

Zeitschrift für angewandte Chemie

35. Jahrgang S. 645—652

Inhaltsverzeichnis Anzeigenteil S. IX.

14. November 1922, Nr. 91

Zum hundertfünfzigjährigen Gedächtnis der Sauerstoffentdeckung.

Von GEORG LOCKEMANN.

Nach einem in der Berliner Gesellschaft für Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin gehaltenen Vortrage.

(Eingeg. 8/8. 1922.)

Wenn heutzutage ein junger Chemiker im Anfängerpraktikum eine Probe Quecksilberoxyd im Glühröhrchen erhitzt und in dem entwickelten Gase einen glimmenden Holzspan zum Aufleuchten bringt, dann ahnt er wohl nicht, Welch eine Menge von Versuchen, Welch ein Aufwand von theoretischem Scharfsinn erforderlich war, um die Natur dieses scheinbar so einfachen Vorganges aufzuklären.

Die Geschichte der Wissenschaften lehrt, daß die großen Entdeckungen selten von einem einzelnen Forscher gemacht wurden, ohne daß auch andere vor oder neben ihm daran beteiligt gewesen wären. In einzelnen Fällen läßt sich ein bestimmter Tag als Geburtstag der Entdeckung angeben. Aber wo es geschieht, stellt sich bei näherem Zusehen meist heraus, daß diese Angabe mehr oder weniger willkürlich ist. Es ist entweder so, daß der allgemeine Stand der Wissenschaft auf die Entdeckung hindeutet, daß diese „in der Luft liegt“, daß mehrere danach greifen, sie auch vielleicht schon in Händen halten, ohne zu wissen, was; daß schließlich einer, oder zwei, oder gar mehrere unabhängig voneinander bewußt den Fund machen und so der Wissenschaft etwas Neues schenken. Oder der geniale Blick eines einzelnen eilt seiner Zeit so weit voraus, daß der Allgemeinheit nicht nur, sondern auch der eigentlichen „Wissenschaft“ noch ganz das Verständnis für das Neue fehlt. Die Entdeckung bleibt unbeachtet und sinkt wieder in Vergessenheit.

Aber auch die glücklichen Finder zur rechten Zeit sind selbst nicht immer fähig, das wahre Wesen ihrer Entdeckung zu erkennen. Ihr Blick ist im Alten befangen, durch das Neue geblendet, und erst ein an ihrem Funde Unbetätigter muß hinzukommen, um der Welt das neue Göttergeschenk richtig zu deuten. Ja, es zeigte sich bisweilen das sonderbare Schauspiel, daß der Entdecker selbst nicht an das Neue glauben will, daß er sich sozusagen gegen seine eigene Entdeckung wehrt. Die Wissenschaft nimmt ihm die Gabe aus der Hand, läßt den Eigensinnigen stehen und setzt ohne ihn ihren siegreichen Weg fort. So spielen sich in der großen Geschichte der Wissenschaften, deren einzelne Fortschritte nicht allein durch Mühe und Schweiß der Edlen, sondern bisweilen auch durch bittere Menschen-schicksale sauer erkämpft werden müssen, hin und wieder Vorgänge ab, die man als Komödien der Irrungen bezeichnen könnte, wenn sie nicht zugleich doch auch eine sehr tragische Seite hätten.

Was nun den Sauerstoff betrifft, so findet man meistens die Angabe, daß er am 1. August 1774 von Priestley entdeckt worden sei. Bei näherem Nachforschen muß man aber bald feststellen, daß sich diese Angabe in solch einfacher Form nicht aufrechterhalten läßt. Der Sauerstoff ist nicht nur von verschiedenen Forschern „entdeckt“, sondern die Entdeckung hat auch noch eine lange Vorgeschichte, die über Jahrhunderte zurückgreift.

Daß die Luft kein Element sei, sondern zwei Bestandteile enthalte, deren einer durch Feuer und durch Atmung verzehrt wird, hatte bereits Leonardo da Vinci (1452—1519) erkannt. Aber wie so manche naturwissenschaftliche Erkenntnis dieses seiner Zeit so weit vorauselenden, unermeßlichen Universalgenies ging auch diese der Wissenschaft verloren. Erst über anderthalb Jahrhunderte später kamen zwei englische Forscher wieder zu ähnlichen Anschauungen.

Der Physiker Robert Hooke (1635—1703), der eine Zeitlang als Assistent bei Robert Boyle tätig war, erklärte in seinem 1665 in London erschienenen Buche, das „Micrographia“ betitelt ist und sich eigentlich mit der Farbe dünner Blättchen beschäftigt, daß die Verbrennung in einer Auflösung der brennbaren Stoffe in einem Bestandteile der Luft bestehe, und dieser sei gleich oder wenigstens ähnlich dem im Salpeter in festem Zustande gebundenen Bestandteile. Der größere Teil der Luft sei unwirksam, so daß stets neue Luft zur Unterhaltung der Verbrennung zugeführt werden müsse, ehe die alte ganz aufgebraucht sei, während der Salpeter viel mehr von dem wirksamen Bestandteile enthalte.

Mit weit größerer Klarheit wurde dieser Gedanke von Hooke's jüngerem Zeitgenossen entwickelt, dem leider sehr frühzeitig verstorbenen, hochbegabten John Mayow (1645—1679), der nach juristischen und medizinischen Studien schließlich als praktischer Arzt in Bath tätig war. In seiner 1669 erschienenen Schrift „Tractatus quinque physico-medici“ gab Mayow eine vollständige Verbrennungs- und Atmungstheorie. Den die Verbrennung und Atmung unterhaltenden Bestandteil der Luft bezeichnet er als „spiritus igneus“, „spiritus nitroaëreus“ oder „spiritus vitalis“; er betrachtet ihn als Element im Gaszustande, und zwar als das wichtigste aller Elemente. Mit Hilfe von Stickoxyd, das er aus Salpetersäure und Eisen entwickelte, bestimmte Mayow den Gehalt der Luft an diesem elementaren Gase

zu etwa einem Viertel. Auch im Salpeter ist dieses Element enthalten, wodurch es möglich wird, daß ein Gemisch von Schwefel und Salpeter sogar unter Wasser brennt. Durch Versuche mit brennenden Kerzen und lebenden Mäusen beweist Mayow, daß Feuer und Leben durch denselben Luftbestandteil genährt werden, Verbrennung und Atmung also im Grunde wesensgleiche Vorgänge sein müssen. Über manche Fragen, z. B. wie der Gehalt der atmosphärischen Luft im ganzen an diesem Lebens- und Feuergeist bei dem dauernden Verbrauch wieder erneuert werde, was bei der Verbrennung organischer Stoffe entstehe usw., war sich Mayow allerdings noch nicht im klaren. Er konnte auch den freien Sauerstoff als solchen nicht gewinnen. Doch erkannte er mit genialem Scharfblick die außerordentliche chemische und physiologische Bedeutung dieses an und für sich noch unbekannten Elements.

Der erste, der freien Sauerstoff dargestellt hat, ist wahrscheinlich Ole Borch gewesen¹⁾, der im Jahre 1678 eine Abhandlung „Nitrum non inflammari“ veröffentlichte. Er gewann das Gas durch Erhitzen von Salpeter, konnte es aber nicht auffangen und von der Außenluft absperren. Das lehrte erst der als Physiker und Physiologe bekannte englische Pfarrer Stephen Hales (1677—1761), indem er die mit Wasser gefüllte pneumatische Wanne erfand, die dann später Henry Cavendish (1731—1810) durch Verwendung von Quecksilber auch für die in Wasser stark löslichen Gase brauchbar machte. Durch Erhitzen eines Gemisches von Knochenkohle und Salpeter entwickelte Hales ein Gas, das er über Wasser auffing, aber sonderbarerweise nicht als den „spiritus nitroaëreus“ von Mayow erkannte, obwohl er dessen Buch ausdrücklich erwähnt. Er bekämpft vielmehr die Ansicht, daß die Luft einen besonderen „vivifying spirit“ enthalte. Durch Verbrennung oder Atmung soll nur die Elastizität der Luft vermindert werden. Somit war also keinerlei Fortschritt gewonnen.

Mehr als ein Jahrhundert mußte nach dem Erscheinen der „Tractatus quinque“ von John Mayow vergehen, bis die Frage völlig geklärt wurde. An einem Oktoberabend des Jahres 1774 finden wir in Paris in dem Hause des wohlhabenden Finanzpächters Antoine Laurent Lavoisier (1743—1794) eine Tischgesellschaft in lebhaftem Gespräch. Englische Gäste werden bewirkt, und die hervorragendsten Pariser Gelehrten sind dazu geladen. Der später unter dem Namen Marquis of Lansdowne als Politiker sehr bekannt gewordene Lord Shelburne hatte in Begleitung seines Privatsekretärs eine größere Festlandreise unternommen und für einige Zeit in Paris haltgemacht. Dieser Reisebegleiter war Joseph Priestley (1733—1804); ein etwas eigenartiger Mann, der Philosophie und Theologie studiert hatte, schon jahrelang an verschiedenen Orten als Prediger von Dissentergemeinden, zwischendurch auch als Sprachlehrer an der Akademie von Warrington tätig gewesen war. Eine Art Universalgenie. Nicht nur, daß er als Pfarrer predigte, daß er Unterricht in Französisch, Italienisch, Lateinisch, Griechisch, Hebräisch erteilte, er hielt auch Vorträge über Logik, Geschichte, Gesetzeskunde, Anatomie und andere Dinge, schrieb umfangreiche Werke über theologische und philosophische Fragen sowie, durch Benjamin Franklin angeregt, eine Geschichte der Elektrizitätslehre, die auch im Auslande, wie Frankreich und Deutschland, hochgeschätzt wurde und ihm den Ehrendoktor der Universität Edinburgh einbrachte. Bei all dieser Vielgeschäftigkeit hatte er auch noch Zeit, experimentell als Naturforscher tätig zu sein.

Vor einem Jahre war nun Priestley in die Dienste des Lord Shelburne getreten, und so hatte er mehr Muße, seinen wissenschaftlichen Neigungen zu leben. Von seiner letzten Stellung als Prediger in Leeds her, wo er in der Nähe einer Brauerei gewohnt hatte, war Priestley noch mit der Untersuchung von Gasen beschäftigt. Besonders die Vorgänge in der Luft bei der Verbrennung und Atmung interessierten ihn lebhaft, und von diesen Untersuchungen sprach er auch in der Tischgesellschaft bei Lavoisier. In etwas unbeholfenem Französisch erzählte er, er habe kürzlich durch Erhitzen von Quecksilberpräzipitat „per se“ und von „plomp rouge“, das dann von dem anwesenden Macquer in „minium“ (Mennige) verbessert wurde, eine Luftart gewonnen, in der eine Kerze viel besser brannte, als in gewöhnlicher Luft, der er aber noch keinen Namen gegeben habe. Da horchten nicht nur Herr und Frau Lavoisier höchst erstaunt auf, sondern auch Le Roy, Macquer und die anderen gelehrten Gäste.

Das mußte ja dasselbe Gas sein, jenes „fluide élastique“, das Pierre Bayen²⁾ im letzten Frühjahr ebenfalls durch Erhitzen von Quecksilberoxyd erhalten hatte und in dessen Gegenwart metallisches Quecksilber beim Erwärmen wieder in „praeципитatum per se“ überging. Und erst in den letzten Tagen hatte Lavoisier von dem

¹⁾ S. M. Jörgen, Die Entdeckung des Sauerstoffs, deutsch von Wilhelm Ortwein und Max Später (Stuttgart 1909), S. 12.

²⁾ Pierre Bayen (1725—1797), Pharmazeut und Chemiker, war während des Siebenjährigen Krieges Inspekteur der französischen Feldapotheiken.

Apotheker Scheele in Upsala die briefliche Nachricht³⁾ erhalten, daß beim Erhitzen von Silbercarbonat außer „fixer Luft“ (Kohlen-säure) die gleiche Menge „Vitriolluft“ entwickelt werde, in der Kerzen brennen und Tiere atmen können. Gerade mit diesem Problem hatte sich Lavoisier selbst schon lange beschäftigt. Zwar sollte es durch die von dem Hallenser Professor und späteren königlichen Leibarzt in Berlin Georg Ernst Stahl (1660–1734) um die vorige Jahrhundertwende aufgestellte Phlogistontheorie längst gelöst sein; jene Theorie, daß beim Verbrennen, beim Verkalken der Metalle, beim Atmen der Lebewesen ein geheimnisvolles Etwas, das „Phlogiston“, das noch niemand hatte fassen können, entweiche. Diese Theorie beherrschte die Köpfe aller Chemiker; sie hatte viel Bestechendes, aber es blieb ein ungelöster Rest, ein innerer Widerspruch, sobald man die Gewichtsverhältnisse berücksichtigte. Und das ließ den an exakte Wägungen gewohnten Physiker Lavoisier nicht zur Ruhe kommen.

Bereits am 1. November 1772 hatte er der Akademie ein versiegeltes Schreiben übergeben, in dem er seine Beobachtung niedergelegt hatte, daß auch beim Verbrennen von Schwefel und von Phosphor Gewichtszunahme eintrete, wie sie beim Verkalken von Metallen bereits schon seit langem bekannt war. Aber trotz aller vorzüglichen Hilfsmittel seines Laboratoriums war es auch Lavoisier bisher nicht gelückt, das geheimnisvolle Stoffes selbst, der die Verbrennung unterhält und die Gewichtszunahme bewirkt, habhaft zu werden. Nun hörte er aus Priestleys Munde von den Eigenschaften und Wirkungen des durch Erhitzen von Quecksilberkalk gewonnenen Gases, und Scheele berichtete ähnliches von seinen Versuchen mit Silbercarbonat. Da war man also endlich auf der rechten Spur. Es bedurfte nur einiger zuverlässiger experimenteller Nachprüfungen, um alles klarzustellen.

Sobald es dem Vielbeschäftigten, dem nur die frühen Morgen- und späten Abendstunden für seine physikalischen und chemischen Forschungen übrigblieben, seine Zeit gestattete, stellte er (im November) einige Versuche nach den Angaben von Priestley an, indem er „praeципитatum per se“ erhielt, das entwickelte Gas über Quecksilber auffing und es auf eine brennende Kerze und auf glimmende Kohle wirken ließ. Andererseits untersuchte er das durch Reduktion von Präzipitat mit Kohle gebildete Gas, das auch Bayen schon gewonnen, aber seiner eigentlichen Natur nach nicht erkannt hatte, und bewies durch Fällung von Kalkwasser, durch Absättigung von kaustischen Alkalien, daß es „fixe Luft“, d. h. Kohlensäure, sei. Die genaueren, bis ins einzelne sorgfältig quantitativ durchgeführten Versuche stellte Lavoisier, wie er selber ausdrücklich angibt⁴⁾, am 28. Februar, 1. und 2. März 1775 gemeinsam mit dem Generalintendanten des Finanzwesens Trudaine, der ebenfalls mit großem Eifer naturwissenschaftliche Studien trieb, im Laboratorium in Montigny an. Am 31. März wiederholte er sie in Gegenwart des Herzogs von Rochefoucault und der Herren Trudaine, de Montigny, Macquer und Cadet.

Über die Ergebnisse dieser Versuche hielt dann Lavoisier am 26. April 1775 in der Akademie einen Vortrag, der unter dem Titel „Über die Natur des Prinzips, welches sich mit den Metallen bei ihrer Verkalkung verbindet und ihr Gewicht erhöht“ im Mai veröffentlicht wurde. Man wird jedoch die Namen Bayen, Priestley, Scheele vergeblich darin suchen. In seinem später (1789) erschienenen zusammenfassenden Hauptwerk „Traité élémentaire de chimie“ sagt Lavoisier gelentlich der Darstellung des Sauerstoffes (Band I, S. 38), dieses Gas sei „fast zur selben Zeit“ von Priestley, Scheele und ihm entdeckt worden; eine Bemerkung, die noch den alten Priestley im Jahre 1800, als er, von seinem ruhelosen Geschick nach Amerika getrieben, an den Quellen des Susquehanna in der Nähe von Philadelphia saß und eine ausführliche Verteidigungsschrift für seine geliebte, sonst allen längst aufgegebene Phlogistontheorie schrieb, zu einer Richtigstellung und einen genauen Bericht über den Besuch bei Lavoisier veranlaßte.

Lavoisier war sich anfangs, d. h. im Frühjahr 1775, auch durchaus noch nicht klar darüber, daß es sich nur um einen einzelnen Bestandteil der Luft handele, der bei der Verbrennung und Verkalkung verbraucht wird, sondern er glaubte, es sei die Luft als Ganzes in außerordentlich reinem Zustande. Erst in der Umarbeitung seiner Abhandlung vom Jahre 1775 für die „Mémoires de l'Académie“ im Jahre 1778 findet man es deutlich ausgesprochen, daß es sich nur um einen verhältnismäßig kleinen Bestandteil der gewöhnlichen Luft handle. Jedoch betrachtete er diese „reine Luft“ (air éminemment respirable) auch nicht einfach für das, was wir heute unter Sauerstoff verstehen, sondern als eine Vereinigung dieses Stoffes, des „principe oxygène“, mit dem Wärmestoffe, der damals noch zum festen Bestandteile der Physik gehörte.

Priestley blieb völlig im Banne der Phlogistontheorie und nannte das neu entdeckte Gas „dephlogistierte Luft“ (dephlogisticated air). Aus bestimmten Gründen glaubte er, daß Quecksilber beim Verkalken aus der Luft etwas Salpeterartiges aufnehme, und daß die

³⁾ Es ist nicht mit Sicherheit festzustellen, ob der Brief Scheeles vom 30. September 1774 vor oder nach dem Besuch Priestleys bei Lavoisier eintraf.

⁴⁾ Oeuvres de Lavoisier (herausgegeben vom französischen Kultusministerium, Paris 1862), Band II, S. 122, Anmerkung.

atmosphärische Luft aus Salpetersäure und Erde bestehe, die durch die erforderliche Menge Phlogiston in den gasigen, elastischen Zustand und durch weitere Mengen zum Teil in „phlogistisierte Luft“ (Stickstoff) übergeführt sei. Durch derartige Vorstellungen kam Priestley zu der uns ganz unfaßlich anmutenden Auffassung, das von ihm entdeckte Gas sei aus Phlogiston, Salpetersäure und Erde zusammengesetzt. Erst sehr viel später (1786) hat er sich zu der Anschauung bekehrt, daß seine dephlogistierte Luft ein wirkliches Element sei. Aber seinen Glauben an das Phlogiston und dessen Rolle bei den Verbrennungs- und Oxydationsvorgängen ließ er sich dadurch nicht nehmen.

Im August 1777 erschien Scheeles Schrift „Chemische Abhandlung von der Luft und vom Feuer“, die bereits 1775 fertiggestellt und deren Erscheinen nur durch die Lässigkeit des Verlegers so lange hinausgezögert worden war. Dieses Buch machte durch die Fülle der darin enthaltenen neuen Beobachtungen allgemein Aufsehen und wurde von Baron Dietrich auch ins Französische übersetzt. Lavoisier hielt selbst in der Akademie im Herbst 1781 einen Vortrag⁵⁾ über dieses, wie er es nennt, „important ouvrage“. Er bekämpft zwar die theoretischen Anschauungen Scheeles, aber nach seiner Ansicht wird „sein Werk nichtsdestoweniger höchst verdienstvoll in den Augen der Physiker und Chemiker bleiben durch die große Zahl interessanter Versuche, durch die Einfachheit der Apparate und durch die Genauigkeit der Ergebnisse“.

Aber Scheeles grundlegenden Beobachtungen über den Sauerstoff kamen auf diese Weise für die Wissenschaft zu spät. Sie wurden der Allgemeinheit erst bekannt, als Priestley und Lavoisier die Entdeckung längst veröffentlicht hatten. Bei näherem Nachforschen hat sich sogar herausgestellt, daß Scheele noch zwei bis drei Jahre vor Priestley den Sauerstoff dargestellt und seine charakteristischen Eigenschaften erkannt hat. A. E. Nordenskiöld⁶⁾ konnte bei Durchsicht der Laboratoriumshefte Scheeles feststellen, daß er bereits in der Zeit von 1771–1772 die „Vitriolluft“, wie er das Gas anfangs nannte, gewonnen und ihre feuerunterhaltende Wirkung bewiesen hat. Dieser Meister des Experiments begnügte sich nicht mit einer einzigen Art der Darstellung. Er entwickelte das Gas durch Erhitzen von Braunstein mit Arsensäure oder mit Schwefelsäure (daher Vitriolluft), durch Erhitzen von Salpeter, von Quecksilberoxyd und von Silbercarbonat. Die im letzteren Falle gleichzeitig entwickelte Kohlensäure nahm er durch Behandeln mit Kalkmilch fort. Er untersuchte die gewöhnliche Luft und stellte fest, daß sie aus einem Raumteil „Feuerluft“ und zwei bis vier Teilen „verdorbener Luft“ bestehe. Er bestimmte die Löslichkeit in Wasser, machte Versuche mit lebenden Tieren und suchte die Rolle des entdeckten Gases bei der Verkalkung der Metalle klarzustellen. Aber sobald es vom Experiment zur Theorie geht, sehen wir die Grenzen von Scheeles Können.

So glänzend seine Experimentierkunst und Beobachtungsgabe war — Scheele hat mit den bescheidenen Mitteln seines Apothekenlaboratoriums die größten Entdeckungen gemacht, und kaum ein anderer Chemiker vor und nach ihm hat die Chemie mit so viel Neuem beschenkt —, bei der theoretischen Deutung der entdeckten Erscheinungen findet er sich nicht zurecht. Er verstrickt sich, ganz wie Priestley, in den überkommenen Vorstellungen, und es gelingt ihm nicht, zur einfachen Klarheit zu gelangen. Das Phlogiston kann auch er nicht entbehren. Er sucht es eifrig in dem zurückbleibenden Luftrest; aber vergeblich, denn das spezifische Gewicht dieses unverbrauchten Teils erweist sich kleiner als das der gewöhnlichen Luft. Schließlich tröstet er sich damit, daß sich das Phlogiston mit dem „salinischen“ Bestandteile des Sauerstoffs zu Licht und Wärme vereinigt habe und so durch die Glaswandung entwischen sei. Der andere Teil des Sauerstoffs vereinige sich mit den verbrennenden Stoffen oder den sich verkalkenden Metallen und verursache so deren Gewichtszunahme. Scheele hält es auch für wahrscheinlich, daß alle Säuren „ihren Ursprung von der Feuerluft erhalten“, jedoch zu der einfachen, klaren Anschauung Lavoisiers kann er nicht durchdringen.

Scheele starb am 21. Mai 1786. Das war gerade die Zeit, wo die neue Sauerstofftheorie anfing zur allgemeinen Anerkennung zu gelangen. Sein Tod ist, auch rein menschlich betrachtet, äußerst tragisch. Der Mann, der in selbstlosestem Idealismus unter den dürftigsten Verhältnissen all seine Kraft und Gesundheit stets der Wissenschaft geopfert hatte, entschloß sich als Vierundvierzigjähriger noch, zu heiraten. Zwei Tage nach der Hochzeit erlag er einer Lungenentzündung.

Wir sehen also, wie die beiden eigentlichen Entdecker des Sauerstoffs sich die klare Erkenntnis ihrer Tat dadurch verschließen, daß sie sich von den herrschenden theoretischen Anschauungen ihrer Zeit nicht losmachen können, und wie sie sich auf diese Weise selbst um den vollen Erfolg ihrer Entdeckung bringen.

Lavoisier andererseits, den das Problem der Verbrennung und Atmung schon lange beschäftigte, gelang es trotz aller Versuche nicht, selbständig das neue Element aufzufinden. Er konnte nur den Anweisungen der experimentellen Entdecker folgen, die er

⁵⁾ Oeuvres, Bd. II, S. 391.

⁶⁾ A. E. Nordenskiöld, Karl Wilhelm Scheeles Briefe und Aufzeichnungen. (Stockholm 1892.)

dann allerdings in der Genauigkeit der Bestimmungen alsbald übertraf, deren Funde er erst richtig zu deuten verstand. Lavoisier's Stärke im Experimentieren war, wenn wir es mit einem kurzen Wort bezeichnen wollen, nicht die qualitative, sondern die quantitative Analyse. Er verfolgte die von anderen aufgefundenen Tatsachen mit Zahl und Gewicht, war seiner ganzen geistigen Veranlagung nach weniger Chemiker, als Physiker und Theoretiker. Er brachte in die verworrenen Begriffe und Vorstellungen der Phlogistiker Ordnung und Klarheit. Lavoisier hat zwar nie ausdrücklich behauptet, daß er selbstständig und unabhängig von anderen den Sauerstoff entdeckt hätte; aber seine ersten Berichte hierüber müssten doch bei dem unbefangenen Hörer und Leser diesen Anschein erwecken. Es mag für ihn ein peinliches Gefühl gewesen sein, in dieser wichtigen Angelegenheit anderen den Vorrang einräumen zu müssen, und so scheute er sich, offen den wahren Tatbestand zu bekennen.

Auf jeden Fall gebührt Lavoisier das große Verdienst, die Entdeckung des Sauerstoffs sozusagen vollendet zu haben. Er benannte das neue Element anfangs, ohne ihm einen besonderen Namen zu geben, auf verschiedene Weise, z. B. „le principe qui se combine avec les métaux pendant leur calcination“, „le principe acidifiant“ oder „le principe oxygène“, das durch Vereinigung mit dem Feuer- und Hitzestoff die „Lebensluft“ bilde, daher auch „base d'air vital“ usw. Schließlich nannte er es als den charakteristischen Bestandteil aller Säuren „oxygène“. Dieser Name ist dann geblieben und als „Sauerstoff“ ins Deutsche übergegangen.

Durch seine Oxydationstheorie hat Lavoisier die Chemie auf eine ganz neue Grundlage gestellt und dem Sauerstoff einen Platz angewiesen, von dem Berzelius später sagen konnte, er sei der Mittelpunkt der ganzen Chemie. Es gab keine unwägbaren Stoffe oder gar solche mit negativem Gewicht mehr, sondern die Chemie hatte nur noch mit quantitativ genau verfolgbaren Vorgängen der an den chemischen Umsetzungen beteiligten wägbaren Stoffe zu tun. So mußte die alte Phlogistontheorie, die ihre großen Verdienste gehabt hatte, und der man sogar, wenn man weniger die stofflichen als die energetischen Umsetzungen ins Auge faßt, eine gewisse Begründung nicht absprechen kann), allmählich das Feld räumen. Das ging natürlich nicht so schnell, wie man es vielleicht hätte wünschen sollen. Nach Lavoisiers eigenen Angaben in einer nicht lange vor seinem gewaltigen Tode verfaßten Abhandlung „Détails historiques etc.“⁸⁾ schrieb Berthollet 1785 noch im phlogistischen System, fand Fourcroy im Winter 1786/87 an, die neuen Anschauungen zu lehren, und übernahm Guyton-Morveau sie erst noch später. Lavoisier verwahrte sich ausdrücklich dagegen, daß es eine Theorie „der französischen Chemiker“ sei. „Elle est la mienne,“ ruft er aus; und er beansprucht diesen Besitz von der Gegenwart und von der Zukunft, und diesmal mit Recht.

Das Durchdringen der neuen Anschauungen erforderte ein völliges Umdenken in den chemischen Begriffen. So wurde auch eine ganz neue Namengebung der chemischen Verbindungen notwendig. Der Lösung dieser Aufgabe, der Schaffung einer neuen chemischen Nomenklatur, sollte hauptsächlich Lavoisiers zweibändiges zusammenfassendes Werk „Traité élémentaire de chimie“ dienen. Mit dessen Erscheinen im Jahre 1789 kann man ungefähr den Beginn eines neuen Zeitalters der Chemie ansetzen, dessen Charakter allerdings mit dem Namen „Zeitalter der quantitativen Forschung“ nur recht einseitig gekennzeichnet wird, das aber gerade unter dieser Lösung zunächst seinen siegreichen Einzug gehalten hat.

Wie Lavoisiers theoretische Deutung notwendig war, um die Entdeckung zu vollenden, so dürfen wir aber nicht übersehen, daß auch hier das praktische Experiment die feste Grundlage bildete, auf der das neue Gebäude errichtet werden konnte. Und wenn wir in diesem Sinne von einer Entdeckung sprechen wollen, so ist wohl kein Zweifel, daß wir Schelle den Ruhm zuerkennen müssen, wenn auch nicht überhaupt zum ersten Male den Sauerstoff dargestellt, so doch selbstständig durch eigenes Experimentieren verschiedene Verfahren zu seiner Darstellung gefunden, das so gewonnene Gas als etwas Neues erkannt und durch Feststellung seiner wichtigsten Eigenschaften charakterisiert zu haben. Und das geschah vor etwa 150 Jahren.

[A. 221.]

Die Ölschieferlager und die Ölschieferindustrie in Estland.

Von Prof. Dr. A. von ANTROPOFF, Karlsruhe.

(Eingeg. 10.7. 1922.)

Im August des vergangenen Jahres benutzte ich einen Aufenthalt in meiner Heimat Estland auch zu einem Besuch der staatlichen Brennschieferwerke in Kochtel und des mit Brennschiefer betriebenen Zementwerkes Aserien. Das lebhafte Interesse, das die estnischen Ölschiefervorkommen und deren Verwertung auch in Deutschland gefunden haben, veranlaßt mich, hier von dem Gesehenen ein Bild zu geben.

Ergänzt wurde das damals Gesehene durch schriftliche und mündliche Mitteilungen der Verwaltung der Staatlichen

⁷⁾ Siehe z. B. O. Ohmann, Archiv f. d. Geschichte d. Naturw. u. d. Technik, Bd. 9, S. 20 [1920].

⁸⁾ Oeuvres, Bd. II, S. 99.

Brennschieferwerke in Estland, insbesondere des technischen Leiters Herrn K. Luts, der Herren Dr. Rosenthal und Dr.-Ing. C. Gerdes von der Firma Julius Pintsch, Prof. M. Wittlich, Dorpat, und meinem Bruder Stadtrat R. von Antropoff, Reval.

An Literatur habe ich benutzt die „Baltische Landeskunde“ von K. R. Kupffer, mit dem geologischen Teil von A. von Mickwitz und die Schrift von L. v. zur Mühlen „Die Ölschiefer des europäischen Rußlands“, Teubner 1921, herausgegeben vom Osteuropa-Institut in Breslau. Die Bilder 1 und 2 sind der „Baltischen Landeskunde“ entnommen. Die weiteren Bilder sind photographische Aufnahmen, die mir von der Verwaltung der Brennschieferwerke in Reval überlassen wurden.

Die geographische Lage der Lager.

Im Norden vom Finnischen Meerbusen, im Westen von der Ostsee, im Süden von Lettland und im Osten von Sowjet-Rußland begrenzt, liegt das heutige Estland oder Eesti, seit dem Rückzuge der deutschen Okkupationsstruppen eine unabhängige Republik. Zu ihr gehört das frühere Gouvernement Estland und die nördliche Hälfte des früheren Gouvernements Livland.

Das estnische Festland bildet im Norden gegen den Finnischen Meerbusen eine malerische Steilküste von etwa 60 m Höhe — der

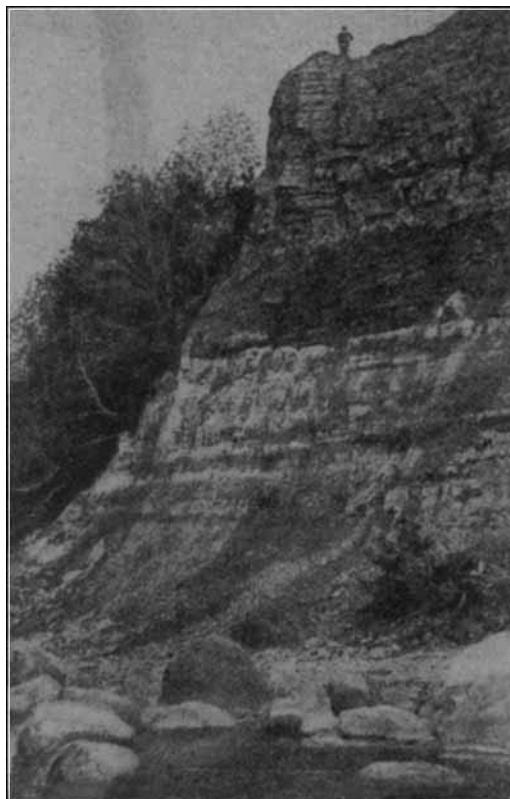


Fig. 1.

Glint genannt — die sich von Narva bis Baltischport erstreckt. Bild 1 zeigt uns eine Partie des Glintes. Am ganzen Glint und einige Kilometer landeinwärts von der Küste finden sich die estnischen Ölschieferlager. Bild 2 gibt uns eine allgemeine geographische und geologische Übersicht über das Baltikum. Das Abbaugebiet des Ölschiefers und die Orte Kuckers, Kochtel, Kunda und Aserien liegen auf dem östlichen Küstenstrich nördlich vom Peipus-See.

Geologische Übersicht über Estland und die Ölschieferlager.

Die Geologie Estlands führt uns in die alt-ehrwürdigsten Perioden der Erdgeschichte. Hier wogte vorzeiten das cambrische Meer, dessen Becken von den archäischen Graniten Finnlands, Schwedens und des Urals umschlossen wurde und wohl bis nach Südrussland reichte. Auf dem archäischen Meeresgrunde lagerte sich zuerst das Cambrium ab, das den Sockel des estnischen Festlandes bildet und Träger der ältesten, sicher nachgewiesenen Lebewesen ist. Auf dem unteren und oberen Cambrium — das mittlere Cambrium fehlt in Estland — ruhen die verschiedenen silurischen Horizonte. Die Schichten liegen fast horizontal, nur leicht nach Süd-Südwest fallend, ohne bedeutende Faltungen oder Verwerfungen, was bei dem Alter der Formationen sehr wunderbar ist. Sie sind daher für paläontologische Untersuchungen besonders lehrreich, und die schöne Profilbildung an der Nordküste lädt hierzu besonders ein. Durch das Fallen nach Süd-Südwest verschwinden die älteren Schichten in um so größere Tiefen, je weiter wir uns nach Süden begeben, und gleichzeitig treten jüngere Formationen zutage: So