelegt hatte. Es ist betäubend, wenn auch vielleicht unvermeidlich, daß nach dem Auftauchen eines großen Mannes eine Periode der Stagnation zu folgen pflegt. So war es mit den Scholastikern, welche vielen Jahrhunderten die Philosophie des Aristoteles aufzwangen; und in Cambridge war 1845 die Wissenschaft abhängig von den Gedanken Newtons, die etwa anderthalb Jahrhunderte alt waren. Ihr Geist war der des Timäus in Platos Dialog, welcher sagte: „Wenn wir Astronomie studieren wollen, so müssen wir uns nicht um die Himmels-

*) Die etwas von dem Englischen Original abweichende Darstellung beruht auf brieflichen Mitteilungen des Verfassers, der diese genauere Schilderung der Freundlichkeit von Hrn. Sidney Lupton verdankt.

körper kümmern“. Tatsächlich war Bacons Rat vergessen, daß man auf dem Wege der Erfahrung und der Induktion vorschreiten solle. Ich brauche nicht hervorzuheben, daß inzwischen der Vorwurf durch die Arbeiten von Clerk-Maxwell, Stokes, Rayleigh und J. J. Thomson gegenstandslos geworden ist. In den vierziger Jahren wirkten in Paris Männer wie Fourier, Fresnel, Ampère, Arago, Biot, Regnault, sämtlich Physiker ersten Ranges, und Thomson verbrachte ein Jahr in Regnaults Laboratorium, wo Versuche über die Eigenschaften der Dämpfe, ihre Dichten, Drucke, spezifischen Wärmen etc. mit der größten Genauigkeit durchgeführt wurden. Im nächsten Jahre, 1846, wurde der Lehrstuhl der Physik in Glasgow vakant und zu seinem Ruhm schlug der damalige Senat der Königin Viktoria vor, William Thomson, damals ein Jüngling von 22 Jahren, zu ernennen. Niemals ist eine Wahl durch ihr Ergebnis besser gerechtfertigt worden. Denn durch Lehre und Beispiel hat Thomson viele Studenten so erzogen, daß sie ihrer alten Universität Ehre machten; und er selbst führte in den Kellern, die ihm als Laboratorium dienten, und welche fast unmittelbar an die Räume grenzten, in denen Watt seine Kondensationsmaschine erfunden hat, fast alle seine zahlreichen und wichtigen Untersuchungen aus.

Thomson war nicht, was man einen guten Redner nennt, er schweifte zu leicht ab. Ich zweifle, ob es möglich ist, daß ein Mensch, dessen Gehirn so sehr oberhalb des Gewöhnlichen liegt und so viel schneller arbeitet, als der Durchschnitt, jemals ein sehr guter Lehrer sein kann. Was mich persönlich anlangt, so hatte ich sehr viel mehr von ihm, als ich ihn zum zweiten Male hörte. Aber Thomson ließ das Interesse seiner Hörer nie ermüden; dies war unmöglich bei seiner Gewandtheit in der Erläuterung und Kraft der Sprache. Eines Tages las er über Kräftepaare und legte dar, wie die Kräfte ange-

bracht werden müssen, um ein Paar zu ergeben; dies erläuterte er, indem er den Doppelarm der Gasbeleuchtung drehte. Dies führte zu einer Erörterung über die miserable Beschaffenheit des Leuchtgases in Glasgow und wie sie verbessert werden könnte. Dann kam er wieder auf die Hauptsache zurück, ergriff die Tür und schwenkte sie hin und wieder, worauf sein Geist wieder in die Betrachtung über die Verschiedenheit der schottischen und der englischen Türen abschweifte. Wir haben nie vergessen, was ein Kräftepaar ist; aber vielleicht hätte doch der Begriff ein wenig unmittelbarer definiert werden können. Er hatte sehr bestimmte Ansichten über „das absurde, zeitzerstörende, lächerliche, seelenverderbende System der englischen Maße und Gewichte“, aber trotz aller Anstrengungen der „Decimal Association“ bleiben wir nebst den Amerikanern und Russen Beispiele irrationalen Konservatismus bezüglich der Wunderlichkeiten unseres Systems.

Die Cartesische Methode, den Ort eines Punktes zu bestimmen, wurde unserem Geist unverwischbar durch folgende Geschichte eingepägt. Ein Student, der annähernd in der Mitte des Hörsaals saß, brachte jenen für den Vortragenden so störenden und dabei so schwierig zu lokalisierenden Ton hervor, der entsteht, wenn man die Stiefelsohle schwach gegen den Fußboden reibt. „Herr Macfarlane“, rief Sir William. Herr Macfarlane, der „fidus Achates“ kam, nahm eine geflüsterte Anweisung entgegen, verließ den Saal und kam nach zehn Minuten mit einem Messband zurück. Er begann damit, längs der einen Wand eine Strecke abzumessen und machte dort ein Bleistiftzeichen. Dann maß er rechtwinkling dazu eine andere Strecke ab, machte ein Kreidezeichen auf den Fußboden und stellte dort einen Stab auf. „Herr Smith, Sie waren es, der vorher das Geräusch machte. Verlassen Sie den Raum“, sagte Sir William. Herr Smith er-

rötete und verschwand. Dann kam die Erklärung. Herr Macfarlane war unter das Gerüst gegangen, auf dem die ansteigenden Bankreihen errichtet waren und hatte genau festgestellt, wo das Geräusch gemacht wurde. Dann hatte er die Entfernung von den beiden Wänden gemessen. Diese Messungen wurden dann angesichts der Studenten wiederholt und die Vorzüge des Cartesischen Coordinatensystems experimentell demonstriert, während gleichzeitig der Gerechtigkeit Genüge getan wurde.

Infolge eines Unfalls war Sir William lahm; dies störte indessen die Beweglichkeit seines Körpers nicht. Er gab im Gegenteil seiner amüsanten Demonstration der gleichförmigen Geschwindigkeit besonderen Nachdruck, als er mit so gleichförmiger Geschwindigkeit hinter dem Experimentiertisch hin- und herwanderte, als sein Fehler ihm erlauben wollte; gewöhnlich brach die ganze Klasse in enthusiastischen Applaus aus, wenn er seinen Schritt änderte und uns in den Begriff der Beschleunigung einführte.

Im Laboratorium war Sir William der anregendste Lehrer, doch sind seine Methoden sehr verschieden von denen gewesen, die man seitdem in die physikalischen Laboratorien eingeführt hat. Meine erste Aufgabe, die mich eine ganze Woche in Anspruch nahm, bestand, wie ich mich erinnere, darin, aus einem Bündel Kupferdraht die Knicke auszumachen. Als ich dies mit einigem Erfolge ausgeführt hatte, wurde ich vor ein Quadrantelektrometer gesetzt und hatte dessen Konstruktion und Gebrauch zu studieren. Ich mußte die Potentialdifferenzen zwischen allen möglichen Dingen, geladenen und ungeladenen, bestimmen, beispielsweise zwischen der Innen- und Außenseite von einem Kinder-Luftballon, der beiderseits mit Graphit bestrichen und mit Wasserstoff gefüllt war. Überlegsam war der Professor nicht immer. Einmal mußte ich die Kurbel einer großen Elektrisiermaschine

drehen, während er eine enorme Leidnerflasche am Knopf hielt und sie außen lud. Erst nachdem sie völlig geladen war, fiel es einem von uns ein, daß die Leidnerflasche zwar solange ganz harmlos war, als er sie in der Hand hielt, daß er aber sofort einen unbequem starken Schlag erhalten würde, sowie er sie auf den Tisch stellen wollte. Nach geschwinder Überlegung hielten zwei von uns ein Handtuch an den Ecken fest und Sir William ließ die Flasche auf die Mitte fallen; dann konnte die Außenseite ohne Gefahr berührt werden. Kurz, wir hatten wenig systematischen Unterricht, sondern wurden mit einem Male darüber belehrt, daß hier oder dort ein unbekanntes Gebiet läge, in welchem man viele Entdeckungen machen kann; und wir bekamen die Empfindung, daß auch wir helfen könnten, in diese Tiefen einzudringen. Wenn auch dieses System nicht ohne Nachteile ist, denn ein systematischer Unterricht hat seine sehr großen Vorzüge, so kann doch auch sehr viel dafür gesagt werden. Einerseits bewirkt ein zu lang ausgedehnter Kursus von Versuchen über wohlbekanntes Dinge, wie dies gegenwärtig beim Physikunterricht fast ausschließlich üblich ist, sehr leicht bei dem Schüler die Vorstellung, daß die Physik darin besteht, daß man den Gebrauch von Apparaten lernt, um mit ihnen Messungen von Dingen zu machen, die schon längst gemessen worden sind. Andererseits bringt der allzufrühe Versuch, in das Unbekannte einzudringen, die Gefahr mit sich, daß er mißglückt, weil die nötige Handgeschicklichkeit noch nicht vorhanden ist. Die beste Art des Unterrichts, die es gibt, ist als Handlanger eines fruchtbaren Kopfes zu dienen, eines Kopfes, der weiß, was er entdecken will, der mit allem bekannt ist, was bisher versucht worden ist, und der stufenweise seinen Mitarbeiter dazu bringt, daß er sich am Denken ebenso beteiligt, wie an der mechanischen Ausführung der Gedanken. Wenn der Student gleichzeitig veranlaßt wird, nachzulesen, nicht

nur was das gerade vorliegende Problem anlangt, sondern über alle Verzweigungen seines Faches, so kann es für solche, deren Begabung sie dafür empfänglich macht, nichts besseres geben, als solch einen anregenden Unterricht.

Für diejenigen, welche das Gebiet nicht selbst einigermaßen kennen, ist es äußerst schwierig, den Inhalt von Lord Kelvins Beiträgen zum menschlichen Wissen zu erklären. Ich beginne damit, daß ich die Worte anführe, die Helmholtz, der verstorbene Professor der Physik an der Berliner Universität und ein alter, intimer Freund von Lord Kelvin über ihn geschrieben hat. „Sein besonderes Verdienst besteht in seiner Methode, die Probleme der mathematischen Physik zu behandeln. Er hat mit der größten Ausdauer dahin gestrebt, die mathematische Theorie von hypothetischen Annahmen zu befreien, welche nicht ein unmittelbarer Ausdruck beobachteter Tatsachen sind. Auf solche Weise hat er sehr viel dazu getan, die alte, unnatürliche Scheidung zwischen experimenteller und mathematischer Physik zu beseitigen und die letztere zu einem genauen und reinen Ausdruck der Gesetze der Erscheinungen zu gestalten. Er ist ein eminenter Mathematiker, aber die Gabe, eine physikalische Erscheinung in eine mathematische Gleichung zu übersetzen, und umgekehrt, ist viel seltener, als die Lösung eines gegebenen mathematischen Problems zu finden, und nach dieser Richtung ist Sir William Thomson ganz besonders hervorragend und original.“ Als Lord Kelvin seine Untersuchungen begann, war die Aequivalenz zwischen Wärme und Arbeit unbekannt; die Kräfte wurden in konservative und nicht konservative geteilt und die Welt war angefüllt mit feinen Fluiden und Effluvien; es muß nahezu hoffnungslos ausgesehen haben, irgend eine allgemeine Erklärung der materiellen Erscheinungen zu suchen. Licht, Wärme, Elektrizität, Magnetismus, chemische Wirkung wurden alle als verschiedene „Kräfte“ angesehen, jede

eine Ursache von Veränderungen. Thomson hat zusammen mit seinem Mitarbeiter Tait, dem früheren Professor der Physik an der Universität Edinburgh, in ihrem Handbuch der theoretischen Physik (deutsch von Helmholtz und Wertheim) sehr viel dafür getan, daß sich die Ansicht verbreitete, die Physik habe es mit Dingen, nicht mit Theorien zu tun, mit realen Beziehungen und nicht mit mathematischen Gleichungen, die nur deren Ausdruck sind; so bemühten sie sich erfolgreich, die Wissenschaft aus den Banden der formalen Mathematik zu befreien. Sie bewiesen, daß das Prinzip der kleinsten Wirkung allgemein ist, daß es mit seiner Hilfe ebenso möglich ist, die Bewegungen der Planeten und ihrer Satelliten zu beschreiben, wie die Bewegungen von Rädern, Drehbänken, Maschinen aller Art, d. h. von jedem Gebilde, dessen bewegende Teile und tätige Kräfte wir aufweisen können.

Im Jahre 1893 hielt Lord Kelvin in der Royal Institution einen Vortrag über isoperimetrische Probleme, in welchem er sich bemühte, die Beschaffenheit dieser allgemeinen Aufgabe darzulegen, welche man die Ermittlung eines Minimums nennt. Er begann mit der Aufgabe, welche im Altertum Dido löste, nämlich mittelst einer Kuhhaut möglichst viel wertvolles Land zu umgeben, d. h. die kürzeste Linie darum zu ziehen. Eine ganz ähnliche Aufgabe ist, durch hügeliges Land eine Eisenbahnlinie mit den geringsten Kosten zu bauen. Und Lord Kelvins außerordentliche Fähigkeit, zwischen anscheinend ganz unzusammenhängenden Dingen das verbindende Glied zu entdecken, tritt auch hier hervor, indem er zeigt, daß die Bedingungen der Stabilität einer Wassermasse, die in einem ellipsoidischen Gefäß rotiert, neben einer großen Anzahl ähnlicher Aufgaben in die gleiche Gruppe gehört. Lord Kelvins Arbeiten über Elastizität sind nicht weniger weitreichend; in Karl Pearsons großem Lehr-

buch dieses Gegenstandes finden sich nicht weniger als hundert Seiten mit Lord Kelvins Beiträgen angefüllt.

Lord Kelvin war ferner der Schöpfer einer Theorie über die letzten Teilchen der Materie, der Atome. Er sah sie als Wirbelringe im Äther an, wobei dieser als eine reibungslose Flüssigkeit betrachtet wird, die alles durchdringt, auch die Zwischenräume zwischen den Atomen. Wirbelringe in der Luft, wie sie zuweilen von Rauchern hervorgebracht werden, sind elastisch; man kann sie nicht zerschneiden, ohne sie ganz zu zerstören. In einer reibungslosen Flüssigkeit würde ihre Bewegung ewig sein, nachdem sie einmal hervorgerufen worden war. Neuere Entdeckungen mögen diese Auffassung der Natur der Materie modifizieren; doch hat sie vieles, was für sie spricht.

Kelvin war ein energischer Verteidiger von Joules Arbeiten über die Aequivalenz von Wärme und Arbeit. Bis 1850 nahmen manche an, daß die Wärme, welche beim Zusammenpressen eines Gases entwickelt wird, einfach Wärmestoff sei, welcher aus den Zwischenräumen des Gases herausgepreßt würde, wie man Wasser aus einem Schwamm preßt. Kelvin aber lehrte, daß die Wärme von den Stößen herrührt, welche durch die Bewegungen der Gasmoleküle bewirkt werden, und daß, wenn ein Gas komprimiert wird, die Anzahl der Stöße auf die Gefäßwände zunimmt und dadurch die hierbei getane Arbeit als Wärme erscheint. In dieser Gedankenreihe wurde es notwendig, eine absolute Temperaturskala aufzustellen, und auch diese verdanken wir Lord Kelvin. Sie beruht auf dem bekannten zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie, daß Wärme nicht ohne Arbeitsaufwand von einem kälteren auf einen wärmeren Körper übertragen werden kann. Diese Gedanken brachten ihn auf die Frage nach dem wahrscheinlichen Alter der Erde, die auf einer Schätzung ihrer ursprünglichen Temperatur und einer Be-

rechnung ihrer Wärmeverluste durch Strahlung beruht. Sein Ergebnis ist, daß die Erde seit zwanzig Millionen Jahren bewohnbar sein konnte, aber nicht früher als vor vierhundert Millionen Jahren bewohnbar geworden ist.

Das Gebiet des Elektromagnetismus verdankt Lord Kelvin sehr viel. Das von Faraday vermutete Medium entwickelte er zu einem Hilfsmittel für die Darstellung elektromagnetischer Kräfte durch die Analogie mit der Spannung in einem gedrillten elastischen festen Körper. In derselben Weise entwickelte er später die Beziehung zwischen Energie und Elektromagnetismus, entwarf unser jetziges System von elektrischen Einheiten, Volt, Ampère, Faraday, Coulomb usw. und konstruierte Apparate, um deren Werte zu messen. Ist es erlaubt, seine Beiträge zur praktischen Wissenschaft nach Werten zu bemessen, so ist dieser der wichtigste. Ohne sie würde die wissenschaftliche Elektrik ebenso hilflos sein, wie der Handel ohne Geld und ohne Maß und Gewicht. Auf seine Arbeit ist die drahtlose Telegraphie zurückzuführen und außerdem zahlreiche andere Anwendungen des elektrischen Stromes. Er lehrte die Welt, wie man durch Kabel geschwinde Zeichen senden kann, so daß er ein Bahnbrecher der Kabeltelegraphie wurde. In den Jugendjahren der Kabeltelegraphie versuchte man nämlich, die Geschwindigkeit der aufeinanderfolgenden Zeichen durch recht starke Ströme zu erzwingen; doch zeigte Kelvin, daß gerade umgekehrt schwache Ströme neben empfindlichen Instrumenten die Schwierigkeit heben. Sein „Siphon recorder“ (Heberschreiber) ist noch jetzt im Gebrauch und kann schwerlich verbessert werden. Eine große soziale und kommerzielle Revolution datiert vom August 1858, als unterhalb des Ozeans die Nachricht dahinflog: „Europa und Amerika sind durch elektrische Telegraphie verbunden. Ehre sei Gott in der Höhe, Frieden auf Erden und den Menschen ein Wohlgefallen“. Diese Revolution verdankt

Sir William Thomson sehr viel, da er niemals in der Überzeugung schwankend wurde, daß alle Schwierigkeiten sich würden überwinden lassen. Seine Anwesenheit auf dem Schiffe, das das erste atlantische Kabel legte, führte sein Interesse nautischen Problemen zu; so erfand er einen Tiefenmesser und einen Kompaß, den man leicht wegen der magnetischen Abweichungen korrigieren kann, die durch das Eisen und den Stahl hervorgerufen werden, die beim Erbauen des Schiffes unentbehrlich sind.

Lord Kelvins Größe muß indessen nicht nur nach seinen eigenen Entdeckungen und Erfindungen geschätzt werden, so groß diese sind; auch als Beispiel für Andere war er unschätzbar. Seine aufrichtige und einfache Hingabe an die Wahrheit, sein Interesse an den Arbeiten anderer und seine Sympathie mit ihren Anstrengungen, die Gerechtigkeit seines Sinnes und seine Freiheit von Vorurteilen, seine Geradheit und Liebenswürdigkeit haben die Ideale der ganzen wissenschaftlichen Gemeinde gehoben und haben die besten Geister der Welt auf das tiefste beeinflußt. Sein Gedanke „eines Schatzes, dessen Wert keine Worte angemessen aussprechen können“, ist: „Wohlwollen, Güte, Freundschaft, Anteilnahme, Ermutigung zu weiterer Arbeit“. Männern solchen Schlages schuldet die Welt eine ewige Dankbarkeit und keine Ehre ist für sie zu hoch. Es ist eine Freude, festzustellen, daß Lord Kelvins geistige Energie durch die Bürde von mehr als achtzig Jahren nicht gebrochen worden war. Er hat noch im August 1907 in der Versammlung der Britischen Gesellschaft für die Förderung der Wissenschaften in Leicester teilgenommen und griff auch seinerseits in die Verhandlungen über die Natur des Atoms ein. Bei den meisten Menschen wird mit dem Alter der Geist ebenso steif wie der Körper und wird unfähig, neue Eindrücke aufzunehmen; Lord Kelvin dagegen hatte bis in seine letzten Tage die Energie und Elastizität eines jungen Mannes. Wir dürfen glücklich

sein, daß er uns so lange erhalten geblieben ist, um die Welt mit seiner Weisheit und seinem unnachahmlichen Beispiel zu bereichern.

Pierre Eugène Marcellin Berthelot.

1827—1907.

Marcellin Berthelot ist ein gebürtiger Pariser gewesen; er kam zur Welt am 25. Oktober 1827 in einer Wohnung, die auf die Rue de Mouton hinausschaut, die am Place de Grève liegt, der nun durch die Tätigkeit des Barons Haußmann zum Place de l'Hotel de Ville geworden ist. Sein Vater, ein praktischer Arzt, gehörte der Sekte der Jansenisten an, eines kleinen Zweiges der Gälischen katholischen Kirche. Er war ein ernsthafter Mann, den die Torheit seiner Mitbürger erzürnte, und der die Leiden und die Armut seiner Patienten lebhaft empfand. Die „Kirche des Glaubens“ hat ihre eigene Liturgie und die Gemeinde versammelte sich, um Lieder und Psalmen zu singen. Unter den Priestern waren viele Dr. Berthelots Patienten und der junge Berthelot mag oft die schließlich erfolgreichen Erörterungen darüber angehört haben, die Römische Liturgie anstelle der gälischen einzuführen. Dr. Berthelot hatte sich 1826, kurz nach Antritt seiner Praxis verheiratet. Seine Frau war lebhaft und gescheit, sie hat ihre Beschaffenheit auf den Sohn übertragen.

Damals war Karl X. auf dem Thron. Die Alliierten hatten Frankreich in ein „gouvernement de curés“ verwandelt, und es war ein Teil der staatlichen Zeremonien, Prozessionen zu veranstalten, die vom heiligen Sakrament und dem päpstlichen Nuntius, einem Kardinal in rot, von den Tuilerien bis Notre Dame und zurück geführt wurden, und an denen der König, die Königin und der Dauphin (der nach der Behauptung von Mama Berthelot ver-

stand, hinter sich zu gucken, ohne den Kopf zu wenden) sowie der ganze Hof teilnahmen. Die Zuschauer waren bei Strafe der Gotteslästerung gehalten, beim Vorbeigang des Allerheiligsten niederzuknieen; wer es nicht tat, wurde verklagt und schwer bestraft.

Eine solche Travestie der Religion war nicht nach Dr. Berthelots Geschmack. Die Bourgeoisie war liberal und schwur auf Voltaire, und Berthelots Familie gehörte zu dieser Klasse. Während der Revolutionen von 1830 und 1848 hatte man von ihrem Hause aus einen vollen Überblick über die hauptsächlichsten Szenen dieser Ereignisse und der junge Berthelot muß Augenzeuge vieler Vorgänge der Unordnung und Gewalt gewesen sein. Da er geistig hoch entwickelt und psychisch sehr eindrucksfähig war, so sind sicherlich seine späteren Überzeugungen weitgehend durch diese Ereignisse seiner Jugend beeinflußt worden.

Marcellin war der Mutter nicht nur äußerlich ähnlich, sondern es bestand zwischen beiden auch die innigste Sympathie. Ihr beliebter Spaziergang war im bischöflichen Garten hinter Notre Dame längs der Ufer mit ihren Blumenständen, und in den Jardin des Plantes. Beide hatten einen geschwinden und mannigfaltigen Geist; sie waren auf das lebhafteste für alles interessiert, und wie Frau Berthelot zu sagen pflegte (indem sie das Bild von einer der Invasionen entnahm, die sie erlebt hatte), sie konnten beide „ein russisches Gespann mit sicherer Hand bei vollem Galopp lenken“. Der Verfasser lernte Berthelot erst während seiner letzten Jahre, seit 1878, kennen und hat nie mit Jemandem gesprochen, der eine solche Geschwindigkeit des Denkens zeigte. Wenn ihm ein Gedanke gegeben wurde, so verfolgte er mit seinem schnellen und überschauenden Verstande alle seine möglichen Verzweigungen und Nebenwege, übersah die Konsequenz dieser Annahme und jener, und schaltete zuweilen

eine nette Bemerkung ein, nicht gerade humoristisch, aber „fine plaisanterie“. Er war ein entzückender Plauderer, interessiert und riesig interessant; bereit, auf jeden beliebigen Gegenstand einzugehen und ebenso willig, alle möglichen Ansichten anzuhören, auch solche, die den seinen entgegen waren.

Ausdauer, Charakterstärke und Pflichttreue hatte er vom Vater geerbt. Berthelot pflegte zu bedauern, daß er nicht den Optimismus seiner Mutter geerbt hatte. Er erzählte, daß, wenn ihr ein Unglück passierte, sie eine, wie die Franzosen es nennen, „*crise de larmes*“ hatte, die bald verging und ihrer gewöhnlichen optimistischen Heiterkeit Platz machte. Gewöhnlich erhob sich durch ihre Tränen ein Regenbogen und sie faßte sich heiter gegenüber dem Unvermeidlichen.

Nach dem Abbruch der Rue de Mouton siedelte die Familie nach Neuilly über, das damals noch ganz auf dem Lande lag. Zu ihren sonntäglichen Mittagsmahlzeiten schneite oft Renan als Gast hinein. In einem seiner Briefe erzählt er, wie er und Berthelot Freunde wurden. Er hatte eben auf seine geistlichen Weihen verzichtet und war Maître Répétiteur in einer Schule geworden, wo er eine einsame und trübselige Existenz führte, niedergedrückt durch die inneren Kämpfe, die er durchgemacht hatte, und fern von seiner Familie, die in der Bretagne wohnte. Eines Tages schloß sich ihm einer seiner Schüler an, der etwa vier Jahre jünger war als er; ihr Gespräch wurde lebhaft und es entstand schnell eine Freundschaft, die durch ein ganzes Menschenleben dauern sollte. Sie sahen sich oft; seit sie sich als schlanke Jünglinge aneinander geschlossen hatten, verging kein Jahr, selten ein Monat, ohne daß sie sich sahen. Renan pflegte Berthelot gelegentlich zu necken; es wird erzählt, daß beim Vorübergehen an einem Kirchhof Renan ihm gesagt hat: „Das ist die einzige Stelle, um die Du Dich nicht bewor-

ben hast“. Derartige Ausfälle wurden indessen immer mit Heiterkeit und in guter Stimmung aufgenommen. Ein andermal, als Renan durch die Bemerkung provoziert worden war, daß sein abgetragener Rock ihn wie einen Kosaken aussehen ließ, fragte er dagegen: „Woher kommt es eigentlich, daß Du immer aussiehst, als kämst du von einem Gefecht hinter einer Barrikade?“ Während Berthelot schlank blieb, wurde Renan ziemlich dick. Der nervöse und bewegliche Berthelot behielt fast bis zu seinem Tode seine fieberhafte Leidenschaft zur Arbeit; Renan war dagegen nachdenklich, fast ein Träumer. Berthelot hatte die schmerzliche Pflicht zu erfüllen, seinem Freunde die Gedenkworte bei der Enthüllung des von Tréguier geschaffenen Denkmals nachzurufen. Er betonte Renans Klarheit bis zum Tode, seine Arbeitsfreude, seine große geistige Lebendigkeit — diese Worte konnten mit gleichem Rechte auf ihn angewendet werden.

Nachdem der junge Berthelot die Schule des Lycée Henri IV. glänzend durchgemacht hatte, erhielt er bei einer freien Konkurrenz 1846 den Ehrenpreis. Ohne jede Nachhilfe erwarb er sich alle Grade, Bachelier, Licencié und Docteur des Sciences. Als Doktorarbeit legte er eine einigermaßen auffallende Abhandlung vor, deren Titel war: Die Verbindungen des Glycerins mit den Säuren und die künstliche Herstellung der natürlichen Fette. Während er diese Untersuchungen ausführte, war er Vorlesungsassistent bei Balard am Collège de France. Wesentlich durch den Einfluß von Duruy, damals Unterrichtsminister, wurde Berthelot 1861 auf den Lehrstuhl der organischen Chemie an derselben Anstalt berufen; dort ist er dann während seines ganzen Lebens geblieben. Im gleichen Jahre erhielt er von der Akademie der Wissenschaften den Jecker-Preis für seine wichtigen Untersuchungen über die künstliche Herstellung organischer Verbindungen durch Syn-

these, wobei sie gleichzeitig die Schaffung eben des Lehrstuhles beantragte, den Berthelot so lange zum Ruhme der Anstalt eingenommen hat. Er selbst sagt: „Seit dem Beginn meines Lebens dem Kultus der reinen Wahrheit hingegeben, habe ich mich niemals in den Streit der praktischen Interessen gemischt, welcher die Menschen trennt. Ich habe einsam in meinem Laboratorium gelebt, umgeben von einigen Schülern, meinen Freunden“.

Als er den Jecker-Preis erhielt, war er 35 Jahre. Die Stellung am Collège de France machte es ihm möglich, Fräulein Bréguet, die Tochter eines französischen Schweizers zu heiraten, deren Familie durch die Fabrikation von Uhren sich seit der Mitte des vorletzten Jahrhunderts reich und berühmt gemacht hatte. Herr Bréguet war ein Fabrikonstrukteur nahe dem Place de l'Hotel de Ville, am Quai des Horloges, und die Familien waren von jeher befreundet. Fräulein Bréguet war eine gute Partie, von erheblicher Mitgift und einer Schönheit, die sie bis zum Ende ihres Lebens behielt. Sie war von freundlichem Verhalten, mit liebevollen Augen und lebhafter Gesichtsfarbe, die noch wirksamer erschien, als ihr Haar in ihrem späteren Alter silberweiß geworden war. In der Kirche Saint-Etienne du Mont befindet sich ein Bild einer heiligen Helena, deren Antlitz nach Frau Berthelot in ihren Mädchenjahren gemalt worden ist. Die erste Beziehung des jungen Paares war einigermaßen romantisch. Dem armen Berthelot war Fr. Bréguet zweifellos als außerhalb seines Bereiches erschienen, auch war seine Aufmerksamkeit anderweit in Anspruch genommen. Eines Tages aber kreuzte Fr. Bréguet den Pont Neuf, die längste Brücke in Paris, gegen einen starken Wind. Sie trug einen entzückenden Florentiner Strohhut, wie sie damals modern waren, und hinter ihr schritt ihr künftiger Gemahl. Plötzlich drehte sie sich um, damit ihr der Wind nicht den Hut vom Kopf riß und

lief in seine Arme. War es auch nicht eine Liebe auf den ersten Blick, so war es doch eine auf die erste Berührung. Sie haben dann das glücklichste Eheleben geführt; man darf sagen, daß sie in einander bis zu ihrem Tode verliebt waren. Einer der Söhne schrieb: „Mein Vater und meine Mutter beteten sich gegenseitig an; niemals hat der mindeste Schatten ihr Glück getrübt. Sie hatten sich vom ersten Tage ab verstanden. Sie waren geschaffen, um sich zu ergänzen. Meine Mutter hat sich stets in den Hintergrund gegenüber ihrem Gatten gestellt, obwohl sie sehr gebildet und intelligent war, und hatsich damit begnügt, ihn vollkommen glücklich zu machen. Nach ihrer Ansicht war dies der einzige Weg, an seinem Werk mitzuarbeiten“. Ein anderer intimer Freund schrieb: „Herr und Frau Berthelot liebten sich zärtlich; beide waren auserwählte Naturen und seine Gefährtin hat nie aufgehört, ihn zu ermutigen und zu stützen“. Niemand, der das Haus besuchte, konnte die vollkommene gegenseitige Hingabe verkennen; es konnte keine glücklichere Familie geben. Obwohl Frau Berthelot nicht gesprächig war, machte sie es doch durch ihren vollkommenen Takt, ihre heitere Art und ihr sympathisches Gesicht jedem ihrer Gäste vollkommen behaglich. Der Ball des Gespräches flog leicht von Hand zu Hand um den Tisch und der Hausherr gab seinen Anteil in Gestalt origineller und paradoxer Bemerkungen. Ein Essen bei Berthelot in seinem alten Hause im Palais Mazarin, dem Heim des „Institut“, waretwas, was man nicht leicht vergaß. In ihrer barmherzigen Gesinnung pflegt Frau Berthelot alle getragenen Kleider der Familie zuerst in die Reinigungsanstalt zu schicken, dann wurden sie sorgfältig repariert und dann erst an arme Bekannte verteilt.

Im Jahre 1881 wurde Berthelot zum permanenten Senator ernannt und hielt es für seine Pflicht, seinen An-

teil an der Verwaltung seines Landes zu nehmen. Mit Hilfe seiner Gattin führte er es durch, beide Ämter gleichzeitig auszufüllen. Im Senate pflegte Berthelot versunken in seinem Lehnstuhl dazusitzen, den Kopf zurückgelehnt und die Augen geschlossen, scheinbar auf nichts Acht gebend. Aber nichts von Bedeutung entging ihm. Er nahm einen lebhaften und wirksamen Anteil an verschiedenen Kommissionen, die sich mit Erziehungsfragen beschäftigten. Als Unterrichtsminister im Ministerium Goblet 1886 beschäftigte er sich so eifrig mit der Reform der Erziehungsmethoden, daß er sich eine ausgedehnte Popularität erwarb. Die von ihm eingebrachten Gesetzentwürfe bezogen sich auf den elementaren, wie den höheren Unterricht, Universitäten und technische Schulen. An die letzten glaubte er nicht, außer für die Entwicklung der Handfertigkeit. Später, im Kabinett Bourgeois war er kurze Zeit Minister der äußeren Angelegenheiten aber die Umständlichkeiten der parlamentarischen Wirtschaft waren nicht nach seinem Geschmack. Er wurde nur mit Schwierigkeiten dazu gebracht, den Englisch-Französischen Vertrag bezüglich Siam zu unterzeichnen; unmittelbar darauf gab er das Amt auf.

Berthelots Lebenslauf ist bald erzählt: er bestand aus Ehrung auf Ehrung. Er wurde 1863 zum Mitglied der Académie de Médecine ernannt; 1867 beteiligte er sich an der Begründung der École des Hautes Études und der Reorganisation des wissenschaftlichen Unterrichtes. Im Jahre 1873 folgte die Mitgliedschaft der Académie des Sciences, deren beständiger Sekretär er 1889 wurde.

1900 wurde ihm die seltene Ehre, unter die vierzig Unsterblichen der Académie Française aufgenommen zu werden, als Nachfolger von Joseph Bertrand. Von 28 Stimmen fielen 19 auf ihn, die übrigen Zettel waren weiß. Nach vier Jahren, 1904, hielt er die statutenmäßige Rede. Er war Mitglied des Conseil supérieur des Beau-Arts, des

Conseil supérieur de l'instruction publique und 1886 wurde er Großritter der Ehrenlegion. Er war Mitglied ziemlich aller wissenschaftlichen Gesellschaften der Welt.

Am 24. November 1901 wurde das Berthelot-Jubiläum, die Feier seines fünfundsiebzigsten Geburtstages, unter dem Vorsitz des Präsidenten Loubet begangen. Es fand in der großen Halle der Sorbonne statt; die ganze Regierung, die Gesandten aller fremden Staaten und Abgesandte von wissenschaftlichen Gesellschaften der ganzen Welt waren zugegen. Frau Berthelot mit ihren Kindern und Enkeln nahm einen hervorragenden Platz ein, glänzend von unverhelter Freude; Berthelot hatte das Anerbieten der Regierung, im Triumphzug im Wagen des Präsidenten unter militärischer Begleitung zu kommen, abgelehnt. Er ging zu Fuß vom Quai Voltaire nach der Sorbonne, eingewickelt in seinen Mantel, um den Großcordon der Ehrenlegion zu verstecken und den Hut im Gesicht, um nicht erkannt zu werden. Der Präsident der Republik umarmte ihn und dann wurde eine Adresse nach der anderen übergeben, indem jeder Delegierte die Glückwünsche der Körperschaft überbrachte, für die er gekommen war. Es war ein nationales Fest. So ehrte das französische Volk den Senior seiner Wissenschaft.

Am 18. März 1907 kam das Ende. Frau Berthelot war seit etwa drei Monaten leidend gewesen; es stellte sich ein Herzleiden heraus, das bei ihrem Alter von 70 Jahren gefährlich war. Nachdem sie bettlägerig geworden war, wachte Berthelot jede Nacht bei ihr in einem großen Armstuhl und verließ sie nur, wenn sie schlief. Er litt an dem gleichen Leiden, das durch seinen Mangel an Ruhe noch verschlechtert wurde. Seine Familie bemerkte sein fieberhaftes Aussehen am Morgen; er schob es darauf, daß er eine Abhandlung zur Veröffentlichung vorbereitete. Am Passionssonntag trat eine leichte Besserung ein, und Berthelot verbrachte den Nachmittag in

seinem Laboratorium in Meudon. In der Nacht aber verlor Frau Berthelot das Bewußtsein und ihr Gatte verließ ihr Bett nicht bis Montag um vier, wo das Ende eintrat. Berthelot erhob sich plötzlich aus dem Armsessel, warf seine Arme empor, stieß einen Schrei aus und fiel tot nieder. Sie starben gemeinsam, wie sie gelebt hatten.

Es bleibt mir nun übrig, eine Übersicht über Berthelots wissenschaftliche Arbeit zu geben. Der Jecker-Preis ist bereits erwähnt worden; er war die Anerkennung für seine Arbeiten in der Wirkung der Synthese der Kohlenstoffverbindungen. Er begann 1851 mit der Untersuchung der Rotglühhitze auf Alkohol, Essigsäure, Naphthalin und Benzol; dies führte ihn zu der Wiederentdeckung des Azetylens, das zuerst von Edmund Davy, dem Bruder von Sir Humphry, erhalten worden war. 1856 gelang ihm die Synthese des Methans aus einem Gemisch von Schwefelwasserstoff und Kohlenstoff durch die Einwirkung von Kupfer. 1862 erhielt er durch Erhitzen von Sumpfgas Aethylen und Azetylen. Seine Kondensation des Azetylens zu Benzol stellte die erste Verbindung zwischen den aliphatischen und den aromatischen Stoffen her. Seine unmittelbare Synthese des Azetylens 1862 aus Kohle und Wasserstoff, und die Bildung des Alkohols durch Hydrolyse des sauren Aethylsulfats, das seinerseits aus Aethylen und Schwefelsäure hergestellt worden war, sowie seine Synthese des Cyanwasserstoffs 1868 wiesen den Weg, die zahllosen Kohlenstoffverbindungen unmittelbar aus den Elementen herzustellen.

Auch bezüglich der Alkohole hat Berthelot viel Aufklärung beschafft. 1857 gewann er Methylalkohol aus Sumpfgas durch Chlorierung und Hydrolyse; 1858 erkannte er Cholesterin, Trehalose, Meconin und Camphol als Alkohole; dazu fügte er 1863 Thymol, Phenol und Kresol und führte die Erkennung der Alkohole durch Azetylierung ein.

Bezüglich der Ester hatte er schon 1853 begonnen, seine Aufmerksamkeit den Verbindungen des Glycerins zuzuwenden. Im gleichen Jahre gelang ihm die Synthese einiger tierischer Fette, wobei er ihre Analogie mit den Estern nachwies, wie bereits erwähnt wurde, andere Ester des Glycerins stellte er durch Einwirkung von Säuren her. Durch Jodwasserstoff erhielt er indessen zwei Stoffe von anderer Klasse, nämlich Isopropyljodid und Allyljodid; aus dem letzteren stellte er zuerst künstliches Senföl her. Die Ähnlichkeit der Zucker mit Glycerin führte ihn auf die Einwirkung der Säuren auf Zucker und er stellte dabei viele ihrer Ester dar. 1857 und 58 wurde die Gärung des Mannits und anderer vielwertiger Alkohole studiert, ebenso die Umwandlung von Mannit und Glycerin in eigentliche Zucker. Die Ester des Pinitz und anderer Stoffe mit Weinsäure wurden untersucht, auch wurde 1858 Trehalose und Melzitose entdeckt. 1859 erklärte Berthelot, daß die Wirkung der Hefe nicht ein vitaler, sondern ein chemischer Vorgang sei; auf das Studium der Gärung kam er wieder und wieder zurück.

Diese und ähnliche Untersuchungen brachten ihn auf den Gedanken, den zeitlichen Verlauf dieser Vorgänge gemeinsam mit Péan de St. Gilles zu untersuchen. Es wurde aus diesen 1861 begonnenen Versuchen eine sehr lange Arbeit über das chemische Gleichgewicht und die „Verwandtschaft“. 1869 versuchte er, ob sich die Einwirkung der Salzsäure auf Zink durch Druck hemmen läßt, doch geschah dies nicht; im gleichen Jahre erforschte er das Gleichgewicht zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff, indem er Azetylen unter Druck dem elektrischen Funken aussetzte. Im gleichen Jahre gab er die Gesetze an, nach denen sich ein Stoff zwischen zwei nicht mischbaren Lösungsmitteln verteilt und untersuchte den Gleichgewichtszustand in Lösungen. Im gleichen Jahre begannen seine ausgedehnten Arbeiten aus der Thermochemie. 1875 kam

er auf das Problem des chemischen Gleichgewichts zurück, indem er die Gesetze der Verteilung einer Säure zwischen mehreren Basen in Lösung untersuchte.

Unter seinen Synthesen befindet sich die der Ameisensäure aus Kohlenoxyd und Ätzalkalien; der Oxalsäure durch die Oxydation des Azetylens; der Azetate durch die langsame Oxydation des Azetylens in Berührung mit Luft und Ätzkali bei diffusem Tageslicht.

1857 studierte er die Verbindung der ungesättigten Kohlenwasserstoffe mit den Halogenwasserstoffen, ebenso wie die Reduktion der entstandenen Verbindungen zu Kohlenwasserstoffen. Aus Äthylen und Jodwasserstoff gewann er 1860 synthetisches Äthyljodid; 1867 führte er die Anwendung des konzentrierten Jodwasserstoffs als allgemeines Reduktionsmittel bei höheren Temperaturen ein.

Durch seine zahlreichen und wichtigen Untersuchungen über die Azetylide des Silbers und Kupfers wurde Berthelot wahrscheinlich auf die Explosivstoffe geführt, die von 1862 bis 1866 erforscht wurden. Im gleichen Jahre entwickelte er die Theorie, daß die mineralischen Kohlenwasserstoffe möglicherweise durch die Einwirkung von Kohlensäure und Wasser auf die Azetylide der Alkalimetalle entstanden sein könnten, wobei sich das anfangs gebildete Azetylen durch hohe Temperatur in die anderen Kohlenwasserstoffe umgewandelt haben mag. Die Untersuchungen über die Azetylide hatten 1870 eine Fortsetzung in den Arbeiten über die Explosivkraft des Schießpulvers, wobei die Explosionen im Kalorimeter ausgeführt wurden.

1871 wendete sich Berthelot der Untersuchung der Explosion in Gasmischungen zu und bestimmte die Bildungswärme des Nitroglyzerins. Diese Arbeiten wurden 1874 und 76 fortgesetzt und 1877 auf die Explosionstemperaturen und die Geschwindigkeit der Verbrennung ausgedehnt. 1878 gelangten die explosiven Mischungen von Staub und

Luft, 1880 das Knallquecksilber zur Untersuchung. Die Geschwindigkeit der explosiven Welle wurde in Gasen 1882 gemessen; 1884 folgten Messungen der spezifischen Wärme der Gase bei hohen Temperaturen. Im gleichen Jahre erfand er die kalorimetrische Bombe und paßte sie 1892 den Erfordernissen der organischen Analyse an.

Die allotropischen Modifikationen der Elemente erregten gleichfalls Berthelots Aufmerksamkeit. 1857 begann er die verschiedenen Formen des Schwefels zu studieren; thermochemisch untersuchte er sie 1870. Ebenso untersuchte er 1869 die allotropen Formen des Kohlenstoffs und stellte die verschiedenen Formen des Graphitoxys her. Auch auf Silber und andere Metalle dehnte er seine Forschungen aus.

Berthelot arbeitete ferner viel mit der „stillen Entladung“. Er wurde auf sie aufmerksam, als er 1876 Gemische kohlenstoffhaltiger Gase mit Stickstoff diesem Einfluß unterzog und Stickstoffverbindungen erhielt. Dann wiederholte er Brodies Versuche und erhielt gleichfalls das Oxyd C_4O_4 . Das gleiche Hilfsmittel gab ihm 1878 das höchste Oxyd des Schwefels, S_2O_7 , in oft zentimeterlangen Nadeln und ebenso 1881 das höchste Oxyd des Stickstoffs. Dasselbe Reagens ließ er 1895 auf Argon, und später auf Helium einwirken.

Schon früh hatte Berthelot angefangen, sich für Agrikulturchemie zu interessieren. Aus seinem Laboratorium in Meudon hat er unter Mitwirkung seines Assistenten André eine große Reihe von Abhandlungen veröffentlicht, die sich hauptsächlich auf die Aufnahme des Stickstoffs durch Pflanzen beziehen und auf deren Verhalten unter dem Einfluß der elektrischen Energie. Er behielt das Interesse an diesen Versuchen bis zu seinem Lebensende bei und er hoffte, durch elektrische Behandlung die Ausbeute der Ackerflächen zu erhöhen und so der Welt die Nahrung zu vermehren.

Obwohl Berthelot so lebendig in der Gegenwart lebte, so hatte doch die Vergangenheit eine große Anziehungskraft für ihn. 1877 analysierte er eine Probe eines römischen Weines, die in einer zugeschmolzenen Flasche aufbewahrt gewesen war, und über die Zusammensetzung antiker Gegenstände hat er zahlreiche Mitteilungen veröffentlicht. Seine Werke „Les Origines de l'Alchimie“, „Collection des Anciens Alchimistes Grecs“; „Introduction à l'étude de la Chimie des Anciens et du Moyen Age“ beanspruchten lange Forschungen in alten Manuskripten; er lernte altgriechische Schrift entziffern, war aber für Arabisch auf die Hilfe anderer angewiesen.

Außer diesen Werken über Alchimie hat Berthelot sehr viele andere verfaßt. 1872 veröffentlichte er ein Lehrbuch der organischen Chemie, dessen vierte Auflage 1899 erschien. Dann kam „La synthèse chimique“, „Essai de mécanique chimique“ (1879), wo er das Prinzip der größten Arbeit aussprach, eine Lehre, die er später zurückgenommen oder doch sehr stark abgeändert hat; „Traité pratique de calorimétrie chimique“; „Thermochimie; Données et lois numériques“, das eine Zusammenfassung seiner überaus vielen thermochemischen Arbeiten enthält; dieses Buch und das von Julius Thomsen sind die Fundamentalwerke des Gebietes und ein jedes enthält nur die eigenen Arbeiten des Verfassers.

Berthelots Geist war von der Beschaffenheit, daß er sich nicht nur für die Dinge selbst, sondern auch für ihre Ursprünge interessierte und in „Science et Philosophie“ und „Science et Morale“ behandelt er die Beziehungen zwischen der Wissenschaft und dem menschlichen Denken. Der gleiche kritische Geist offenbart sich in seiner „Histoire des Sciences; La Chimie au moyen age“, worin die Syrische und Arabische Alchimie behandelt ist.

„La Revolution chimique de Lavoisier“ ist eine starke

Parteischrift für diesen. 1898 veröffentlichte Berthelot seinen Briefwechsel mit Renan.

Die Vorlesungen, die er am Collège de France hielt, wurden unter dem Titel: „Leçons sur les méthodes générales de Synthèse en chimie organique“; „Leçons sur la Thermo-chimie“; „Leçons sur les principes sucrés“; „Leçons sur l'isomérisie“ veröffentlicht. In seiner „Chaleur animale“ behandelte er die Anwendung der Thermochemie auf die Probleme des Lebens und 1901 publizierte er „Les Car-bures de l'Hydrogène.“

Ein Punkt darf nicht unerwähnt bleiben. Man hat Berthelot oft den Vorwurf gemacht, daß er die Wissen-schaft auf falscher Bahn erhielt, indem er eigensinnig die alten Äquivalentformeln beibehielt, nachdem die ganze Welt sie aufgegeben hatte. Der Autor erinnert sich sehr gut eines Gespräches gegen Ende der Achtziger Jahre, in dem Berthelot seinen Standpunkt verteidigte. Er sprach seine Ansicht dahin aus, daß die Vertreter der anderen Anschauung (d. h. die ganze chemische Welt!) ihm ebenso vorkämen, wie die Verteidiger der Phlogiston-theorie. Die Antwort war naheliegend; sie wurde aber nicht ausgesprochen. Berthelot hat nicht einmal die Entschuldigung von Cavendish, der nach einer ent-schlossenen Darstellung seiner Versuchsergebnisse in der Form der neuen Hypothese Lavoisiers, sie auch in der Form der Phlogistontheorie vortrug und dann erklärte, er zöge vor, sich in den alten gewohnten Formen auszu-drücken, statt in den neueren Ausdrucksweisen. Denn 1890 war Berthelot wahrscheinlich der einzige Über-lebende jener älteren Schule. Professor Guye, der seine Vorlesungen 1890—91 hörte, erzählt, daß er das Semester wie gewöhnlich mit seiner gewöhnlichen Notation, deren einziger Verteidiger er war, angefangen hatte (Äquiva-lente, bezogen auf zwei Volume Dampf), und daß inmitten eines Kapitels, ohne die geringste Warnung zum großen

Erstaunen der Zuhörerschaft der Übergang bewerkstelligt wurde, so daß er den ersten Teil des Gegenstandes in seiner alten Notation behandelt hatte, dessen zweiter Teil in der neuen Notation vorgetragen wurde, der er sich so lange widersetzt hatte.

Niemand fühlt besser, als der Autor, daß er dieser bemerkenswerten Persönlichkeit nicht hat gerecht werden können, und die einzige Entschuldigung ist, daß er sein bestes zu tun sich bemüht hat. Er wünscht, es wäre möglich, seinen Lesern einen Eindruck von dem glänzenden Geist, der Lebhaftigkeit, der Kraft, der Begabung, dem Talent und dem hohen Charakter des großen Chemikers zu vermitteln. In der überaus lebenswahren Plakette von Chaplain sind seine Züge und Haltung wundervoll wiedergegeben. Er war wahrlich einer der bemerkenswertesten unter den vielen bemerkenswerten Männern, auf die Frankreich stolz sein kann. Er und seine Gattin ruhen in den Gewölben des Pantheons, im Leben vereint, im Tode nicht getrennt.

Chemische Essays.

Wie Entdeckungen gemacht werden.

Zwischen Entdeckung und Erfindung besteht ein Unterschied. Eine Entdeckung bringt zutage, was vorher existierte, aber noch nicht bekannt war. Eine Erfindung ist eine Veranstaltung von etwas, was bis dahin noch nicht existierte. Ich glaube indessen, daß Erfindungen und Entdeckungen ziemlich auf dieselbe Weise gemacht werden, wenn ich auch keinen Anspruch darauf habe, als Erfinder zu sprechen außer ein ganz klein bißchen.

Manche Leute, wahrscheinlich die meisten, denken, daß eine Entdeckung derartig gemacht wird, daß alles wie ein Blitz kommt, daß ein neuer Gedanke plötzlich emporschießt und seine Konzeption ist dann die Entdeckung. Dies mag zuweilen der Fall sein.

Wir haben alle von der Aufgabe gehört, die Archimedes gestellt worden war. Er sollte herausbekommen, ob eine gewisse Krone aus Silber oder aus Gold bestand, ohne sie im geringsten zu verletzen und dadurch, daß er sie in der Luft und im Wasser untergetaucht wog, erfand er das Verfahren, spezifische Gewichte zu bestimmen, denn die Krone verlor, wenn sie unter Wasser gewogen wurde, an Gewicht soviel als das verdrängte Wasser wog. Dann lief er durch die Straßen von Alexandria und rief: „Heureka“ (ich habe es gefunden).

Sein Nachweis, daß die Krone aus Gold bestand, war eine Entdeckung, aber er erfand die Methode der

Dichtebestimmung fester Körper. Überhaupt müssen die Entdecker gewöhnlich auch Erfinder sein, während umgekehrt nicht notwendigerweise Erfinder Entdecker sind.

Zu oft nimmt man an, daß die Entdecker wie die Dichter geboren und nicht gebildet werden. Ich denke aber, daß ich imstande sein werde zu beweisen, daß viele Leute, wenn auch nicht alle, die Fähigkeit besitzen, Entdeckungen zu machen. Und wenn dieser kurze Aufsatz jemandem die Hoffnung erwecken kann, daß er Entdeckungen machen kann und ihn veranlaßt, dies zu probieren, so wird er seinen Zweck mehr als erfüllt haben.

Wie bei jeder anderen Unternehmung ist der Anfang klein. Jeder, der versucht, in etwas mit genügender Sorgfalt hineinzuschauen, wird dort etwas neues sehen. Ein Wassertropfen, ein Sandkorn, ein Insekt, ein Grashalm, von jedem dieser Dinge wissen wir wirklich nicht sehr viel, wenn alles darüber gesagt ist. Zunächst müssen wir natürlich erfahren, was andere getan haben. Dafür gehen wir in die Schule und auf die Universität, lesen Bücher und hören Vorträge. Bevor wir anfangen, sollten wir mindestens eine Vorstellung davon haben, was unsere Vorgänger fertiggebracht haben. Darnach ist nichts weiter nötig, als zu probieren.

Probieren kann man aber auf zwei Arten und was ich ausdrücken will, ist am besten in einer Allegorie gesagt.

Es gibt zwei Arten Fischer, solche, welche Weißlinge fischen und solche, welche Lachse angeln. Ich behaupte nicht, daß es keine anderen gibt, aber diese beiden Arten bilden die Pole der fischenden Welt. Die Weißlingfischer sind sicher, daß sie viel oder mindestens etwas fangen werden, aber die Fische sind klein, geben kein besonders hervorragendes Essen und haben keinen erheblichen Wert, dagegen sind sie zahlreich und leicht gefangen. Der Lachsfischer geht dagegen nach einer ganz anderen Beute,

denn der Lachs ist ein Qualitätsfisch sowohl in seiner Beweglichkeit wie in seinem Geschmack, so daß der Angler, wenn er seine Angel auswirft, durchaus nicht sicher ist, ob der Fisch innerhalb ihres Bereiches ist, noch auch selbst, wenn er da ist, ob er die Fliege wird nehmen wollen. Wenn er Glück hat, so ist das Ergebnis ein großes, denn sein Vergnügen besteht nicht nur darin, daß er den Fisch fängt, sondern daß er mit ihm kämpft, vielleicht eine Stunde oder länger, indem er nach ihm watet in wechselnder Hoffnung und Furcht; in der Hoffnung, daß seine Schnur nicht zerreißen wird, und in der Furcht, daß sie zerreißt oder daß eine hastige Bewegung ihn den Fisch verlieren läßt. Die meisten Entdecker sind wie die Fischer nach Weißlingen, sie gehen dorthin, wo sie sicher etwas fangen werden, aber das Ergebnis ist nicht erheblich und noch weniger das Vergnügen. Es ist viel reizvoller, Lachse zu angeln, aber die Möglichkeit ist groß, daß der Angler den Ort des Fisches nicht richtig beurteilt hat oder daß er eine falsche Fliege angesetzt hat, oder daß das Wetter ungünstig ist, oder daß hundert andere Dinge, die man nicht voraussehen kann, den Lachs veranlassen werden, am Haken vorbei zu schwimmen.

Wir wollen die Allegorie nicht weiter verfolgen. Lachse gibt es gegenwärtig lange nicht mehr soviel wie früher. Weißlinge gibt es vielleicht noch mehr. Es bedarf also der Übung und eines guten Auges, um zu wissen, wo Lachse sind und in welchen Wassern man fischen soll.

Aber nun wollen wir das Bild aufgeben und historisch werden.

Eines der ersten Rätsel, welches Lösung verlangte, war die Natur der Flamme. Die Alten glaubten, daß sie ein Element sei, nämlich eine Eigenschaft oder vielleicht auch ein Bestandteil der meisten Dinge, vielleicht aller Dinge. Die Flamme, sagten sie, ist heiß und jedes Ding, das heiß ist, hat Anteil an der Natur der Flamme.

Robert Boyle vermutete, daß sie ein Beweis für die geschwinde Bewegung der kleinsten Teilchen sei, aus denen nach seiner Annahme alle Dinge bestanden, doch ist dies, wenn es auch ziemlich nahe dem kommt, was wir jetzt als die Wahrheit ansehen, nur ein glücklicher Einfall, denn er hatte keinen tatsächlichen Grund für seine Annahme. Dann wurde bekannt, daß eine Flamme erseheint, wenn etwas brennt, und die Ursache der Verbrennung mußte zunächst ermittelt werden.

Der entscheidende Schritt hierfür wurde zunächst durch Joseph Priestley getan, der ein englischer Dissidenten-Priester war, und durch Karl Scheele, einen schwedischen Apotheker, fast genau zu gleicher Zeit. Priestley war ein Lachsfischer, um zu unserm alten Bilde zurückzukommen, er angelte überall und fing viele große Fische. Ein solcher war auch Scheele. Sie bemerkten, daß wenn gewisse Stoffe erhitzt wurden, Gas oder wie sie es damals nannten, Luft sich entwickelt, denn man glaubte damals, daß alle Gase, wie wir sie jetzt nennen, bloß Modifikationen der gewöhnlichen Luft seien. Ebenso wie wir gelegentlich einen angenehmen oder unangenehmen Geruch bemerken und ihn guter oder schlechter Luft zuschreiben, so wurde allgemein angenommen, daß Gase, beispielsweise Leuchtgas, nur eine Art Luft seien mit unangenehmem Geruch und der kuriosen Eigenschaft, brennbar zu sein.

Etwa 15 Jahre, bevor Priestley und Scheele ihre große Entdeckung des Sauerstoffs machten, des Bestandtheiles der Luft, welcher die Verbrennung unterhält, untersuchte ein schottischer Professor, Joseph Black, die besondere Art Luft, welche sich entwickelt, wenn Kreide oder Kalkstein erhitzt wird, und er machte die große Entdeckung, daß diese Luft wieder vom Ätzkalk aufgenommen werden kann, d. h. von dem Rückstand, der nachbleibt, nachdem der Kalkstein

erhitzt worden ist, sodaß von neuem Kalkstein gebildet wird.

Ferner wog er den Kalkstein, bevor er erhitzt war, maß das Gas und wog den Ätzkalk, nachdem das Gas ausgetrieben worden war und zuletzt wog er den Kalkstein, der neu gebildet worden war, nachdem der Ätzkalk das Gas wieder aufgenommen hatte.

Er fand, daß der Ätzkalk gerade um soviel leichter war, als das Gas wog, und er nannte dieses Gas fixe Luft, um die Tatsache auszudrücken, daß es durch den Ätzkalk fixiert oder absorbiert werden konnte und ebenso durch ähnliche Stoffe.

Dies war das erste Tor, welches für die Untersuchung der Gase aufgetan wurde. Es war eine große Entdeckung, vielleicht die fruchtbarste, die jemals gemacht worden ist; doch muß bemerkt werden, daß Black hiermit nicht zufrieden war, denn er entdeckte, daß die fixe Luft aus Kalkstein von ähnlicher Beschaffenheit war, wie Dampf aus Wasser. Ebenso wie es nötig ist, Wasser zu erhitzen um es in Dampf zu verwandeln, so erschien es ihm, daß das Kohlendioxyd, um seiner fixen Luft ihren modernen Namen zu geben, ein Gas war durch die Kraft der Wärme oder des Wärmestoffes, welchen es enthielt. Er stellte sich die Aufgabe zu entdecken, wieviel Wärme erforderlich ist, um ein bekanntes Gewicht Wasser in Dampf zu verwandeln. Er fand, daß etwa 54 mal mehr Wärme hierzu erforderlich ist, als man braucht, um das gleiche Gewicht Wasser vom Eispunkt bis zum Siedepunkt zu erhitzen und doch ist der Dampf nicht heißer als das siedende Wasser. Daher nannte Black diese Wärme die latente Wärme des Stoffes, weil sie in dem Dampf verborgen liegt und das Thermometer nicht beeinflusst. Black machte quantitative Experimente, das heißt, er machte nicht bloß Entdeckungen, sondern bestimmte auch die Mengen, in welchen die Umwandlungen stattfinden.

Nun lag der Weg offen für Priestley und Scheele. Sie erhitzten alle möglichen Stoffe. Wenn diese ein Gas entwickelten, so wurde das Gas gesammelt und untersucht, aber weder Priestley noch Scheele gaben auf die Mengen Acht. Die Methode, Gase zu behandeln, mußte erst noch erfunden werden und während Scheele seine Gase in Tierblasen auffing, erfand Priestley seinen sogenannten pneumatischen Trog, ein Gefäß voll Wasser mit umgekehrten Töpfen und Flaschen voll Wasser. Von der Retorte innerhalb deren die gasgebende Substanz erhitzt wurde, wurde eine Röhre unter die Mündung einer Flasche geführt, und dann stieg das Gas in die Flasche hinein und verdrängte das Wasser. War die Flasche voll, so konnte sie unter Wasser verkorkt werden und man konnte sie herausnehmen, um das Gas zu untersuchen.

Es ist gewöhnlich so, daß Entdeckungen mit Erfindungen verbunden werden müssen. Daher muß, wenn etwas neues versucht werden soll, zunächst ein Apparat konstruiert werden, welcher für diesen Zweck dienlich ist. Vielleicht braucht auch nur ein bereits bekannter Apparat geändert zu werden, sodaß man beinahe sagen kann, Erfindungen und Entdeckungen müssen Hand in Hand gehen.

Deshalb ist es äußerst wichtig, daß der Entdecker ein guter Handwerker mit allen möglichen Stoffen ist; ein Glasbläser, denn die meisten kleinen Apparate werden am besten aus Glas hergestellt, ein Klempner, denn wenn irgend etwas von der Art einer Maschine, wie Pumpen, Rührer etc. nötig ist, so wird er es am bequemsten aus Messing machen, ein Töpfer, wenn Gefäße erforderlich sind, die hohe Temperatur aushalten. In den letzten Jahren hat sich Quarzglas aus geschmolzenem Bergkristall als sehr brauchbar erwiesen, es kann in einem Gebläse mit Leuchtgas und Sauerstoff bearbeitet werden.

Aber wir müssen zu der Entdeckung des Sauerstoffs zurückkehren. Priestley erhitzte Quecksilberoxyd oder wie er es nannte, roten Präzipitat in einer Retorte und sammelte das entwickelte Gas. Er fand, daß eine Kohle sehr viel heller darin brannte als in Luft. Ferner fand er, daß eine Maus darin länger als in dem gleichen in einer Flasche eingeschlossenen Luftraum leben konnte. So atmete er es selbst und fand, daß es eine angenehme und erheiternde Wirkung ausübte.

Ähnliche Versuche waren von Scheele mit dem gleichen Ergebnis ausgeführt worden. Aber Scheele ging viel weiter. Nachdem er bemerkt hatte, daß eine Anzahl von Stoffen die Eigenschaften besitzen, mit verbrennlichen Stoffen, wie Holz, Mehl, Kohle, zu verpuffen oder heftiger zu brennen, wenn sie mit ihnen gemischt waren, erhitzte er diese Stoffe und fand, daß sie gleichfalls Sauerstoffgas entwickelten. Unter diesen Stoffen fand sich Mennige, Braunstein, Salpeter und viele andere. So stellte er das allgemeine Gesetz auf, daß solche Stoffe, die beim Mischen mit Kohle eine Art Schießpulver bilden, das neue Gas entwickeln, wenn man sie erhitzt.

So wurde es bekannt, daß die Luft ein Gas enthält, etwa ihren fünften Teil (Scheele sagte, den sechsten Teil), welches die Eigenschaft besitzt, verbrennliche Stoffe mit viel größerer Energie brennen zu lassen. Somit wird die Flamme durch die Wirkung des Sauerstoffs, wie das neue Gas später genannt wurde, auf verbrennliche Körper hervorgebracht.

Es würde zu viel Zeit beanspruchen, die wunderliche Lehre vom „Phlogiston“, einem immateriellen Effluvium, zu erörtern, von dem man annahm, daß es entweicht, wenn die Stoffe brennen. Ich kann nur erwähnen, daß Lavoisier, ein berühmter französischer Chemiker, die richtige Erklärung der Verbrennung angegeben hat, nämlich, daß sie durch die Vereinigung des Sauerstoffs mit dem bren-

nenden Stoffe verursacht wird. Lavoisier kann indessen nicht zu den großen Entdeckern gerechnet werden, obwohl er sich als ein Erklärer der Entdeckungen anderer ausgezeichnet hat.

Henry Cavendish, der seine besten Arbeiten zwischen 1770 und 1790 ausführte, entdeckte die Zusammensetzung des Wassers, daß es nämlich gebildet wird, wenn Sauerstoff und Wasserstoff sich vereinigen und bestimmte mit großer Genauigkeit die Raumverhältnisse, nach welchen die beiden Gase sich verbinden. Auch unternahm er zu beweisen, daß Stickstoff ein einfacher Stoff und nicht ein Gemisch ist, indem er elektrische Funken durch ein Gemisch von Stickstoff, dem trägen Bestandteil der Luft, und Sauerstoff gehen ließ. Fast aller Stickstoff verschwand bei dieser Behandlung und nur ein hundertfünfundzwanzigstel vom Ganzen blieb noch. Bei dem damaligen Zustande der Wissenschaft und mit den unvollkommenen Hilfsmitteln jener Zeit wäre es ihm kaum möglich gewesen, diesen inaktiven Rückstand mit dem Argon, einem Gase, das mehr als ein Jahrhundert später entdeckt worden ist, zu identifizieren. Denn damals war das Spektroskop noch völlig unbekannt, das das wichtigste Mittel ist, Gase und überhaupt Elemente aller Art zu kennzeichnen und zu unterscheiden. Dies ist ein Beispiel dafür, daß eine Entdeckung zuweilen auf eine Erfindung warten muß, denn es ist fast unmöglich, eine Entdeckung als solche zu beweisen, selbst wenn es sich um eine wirkliche handelt, bevor die Untersuchungsmittel dafür erfunden sind.

Wie oben bemerkt wurde, war die wahre Natur der Flamme seit den ältesten Zeiten ein Rätsel gewesen, für ihre Entdeckung hatte sie aber auf Erfindungen zu warten. Wenn ein elektrischer Strom von hoher Spannung, wie er durch einen Induktionsapparat oder eine Elektrisiermaschine erzeugt wird, durch ein verdünntes Gas ge-

leitet wird, so entsteht ein eigentümliches und oft sehr schön gefärbtes Licht, zuweilen rot, wie beim Wasserstoff und Neon, zuweilen bläulich-weiß wie beim Kohlendioxyd und Krypton, zuweilen violettrot wie beim Argon und Stickstoff. Untersucht man dieses Licht durch ein Prisma oder Spektroskop, so findet man es aus einer Anzahl verschiedener Farben bestehend, durch deren bloßen Vermischung die Farbe sich bildet, die man mit dem Auge sieht.

So kann man leicht zeigen, daß das glänzend rote Spektrum des Wasserstoffes ein zusammengesetzter Effekt ist, denn das rote Licht, welches das hellste ist, ist gemischt mit blaugrünem und violetter und dadurch ein wenig abgestumpft. Ein deutscher Physiker, namens Plücker, erfand in den 50er Jahren Röhren, welche dieses Licht besonders gut zeigen. 25 Jahre später verbesserte Sir William Crookes mit Unterstützung seines geschickten Assistenten Mr. Gimmingham die damals existierende Form der Luftpumpe, welche Dr. Hermann Sprengel erfunden hatte, sodaß man mit ihrer Hilfe die Luft viel vollständiger auspumpen konnte, als bis dahin möglich war.

Er fand, daß bei einem viel besseren Vakuum, als das, bei welchem Gase aufleuchten und ihr Spektrum zeigen, ein hochgespannter elektrischer Strom in der Röhre eine violette oder grüne Phosphoreszenz verursacht, je nachdem das Glas der Röhre Blei und Kali oder Kalk und Natron, verbunden mit Kieselsäure, enthält.

Außerdem erwies sich die Lage dieses merkwürdigen Phosphoreszenz-Flecks als abhängig von der Gestalt und Richtung des Drahtes oder der Platte, von welcher die negative Elektrizität sich in die Röhre entlud. Von einem Draht geht das Leuchten nach allen Richtungen aus, die auf seiner Länge senkrecht stehen, so daß sich die Teile der Röhre, welche den Draht unmittelbar umgeben,

mit phosphoreszierendem Licht erhellen. Wenn aber der Draht in eine Platte ausläuft, so erscheint das phosphoreszierende Licht hauptsächlich zwischen der Vorderfläche der Platte und dem positiven Draht der Vakuum-Röhre. Wenn die Platte gekrümmt ist und einen konkaven metallischen Reflektor bildet, so wird das Licht dieser Entladungen auf einen Punkt, den Brennpunkt des Spiegels, konzentriert.

Wenn weiterhin irgend ein Gegenstand in diesen Brennpunkt gestellt und der Entladung ausgesetzt wird, so erhitzt er sich sehr stark. Wenn er von dem Flügel eines kleinen Rades oder einer Windmühle gebildet ist, so gerät diese in schnelle Drehung, als wenn er mit undenklich kleinen Kugeln beschossen würde. Crookes nahm an, daß die Gase bei so starker Verdünnung sich verändern und „ultragasförmig“ werden, d. h., daß eine Zustandsänderung eintritt, die ungefähr vergleichbar ist dem Übergang von Eis in Wasser oder vom Wasser in Dampf.

Es ist interessant, sich hier zu erinnern, wie Sir William Crookes auf diese sehr merkwürdigen Entdeckungen gekommen ist. Er begann damit, daß er das Spektroskop benutzte, um das farbige Licht zu untersuchen, das von den verschiedenen Bestandteilen des Flugstaubes der Schwefelsäure-Kammern ausging, in denen Schwefelkies (eine Verbindung von Schwefel und Eisen) verbrannt wird. Schwefelkies war damals in den 60er Jahren als Schwefelquelle für die Gewinnung von Schwefelsäure oder Vitrolöl eingeführt worden. Einer von Crookes's Stoffen zeigte im Spektroskop ein glänzendes grünes Licht und hieraus schloß er auf die Anwesenheit eines neuen Elementes, welches er „Thallium“ nannte, vom Griechischen thallos, ein grüner Zweig.

Eine der ersten Aufgaben einem neuen Elemente gegenüber besteht darin, sein Äquivalent zu bestimmen,

d. h. die Gewichtsmenge, in welcher es mit 8 Gewichtsteilen Sauerstoff sich verbindet. (Die Zahl ist gewählt worden, weil 8 Gewichtsteile Sauerstoff sich mit einem Gewichtsteil Wasserstoff zu Wasser verbinden.) Solche Wägungen müssen äußerst genau gemacht werden und daher muß eine Besonderheit erwähnt werden, welche alle Wägungen beeinflußt. Die Frage wird oft als Scherzfrage gestellt: — Was wiegt mehr: „Ein Pfund Federn oder ein Pfund Blei?“ — und die übliche Antwort ist: „Sie wiegen gleich viel“.

Obwohl dies im strengsten Sinne richtig ist (denn ein Pfund ist ein Pfund, ob es aus Federn oder Blei besteht), so ergibt doch eine kleine Überlegung, daß, wenn die Federn auf die eine Wagschale gelegt werden und das Blei auf die andere, letzteres viel weniger Raum einnehmen wird, als die Federn, mit anderen Worten, die Federn verdrängen viel Luft, während das Blei nur wenig verdrängt. Das bedeutet, daß die Luft, welche die Federn verdrängen, nicht mehr auf der Wagschale ruht und wenn sie noch dort wäre, so würden die Federn mehr wiegen. Daher wiegt ein genaues Pfund Federn weniger als es sollte, nämlich um soviel, als die verdrängte Luft wiegt.

Um nun diese Schwierigkeit zu überwinden und die entsprechenden verwickelten und ungenauen Rechnungen zu vermeiden, die für die Bestimmung des wahren Gewichts der in der Luft gewogenen Dinge erforderlich sind, erfand Sir William Crookes eine Wage, die in einem Kasten eingeschlossen war, der luftleer gepumpt werden konnte. In diesem leeren Raume entdeckte er, daß anscheinend Licht (tatsächlich aber Wärme) gewisse Gegenstände mehr als andere abzustoßen scheint. Hierdurch wurde er veranlaßt, mit Vakuum-Röhren zu experimentieren, und dabei führte er all die schönen Versuche aus, welche seinen Namen so berühmt gemacht haben. Gleichzeitig erfand er das „Radiometer“, ein allerliebstes kleines

Spielzeug, um die abstoßende Wirkung der Wärme zu zeigen.

Hier erkennen wir den Gewinn, den es bringen kann, wenn man schwachen Spuren nachgeht; sie können zu großen und höchst wichtigen Zielen führen. Wenn Sir William Crookes sich zufrieden gegeben hätte, seine Thalliumverbindungen in seiner Vakuumwage zu wägen, wie die meisten anderen Menschen es getan haben würden und nicht die Genialität besessen hätte, jenen Seitenpfad zu verfolgen, so würde er um viele seiner schönsten Entdeckungen gekommen sein.

Ein weiterer großer Schritt wurde durch den deutschen Physiker Lenard getan, als er fand, daß Crookes Strahlen (sein „vierter Zustand der Materie“, von dem er annahm, daß er von dem negativen Pole der sehr stark ausgepumpten Plücker-Röhre ausgesendet wird) auch aus der Röhre heraustreten könnten, wenn sie auf ein dünnes Fenster aus dem leichten und starken Metall Aluminium treffen. Allerdings können sie nicht sehr weit gehen, denn sie werden bald zerstreut. Hier ist eine Entdeckung mit bestimmter Absicht gemacht worden. Professor Lenard wollte entscheiden, ob Crookesstrahlen wirklich einen Strom kleiner Körperchen darstellen, oder ob sie Schwingungen, wie die des Lichtes, sind. Sir William Crookes hatte vorher gefunden, daß, wenn ein Magnet der Röhre nahegebracht wurde, der Weg der Strahlen, der sonst gerade ist, gekrümmt erscheint und Lenard beobachtete, daß, wenn das Aluminium-Fenster so angebracht war, daß ein zwar nicht vollständiges, aber doch nahezu vollständiges Vakuum an beiden Seiten des Fensters sich befand, die Strahlen von ihrem Weg abgelenkt werden konnten, auch nachdem sie durch das Fenster gegangen waren.

Man muß sich erinnern, daß die Strahlen selbst nicht sichtbar sind. Man kann nur den Ort erkennen, wo sie

auftreffen, da sie dort Phosphoreszenz erzeugen. Professor Röntgen, ein berühmter deutscher Physiker, entdeckte seinerzeit, daß, wenn diese Strahlen plötzlich unterbrochen werden, etwa beim Auftreffen auf Glas oder Metall, Strahlen anderer Art entstanden, welche die Fähigkeit haben, eine photographische Platte zu beeinflussen und gewisse Substanzen zum Leuchten zu bringen. Da nun verschiedene Stoffe in sehr verschiedenem Maße die Eigenschaft haben, die Röntgenstrahlen aufzuhalten, so wurde es möglich, z. B. die Knochen des lebenden Körpers zu photographieren, da das Fleisch für sie verhältnismäßig durchsichtig ist. Die Knochen werfen sozusagen einen Schatten; dieser Schatten der Knochen kann auf eine Platte geworfen werden, die mit phosphoreszierendem Stoffe überzogen ist und aufleuchtet, wenn sie den Stoß der Strahlen empfängt.

Ich glaube, daß Röntgen's Entdeckung aus einer zufälligen Beobachtung entstand, daß die photographische Platte in einer Schachtel, die in der Nähe einer Crookes-Röhre lag, hernach verschleierte, und auch er war genial genug, diesen Wink zu verstehen.

Allerdings kommen wir so sehr langsam auf unserer Suche nach einer Erklärung für die Flamme vorwärts. Aber ein großer weiterer Schritt geschah mit der Entdeckung des Radiums durch Frau Curie.

Das Radium ist ein Metall, dessen Salze beständig „Lenard-Strahlen“ oder „Crookes-Strahlen“ aussenden, und es ist nachgewiesen, daß sie während dieser Ausstrahlung Substanz verlieren.

Herr Soddy und ich haben dann auch eines von den Produkten eingefangen und gemessen, welches vom Radium ausgesendet wird, während es seine Strahlen schießt. Es ist ein Gas, genannt Radium-Emanation. Und dieses Gas zersetzt sich und verwandelt sich teilweise in das gasförmige Element Helium, das ich 1895 entdeckt habe.

Während alle diese Vorgänge stattfinden, werden gleichzeitig „ β -Strahlen“ ausgesendet und man nimmt jetzt allgemein an, daß diese sogenannten Strahlen tatsächlich nur negative Elektrizität sind, und daß sie identisch sind, mit Lenards Kathoden-Strahlen.

Ich bin oft gefragt worden: Ist denn nicht die Elektrizität eine Schwingung? Kann denn die drahtlose Telegraphie erklärt werden durch den Übergang von kleinen Teilchen oder Körperchen? Die Antwort ist: Elektrizität ist ein Ding; diese kleinen Körper sind Elektrizität, aber wenn sie irgend einen Körper verlassen, so breitet sich eine Welle wie eine Lichtwelle durch den Äther aus, und diese Welle wird für die drahtlose Telegraphie benutzt.

Man hat gefunden, daß Flammen die Fähigkeit besitzen, die Elektrizität zu leiten, während die Gase unter dem gewöhnlichen Druck sonst sehr gute Isolatoren sind und wenn der Strom eine sehr hohe Spannung hat, nur Funken durchlassen. Nun findet in Flammen ein geschwinder chemischer Vorgang statt. Verbindungen brennen, d. h. ihre Bestandteile sind im Begriff sich mit Sauerstoff zu vereinigen.

Obwohl es nicht sicher ist, daß β -Strahlen oder, was dasselbe ist, Korpuskeln von Elektrizität während solcher Vorgänge ausgesendet werden, so ist dies doch nicht unwahrscheinlich. Zweifellos stoßen sie auf die benachbarten Atome und versetzen sie in rapide Schwingungen; möglicherweise zersprengen sie sogar Moleküle und veranlassen sie, neue Verbindungsformen anzunehmen. Hierbei werden sehr kurze elektrische Wellen durch den Äther ausgesendet und diese sind es, was wir Licht und strahlende Wärme nennen.

Es gibt noch einige andere Reihen von Tatsachen, welche diese Auffassung unterstützen. Beispielsweise kann man kein reines Gas durch Wärme allein rotglühend oder leuchtend machen. Es muß notwendigerweise irgend ein

chemischer Vorgang darin stattfinden, damit es leuchtet. Ebenso gibt ein Auerstrumpf, wenn er aus reiner Torerde hergestellt ist (d. h. annähernd reiner, denn absolut reine Stoffe gibt es nicht), nicht viel Licht beim Erhitzen aus. Wenn aber eine andere Erde, wie Ceroyd, der Torerde beigemischt ist, so entsteht das wohlbekannte glänzende Licht, wenn der Strumpf durch den Bunsen-Brenner erhitzt wird. Der Stift einer Nernstlampe besteht hauptsächlich aus Zirkonerde und auch er glühte durch den Strom nicht sehr hell, wenn die Zirkonerde nicht eine Spur eines anderen Oxydes enthielt. In all diesen Fällen findet etwas wie ein chemischer Vorgang statt, wobei zweifellos elektrische Korpuskeln ausgesendet werden, welche den Äther in Schwingungen versetzen und so Licht und Wärme hervorbringen.

Es kann gefragt werden: Verlieren die Stoffe nicht an Gewicht, wenn Korpuskeln ausgesendet werden? Professor Landolt in Berlin hat Versuche über den Gewichtsverlust oder -gewinn angestellt, der möglicherweise eintritt, wenn gewogene Stoffmengen, die aufeinander chemisch einwirken können, in einem geschlossenen Gefäß vermischt werden. Die Versuche sind noch nicht weit genug gediehen, um eine bestimmte Antwort zu geben.*)

Vielleicht bewegen sich auch die ausgesandten Korpuskeln nicht sehr schnell und werden daher von den Wänden des Gefäßes, innerhalb dessen der Vorgang stattfindet, aufgenommen: dies kann auch mit Flammen der Fall sein. Wird aber eine Flamme einem elektrisch geladenen Gegenstand nahegebracht, so wird dieser entladen und dies rührt wohl von der Wirkung der elektrischen Korpuskeln auf den geladenen Gegenstand her.

Hieraus ergibt sich, daß wir immer noch nicht mit Sicherheit wissen, was eine Flamme ist, aber wir haben

*) Inzwischen hat Landolt bewiesen, daß keine entdeckbare Gewichtsveränderung stattfindet.

den Weg dazu gefunden und die Richtung, in welcher Experimente anzustellen sind, ist klar. Wer da fragt, dem wird geantwortet. Aber er muß verständige Fragen in bestimmter Ordnung stellen, so daß die Beantwortung der ersten Frage eine zweite hervorruft und daß der zweiten eine dritte folgt und so fort. Ein solcher Weg führt sicher zu Entdeckungen, von denen die eine oder die andere auch wichtig werden und zu Erfindungen von größtem praktischen Wert führen kann. Denn in der Tat kann man eine Erfindung oft definieren als eine Methode, eine Entdeckung nutzbar zu machen.

Die Bequerelstrahlen.

Es ist auffallend, wie oft in den Schriften älterer Autoren sich Vorahnungen künftiger Entdeckungen finden. Der Gürtel um die Erde, den Puck in vierzig Minuten ziehen wollte, ist um viele hundertmale durch die Geschwindigkeit eines elektrischen Stromes in einem Telegraphendraht übertroffen worden, und Boyles Vermutungen über die innere Beschaffenheit der Luft sind auf dem besten Wege, bewahrheitet zu werden. Er schrieb gegen 1670: „Unsere Atmosphäre besteht nach meiner Meinung nicht ausschließlich aus reinem Äther, dessen feine Substanz durch das Weltall verbreitet ist, sondern aus einer großen Menge der zahllosen Exhalationen der Erd-Wasserfläche; und die verschiedenen Stoffe, die sie bilden, zusammen vielleicht mit irgendwelchen substantiellen Emanationen von den himmlischen Körpern her, erzeugen zusammen nicht einen unbestimmten Brei, sondern ein vielfältiges Aggregat verschiedener Effluvia.“

Bis 1894 bestand die Meinung, daß unsere Atmosphäre wesentlich aus zwei Gasen zusammengesetzt ist, Stickstoff und Sauerstoff, denen kleine Mengen Kohlendioxyd, Wasser-

dampf, Ammoniak, Wasserstoffperoxyd und Ozon beige-mischt sind. In jenem Jahre wurde nachgewiesen, daß sie außerdem eine nicht unbedeutende Menge eines inerten Gases, Argon, enthält und im rohen Argon sind seitdem kleine Beträge von nicht weniger als vier anderen, aber ähnlichen Gasen aufgefunden worden. Auch kleine Spuren Wasserstoff sind in der Luft gefunden worden, denn wenn auch größere Mengen davon die Luft explosiv machen müßten, da es sich mit dem Sauerstoff mit größter Heftigkeit verbinden würde, so können doch Spuren von Wasserstoff ganz wohl neben Sauerstoff bestehen, ohne sich mit ihm zu verbinden, außer in unmittelbarer Berührung mit einer Flamme.

Dies sind aber immer noch nicht alle Bestandteile der Luft; in den folgenden Zeilen soll über gewisse Erscheinungen berichtet werden, welche es äußerst wahrscheinlich machen, daß noch mehr „feine Materien“ der Entdeckung nahe sind.

Um dem Gange der Ereignisse folgen zu können, müssen wir uns zunächst gewisser Vorstellungen über die Natur des Lichtes erinnern. Dieses hat sehr frühzeitig die Aufmerksamkeit erregt, da wir mit einem besonderen Sinne zu seiner Wahrnehmung ausgestattet sind. Anfänglich glaubte man, es bestehe aus Körperchen, die von dem leuchtenden Körper fortgeschossen werden, doch gegenwärtig faßt man es als aus Schwingungen bestehend auf, die in einem alles durchdringenden Mittel stattfinden, das der Äther genannt wird. Die Fortpflanzung des Lichtes erfolgt nahezu ebenso, wie sich die Wellen auf einem Teich fortpflanzen, nur mit einem Unterschiede: die Ätherteilchen sind nicht wie die des Wassers bei ihren Schwingungen auf eine Ebene beschränkt, sondern können in allen Richtungen schwingen, die senkrecht auf der Fortpflanzungsrichtung des Strahls stehen. Allerdings scheint die Art und Größe der Schwingungen nicht be-

schränkt zu sein, und wenn wir auch noch nicht behaupten dürfen, daß Ätherwellen vorhanden sind, welche ebenso wie die Schallwellen in der Richtung ihrer Fortpflanzung schwingen, so darf doch eine solche Fortpflanzungsweise nicht als ausgeschlossen angesehen werden. Doch ist soviel sicher, daß eine derartige Wellenart nicht Licht ergibt, welches seinerseits durchaus aus transversalen Schwingungen besteht.

Ebenso wie es möglich ist, die Entfernung zweier Wellenkämme auf dem Meere zu messen, so kann man die Entfernung zwischen zwei Wellenkämmen des Lichtes bestimmen, mit anderen Worten seine Wellenlänge messen. Es hat sich dabei ergeben, daß alle sichtbaren Strahlen in weniger als einer Oktave enthalten sind, d. h. die längsten sichtbaren Wellen sind noch nicht ganz doppelt so lang, wie die kürzesten. Außerdem ist diese Länge nicht über alle Vorstellung klein. Ein Millimeter kann man mit bloßem Auge noch leicht sehen, und auch noch der zwanzigste Teil davon kann ohne Lupe unterschieden werden. Denkt man sich diese Länge nur noch in hundert Teile geteilt, so hat man die Wellenlänge des mittleren Lichtes. Der tausendste Teil eines Millimeters heißt ein Mikron und wird μ geschrieben; die Wellenlänge des dunkelroten Lichtes ist $\frac{2}{3} \mu$ und die des violetten $\frac{2}{5} \mu$.

Es gibt aber außerdem Ätherwellen, die man nicht sehen kann. Die größeren Wellenlängen sind durch ihre Wärmewirkung bekannt; sie heißen infrarote Wellen. Die kürzeren lassen sich durch die photographische Platte nachweisen und heißen ultraviolette Strahlen. Ihre photographische Wirkung beruht darauf, daß sie den Zustand der Silberverbindungen ändern, mit denen die Platte überzogen ist. Doch ist dieser Nachweis für gewöhnlich begrenzt, da die sehr kurzen Wellen von Glas und Luft stark absorbiert werden. Eine Glastafel läßt zwar gewöhnlich Licht durch; sie ist aber für derartige Strahlen

undurchsichtig. Quarz oder Bergkristall, aus welchem man in neuerer Zeit wegen seiner Härte Brillengläser zu machen begonnen hat, ist viel durchsichtiger für ultraviolette Strahlen, aber auch er hat seine Grenzen. Der Leipziger Techniker Schumann ermöglichte durch einen sinnreichen Apparat, bei welchem die photographischen Aufnahmen im luftleeren Raume ausgeführt wurden, den Nachweis von Wellen von nur $\frac{1}{10} \mu$ Länge. Andererseits verfolgte Langley mittelst eines äußerst empfindlichen Apparates zum Nachweis von Wärmewellen, deren Länge bis 30μ ging. Zwischen dieser Wellenlänge und der zweihundertfachen, nämlich von 6 mm, besteht eine Lücke unseres Wissens; darüber hinaus beginnen die Hertz'schen Wellen, die durch elektrische Oszillationen hervorgerufen werden und die gegenwärtig für drahtlose Telegraphie dienen.

Aber nicht mit diesen langen Wellen wollen wir uns beschäftigen, sondern mit den kürzesten. Diese nähern sich in ihren Dimensionen bereits den Molekülen, denn für die größeren Moleküle nimmt man einen Durchmesser von etwa einem Milliontel Millimeter an; das ist etwa ein Zehntel der kürzesten Wellenlänge, die man gemessen hat. Und ebenso, wie ein Gitter die großen Wasserwellen ohne Störung durchläßt, während es die kleinen Wellrippchen auffängt, so ist die Materie feinkörnig genug, um die langen Hertz'schen Wellen ohne Störung durchzulassen, während sie Licht von kürzeren Schwingungen aufhalten kann. Bekanntlich werden die Signale der drahtlosen Telegraphie durch materielle Hindernisse wie Häuser oder sogar Hügel nicht aufgehalten, während Ziegel oder Stein bereits in sehr dünner Schicht für Licht undurchlässig sind.

Hängt man zwei schmale Streifen Goldblatt an einen gläsernen Träger und ladet sie elektrisch, so fahren die beiden Blättchen auseinander, da sie sich wegen der vorhandenen gleichnamigen Elektrizität abstoßen. Wenn die

Ladung nicht durch den Träger abfließen würde, so würden sie ewig in ihrer Lage bleiben. Ist aber dieses Elektroskop mit negativer Elektrizität geladen und man beleuchtet es mit ultraviolettem Licht, so fallen die Blättchen alsbald zusammen. Die Elektrizität findet unter dem Einflusse des ultravioletten Lichtes irgend ein Mittel, zu entfliehen, und die Blättchen senken sich infolge der Schwere. Ein positiv geladenes Elektroskop wird dagegen nicht entladen. Dies ist eine der charakteristischsten Eigenschaften der ultravioletten Strahlen, und wie sich herausstellen wird, auch gewisser anderer Strahlen, die nicht von leuchtenden Körpern stammen. Diese Tatsache ist von Hertz entdeckt worden.

Die Familie *Becquerel* hat viel zu unserer Kenntnis der Strahlung beigetragen; sie bietet ähnlich wie die der *Herschel* ein auffallendes Beispiel für die Erbllichkeit der wissenschaftlichen Begabung dar. *Antoine Charles*, geboren 1788, wurde durch seine elektrischen Untersuchungen berühmt; *Edmond*, sein Sohn, geboren 1820, schrieb mit seinem Vater zusammen ein Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus und studierte die Erscheinungen der Phosphoreszenz, von denen später einiges zu sagen ist; und *Henri Becquerel*, geboren 1852, setzte diese Arbeiten seines Vaters fort und machte dabei die wunderbare Entdeckung gewisser Strahlen, welche von solchen Mineralien ausgehen, die die seltenen Metalle Uran und Thor enthalten. Zunächst betrachten wir die Arbeiten von *Edmond Becquerel*.

Es gibt Stoffe, die nicht alsbald dunkel werden, wenn man kein Licht mehr auf sie fallen läßt, sondern hernach noch zu leuchten fortfahren. Solche Stoffe, von denen Flußpat einer der bestbekanntesten ist, werden phosphoreszent genannt. Vor einigen Jahren wurde ein Versuch gemacht, einen derartigen Stoff, der wesentlich aus Schwefelkalzium mit einer Spur Schwefelmangan besteht, als

Leuchtfarbe anzuwenden. Dann gibt es eine andere Klasse von Stoffen, welche die Strahlen, die sie empfangen, umwandeln in Wellen mit anderer Periode. Unter ihnen nenne ich einen Stoff, der in der Rinde der Roßkastanie enthalten ist, ferner viele künstliche Farbstoffe. Am auffallendsten sieht man es bei der schön roten Farbe Eosin. Diese Stoffe leuchten nicht fort, nachdem die Beleuchtung aufgehört hat; Edmond Becquerel nannte sie fluoreszent. Die Eigenschaft solcher Stoffe ist, daß sie kurze Lichtwellen in längere verwandeln. So ist eine Lösung von saurem Chininsulfat, die für gewöhnliches Licht vollkommen durchsichtig und wasserklar erscheint, undurchsichtig für ultraviolette Licht. Es wirft sie zurück, indem sie gleichzeitig ihre Wellenlänge vergrößert; so erscheint die Lösung blauviolett leuchtend.

Schon 1838 begann Faraday die Lichterscheinungen beim Durchgang eines hochgespannten elektrischen Stromes durch verdünnte Gase zu prüfen. Ein jedes Gas gibt dabei ein stetiges, farbiges Licht aus, das ganz verschieden ist von den blitzähnlichen Erscheinungen des elektrischen Funkens, wenn er zwischen beiden Polen in Luft von gewöhnlichem Druck überspringt. Der Druck muß auf etwa ein Hundertstel des gewöhnlichen Wertes vermindert worden sein, bevor derartige Erscheinungen aufzutreten beginnen; dies hängt indessen von der chemischen Natur des Gases ab, durch welches man die Entladung leitet. Unter solchen Umständen leuchtet Wasserstoff mit rotem Licht, Luft mit blaß violetter, Kohlendioxyd läßt ein Stahlblau erscheinen. Der Widerstand solcher verdünnter Gase gegen diese Entladung ist viel geringer, als bei gewöhnlichem Druck. Er hängt ebenso wie bei festen Leitern von der Entfernung der Pole sowie von der besonderen Beschaffenheit des Stoffes ab. Hittorf, der hervorragende Physiker in Münster, hat zuerst Versuche bei noch geringerem Druck angestellt; bei diesen noch

verdünnteren Gasen hat er wieder eine Zunahme des Widerstandes mit steigender Verdünnung beobachtet. Außerdem hatte er beobachtet, daß vom negativen Pole oder der Kathode das Leuchten sich geradlinig fortpflanzt, so daß ein dazwischen befindlicher Gegenstand einen Schatten auf die gegenüberliegende Wand wirft. Auch entdeckte er, daß diese Strahlen durch den Magnet abgelenkt werden, ebenso wie Sir Humphry Davy dies 1821 für den elektrischen Lichtbogen nachgewiesen hatte. Crookes nahm den Gegenstand 1878 auf, gleichzeitig mit Goldstein, und hat die Sache dann sehr populär gemacht, namentlich durch die geschickten und schönen Experimente, durch die er die Geradlinigkeit der Kathodenstrahlen nachwies. Außerdem erdachte er eine Theorie, um diese Geradlinigkeit zu erklären, nämlich daß die negative Elektrizität, indem sie die Kathode verläßt, sich mit den Molekülen des Gases verbindet, welche mit großer Geschwindigkeit ausgeschleudert werden und z. B. in parallelen Linien dahinfliegen müssen, wenn die Kathode ein ebenes Blech ist oder welche auf einen Punkt konzentriert werden, wenn man als Kathode einen konkaven Spiegel anwendet. Wird ein Gegenstand in einen solchen Brennpunkt gebracht, so wird er nach Crookes bombardiert und kann durch die ungeheure Anzahl der aufstoßenden Moleküle bis zur Weißglut erhitzt werden. Goldstein seinerseits faßte die Erscheinungen als einen Transport von Energie auf, der unabhängig von dem materiellen Transport sei; doch hat er die fortgeführte Energieart nicht genauer bestimmt. Professor Wiedemann in Leipzig machte 1883 die Annahme, daß derartige „Kathodenstrahlen“ möglicherweise aus lichtartigen Strahlen von äußerst kurzer Wellenlänge bestehen, noch viel kürzerer, als das äußerste ultraviolette Licht. Die gleiche Auffassung vertrat Leonard. Während aber Kathodenstrahlen durch den Magnet abgelenkt werden, geschieht dies beim

Licht nicht, und hieraus ergibt sich ein Grund zugunsten der früheren Projektionstheorie. Auch ist die Vermutung aufgestellt worden, wenn auch ohne ausreichende Begründung, daß es sich um longitudinale Ätherschwingungen handelt, wobei also die Vibrationen wie bei Schallwellen stattfinden oder, um ein anschaulicheres Beispiel zu brauchen, wie die Schwingungen in einer langen Spiralfeder, wo die Windungen sich abwechselnd näher und ferner kommen. Eine der Crookes'schen ähnliche Hypothese, die indessen in einem wichtigen Punkte abweicht, wurde von Professor J. J. Thomson, Cambridge, aufgestellt. Seine Anschauung, die durch Versuche gut gestützt erscheint, kommt darauf hinaus, daß jedes Molekül des Gases bei der Aufnahme der elektrischen Ladung zersprengt wird, indem es zwei oder mehr elektrisch geladene Teile oder Gruppen bildet. Derartige elektrisch geladene Teilchen Materie hat man schon lange als die Träger des elektrischen Stromes in einer leitenden Flüssigkeit angesehen; sie wurden von Faraday Ionen oder Wanderer genannt. Ein Grund zugunsten dieser Ansicht ist, daß die Wärmeentwicklung in solchen Röhren der Stromstärke proportional ist und nicht ihrem Quadrat, wie das der Fall sein müßte, wenn es sich um eine gewöhnliche Leitung handelte. Thomson schreibt die Wärmeentwicklung der Wieder-
verbindung der Ionen zu Atomen zu, und diese muß ersichtlicherweise proportional der Anzahl der Ionen sein, der auch die Stromstärke notwendig proportional ist.

Goldstein und Crookes hielten Glas und andere gewöhnliche Stoffe für undurchsichtig solchen Strahlen gegenüber; Lenard aber, in Ausführung einer von Hertz gegebenen Andeutung, führte in Bonn eine Reihe ausgezeichneter Versuche durch, mittels deren er nachwies, daß die Kathodenstrahlen durch ein dünnes Aluminiumfenster aus der Röhre heraustreten können; ist außerhalb des Fensters ein luftverdünnter Raum, so kann man die Strahlen ein

Stück Weges verfolgen. Auch in Luft von gewöhnlichem Druck treten sie aus, kommen darin aber nicht sehr weit. Andererseits gehen sie ungehindert durch das äußerste Vakuum, das man erreichen kann, indem man den Raum zunächst mit der Quecksilberpumpe leer pumpt und dann die letzten Spuren Quecksilberdampf durch die enorme Kälte der flüssigen Luft beseitigt. Die absorbierende Kraft der verschiedenen Gase scheint deren Dichte proportional zu sein.

Durch ein sinnreiches Verfahren hat J. J. Thomson die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen gemessen. Sie wurde rund 200 km in der Sekunde gefunden. Dies ist ungeheuer viel langsamer, als die Fortpflanzung des Lichtes, welche 300 000 km in der Sekunde beträgt. Die zufällige Beobachtung Röntgens, daß einige Krümchen Bariumplatinchlorid, die in der Nähe einer mit schwarzem Papier umhüllten Hittorfschen Röhre lagen, beim Durchgang des Stromes aufleuchteten, führte zu einer außerordentlichen Entwicklung des Gegenstandes. Es wurde bald entdeckt, daß dieses Aufleuchten noch hervorgebracht werden kann, wenn man ein Buch von 1000 Seiten, eine 2½ cm starke Aluminiumplatte oder ein hölzernes Brett zwischenschaltet. Röntgen untersuchte die Durchlässigkeit verschiedener Stoffe und entdeckte bald, daß, während der Muskel diese Strahlen fast ganz durchläßt, die Knochen verhältnismäßig undurchsichtig sind, so daß man von ihnen einen Schatten auf einer photographischen Platte oder einem phosphoreszierenden Schirm erhalten kann. Die chirurgische Bedeutung dieser Entdeckung ist offenbar; mit Hilfe von Skiographien oder Schattenbildern kann die Lage einer im Gewebe versteckten Kugel aufgefunden und genau festgestellt werden. Bei Knochenbrüchen kann man ihre genaue Lage und Form erkennen und das Einrichten sachgemäß ausführen, denn auch durch die Verbände hindurch kann man immer die gegenseitige Lage der Bruchenden

feststellen, da diese für Röntgen- oder X-Strahlen ebenso durchgängig sind wie das Fleisch.

Eine der merkwürdigsten Eigenschaften dieser Strahlen ist, daß sie beim Durchgang durch ein Prisma nicht gebrochen werden; ebensowenig werden sie auch von den glattesten Flächen reflektiert oder polarisiert. Sie werden von verschiedenen Stoffen verschieden stark absorbiert und auch hier scheint die absorbierende Kraft der Dichte ungefähr parallel zu gehen.

Auf den ersten Blick könnte man die Röntgenschen X-Strahlen für identisch mit den Kathodenstrahlen halten. Wäre aber dies richtig, so müßten die X-Strahlen geradlinig von den Kathoden durch die Röhrenwände gehen und von dort aus ebenso fortschreiten; tatsächlich aber kann man ihren Ausgangspunkt mittels eines Magnets verlegen. Wird eine kugelförmige Röhre für die Entwicklung der Strahlen benutzt, so ist ein jeder Punkt dieser Kugel der Ausgangspunkt eines Strahlenbündels. Nun hat Lenard erkannt, daß die Kathodenstrahlen in zwei Arten unterschieden werden können. Läßt man sie nämlich durch ein Loch in einer dicken Bleiplatte gehen und dann auf eine photographische Platte fallen, so erzeugen sie zunächst einen entsprechenden Fleck. Wird ein Magnet eingeschaltet, so entsteht außer dem geradlinig bewirkten Fleck noch seitlich ein anderer, etwas ausgezogener, als wenn einige von den Strahlen ungleich stark durch den Magnet abgelenkt worden wären und die Platte für sich beeinflußt hätten. Daher ist es wahrscheinlich, daß die Kathodenstrahlen einige X-Strahlen enthalten.

Die Wellenlänge des Lichtes kann durch Reflexion von einem metallenen Spiegel gemessen werden, auf dem ein Gitter von 6 bis 10 000 parallelen Linien auf ein Zentimeter geritzt ist. Solche moderne Gitter werden äußerst genau auf einer Maschine hergestellt, die von dem verstorbenen Professor Rowland in Baltimore konstruiert

worden ist; ihr jetziger Verfertiger ist Hr. Brashier, Alleghany N-Y. Sorgfältige Messungen von Hrn. Perrin haben erwiesen, daß, wenn die X-Strahlen von Ätherschwingungen herrühren, diese keine größere Wellenlänge haben können, als 0.04μ , das ist weniger als die Hälfte der kürzesten ultravioletten Lichtwellen, die je photographiert worden sind.

Ferner nennt man das Licht, das durch eine Platte von Turmalin gegangen ist, polarisiert. Es kann durch eine zweite Turmalinplatte gehen, wenn diese parallel der ersten in einer bestimmten Lage gehalten wird, nicht aber, wenn sie in ihrer Ebene senkrecht zu dieser Lage gestellt wird. Hr. Becquerel stellte fest, daß X-Strahlen nicht polarisiert werden können; sie gehen durch die zweite Turmalinplatte, wie man diese auch zuerst stellen mag. Andererseits können die Strahlen, die von phosphoreszierenden Körpern ausgestrahlt werden, und die man daher die Becquerelstrahlen nennen kann, sehr wohl polarisiert werden und sind daher weder mit X-Strahlen, noch mit Kathodenstrahlen identisch.

Schließlich wird man sich dessen erinnern, daß ultraviolette Strahlen negativ geladene Körper entladen; auf positiv geladene Körper haben sie keinen bemerklichen Einfluß. Dagegen entladen X-Strahlen sowohl positiv wie negativ geladene Körper gleich schnell.

Es besteht somit eine gewisse Wahrscheinlichkeit für die Anschauung, daß Kathodenstrahlen von molekularem oder Ionen-Bombardement herrühren. Sie erscheinen aber gewöhnlich vermischt mit X-Strahlen, die für ihre Fortpflanzung der ponderablen Materie nicht bedürfen und daher als bloße Ätherstörungen betrachtet werden. Ultraviolette Strahlen sind andererseits Ätherwellen von sehr kleiner Wellenlänge; sie haben die Eigenschaft, daß sie Gasmoleküle in elektrisch geladene Teilstücke oder Ionen zu spalten vermögen. Man kann berechnen, daß die Atome,

welche Kathodenstrahlen fortführen, Geschwindigkeiten von 224 km in der Sekunde haben. Hieraus folgt, daß die Atome in einem einzigen Gramm ebensoviel Bewegungsenergie besitzen, wie eine Lokomotive von 80 Tonnen Gewicht, die mit einer Geschwindigkeit von 90 km in der Stunde dahintrast. Es ist daher kein Wunder, daß sie dünne Metallschichten durchdringen und sich tief in Glas hineinbohren.

Herr Poincaré, der wohlbekannte Mathematiker, vermutete 1896, daß die fluoreszierenden Stoffe möglicherweise Röntgenstrahlen entwickeln; hierzu wurde er durch den Umstand geführt, daß Röntgenstrahlen dort, wo sie auf Glas treffen, Phosphoreszenz erregen. Diese Vermutung wurde beinahe sofort durch Hrn. Charles Henry bewahrheitet, welcher fand, daß Schwefelzink, ein stark phosphoreszierenden Stoff, die Wirkung der X-Strahlen sehr steigert, wenn es in deren Weg gebracht wird. Im gleichen Jahre fand auch Herr Henri Becquerel, daß von den Verbindungen des Metalls Uran Strahlen ausgesendet werden, welche die photographische Platte beeinflussen, auch wenn diese in schwarzes Papier gewickelt ist, durch welches selbst Sonnenstrahlen nicht dringen können. Diese Kraft, eine photographische Platte zu beeinflussen, bleibt bestehen, auch wenn die Phosphoreszenz längst aufgehört hat. Auch erweist es sich als unnötig, vorher durch Aussetzung an das Sonnenlicht die Phosphoreszenz an den Uranverbindungen hervorzurufen, denn diese besitzen die Fähigkeit, auf die Platte zu wirken, auch wenn sie ganz im Dunklen hergestellt worden sind. Die von ihnen ausgehenden Strahlen entladen sowohl positiv wie negativ geladene Körper. Diese Eigenschaft findet sich nicht nur an den Verbindungen des Urans, sondern auch an dem Uran selbst, einem dunklen, spröden Metall, welches beim Schütteln in einer Flasche Funken gibt, die wahrscheinlich von einer Oxydation herrühren.

Kurze Zeit nach Becquerels Entdeckung fand Frau Curie, eine polnische Dame, die in Paris arbeitete, daß Pechblende, das gewöhnlichste Uranmineral, die gleichen Eigenschaften besitzt, wie das Uran selbst, aber in stärkerem Maße. Pechblende besteht wesentlich aus einem Uranoxyd, U_3O_8 , enthält aber daneben kleine Mengen anderer Elemente. Indem sie diese abschieden, fanden Herr und Frau Curie, daß insbesondere das Wismut aus der Pechblende sehr stark radioaktiv ist, während gewöhnliches Wismut nicht die kleinste Spur dieser Eigenschaft aufweist. Auf Grund der Annahme, daß dies von der Anwesenheit eines neuen Elementes herrührte, nannten sie dieses, in Anspielung auf das Vaterland der Frau Curie, Polonium. Sehr bald aber stellten sie fest, daß nicht nur das aus Pechblende abgeschiedene Wismut die Strahlungseigenschaften besitzt, sondern auch das Barium; hieraus wurde auf die Anwesenheit eines zweiten Elementes geschlossen, das sie Radium nannten. Noch ein dritter Stoff ist aus den gleichen Uranmineralien durch Debierne abgeschieden worden, den er Aktinium genannt hat. Es scheint mit einem anderen der bekannten, in der Pechblende vorkommenden Elemente vergesellschaftet zu sein, nämlich dem Titan. Der Liste muß ferner noch Thorium zugefügt werden, dessen radioaktive Eigenschaften durch G. C. Schmidt entdeckt worden sind. Wir haben daher gegenwärtig mindestens vier radioaktive Stoffe, Polonium neben Wismut, Radium neben Barium, Aktinium neben Titan, und Thorium. Verbunden mit Thorium kommt ein sehr radioaktives Material vor, dem sein Entdecker Otto Hahn den Namen Radiothorium gab.

Außer den bereits erwähnten Eigenschaften haben die radioaktiven Stoffe die Fähigkeit, die Funkenentladung einer Elektrisiermaschine oder einer Induktionsspule in eine sehr intensive Glimmentladung zu verwandeln. Stellt man aber ein Stück Blei dazwischen, so setzt die Funken-

entladung wieder ein. Wird etwas radiumhaltiges Bariumbromid im Dunkeln gegen die Stirn gehalten, so empfindet man nach einigen Sekunden einen leuchtenden Nebel. Die Strahlen des Aktiniums sollen 100 000 mal stärker sein, als die des Urans. Sehr wirksame radioaktive Präparate werden gegenwärtig von verschiedenen Firmen nach den Methoden hergestellt, welche von Frau Curie und Dr. Giesel erfunden worden sind.

Auf alle diese Erscheinungen ist durch Professor Rutherford ein neues Licht geworfen worden, da dieser fand, daß die Thoriumverbindungen eine „Emanation“ aussenden, die man als eine der von Boyle angenommenen „Exhalationen des Erdkörpers“ ansehen kann. Vorher schon hatte Dr. Russell bemerkt, daß photographische Platten durch Dämpfe von Wasserstoffperoxyd beeinflusst werden, das unter den verschiedenartigsten Umständen zu entstehen scheint. Dagegen behielten Rutherford's Exhalationen ihre Wirksamkeit unter Bedingungen, unter welchen Wasserstoffperoxyd sich ohne weiteres zersetzt haben müßte; auch wirkten sie entladend auf das Elektroskop, was Wasserstoffperoxyddämpfe nicht tun. Man muß das Bestehen solcher Emanationen (von denen später mehreres) im Auge behalten, wenn man die Angaben über diese verschiedenen Strahlungen begreifen will.

Die radioaktiven Stoffe teilen eine vorübergehende Radioaktivität allen Stoffen mit, die in ihre Nähe kommen, an Metalle, Glas, Papier usw.; diese besitzen dann für eine kurze Zeit eine Radioaktivität, welche neunzigmal so stark ist, wie die des Urans. Durch Erhitzen oder Abwaschen kann man diese Eigenschaft entfernen. Selbst destilliertes Wasser nimmt aktive Eigenschaften an, wenn man es unter eine Glasglocke neben Radiumchlorid stellt. In offenen Gefäßen verliert solches Wasser seine Wirksamkeit sehr schnell, das gleiche geschieht aber auch nach einigen Tagen, wenn man es luftdicht in Glas ein-

schmilzt. Umgekehrt verliert eine Lösung eines Radiumsalzes, z. B. des bariumhaltigen Bromids, an offener Luft einen Teil der Wirksamkeit, gewinnt sie aber wieder, wenn man sie in einer zugeschmolzenen Röhre aufbewahrt.

Curie und Debierne fanden, daß diese induzierte Radioaktivität sehr stark gesteigert wird, wenn man die betreffenden Gegenstände neben einem kleinen offenen Gefäß mit Radiumbromid unter einer Glasglocke aufbewahrt. Hierbei werden nur die freien Oberflächen aktiv, nicht diejenigen, welche durch die Wände des Gefäßes oder der Glasglocke abgedeckt sind. Solche induzierte Körper zeigen nach der Einwirkung eines Salzes mit dem mittleren Atomgewicht 174 (statt 137, das dem Barium zukommt) eine Aktivität, die 8000 mal größer ist, als die eines gleich großen Stückes Uran. Die Aktivität bleibt bestehen, so lange die Stücke unter den beschriebenen Bedingungen aufbewahrt werden; werden sie aber an die Luft gebracht, so verschwindet sie nach einigen Tagen. Ebenso läßt sich die Radioaktivität übertragen, wenn man die Gegenstände in ein Gefäß bringt und den wirksamen Stoff in ein anderes, und beide nur durch eine enge Kapillare verbindet. Wird aber die Verbindung der beiden Gefäße aufgehoben, so hört auch die Übertragung der Radioaktivität auf.

Es ist sehr bemerkenswert, daß diese Fähigkeit, Radioaktivität zu übertragen, auf Radium und Aktinium beschränkt ist; Polonium scheint die Eigenschaft nicht zu besitzen, Emanation abzugeben. Möglicherweise hängt dieser Unterschied mit der durch Becquerel entdeckten Tatsache zusammen, daß, während seine Strahlen (die wahrscheinlich von Radium und Aktinium stammen) durch einen Magnet abgelenkt werden, die des Poloniums ebenso wie X-Strahlen unbeeinflusst bleiben. Curie gibt andererseits an, daß Radium und Polonium sowohl ablenkbare wie nicht ablenkbare Strahlen aussenden; die letzteren

werden durch Aluminiumfolie absorbiert. Keine dieser Strahlenarten scheint der Polarisation fähig zu sein; ebensowenig werden sie durch Prismen gebrochen.

Becquerel hat ferner entdeckt, daß Luft, die mit radioaktiven Stoffen in Berührung gewesen war, hernach das Elektroskop entladet; es ist tatsächlich unmöglich, einen elektrischen Konduktor in einem Raum zu laden, in welchem derartige Präparate gehandhabt worden sind. Diese Fähigkeit, der Luft die entladende Eigenschaft mitzuteilen, bleibt mindestens ein Jahr erhalten, selbst wenn der Stoff während dieser ganzen Zeit im Dunklen aufbewahrt worden war. Es ist daher die Annahme ausgeschlossen, daß hierbei Lichtenergie in jene anderen Strahlungen verwandelt wird.

Curie fand bei seinen Versuchen über die Induktion, daß, wenn der Raum mit den Gegenständen beständig luftleer erhalten wurde, diese keine induzierte Aktivität annahmen. Daher erscheint es möglich, die radioaktive Substanz auszupumpen; woraus man naturgemäß schließen muß, daß sie ein Gas ist. Dieser gasförmige Stoff oder mindestens die Luft, die ihn enthält, ist gesammelt worden und hat sehr starke chemische Wirkungen neben der Radioaktivität gezeigt. Er verwandelt Sauerstoff in Ozon und das Natronglas, in welchem man ihn aufbewahrt, wird zunächst violett und hernach schwarz. Becquerel seinerseits hat die zerstörende Wirkung der Strahlen auf die Haut bemerkt; sie färben Steinsalz, verwandeln gelben Phosphor in roten und vernichten die Keimkraft von Senf- und Kressensamen.

Nimmt man an, daß die Strahlung der radioaktiven Stoffe von dem Ausschleudern materieller Partikeln herührt, die auf die Wände der Gefäße prallen, so kann man die Geschwindigkeit dieser Partikeln durch das folgende Hilfsmittel bestimmen. Denken wir uns eine Kugel aus einem horizontal gelagerten Gewehr abgeschossen, dessen

Mündung sich in einer gewissen Höhe über dem Boden befindet. Dann wird die Kugel gegen die Erde zu fallen beginnen und in einer bestimmten Zeit auf dieser angelangt sein. Der Punkt, wo sie niederfällt, ist durch das Verhältnis zwischen der Anziehung der Erde und der Fluggeschwindigkeit der Kugel bestimmt, wenn man vom Luftwiderstande absieht. Ist also die eine Größe bekannt, so kann die andere bestimmt werden. Auf ähnliche Weise, wenigstens im Prinzip, kann auch die Geschwindigkeit der radioaktiven Teilchen gemessen werden. Sie werden durch ein magnetisches Feld abgelenkt und zeigen eine Flugbahn wie eine Flintenkugel. Derart hat Becquerel ihre Geschwindigkeit auf 160 000 km in der Sekunde berechnet.

Schließlich ist die Ansicht ausgesprochen worden, daß die Existenz solcher Strahlungen und Emanationen auf der Betätigung von „Elektronen“ im freien Zustande beruhen könnte. Ein Elektron wird als eine elektrische Ladung angesehen, die sich mit einem Atom verbinden kann, wobei es dieses in ein Ion verwandelt. Gegenwärtig wird allgemein angenommen, daß beim Auflösen von Chlor-natrium in Wasser das Atom des Natriums sich von dem des Chlors trennt, wobei ein jedes eine elektrische Ladung annimmt, das Natrium eine positive, das Chlor eine negative, etwa nach dem Schema: $\text{NaCl} + \text{Wasser} + \oplus \ominus = \text{Na} \oplus + \text{Cl} \ominus + \text{Wasser}$; hierbei wird die neutrale Elektrizität, die aus je einem Atom positiver und negativer besteht, dissoziiert. Nun ist es möglich, daß solch ein Stoff, wie Pechblende oder ein anderer radioaktiver Stoff sich mit einer der beiden Ladungen verbinden kann, wobei die andere frei wird. Von den Curies ist in der Tat nachgewiesen worden, daß die Radiumstrahlen den empfangenden Körper negativ laden, während der strahlende Stoff positiv zurückbleibt.

Was auch die wahre Erklärung dieser Wunder sein mag, es kann nicht in Abrede gestellt werden, daß es sich

hier um die Anfänge einer Angelegenheit handelt, welche die Zukunft des Menschengeschlechtes auf das tiefste beeinflussen kann und wahrscheinlich auch wird. Betrachten wir die Anfänge der Entdeckungen von Gilbert, Franklin, Volta, Faraday und vergleichen sie mit dem, was sich aus diesen Anfängen entwickelt hat, dem elektrischen Telegraphen und der Dynamomaschine, so können wir den Schluß nicht ablehnen, daß die Zukunft noch viel größere Entdeckungen in ihrem Schoße birgt, als selbst diese sind. Allerdings haben die Entdecker wie die Curie, Hertz, Lenard, Becquerel, keine praktischen Anwendungen von ihren Entdeckungen gemacht; es fehlt aber nie an Menschen, die die praktische Seite solcher Fortschritte ins Auge fassen und sie für Zwecke zu verwenden wissen, welche der Menschheit nützlich sind. Dies ist um so mehr ein Grund, daß dem Forscher als solchem jede mögliche Förderung zuteil werden soll, denn ihm verdanken wir in letzter Linie alles, worauf unsere materiellen und physischen Fortschritte beruhen.

Was ist ein Element?

Lange Zeit hat die Ansicht bestanden, daß alle Dinge, die uns umgeben, die Tiere, Pflanzen, Steine und Flüssigkeiten, Anteil haben an den Eigenschaften eines oder mehrerer der vier Elemente Feuer, Luft, Erde und Wasser. Diese Lehre war eine sehr alte; sie stammt wahrscheinlich aus Indien und hat dann unsere Voreltern durch Vermittelung der Griechen erreicht. Feuer wurde als heiß und trocken angesehen, Luft als heiß und feucht; Wasser als kalt und feucht, Erde als kalt und trocken. Und solche Substanzen, an denen diese Eigenschaften angetroffen wurden, sollten entsprechende Mengen dieser

Elemente enthalten, durch welche diese Eigenschaften auf sie übertragen wurden.

Unter der Regierung von Karl II. von England, um das Jahr 1660 etwa, hat Robert Boyle, ein englischer Naturforscher und Chemiker, dem Namen Element die Bedeutung wiedergegeben, welche das Wort mit sich bringt. Element oder lateinisch „elemens“ soll von den drei Buchstaben l, m, n abgeleitet sein und soll andeuten, daß ebenso, wie ein Wort aus Buchstaben zusammengesetzt ist, ein Stoff aus seinen Elementen zusammengesetzt ist. In seinem berühmten Werk „Der skeptische Chemiker“ beschränkte Boyle den Gebrauch des Wortes Element auf die wirklichen Bestandteile der Stoffe, und diese Bedeutung hat das Wort noch heute.

Es ist oft gefragt worden: enthält ein zusammengesetzter Stoff wirklich seine Elemente? Sind die Elemente als solche in den Verbindungen enthalten? Soll dies bedeuten, daß beispielsweise Eisen als Eisen im Rost enthalten ist, so muß die Antwort heißen: Nein. Die Eigenschaften des Rostes sind von denen des Eisens ganz verschieden; keine Spur von Eisen kann im Rost durch solche Kennzeichen entdeckt werden, welche dem metallischen Eisen zukommen. Soll es aber bedeuten, daß Rost aus metallischem Eisen entsteht, wenn dieses an feuchter Luft liegt, und daß durch passende Behandlung metallisches Eisen aus dem Rost wieder erzeugt werden kann, so muß die Antwort Ja lauten.

Die Tatsache, daß ein Element seine besonderen Eigenschaften völlig verliert, wenn es sich mit anderen Elementen verbindet, führte zu der nicht unnatürlichen Vermutung, daß es ausführbar sein müßte, ein Element in ein anderes zu verwandeln oder es zu transmutieren. Lange bevor der Begriff des Elementes durch Boyle formuliert worden war, sind unzählige Versuche gemacht worden, derartige Transmutationen auszuführen. Denn auf

den ersten Blick scheint es wirklich leichter zu sein, das Metall Blei in das Metall Silber oder Gold zu verwandeln, statt in die gelbliche Erde, die sich aus ihm bildet, wenn man es lange an der Luft erhitzt. Denn nach der alten Lehre sind die Eigenschaften des Goldes, seine Dehnbarkeit, sein Glanz, seine Schmelzbarkeit, denen des Bleis viel ähnlicher, als die Eigenschaften der Bleiglätte oder des Bleioxydes, das sich aus dem Blei beim Erhitzen an der Luft bildet. Seit Boyles Tagen trat es aber mehr und mehr hervor, daß gewisse Stoffe allen Versuchen widerstanden, sie in andere zu verwandeln, ohne daß sich gleichzeitig ihr Gewicht vermehrte. So sind beispielsweise alle Änderungen, denen das Eisen unterliegen kann, stets mit Gewichtsvermehrung verbunden. Denn diese Änderungen beruhen darauf, daß das Eisen sich mit anderen Elementen verbindet, und dabei fügt sich das Gewicht dieser neuen Elemente zu dem des Eisens hinzu und die entstandene Verbindung der beiden Elemente hat demgemäß ein höheres Gewicht und andere Eigenschaften, als das ursprüngliche Eisen. Langsam stellte sich heraus, daß mindestens siebenzig verschiedene Stoffe derart als Elemente anerkannt werden müssen (gegenwärtig, 1909, ist die kleinste Anzahl 80), von denen zehn Gase, zwei Flüssigkeiten und die übrigen fest sind: acht Elemente werden als Nichtmetalle bezeichnet, da sie weder den Glanz, noch die anderen charakteristischen Eigenschaften der Metalle besitzen; alle anderen sind Metalle. Man betrachtet diese Stoffe als Elemente ausschließlich aus dem Grunde, weil man sie noch nicht in andere Stoffe hat verwandeln können, und nicht etwa, weil eine solche Umwandlung durch die Natur der Dinge ausgeschlossen wäre. Da aber die Eigenschaften dieser Elemente, und die Verbindungen, welche sie bei ihrer gegenseitigen Einwirkung ergeben, durch unzählige Untersuchungen festgestellt worden sind, wobei keinerlei Anzeichen einer Transmutation bemerkt

worden sind, so hat sich jener Schluß bezüglich der Nichtwandelbarkeit der Elemente ergeben. Daher ist denn auch die Transmutation der Elemente ebenso als eine Unmöglichkeit betrachtet worden, wie das Perpetuum mobile oder die Quadratur des Kreises.

Für viele Geister hat die Spekulation indessen einen unwiderstehlichen Reiz; und so hat man es sich gedacht, daß möglicherweise alle Elemente aus einem einzigen Urstoff, dem „Protyl“ bestehen könnten, von dem sie verschiedene Kondensationszustände sein mögen. Es wird vielleicht der Mühe wert sein, einige Augenblicke auf die Betrachtung der Gründe für eine derartige Anschauung zu verwenden.

Zu Beginn des neunzehnten Jahrhunderts unterzog John Dalton die alte griechische Hypothese einer neuen Untersuchung, daß alle Materie mit Einschluß der Elemente aus kleinen unsichtbaren Partikeln, den Atomen bestehe, denen man übrigens Gewicht zuschreiben muß, da die aus ihnen gebildete Materie ihrerseits Gewicht hat. Obwohl sie so klein sind, daß ein Versuch, ihr absolutes Gewicht zu bestimmen, ganz ausgeschlossen erscheint, erachtete Dalton es für möglich, daß wenigstens ihr relatives Gewicht bestimmbar sein könnte, nämlich indem man die Gewichtsverhältnisse bestimmt, nach denen sie in ihren Verbindungen vorhanden sind. Die Verbindung von Chlor und Wasserstoff beispielsweise, die als Salzsäure bekannt ist, besteht aus einem Gewichtsteil Wasserstoff und $35\frac{1}{2}$ Gewichtsteilen Chlor; da man annimmt, daß sie aus gleichen Atomen ihrer beiden Elemente besteht, so folgt, daß ein Atom Chlor $35\frac{1}{2}$ mal so schwer ist, wie ein Atom Wasserstoff. Nach dem gleichen Prinzip sind die relativen Atomgewichte aller anderen Elemente bestimmt worden. Geht man derart vom Wasserstoffatom als dem leichtesten aus, so ergibt sich das Gewicht eines Atoms Stickstoff zu 14, Sauerstoff zu 16, Eisen zu 56, Blei zu 207 usw.

Bald wurden Versuche angestellt, die Elemente nach ihren Eigenschaften zu klassifizieren; anfangs waren die Einteilungen natürlich ziemlich willkürlich. Die Nichtmetalle wurden von den Metallen durch die Abwesenheit des metallischen Glanzes, die geringe Leitfähigkeit für Elektrizität und Wärme unterschieden; auch geben ihre Oxyde mit Wasser gewöhnlich Säuren, während die Metalle unlösliche, pulverförmige, geschmacklose Oxyde bilden. Einige Metalle, welche beim Rotglühen sich nicht oder nur sehr schwierig mit Sauerstoff verbinden, wurden edle Metalle genannt; andere, wie Kalium und Natrium, welche durch Wasser augenblicklich angegriffen werden und sich damit zu seifig schmeckenden, ätzenden Flüssigkeiten lösen, hießen die Alkalimetalle usw. 1863 gelang es indessen einem Londoner technischen Chemiker Newlands, die Elemente so in Gruppen zu ordnen, daß jedes Element, das eine bestimmte Stelle in einer Kolumne einnimmt, dem entsprechenden Element an der entsprechenden Stelle einer anderen Kolumne analog ist. Er schrieb die Elemente in einer horizontalen Reihe auf, indem er mit dem anfang, das das kleinste Atomgewicht hat und fand, daß vom achten Element ab sich die gleiche Gruppierung wiederholte und ebenso bei der nächsten entsprechenden Anzahl. Setzt man diese Teilreihen unter einander, so ordnen sich die ähnlichen Elemente in vertikale Reihen. Ebenso erweisen sich die Verbindungen solcher Elemente als entsprechend zusammengesetzt. Um zu zeigen, was gemeint ist, sind nachstehend die beiden ersten Reihen dieser Anordnung wiedergegeben:

Lithium	Beryllium	Bor	Kohlenstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Fluor
7	9.1	11	12	14	16	19
Natrium	Magnesium	Aluminium	Kiesel	Phosphor	Schwefel	Chlor
23	24.4	27.1	28.4	31	32	35.5

Fährt man in gleicher Weise fort, so findet man in der ersten Kolumne fünf Elemente, nämlich Lithium, Natrium,

Kalium, Rubidium, Cäsium. Alle diese sind weiche Metalle, die sich leicht mit dem Messer schneiden lassen, heftig auf Wasser einwirken, indem sie darauf unter Wasserstoffentwicklung umherlaufen oder Feuer fangen. Mit Chlor verbindet sich jedes Atom für Atom; bezeichnet man z. B. ein Atom Natrium mit Na und ein Atom Chlor mit Cl, so ist die Verbindung (gewöhnliches Kochsalz) durch NaCl bezeichnet, welche Formel darstellt, daß die Verbindung aus je einem Atom der beiden Elemente bestehend angesehen wird. Dasselbe gilt für die anderen Elemente; die Chlorverbindung des Lithiums hat die Formel LiCl, die des Kaliums KCl, des Rubidiums RbCl, des Cäsiums CsCl. Sie sehen alle dem gewöhnlichen Kochsalz ähnlich, schmecken ähnlich, sind weiß und lösen sich in Wasser, wie dieses, kristallisieren wie dieses in Würfeln und haben noch viele andere gemeinsame Eigenschaften. Ebenso sind alle ihre Oxyde weiße Stoffe, die sich leicht in Wasser lösen und Flüssigkeiten ergeben, die sich seifig anfühlen und einen brennenden Geschmack haben. Aus diesen und anderen Gründen stellt man die Elemente in eine und dieselbe Klasse.

Wir wollen vom anderen Ende der Tabelle ein weiteres Beispiel nehmen. Fluor ist ein blaßgelbes Gas von erstickendem Geruch, das sich augenblicklich mit Wasserstoff verbindet und dabei ein farbloses Gas ergibt, das sich in Wasser zu einer sauren Flüssigkeit auflöst, die ätzend auf viele Metalle einwirkt. Chlor, das nächste Glied, ist ein gelbgrünes Gas, das in anderen Beziehungen dem Fluor sehr ähnlich sich verhält. Das dritte Glied heißt Brom, ist eine schwarzrote Flüssigkeit, die noch unterhalb der Temperatur des siedenden Wassers sich in ein gelbrotes Gas verwandelt, das dem Chlor ähnlich riecht. Das folgende Glied, Jod, ist zwar bei gewöhnlicher Temperatur ein schwarzer Stoff, geht aber in einen violetten Dampf über, wenn es erhitzt wird. Ebenso wie Fluor

bilden sie alle Verbindungen mit je einem Atom Wasserstoff, entsprechend den Formeln HCl, HBr, HJ, welche farblose Gase sind, die sich in Wasser zu Säuren auflösen.

Hieraus wird ersichtlich, daß durch Newlands Methode der Anordnung tatsächlich ähnliche Elemente in die vertikalen Reihen gebracht werden. Das Verfahren wurde unabhängig von einem deutschen Chemiker Lothar Meyer und einem russischen, Dmitri Mendelejew, entwickelt und wird gegenwärtig als der einzige rationelle Weg zur Einteilung der Elemente anerkannt.

Betrachten wir die horizontalen Reihen genauer, so bemerken wir eine Besonderheit. Vergleichen wir die Anzahl der Sauerstoff- oder Wasserstoffatome, die sich mit je einem Atom dieser Elemente verbinden, so finden wir, daß diese sich stetig ändert. So haben wir beispielsweise:

Lithium	Beryllium	Bor	Kohlenstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Fluor
Li_2O	BeO	B_2O_3	CO_2	N_2O_5	—	—
LiH	(CaH_2)	BH_3	CH_4	NH_3	OH_2	FH

Die Elemente der folgenden Reihen zeigen die gleiche Regelmäßigkeit.

Bis in die letzte Zeit waren keine Elemente bekannt, welche sich weigern, in Verbindung mit anderen Elementen zu treten. 1894 entdeckten aber Lord Rayleigh und Sir William Ramsay, daß ein derartiges gasförmiges Element in der gewöhnlichen atmosphärischen Luft enthalten ist; sie nannten es deshalb Argon nach dem griechischen Wort für untätig oder träg. Dieses Gas war so lange übersehen worden, weil es sich neben etwa seinem hundertfachen Betrage eines anderen Gases in der Luft befindet, das ihm ziemlich ähnlich ist, nämlich Stickstoff. Argon kann nicht in Verbindungen übergeführt werden und daher bleibt es zurück, wenn man den Sauerstoff und den Stickstoff aus der Luft fortnimmt.

Bald nach der Entdeckung des Argons fand Ramsay, daß gewisse Mineralien beim Erhitzen ein Gas abgeben,

das dem Argon insofern ähnlich ist, als es gleichfalls keine Verbindungen zu bilden vermag, das aber viel leichter ist und daher ein entsprechend kleineres Atomgewicht hat; denn während das des Argons rund vierzig ist, ist das des Heliums (so wurde das neue Gas genannt) nur vier. Offenbar gehörten diese beiden Elemente derselben Reihe an, denn sie sind beide farblose Gase, die sich mit keinem anderen Elemente zu verbinden vermögen. Es schien daher fast notwendig, daß andere Gase existieren müßten, die den genannten in ihren Eigenschaften ähnlich sind. So ging Ramsay zusammen mit seinem Mitarbeiter Travers mehrere Jahre auf die Jagd nach diesen fehlenden Elementen. Sie erhitzten über hundert verschiedene Mineralien, um nachzusehen, ob sie Gase enthielten, und wenn, ob diese Gase neu waren; doch fanden sie kein neues Gas, wenn sie auch feststellten, daß viele Mineralien beim Erhitzen Helium abgeben. Ferner wurden Mineralwasser gekocht, um die ausgetriebenen Gase zu untersuchen; doch wurde auch hier nur Helium und Argon gefunden. Selbst Meteoriten oder „fallende Sterne“ wurden erhitzt; nur einer von ihnen gab beim Erhitzen ein Gas, das nicht in Verbindungen übergeführt werden konnte; bei näherer Untersuchung erwies es sich aber auch nur als ein Gemenge der beiden bekannten.

Als letzten Versuch stellten Ramsay und Travers eine große Menge Argon aus Luft durch Bindung des Sauerstoffs und Stickstoffs her und drückten dann das Gas in einen Kolben, der von flüssiger Luft umgeben war; bei dieser Kälte geht Argon in den flüssigen Zustand über. Es bildet eine farblose bewegliche Flüssigkeit, wie Wasser. Wird die flüssige Luft entfernt, so beginnt das Argon alsbald zu sieden.

Es wurde gehofft, daß aus dem rohen flüssigen Argon etwa vorhandene Gase von höherem oder tieferem Siedepunkt sich durch Destillation würden trennen lassen. Ent-

hielt es Gase von niedrigerem Siedepunkte, so würden diese sich zunächst verflüchtigen und könnten besonders gesammelt werden; schwerere Gase würden dagegen in den letzten Rückständen der Destillation verbleiben. Diese Hoffnung wurde nun wirklich erfüllt, wenigstens in ihrem ersten Teil, denn das zunächst verflüchtigte Gas war viel leichter und siedete bei viel niedrigerer Temperatur, als Argon. Nach einigen Wiederholungen der Destillation stellte sich indessen heraus, daß flüssige Luft nicht kalt genug war, um diesen Anteil im reinen Zustande zu verflüssigen. Aber Dr. Travers wußte sich zu helfen. Er konstruierte einen Apparat zur Herstellung von flüssigem Wasserstoff, dessen Siedepunkt weit unter dem der flüssigen Luft liegt, nämlich bei -252.5° . Als hiermit das Gasgemisch gekühlt wurde, welches als leichter siedend aus dem Argon abgeschieden worden war, verflüssigte sich nur ein Teil; etwa ein Drittel blieb gasförmig und erwies sich als Helium, der andere Teil aber, der im flüssigen und festen Zustande erhalten worden war, ging in ein Gas über, das Neon genannt wurde, nach dem griechischen Wort für neu.

Ferner wurde festgestellt, daß noch zwei andere Gase abgeschieden werden können, wenn man große Mengen flüssiger Luft verdampfen läßt. Diese Gase haben einen viel höheren Siedepunkt, als Sauerstoff, Stickstoff und Argon und bleiben daher, vermischt mit den letzten Tropfen der flüssigen Luft, übrig, nachdem der allergrößte Teil derselben freiwillig verdampft ist. Durch „Fraktionieren“ ließen sie sich trennen; eines wurde Krypton (griechisch verborgen) genannt, das andere Xenon (der Fremdling).

So wurden fünf neue Gase gefunden; ihre Atomgewichte sind nachstehend verzeichnet: Helium 4, Neon 20, Argon 39.9, Krypton 81.8, Xenon 128.

Ihre Stellung unter den anderen Elementen ergibt sich aus dem nachstehenden Bruchstück der Elemententabelle.

Wasserstoff 1	Helium 4	Lithium 7	Beryllium 9.1
Fluor 19	Neon 20	Natrium 23	Magnesium 24,3
Chlor 35.5	Argon 39.9	Kalium 39.1	Kalzium 40
Brom 80	Krypton 81.8	Rubidium 85.4	Strontium 87.6
Jod 127	Xenon 128	Cäsium 133	Barium 137.4

Es erweist sich, daß auch ihre Atomgewichte eine senkrechte Kolumne bilden und daß sie die aktiven Elemente der Fluorgruppe von den ebenso aktiven Elementen der Natriumgruppe scheiden.

Die Entdeckung dieser Stoffe hat unserer Kenntnis der Elemente als solcher nur wenig Zuwachs gebracht, ausgenommen die Tatsache, daß die Existenz von Elementen nachgewiesen wurde, die keine Verbindungen bilden können. Es darf angenommen werden, daß die gleichen Agentien, welche aus Verbindungen Elemente entstehen lassen, auch fähig sein müßten, die sogenannten Elemente in noch einfachere Stoffe zu verwandeln; derartig zersetzte Elemente dürften natürlich nicht länger diesen Namen führen. Und es erschien nicht unmöglich, daß die höheren Glieder der Reihen ähnlicher Elemente, etwa aus der Reihe des Chlors oder der des Natriums, so zerlegt werden könnten, daß die niederen Glieder von kleinerem Atomgewicht entstehen. Solche Agentien sind: hohe Temperatur und der elektrische Strom. Wasser kann beispielsweise in seine Elemente zerlegt werden, indem man es auf Weißglut erhitzt und oder indem man einen elektrischen Strom durchschickt. Es braucht aber kaum erst berichtet zu werden, daß die Elemente oft genug den höchsten Temperaturen und den stärksten Strömen ausgesetzt worden sind und daß sie dabei doch Elemente geblieben sind. Es liegen allerdings Gründe für die Annahme vor, daß bei den enorm hohen Temperaturen der Sonne und der Fixsterne einige unserer Elemente in einfachere Stoffe zerlegt werden; doch hat es sich bisher nicht möglich gezeigt, so extreme Temperaturen auf der Erde herzustellen.

Das Element Kohlenstoff ist durch die enorme Anzahl verschiedenartiger Verbindungen gekennzeichnet, die es zu bilden vermag, insbesondere mit Wasserstoff und Sauerstoff, wenn auch viele andere Elemente in solche Verbindungen eintreten können. Und bei diesen vielfältigen Stoffen ergibt sich eine bemerkenswerte Tatsache: je größer die Anzahl der Atome ist, die sie enthalten, um so leichter werden sie durch Hitze zersetzt. Einige Verbindungen sind sogar so unbeständig, daß sie sich bei gewöhnlicher Temperatur zersetzen, allerdings nicht in ihre Elemente, sondern in andere, einfachere Verbindungen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Solche Verbindungen sind also nur bei niedrigerer Temperatur beständig, und je höher die Temperatur ist, um so unbeständiger werden sie. Nach dieser Analogie sollten wir schließen, daß gerade die Elemente mit hohem Atomgewicht eine Tendenz zum Zerfall zeigen müßten, vorausgesetzt natürlich, daß sie überhaupt zersetzbar sind. Nun befindet sich unter den Elementen mit den höchsten bisher bekannten Atomgewichten Radium, ein Element der Bariumgruppe, mit dem Atomgewicht 226. Dieser merkwürdige Stoff kommt in einem Uranmineral, der Pechblende, vor; seine Entdeckung durch Frau Curie ist eines der wichtigsten Ereignisse in der neueren Geschichte der Chemie.

Das zweite Element von hohem Atomgewicht ist Thorium (232.5). Dr. Schmidt in Erlangen und unabhängig von ihm Professor Rutherford in Montreal entdeckten, daß wenn Luft über ein festes Thoriumsalz oder durch eine Lösung eines solchen geleitet wird, sie eine „Emanation“ mit sich fortführt, welche für eine kurze Zeit die Fähigkeit besitzt, das Elektroskop zu entladen. Auch Radium gibt ein solches Gas oder eine „Emanation“ ab, die aber ihre entladende Eigenschaft mehr Tage lang behält, als die Thoriumemanation Minuten. Auch Uran, der Hauptbestandteil der Pechblende, hat gleichfalls die Eigen-

schaft, das Elektroskop zu entladen, aber es gibt keine Emanation aus. Sein Atomgewicht ist 239.5, das höchste unter allen bekannten.

Die gasförmigen Emanationen, welche sich aus den Verbindungen des Thoriums und Radiums entwickeln, lassen sich in flüssige und feste Form überführen, indem man sie durch eine mit flüssiger Luft gekühlte Röhre leitet. Sie kommen aber nur in so enorm kleinen Mengen vor, daß noch niemand sie erblickt hat, nicht einmal in Gestalt eines Tröpfchens oder Stäubchens. Sie verhalten sich ebenso träg wie Argon und gehören somit in diese Gruppe von Elementen. Das Gas aus Radium leuchtet schwach im Dunkeln, indem es ein weißliches Phosphoreszenzlicht abgibt, ähnlich dem, das sich an faulenden Fischen, beim Meeresleuchten oder an schwach geriebenen Phosphorzündhölzchen zeigt. Im Gemisch mit Luft kann man das Gas im Dunklen hieran erkennen, wenn es durch eine Röhre geleitet wird; ebenso verrät es sich durch das schwache Leuchten, wenn man es aus einem Gefäß in ein anderes überführt.

Es ist nicht schwer, aus einem Gasmisch vorhandenem Sauerstoff zu entfernen: man braucht nur ein Stück Phosphor darin zu erhitzen, so bildet sich eine feste Verbindung damit und aller Sauerstoff geht in diese über. Ebenso kann man den Sauerstoff durch Leiten über rotglühendes Kupfer festhalten. Daher ist es bequemer, die Emanation sich in Sauerstoff statt in gewöhnliche Luft entwickeln zu lassen, da der Stickstoff der letzteren viel schwieriger zu entfernen ist. Auf solche Weise kann man das Gemisch von Sauerstoff und Emanation in eine Glasröhre bringen, den Sauerstoff entfernen und die Emanation rein übrig behalten.

Nun ist bereits mitgeteilt worden, daß die Emanation ihre Eigenschaft, das Elektroskop zu entladen, allmählich verliert. Nach vier Tagen braucht man doppelt soviel

davon, um die gleiche entladende Wirkung hervorzubringen, wie bei frisch aus Radiumsalzen hergestellter. Daher ergab sich für Soddy und Sir William Ramsay die Frage: was wird aus der Emanation? Verliert sie nur ihre entladenden Eigenschaften und ihr Leuchtvermögen, oder verwandelt sie sich ganz und gar in etwas Anderes?

Die Chemie verdankt Robert Bunsen seit längerer Zeit ein Hilfsmittel zur Erkennung fast unbegreiflich kleiner Stoffmengen. Alle Stoffe senden, wenn sie durch sehr starke Hitze in Gase verwandelt werden, Licht aus; untersucht man dieses durch ein Prisma, so findet man es oft sehr verschieden. Beispielsweise gibt Natriumgas bei Rotglut ein gelbes Licht aus, das durch einen Spalt und ein Prisma in zwei gelbe Linien zerlegt wird: das Spektrum des Natriums. Ebenso entwickeln Kaliumsalze in einer Weingeistflamme ein violettes Licht und das Prisma weist nach, daß dieses Licht aus zwei Arten besteht, roten Strahlen und violetten. Ähnlich ist es mit anderen Elementen. Handelt es sich um Gase, so kann man ihr Spektrum dadurch erscheinen lassen, daß man eine elektrische Entladung durch eine enge Röhre schickt, welche eine kleine Spur dieses Gases enthält. Wenn beispielsweise Helium auf solche Weise untersucht wird, so gibt es ein Licht aus, das aus vielen Farben besteht: rot, gelb (das stärkste), grün, blaugrün, blau und violett. Daher kann man in einer solchen Kapillarröhre leicht die Anwesenheit von Helium erkennen, wenn man einen elektrischen Funken durchschickt, da man die Lage der einzelnen Linien im Spektrum genau bestimmen kann.

Nun fanden Ramsay und Soddy, daß die Emanation aus Radiumsalzen zunächst ihr eigenes Licht ausgab, wenn sie durch eine elektrische Entladung zum Leuchten gebracht wurde, in welchem insbesondere keine Heliumlinie vorhanden war. Nach dreitägigem Stehen wurde

aber die gelbe Heliumlinie sichtbar, die von allen am leichtesten erkennbar ist. Mit der Zeit verschwand das Selbstleuchten und gleichzeitig traten die anderen Linien des Heliums deutlicher und deutlicher auf. So mußten sie zu der Überzeugung kommen, daß in dem Maße, wie die Emanation verschwindet, Helium an seine Stelle tritt, daß mit anderen Worten die Emanation sich in Helium verwandelt.

Professor J. J. Thomson in Cambridge hat in letzter Zeit die Bewegung der Teilchen untersucht, welche vom negativen Pole abgeschleudert werden, wenn eine elektrische Entladung durch ein Gas geht. Er hat dabei gefunden, daß einige dieser Teilchen sich mit ungeheurer Geschwindigkeit bewegen und daß sie ein Gewicht besitzen, welches nicht viel über $\frac{1}{700}$ stiel von dem eines Wasserstoffatoms betragen kann. Es ist nahezu sicher, daß die Radiumsalze beständig derartige schnell fliegende Partikeln aussenden, und es ist bekannt, daß die Temperatur der Radiumsalze hierbei um einige Grade höher ist, als die ihrer Umgebung. Radium gibt, mit anderen Worten, beständig Wärme ab. Bisher haben wir derartige Vorgänge noch nie kennen gelernt; sie sind völlig neu. Wir kennen allerdings zusammengesetzte Stoffe, welche sich infolge geringfügiger Veranlassung zersetzen und hierbei größere Wärmemengen abgeben, während sie sich in Gase verwandeln; das bekannteste Beispiel hierfür ist vielleicht die Schießbaumwolle, aus der die meisten modernen Sprengmittel und Schießpulver hergestellt werden. Doch bestehen hinreichend ausgesprochene Verschiedenheiten zwischen den beiden Erscheinungen; Schießbaumwolle zerfällt mit explosiver Heftigkeit fast augenblicklich, Radium langsam; Schießbaumwolle muß durch die Explosion eines Zündhütchens zur Zersetzung gebracht werden; Radium zersetzt sich freiwillig, und seine Zersetzungsgeschwindigkeit ist, soweit bekannt, unabhängig von der Temperatur.

Die Wärmeentwicklung bei der Explosion der Schießbaumwolle ist zwar groß, aber ganz unvergleichlich viel kleiner, als die bei der Zersetzung eines gleichen Gewichtes Radium; auch sind elektrische Erscheinungen, die die Explosion der Schießbaumwolle begleiten, nicht bekannt. Doch bleibt immerhin noch einiger Grund vorhanden, die beiden Erscheinungen als in letztere Linie ähnlich anzusehen, wobei beim Radium die schweren Atome desselben sich in die leichteren Heliumatome zersetzen. Es ist nahezu sicher, daß Helium nicht das einzige Produkt der Selbstzersetzung der Emanation ist; dagegen ist nicht bekannt, ob Radium, während es Emanation abgibt, sich in einen anderen Stoff außerdem verwandelt. Hier ist noch sehr viel zu entdecken. Doch muß anerkannt werden, daß ein erheblicher Fortschritt geschehen ist, und daß mindestens ein sogenanntes Element nicht länger als wirkliche Urmaterie angesehen werden kann, da es sich freiwillig in eine einfachere Form der Materie umwandelt.

Wenn der Anfänger begonnen hat, sich im Gebiete des bisher Bekannten umzutun, so gelangt er leicht zu der Vorstellung, daß nur wenig übrig gelassen worden ist, was noch entdeckt werden könnte. Aber all unser Fortschritt seit den Zeiten von Sir Isaac Newton hat den Ausspruch jenes großen Mannes nicht Lügen gestraft: daß wir nur den Kindern gleichen, die am Strande des Wissens hier und da einen Kiesel aufheben, während sich der weite Ozean des Unbekannten vor unseren Augen erstreckt. Nichts ist sicherer, als daß wir nur eben begonnen haben, einiges von den Wundern der Welt zu erkennen, in der wir leben, weben und sind.

Über die periodische Anordnung der Elemente.

Gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts kristallisierte sich auf Grund der Forschungen von Black, Scheele, Priestley, Cavendish und Lavoisier aus der damaligen zufälligen Sammlung von chemischen Tatsachen mehr und mehr ein System heraus, und es ergab sich dabei, daß der wesentlichste Unterschied zwischen einer Verbindung und einem Gemisch die Unveränderlichkeit der Zusammensetzung des ersteren war. Am Anfange des neunzehnten Jahrhunderts formulierte Dalton seine berühmte Hypothese, durch welche eine bestimmte Ansicht über die Ursache dieser Beständigkeit gewonnen wurde. Es ist allgemein bekannt, daß die „Erklärung“ in der Annahme besteht, daß die Verbindung zweier Stoffe miteinander nach bestimmten Verhältnissen in der Vereinigung eines Atoms des ersteren mit einem Atom des zweiten besteht, oder doch in der Verbindung einer bestimmten, kleinen Anzahl von Atomen der ersten und der zweiten Art. Das Atom wurde als zwar nicht notwendigerweise unteilbar angesehen, aber doch als bisher ungeteilt. Der durch Dalton bewirkte Fortschritt bestand wesentlich darin, daß er jedem Atom ein bestimmtes Gewicht zuschrieb; da ihm aber keine Grundlagen für die Bestimmung des absoluten Gewichtes irgend eines Atoms zugänglich waren, so mußte er sich mit der Bestimmung der relativen Gewichte begnügen und er wählte als willkürliche Einheit das kleinste, das er kannte, nämlich das des Wasserstoffs. Diese Wahl hat sich bewährt, denn bisher ist noch kein Element entdeckt worden, das ein kleineres Atomgewicht hätte, als der Wasserstoff, obwohl es durchaus nicht unmöglich ist, daß ein solches Element existieren kann.

Nachdem die Zweckmäßigkeit von Daltons Hypothese anerkannt worden war, ist die Arbeit der Chemiker während vieler Jahre der Aufgabe zugewendet geblieben, die relativen Werte der „Atomgewichte“ der Elemente zu bestimmen, oder, um einen hypothesenfreien Ausdruck zu brauchen, deren relative Verbindungsgewichte. In dieser Beziehung hat sich der schwedische Forscher Berzelius vor allen ausgezeichnet. Durch die Analyse einer fast unglaublich großen Anzahl von Verbindungen stellte er das Gesetz der konstanten Verbindungsgewichte auf eine feste experimentelle Grundlage und bestätigte das Gesetz der multiplen Verhältnisse. Um die vierziger Jahre des neunzehnten Jahrhunderts hatte sich eine derart große Anzahl von Zahlenwerten angesammelt, daß ein Versuch nahe lag, zwischen ihnen eine regelmäßige Ordnung zu finden, und zu ermitteln, ob nicht vielleicht noch irgend ein tiefer liegendes Gesetz entdeckt werden könnte, das die Verbindungsgewichte miteinander in allgemeine Beziehung setzt. Döbereiner wies schon 1817 und 1829 darauf hin*), daß gewisse Atomgewichte sich annähernd als die Mittelwerte der Atomgewichte nahverwandter Elemente erwiesen. So ist der Mittelwert der Atomgewichte von Kalzium und Barium annähernd das des Strontiums; Natrium liegt inmitten von Lithium und Kalium, und Schwefel und Tellur weisen auf Selen als das mittlere Element. Gmelin, der 1843 sein noch immer klassisches Handbuch der Chemie herausgab, versuchte eine Klassifikation der Elemente nicht auf Grund der Werte ihrer Atomgewichte, sondern der Ähnlichkeit ihres chemischen Verhaltens. So finden wir die Gruppen

*) Bereits am Ende des achtzehnten Jahrhunderts hat der Entdecker der chemischen Verbindungsgewichte, J. B. Richter, einen gesetzmäßigen Zusammenhang ihrer Zahlenwerte in Gestalt einer arithmetischen, bezw. komplizierteren Reihe angenommen (Übersetzer).

F, Cl, Br, J; S, Se, Te; P, As, Sb; C, B, Si; Li, Na, K; Mg, Ca, Sr, Ba usw. 1851 hielt Dumas einen Vortrag vor der British Association, in welchem er zeigte, daß nicht nur das Atomgewicht des Broms einen Mittelwert der Atomgewichte von Chlor und Jod darstellt, sondern daß auch alle seine anderen Eigenschaften, wie Farbe, Dichte im Gas- und flüssigen Zustande usw. mitten zwischen den Werten für jene anderen Elemente liegen. 1852 kritisierte Faraday Dumas' Darlegungen als „Spekulationen, welche bisher noch kaum die Beschaffenheit einer Theorie erreicht haben und daher zu den poetischen Träumen bei offenen Augen der Philosophen gerechnet werden müssen“ und er bemerkt weiter: „Wir sehen hier den ersten Schimmer eines neuen Lichtes, welches auf die gegenseitige Umwandlung gewisser Gruppen der Elemente hinweist, deren Bedingungen allerdings unserer Erkenntnis noch ganz verschlossen sind.“

Indem wir die Ansätze von Gladstone, Cooke, Odling und Strecker übergehen, kommen wir zu den Jahren 1863 und 1864, wo John Newlands in einer Reihe von Briefen an die „Chemical News“ das von ihm sogenannte „Gesetz der Oktaven“ darlegte. Seine Worte sind „Werden die Elemente in der Reihenfolge ihrer Äquivalente angeordnet, wobei einige kleine Umstellungen vorzunehmen sind, so ergibt sich, daß die zu der gleichen Gruppe gehörigen Elemente gewöhnlich in derselben vertikalen Linie erscheinen. Daraus folgt also, daß die Ordnungszahlen der analogen Elemente entweder um sieben oder ein Multiplum von sieben verschieden sind oder daß mit anderen Worten die Glieder derselben Gruppe zueinander in ungefähr derselben Beziehung stehen, wie die Oktaven in der Musik. So befinden sich in der Stickstoffgruppe zwischen Stickstoff und Phosphor sieben Elemente; zwischen Phosphor und Arsen 14, zwischen Arsen und Antimon 14, und zwischen Antimon und Wismut

wieder 14. Diese besondere Beziehung schlage ich vor, vorläufig das Gesetz der Oktaven zu nennen.

In den Jahren 1869 und 1870 veröffentlichten Lothar Meyer und Dmitri Mendelejew unabhängig von Newlands und voneinander Abhandlungen, in denen sie nachwiesen, daß die Eigenschaften der Elemente sich als periodische Funktionen ihrer Atomgewichte herausstellen. Diese Entdeckung ist unter dem Namen des periodischen Gesetzes oder besser des periodischen Systems bekannt. S. 208 ist die allgemein angenommene Anordnung von L. Meyer wiedergegeben, welche nur wenig von der Mendelejews verschieden ist.

Wird dieses Diagramm um einen Zylinder gerollt, so bilden die Elemente eine stetige Schraubenlinie, die mit Lithium beginnt und mit Uran endet. Sie enthält aber einige ungefüllte Lücken, die mit einem ? bezeichnet sind und die man als die Stellen für noch unentdeckte Elemente ansieht. Meyers erste Tabelle enthielt eine viel größere Anzahl solcher Lücken und Mendelejew hat dadurch, daß er die Mittelwerte der Eigenschaften der Elemente nahm, welche eine solche Lücke umgeben, die Entdeckung des Scandiums, Galliums und Germaniums vorausgesagt, die viel später durch Cleve, Lecoq de Boisbaudran und Winkler gefunden worden sind.

Es gibt viele andere Darstellungsweisen der gleichen Tatsache, die indessen außer durch Bequemlichkeit (und vielleicht nicht einmal durch diese) von der gegebenen sich nicht unterscheiden; sie bedingen keine neue Kenntnis und haben keine eigenen Vorzüge. Nur ein Punkt muß besonders hervorgehoben werden. Die Elemente teilen sich gemäß der obigen Anordnung in zwei Arten von Perioden, lange und kurze. So ist das siebente Glied nach Lithium, Natrium, jenem in seinen Eigenschaften sehr ähnlich und ebenso zeigt Kalium, das siebente Glied

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	
Li 7.00	Be 9.1	B 11.0	C 12.00	N. 14.01	O 16.00	F 19.0	He 4	
Na 23.00	Mg 24.32	Al 27.1	Si 28.3	P 31.0	S 32.07	Cl 35.46	Ne 20	
K 39.10	Ca 40.09	Sc 44.1	Ti 48.1	V 51.2	Cr 52.1	Mn 54.93	Ar 39.9	
Cu 63.57	Zn 65.37	Ga 69.9	Ge 72.5	As 75.0	Se 79.2	Br 79.92	Fe 55.85	Ni 58.68
Rb 85.45	Sr 87.62	Y 89.0	Zr 90.6	Nb 93.5	Mo 96.0	?	Ru 101.7	Rh 102.9
Ag 107.88	Cd 112.40	In 114.8	Sn 119.0	Sb 120.2	Te 127.5	J 126.92	Pd 106.7	
Cs 132.81	Ba 137.37	La 139.0	Ce 140.25	Prd 140.6	Nd 144.3	Eu 152	X 128	
? 165	? 170	Yb 172	? 176	Ta 181.0	W 184.0	?	Os 190.9	Ir 193.1
Au 197.2	Hg 200.0	Tl 204.0	Pb 207.1	Bi 208.0	? 210	? 211	Pt 195.0	
? 222	Ra 226.4	? 230	Th 232.42	? 234	U 238.5	? 242		

Anch: — Dy (Dysprosium) 162.5; Gd (Gadolinium) 157.3; Lu (Lutetium) 174; Tu (Thulium) 188.5. Die Stellung dieser „Erdmetalle“ ist zweifelhaft.

nach Natrium, sehr große chemische Übereinstimmung mit beiden. Dann aber muß man 15 Elemente überschreiten, bevor man Rubidium, das nächste sehr ähnliche Element erreicht, und Cäsium, das 17. Element nach Rubidium, bildet das erste Glied einer neuen langen Periode. Kupfer, Silber und Gold sind gleichfalls durch lange Perioden voneinander getrennt, und ebenso verhalten sich die Elemente der anderen Kolonnen. Um diese in der Tabelle kenntlich zu machen, sind die Symbole der Elemente in der Mitte einer langen Periode nach links und die am Anfange einer solchen nach rechts, bezüglich der Zahlen, welche die Atomgewichte angeben, gerückt.

Noch ein anderer Umstand muß erwähnt werden. Es kommen einige Fälle vor, in denen die Ordnung der Elemente umgekehrt geworden ist. So folgt Nickel mit dem Atomgewicht 58.7 auf Kobalt, dem man ein höheres Atomgewicht zuschreibt; Tellur steht vor Jod, statt dahinter und später wird sich erweisen, daß Argon vor Kalium kommt. Die Unterschiede zwischen den aufeinanderfolgenden Atomgewichten sind unregelmäßig und schwanken zwischen ziemlich weiten Grenzen; so ist es nicht unwahrscheinlich, daß diese Differenzen zuweilen sogar negativ werden können.

Im Jahre 1894 wurde von Lord Rayleigh und Ramsay ein neuer Bestandteil der Atmosphäre entdeckt, der Argon genannt wurde; 1895 entdeckte Ramsay ein anderes, ähnliches Gas, Helium, in gewissen Mineralien. Dieses Gas gibt ein Spektrum mit einer ausgezeichneten gelben Linie. Schon 1868 war diese Linie von Janssen im Sonnenspektrum gesehen worden; Frankland und Lockyer schrieben sie der Anwesenheit eines unbekanntes neuen Elementes in der Sonne zu, das sie vorläufig Helium nannten. Auf diese Entdeckungen folgte die von noch drei anderen, ähnlichen Gasen in der Luft durch Ramsay und Travers 1898, und so wurden

der Liste insgesamt fünf neue Elemente zugefügt. Alle diese Elemente sind farblose Gase ohne Verbindungsvermögen, denn keines von ihnen vermag sich mit anderen Elementen zu vereinigen.

Die römischen Ziffern über jeder Kolumne der periodischen Tabelle haben eine bestimmte Bedeutung. Sie geben die maximale Anzahl von Wasserstoffatomen an, welche ein jedes Element binden oder in anderen Verbindungen ersetzen kann, mit anderen Worten deren „Valenz“. So verbindet sich ein Atom Lithium mit einem Atom Wasserstoff und kann auch nur eines ersetzen, z. B. im Wasser, H_2O , womit es Lithiumhydroxyd, $LiOH$ bildet. So ersetzt ein Atom Magnesium zwei Atome Wasserstoff, denn es bildet das Hydroxyd $Mg(OH)_2$; Bor verbindet sich mit drei Atomen Wasserstoff, Kohlenstoff mit vier. Phosphor kann sich allerdings nur mit drei Atomen Wasserstoff verbinden, kann aber fünf ersetzen, denn im Phosphorpentachlorid, PCl_5 , hat es fünf Wasserstoffatome des Chlorwasserstoffs, $5HCl$, ersetzt. Schwefel bildet ein Hexafluorid und Jod ein Pentafluorid, in denen sie sechs, bzw. fünf Atome Wasserstoff des Fluorwasserstoffs, $6HF$ und $5HF$, ersetzen. Nur eines der Elemente der achten Gruppe, nämlich Osmium, scheint imstande zu sein, acht Wasserstoffatome zu ersetzen, denn es bildet ein Tetroxyd und ersetzt somit die acht Atome Wasserstoff in vier Molekeln Wasser, $4H_2O$. Die neuen Gasbestandteile der Luft bilden aber überhaupt keine Verbindungen und haben keine Valenz, denn sie können den Wasserstoff überhaupt nicht ersetzen. So bilden sie eine Kolumne für sich und es war interessant, nachzusehen, ob sie sich den anderen Elementen zuordnen lassen und unter sich eine entsprechende Reihe ergeben. Da sie keine Verbindungen bilden, so konnte auch kein Verbindungsgewicht an ihnen bestimmt werden, und somit versagte die gebräuchliche Methode der Atomgewichts-

bestimmung. Daher mußte ein anderes Verfahren angewendet werden, das darauf beruht, daß die gleiche Anzahl von Molekeln der verschiedenen Gase unter gleichen Bedingungen von Druck und Temperatur gleiche Räume einnehmen; hierzu kam noch eine Bestimmung der Anzahl von Atomen in einer Molekel. Dabei ergaben sich die folgenden Atomgewichte:

Helium 4, Neon 20, Argon 39.9, Krypton 81.8, Xenon 128.

Beim Vergleich dieser Zahlen mit denen der Tabelle erkennt man, daß sie in die achte Kolumne passen; sie sind in Kursivschrift dort eingetragen. Sie bilden die Anfangsglieder der beiden ersten kurzen Reihen und der drei ersten langen Reihen.

Einige Zweifel bestehen bezüglich des Platzes, der dem Wasserstoff, dem Elemente mit dem kleinsten Atomgewicht, anzuweisen ist. Meyer und Mendelejew haben überhaupt vermieden, ihn unterzubringen. Man kann ihn oberhalb der Fluorgruppe einstellen, doch wird er vielleicht noch besser als das erste Glied der Lithiumgruppe angesehen.

Zahlreich sind die Versuche, die man angestellt hat, mathematische Beziehungen zwischen den verschiedenen Atomgewichten ausfindig zu machen. Solange man den für die Atomgewichte gefundenen Zahlen nur eine geringe Genauigkeit zuschreiben durfte, schien etwa die nachstehende Beziehung ziemlich wahrscheinlich. Nimmt man die Unterschiede zwischen den Atomgewichten der Elemente der ersten Kolumne, so findet man:

$$\text{Na} - \text{Li} = 23 - 7 = 16$$

$$\text{K} - \text{Na} = 39 - 23 = 16$$

$$\text{Rb} - \text{K} = 85 - 39 = 46 = 3 \times 16 \text{ (ungefähr)}$$

$$\text{Cs} - \text{Rb} = 133 - 85 = 48 = 3 \times 16.$$

Die Unterschiede sind 16, 16, 3×16 , 3×16 . Nun gibt es Verbindungen von Kohlenstoff mit Wasserstoff, welche die Formeln CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} , C_5H_{12} , C_6H_{14}
14*

usw. haben; da das Atomgewicht des Kohlenstoffs 12 und das des Wasserstoffs 1 ist, so ist die Summe der Atomgewichte oder das sogenannte Molekulargewicht dieser Verbindungen 16, 30, 44, 58, 72, 86 usw. und diese Zahlen haben die konstante Differenz 14. Wir sehen also, daß die Molekulargewichte einer natürlichen Familie von Verbindungen sich so unterscheiden können, daß sie eine konstante Differenz bilden. Daher war es sehr nahe liegend, Natrium als eine Verbindung von Lithium mit einem unbekanntem Element vom Atomgewicht 16 anzusehen oder mit zwei Atomen eines Elements vom Atomgewicht 8; Kalium kann angesehen werden als eine Verbindung von Lithium mit 4 Atomen des unbekanntem Elements mit dem Atomgewicht 8 usw. Zum Unglück für diese einfache Theorie sind aber die Differenzen zwischen den Atomgewichten der vergleichbaren Elemente durchaus nicht gleich. Der genaue Unterschied zwischen Lithium und Natrium ist nicht 16, sondern 16.02, zwischen Natrium und Kalium 16.09 usw. In anderen Gruppen sind die Abweichungen noch auffallender.

Man muß also Ausschau nach der Ursache dieser Unregelmäßigkeit halten. Beim Suchen nach einer Erklärung erhebt sich zunächst die Frage: sind die Atomgewichte selbst unveränderliche Zahlen? Eine weitere Frage ist: sind die Gewichte selbst unveränderlich? Weist ein gegebener Körper unter allen Umständen dasselbe Gewicht auf? Ist beispielsweise sein Gewicht dasselbe, wenn man es bei verschiedenen Temperaturen bestimmt? Oder würde eine elektrische Ladung sein Gewicht beeinflussen?

Einen Körper bei hoher Temperatur zu wägen, ist eine sehr schwierige Aufgabe. Steht die Wage, wie gewöhnlich, in Luft, so werden Luftströmungen hervorgerufen, indem der warme Körper die Luft erhitzt, und diese lassen ihn leichter erscheinen. Würde man die

ganze Wage gleichförmig erwärmen, so müßte man auch die Gewichte auf dieselbe Temperatur bringen, wie den Körper, und wenn die Temperatur auf beide den gleichen Einfluß hat, so würde das Gleichgewicht nicht geändert werden. Und wenn man den Wagekasten ganz luftleer pumpt, wie dies Crookes bei seinen Bestimmungen des Atomgewichts des Thalliums getan hat, so treten andere Erscheinungen auf, die an sich sehr interessant (sie haben Crookes zu der Erfindung des Radiometers geführt), aber für den Zweck sehr störend sind, denn sie bestehen in scheinbaren Anziehungen und Abstoßungen, die durch die geringsten Temperaturverschiedenheiten hervorgerufen werden und das Gleichgewicht völlig zerstören. Einige merkwürdige Berechnungen sind übrigens von Hicks bei seinen Erörterungen über Bailys Versuche über die Anziehung einer Bleikugel durch große Bleimassen gemacht worden; es sind dies die Versuche, welche zu einer Bestimmung der Dichte der Erde führen. Bei hohen Temperaturen schien die Anziehung kleiner zu sein, als bei niedriger. Da die Anziehung der Erde die Ursache des Gewichtes ist, so käme man zu dem Schlusse, daß das Gewicht mit steigender Temperatur abnimmt, falls nämlich die Beobachtungen richtig und die aus ihnen gezogenen Schlüsse nicht falsch sind. Der Gegenstand ist einer eingehenden Untersuchung wert.

Ferner sind sehr interessante Versuche über die Konstanz des Gewichtes von Landolt ausgeführt worden. Er schmolz in Gefäße von der Gestalt eines umgekehrten U je zwei Stoffe ein, die aufeinander chemisch einwirken können, wie z. B. Silbernitrat und Ferrosulfat, wobei ein jeder Stoff für sich in einem Arm des Gefäßes untergebracht war. Dann wog er den Apparat mit der größten Genauigkeit; der Fehler betrug vielleicht 1:1 000 000. Dann wurde der Apparat umgewendet, so daß die Flüssigkeiten sich mischen konnten und der chemische Vorgang

eintrat. Dann wurde die Wägung wiederholt. Lange Zeit glaubte Landolt kleine Gewichtsveränderungen entdeckt zu haben, die zuweilen positiv, zuweilen negativ ausfielen, doch konnte er nachweisen, daß diese Änderungen durch sekundäre Ursachen (Ausdehnung des Glases) begründet waren. Als er alle derartigen Störungen ausschloß, konnte er nach stattgehabter Reaktion keine Gewichtsveränderung entdecken. So muß man schließen, daß durch chemische Vorgänge das Gewicht tatsächlich nicht beeinflußt wird, vorausgesetzt, daß nichts Wägbares das Reaktionsgefäß verläßt oder dahineintritt.

Erwähnung verdient ein sehr sinnreiches Experiment von Joly. Es wurde erdacht, um zu bestimmen, ob durch die Wechselwirkung zweier Stoffe eine Änderung der Masse eintritt und die Einrichtung des Reaktionsgefäßes war ungefähr wie bei Landolt. Statt des Gewichtes oder der Anziehung der Erde wurde aber die Masse oder Trägheit geprüft. Das Gefäß mit den reagierenden Stoffen war an einer Torsionswage befestigt, deren Arm rechtwinklig zur Bewegung der Erde stand, welche bekanntlich mit einer Geschwindigkeit von 50 km pro Sekunde durch den Raum eilt. Wenn während des chemischen Vorganges neue Materie entstände, so hätte sie nicht die Bewegungsenergie, welche die vorhandene Masse infolge der Erdbewegung besitzt und man hätte eine Verzögerung erwarten müssen, die sich durch eine Drehung der Torsionswage verraten hätte. Wäre umgekehrt Masse vernichtet worden, so hätte eine Beschleunigung eintreten müssen. Die Ergebnisse der Versuche waren durchaus negativ; hieraus darf geschlossen werden, daß entsprechend den Ergebnissen Landolts durch chemische Vorgänge keine Änderung der Masse bewirkt wird. Es ist also weder eine Änderung des Gewichtes, noch eine solche der Trägheit nachgewiesen worden.

Ein merkwürdiger Widerspruch ist noch vorhanden,

den man bisher nicht zu erklären vermocht hat. Die Dichte des Stickstoffs ist seitens zweier durchaus sachverständiger Beobachter sehr genau bestimmt worden, nämlich durch Lord Rayleigh und Leduc. Beider Ergebnisse stimmen auf 1/10 000stel überein. Nun ist aufgrund von Verhältnissen, die hier nicht dargelegt werden können, bekannt, daß beide Gase in der Molekel je zwei Atome enthalten, und ebenso ist sicher, daß gleiche Volume verschiedener Gase ungefähr gleichviel Molekeln enthalten. Wenn also beide Gase unter gleichen Bedingungen von Druck und Temperatur gewogen werden, so müssen sich ihre Dichten wie ihre Atomgewichte verhalten. Das Wort „ungefähr“ ist gebraucht worden, um anzudeuten, daß hierbei noch eine kleine Korrektur erforderlich ist, um die Zahlen genau vergleichbar zu machen. Hieraus ergibt sich nun das Atomgewicht des Stickstoffs, bezogen auf das des Sauerstoffs gleich 16, zu 14.008, denn dies ist das Dichteverhältnis der beiden Gase nach Anbringung der erforderlichen Korrekturen. Diese Zahl entspricht aber nicht dem Werte, den der berühmte Chemiker Stas bei der Analyse solcher Stoffe, wie Kaliumnitrat, durch Ermittlung des Verhältnisses zwischen Sauerstoff und Stickstoff in der Molekel KNO_3 erhalten hatte. Sowohl er wie einer der geschicktesten Analytiker unserer Zeit, dem wir letztlich eine ganze Anzahl sehr zuverlässiger Atomgewichtsbestimmungen verdanken, Theodore, William Richards stimmen überein, dem Stickstoff das Atomgewicht 14.04 zuzuschreiben. Der Unterschied scheint nicht groß zu sein; doch entspricht er einem Teil auf 370, während doch der Versuchsfehler wahrscheinlich nicht höher, als 1/10 000 ist. Dieser Widerspruch ist eine der merkwürdigsten chemischen Tatsachen, und er wäre wohl einer genaueren Untersuchung wert. Es kann zugefügt werden, daß diese Dichtemessungen von Gray am Stickstoffoxyd,

einer Verbindung aus einem Atom Stickstoff und einem Atom Sauerstoff, durchaus die Ergebnisse von Lord Rayleigh und Leduc bestätigen. Gegenwärtig sind Versuche im Gange, eine gewogene Menge Stickoxyd mit Sauerstoff zu verbinden, wobei ein zweites Atom Sauerstoff aufgenommen wird, um die Gewichtsvermehrung zu bestimmen; ferner ein Atom Sauerstoff fortzunehmen und dessen Gewicht zu bestimmen. So dürfen wir hoffen, daß in nicht zu langer Zeit der Widerspruch aufgeklärt werden wird*).

Der Verfasser dieses Aufsatzes stand seinerzeit so stark unter dem Eindrucke dieses Widerspruches, daß er gemeinsam mit Miss Aston begonnen hatte, zu ermitteln, ob auf das Verhältnis der Elemente in der Verbindung die Tatsache Einfluß hat, daß die Verbindung unter Entwicklung bzw. Absorption von Wärme entstanden ist. Zu diesem Zwecke wurden die Salze einer merkwürdigen Verbindung des Stickstoffs, der Stickstoffsäure HN_3 , analysiert. Doch kann man sich auf die Ergebnisse nicht sehr verlassen, da nicht ausgeschlossen ist, daß während der Herstellung eine teilweise Zersetzung eintrat, wodurch die Zahlen beeinträchtigt worden sind. Wie sie sich unmittelbar darstellten, sprachen sie zu Gunsten der Annahme, daß in derartigen unter Wärmeaufnahme entstandenen Verbindungen der Stickstoff ein kleineres Atomgewicht hat, als in den unter Wärmeentwicklung entstandenen, wie dem von Stas und Richards untersuchten Salpeter.

Ein ganz neues Licht ist auf die Zahlenverhältnisse der Atomgewichte durch die bemerkenswerte Entdeckung des Radiums durch das Ehepaar Curie gefallen und durch die Entdeckung von Rutherford und Soddy, daß das, was als „Strahlungen“ des Radiums angesehen worden

*) Dies ist inzwischen durch die Arbeiten von Gray und von Guye geschehen, wobei sich das richtige Atomgewicht des Stickstoffs gleich 14.01 ergeben hat.

war, tatsächlich durch Gase hervorgerufen wird, die in ihren Eigenschaften denen der Argongruppe ähnlich sind. Diese Gase haben außerdem die außerordentliche Eigenschaft, daß sie vergänglich sind, ihre Umwandlung aber in ganz verschiedenen Zeiten erleiden. Während das Gas aus Thorium in etwa einer Minute zur Hälfte verschwunden ist, d. h. sich zur Hälfte in einen anderen Stoff oder mehrere verwandelt hat, so braucht das Gas aus Radium rund 4 Tage, bevor es seine Umwandlung zur Hälfte zurückgelegt hat. Aus einem dritten radioaktiven Element, dem sein Entdecker Debierne den Namen Actinium gegeben hat, wird ein drittes Gas erhalten, das eine überaus kurze Lebensdauer hat: es verschwindet in wenigen Sekunden. Das Spektrum des Gases aus Radium ist von Ramsay und Collie aufgezeichnet worden; Ramsay und Soddy haben die Menge festgestellt, die aus einem gegebenen Gewicht Radium in gegebener Zeit entsteht, und sie haben auch bewiesen, daß eines der Zersetzungsprodukte dieses Gases Helium, das leichteste Element der Argongruppe ist. Zunächst läßt das Spektrum der Radiumemanation nichts von den Heliumlinien erkennen; binnen weniger Tage aber erscheint das Heliumspektrum in seinem vollen Glanze. Hier liegt offenbar ein Fall der Umwandlung eines Elements in ein anderes vor; gleichzeitig entstehen zweifellos noch andere Stoffe außer Helium, doch weiß man zur Zeit nur wenig von ihnen. Sollte es sich um bekannte Elemente, etwa Eisen handeln, so sind gegenwärtig noch nicht hinreichend empfindliche Mittel verfügbar, um die äußerst geringen Mengen nachzuweisen, die bei diesen Transmutationen entstehen würden.

Diese Gase aus Radium, Thorium und Actinium sind selbstleuchtende, denn sie geben im Dunkeln ein deutliches Licht aus; auch haben sie die Eigenschaft, beigemischte Luft oder andere Gase zu „ionisieren“, d. h. diesen die

Fähigkeit zu geben, ein Elektroskop zu entladen. Noch bemerkenswerter ist ihre Eigenschaft, während ihrer Umwandlung Wärme zu entwickeln, wobei die Menge der erzeugten Wärme im Verhältnis zu der umgewandelten Stoffmenge ganz enorm ist. So entwickelt die Emanation des Radium oder das Gas, das vom Radiumsalzen entwickelt wird, nicht weniger als drei Millionen mal soviel Wärme, wie ein gleich großes Volum Knallgas aus Wasserstoff und Sauerstoff im richtigen Verhältnis für die Wasserbildung bei der Explosion entwickeln würde. Da nun das Radium sich in einer unaufhörlichen Selbstzersetzung befindet, so muß es eine Quelle geben, aus der es immer wieder erzeugt wird, da sonst längst alles Radium aus den Mineralien, in denen es enthalten ist, verschwunden und in andere Stoffe verwandelt sein müßte. Da Radium immer mit Uran vergesellschaftet erscheint, so ist es nicht unsachgemäß, anzunehmen, daß dieses, das gleichfalls ein radioaktives Element ist, sich langsam in Radium verwandelt. Ebenso lassen sich gute Gründe für die Annahme anführen, daß das von Frau Curie gleichfalls entdeckte Polonium, dessen halbe Lebensdauer etwa ein halbes Jahr beträgt, ein Zersetzungsprodukt des Radiums ist, mit dem es stets gemeinsam vorkommt. Auch soll bemerkt werden, daß alle Uranmineralien gleichfalls mehr oder weniger Helium enthalten.

Bezüglich der Atomgewichtstabelle sei betont, daß alle Elemente, an denen radioaktive Eigenschaften beobachtet worden sind, d. h. alle, welche Umwandlungen der beschriebenen Art erfahren, sehr hohe Atomgewichte haben. Uran hat 240, Thorium 232 und Radium 226. Nun ist es für den organischen Chemiker eine Binsenwahrheit, daß es nicht möglich ist, Kohlenstoffgruppen ins Unbegrenzte aufzubauen; es ist zweifelhaft, ob eine Verbindung hergestellt worden ist, die mehr als 100 Atome Kohlenstoff enthält. Versuche, sie zu gewinnen, miß-

glücken deshalb, weil solche Stoffe bei gewöhnlicher Temperatur in andere Verbindungen mit weniger Kohlenstoffatomen zerfallen, und es ist wahrscheinlich, daß die zusammengesetzteren Kohlenwasserstoffe, wenn sie hergestellt werden könnten, unter Wärmeentwicklung in einfachere Verbindung zerfallen würden. Solche Zersetzungen scheinen denen analog zu sein, denen Elemente wie Radium unterliegen. Es ist ein Vorgang der Umwandlung von Elementen hohen Atomgewichts in solche mit kleinerem; hierbei wird Wärme entwickelt, deren Betrag allerdings unverhältnismäßig viel größer ist, als die Wärmetönungen bei der Umwandlung komplexerer Verbindungen in einfachere. Doch ist die Sache hier sehr viel verwickelter durch den Umstand, daß gleichzeitig mit einer fast unvorstellbaren Geschwindigkeit Teilchen ausgestoßen werden, die nach J. J. Thomson mit negativer Elektrizität identisch zu sein scheinen. Diese Korpuskeln, wie sie genannt worden sind, dringen in das Glas der Gefäße ein, in denen sich Radiumverbindungen befinden und sie mögen sogar wegen ihrer außerordentlichen Kleinheit durch die Gefäßwände selbst durchgehen. Es hat sich nämlich erwiesen, daß der Widerstand gegen ihr Eindringen wesentlich nur von der Dichte des Materials abhängt; Gold, das dichter ist als Blei, hält sie auch besser zurück, und aus gleichem Grunde sind Blei, Eisen, Glas zunehmend schlechtere Einschlußmittel. Thomson hat berechnet, daß die Masse eines solchen Partikel rund tausendmal kleiner ist, als die eines Wasserstoffatoms.

Diese neue Chemie steht noch in ihren ersten Anfängen. Sie datiert seit 1896, wo Becquerel gefunden hatte, daß Uranverbindungen eine Art Strahlen aussenden, die eine photographische Platte beeinflussen. Es ist zu früh, um irgend eine bestimmte Behauptung über ihren Zusammenhang mit den Unregelmäßigkeiten in den Zahlenwerten der periodischen Tabelle auszusprechen; doch

dürften einige Spekulationen auf Grund der jüngsten Entdeckungen erlaubt sein. Wenn zwei Elemente sich verbinden, so wird gewöhnlich Wärme entwickelt. Nun ist Wärme nur eine Art Energie und man kann die Verbindung der Elemente so leiten, daß an Stelle der Wärme andere Energiearten entstehen, beispielsweise elektrische Ströme. Wenn umgekehrt eine Verbindung in ihre Bestandteile getrennt werden soll, so ist meist erforderlich, Energie zuzuführen; man kann also sagen, daß die Elemente mehr Energie enthalten, als ihre Verbindungen. Wie nun Ostwald in seiner Faraday-Vorlesung ausgeführt hat, ist der Fortschritt der Entdeckungen proportional gewesen der Energiemenge, welche man zu der betreffenden Zeit in eine Verbindung hineinzuzwingen vermocht hat; er erwähnt in diesem Zusammenhange die Entdeckung der Alkalimetalle Kalium und Natrium durch Davy. Weil Davy die mächtige Batterie der Royal Institution zu seiner Verfügung hatte, konnte er genug Energie in sein Stückchen Kali hineinbringen, um dieses in seine Bestandteile, Sauerstoff, Wasserstoff und Kalium zu zerlegen. Nehmen wir an, daß Radium durch freiwillige Umwandlung aus Uran entsteht, und daß es mehr Energie enthält, denn die Gesamtumwandlung muß unter Energieverlust stattfinden. Ein solcher Stoff ist möglicherweise Eisen, das allgemein mit dem Uran zusammen angetroffen wird. Könnten wir daher genug Energie in Eisen konzentrieren, so wäre es vielleicht möglich, es in Uran umzuwandeln.

Da ist aber noch eine andere Seite der Frage. Es scheint, daß die erforderliche Energie von elektrischer Natur sein muß. Nun ist es fast gewiß, daß die negative Elektrizität eine bestimmte Art Materie ist; positive Elektrizität ist Materie, die der negativen Elektrizität beraubt ist, d. h. gewöhnliche Materie minus elektrische Materie. Zufügung von Materie in irgendwelcher Form würde nach allen unseren Erfahrungen die Masse ver-

mehren; es müßte also auch das Gewicht zunehmen. Man kann sich daher denken, daß ein Element aus einer Verbindung von zwei oder mehreren Elementen geringeren Atomgewichts besteht, verbunden mit einer gewissen Menge negativer Elektrizität. Hieraus erklären sich möglicherweise die annähernden Zahlenbeziehungen zwischen den Atomgewichten nahverwandter Elemente und ebenso die Tatsache, daß diese Beziehungen nicht exakt, sondern nur angenähert gelten. Denn der Unterschied zwischen dem wirklichen Atomgewicht und dem aus der Summierung der anderen Atomgewichte berechneten könnte daher rühren, daß sich außer jenen Atomen noch eine Anzahl elektrischer Atome darin befinden.

Man muß allerdings zugeben, daß die Grundlage für derartige Spekulationen nur eine recht kleine ist. Die einzige experimentell außer Zweifel stehende Tatsache ist, daß Radium eine Emanation hervorbringt, welche freiwillig in Helium übergeht, und daß die Emanation hierbei eine große Menge Korpuskeln mit negativ elektrischer Ladung ausgibt. Das ist aber genug, um zu zeigen, daß hier ein weites Feld für die Forschung freiliegt, welches eine reiche Ernte tragen wird; und die Arbeit des Schnitters wird hier ganz besonders interessant ausfallen.

Radium und seine Produkte.

Chemie und Physik sind experimentelle Wissenschaften; und diejenigen, welche sich damit beschäftigen, die Grenzen dieser Wissenschaften durch das Experiment zu erweitern, haben gewöhnlich keine Lust, Spekulationen zu veröffentlichen. Denn sie haben durch eine lange Erfahrung gelernt, daß es unsicher ist, Ereignisse vorauszunehmen. Allerdings machen sie sich gewisse Theorien und Hypothesen, und müssen sie machen, denn sie brauchen

eine Art von geistigem Bilde der Erscheinungen, die sie zu untersuchen unternehmen, da sonst ihre Versuche zufällig und ohne Zusammenhang angestellt werden würden. Der Fortschritt beruht auf Probieren und Verfehlen und letzteres ist rund hundertmal häufiger als der Erfolg. Aber man berichtet nicht darüber. Die Ursache ist, daß der Forscher fühlt, daß wenn es ihm auch nicht gelungen ist, ein erhofftes Resultat zu erreichen, ein glücklicherer Mitbewerber doch günstiger abschneiden könnte, und es wäre nicht zweckmäßig, dessen Unternehmungslust zu lähmen.

Bei der Bildung seiner Vermutungen hat der Forscher die Wahl zwischen fünf Arten, die von Dr. Johnston Stoney formuliert worden sind. „Eine Theorie ist eine Annahme, von der wir hoffen, daß sie wahr ist; eine Hypothese ist eine Annahme, von der wir erwarten, daß sie nützlich ist; Fiktionen gehören in die Kunst; versuchen wir sie anderswo einzuführen, so werden sie entweder Täuschungen oder Irrtümer.“ Nun hofft der Durchschnittsmensch, wenn er überhaupt an die Wissenschaft denkt, auf eine Theorie, während der Forscher sich gewöhnlich mit einer Hypothese zufrieden gibt. Erst nachdem er zahlreiche Hypothesen gebildet und verworfen hat, kann er die Konstruktion einer Theorie wagen. Er hat einen eingewurzelten Horror vor der Fiktion am unrechten Orte und was er besonders fürchtet, ist, daß seine Hypothese sich als eine Fiktion am unrechten Orte herausstellen möchte.

Ich habe es für richtig gehalten, mit diesen etwas abstrusen Betrachtungen zu beginnen, um das, was ich zu sagen habe, von vornherein auf die rechte Grundlage zu stellen. Ich wünsche, daß alles, was ich anführe, als eine Hypothese angesehen wird, die nur deshalb erdacht worden sind, um sich vielleicht als nützlich zu erweisen. Die Tatsachen sind für eine Theorie noch nicht reif.

Man wird sich erinnern, daß Prof. Rutherford und Soddy die Ansicht ausgesprochen haben, daß gewisse Elemente, welche die Eigenschaft haben, ein Elektroskop zu entladen und die deshalb radioaktiv genannt werden, eine Selbstzersetzung erfahren, d. h. daß sie in andere Elemente zerfallen, von denen allerdings bisher nur eines nachgewiesen worden ist. Drei von jenen Elementen, nämlich Aktinium, Radium und Thor geben hierbei auf einer frühen Stufe ihres Zerfalls ein Gas ab, das die Emanation genannt worden ist. Die Gasnatur dieser Emanationen wird dadurch erwiesen, daß sie sich wie Gase in gläserne oder metallene Gefäße einschließen lassen, und daß man sie durch die Anwendung einer genügend tiefen Temperatur verflüssigen und in den festen Zustand überführen kann. Es ist notwendig, auf diese Besonderheit Acht zu geben, denn die radioaktiven Elemente, sowie Uran und Polonium geben außerdem sogenannte Strahlen ab, welche Glas und Metall durchdringen, und welche zufolge der Entdeckungen J. J. Thomsons und anderer als identisch mit negativer Elektrizität angesehen werden.

Auf Grund der Tatsache, daß Radium immer mit Uran und Thor vergesellschaftet angetroffen wird, und daß die Erze dieser Metalle, Pechblende und Thorit, stets auch Helium enthalten, haben Rutherford und Soddy folgenden kühnen Schluß gezogen: „Die Betrachtung drängt sich naturgemäß auf, ob nicht die Anwesenheit des Heliums in diesen Mineralien und seine beständige Vergesellschaftung mit Thor und Uran mit ihrer Radioaktivität verbunden ist“. Außer den bereits erwähnten Voraussetzungen hatten sie den Nachweis zur Verfügung, daß die wahrscheinliche Masse der α -Partikeln etwa die doppelte von der des Wasserstoffatoms ist. Nun ist nächst dem Wasserstoff Helium das leichteste Gas und seine Atome sind rund viermal so schwer wie die des

Wasserstoffs. Es war daher ein schlagender Beweis für die Angemessenheit dieser Ansicht, daß Ramsay und Soddy nachwiesen, daß Helium wirklich aus Radium erhalten werden kann.

Bevor diese Entdeckung genauer beschrieben wird, dürfte eine Kennzeichnung der Natur und der Eigenschaften des Heliums am Platze sein. Wenn Licht durch ein Prisma gesendet wird, so wird es gebrochen oder abgelenkt, und Newton entdeckte, daß weißes Licht, wie es von der Sonne oder den Sternen ausgeht, nach der Brechung ein Spektrum gibt, das aus farbigen, übereinandergelagerten Bildern der Öffnung im Fensterladen besteht, durch welchen das Sonnenlicht auf das Prisma fällt. Fraunhofer, ein Münchener Optiker, kam auf den Gedanken, das Licht durch einen engen Spalt statt durch ein rundes Loch treten zu lassen, so daß das Spektrum sich aus einer Reihe von Bildern dieses Schlitzes anstatt des runden Loches zusammensetzte. Hierbei fiel ihm eine Besonderheit auf. Das Spektrum des Sonnenlichtes, das unter diesen Bedingungen ein regenbogenfarbiges Band darstellt, dessen Färbung von dem einen roten Ende durch regelmäßige Abstufungen über orange, gelb, grün und blau in violett am anderen Ende übergeht, erwies sich von zahlreichen dünnen schwarzen Linien durchsetzt. Die Natur dieser Linien wurde durch Kirchhoff aufgeklärt. Das Licht, das von einem weißglühenden Körper ausgeht, bildet ein stetiges Spektrum; wird es aber, bevor es auf das Prisma fällt, durch die Dämpfe eines Metalls, wie Natrium, geschickt, so wird ein Teil davon verschluckt. So bewirkt beispielsweise Natriumdampf zwei sehr nahe im Gelb nebeneinander liegende Linien; andererseits sendet glühender Natriumdampf gerade solches Licht aus, das diese Linien gibt. Nun stellte sich heraus, daß die Lage der zwei Linien im Gelb des Sonnenspektrum genau

übereinstimmt mit der der beiden gelben Linien im glühenden Natriumdampfe. Aus diesem Zusammentreffen schloß Kirchhoff, daß in der Sonne Natrium anwesend ist. Fraunhofer hatte diese beiden Linien D_1 und D_2 genannt. Für andere dunkle Sonnenlinien wurden ähnliche Übereinstimmungen ausfindig gemacht, und so wurde die Anwesenheit von Eisen, Kupfer, Blei und einer Unzahl anderer irdischer Elemente in der Sonne nachgewiesen.

Eine totale Sonnenfinsternis fand im Jahre 1868 statt, und zur Beobachtung derselben wurde eine Expedition nach Indien geschickt, wo sich günstige Verhältnisse erwarten ließen. Herr Janssen, der berühmte französische Astronom, beobachtete eine gelbe Linie, nicht eine dunkle, sondern eine helle, in einer Protuberanz der Sonne, die sich aus der Chromosphäre vom Sonnenrande erhob. Einige Zeit glaubte man, daß diese Linie, die den beiden Natriumlinien nahe liegt, aber nicht mit ihnen zusammenfällt, und die deshalb D_3 genannt wurde, vom Wasserstoff stammt. Aber im gewöhnlichen Wasserstoff war die Linie D_3 niemals beobachtet worden, und nachdem Sir Edward Frankland und Sir Norman Lockyer sich durch vielfache Experimente überzeugt hatten, daß D_3 nichts mit Wasserstoff zu tun hat, schrieben sie sie einem neuen Element zu, das sie auf der Sonne vermuteten. Der Bequemlichkeit wegen nannten sie dies unbekanntes Element Helium, nach dem griechischen Wort für Sonne.

Erst im Jahre 1895 wurde Helium auf der Erde gefunden. Nach der Entdeckung des Argons im Jahre 1894 wiederholte Ramsay einige Versuche, die vorher von Dr. Hillebrand, von der geologischen Reichsanstalt der Vereinigten Staaten, angestellt worden waren. Dieser hatte nämlich gefunden, daß gewisse Mineralien, namentlich solche, die die ziemlich seltenen Elemente Uran und Thor enthalten, beim Erhitzen oder beim Behandeln mit

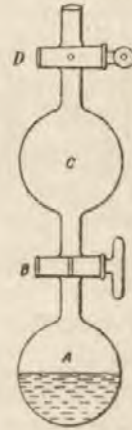
Säuren ein Gas entwickeln, das er für Stickstoff hielt. Die Entdeckung des Argons hatte Ramsay indessen darüber belehrt, wie ein solches Gas behandelt sein wollte. Er untersuchte es spektroskopisch in der Hoffnung, daß es sich als eine Verbindung des Argons herausstellen würde; doch fand sich, daß sein Spektrum mit dem des Sonnenheliums identisch ist, und so wurde das irdische Helium entdeckt. Er erwies sich als ein sehr leichtes Gas, nämlich nur doppelt so schwer wie Wasserstoff, der leichteste aller bekannten Stoffe; sein Spektrum besteht hauptsächlich aus neun glänzenden Linien, unter denen D_3 die glänzendste ist. Es ist nicht verflüssigt worden, und seitdem dies mit Wasserstoff gelungen ist, ist es das einzige Gas, von dem dies behauptet werden darf*). Daß es ein Element ist, ergibt sich aus der Beziehung seines Atomgewichtes, 4, zu denen der anderen Elemente, sowie durch gewisse Eigenschaften, von denen die wichtigste das Verhältnis der spezifischen Wärmen bei konstantem Druck und bei konstantem Volum ist; doch würde es uns zu weit führen, hier die Bedeutung dieses Verhältnisses für den Nachweis der elementaren Natur des Heliums auseinanderzusetzen.

Dieses also war der elementare Stoff, von dem Rutherford und Soddy vermuteten, daß er sich unter den Zersetzungsprodukten des Radiums vorfinden würde. Das Wort „Zersetzung“ involviert die Spaltung einer Verbindung, und die Umwandlung bei dem Übergang von Radium in Helium ist von so besonderer Beschaffenheit, daß wir den Vorgang lieber Desintegration nennen wollen.

Ramsay und Soddy hatten sich 50 mg Milligramm Radiumbromid verschafft und schlossen das bräunlichgraue

*) In jüngster Zeit ist es von Kamerlingh Onnes in Leiden verflüssigt worden.

kristallinische Pulver in einen kleinen Gaskolben von etwa $2\frac{1}{2}$ cm Durchmesser ein. Dieser Kolben war durch eine Kapillarröhre mit einem zweiten von ungefähr gleicher Größe verbunden, welcher beiderseits einen Hahn trug, wie die Figur zeigt. Zunächst wurde die Kugel *A*, die das trockene Radiumbromid enthielt, leer gepumpt; dann wurde der Hahn *B* geschlossen. Dann wurde etwas Wasser in *C* gebracht; auch dieser Kolben wurde leer gepumpt und der Hahn *D* geschlossen. Dann wurde *B* geöffnet, so daß das Wasser nach *A* fließen und das Radiumbromid auflösen konnte. Während der Auflösung geschah eine Gasentwicklung, und das Gas sammelte sich in den beiden Räumen *A* und *C*. Die Figur stellt den Zustand dar, nachdem das Wasser das Radiumbromid aufgelöst hatte und das Gas entwichen war. Der Apparat wurde dann dauernd an eine mit der Quecksilberluftpumpe verbundene Röhre geschmolzen, die so eingerichtet war, daß das ausgepumpte Gas gesammelt werden konnte. Nach Öffnung der Hähne ging das Gas in die Pumpe über und wurde in einem kleinen Probierring gesammelt. Von hier wurde das Gas in einen Sammelraum übergeführt, wo es mit Sauerstoff gemischt und in Berührung mit etwas Ätznatron mit elektrischen Funken während einiger Stunden behandelt wurde. Hierdurch wurden alle Gase außer denen von der Gruppe des Argons in Verbindungen übergeführt, die vom Ätznatron aufgenommen wurden. Der überschüssige Sauerstoff ließ sich leicht durch ein wenig Phosphor entfernen und der Gasrest wurde in eine kleine enge Röhre übergeführt, die an jedem Ende einen eingeschmolzenen Platindraht trug, eine sogenannte Plücker-röhre. Als dann die elektrische Entladung einer In-



duktionsspule durch dieses Röhrchen geleitet wurde, zeigte sich das wohlbekannte Spektrum des Heliums.

So war bewiesen, daß Helium sich im Radiumbromid vorfindet, das sich selbst während einiger Zeit überlassen war. Angeblich war die benutzte Probe etwa drei Monate alt und das Helium hatte sich ansammeln können. Aber woher kam das Helium? Diese Frage war zunächst zu beantworten.

Eine Lösung von Radiumbromid entwickelt beständig kleine Mengen Gas. Bei der Untersuchung erwies sich dieses als ein Gemenge von Sauerstoff und Wasserstoff, der Bestandteile des Wassers, in welchem das Radiumbromid aufgelöst ist. Es enthält indessen einen kleinen Überschuß von Wasserstoff, zum Zeichen, daß ein Teil des Sauerstoffs verbraucht worden ist, vermutlich durch das Radiumbromid. Doch ist bisher noch nicht ohne Zweifel ermittelt, was aus diesem Sauerstoff wird.

Läßt man einen elektrischen Funken durch ein Gemenge von Sauerstoff und Wasserstoff gehen, so tritt eine Explosion ein und Wasser wird aus seinen Elementen gebildet. Ein Überschuß von Wasserstoff bleibt unverändert. Nun machen die Gase, die sich aus einer Lösung von Radiumbromid entwickeln, Glas im Dunkeln leuchtend und entladen ein geladenes Elektroskop, wie dies Radium selbst tut. Rutherford und Soddy fanden, daß, wenn dies Gas durch eine U-förmige Röhre geleitet wird, die sich in flüssiger Luft befindet und dadurch auf -185° abgekühlt ist, sich ein leuchtender Körper kondensiert, während die entweichenden Gase kaum mehr leuchten und auch das Elektroskop kaum mehr entladen. Dieses kondensierbare Gas nannte Rutherford Emanation; das hier behandelte ist Radiumemanation.

Die nächste zu beantwortende Frage war: wird das Helium unmittelbar aus dem Radium gebildet, oder entsteht es aus der Emanation? Es war hierzu nötig, die

Emanation zu sammeln und ihr Spektrum zu untersuchen. Dies gelang nach vielen erfolglosen Versuchen auf folgende Weise. Das Gemenge wurde erst explodiert und die Emanation nebst dem überschüssigen Wasserstoff in eine Röhre geleitet, in welcher ein schwach oxydierter Kupferdraht durch einen elektrischen Strom zum Glühen gebracht werden konnte. Dadurch verband sich der Wasserstoff mit dem Sauerstoff des Kupferoxyds und bildete Wasser. Der Apparat war so eingerichtet, daß er hernach von unten mit Quecksilber gefüllt werden konnte, welches alles Gas vor sich her trieb; durch ein passendes Absorptionsmittel wurde das Wasser festgehalten. So trat das Gas schließlich in eine sehr kleine Spektralröhre ein, die ganz aus Kapillarrohr, wie der Stiel eines Thermometers, angefertigt war. Als nun die Entladung eines Induktionsapparates durch diese Spektralröhre geschickt wurde, erschien ein Spektrum, das vorwiegend aus einigen grünen Linien bestand. Doch war es äußerst schwierig, Kohlenstoffverbindungen auszuschließen, und in diesem Stadium des Versuches wurden immer Kohlenstofflinien gesehen. Die D_3 -Linie des Heliums war aber jedenfalls nicht vorhanden. Nach einigen Tagen begann indessen ein schwacher gelber Schimmer sich an der Stelle der D_3 -Linie zu zeigen. Die Linie wurde im Laufe der Zeit deutlicher, dazu erschien von den anderen Heliumlinien eine nach der anderen und nach einer Woche war das ganze Heliumspektrum sichtbar. Dadurch war experimentell bewiesen worden, daß die Radiumemanation sich freiwillig in Helium umwandelt. Natürlich können gleichzeitig andere Stoffe entstanden sein und sind es wahrscheinlich auch; deren Beschaffenheit aber konnte noch nicht ausfindig gemacht werden.

Die folgende Aufgabe war, die Menge der Emanation zu messen, die aus einer gegebenen Menge Radium in gegebener Zeit entstand. Das Verfahren war dem be-

schriebenen in der Hauptsache ähnlich, nur mit einem Unterschiede. Die Schleife von oxydiertem Kupferdraht wurde fortgelassen und das Gemisch von Wasserstoff und Emanation kondensiert, so daß der Wasserstoff, der durch flüssige Luft natürlich nicht verflüssigt wird, fortgepumpt werden konnte. Nach Entfernung der flüssigen Luft wurde die Emanation wieder gasförmig und ließ sich durch Quecksilber in ein kleines Meßrohr treiben, das die Dimensionen eines Thermometerrohrs hatte. So konnte das Volum gemessen werden. Es ist ein wohlbekanntes Gesetz, daß das Volum eines Gases dem Drucke, unter dem es steht, umgekehrt proportional ist; wird der Druck verdoppelt, so wird das Volum halb so groß und so fort. So verhielt sich auch die Emanation; hieraus ergab sich, daß sie ein Gas im gewöhnlichen Sinne des Wortes ist. Aber sie ist doch ein sehr ungewöhnliches Gas; nicht nur leuchtet sie im Dunkeln, sondern sie vermindert ihr Volum langsam von Tag zu Tag, bis sie schließlich ganz verschwunden ist. Dabei geht das Leuchten nicht verloren; was von Tag zu Tag nachbleibt, ist so leuchtend, wie immer, aber das Volum wird kleiner, bis nach etwa 25 Tagen das Gas sich bis auf einen leuchtenden Punkt zusammengezogen hat.

Was war hierbei aus dem Helium geworden? Dies wurde entdeckt, als die Röhre erhitzt wurde. Es ist wohl bekannt, daß Glas, das mit Radiumemanation in Berührung steht, sich violett färbt, falls es Natriumglas ist; Kaliumglas wird braun. Dies rührt daher, daß die Elektronen, ungeheuer kleine Partikeln, die sich mit enormer Geschwindigkeit bewegen, in das Glas eindringen. Wenn die Emanation sich in Helium verwandelt, so werden auch die Molekeln dieses Gases mit sehr großer Geschwindigkeit ausgeschleudert, wenn auch diese viel kleiner ist als die Elektronen. Sie reicht indessen aus, um sie in das Glas eindringen zu lassen; dort bleiben sie stecken,

aber es genügt, das Glas zu erhitzen, um sie wieder austreten zu lassen; sie sammeln sich in der Röhre an und dann kann das Volum des Heliums gemessen werden. Es ergab sich $3\frac{1}{2}$ mal so groß, wie das der Emanation. Da aber die Emanation wahrscheinlich rund 50 mal so dicht ist wie Wasserstoff, so reicht das Helium nicht aus, um von aller Emanation Rechenschaft zu geben. Vielmehr muß man als nahezu sicher ansehen, daß feste Stoffe gebildet werden, die sich auf dem Glase niederschlagen und radioaktiv sind. Bisher sind diese Produkte nur wenig chemisch untersucht worden.

Aus der Kenntnis des Volums der Emanation und des des Volums, den das Radium eingenommen haben würde, wenn es sich in Gasform befunden hätte (denn die Chemiker können nach einer einfachen Regel das Volum bestimmen, das ein gegebenes Gewicht irgend eines Elementes in Gasform einnehmen würde), ist es möglich, zu berechnen, welche Zeit erforderlich wäre, daß sich Radium in Emanation verwandelt, vorausgesetzt, daß diese das einzige Umwandlungsprodukt ist. Die Rechnung ergibt, daß die Hälfte des Radiums sich in 1150 Jahren zersetzen würde. Aber in dieser Rechnung sind mehrfach bloße Vermutungen enthalten und sie beruht auf einigen noch unbewiesenen Annahmen.

Ein weiterer Versuch, der in gleicher Weise ausgeführt worden war, aber unter sorgfältigster Vermeidung jeder Spur fremder Gase, ergab die Möglichkeit, die Lage der Spektrallinien der Emanation zu messen. Allgemein kann angegeben werden, daß das Spektrum in seinem Charakter dem des Argons und Heliums ähnlich ist; es besteht aus einer Anzahl von Linien, hauptsächlich grünen, die auf einem schwarzen Grunde liegen. Hierdurch wird die Vermutung, die auf Grund des chemischen Verhaltens der Emanation aufgestellt worden war, daß es sich nämlich um ein Gas vom Argontypus mit hohem Atomgewicht

handelt, bestätigt. Einige der gemessenen Linien scheinen mit gewissen Linien im Spektrum einiger Sterne übereinzustimmen; hieraus darf man vielleicht schließen, daß diese Himmelskörper reich an Radium sein mögen.

Die in der Figur dargestellten Apparate waren der Vorsicht wegen mit kleinen Glasbechern umgeben worden. Tatsächlich waren drei Apparate nebst den zugehörigen Bechern da, nach dem Prinzip, daß man nicht alle Eier in einen Korb legen soll. Diese Becher waren nie in unmittelbare Berührung, weder mit dem Radium, noch mit der Emanation gekommen; dagegen waren sie monatelang mit β -Strahlen beschossen worden, d. h. mit Elektronen, die so klein sind und so schnell fliegen, daß sie Glas mit Leichtigkeit durchdringen. Diese Becher erwiesen sich als radioaktiv, und zwar konnte man diese Eigenschaft mit bloßem Wasser abwaschen, denn die Becher wurden inaktiv und das Wasser aktiv. Offenbar war irgendwelche radioaktive Substanz durch den Einfluß der Strahlen gebildet worden. Die Untersuchung ergab, daß mehr als ein Stoff entstanden war. Denn Luft, die durch das Wasser geleitet wurde, führte ein radioaktives Gas fort; es hatte die Eigenschaft, ein Elektroskop zu entladen, lebte aber nur einige Sekunden lang. Denn die Goldblätter des Elektroskops fielen nur dann zusammen, wenn der Gasstrom in Bewegung war; sowie er unterbrochen wurde, blieben auch die Goldblättchen unbeweglich. Wäre Radiumemanation ins Elektroskop gebracht worden, so wäre deren Wirkung 28 Tage lang merklich gewesen; Thoriumemanation würde etwa noch eine Minute lang nachgewirkt haben, bevor die entladende Kraft verschwunden wäre. Es gibt indessen eine Emanation, die sehr kurzlebig ist, nämlich die des Aktiniums, und daher spricht die Wahrscheinlichkeit dafür, daß durch die Wirkung der β -Strahlen Aktinium entstanden ist. Dies ist aber nicht das einzige Produkt. Denn das Wasser,

mit dem das Glas abgewaschen worden war, läßt nach dem Verdampfen zur Trockne einen radioaktiven Rückstand; dieser enthält einen Stoff, der ein unlösliches Chlorid, Sulfid und Sulfat gibt, während das Hydroxyd in Ammoniak löslich ist. Es haben somit die β -Strahlen entweder die Bestandteile des Glases so verändert, daß neue radioaktive Stoffe entstanden sind, oder die neuen Elemente stammen aus der Luft, die im Glase war, oder aber, die β -Strahlen selbst, die aus Elektronen oder Atomen negativer Elektrizität bestehen, haben sich kondensiert, um Materie zu bilden, was indessen am wenigsten wahrscheinlich ist.

Dies sind einige von den Ergebnissen, die bei der Untersuchung der chemischen Änderungen des Radiums gefunden worden sind. Die Arbeit ist in ihren allerersten Stufen, doch legt sie eine Auffassung nahe, die zuerst von Rutherford und Soddy ausgesprochen worden ist, was die Konstitution des Radiums und der ähnlichen Elemente anlangt. Sie besteht darin, daß die Atome der Elemente von hohem Atomgewicht, wie Radium, Uran, Thor und die vermuteten Elemente Polonium und Aktinium ihrer Natur nach unbeständig sind, daß sie sich freiwillig in andere Formen der Materie verwandeln, die ihrerseits gleichfalls radioaktiv und unbeständig sind; daß schließlich Elemente gebildet werden, die nicht radioaktiv sind und sich daher wegen ihrer geringen Menge im allgemeinen nicht mehr nachweisen lassen, da hier die üblichen Reaktionen versagen. Die Bildung von Helium, das dagegen verhältnismäßig leicht auch in sehr kleiner Menge nachweisbar ist, macht diese Hypothese sehr wahrscheinlich.

Hier erhebt sich naturgemäß die Frage: erleiden die anderen Elemente eine ähnliche Umwandlung? Ist möglicherweise ihre Umwandlungsgeschwindigkeit so klein, daß sie nicht nachgewiesen werden kann? Professor J. J. Thomson hat versucht, die Frage zu beantworten.

Er hat gefunden, daß viele gewöhnliche Elemente schwach radioaktiv sind, doch ist die Antwort noch ungenügend. Denn das Radium ist so enorm radioaktiv, daß die allergeringste Spur davon oder eines anderen radioaktiven Elements ausreichend sein würde, die gleiche Wirkung hervorzubringen. Andererseits ist es nicht bewiesen, daß derartige Umwandlungen der Elemente immer von radioaktiven Erscheinungen begleitet sein müssen oder diese können so schwach sein, daß man sie nicht nachweisen kann. Ein Stück Kohle wird beispielsweise beständig durch den Luftsauerstoff oxydiert. Diese Oxydation bewirkt eine Wärmeentwicklung, aber das empfindlichste Thermometer würde nicht ausreichen, um einen Temperaturunterschied zwischen der Kohle und der umgebenden Luft nachzuweisen, da die Oxydationsgeschwindigkeit so überaus klein ist.

Eine andere Frage, die sich aufdrängt, ist die folgende. Wenn ein Element wie Radium sich freiwillig in andere Stoffe verwandelt, und dabei ein so verhältnismäßig kurzes Leben hat, so müßte es längst vom Erdboden verschwunden sein, wenn es sich nicht immer wieder von neuem bildete. Soddy hat versucht, zu ermitteln, ob eine Probe von Uransalz, die von Radiumverbindungen sorgfältig befreit worden war, nach Ablauf eines Jahres neues Radium gebildet hatte. Sein Ergebnis war negativ. Vielleicht ist außer Uran noch ein anderer Stoff erforderlich, um Radium zu bilden. Jedenfalls würden weitere Versuche über diese Frage äußerst willkommen sein*).

Schließlich scheinen die Versuche von Ramsay und Cook über die Einwirkung der β -Strahlen, von denen eben berichtet worden ist, auf wichtige Beziehungen hinzudeuten. Denn da Radium während seiner freiwilligen

*) Es scheint zunächst ein intermediärer Stoff zu entstehen, der von seinem Entdecker Boltwood Ionium genannt worden ist.

Zersetzung eine enorme Menge Energie entwickelt, die hauptsächlich in der Gestalt von Wärme erscheint, so darf man schließen, daß, wenn man die Atome der gewöhnlichen Elemente veranlassen könnte, große Energiemengen aufzunehmen, sie Änderungen erfahren müßten, die nicht zerstörender, sondern aufbauender Art sein würden. Wenn die β -Strahlen, die enorme Energiemengen befördern, wie es wahrscheinlich erscheint, bei der Wirkung auf solche Stoffe, wie Glas, neue radioaktive Stoffe bilden, die demgemäß ein hohes Atomgewicht haben, und wenn es sich herausstellen sollte, daß die besonderen Formen dieser neuen Stoffe von den Elementen abhängig sind, auf welche die β -Strahlen fallen und denen sie ihre Energie mitteilen, so erscheint die Transmutation der Elemente nicht länger als ein sinnloser Traum. Dann wäre der Stein der Weisen entdeckt und es liegt nicht außerhalb des Gebietes der Möglichkeit, daß hierbei auch der andere Traum der Philosophen des Mittelalters realisiert wird, nämlich das elixir vitae. Denn die Wirkung der lebenden Zellen wird gleichfalls durch die Menge und Beschaffenheit der Energie bestimmt, welche sie enthalten; und wer kann sagen, daß es unmöglich sein sollte, ihre Tätigkeit zu beeinflussen, wenn die Mittel untersucht sein werden, die Energie ihnen zuzuführen und sie zu leiten?

Was ist Elektrizität?

Ein alter Freund von mir, von Profession ein Bankier, der einen großen Teil seines neunundachtzigjährigen Lebens auf das Studium der Astronomie und Geologie verwendet hat, fragte mich einmal: „Woher kommt die bewegende Kraft der Elektrizität? Ich kann die bewegende Kraft des Dampfes begreifen, aber nicht die der Elektrizität.“

Dies veranlaßte mich, über die Frage nachzudenken; und wenn auch meine Antwort nicht eben viel Neues enthält, so enthält sie doch, wie ich glaube, einen neuen Gesichtspunkt, der zur Klärung des Verständnisses beitragen mag.

Die Antwort bezieht sich ausschließlich auf die Elektrizität, wie sie von einer Batterie entwickelt wird; nicht auf die Ströme der Dynamomaschine. Die Antwort auf die Frage: wodurch entsteht der Strom im Dynamo? muß auf eine spätere Gelegenheit verspart werden.

Die einfachste Form einer Batterie besteht in einem Gefäß mit verdünnter Salzsäure, in welche eine Platte von Kupfer und eine von Zink getaucht ist, die durch einen Draht verbunden sind. Alsdann geht ein elektrischer Strom durch den Draht; seine Anwesenheit kann durch ein Galvanometer nachgewiesen werden, oder dadurch, daß man den Draht trennt und die Enden in eine Lösung von Jodkalium eintaucht. Es erscheint an dem Draht, der von der Zinkplatte kommt, ein brauner Fleck, der von dem Jod herrührt, das durch den Strom in Freiheit gesetzt worden ist und sich in der umgebenden Flüssigkeit auflöst.

Man kann die Erscheinung noch auffallender machen, wenn man ein wenig Stärke der Jodkaliumlösung zufügt. Dann wird der Fleck blau, denn Jod gibt mit Stärke eine blaue Färbung. Wie geht der Strom hindurch? Warum entsteht der Strom?

Um dies zu erklären, betrachten wir, was geschieht, wenn ein Stück Zucker auf dem Boden eines Glases mit Wasser liegt. Zunächst wird in einigen Minuten der Zucker „schmelzen“, d. h. sich im Wasser auflösen. Das obere Wasser wird aber hierbei nicht gleich süß werden, denn es bedarf einer sehr langen Zeit, bis der Zucker sich von unten im Wasser verbreitet. Warum tut er das überhaupt? Weil, wie wir annehmen, der Zucker aus

sehr kleinen, unsichtbaren Teilchen besteht, die wir Molekeln nennen und die sich in Bewegung befinden.

Obwohl wir nicht sehen können, wie sich die Molekeln bewegen, können wir doch einen Versuch machen, der uns zeigt, daß kleine Teilchen der Materie, die unter einem ziemlich starken Mikroskop leicht sichtbar sind, sich in beständiger geschwinder Bewegung befinden.

Eine gewöhnliche Aquarellfarbe, die man mit Wasser anreibt, gibt Teilchen von passender Grösse; Gummigutt zeigt die Erscheinung vielleicht am besten. Die Teilchen zucken beständig hin und her; ihre Bewegung ist nicht regelmäßig, sondern gewissermaßen krampfhaft; vermöge dieser Bewegung breiten sie sich aus, da sie aus einem Gebiete des Wassers in die anderen wandern.

Ebenso verhalten sich die Molekeln des Zuckers; denn daß sie sich gleichfalls ausbreiten, geht daraus hervor, daß schließlich auch das Wasser an der Oberfläche süß wird. Tatsächlich bemühen sich die Zuckermolekeln, von Orten, wo sie sind, zu den Orten zu gelangen, wo sie nicht sind. Wenn man Lust hat, über einen solchen Gegenstand zu moralisieren, könnte man fragen: tun wir das nicht alle selbst? Besteht nicht aller Fortschritt in der Welt in dem Versuch einer Bewegung?

Wird eine solche Bewegung behindert, etwa durch einen Schirm, der den Zuckermolekeln den Durchgang versperrt, während er die Wassermolekeln ungehindert durchgehen läßt, so würden die Zuckermolekeln den Schirm mit unzähligen Stößen bombardieren, die sich als eine Art Druck gegen den Schirm geltend machen würden.

Nun ist dieser Druck tatsächlich gemessen worden; man hat eine Scheidewand konstruieren können, welche das Wasser durchtreten läßt und den Zucker zurückhält. Es ist, als würde Kies von zweierlei Korn gegen ein

Sieb geworfen: die Kiesel, welche durch die Maschen fallen, üben keinen Druck auf das Sieb aus, während die, welche durch das Sieb zurückgehalten werden, sich durch den Druck, den sie ausüben, bemerklich machen.

Auch andere Stoffe außer Zucker können durch die gleiche Scheidewand zurückgehalten werden, so z. B. Weinsäure. Und es hat sich hierbei ergeben, daß, wenn eine gleiche Anzahl von Molekeln verschiedener Art in dem gleichen Volum Wasser enthalten ist, der ausgeübte Druck auch gleich groß ist.

Kochsalz ist eine Verbindung des Metalls Natrium mit einem gelbgrünen Gase, Chlor. Jedes Teilchen oder jede Molekel Kochsalz muß daher diese beiden Elemente enthalten, d. h. jedes Kochsalzteilchen muß mindestens aus zwei anderen Teilchen oder Atomen bestehen. Wird ein Löffel voll Kochsalz auf den Boden eines Glases mit Wasser getan, so verhält es sich ebenso, wie Zucker, d. h. es löst sich auf und seine Teilchen wandern durch das Wasser, bis nach einiger Zeit das gesamte Wasser gleichförmig salzig geworden ist.

Ebenso wie beim Zucker kann man eine Scheidewand finden, welche zwar Wasser durchläßt, aber kein Salz; auch ist es möglich, den Druck der Molekeln des Salzes auf diese Scheidewand zu messen.

Nun tritt hier eine sehr merkwürdige Tatsache zu Tage: die Molekeln des Salzes geben einen doppelt so hohen Druck, als eine gleiche Anzahl Zuckermolekeln in derselben Wassermenge geben würden; es scheint daher eine doppelte Menge von Salzmolekeln anwesend zu sein. Um dies zu erklären, wird angenommen, daß die Molekeln des Salzes in je zwei Atome zerfallen: ein Natriumatom und ein Chloratom, und daß ein jedes von diesen seinen Anteil am Gesamtdrucke hat. Wegen der Gewohnheit dieser Teilchen oder Atome, im Wasser nach allen Richtungen sich zu bewegen oder zu wandern, hat

man sie Ionen genannt, was der griechische Name für Wanderer ist.

Aber bloß wandernde Teilchen heißen nicht Ionen, z. B. die Zuckerteilchen nicht, obwohl sie sich auch bewegen. Die Ionen, die in einer Salzlösung enthalten sind, besitzen eine andere Eigentümlichkeit. Eines von ihnen hat das verloren und das andere hat aufgenommen, was man ein Atom Elektrizität nennen könne. Was ist nun Elektrizität?

In früheren Zeiten pflegte man zu glauben, daß es zwei Arten Elektrizität gibt, von denen die eine positiv, die andere negativ genannt wurde. Damals wäre es noch nicht möglich gewesen, die obige Frage befriedigend zu beantworten. Neueste Forschungen haben indessen wahrscheinlich gemacht, daß das, was man negative Elektrizität zu nennen pflegte, tatsächlich eine Substanz ist. Man hat sogar das relative Gewicht ihrer Teilchen gemessen: jedes von ihnen hat ungefähr $\frac{1}{700}$ stel des Gewichtes eines Wasserstoffatoms. Ein Wasserstoffatom ist aber die kleinste aller Massen, die man bisher Materie genannt hat.

Die Atome der Elektrizität werden Elektronen genannt; sie scheinen alle von einer Art zu sein. Das Metall Natrium und auch alle anderen Metalle müssen als Verbindungen angesehen werden, die aus Elektronen und gewissen Stoffen bestehen. Der Stoff des Natriums mag Natrion heißen, der des Kupfers Cuprion, der des Eisens Ferrion usw. Wenn Natrium ein Elektron verliert, so geht es in Natrion über, verliert Eisen drei Elektronen, so verwandelt es sich in Ferrion und ähnlich mit den anderen Metallen.

Wie kann man Natrium zwingen, sein Elektron abzugeben? Dies geschieht, wenn es sich in Verbindungen begibt. Wird Natrium an der Luft erhitzt, die Sauerstoffgas enthält, so brennt es und man sagt, daß es sich

mit Sauerstoff verbindet oder vereinigt. Das Brennen scheint verbunden zu sein mit einer Übertragung des Elektrons vom Natrium auf den Sauerstoff. Kochsalz kann hergestellt werden, indem man Natrium in Chlor erhitzt; es entflammt sich, verbrennt und ist in gewöhnliches weißes Kochsalz verwandelt. Dabei hat es ein Elektron verloren, welches vom Chlor aufgenommen worden ist.

Wird das Kochsalz in Wasser aufgelöst, so ist das Natrium darin als Natrion enthalten, d. h. es ist Natrium minus Elektron. Ebenso ist das Chlor im Wasser nicht als gewöhnliches Chlor enthalten, sondern es hat ein Elektron aufgenommen und ist dadurch in Chlorion übergegangen. Wir sehen daher, daß solche Elemente, die wir Metalle nennen, dadurch Ionen werden, daß sie Elektronen verlieren, während die Nichtmetalle durch Aufnahme von Elektronen in Ionen übergehen.

Nun wollen wir unsere gewöhnliche Batterie oder Zelle betrachten, die aus je einer Zink- und Kupferplatte besteht, die in verdünnte Salzsäure tauchen. Diese Salzsäurelösung enthält Wasserstoffionen, die sich vom gewöhnlichen Wasserstoff dadurch unterscheiden, daß sie je ein Elektron verloren haben, ebenso wie sich Natrion vom Natrium unterscheidet. Die ausgetretenen Elektronen haben sich mit dem Chlor verbunden und dieses in Chlorion übergeführt.

Das Zink kann sich in der Salzsäure nicht auflösen, bevor sich seine Atome in Ionen umgewandelt haben. Jedes Atom Zink muß hierfür zwei Elektronen verlieren. Die Anziehung des Zinks für die Elektronen ist indessen so groß, daß es sich nicht auflösen kann, wenn nicht die Elektronen fortgeschafft werden.

Nun haben die Elektronen die Fähigkeit, durch Metalle sich fortzubewegen. Dieser Punkt wird später eingehender erörtert werden; hier sei er als zugestanden

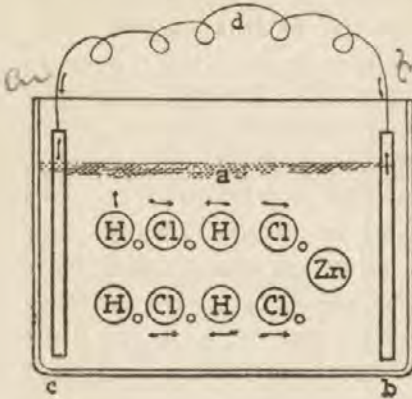
angenommen. Gibt ein Atom Zink seine beiden Elektronen auf, indem es sie an das zunächstliegende Zinkatom der Platte schickt, so wird dieses, das seine beiden Elektronen besitzt, überladen und schickt sie weiter, da es sich mit ihnen nicht verbinden kann. Oder, wenn es letzteres tut, muß es seine eigenen Elektronen an den Nachbar abgeben.

Diese beiden Elektronen verdrängen die benachbarten, oder, was auf dasselbe herauskommt, werden durch das Metall fortbefördert, bis sie den Leitungsdraht erreichen, der von Kupfer sein mag. Auch metallisches Kupfer besteht aus Cuprionen, die mit je zwei Elektronen verbunden sind und wird ebenso wie das Zink durch die beiden überschüssigen Elektronen überladen. So schickt es sie bis zur Kupferplatte in der Salzsäure bis an deren Oberfläche.

Dort finden die Elektronen Wasserstoffionen vor, die bereitwillig sind, je ein Elektron aufzunehmen, um damit gewöhnliches Wasserstoffgas zu bilden. Ist dies geschehen, so verbinden sich die Atome zu Paaren, den Molekeln, und es werden Blasen von Wasserstoffgas gebildet, die an die Oberfläche steigen und zerplatzen. Kurz gesagt, sendet das Zink seine Elektronen durch den Leitungsdraht bis in die Oberfläche der Kupferplatte, wobei es selbst in Zinkion übergeht, während die Elektronen aus den Wasserstoffionen zunächst Atome und dann Molekeln machen.

Diese ein wenig verwickelte Vorstellung wird vielleicht klarer durch die nachstehende Figur. Die Lösung von Chlorwasserstoff in Wasser ist mit *a* bezeichnet, *b* ist die Zink-, *c* die Kupferplatte und *d* der Verbindungsdraht. *HH* an der linken Seite der Figur sind zwei Wasserstoffatome, von denen ein jedes ein Elektron aufgenommen hat; sie sind im Begriff, sich zu einer Molekel zu verbinden

und als Gasblase durch die Flüssigkeit aufzusteigen. Die von ihnen aufgenommenen Elektronen stammen aus der



Zinkplatte, von der sie den durch die Pfeile gekennzeichneten Weg genommen haben, durch den Leitungsdraht nach der Kupferplatte.

Ein Zinkatom, das zwei Elektronen verloren hat, hat sich von der Zinkplatte abgetrennt; es ist nun ein Zinkion geworden. Diese Elektronen haben andere aus ihrer Verbindung

mit dem Zink- und Kupfermetall verdrängt und sie, bzw. ihre Ersatzmänner haben sich an die Wasserstoffionen und Chlorionen geheftet. In der Flüssigkeit sind Wasserstoffionen und Chlorionen enthalten; die ersteren bewegen sich zur Kupfer-, die anderen zur Zinkplatte, aber langsamer.

Einige von den Chlorionen werden die Zinkplatte berühren; könnten sie in sie eindringen und durch das Metall wandern, so würde kein elektrischer Druck entstehen. Da aber die Platten und der Leitungsdraht für Materie undurchdringlich sind und nur Elektronen durchlassen, so ist damit der Grund gegeben, daß ein elektrischer Druck, oder, wie er gewöhnlich genannt wird, eine elektromotorische Kraft oder Potentialdifferenz entsteht. Tatsächlich sind die Metalle semipermeable Membranen, sie lassen Elektronen durch, sperren aber den Weg für Materie.

Vielleicht kann dieser Gedanke leichter verstanden werden, wenn er in eine andere Form gebracht wird. Elektronen gehen nicht durch Wasser; vielleicht ist die dreifache Verbindung von Sauerstoff, Wasserstoff und Elek-

tronen zu fest, um die Übertragung der Elektronen von einer Molekel zur anderen zu ermöglichen. Wird aber ein Salz im Wasser aufgelöst, so können Elektronen durchgehen, indem sie sich der Ionen als Träger bedienen, z. B. des Chlorions. Hierdurch wird ihre Beweglichkeit allerdings sehr beeinträchtigt; durch Metalle werden sie aber sehr leicht befördert, wie oben erklärt wurde, und so wird wiederum ein elektrischer Druck bewirkt.

Die Ähnlichkeit mit dem „osmotischen Druck“, den die Molekeln einer Zuckerlösung in Wasser gegen eine halbdurchlässige Scheidewand entwickeln, ist augenscheinlich. Ebenso, wie das Wasser, in dem die Zuckermolekeln aufgelöst sind, frei durch die halbdurchlässige Scheidewand aus- und eintreten kann, so können die Elektronen frei durch die Platten und Drähte aus Metall wandern; und ebenso wie die Zuckermolekeln unfähig sind, durch die Scheidewand zu gehen, so ist die Materie, mit der die Elektronen verbunden sind, unfähig, durch das Metall zu wandern. Die Metalle verhalten sich somit wie halbdurchlässige Scheidewände und der elektrische Druck wird dadurch ebenso entwickelt, wie der osmotische Druck durch den aufgelösten Zucker entwickelt wird.

Wird eine verdünnte Kochsalzlösung eingedampft, so scheiden sich Salzkristalle ab, nachdem eine genügende Wassermenge verdampft ist. Nun enthält eine verdünnte Lösung die Bestandteile des Salzes fast ausschließlich im Ionenzustande, d. h. das Natrium ist ohne Elektron und würde in Natrium übergehen, wenn es sich mit einem verbände; während das Chlorion sich in Chlor verwandeln würde, wenn es sich von seinem Elektron trennen könnte.

Während der Eindunstung kommen die Ionen des Chlors und des Natriums immer näher zueinander, in dem Maße, wie das Wasser fortgeht, und ist dies in genügen-

dem Maße geschehen, so verbinden sich beide und bilden festes Kochsalz. Aber selbst wenn sie sich verbunden haben, um festes Kochsalz zu bilden, verläßt nicht etwa das Elektron das Chlorion, um sich mit dem Natrium zu verbinden, denn wenn dies geschehe, so würde metallisches Natrium und Chlorgas entstehen, die sicherlich nicht gebildet werden. Ein Kristall von Kochsalz unterscheidet sich von einer Lösung desselben wesentlich, wie sich flüssiges Wasser von Eis unterscheidet. Eines ist flüssig und das andere ist fest; aber beide sind derselbe Stoff und der einzige Unterschied ist der feste Zustand.

Man muß es daher als einen berechtigten Schluß ansehen, daß, wenn ein Stück Natrium sich mit Chlor verbindet und darin brennt, ebenso wie ein Stück Kohle in der Luft brennt, der Vorgang der Verbindung darin besteht, daß ein Elektron vom Natrium auf das Chlor übertragen wird, mit dem Ergebnis, daß das Natrium in Natrionen und Chlor in Chlorionen verwandelt wird. Beide sind Stoffe, deren Eigenschaften ganz verschieden sind von denen des metallischen Natriums und des gasförmigen Chlors.

Löst man das Salz in wenig Wasser, so werden einige von den Ionen getrennt, aber nur wenige; wird aber weiteres Wasser hinzugefügt, so daß die Lösung verdünnter wird, so wird eine immer größere Menge der Ionen getrennt, bis bei genügender Verdünnung alle getrennt sind. Entwickelt man diese Anschauung weiter, so muß man alle chemischen Vorgänge ansehen als Übertragungen von Elektronen von gewissen Elementen auf andere.

Aber nicht alle Verbindungen werden in Ionen zerlegt, wenn sie aufgelöst werden. In solchen Fällen, z. B. beim Zucker, der sich im Wasser als solcher auflöst, muß man annehmen, daß die Atome Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, aus denen er besteht, allerdings Elek-

tronen ausgetauscht haben, da sonst keine chemische Verbindung eingetreten wäre, daß aber die Ionen sich nicht voneinander trennen, selbst wenn sie durch Auflösung in Wasser hierzu Gelegenheit hätten.

Wenngleich die Möglichkeit der selbständigen Bewegung in manchen Fällen dazu führt, daß sich die Ionen trennen, so folgt doch nicht, daß, wenn solche Möglichkeiten bestehen, auch die Trennung jedesmal stattfindet.

Wenn Kochsalz geschmolzen wird, was bei Rotglut eintritt, so trennen sich die Ionen. Dies wird dadurch bewiesen, daß es in solchem Zustande fähig ist, die Elektrizität zu leiten. Ebenso ist geschmolzenes Glas ein Leiter, während festes Glas nur ein sehr unvollkommener ist; die Ursache ist vermutlich wieder, daß die Ionen im festen Glase sehr wenig Möglichkeit haben, sich zu bewegen.

Diese Betrachtungen, obwohl sie in engem Zusammenhange mit der Natur der Ionen stehen, haben kein so nahes Verhältnis zu dem Gegenstande dieses Aufsatzes, der bewegenden Kraft der Elektrizität. Vielleicht kann ich durch eine letzte Analogie die gegebene Erklärung noch klarer machen; sie ist die folgende:

Es werde eine verdünnte Lösung von Salz in ein Gefäß, und eine konzentrierte in ein anderes gebracht. Beide werden mit einer Glasglocke überdeckt, aus welcher alle Luft entfernt wird, so daß nur Wasserdampf übrig bleibt, und das Ganze wird sich selbst während einer längeren Zeit überlassen. Die schwache Lösung wird stärker werden, denn sie wird Wasser verdunsten lassen, und die starke Lösung wird sich verdünnen, denn sie wird das verdunstete Wasser kondensieren. Nun seien die beiden Salzlösungen nicht unter derselben Glasglocke angebracht, sondern jede unter einer besonderen, die mittels einer Röhre verbunden sind. In der Mitte der Röhre ist eine kleine Maschine angebracht, wobei der

Dampf von der verdünnten Lösung dort eintritt, wo man gewöhnlich den Dampf in eine Dampfmaschine eintreten läßt, während die Röhre von der konzentrierten Lösung mit dem Kondensator verbunden ist. Wenn diese Maschine hinreichend leichtbeweglich ist, wird sie durch den Unterschied der beiden Dampfdrucke aus den Lösungen in Betrieb gesetzt werden, indem der Dampf von der verdünnten Lösung zu konzentrieren geht.

Warum? Weil zwar Dampf von der Oberfläche der Lösungen fortgehen kann, nicht aber Salz; die Oberfläche der Lösung ist eine Scheidewand, die zwar Wasserdampf durchläßt, nicht aber Salz.

Die Analogie mit der Batterie besteht darin: Die Zinkplatte verhält sich wie die verdünntere Salzlösung, denn wenn sie sich auflöst, so gibt sie Elektronen ab. Diese Elektronen können längs des Drahtes wandern, ebenso wie der Dampf durch die Röhre. Man könnte ebenso eine kleine elektromagnetische Maschine einschalten, welche durch den Strom getrieben werden würde, der den Draht durchheilt, d. h. durch den Elektronenstrom, ebenso wie die Dampfmaschine durch den Dampfstrom getrieben wird.

Nach Ankunft an der Kupferplatte verbinden sich die Elektronen mit den Wasserstoffionen und entweichen. In dieser Beziehung ist die beschriebene Batterie einer Hochdruckmaschine ohne Kondensation ähnlich. Man kann aber, wenn man will, die Elektronen innerhalb des Gebildes erhalten; hierzu braucht man nur die Kupferplatte mit einer Lösung eines Kupfersalzes zu umgeben. Dann verbinden sich die Elektronen mit den Cuprionen, wobei metallisches Kupfer gebildet und auf der Kupferplatte abgeschieden werden.

Ebenso wie die Oberfläche der Lösung eine Scheidewand bildet, durch welche Wasser wandern kann, nicht aber Salz, so bildet die Oberfläche der Zinkplatte eine

Scheidewand, durch welche Stoffe, wie Zink-, Wasserstoff- und Chlorionen nicht wandern können, während Elektronen durchgehen können. Auch werden sie vom Draht geleitet, wie Dampf von der Röhre geleitet wird. Die bewegende Kraft des Dampfes wie der Elektrizität beruht also in einem Wort darauf, daß sie aus einem Gebiete hohen Druckes in ein Gebiet niedrigen Druckes übergehen.

Die Aurora Borealis.

Die Nordlichter müssen in England Aufmerksamkeit erregt haben, seitdem es bewohnt ist. Ob sie aber wegen ihres häufigen Vorkommens überhaupt nicht aufgezeichnet worden sind, oder ob die Nachricht über derartige Naturerscheinungen als unwichtig angesehen worden ist: ich kann nichts über sie in den schottischen Chroniken finden. Im Süden Englands und auf der andern Seite des Kanals werden sie gelegentlich erwähnt, denn in diesen südlicheren Gebieten kommen sie hinreichend selten vor, daß ihr Erscheinen Aufmerksamkeit erregte. Oft nahm man an, daß sie ein Unglück anzeigten. Ein Bericht über ein 1560 in London beobachtetes Nordlicht vergleicht es mit „brennenden Speeren“. Ein anderes wurde von Cornelius Génune, Professor in Löwen 1575 beschrieben. Mehrere hat Michael Mestlin, Keplers Lehrer, beschrieben, die 1580 auftraten; auch vom April und September 1581, sowie vom September 1621 werden glänzende Nordlichter angegeben. Von jener Zeit bis 1707 findet sich keine Nachricht darüber, daß Nordlichter gesehen worden seien.

Es ist lange bekannt gewesen, daß die Kompaßnadel, welche gewöhnlich nach Norden zeigt und außerdem um einen bestimmten Winkel gegen den Horizont (die Inklination) gerichtet ist, gestört wird und in Schwingungen gerät,

wenn ein Nordlicht am Himmel steht. Der berühmte Halley wagte daher 1714 die kühne Vermutung (Phil. Trans. 29, Nr. 341), daß das Nordlicht eine magnetische Erscheinung sein müsse. Die Schwankungen können 10 Bogenminuten überschreiten, wie J. Glaisher (Phil. Trans. 58) 1847 beobachtet hat. Vielerlei Hypothesen sind entwickelt worden, um den Zusammenhang dieser gleichzeitigen Erscheinungen darzustellen. In den letzten Jahren sind Expeditionen nach Island, Finnland und Nordamerika ausgerüstet worden, deren Hauptzweck die Untersuchung der magnetischen Störungen und deren Zusammenhang mit dem Nordlicht war. Von den vielerlei Theorien, die entwickelt worden sind, wird meine Aufgabe sein, einige vorzulegen, und sie zu ergänzen, wo Lücken vorzuliegen scheinen.

Zunächst wollen wir die Beschreibung des Nordlichtes aus der Feder des berühmten Alexander von Humboldt hören:

„Tief am Horizont, ungefähr in der Gegend, wo dieser vom magnetischen Meridian durchschnitten wird, schwärzt sich der vorher heitere Himmel. Es bildet sich wie eine dicke Nebelwand, die allmählich aufsteigt und eine Höhe von 8 bis 10 Graden erreicht. Die Farbe des dunklen Segments geht ins Braune oder Violette über. Sterne sind sichtbar in dieser, wie durch einen dichten Rauch verfinsterten Himmelsgegend. Ein breiter, aber hellleuchtender Lichtbogen, erst weiß, dann gelb, begrenzt das dunkle Segment; da aber der glänzende Bogen später entsteht, als das rauchgraue Segment, so kann man nach Argelander letzteres nicht einem bloßen Kontraste mit dem helleren Lichtsaume zuschreiben. Der höchste Punkt des Lichtbogens ist, wo er genau gemessen worden ist, gewöhnlich nicht ganz im magnetischen Meridian, sondern 5° — 18° abweichend nach der Seite, wohin die Magnetdeklination des Orts sich richtet. Im hohen Norden, dem

Magnetpole sehr nahe, erscheint das rauchähnliche Kugelsegment weniger dunkel, bisweilen gar nicht. Dort auch, wo die Horizontalkraft am schwächsten ist, sieht man die Mitte des Lichtbogens von dem magnetischen Meridian am weitesten entfernt.

Der Lichtbogen, in stetem Aufwallen und formveränderndem Schwanken, bleibt bisweilen Stunden lang stehen, ehe Strahlen und Strahlenbündel aus demselben hervorschießen und bis zum Zenith hinaufsteigen. Je intensiver die Entladungen des Nordlichts sind, desto lebhafter spielen die Farben vom Violetten und bläulich Weißen durch alle Abstufungen bis in das Grüne und Purpurrote. Auch bei der gewöhnlichen, durch Reibung erregten Elektrizität ist der Funke erst dann gefärbt, wenn nach großer Spannung die Explosion sehr heftig ist. Die magnetischen Feuersäulen steigen bald aus dem Lichtbogen allein hervor, selbst mit schwarzen einem dicken Rauche ähnlichen Strahlen gemengt; bald erheben sie sich gleichzeitig an vielen entgegengesetzten Punkten des Horizonts und vereinigen sich in ein zuckendes Flammenmeer, dessen Pracht keine Schilderung erreichen kann, da es in jedem Augenblick seinen leuchtenden Wellen andere und andere Gestaltungen gibt. Die Intensität dieses Lichts ist zu Zeiten so groß, daß Lowenörn (29. Jan. 1786) bei hellem Sonnenscheine Schwingungen des Polarlichtes erkannte. Die Bewegung vermehrt die Sichtbarkeit der Erscheinung. Um den Punkt des Himmelsgewölbes, welcher der Richtung der Neigungs-Nadel entspricht, scharen sich endlich die Strahlen zusammen und bilden die sogenannte Krone des Nordlichts. Sie umgibt es wie den Gipfel eines Himmelszeltes mit einem milderem Glanze und ohne Wallung im ausströmenden Lichte. Nur in seltenen Fällen gelangt die Erscheinung bis zur vollständigen Bildung der Krone; mit derselben hat sie aber stets ihr Ende erreicht. Die Strahlungen werden nun seltener, kürzer

und farbenloser. Die Krone und alle Lichtbögen brechen auf. Bald sieht man am ganzen Himmelsgewölbe unregelmäßig zerstreut nur breite, blasse, fast aschgrau leuchtende, unbewegliche Flecke; auch sie verschwinden früher als die Spur des dunklen rauchartigen Segments, das noch tief am Horizonte steht. Es bleibt oft zuletzt von dem ganzen Schauspiel nur ein weißes, zartes Gewölk übrig, an den Rändern gefiedert oder in kleine rundliche Häufchen (als cirro-cumulus) mit gleichen Abständen geteilt.“

Die gleichen Erscheinungen treten in der südlichen Hälfte auf, wo sie Aurora Australis genannt werden.

Die leuchtenden Bogen sind gleichfalls gut beschrieben worden durch William Key in einem Briefe an Dr. Priestley, der in den Philosophical Transactions von 1783 abgedruckt worden ist. Er bemerkt, daß der Gipfel des Bogens annähernd durch den Polarstern ging; der Bogen war nicht immer von den beweglichen Strahlen begleitet. Key, der ohne es zu wissen den gleichen Gedanken aussprach, wie Canton, verglich die Aurora mit der Entladung der Elektrizität durch verdünnte Luft. Seine Worte sind: „Ich möchte eine Vermutung über die weiße Farbe und die stetige Erscheinung einiger dieser Bogen wagen. Elektrische Versuche mit einem ausgepumpten Gefäß zeigen, daß die Bewegung des elektrischen Funkens veränderlich ist mit der Verdünnung der Luft im Gefäß. Je verdünnter die Luft ist, umso beweglicher und farbiger geht die elektrische „Aura“ durch. Wenn umgekehrt die Luft wieder zugelassen wird, so erscheint der Funke weißer und bewegt sich mit größerer Schwierigkeit. Könnte nicht diese Beobachtung einigermaßen dazu dienen, die Farbe und Bewegung der elektrischen Bogen, wie ich sie nennen möchte, zu erklären? Können wir nicht annehmen, daß die farbigeren und glänzenderen Teile der Aurora borealis in den luftverdünnten Gebieten der Atmosphäre zu Stande kommen, während die weißeren

und stabileren im dichteren Teile liegen? Die weißesten Bogen, die ich gesehen habe, waren auch die unbeweglichsten.“

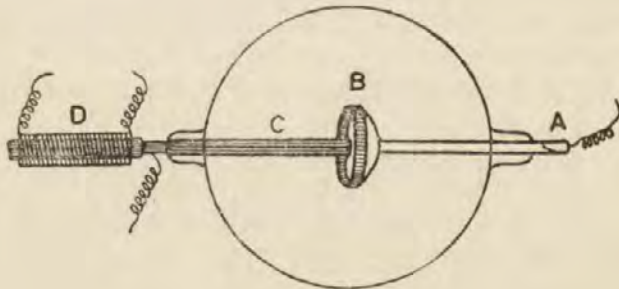
Wiederholt hat man versucht, die Höhe des Nordlichtes zu bestimmen. Henry Cavendish, der berühmte Chemiker, berechnete die Höhe aus den Angaben dreier Beobachter über eine 1784 gesehene Aurora, von denen der eine sich in Cambridge befand, der zweite in Kimbolton in Huntingdonshire und der dritte in Blockley in Gloucestershire, indem er einfach nach den Formeln der Trigonometrie die Höhen in Berechnung nahm, unter denen der Gipfel des Bogens den drei Beobachtern erschienen war. Die Ergebnisse sind ziemlich übereinstimmend und führen zu einer Höhe von 91 bis 124 km. Viele spätere Messungen sind mit ähnlichen Ergebnissen ausgeführt worden. Einer der jüngsten Autoren, Professor Birkeland von Christiania, gibt als Grenzen 100 bis 200 km an. Die Schwierigkeit solcher Messungen liegt darin, daß man nicht leicht sicher ist, daß die Beobachter denselben Bogen um dieselbe Zeit gemessen haben. Doch werde ich später Gelegenheit haben, auf einem ganz unabhängigen Wege zu zeigen, daß diese Messungen tatsächlich der Wahrheit nahe genug gekommen sind.

Zwischen den Jahren 1786 und 1793 hat John Dalton, der als Meteorologe ebenso unermüdlich war, wie er ausgezeichnet als Chemiker gewesen ist, von Kendal und Keswick in Cumberland nicht weniger als 250 Nordlichter beobachtet. Er stellte die Tatsache fest, daß der Gipfel des Bogens genau über dem magnetischen Nordpol liegt und daß die „Flammen“ wenigstens über ein gewisses Gebiet parallel der Richtung der Inklinationsnadel sind, deren Konvergenzpunkt, der magnetische Nordpol im Norden von Canada, innerhalb des Polarkreises, angenommen wird.

Der berühmte Physiker De la Rive von Genf machte einen Versuch, das Nordlicht innerhalb eines Glasgefäßes

zu reproduzieren (Mem. Soc. Phys. de Genève, Vol. 13). Er ging von der Tatsache aus, daß die Luft immer mit positiver Elektrizität beladen ist, und daß die Erde negativ ist. Demgemäß nahm er an, daß beide Elektrizitäten einander zu neutralisieren bestrebt sind, und daß die Ströme sich senkrecht zur Erdoberfläche erheben müßten. Die Neutralisation erfolgt langsam, wenn Regen oder Schnee fällt, schnell durch Blitzentladungen. De la Rives Theorie besteht darin, daß in den oberen Gebieten der Atmosphäre elektrische Ströme sich vom Äquator nach den beiden Polen bewegen; Erdströme, die im Erdinneren verlaufen, gehen umgekehrt beständig von den Polen zum Äquator. Die Leitfähigkeit ist nach seiner Annahme besser in den höheren Gebieten, als in den niedrigeren der Luft und ebenso besser an den Polen, als am Äquator, letzteres wegen der Feuchtigkeit und der häufigen Nebel in den Polarregionen. Die Entladung durch die Polarluft macht nach seiner Annahme den Nebel leuchtend und bewirkt dadurch das Nordlicht.

Sein Apparat, den ich 1902 in Genf zu sehen Gelegenheit hatte, besteht aus einer Glaskugel mit einem Halse an jedem Pol. Durch einen dieser Hälse war ein Kupfer-



stab *A* geführt, dessen Ende mit dem positiven Konduktor der Elektrisiermaschine verbunden war, am anderen Ende war ein kupferner Ring *B* befestigt. *C* ist ein isolierter

Stab aus Schmiedeeisen, der mit einem Isoliermittel überzogen und durch den entgegengesetzten Hals *D* der Flasche geführt ist. Wird das freie Ende des Stabes mit einem Elektromagnet *D* berührt, so wird auch er magnetisch. Nachdem die Luft in der Kugel verdünnt worden war, trat eine Büschelentladung zwischen dem Ring *B* und dem Ende des Stabes *C* ein. Wurde *C* magnetisch gemacht, so wurde die Entladung regelmäßiger und leuchtender und begann um den Magnet zu rotieren, wobei Zungen nach dem Ende des Stabes gingen. In De la Rives Modell stellt der Kupferring die Atmosphäre dar, aus der die Elektrizität sich in den Stab *C*, der die Erde darstellt, entladet. Er schloß, daß die Aurora einen leuchtenden Ring um die magnetischen Pole als Mittelpunkte bildet, der einen größeren oder kleineren Durchmesser hat und sich wegen des Erdmagnetismus in Drehung befindet. Sie rühre von der Entladung der positiven Luft gegen die negative Erde her; die Trennung der beiden Elektrizitäten würde durch die Sonne bewirkt, hauptsächlich in den äquatorialen Gebieten; die Entladungen kämen beständig vor, wenn auch mit sehr verschiedener Intensität und die Cirro-Cumulus-Wolken würden durch gleiche Entladungen erleuchtet.

Als das Spektroskop auf das Nordlicht gerichtet wurde, entdeckte man die Anwesenheit einer grünen Linie von der Wellenlänge 5570 in runder Zahl. Verschiedene Beobachter gaben an: Angström 5568, Vogel 5572, Vijkander 5573, Lemström 5570, Huggins 5570.4, Copeland 5573, Gyllenskjöld 5569, Campbell 5571.6, Sykera 5570, die dänische Expedition nach Island 1899—1900 gab 5570. Viele andere Linien sind photographiert worden, von denen später die Rede sein wird; die grüne Linie ist aber besonders stark und kann oft gesehen werden, auch wenn gar kein sichtbares Nordlicht am Himmel steht, einfach indem man ein Taschen-

spektroskop gegen den Himmel nach Norden richtet. Als die Linie zuerst bekannt wurde, konnte man sie nicht mit der irgend eines Elements identifizieren.

Im Jahre 1898 hatte ich die Ehre, gemeinsam mit meinem Assistenten Travers der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften über die Entdeckung dreier neuer elementarer Substanzen in der Atmosphäre zu berichten, denen wir die folgenden Namen gaben: Neon, das Neue; Krypton, das Verborgene und Xenon, der Fremdling.

Das Spektrum des Neons ist durch viele Linien im Rot, Orange und Gelb gekennzeichnet, während Xenon viele grüne und blaue Linien zeigt. Von entsprechender Färbung ist das Licht, welches sie aussenden, wenn sie sich im verdünnten Zustande in Röhren befinden, durch die eine elektrische Entladung geht. So sendet Neon ein glänzend gelbrosa oder flammenfarbiges Licht, Xenon ein himmelblaues aus, während das Licht von Krypton fast weiß ist und einigen blaß lila, anderen blaß grün erscheint.

Die Dichten dieser Elemente hatten die erwarteten Werte. Wird Wasserstoff gleich 2 gesetzt, so hat Neon 20, Krypton 81.8 und Xenon 128.

Bald nach der Entdeckung des Kryptions maß mein Assistent Baly mit großer Sorgfalt die Wellenlängen seiner wichtigsten Linien. Eine von ihnen, eine glänzend grüne Linie, hatte die Wellenlänge 5570.5. Am Tage nach der Veröffentlichung dieser Zahlen schrieb Sir William Huggins privat an mich, daß diese Wellenlänge mit der Haupt-Nordlichtlinie zusammenfällt und eine Woche später wies Professor Schuster in einem Briefe an die Zeitschrift „Nature“ auf das gleiche Zusammentreffen hin.

Dadurch erschien es wahrscheinlich, daß das Nordlicht hervorgebracht wird durch elektrische Entladungen im oberen Teile der Atmosphäre und innerhalb eines Gases, das erhebliche Mengen von Krypton enthält.

Inzwischen hatte Professor Paulsen in Kopenhagen die von der isländischen und finländischen Expedition gesammelten photographischen Spektren des Nordlichtes eingehend untersucht, wobei es sich herausstellte, daß wahrscheinlich eine große Menge der Linien mit denen des Stickstoffs identisch sind, wie sie sich an der Kathode einer Vakuumröhre entwickeln. Professor Paulsen hatte die große Freundlichkeit, mir Abzüge zweier Photogramme zu schicken, deren Linien nachstehend unter I und II verzeichnet sind. In der dritten Spalte habe ich die entsprechenden Wellenlängen der Kryptonlinien zugefügt.

	Stickstoffspektrum der Aurora und an der Kathode		Spektrum des Kryptons	Intensität
	I.	II.		
1	fehlt	3140	—	—
2	"	3160	—	—
3	"	3370	—	—
4	fehlt	3540	—	—
5	3580	3580	3590	7
6	3710	fehlt	3718	10
			3719	8
			3721	7
7	3760	3760	3754	5
8	3800	3800	3805	4
9	3920	3920	3920	8
10	4000	4000	3995	6
			3998	5
11	4060	4060	4057	8
12	4260	4260	4274	8
13	5570	fehlt	5570	10

Die letzte Linie ist die charakteristische Nordlichtlinie und stimmt mit einer der beiden hellsten Linien des Kryptonspektrums überein. Die andere helle Kryptonlinie liegt im Gelb und kann nicht leicht photographiert werden, wenn das Licht nicht glänzend hell ist, sondern schwankend, wie das des Nordlichtes.

Ich bin nicht in der Lage, zu entscheiden, ob alle diese Linien als Kryptonlinien aufzufassen sind, oder ob sie vom Kathodenlicht des Stickstoffs herrühren. Sicherlich besteht zwischen dem Stickstoffspektrum und dem

des Nordlichtes eine auffallende Ähnlichkeit; andererseits fehlen vom Kryptonspektrum im Nordlicht einige wichtige Linien, wenn auch die anderen selbst für eine schärfere Kritik genügend übereinstimmen. Jedenfalls aber enthält das Kathodenspektrum des Stickstoffs nicht die Linie 5570, die glänzendste des Nordlichtspektrums und die am leichtesten sichtbare, selbst in einem Taschenspektroskop. So sind die Erfahrungen in diesem Gebiete noch nicht entscheidend.

Ferner ist es unwahrscheinlich, daß die Aurora immer das gleiche Spektrum zeigen sollte. Wenn durch ein Gemisch verschiedener Gase die elektrische Entladung durchgeht, so entwickelt ein jedes von ihnen mehr oder weniger sein eigenes Spektrum. Diejenigen Gase, welche in geringerer Menge anwesend sind, haben gewöhnlich auch das schwächste Spektrum. Aber es ist nicht immer so, daß die Linien eines Spektrums alle in gleichem Verhältnis abgeschwächt werden; zuweilen wird sogar der Charakter des Spektrums selbst geändert. Die Einschaltung einer Leidner Flasche und einer Funkenstrecke bewirkt oft eine radikale Änderung des Spektrums. Dies zeigt sich sehr deutlich beim Argon; ändert man die Art der Entladung, so verschwinden viele von den roten Linien und die blauen werden deutlicher; daher ändert sich die Gesamtfarbe der Entladung von rot zu blau. Auch andere Gase zeigen solche Änderungen; wenn auch nicht alle in so auffallender Weise. Ferner hat mein Kollege, Dr. Collie gezeigt, daß Quecksilber eine neue und starke Linie aufweisen kann, wenn es mit Helium vermischt wird, während es mit anderen Gasen nichts hiervon erkennen läßt. Alle diese Fragen sind sehr dunkel und haben bisher noch keine eingehende Erforschung erfahren; nur der Rand des Feldes ist soeben berührt worden. Da die Aurora sicherlich bei verschiedenen Gelegenheiten in verschiedenen Höhen erscheint, so ist es durchaus zu

erwarten, daß sie verschiedene Spektren aufweisen wird. Die Gesamtfarbe der roten Nordlichter weist auf ein Spektrum hin, in welchem rote Linien vorwalten; mir ist indessen nicht bekannt, ob eine Beobachtung des roten Nordlichtes durchgeführt worden ist. Aus der Ähnlichkeit des Farbtones kann vermutet werden, daß es sich hierbei um eine Entladung handelt, die vorwiegend durch Neon erfolgt.

Nehmen wir nun vorläufig die Übereinstimmung der Linie von der Wellenlänge 5570 mit der Kryptonlinie an, so erheben sich zwei Fragen. Zuerst, wie kommt es, daß diese Linie so überaus glänzend ist, da Krypton doch in der Atmosphäre nur in allerkleinsten Mengen vorkommt? Welches sind die relativen Intensitäten der Linien des Kryptons und der anderen Gase unter vergleichbaren Bedingungen? Und zweitens, gibt es eine Ursache, durch welche sich in den oberen Teilen der Atmosphäre verhältnismäßig viel Krypton ansammeln könnte? Ich habe versucht, beide Fragen zu beantworten.

Vor einigen Jahren habe ich zusammen mit Professor Collie Versuche über die Sichtbarkeit der Spektren bestimmter Gase angestellt, wenn diese mit anderen verdünnt wurden. (Proc. Roy. Soc. 59, 257.) Die Ergebnisse finden sich in der nachstehenden Tabelle:

Gasmenge, die in einer Mischung erkennbar ist:	
Helium in Wasserstoff . . .	10 Proz. Helium. Kaum sichtbar.
Wasserstoff in Helium . . .	0.001 Proz. Wasserstoff. Sichtbar.
Stickstoff in Helium . . .	0.01 Proz. Stickstoff. Fast unsichtbar.
Helium in Stickstoff . . .	10 Proz. Helium. Schwierig zu erkennen.
Argon in Helium . . .	0.06 Proz. Noch sichtbar.
Helium in Argon . . .	25 Proz. Unsichtbar.
Stickstoff in Argon . . .	0.08 Proz. Eben sichtbar.
Argon in Stickstoff . . .	37 Proz. Kaum sichtbar.
Argon in Sauerstoff . . .	2.3 Proz. Kaum unterscheidbar.

Diese Tabelle läßt die enormen Unterschiede erkennen, die zwischen verschiedenen Gasen bestehen. Um die

äußersten Fälle hervorzuheben: während man einen Teil Wasserstoff in 100 000 Teilen Helium erkennen kann, kann man einen Teil Argon in 2 Teilen Stickstoff nur eben sehen.

Ähnliche Versuche mit Krypton ergaben, daß in

Luft	1 Teil Krypton sichtbar ist in	7 900 Teilen
Sauerstoff	1 „ „ „ „ „	1 250 000 „
Wasserstoff	1 „ „ „ „ „	67 „
Argon	1 „ „ „ „ „	7 150 „
Helium	1 „ „ „ „ „	2 860 000 „

Nun ist im Falle der Luft der Teildruck des Kryptions fast unvorstellbar klein; er beträgt nur ein dreißigmillionstel des gewöhnlichen Atmosphärendruckes. Dies zeigt die außerordentliche Ausgiebigkeit des Kryptionspektrums oder vielmehr der grünen Linie, denn um diese handelt es sich allein. Wenn somit eine elektrische Entladung durch die oberen, verdünnteren Gebiete der Luft geht, so ist die Wahrscheinlichkeit, daß die grüne Kryptonlinie sichtbar werden wird, sehr viel größer, als für irgend ein anderes Element, wenn dieses auch in bedeutend größerer Menge vorhanden ist. Nur der Wasserstoff besitzt in einigem Betrage die Fähigkeit, das Kryptionspektrum auszulöschen,

Unter der Voraussetzung, daß die Kryptonlinie verschwindet, wenn der Druck unterhalb 0.000 035 mm fällt (dies ist der Druck, bei welchem in einem Gemisch mit Helium die Kryptonlinie schwach und fast unsichtbar geworden war), kann man die Höhe berechnen, in welcher die Entladung mindestens stattfinden muß. Unter Vernachlässigung des Temperatureinflusses hat man für die Beziehung zwischen Druck und Höhe (in Kilometern) die Formel

$$H = 18.382 (\log B - \log b).$$

Hier ist B der Barometerstand und b der Druck des Kryptions. Setzen wir dafür die obige Zahl 0.000 035 und für B 760 mm, so folgt $H = 135$ km, welcher Wert dem

von Cavendish und anderen gefundenen Höhen recht nahe kommt. Wie man sich erinnern wird, schätzt Professor Birkeland, die letzte Autorität, die Höhe zwischen 100 und 200 km.

Nun können wir weiter fragen: da das Spektrum des Kryptons so ausgiebig ist, warum erscheint es nicht im Luftspektrum? Weil der Stickstoff es auslöscht, denn man kann nicht weniger Krypton erkennen, als einen Teil auf 7100 Teile Luft. In Argon zeigt Krypton sein Spektrum auch nicht, und man kann sagen, daß die Luft fast zu einem Hundertstel aus Argon besteht. Nun ergeben 7100 Teile Luft rund 70 Teile Argon, und man würde die Kryptonlinie sehen, wenn 0.01 Teil Krypton zugegen wäre, d. h. 1 Teil auf 7000. Dies würde für die nötige Menge Krypton in der Luft einen Teil auf 700 000 ausmachen. Neuere Versuche haben ergeben, daß man einen Teil Krypton aus 7 000 000 Teilen Luft gewinnen kann. Vom Xenon, das vermöge seines kleineren Dampfdruckes noch vollkommener der Luft entzogen werden kann, findet sich nur ein Teil in 40 000 000 Teilen Luft. Daraus ist klar, warum man das Spektrum des Kryptons im rohen Argon nicht erkennen kann.

Wir kommen nun zu der Frage, ob ein Grund angebar ist, weshalb sich das Krypton in den höheren Gebieten der Atmosphäre ansammeln könnte, nämlich so, daß seine Menge im Verhältnis zu den Hauptbestandteilen Stickstoff und Sauerstoff zunimmt? Ich glaube, daß man hierauf bejahend antworten kann. Die Gründe für eine solche Annahme wollen wir nun erörtern.

Wenn ein Gas zusammengedrückt wird, so erwärmt es sich, wie jeder weiß, der eine Fahrradpumpe gehandhabt hat. Umgekehrt kühlt es sich ab, wenn es sich ausdehnt. Die verschiedenen Gase verhalten sich aber nicht übereinstimmend hierbei, denn einige Gase erwärmen sich stärker, wenn ihnen die gleiche Wärmemenge zuge-

führt wird, als andere. Nun bewirkt ein gleicher Betrag von Zusammenpressung oder Ausdehnung auch die gleiche Wärmewirkung, denn Wärme und Arbeit sind äquivalent, wie Mayer und Joule vor einem halben Jahrhundert gezeigt haben. Wären nun die spezifischen Wärmen der Gase für gleiche Volume gleich groß, so müßten die verschiedenen Gase durch gleiche Wärmemengen um gleich viel Grade erwärmt werden. Oder um dasselbe anders zu sagen: durch gleiche Expansion müßten sie sich gleich stark abkühlen, falls gleiche Wärmemengen erforderlich wären, gleiche Volume in gleichem Maße zu erwärmen. Dies ist aber nicht so. Argon verbraucht weniger Wärme, um eine gleiche Anzahl von Graden zurückzulegen, als Sauerstoff; die Wärmemengen stehen im Verhältnis von 5:7, falls es sich dabei unter konstantem Druck ausdehnt, und von 3:5, falls das Volum unverändert bleibt. Andere Werte treten ein, wenn die Ausdehnung unter gleichzeitiger Druckverminderung erfolgt, und aus den gegebenen Bedingungen läßt sich in jedem Falle das Verhältnis berechnen. Allgemein gesprochen, kühlt sich Argon bei der Entspannung viel mehr ab, als Sauerstoff und Stickstoff; die Verwandten des Argons, nämlich Helium, Neon, Krypton und Xenon verhalten sich ebenso.

Der nächste Punkt, der in Betracht kommt, ist, daß Gase ineinander diffundieren, wenn sie in Berührung stehen, so daß ein dichtes Gas sich mit einem dünneren mischen wird, auch wenn sich das dichte zunächst zu unterst befindet und das leichte oben. Die Diffusion rührt von der Bewegung der Gasmolekeln her, und da die Geschwindigkeit der Bewegung mit der Temperatur des Gases zunimmt, so werden sich solche Molekeln, die eine höhere Temperatur haben, viel schneller bewegen, als die kälteren. Mischen sich indessen zwei verschiedene Gase, oder ein heißes mit einem kalten, so treten die schnell sich bewegenden Molekeln ihre Geschwindigkeit

sehr bald an die langsameren ab, indem sie deren Temperatur erhöhen, bis sich diese überall ausgeglichen hat. Dies rührt von der sehr großen Anzahl der Zusammenstöße zwischen den Molekeln her, die teilweise dadurch bedingt wird, daß bei der Kleinheit der Molekeln außerordentlich viele von ihnen selbst in einer kleinen Gasmenge vorhanden sind, teilweise aber auch von der großen Geschwindigkeit, mit der sie sich bewegen. So läßt sich berechnen, daß sehr wahrscheinlich in einem Kubikmillimeter Wasserstoff, das ist in dem Raume eines Stecknadelkopfes, sich 50 000 000 000 000 000 oder 50 Quadrillionen Molekeln befinden, und daß die mittlere Geschwindigkeit dieser Molekeln fast 8 km in der Sekunde beträgt. Daher ist es nicht erstaunlich, daß der Ausgleich der Temperaturen zwischen den verschieden temperierten Molekeln fast augenblicklich erfolgt. Doch wollen wir dabei nicht vergessen, daß heiße Gase schneller diffundieren als kalte.

Die Dichten der atmosphärischen Gase sind die folgenden, wobei die des Sauerstoffs gleich 16 gesetzt worden ist:

		$\frac{1}{\sqrt{d}}$			$\frac{1}{\sqrt{d}}$
Wasserdampf	9	0.333	Neon	10	0.316
Stickstoff	14	0.287	Argon	20	0.224
Sauerstoff	16	0.250	Krypton	41	0.156
Kohlendioxyd	22	0.213	Xenon	64	0.125
Helium	2	0.707			

Die relativen Diffusionsgeschwindigkeiten verhalten sich umgekehrt, wie die Quadratwurzeln aus den Dichten und sind in der zweiten Kolumne verzeichnet. Beispielsweise entweicht Sauerstoff in ein benachbartes Gebiet zweimal so schnell wie Xenon; Helium fast dreimal so schnell wie Sauerstoff. Am langsamsten von den Gasen werden offenbar Xenon und Krypton abwandern; dann kommen Kohlendioxyd und Argon, und immer schneller

wandern in der angegebenen Ordnung Stickstoff, Neon, Wasserdampf und Helium. Wird daher ein Gefäß voll Luft mit porösen Wänden einer indifferenten Atmosphäre ausgesetzt, so wird das Gefäß verhältnismäßig mehr von den schwereren und weniger von den leichteren Gasen enthalten, nachdem die Diffusion einige Zeit angedauert hat.

Die dritte Voraussetzung ist, daß in den äquatorialen Gebieten ein beständiges Aufsteigen der Luft infolge der Erwärmung stattfindet, die von den auf dem Lande und dem Meere fast senkrecht auftreffenden Sonnenstrahlen verursacht wird und sich entsprechend der berührenden Luft mitteilt. In den Polargebieten findet umgekehrt ein beständiger absteigender Strom statt, der von der Abkühlung der Luft durch die Berührung mit der Eisbedeckung an den Polen stammt. Dieser Kreislauf der Luft ist von Professor James Thomson 1857 studiert worden, und seine Baker-Vorlesung über diesen Gegenstand erschien in den Philosophical Transactions von 1892 S. 653. Der Schluß, zu dem er kam, ist, daß sich der aufsteigende Luftstrom in zwei teilt, von denen der eine nordöstlich, der andere südöstlich nach den Polen abfließt. In der Nähe des Polargebietes fällt die Luft herab und geht, durchschnittlich gesagt, längs der Erdoberfläche wieder zum Äquator. Wir brauchen hier nicht die Wirbel zu betrachten, welche in den Gebieten des Krebses und des Steinbocks entstehen, denn die Hauptbewegungen reichen für unseren Zweck aus.

Wenn nun die Luft in den äquatorialen Gebieten aufsteigt, so kühlt sie sich dabei ab und aus dem Gesagten scheint hervorzugehen, daß hierbei die Gase der Argongruppe sich noch schneller abkühlen müssen, als die Bestandteile Sauerstoff und Stickstoff. Um eine bestimmte Anschauung zu haben, beschränken wir unsere Aufmerksamkeit auf die nördliche Halbkugel und nehmen an, daß in der Nähe des Äquators eine senkrechte Scheidewand

errichtet sei, die für alle Gase durchgängig ist und die Erde etwa so umgibt, wie der hölzerne Rahmen eines Globus diesen zu umgeben pflegt. Denken wir uns den Rahmen zweifach und betrachten den Luftstrom, der zwischen diesen beiden Wänden ansteigt, so werden wir erkennen, was gemeint ist. In dem Maße, wie sich der aufsteigende Strom erhebt, wird seine Temperatur niedriger und während des ganzen Aufstieges treten Sauerstoff und Stickstoff schneller durch die Wände hindurch als die Argongase. Mit steigender Höhe nimmt der Druck ab, die Gase werden dünner, die Molekeln mehr voneinander getrennt und damit wird der Austausch der Geschwindigkeiten, oder was dasselbe ist, der Austausch der Temperaturen immer langsamer; somit sollte die Trennung um so vollständiger werden, je höher die Luft gestiegen ist. Nun bleiben aber die Argongase keineswegs ausschließlich in dem aufsteigenden Ströme; viele von ihren Molekeln treten gleichfalls seitlich aus; warum sollten sie nicht in ebenso großer Anzahl wiederkehren als sie austreten? Weil sie nach dem Austreten nicht länger mit derselben Geschwindigkeit aufsteigen wie vorher. Je weiter sie nach Norden gelangen, um so weniger Grund haben sie, aufzusteigen, weil die Temperatur der Erde niedriger wird.

Die Betrachtung bleibt dieselbe, wenn wir jene gedachten Wände entfernt denken. Wir können in Gedanken die Erde mit unbegrenzt vielen solchen Ringen umgeben, die alle der Ebene des Äquators parallel sind; es stellt sich immer wieder heraus, daß die wärmeren Gase eine Tendenz haben werden, in den unteren Gebieten der Atmosphäre seitlich auszutreten, während die kälteren aufsteigen werden.

An den Polen kehrt sich der Vorgang um. Die Argongase erwärmen sich beim Absteigen stärker, als Sauerstoff und Stickstoff und werden sich schon in größerer Höhe seitlich auszubreiten streben, als diese. Auch mögen

die relativen Diffusionsgeschwindigkeiten der Gase einen erheblichen Anteil an diesen Trennungerscheinungen haben. Die schwersten, nämlich Argon, Kohlendioxyd, Krypton und Xenon werden sich in der ansteigenden Schicht anreichern im Verhältnis zu den leichteren Gasen und werden daher durch den aufsteigenden Äquatorialstrom in höhere Gebiete der Atmosphäre getragen werden. Im absteigenden Polarstromen kehren sich auch diese Verhältnisse um, denn die dichteren Gase werden mit weniger Verlust niedergeführt werden, als die leichteren. Die Wirkung der Diffusion, abgesehen von der Erwärmung und Abkühlung, würde sich innerhalb jedes vollständigen Kreislaufes neutralisieren.

Nun würde allerdings der Trennungsvorgang, der auf den Temperaturunterschieden beruht, nur einen sehr kleinen Erfolg haben, wenn er nur einmal durchgeführt werden würde. Aber der Vorgang ist kumulativ; die Ursachen, welche das Argon in den höheren Gebieten der Atmosphäre ansammeln, betätigen sich seit undenklichen Zeiten und gegenwärtig kann ganz wohl ein stationärer Zustand eingetreten sein, wobei die Trennung der Argongase vom Sauerstoff gerade immer wieder aufgewogen wird durch die Vermischung infolge der Diffusion und der Winde. Es darf darauf hingewiesen werden, daß die größere Häufigkeit der Nordlichter in solchen Jahren, wo die Sonnenflecken groß und leicht sichtbar sind, zusammenhängen mag mit der höheren Temperatur solcher Jahre, sowie mit den magnetischen Störungen, welche regelmäßig die Sonnenflecken begleiten.

Wir fassen zusammen: 1. Die Gase der Argongruppe erhitzen sich und kühlen sich leichter ab, als Sauerstoff und Stickstoff. 2. Sie kühlen sich während des Aufstieges am Äquator stärker ab und haben daher eine Tendenz, sich in den obersten Gebieten der Atmosphäre anzusammeln, da Stickstoff und Sauerstoff durch Diffusion

schneller entweichen. 3. Diese Erscheinungen kehren sich um in den absteigenden Strömen an den Polen und die Argongase haben eine Tendenz, sich mit den anliegenden Gasen der höheren Schichten zu vermischen. 4. Daher sind die höheren Lagen der Atmosphäre wahrscheinlich reicher an den trägen Gasen, als die unteren.

Da die elektrischen Entladungen, die während der Nordlichter stattfinden, jedenfalls in erheblichen Höhen erfolgen, so müssen die Spektren der inaktiven Gase auftreten, und da die grüne Linie des Kryptons mit der Wellenlänge 5570 besonders leicht sichtbar ist, selbst wenn andere Gase zugegen sind, so erscheint sie als die sichtbarste Linie im Nordlicht.

Dies führt uns schließlich auf die Ursache der elektrischen Ströme. Und hier gelangen wir in andere Gebiete hinein.

Es bestehen zwei Theorien über diese Erscheinung, von denen die eine von Professor Birkeland*) in Christiania herrührt, und die andere von Professor Arrhenius**) in Stockholm. Es ist lange bekannt, daß violette Licht und das unsichtbare ultraviolette, das durch seine photographische Wirksamkeit nachgewiesen werden kann, die Eigenschaft besitzt, negativ geladene Körper zu entladen. Professor Birkeland nimmt nun an, daß die Sonnenflecken durch Eruptionen, d. h. durch Vulkane auf der Sonne verursacht werden, und daß die Sonne dann negativ geladene Partikeln ausschleudert, ähnlich denen, aus denen wenigstens teilweise die Kathodenstrahlen bestehen. Birkeland nimmt weiter an, daß diese Teilchen von den magnetischen Polen der Erde eingeschluckt werden, wodurch in den oberen Teilen der Atmosphäre elektrische Stromwirbel entstehen. Es ist bekannt, daß

*) Archives Sc. phys. nat. Juni 1899.

**) Physikalische Ztschr. 2, Nr. 6 und 7.

solche Strahlen durch benachbarte Magnete abgelenkt werden; ebenso, daß das Auftreten von großen Sonnenflecken immer von „magnetischen Gewittern“ auf der Erde begleitet ist, sowie von dem Auftreten häufiger und glänzender Nordlichter.

Die Theorie von Arrhenius kommt darauf hinaus, daß die von der Sonne ausgesendeten Teilchen nicht unbegrenzt klein sind, sondern eine angebbare Größe besitzen, sie haben rund einen Durchmesser von 0,001 mm und werden von der Sonne durch den Druck des Lichtes ausgetrieben.

Welche auch von diesen Theorien richtig sein mag, es ist jedenfalls wahrscheinlich, daß negativ elektrische Gasmolekeln sich in den oberen Gebieten der Atmosphäre befinden, und daß diese Molekeln ihre Ladung am leichtesten empfangen, wenn die Sonne möglichst senkrecht auf sie wirkt, d. h. in der Nähe des Äquators. Wir haben gesehen, daß die oberste Luftströmung diese Teilchen gegen die Pole führen muß; sie bewegen sich spiralförmig nach Norden, bzw. Süden, mit einer östlichen Abweichung. Indem sie sich den Polen nähern, muß ihre Anzahl auf die Flächeneinheit offenbar zunehmen, denn die Stromfäden werden um so enger, je näher sie den Polen kommen, Daher wird bereits, bevor die Pole selbst erreicht sind, das Potential dieser Ladung soweit ansteigen, daß eine leuchtende Entladung eintreten muß, die einen Ring bilden wird, in dessen Mittelpunkt der magnetische Pol liegt. Dieser Ring ist wahrscheinlich der Bogen, den wir am Himmel sehen; er ist möglicherweise nicht so hoch, wie die farbigen Flammen und kann ganz wohl das Stickstoffspektrum geben. Wir müssen aber daran denken, daß die Erde ein riesiger Magnet ist, dessen Kraftlinien zwischen den Polen in der Gestalt verlaufen, wie sie in der beistehenden Figur angegeben ist. Der Ring wird unter dem Einflusse dieser magnetischen Kraft Zipfel so-

wohl nach dem Pol, wie nach dem Zenith aussenden; in dem Maße aber, wie diese sich dem Äquator nähern, werden sie verbleichen und verschwinden, da dorthin die Kraftlinien auseinandergehen.

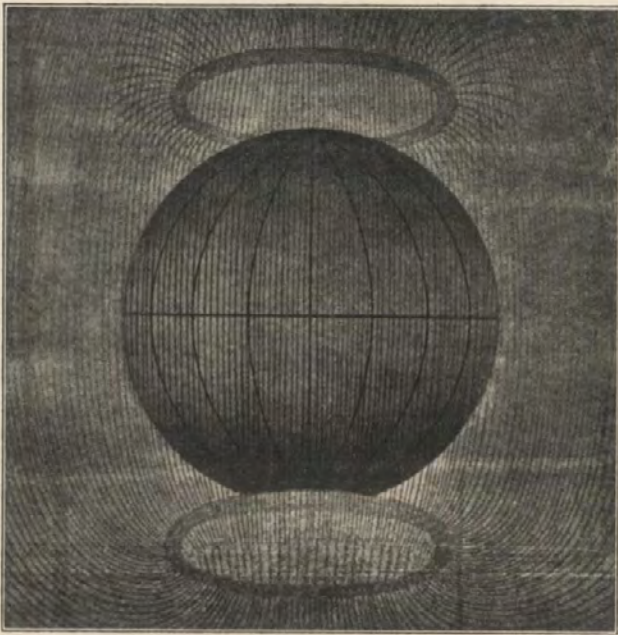
Ich habe einen unvollkommenen Versuch gemacht, die Erscheinungen der Aurora nachzuahmen, der indessen doch in gewissem Maße die Verhältnisse des Nordlichtes zeigt. Eine Glaskugel, die Krypton unter sehr geringem Druck enthielt, wurde zwischen den Polen eines kräftigen Magneten aufgehängt*). Auf den Pol der Kugel ist ein Ring von fünf oder sechs Windungen isolierten Kupferdrahtes gelegt und mittels eines Induktionsapparates und einer Leidner Flasche werden starke elektrische Entladungen durch diesen Ring geschickt. Jede Entladung wird von einer ringförmigen Entladung im Innern der Kugel begleitet. Das Ergebnis ist also ein Ring oder Bogen nahe der oberen Seite der Kugel. Läßt man nun den Elektromagnet an, so sendet der Ring Zipfel aus, die den Strahlen des Nordlichtes ganz ähnlich sehen und gleich diesen eine Drehbewegung, ein Flackern, ein Kürzer- und Längerwerden zeigen, so daß sie den natürlichen Nordlichtstrahlen sehr ähnlich sind. Könnte man ein magnetisches Modell der Erde innerhalb der Kugel anbringen, so bin ich überzeugt, daß die Strahlen sich in den Richtungen bewegen würden, die in der Figur angegeben sind, so daß die Nachahmung der Wirklichkeit noch bedeutend näher kommen würde. Das Licht, welches reines Krypton unter diesen Umständen entwickelt, ist ein weißliches Stahlblau, mit gelegentlichem grünen und violetterem Schimmer, und erinnert auch insofern an das natürliche Nordlicht. Indessen ist bereits bemerkt worden, daß mehr als wahrscheinlich das Spektrum des Nord-

*) Es wurde der Elektromagnet eines kleinen, einpferdigen Dynamo benutzt.

lichtes in verschiedenen Zeiten und verschiedenen Höhen nicht nur die Linien des Kryptons zeigen wird, sondern auch die der anderen atmosphärischen Gase.

Noch eine Bemerkung, bevor ich schließe. Zweifellos ist die Temperatur in den oberen Gebieten der Atmosphäre sehr niedrig; doch ist der Teildruck selbst des wenigst flüchtigen der atmosphärischen Gase, des Xenons, unter diesen Bedingungen so klein, daß es sicher den Gaszustand beibehält. Denn um ein Gas in den flüssigen oder festen Zustand überzuführen, ist nicht nur eine niedrige Temperatur, sondern auch ein starker Druck erforderlich. Auch ist wahrscheinlich, daß in den von der Aurora bewohnten Gebieten Übersättigungszustände existieren können, worin die elektrischen Entladungen Kondensation verursachen, so daß im großen Maßstabe in der Natur dasselbe geschieht, was in kleinem Maßstabe im Laboratorium erfolgt, nämlich, daß sich Nebel bilden. Diese können die Ursache der Cirro-Cumuluswolken sein, die so oft das Nordlicht begleiten.

Die Lösung von Rätseln hat für viele Leute eine große Anziehungskraft. Die Natur umgibt uns mit solchen, und es gehört zu den größten Freuden des Lebens, ihre Lösung zu versuchen. Die Zeit wird lehren, ob ich bei der Auflösung des Rätsels des Nordlichtes wenigstens teilweise erfolgreich gewesen bin.



Die Funktionen der Universität.

Das Wort Universität hat mancherlei Bedeutungen gehabt, auch sind ihre Funktionen mannigfaltig, und so ist die Bedeutung des Namens zu verschiedenen Zeiten abhängig gewesen von den Gesichtspunkten dieser Zeiten. Ein ausgezeichnete Deutscher, der vor einigen Jahren mich besucht hatte, bemerkte nach der Besichtigung von University College: „Aber lieber Herr Kollege, University College ist ja eine kleine Universität“. Dies ist auch so, daß es die Funktionen der erfolgreichsten Universitäten der Welt erfüllt. Ein Landsmann des ausgezeichneten Begründers unseres College, Thomas Campbell, der sogar einen tieferen Eindruck auf die Weltliteratur gemacht hat, als jener, spricht gelegentlich den Wunsch aus, daß wir die Fähigkeit haben möchten, uns selbst so zu sehen, wie andere uns sehen^{*)}. Hätten wir diese Gabe, ich glaube nicht, daß wir Ursache hätten, zu erröten. Eine der wichtigsten Voraussetzungen des Erfolges ist Selbstvertrauen und ich weiß, daß es Gelehrte gibt, die die Arbeiten aus dem University College zu den besten rechnen, die in der Welt gemacht werden. Woher rührt dies? Daher, daß die Tradition von University College von jeher derart gewesen ist, daß dort nicht nur vorhandene Tatsachen und Theorien den jungen Männern und Frauen in täglichen Dosen verabreicht werden sollen,

^{*)} „O wad some Pow'r the giftie gie us,
To see oursels as ithers see us!“

sondern daß es die Pflicht der ordentlichen und außerordentlichen Professoren, der Assistenten und älteren Studenten ist, die Wissenschaft zu vermehren. Dies ist die wichtigste Funktion der Universität, die Wissenschaft zu vermehren. Es ist aber nicht die einzige.

Die Universität ist stets als die Ausbildungsstelle für die „gelehrten Berufe“ angesehen worden, d. h. für Theologie, Jurisprudenz und Medizin. Unsere Statuten haben das erste dieser Wissensgebiete ausgeschlossen. Unsere Anstalt ist in den zwanziger Jahren des neunzehnten Jahrhunderts gegründet worden, als die Zulassung zu den Universitäten Oxford und Cambridge entweder den Glauben an die Dogmen der Hochkirche oder aber Unaufrichtigkeit erforderte, und es erschien nicht ausführbar, einen theologischen Unterricht zu organisieren, der den Nonconformisten, Juden und allen anderen, welche unterrichtsbedürftig waren, gleicherweise annehmbar sein könnte. Auch mir erscheint es im ganzen besser, daß ein Gegenstand, über welchen die Meinungen so außerordentlich verschieden sind, in besonderen Anstalten gelehrt werden sollte. Es gibt so viele Wissensgebiete, welche völlig ausreichend erörtert werden können, ohne daß ein Überschreiten auf das Gebiet religiöser Meinungsverschiedenheiten nötig wäre; ich halte es wirklich für schwierig, Mathematik oder Chemie vom Standpunkt einer bestimmten Religionsgemeinschaft zu behandeln. Wenigstens habe ich es nie versucht. Andere Gegenstände befinden sich vielleicht auf einem Grenzgebiete, z. B. die Philosophie; aber solche Dinge, die nicht zahlreich sind, können ja auch einen Bestandteil des theologischen Unterrichts bilden. Es ist außerordentlich bedauerlich, daß man nicht an Stelle von Kings College (das ungefähr dieselben Aufgaben verfolgt, wie University College) in unmittelbarer Nachbarschaft von University College ein theologisches College gegründet hat: ein solches würde uns gestärkt

haben, und wäre außerdem der Hochkirche nützlich gewesen. Indessen, was geschehen ist, ist geschehen; so wollen wir unserer Schwesteranstalt alles Gedeihen und ein langes und nützlich Leben wünschen. Wir sind nun Freunde, und sind es seit vielen Jahren gewesen; möge diese Freundschaft eine langandauernde sein!

Indem wir die Theologie somit als außerhalb unserer Macht und außerhalb unserer Wünsche betrachten, wenden wir uns zu den beiden anderen gelehrten Berufen. In England war, soviel ich weiß, University College der erste Ort, wo ein geregelter juristischer Unterricht erteilt worden ist. Unsere Lehrstühle des Römischen Rechtes, des Bürgerlichen Rechtes und der Jurisprudenz waren die ersten dieser Art, die in England gegründet worden sind, obwohl derartige Lehrstühle seit langer Zeit in Schottland und auf dem Kontinent bestanden hatten. Bekanntlich ist Nachahmung die aufrichtigste Schmeichelei, und so hat im Laufe der Zeit die Korporation der Juristen (Inns of Court) eine eigene Schule errichtet. Unsere Klassen, die früher überfüllt waren, sind seitdem zusammengeschwunden und sicherlich ist unsere Rechtsabteilung gegenwärtig nicht unsere stärkste Seite. Ich bin mit der englischen juristischen Erziehung nicht vertraut genug, um mich darüber auszusprechen, ob die gegenwärtig in England geübten Unterrichtsmethoden die zweckmäßigsten sind: doch habe ich sagen hören, daß sie es nicht sind. Schließt man aber aus der Erfahrung einer anderen Fakultät, in welcher früher gleichfalls das System der Lehrlinge bestanden hat, und welche dieses System abgeändert hat, um es zu verbessern, und schließt man ferner aus den Erfahrungen auswärts und in Schottland, so glaube ich doch annehmen zu dürfen, daß Verbesserungen in der juristischen Erziehung nicht ausgeschlossen sind. Ist dies richtig, so ist es sicherlich nicht übertrieben, zu sagen, daß University College Anspruch darauf

hat, den ersten Versuch in England gemacht zu haben, die juristische Erziehung zu systematisieren.

Die Medizinerfakultät hat sich seit der Gründung des College in einem blühenden Zustande befunden. Kurze Zeit nach der Erbauung des College wurden auch die alten Hospitalgebäude errichtet. Einer meiner Vorgänger hat Ihnen bei ähnlicher Gelegenheit eine fesselnde Darstellung der älteren Geschichte dieser Seite des College gegeben und hat ein Bild der hervorragenden Männer gezeichnet, welche die Lehrstühle der medizinischen Fakultät eingenommen hatten. Hier werden junge Männer ausgebildet, welche sich der praktischen Heilkunde widmen wollen; sie erhalten gegenwärtig einen fünfjährigen Unterricht in den verschiedenen Gebieten des Wissens, die sich auf ihren wichtigen Beruf beziehen. Ich möchte betonen, daß diese Funktion der Universität eine ausgesprochen technische ist, nämlich die Ausbildung praktischer Ärzte. Es sind allerdings viele wissenschaftliche Arbeiten von den ausgezeichneten Männern ausgeführt worden, die hier zum Lehramt berufen worden waren. Aber dies ist nicht die erste Pflicht dieser Männer gewesen; ihre erste Pflicht war der Unterricht der Studenten für ihren Beruf. Erweitern sie das menschliche Wissen durch ihre Arbeiten, um so besser, denn dadurch wird der Ruf der Anstalt gesteigert und es wird Begeisterung bei den jungen Männern hervorgerufen; in einzelnen Fällen sind diese Entdeckungen sogar von unabsehbarem Segen für das Menschengeschlecht geworden. In gewissem Sinne ist ja ein jeder Arzt auch ein Forscher, denn er muß vor allen Dingen eine zuverlässige Diagnose stellen, um eine richtige Behandlung vorschreiben zu können. Aber die Neuheit ist bei solcher Arbeit nicht wesentlich. Nur Wenige erfinden neue chirurgische Operationen oder führen neue Heilmittel ein, und obwohl wir auch solche Männer in nicht kleiner Zahl gehabt haben, so sind sie für eine

erfolgreiche Schule nicht notwendig, da diese nur gute praktische Ärzte und Operatoren auszubilden hat. Die Lehrbeamten einer medizinischen Fakultät müssen notwendigerweise fast alle praktisch tätig sein, und es wäre sogar ein Unglück für ihre Schüler, wenn sie bloße Theoretiker wären. Um meine Ansicht zusammenzufassen, die medizinische Fakultät ist wesentlich eine technische Fakultät; das Hospital ist eine Werkstatt.

In England sind in den jüngeren Jahren Ingenieurschulen mit den Universitäten verbunden worden. Auswärts und in Amerika sind es unabhängige Anstalten und sie sind zuweilen mit großen Maschinenfabriken verbunden, wo die Schüler gleichzeitig ihre praktischen und theoretischen Studien betreiben, indem die ersteren auf den Vormittag, die letzteren auf den Nachmittag fallen. Auch hier handelt es sich um eine technische Aufgabe. Der Student will ein praktischer Ingenieur werden, und seine ganze Ausbildung ist daraufhin gerichtet. Wie Andere in anderen Gebieten, hat auch er die Aufgabe, „Kräfte“ zu fassen und nutzbar zu machen; seine Aufgabe ist insbesondere, mechanische und elektrische Kraft so zu leiten, daß die Allgemeinheit davon Nutzen hat. Eine Maschine ist ein Apparat, um elektrische oder Wärmeenergie in mechanische zu verwandeln, und mit den Gesetzen und Arten dieser Umwandlung hat er sich zu beschäftigen. Somit studiert er die abstrakten Wissenschaften, wie Chemie, Physik, Geologie für einen bestimmten Zweck und nicht um ihrer selbst willen. Sie gewähren ihm einen Einblick in die Grundsätze, auf denen die Ingenieurpraxis beruht; und Mathematik lernt er, um sich in Stand zu setzen, die physischen Prinzipien auf die praktischen Aufgaben seines Berufes anzuwenden.

Wie die Universität gegenwärtig ist, beschafft sie technische Ausbildung für Theologen, Juristen, Ärzte und

Ingenieure. Sie ist also tatsächlich eine höhere technische Schule für diese Fächer.

Aber sie ist noch mehr, und ich glaube, daß ihre Hauptarbeit auf dem Gebiete liegt, das ich nun schildern will. Die deutschen Universitäten besitzen ihre „philosophische Fakultät“, und dieser Name gilt in seiner ursprünglichen Wortbedeutung, denn er kennzeichnet eine Fakultät, welche Weisheit und Wissenschaft liebt. Die Parole der Männer dieser Fakultät heißt Forschung: die Entdeckung der Geheimnisse der Natur, wie man zu sagen pflegt, oder die Schaffung neuen Wissens. Die ganze Einrichtung der philosophischen Fakultäten ist auf diesen Zweck gerichtet: die Auswahl der Lehrer, die Einrichtung der wissenschaftlichen Anstalten und die Erteilung der Grade.

Was sind die Vorteile der Forschung? Es wird heute viel von der Notwendigkeit gesprochen, daß der Staat die Forschung fördern soll, und die Regierung stellt der Royal Society nicht weniger als £ 4000 (80 000 Mk.) jährlich zur Verfügung, welche an Bewerber verteilt werden, deren Ansprüche auf Unterstützung durch ein hierzu bestimmtes Komitee als begründet anerkannt werden.

Zwei Anschauungen gibt es über den Wert der Forschung. Die erste kann die utilitaristische genannt werden. Sie alle kennen die Antwort des Gelehrten, der die Frage: was nützt die Forschung? mit der Gegenfrage parierte: was nützt ein Baby? Nun, ich kann mir denken, daß es eine Schule von politischen Ökonomen geben wird, welche sich gegen die Praxis des Kindesmordes nur deshalb wenden würden, weil dadurch möglicherweise nutzbare Werte zerstört werden. Das werden wahrscheinlich die Leute sein, die in keinen näheren verwandtschaftlichen Beziehungen zu dem Baby stehen. So sind auch die erfolgreichsten Forscher nicht die, welche die Forschung zu dem Zwecke betreiben, einen pekuniären Gewinn aus ihr

zu ziehen, sondern die, welche es aus Liebe zur Sache tun. Übrigens ist es ganz gut, wenn das profanum vulgus die Überzeugung hat, die Forschung sei für den allgemeinen Nutzen vorteilhaft. Einige Arten der Forschung sind es sicherlich.

Die zweite Anschauung kann die philosophische genannt werden. Sie wird von den Liebhabern des Wissens in aller Gestalt gehegt. Sie erklärt sich selbst, denn das menschliche Geschlecht hat sich über die niederen Tiere hinaus entwickelt durch den Wunsch, das „warum“ bei allen Dingen zu wissen. Sie werden bemerkt haben, daß eines der ersten Worte, welche ein kleines Kind, dieser tiefe Philosoph, äußert, die Frage „warum“? ist. Es fällt sogar lästig durch die unaufhörliche Wiederholung dieser Frage. Wir sind den Tieren dadurch überlegen, daß wir unser Wissen übertragen können. Einige Tiere mögen auch nach Wissen streben; es nützt aber bestenfalls ihnen allein und sie können es nicht auf ihre Nachkommenschaft übertragen, außer vielleicht durch die Vererbung erworbener Eigenschaften. Wir dagegen schreiben und lesen, und so können wir uns, wenn wir wollen, in den Besitz der aufgespeicherten Weisheit aller Zeiten setzen.

Nun scheint mir die wichtigste Funktion der Universität zu sein, daß sie versucht, auf die Frage warum? Antworten zu beschaffen. Auch die Alten haben versucht, solches zu tun; sie hatten aber noch nicht eingesehen, daß vor jener Antwort erst die Frage wie? beantwortet sein muß. Denn in den meisten Fällen, ja eigentlich in allen, müssen wir mit der Antwort auf die Frage wie? zufrieden sein. Je genauer wir sagen können, wie die Dinge sind, um so besser werden wir sagen können, warum sie so sind.

Derartige Fragen können an jede Art von Gegenständen gerichtet werden: was unsere Vorfahren auf der

Erde getan haben, wie sie lebten und was vor ihnen auf der Erde gewesen ist. Diese Gegenstände werden in der Geologie, der Paläontologie der Pflanzen und Tiere, der Archäologie der Ägypter und Assyrer, der Griechen und Römer behandelt. Sie entwickeln sich zur Geschichte und erlangen durch die Sprachforschung Erleuchtung; sie entfalten sich zu Literaturgeschichte und Nationalökonomie. In allen diesen Dingen ist Forschung möglich und die Universität muß ausgerüstet sein, erfolgreiche Forschungen in diesen Gebieten zu fördern.

Eine andere Reihe von Forschungen bezieht sich darauf, was wir denken und wie wir schließen; da haben wir Philosophie und Logik. Ein anderer Zweig derselben Probleme führt uns in die Mathematik, die sich mit den numerischen und räumlichen Begriffen des menschlichen Geistes, der Algebra und Geometrie, befaßt. Ein unmittelbarer Übergang führt uns zu den Naturwissenschaften, die weniger eng mit unserer Person, dafür aber desto enger mit unserer Umgebung in Beziehung stehen. Zoologie und Botanik; Anatomie, Physiologie und Pathologie behandeln die Lebewesen und beruhen ihrerseits auf Chemie und Physik, welche die Verbindung mit der Mathematik herstellen.

Derartige Forschungen verdienen es, ihrer selbst willen gemacht zu werden. Sie interessieren einen großen Teil des Menschengeschlechtes, und wer kein Interesse an ihnen empfindet, ermangelt der Kultur. Der Europäer, der zufrieden ist, von einem Tag zum anderen zu leben, mit ausreichender Nahrung und einem Dach, darunter zu schlafen, ist von einem unzivilisierten Wesen nicht weit entfernt. Das Kennzeichen der Zivilisation ist Voraussicht, die Neigung und Fähigkeit, in die Zukunft zu schauen, für morgen zu sorgen, für das Morgen des Geschlechtes ebenso wie für das Morgen des Einzelnen; wer am weitesten in die Zukunft schauen kann, ist der

Tüchtigste, mit der Natur zu kämpfen und sie zu überwinden.

Die Erforschung des Unbekannten beruht also darauf, daß wir die Erfahrungen derjenigen, die vor uns gelebt haben, verwerten und daß wir Kenntnisse für uns selbst und unsere Nachkommen beschaffen. Ich bemerke, daß ich unwillkürlich auf den utilitaristischen Standpunkt hinübergelitten bin. Ich will diesen auch keineswegs ausschließen, aber der erste Zweck der Forschung muß doch die Erwerbung der Kenntnisse sein; ihre Benutzung ist erst der zweite.

Ich will versuchen zu erklären, warum das so ist, und dabei müssen Sie mir verzeihen, wenn ich von wohlbekanntem und oft angeführten Beispielen Gebrauch mache.

Versucht man, bloß nützliche Entdeckungen zu machen, wobei ich unter nützlich die vulgäre Auffassung dieses Wortes verstehe, d. h. also Entdeckungen, die man unmittelbar in Geld umsetzen kann, so wird man meist Schiffbruch leiden. Ich sage nicht, daß, wenn ein Prinzip nachgewiesen und eine praktische Anwendung desselben gefunden ist, die Ausarbeitung der Einzelheiten etwa unnötig wäre. Diese wird aber am besten durch den Praktiker besorgt, den Geistlichen, den Arzt, den Ingenieur, den Elektrotechniker, den technischen Chemiker, und es geschieht am besten in größerem Maßstabe. Wenn aber die praktischen Anwendungen von vornherein ins Auge gefaßt werden, so besteht die Gefahr, daß in den Prinzipien kein Fortschritt gemacht wird. Was wir Forscher wünschen, tun zu können, und was wir in manchen Fällen auch wirklich tun, wenn auch vielleicht unvollkommen genug, ist, zu prophezeien, vorauszusagen, was unter gegebenen Umständen eintreten wird. Dieser Wunsch beruht auf unserem Glauben an die Gleichförmigkeit der Natur, auf unsere Überzeugung, daß, was einmal gewesen ist, auch künftig sein wird, wenn die gleichen Bedingungen wieder

hergestellt werden. Indem wir die Bedingungen ändern und nachsehen, was dies für Folgen hat, erweitern wir unsere Kenntnisse; zuweilen ist es sogar möglich, soweit zu gehen, daß man voraussagen kann, was unter Umständen geschehen wird, die niemals bisher zusammengewirkt haben.

Als Faraday die Tatsache entdeckte, daß, wenn ein Magnet einer Drahtspule genähert wird, in dieser ein elektrischer Strom entsteht, machte er eine Entdeckung, die ihrerzeit nur ein wissenschaftliches Interesse hatte. Aber diese Entdeckung hat zum elektrischen Licht, den elektrischen Bahnen, zur Benutzung der elektrischen Energie als bewegender Kraft geführt; sie hat uns ein Mittel der Energieübertragung gegeben, von dem wir durchaus nicht das Ende gesehen haben; ja, wir sind eben erst am Anfange und die künftige Verwertung dieser Entdeckung ist unübersehbar.

Als Hofmann seinen jungen Studenten Perkin vor die Aufgabe stellte, die Nebenprodukte bei der Oxydation des Anilins zu untersuchen, das er aus dem Steinkohlenteer isoliert hatte, war es völlig unmöglich, vorauszusehen, daß hierdurch eine Industrie entstehen würde, in welcher eine einzige Fabrik rund 400 große Gebäude einnehmen, 5000 Arbeiter beschäftigen und ihnen eine eigene Stadt von 25 000 Einwohnern bauen würde, die nur damit beschäftigt wären, Farbstoffe aus Anilin und anderen Produkten des Steinkohlenteers darzustellen. In dieser Fabrik sind 350 Chemiker angestellt, von denen die meisten auf der Universität ausgebildet sind.

Schönbein, ein Baseler Professor, interessierte sich für die Einwirkung der Salpetersäure auf Papier und Baumwolle. Er wäre sehr erstaunt gewesen, wenn man ihm gesagt hätte, daß aus seinen Experimenten die kolossale Industrie der Nitrozellulose hervorgehen würde,

welche Spreng- und Schießpulver aller Art liefert, für das 90-Ton-Geschütz wie für die Vogelflinte.

Aber solche Entdeckungen, welche unmittelbar zu praktischen Anwendungen führen, stehen an Bedeutung noch weit zurück hinter jenen, welche allgemeine Prinzipien betreffen. Joule und Robert Mayer, welche die Äquivalenz zwischen Wärme und Arbeit nachgewiesen haben, haben auf die nachfolgenden Zeiten einen sehr viel größeren Einfluß ausgeübt, als selbst die eben erwähnten Entdecker, denn sie haben zahllose Köpfe über das richtige Verständnis der Energie aufgeklärt und über die Möglichkeit, diese gerade in solche Formen umzuwandeln, welche für menschliche Zwecke die geeignetsten sind. Sie haben die Grundlage für die Beurteilung aller Maschinen gelegt, und auf Maschinen, d. h. Einrichtungen, um rohe Energie in wertvolle zu verwandeln, beruht das Gedeihen des Menschengeschlechtes.

Aus diesen Beispielen werden Sie erkennen, daß es wirklich die Philosophie, d. h. die Liebe zum Wissen ist, wonach wir schließlich am meisten streben müssen. Sie ist, wie die Tugend, ihr eigener Lohn und bringt, wie wir es auch von der Tugend hoffen, andern Lohn mit sich, wenn auch nicht immer für den Philosophen, so doch immer für das Menschengeschlecht. Tugend ist ein geringes Ding, wenn sie mit dem Ausblick auf Gewinn geübt wird; sie kann dann schwerlich mehr Tugend genannt werden, denn sie ist durch Absicht entstellt. So verliert auch die Philosophie ihren Inhalt, wenn sie für den Profit getrieben wird.

Doch ich habe versäumt, auf ein anderes Motiv hinzuweisen, welches die Forschung anfeuert; es liegt in der Freude an der Sache. Ich kann mir kein größeres Glück vorstellen, als das des Poeten, der schöne Gedanken in schöne Worte bannt. Aber zunächst diesem stelle ich das des Entdeckers, in welchem Gebiete er sich auch be-

tätige. Es ist eine Freude nicht nur für den Entdecker selbst, sondern für jeden, der seinem Gedankengange folgen kann. Und das Glück des menschlichen Geschlechtes, oder des denkenden Teils desselben, kommt doch für unser Leben nicht unerheblich in Betracht.

Ich wiederhole: Forschungen, die von ausschließlich utilitaristischen Motiven geleitet werden, verfehlen meist ihren Zweck oder sind doch bei weitem nicht so fruchtbar, wie die Forschung ohne derartige Motive. In dieser Ansicht finde ich mich durch einen ausgezeichneten deutschen Forscher bestärkt, der, nachdem er eine rein theoretische Reihe von Forschungen durchgeführt hatte, die anfangs mit Geldgewinn überhaupt nichts zu tun zu haben schienen, schließlich aus ihnen auch äußeren Gewinn gezogen hatte. Er bemerkte gelegentlich, daß die Professoren der technischen Hochschulen weniger an der Entwicklung der Industrie beteiligt seien, als die Universitätsprofessoren. Der Zweck ist in den beiden Anstalten verschieden, denn die technische Hochschule bildet praktische Leute aus, während die philosophische Fakultät einer deutschen Universität vor allen Dingen die rein wissenschaftliche Arbeit pflegt. Tatsächlich macht sich die letztere in ihrem Einfluß auf den Wohlstand der Nation doch besser bezahlt. Und dies bringt mich auf den Hauptsatz meiner Rede zurück. Er ist: Die beste Vorbereitung für den Erfolg in irgend einem Beruf ist, den Studenten in den Methoden der Forschung zu unterweisen. Dies ist das Ziel, das von allen Lehrern in der philosophischen Fakultät jeder Universität unverrückbar im Auge gehalten werden sollte. Sie müssen lehren aus dem Gedanken heraus, daß sie in jedem ihrer Studenten die Liebe für den Gegenstand und die Überzeugung erwecken, daß, wenn er es ernst nimmt, er auch einmal imstande sein wird, die Grenzen des Wissens zu erweitern.

Natürlich muß der Student soweit es möglich ist, lernen, was vor ihm getan worden ist. Ich würde nicht dafür sein, daß sich der Student nicht wenigstens einen großen Teil des vorhandenen Wissens aneignet, bevor er versucht, auf eigenen Füßen zu stehen. Aber es ist ein himmelweiter Unterschied zwischen einem Studenten, der da lernt, um sich für ein Examen vorzubereiten, und einem, der da lernt, um die erworbene Kenntnis als Grundlage für neue zu benutzen. An dieser letzten Gesinnung sind unsere englischen Universitäten so beklagenswert arm, und diese Gesinnung ist es, die den Erfolg des Deutschen Volkes bedingt hat, und die bereits auch die Vereinigten Staaten zu beeinflussen beginnt. Unser Examinationsystem trägt einen großen Teil der Schuld an diesem Zustande. Nachdem es zunächst eingeführt worden war, um gewisse Mißbräuche in unserer Verwaltung auszurotten, hat es sich wie ein Krebschaden bis in die innersten Organe unseres Erziehungssystems eingefressen, und es wird dauernd genährt durch den Mißbrauch, Stipendien auf Grund von Examinationen zu erteilen. Die Pauperisation der reichen Klassen ist ein schreiender Mißstand, der einmal geheilt werden muß. Stipendien mögen an solche gewährt werden, die sie nötig haben, aber nicht an solche, deren Eltern es leicht haben, für die Erziehung ihrer Kinder zu bezahlen. Geldschinden und Philosophie haben miteinander garnichts gemein.

Einige sind der Meinung, daß der Forscher seine Zeit verschwendet, wenn er in den Elementen seiner Wissenschaft unterrichtet. Ich gehöre nicht zu denen, die an diese Lehre glauben, aus zwei Gründen. Erstens ist es schwieriger, die Elemente einer Wissenschaft zu lehren, als irgend welche vorgeschrittene Zweige derselben. Man lernt die Handgriffe dieses Geschäftes erst durch eine lange Übung; diese Handgriffe aber bestehen in einer durchsichtigen und wohlgeordneten Darstellung der Be-

griffe. Und es ist eine allgemeine Erfahrung, daß ältere Studenten von jungen Dozenten viel mehr in vorgeschrittenen Gebieten lernen, als jüngere Studenten von denselben Dozenten lernen, wenn sie von ihnen in den Elementen unterrichtet werden. Denn der ältere Student weiß sich anzupassen und der Eifer und die Begeisterung des jungen Lehrers erwecken sein Interesse.

Zweitens ist es auch vom Standpunkt des Lehrers selbst sehr gut, wenn er immer wieder genötigt wird, auf die Grundbegriffe zurückzugehen. Hat man nicht die Pflicht einer elementaren Vorlesung, so ist man nur zu geneigt, diese Grundbegriffe für erledigt anzusehen. Müssen sie aber in jedem Jahre von neuem dargestellt werden, so fällt das Licht inzwischen erworbener neuer Anschauungen auf sie und läßt sie in ihren wahren Verhältnissen erscheinen. Es werden sogar nicht selten Gedanken zu neuen Forschungen angeregt. Von den einfachsten Dingen wissen wir wirklich am wenigsten. Die Atomtheorie; die wahre Natur der Elastizität; die Ursache des Aufsteigens des Saftes in den Pflanzen; die Austauschvorgänge bei der Atmung und Verdauung: alle diese Fragen bilden die Grundlage der entsprechenden Wissenschaften und alle könnten sehr gut einige weitere Aufklärung vertragen. Ich glaube daher, daß es vorteilhaft für den Fortschritt der Wissenschaft ist, wenn der Forscher sich auch aktiv als Lehrer betätigt. Dabei sollte er aber auch immer den Gesichtspunkt festhalten, daß seine Schüler auch ihrerseits lernen sollen, wie man forscht, und diesen Geist soll er vor allen Dingen auf sie übertragen.

Hieraus folgt, daß die Professoren in der philosophischen Fakultät ausschließlich darnach gewählt werden sollten, was sie selbst für den Fortschritt der Wissenschaft beigetragen haben. Denn besitzen sie selbst nicht den Geist der Forschung, wie sollen sie ihn auf andere übertragen?

Unsere Mißachtung dieses Umstandes (ich spreche hier nicht von University College, welches stets von diesen Grundsätzen geleitet worden ist, sondern von unserem Lande als einem Ganzen) hat unsere Rückständigkeit im Vergleich mit einigen anderen Nationen verursacht. Dies macht auch die überwiegende Mehrzahl unserer Staatsmänner so unbekümmert, weil so ohne Kenntnis, bezüglich der geistigen Beschaffenheit der Forscher, und es hat es möglich gemacht, daß Männer, die als Politiker in der Achtung ihrer Landsleute sehr hoch stehen, die Funktion der Universität gänzlich verkannt haben. Allerdings ist eine von den vielen Aufgaben der Universität die, Männer und Frauen „für die mannigfaltigen Zwecke des Reiches zu erziehen“, und wir wollen dies gern anerkennen. Aber niemand, der auf höhere Kultur Anspruch macht, kann sich mit einer Universität zufrieden erklären, wenn diese nicht alljährlich eine reichliche Ernte von Forschungen hervorbringt. Dies ist der Hauptgrund ihrer Existenz, denn eine Universität, welche nicht Forschungen hervorbringt, ist keine Universität. Sie ist möglicherweise eine technische Schule, oder sie ist eine Prüfungsanstalt oder eine „Presse“, aber auf den Namen einer Universität hat sie keinen Anspruch. Der beste Weg, um junge Männer für die Bedürfnisse des Reiches zu erziehen, ist der, daß man ihnen die Kraft gibt, das Wissen zu vermehren.

Man wendet ein, daß viele Menschen ohne Originalität sind. Ich bezweifle dies. Es gibt viele Grade von Originalität, wie es viele Grade der Dichtung gibt, vom Verfertiger von Knallbonbonversen bis zum Poeten, viele Grade des Musikverständnisses, von dem Manne, der die Melodie von Lott ist tot und die „andere“ Melodie kennt, bis zum vollendeten Musiker. Wird aber das Menschen-tier jung eingefangen, so kann es fast immer abgerichtet werden. Mehr oder weniger natürlich und in jedem Falle hat die natürliche Zuchtwahl ihren wichtigen Anteil

an der Sache. Solche junge Männer und Frauen, welche für diese Art Arbeit keine natürliche Anlage haben, kommen nicht auf die Universität; sie lassen sich im allgemeinen leicht an dem gänzlichen Mangel an Interesse erkennen. Meine Erfahrung ist, daß die große Mehrzahl derjenigen, die zu uns kommen, oder doch wenigstens ein guter Prozentsatz von ihnen, auch Anlagen schöpferischer Natur besitzen, Anlagen, die sich in vielen Fällen bis zu einem bemerkenswerten Grade entwickeln lassen. Solche Leute sind es, welche den größten Wert für ihr Land haben, von denen der Fortschritt in Kunst und Wissenschaft erwartet werden darf; viele von ihnen werden für das ökonomische Gedeihen ihres Landes wirksam werden. Es wird gegenwärtig viel von technischer Erziehung geredet; schwere Summen werden alljährlich für die bruchstückweise wissenschaftliche Erziehung in Abendschulen ausgegeben, welche von Männern besucht werden, die einen Tag schwerer Handarbeit hinter sich haben und die nicht die geistige Entwicklung genossen haben, welche die Voraussetzung eines Nutzens aus solchem Unterricht ist. Es ist vielleicht wünschenswert, für eine derartige intellektuelle Erfrischung Sorge zu tragen; ich gebe sogar zu, daß dadurch im Laufe der Zeit das intellektuelle Niveau der Bevölkerung gehoben werden kann; aber man darf nicht erwarten, daß das so verwendete Geld unmittelbare Frucht tragen wird. Die Universitäten sollten die Stelle dieser technischen Schulen einnehmen; denn ein Mann, der das Forschen gelernt hat, kann seine Begabung auf alle Dinge anwenden, mit denen er sich beschäftigt. Das Gedeihen des Landes hängt nicht von der bloßen Verbreitung der Kenntnisse ab, sondern von ihrer Förderung. Forschen zu lernen bedingt eine lange und schwere Lehrzeit und diese Fähigkeit kann nicht in ein paar zufälligen Stunden hier und da erworben werden. Es ist ebenso schwierig, ein erfolgreicher Forscher zu werden, wie ein

erfolgreicher Advokat oder Arzt und erfordert mindestens einen ebenso großen Aufwand von Zeit und Energie.

Ich glaube nicht, daß es für junge Männer und Frauen, welche die Abendschulen besuchen, möglich ist, die für solche Arbeit erforderliche Energie aufzubringen. Wer in den Abendstunden sich dem Studium und der Forschung widmen will, bringt keinen frischen Geist dazu mit, denn er ist ja durch die Arbeit des Tages erschöpft. Auch ist es die Gewohnheit der meisten Anstalten, welche Abendkurse eingerichtet haben, von ihren Lehrern gleichfalls Tagesarbeit zu verlangen, so daß auch diese sich nicht in dem geeignetsten Zustande befinden, die Studien ihrer Schüler zu leiten und sie zur zweckmäßigsten Verwendung ihrer Energie anzuhalten. Ferner dauern die offiziellen Abendklassen von sieben bis zehn Uhr und für wissenschaftliche Arbeit ist die Kleinigkeit von drei Stunden schwerlich ausreichend; man möchte vielmehr lieber den Achtstundentag in einen Zwölfstundentag ausdehnen, und oft genug geschieht dies auch. Es zerreißt einem das Herz, wenn man inmitten eines wichtigen Experiments gezwungen wird, es zu unterbrechen und auf die nächste Gelegenheit zu verschieben, wo man den größten Teil der Arbeit nochmals tun muß.

Dies sind einige von den Gründen, weshalb ich zweifle, daß Universitätsunterricht, wenigstens in der philosophischen Fakultät, erfolgreich in Abendklassen erteilt werden kann.

Wenn auch meine Arbeit sich fast ausschließlich im Gebiete der Naturwissenschaften bewegt hat, so bin ich doch der letzte, nicht mein Bestes zu tun, um die Forschung in den sogenannten Geisteswissenschaften zu fördern. In Deutschland hat sich in den letzten Jahren eine Institution entwickelt, welche dort ein Seminar genannt wird. Man kann den Ausdruck übersetzen in geisteswissenschaftliches Laboratorium. Ich will ver-

suchen, eine kurze Schilderung von der Weise zu geben, wie derartige Laboratorien geleitet werden. Nachdem der Student eine Anzahl Vorlesungen über den Gegenstand gehört hat, dem er sich widmen will, und für die Forschung reif geworden ist, tritt er in ein Seminar ein, wo er eine Bibliothek, Papier, Tinte und ein Thema bekommt. Er wird unterwiesen, wie man die Bibliothek benutzt und wie man Bücher auf das fragliche Thema hin studiert; dann sammelt er, was er beim Lesen gefunden hat und arbeitet das übernommene Thema aus. Natürlich ist sein erster Versuch so-so, aber nur der erste Schritt ist schwer. Wahrscheinlich wird ihn sein Lehrer zunächst tadeln; aber nach einigen weniger erfolgreichen Versuchen wird er, wenn er nur ein wenig Talent für das gewählte Fach hat, besseres leisten und schließlich etwas hervorbringen, was anständigerweise gedruckt werden kann. So untersteht er der Beurteilung derjenigen, welche dazu die meiste Kompetenz haben und wird in eine Laufbahn gebracht, die ihn zu Erfolgen in geschichtlicher, sprachlicher oder ökonomischer Forschung führen kann.

Solche Seminare gibt es für philologische und linguistische Studien, für Ökonomie und Statistik, für Jurisprudenz mit praktischen Urteilen, für Geschichte, wo die Beziehungen zwischen den verschiedenen Phasen im Fortschritt der Nationen erforscht werden. Das System ist dem wohlbekannten Unterrichtsverfahren in den physikalischen und chemischen Laboratorien nachgebildet; die Experimente werden schriftlich gemacht. Diese Experimente werden dem Urteile des Lehrers unterworfen und dadurch wird der Forscher entwickelt. Es kann eingeworfen werden, daß die jungen Leute, welche unsere Universitäten aufsuchen, nicht genügende Tatsachenkenntnis bezüglich dieser Gegenstände haben, um alsbald einen Unterricht von solcher Beschaffenheit verwerten zu können. Dies ist vielleicht so; aber wenn es so ist, so müssen

eben unsere Schulen dafür sorgen, daß es besser wird. Aber auch unter den gegebenen Verhältnissen glaube ich mich nicht zu irren, wenn ich annehme, daß ein junger Mensch, wenn er mit achtzehn Jahren die Universität in der Absicht bezieht, sich drei Jahre sprachlichen oder geschichtlichen Studien zu widmen, am Ende seines zweiten Jahres viel mehr davon haben wird, wenn er ein Seminar besucht, als wenn er auch noch weiterhin sich mit bloßer Assimilation von Vorlesungen begnügt, selbst wenn seine Seminararbeit nicht die Gestalt einer dauernden Vermehrung der Literatur annimmt. Wertvoll ist nicht die Erwerbung von Kenntnissen, sondern die Fähigkeit sie zu verwerten, und wenn man auch natürlich zuerst Kenntnisse haben muß, bevor man sie anwenden kann, so ist eine Ausbildung in der Anwendung doch sehr viel wichtiger, als die bloße Ausbildung in der Erwerbung. Ich weiß nicht, ob es in England ein einziges Exemplar eines solchen Seminars gibt. Es war gelegentlich davon die Rede, ein solches geisteswissenschaftliches Laboratorium am University College zu gründen, aber der Versuch wurde wie gewöhnlich durch Mangel an Geld vereitelt. Auch wäre der Erfolg vereitelt worden durch die Erfordernisse des gegenwärtigen Prüfungssystems an der University of London. Doch besteht glücklicherweise gegründete Hoffnung, daß dieses System verschwinden wird und die, daß man die Köpfe der Studenten in diesem Sinne entwickeln wird*), der sich als so fruchtbar erwiesen hat, wo man ihm gemäß verfahren ist.

Nun ist noch ein Gegenstand vorhanden, dem sich so wenige widmen, daß es schwierig ist, ihn ebenso zu behandeln wie die Gebiete, von denen ich eben gesprochen habe; dies ist die Mathematik. Während ein gewisser Betrag von mathematischer Begabung, hinreichend für

*) Gegenwärtig (Sept. 1908) bestehen bereits mehrere Seminare an University College.

die verschiedenen Anwendungen, ziemlich verbreitet ist, so gibt es ebenso selten geborene Mathematiker, wie geborene Musiker. Ich habe den Vorzug gehabt, dieses Thema mit einem der ersten Mathematiker Europas, Professor Klein in Göttingen, zu erörtern. Er sagte mir, daß er sich meist damit begnügt, die Mathematik als technisches Hilfsmittel zu behandeln und seine Schüler so weit zu bringen, daß sie sich desselben mit Freiheit als eines Werkzeuges bedienen können. Sonst rate er jungen Leuten im allgemeinen ab, Mathematik als Hauptfach zu wählen, außer wenn er eine ganz besondere natürliche Begabung antreffe. Gelegentlich tauchen solche Hochbegabte auf und sie können nach erfolgter Vorbereitung dahin geführt werden, daß sie in bestimmten Gebieten der Wissenschaft Neues leisten. Mathematische Probleme sind, wie er mir sagte, zahlreich, aber sie erfordern eine so eingehende Kenntnis dessen, was bereits in der Wissenschaft getan ist, daß nur wenige Menschen sie fördern können, wenn sie nicht ihr ganzes Leben der Mathematik widmen. Und nur die geborenen Mathematiker dürfen wagen, aus dieser Wissenschaft einen Lebensberuf zu machen, denn der Maßstab ist hoch und der Preise sind wenige.

Viele von meinen heutigen Hörern würden sich wahrscheinlich enttäuscht fühlen, wenn ich nicht auch über die Funktion der Universität bezüglich der Examina sprechen würde. Eine lange Beeinflussung, die sich nun über siebenzig Jahre erstreckt, hat die Londoner Bevölkerung zu der Überzeugung gebracht, daß die Hauptfunktion einer Universität das Examinieren sei*). Glauben Sie mir, daß

*) Bis vor kurzem war die sogenannte „London University“ nichts als eine mehrmals im Jahre zusammenberufene Gruppe von Personen, welche sich ausschließlich mit der Prüfung von Kandidaten aus dem ganzen Reiche für bestimmte „Grade“ beschäftigten. Ein Unterricht wurde von dieser Anstalt überhaupt nicht erteilt. (Übers.)

das Examinieren nur eine ganz sekundäre Rolle im Universitätsleben zu führen hat. Es ist notwendig, festzustellen, was die Studenten gelernt haben, mit deren Erziehung ihre Lehrer betraut sind, aber dies ist eine verhältnismäßig untergeordnete Sache. Ein erfolgreiches Examen abzulegen ist leider nur zu oft das Ziel, das sich der junge Student stellt, aber dieses Ziel wird von sämtlichen philosophischen Lehrern verabscheut. Seine Schüler mit Liebe für den Gegenstand zu erfüllen, den sie lehren und lernen, ist die Hauptaufgabe des begeisterten Lehrers; eine Atmosphäre davon sollte beide umgeben, eine Wolke möchte ich sie nicht nennen, denn sie soll keinen niederdrückenden Einfluß ausüben, sondern einen Glanz. Beide Arten von Mitarbeitern, denn der Lehrer ist es ebenso wie der Student, müssen ihr bestes tun, das Wissen zu erweitern in dem Gebiete, auf dem sie sich betätigen. Daß dies möglich ist, können viele Lehrer aus Erfahrung bezeugen; dies ist das wichtigste, was man durch einen Aufenthalt in einem deutschen Laboratorium lernen kann. Hat jeder einzelne Student seine eigene Forscherarbeit, so interessieren sich die Nachbarn dafür und es entstehen Diskussionen über zweifelhafte Punkte, so daß zuweilen die vereinigte Intelligenz des ganzen Laboratoriums auf die Erhellung eines schwierigen Problems gerichtet ist. Es ist nichts trauriger anzusehen, als ein langweiliges und „ordentliches“ Laboratorium, wo sich jeder Student an seinem Platze hält, mit seinen Nachbarn nicht verkehrt und an ihrer Arbeit weder selbst Interesse nimmt, noch ein solches von ihnen für seine eigene erwartet. Wärme entsteht nur durch Reibung, und nur höhere Grade derselben geben bekanntlich Licht.

Der Student sollte das Examen nicht als ein feierliches Gottesgericht ansehen, durch das er gezwungen ist, hindurchzugehen, und von dem er hofft, daß ihm ein Grad zufallen wird, sondern als ein Mittel, sich, seinem

Lehrer und seinen Kommilitonen zu zeigen, wie weit er den genossenen Unterricht verwertet hat. Wer seine Arbeit in solchem Sinne tut und, wie ich betonen will, wer in solchem Sinne examiniert, wird auf die Prüfung ohne Abneigung sehen. Wahrscheinlich auch nicht mit Freude, denn es ist eine Prüfung, examiniert zu werden, und vielleicht noch eine größere zu examinieren. Aber für den Studenten ist es ein notwendiges Hilfsmittel, um Selbstvertrauen und die Überzeugung zu erwerben, daß seine Bemühungen Erfolg gehabt haben. Und dem Lehrer zeigt es, daß seine Arbeit am Studenten nicht vergeblich war. In diesem Zusammenhange kann ich mich nicht enthalten, zu bemerken, daß der Geist des Wettbewerbs, der unser englisches Volk infiziert hat, mir nicht am Platze erscheint. Man hält viel zu viel vom „ersten“. Oft hat der zweite oder zehnte oder selbst der fünfzigste die Sache besser gefaßt und wird auf die Dauer Besseres leisten. Wir wollen uns indessen des Gedankens getrösten, daß die Tage vorüber sind, wo examiniert wurde, um zu examinieren.

Vielleicht überrascht es Manche, zu erfahren, daß wenn man auswärts erzählt, daß die englischen Lehrer gewöhnlich nicht selbst ihre Schüler examinieren, dies mit Erstaunen, ja mit Unglauben aufgenommen wird. Amerikaner und Deutsche, denen ich dies gesagt hatte, konnten nicht begreifen, daß dem Lehrer, dem man den Unterricht anvertraut, nicht auch die Prüfung anvertraut wird. Ja, sie behaupten sogar, daß niemand sonst sie mit einiger Gerechtigkeit ausführen kann. Es erschien ihnen, wie es auch mir erscheint, als eine völlig unmögliche Ansicht, daß ein Mann, der nach vielen Jahren der Bewährung in untergeordneteren Stellen schließlich gewählt wird, eine wichtige Professur zu bekleiden, dem Verdacht unterliegen sollte, daß er so zweifelhafte Anschauungen bezüglich der einfachen bürgerlichen Anständigkeit hegen

könnte, um zu Gunsten seiner eigenen Schüler ungerechte Urteile abzugeben. Eine solche Annahme ist eine Beleidigung des Professors und seine Ausschließung beim Examen bringt dieses zu der Stellung eines Fetischs; dies ist es, was zusammen mit der Tendenz des Wettbewerbs und der Prämiiierung unsere englische Erziehung so ruiniert hat. Die Idee eines Prüfungs-Wettbewerbes ist in den Köpfen der durchschnittlichen Engländer so festgewurzelt, daß sie es nur schwierig begreifen können, daß der Zweck einer Universität nicht ist zu examinieren, sondern die Schüler zu lehren, wie sie sich selbst unterrichten können. Und ebenso muß er erst noch die Anschauung erwerben, daß die Lernenden sich nicht nur unter den Immatrikulierten befinden, sondern ebenso unter den Mitgliedern des Lehrkörpers. So muß der Geist, mit dem wir uns alle durchdringen wollen, der sein, Kenntnisse zu gewinnen, nicht zur Befriedigung des eigenen Besitzsinnes, sondern zur Vermehrung des Gesamtwissens. Alle müssen dafür zusammen arbeiten, die älteren und jüngeren Lehrer und die verschiedenen Semester, damit die Unwissenheit vermindert werde.

Ich fasse alles zusammen. Gegenwärtig ist die Universität eine technische Lehranstalt für Theologie, Jurisprudenz, Medizin und Ingenieurwesen. Sie soll aber auch ein Ort sein, wo die Wissenschaft erweitert wird und wo Philosophen erzogen werden, d. h. Menschen, die das Wissen um seiner selbst willen lieben. Während sie als technische Lehranstalt nützliche Arbeit tut, indem sie viele Männer und Frauen für ihren Beruf im Leben vorbereitet, sollte ihre philosophische Fakultät denen, die ihre Hallen betreten, die Fähigkeit erteilen, das Wissen zu erweitern. Dies wird sich nicht nur nützlich für die intellektuelle Entwicklung der Nation, sondern auch für ihr äußeres Wohlergehen erweisen. Diese Aufgabe sehe ich als die wesentlichste Funktion der Universität an.

Namenregister.

- Ampère 133.
Anaximenes 42.
Anderson, Th. 7. 9. 10.
André 153.
Andrews 12. 13.
Angström 253.
Apreece 94.
Arago 133.
Archimedes 157.
Argelander 248.
Aristoteles 42. 44.
Arrhenius 265. 266.
Arthur 2.
Aston, Miss 20. 216.

Bacon, Fr. 56. 133.
Baily 213.
Baker, B. 15.
Ballard 145.
Baly 19. 25. 254.
Banks, J. 95.
Bashford 32.
Basilius Valentinus 48.
Bequerel 27. 128. 176. 182 ff. 219.
Beddoes 83. 84.
Berthelot, P. E. M. 43. 45. 142 ff.
Berthollet 88.
Bertrand, J. 148.
Berzelius 205.
Biot 70. 133.
Birkeland 251. 259. 265.

Bischof, G. 8.
Black, John 109.
Black, Joseph 72 ff. 106 ff. 160.
161. 204.
Boerhave 124.
Boltwood 234.
Bonney 22.
Borlase 82.
Böttinger 8.
Bottomley, Fr. 20.
Bourgeois 148.
Boyle, Rob. 35. 51. 55 ff. 72. 73.
80. 96. 105. 111. 116. 127. 160.
172. 185. 190. 191.
Brashier 182.
Bréguet 146.
Brougham, H. 71. 107. 113 ff.
Brown 4.
Brown, S. 50. 57.
Brunton, L. 32.
Bunsen, R. 8. 201.

Caignard Latour 13.
Cameron, A. 33.
Campbell 253. 269.
Canton 250.
Cavendish, H. 21. 23. 68 ff. 81.
96. 105. 128. 155. 164. 204.
251. 259.
Chaplain 156.
Clark 98.

- Claude 25.
Clausius 127.
Clerk-Maxwell 127. 133.
Cleve 207.
Coats 11.
Collie, N. 23. 28. 34. 217. 256. 257.
Cook 234.
Cooke 206.
Copeland 253.
Coryton 81.
Courtois 94.
Crookes, W. 22. 51. 165 ff. 178.
179. 213.
Cullen 110 ff. 116. 118. 127.
Cundall 16.
Curie 28. 30. 128. 169. 184 ff.
199. 216. 218.
Dalton, J. 74. 97. 192. 204. 205.
251.
Daniell 96.
Darwin, Ch. 56.
Davy, E. 150.
Davy, H. 57. 71. 78. 80 ff. 96. 99.
105. 127. 178. 220.
Debiarne 184. 186. 217.
Dewar 24.
Dick, R. 110.
Dobbie, J. J. 9. 10.
Döbereiner 102. 205.
Dulong 94.
Dumas 206.
Duruy 145.
Ellis, R. 132.
Emmens 51.
Empedokles 41.
Eötvös 20.
Faraday 73. 140. 177. 179. 189.
206. 278.
Ferguson, J. 7. 9. 10. 106. 114.
Fittig 8.
de Fourcroy 88.
Fourier 133.
Fownes 18.
Fox 108.
Frankland, E. 23. 209. 225.
Franklin 189.
Fraunhofer 224. 225.
Fresenius 9.
Fresnel 133.
Garnett 86.
Gay Lussac 3. 93. 94.
Geber 45. 49.
Génune, C. 247.
Gibbs, W. 127.
Giesel 29. 185.
Gilbert 189.
Gimingham 165.
Gladstone 206.
Glaisher, J. 248.
Gmelin 205.
Goblet 148.
Goldstein 178. 179.
Goodwin, H. 132.
Graham, Th. 3. 6. 18. 80. 96 ff.
Grant 108.
Gray 215. 216.
Gunning 12.
Guye 155. 216.
Gyllensköld 253.
Hahn, O. 184.
Hales, St. 111. 117.
Halley 248.
Hampson 24.
Hehner, O. 8.
Helmholtz 33. 137. 138.
Henry, Ch. 183.
Herschel 176.
Herschel, J. 99.
Hertz 175. 176. 179. 189.
Hicks 213.

- Hillebrand 22. 225.
 Hittorf 177. 180.
 van't Hoff 18.
 Hofmann 278.
 Homfray 27.
 Hope 86. 98.
 Huggins, W. 253. 254.
 Humboldt, A. v. 248.
 Hume, D. 109.
 Hutton, J. 109. 115.

 Janssen 23. 209. 225.
 Joly 214.
 Joule 127. 139. 260. 279.
 Irvin 126.

 Kachel, E. 8.
 Kamerlingh Onnes 24. 226.
 Kay 115. 116.
 Kelley 26.
 Kelvin, Lord s. Thomson, W.
 Key, W. 250.
 Kirchhoff 224. 225.
 Kopp, H. 11. 13. 14.
 Kundt 19.

 Landolt 171. 213. 214.
 Langley 175.
 Lavoisier 78. 83. 88. 155. 163. 164.
 204.
 Lecoq de Boisbandran 207.
 Leduc 215. 216.
 Lemström 253.
 Lenard 168. 170. 178 ff. 189.
 Letts 12.
 Linder 19.
 Lockyer, N. 23. 24. 209. 225.
 Lossen 14.
 Loubet 149.
 Lowenörn 249.
 Lupton, S. 132.

 Macfarlane 134. 135.
 Mc Kendrick 10. 11.
 Macquer 52. 53.
 Marshall, A. 14.
 Masson, O. 13.
 Mayer 115.
 Mayer, Rob. 127. 260. 279.
 Mayow 111.
 Meikleham 97.
 Mendelejew, D. 195. 207. 211.
 Mestlin, M. 247.
 Meyer, Loth. 195. 207. 211.
 Meyer, V. 11.
 Mitchell, J. 74.
 Montesquieu 109.
 de Morveau 3. 88.
 Murchison 3.
 Myers 22.

 Napier, R. 3.
 Nernst 33.
 Newlands, J. 193. 195. 206.
 Newton, I. 73. 85. 99. 132. 203. 224.
 Nicholson 83.

 Odling 206.
 Olczewski 22.
 Ostwald, W. 18. 220.

 Paracelsus 49. 50.
 Paulsen 255.
 Péan de St. Gilles 151.
 Pearson, K. 138.
 Penny 6. 96.
 Perkin 278.
 Perman 19.
 Perrin 182.
 Picton 19.
 Pitt 108.
 Plato 37. 43.
 Playfair 70.
 Plücker 165.

- Plunket 108.
Poincaré 183.
Priestley 21. 77. 128. 160 ff. 204.
250.
Puck 172.
- Quenstedt 8.
- Ramsay, A. 3.
Ramsay, W. 195. 196. 201. 209.
217. 224. 225. 226. 234.
Rankine 127.
Raoult 60.
Rayleigh 21. 22. 32. 133. 195. 209.
215. 216.
Regnault 133.
Remsen, I. 8.
Renan 144. 145. 155.
Reusch 8.
Richards, Th. W. 215. 216.
Richter, J. B. 73. 74. 205.
Ripley, G. 46.
de la Rive 251. 252.
Robertson, A. 4.
Robison 106. 107. 109. 112. 114.
127.
de Roche 61. •
Römer, P. 8.
Röntgen 169. 180. 181.
Rowland 181.
Rügheimer 8.
Rumford 86. 127.
Russel, J. 111. 185.
Rutherford 27. 128. 185. 199. 216.
223. 226. 228. 233.
- Scheele, K. 87. 128. 160. 162. 163.
204.
Schiaparelli 23.
Schmidt, G. C. 184. 199.
Schönbein 278.
Schumann 175.
- Schuster 254.
Shields 19.
Skaliger 43.
Smith 134.
Smith, Adam 107. 109. 110.
Smithells, A. 9.
Soddy, Fr. 27. 28. 128. 169. 201.
216. 217. 223 ff. 228. 233. 234.
Sokrates 37.
Sprengel, H. 165.
Städell, W. 8.
Stark 4.
Stas 215. 216.
Stephens, Jon. 117.
Stokes, G. 27. 133.
Stoney, J. 222.
Strecker 206.
Strindberg, A. 51.
Sykera 253.
- Tait 138.
Tata, J. N. 26.
Tatlock, R. 6. 7. 8.
Tennant, Ch. 2.
Thales 42.
Thenard 93.
Thomsen, Jul. 154.
Thomson 107.
Thomson, A. 7.
Thomson, James 15. 18. 127. 129.
262.
Thomson, J. J. 133. 179. 180. 202.
219. 223. 233.
Thomson, Th. 97. 110.
Thomson, William (Lord Kelvin)
3. 7. 8. 27. 97. 127. 129 ff.
Thorpe 14.
Tifferand, Th. 51.
Travers 23 ff. 196. 197. 209. 254.
Tréguier 145.
Trouton 16.
Turnbull 2.

Turner 96. 98.
Turner, Th. 18.

Ure 98.

Vauquelin 2. 3.
Vijkander 253.
Vogel 253.
Volta 189.

Walpole, H. 117.
Walpole, R. 117.
Warburg 19.
Watt, G. 83.

Watt, J. 83. 109. 127. 128. 133.

Wedgewood, J. 83.

Wertheim 138.

White 2.

Wiedemann 178.

Williams, P. 21.

Williamson, A. 18. 100.

Wilson, G. 72.

Winkler 207.

Young, J. 7.

Young, S. 14 ff.

Zosimus 43.



POLSKA AKADEMIA NAUK
BIBLIOTEKA
Instytutu im. M. Nenckiego

19

