Hundert Jahre Atomgewichtsforschung

FESTREDE
gehalten in der öffentlichen Sitzung
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in München am 26. September 1946

VON

KLAUS CLUSIUS
o. Mitglied der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse

München 1949
Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
In Kommission bei der C.H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München

Hundert Jahre Atomgewichtsforschung

FESTREDE
gehalten in der öffentlichen Sitzung
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in München am 26. September 1946

VON

KLAUS CLUSIUS
o. Mitglied der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse

München 1949
Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
In Kommission bei der C.H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München

Die Atomgewichtsforschung ist das Arbeitsgebiet einer kleinen Gruppe chemischer und physikalischer Spezialisten. Bestünde sie nur darin, gewisse Zahlenwerte in den chemischen Beziehungen der Elemente möglichst genau festzulegen, was ihre ursprüngliche Absicht war, so könnte sie kein über den engen Rahmen des Faches hinausgehendes Interesse beanspruchen. Die Sachlage ist aber anders. Denn die Atomgewichtsforschung berührt die Grundlagen der Chemie und damit unsere Ansichten vom Aufbau der materiellen Welt überhaupt.

Von ihrem ersten Auftreten an hat sie hervorragende geistige Kräfte in Bewegung gesetzt und bald die Frage aufgeworfen, ob die mit chemischen Mitteln unzerlegbaren Elemente wirklich die letzten Bausteine sind, deren sich die Schöpfung bedient hat. Sind sie es nicht, so müssen die Elemente aus kleineren Partikeln zusammengesetzt sein, wodurch wir zwingend zu der Vorstellung einer genetischen Verwandtschaft unter ihnen geführt werden, die sich beweisen lassen muß. Das unaufhörliche Bemühen um diesen Nachweis soll uns hier beschäftigen und zu Zeugen der Entstehung des philosophischen Hintergrundes der heutigen Chemie machen. Einer Philosophie, der wir uns mit dem Gefühl ruhiger Sicherheit überlassen werden, denn alles was an diesem Gedankengebäude einst von luftiger und schwankender Beschaffenheit war, ist längst durch feste Pfeiler und mächtige Gewölbe ersetzt, deren Tragfähigkeit durch tausende und abertausende von Versuchen erprobt ist.

Drei Ideenkreise haben diesen Bau kräftig gefördert, dessen natürliche Harmonie und innere Schönheit freilich nur der Eingeweihte richtig würdigen lernt. Ihr gedanklicher Inhalt läßt sich kennzeichnen einmal durch die Proutsche Hypothese vom einheitlichen Urstoff der Welt, dann durch die Behauptung Meyers und Mendelejeffs von der periodischen Wiederkehr der chemischen und physikalischen Eigenschaften der Elemente und schließlich durch die von den radioaktiven Erscheinungen ausgelöste Lehre vom Entstehen und Vergehen der Materie. Das so durch eine hundertjährige Forschung allmählich entwickelte Bild der unbelebten Welt bietet ein großartiges Seitenstück zum

„Stirb und Werde" der belebten Natur auf der Erdoberfläche. Es tritt jedoch im Gegensatz zu diesem aus dem engen Rahmen irdischer Erfahrung heraus und erhebt den Anspruch, selbst auf den fernsten Weltinseln zu gelten, von deren Existenz ein schwacher Lichtschimmer in unseren Riesenteleskopen eben noch Kunde bringt.

In der letzten Phase der Atomgewichtsforschung spielte ein Mann eine hervorragende Rolle, der ihre chemische Seite zu einem Abschluß brachte: Otto Hönigschmid, ordentliches Mitglied unserer Akademie und eine ihrer Zierden. Die Glanzperiode seines Schaffens fällt in seine Münchener Zeit, hier lehrte er an der Universität, hier endete er sein Leben vor nahezu Jahresfrist. Seiner haben wir besonders zu gedenken. Es mag für unsere Eigenliebe kaum schmeichelhaft sein, wenn wir uns gestehen, daß vom Einzelnen nach seinem Tode wenig, außerordentlich wenig übrigbleibt. Selbst in der Wissenschaft, von der wir wähnen, sie sei von bleibender Dauer, ist es so, daß das meiste, worum wir kämpfen und leiden, was uns zu Lebzeiten unendlich wichtig erscheint, was wir durch schlaflose Nächte, hastig verzehrte Mahlzeiten, ständigen Verzicht auf geringe Freuden und ruhige Stunden erringen, daß alles dies rasch und scheinbar spurlos vom fließenden Strom der Entwicklung aufgesaugt und verarbeitet wird. Der Einzelne hilft nur wie ein Tropfen diese Flut zu unterhalten, die ihn und sein Werk endlich doch verschlingt. Hie und da mag man noch bei einer glücklichen Beobachtung oder besonders gelungenen Arbeit unser gedenken, dann aber werden wir für die Späteren zu blutleeren Schatten, deren Namen auftauchen, ohne daß sich ein Gesicht, eine persönliche Erinnerung mit ihnen verbindet. Allerdings kann unser Andenken in einem glücklichen Fall bewahrt werden. Wenn sich die Kunst unser annimmt und der Meißel des Bildhauers, der Pinsel des Malers, die Feder des Dichters unser Menschentum festhalten. Und ist es nicht die Kunst, so kann für sie in weitem Maß die Liebe eines, der uns nahesteht, eintreten. Wieviel mehr lebt Faraday für uns, da ihn Tyndalls Stift beschrieb, wieviel mehr bedeutet uns Liebig, da Volhard sein Leben zeichnete! Erfüllen also auch wir die liebevolle Pflicht des Freundes zu gedenken, solange die Erinnerung an ihn frisch im Gedächtnis haf-

tet, solange der Klang seiner Stimme noch unser Ohr erfüllt, solange wir die Bewegungen seiner Gestalt, seine Haltung noch vor uns sehen und sein freundlich-gütiges Lächeln auf uns ruhen fühlen, solange wir glauben, eben jetzt müsse er um die Ecke am Treppenabsatz biegen, die alte Hand zur Begrüßung entgegenstrecken und etwas atemlos vom Steigen eine wissenschaftliche Neuigkeit berichten, um dann die Unterhaltung an Ort und Stelle fortzusetzen, wo und wie man sich gerade traf. Vielleicht gelingt es uns so, doch einen und den anderen Zug des Wesens von Otto Hönigschmid besser festzuhalten, vielleicht werden wir so seine Eigenart und das, was das Einzigartige seiner Stellung in der heutigen Chemie ausmachte, einer ferneren Nachwelt besser übermitteln.

Der Begriff des Atomgewichts geht auf John Dalton zurück und ist die Frucht quantitativer Arbeit. Er untersuchte im Anfang des 19. Jahrhunderts die Zusammensetzung zweier Kohlenwasserstoffe, des „ölbildenden Gases", heute Äthylen genannt, und des „Grubengases", unseres Methans. Dalton fand, daß für die gleiche Menge Wasserstoff berechnet Äthylen die doppelte Menge Kohlenstoff wie Methan enthält. Er untersuchte weiter, ob sich eine solche Regelmäßigkeit bei anderen Verbindungen wiederfindet und entdeckte sie wirklich bei der „Kohlensäure", unserem Kohlendioxyd, und dem „Kohlendunst", unserem Kohlenoxyd. Bezogen auf die gleiche Menge Sauerstoff enthält Kohlenoxyd doppelt soviel Kohlenstoff wie Kohlendioxyd. Entsprechende Beobachtungen machte er an den Verbindungen zwischen Stickstoff und Sauerstoff. Dalton fand also, daß ein Element, das mit einem anderen mehr als eine einzige Verbindung eingeht, verschiedene Gewichtsmengen dieses Elementes so aufnimmt, daß sie untereinander in einem einfachen ganzzahligen Verhältnis stehen. Beim Methan verbindet sich ein bestimmtes Gewicht Wasserstoff mit 12 Gewichten Kohlenstoff, beim Äthylen dieselbe Menge Wasserstoff dagegen mit 24 Gewichten Kohlenstoff. Beim Kohlenoxyd bindet ein bestimmtes Gewicht Sauerstoff 12 Gewichtsteile Kohlenstoff, beim Kohlendioxyd dieselbe Gewichtsmenge Sauerstoff nur 6 Teile Kohlenstoff; es bestehen

also hinsichtlich der Verbindungsgewichte einfache, ganzzahlige Verhältnisse.

Diese Entdeckung nennt man Daltons Gesetz der multiplen Proportionen. Die Fruchtbarkeit der Daltonschen Betrachtungsweise hat ihre Wurzel in der Tatsache, daß er die Zusammensetzung der Verbindungen auf dieselbe Gewichtsmenge eines bestimmten Anteils bezog. Er verallgemeinerte diese Erkenntnis alsbald und brachte sie mit der seit Lavoisiers Arbeiten immer deutlicher hervortretenden Beobachtung in Beziehung, daß eine bestimmte Verbindung eine konstante feste Zusammensetzung zeigt, gleichgültig auf welchem Wege man sie dargestellt hat. Diese geistvolle Verallgemeinerung nur weniger Analysen erwies sich als richtig und wurde durch spätere Untersuchungen voll bestätigt. Heute benutzt man das Gesetz der konstanten und multiplen Proportionen umgekehrt dazu, um auf das Vorliegen bestimmter Verbindungen zu schließen.

Dalton blieb nicht bei diesen Beobachtungen stehen, sondern gab ihnen eine anschauliche theoretische Deutung, die von ungewöhnlicher Tragweite sein sollte. Er nahm an, daß alle Körper aus kleinsten, endlichen Teilchen aufgebaut sind, die einer weiteren Aufspaltung widerstehen, den Atomen. Diese Vorstellung war an sich nicht neu, wurde hier aber zum erstenmal zur Erklärung einer quantitativen Gesetzmäßigkeit herangezogen. Nach Dalton sind die Atome winzige glatte Kugeln. Die eines Elementes sind untereinander gleich, von den Atomen eines anderen Elements aber durch Größe und Gewicht verschieden. Eine chemische Verbindung entsteht durch die Anlagerung der Atome eines Elements an die Atome eines anderen. Je nachdem, ob nun das Verhältnis der Atomzahlen 1 : 1 oder 1 : 2 oder auch 2 : 3 usw. ist, verbindet sich eine bestimmte Gewichtsmenge eines Elementes mit einer bestimmten oder der doppelten Gewichtsmenge eines anderen oder auch 2 Gewichtsteile des einen mit 3 eines anderen Elements. Wenn gerade auf ein Atom eines Elementes ein Atom des anderen kommt, so wird das Verhältnis der Verbindungsgewichte unmittelbar das Verhältnis der Atomgewichte ergeben. Und von Atomgewichten schlechthin kann man sprechen, wenn man das Gewicht eines Elementes gleich 1 setzt und das aller anderen darauf bezieht. Als diese Einheit diente damals

das leichteste Element, der Wasserstoff, während man heute aus praktischen Erwägungen eine etwa 1% kleinere Einheit benutzt, indem man das Atomgewicht des Sauerstoffs gleich 16.0000 wählt. Die Berechtigung dieser einfachen, aber doch sehr speziellen Vorstellung ist in einer nahezu hundertjährigen Entwicklung, wobei die Ideen eines Avogadro und die Klarheit Cannizzarros das ihrige hinzutun mußten, schließlich bewiesen worden. Der Streit um die Atomtheorie hat mit ihrem vollständigen Triumph geendet. Die Existenz der Atome, an deren Nachweis Dalton selbst wegen ihrer Kleinheit wohl niemals gedacht hat, ist ebenso wie eine genaue Kenntnis ihrer subtilsten Eigenschaften heute etwas Selbstverständliches. Die Atomhypothese verwandelte sich allmählich in eine für den Naturwissenschaftler unumstößliche Wahrheit, die aus seinem Weltbild nicht mehr wegzudenken ist.

Zunächst wurden Daltons Vorstellungen wenig bekannt und erlangten nur in seiner englischen Heimat Verbreitung. Der durch Napoleons Ruhelosigkeit nahezu permanente Kriegszustand im Verein mit der Kontinentalsperre verhinderte die Ausbreitung wissenschaftlicher Gedanken. Schon aber bereitete sich in Schweden das Wirken eines anderen Mannes vor, der für ein Menschenalter der Chemie den Stempel seiner Persönlichkeit aufdrücken sollte. Jöns Jakob Berzelius veröffentlichte in den Jahren 1813/14 sowie 1818 die ersten brauchbaren Atomgewichtstabellen, nachdem die bis dahin von Dalton und anderen mitgeteilten Werte noch recht ungenau waren. Berzelius ging von einer von Benjamin Richter gemachten Beobachtung aus, deren Bedeutung seine Zeitgenossen nicht verstanden und beachtet hatten. Richter hatte 1792 eine Schrift „Stöchyometrie oder Meßkunst chymischer Elemente" veröffentlicht, in der er die Tatsache hervorhob, daß zwei neutrale Salzlösungen beim Vermischen neutral bleiben, gleichgültig, ob dabei ein Niederschlag entsteht oder nicht. Dies kann nach Richter nur möglich sein, wenn strenge zahlenmäßige Beziehungen zwischen den Gewichten der Säuren und Basen bestehen, aus denen die Neutralsalze aufgebaut sind. Berzelius erkannte, daß durch diese Bemerkung die Lehre von der konstanten chemischen Zusammensetzung der Stoffe eine Sicherheit bekommt, die ihr bis dahin noch abging. War sie richtig, so konnte man auf Grund weniger Messungen

im voraus die Zusammensetzung aller Salze theoretisch berechnen. Eine großartige Vereinfachung bot sich dar, und Berzelius war so durchdrungen von ihrer Gültigkeit, daß er mit sicherem Gefühl die mangelhafte Übereinstimmung seiner Erwartung mit der Erfahrung auf die fehlende Präzision der bisherigen Analysen schob. Er unternahm neue Atomgewichtsbestimmungen mit den bescheidensten Hilfsmitteln, wobei er verschiedene Methoden und Beobachtungen heranzog. Unter den mit emsigem Fleiß zusammengetragenen Zahlen traf er mit gemessenem Takt eine so richtige Auswahl, daß wir diese Leistung nur bewundern können. Die Daltonsche Atomtheorie nahm er an, betonte aber, daß sie dank der Richterschen Entdeckung durchaus nicht notwendig ist. Sein nüchterner Verstand war eben jeder Spekulation abhold, die ihm überflüssig erschien, wenn man auf dem Boden gesicherter Tatsachen bleiben konnte.

In dieser Zeit ersetzte er auch die alchimistischen Symbole und geometrischen Zeichen durch die heute gebräuchlichen Abkürzungen aus den Buchstaben des lateinischen Namens der Elemente. Mit den Buchstaben ist nicht nur das betreffende Element selbst, sondern auch seine durch das Atomgewicht gegebene Masse in Gramm gemeint. Berzelius ist es somit zu danken, daß die Chemie eine übernationale Wissenschaft wurde und mit ihren Formeln auf der ganzen Welt verständlich ist, gleichgültig ob der einzelne Chemiker die Sprache des Schreibers kennt oder nicht. Eine ähnliche Leistung hat nur noch die Mathematik mit ihren Begriffszeichen und die Musik mit der Notenschrift zustande gebracht.

Im Jahre 1815 erschien in England eine anonyme Abhandlung, als deren Autor sich wenig später der Londoner Arzt William Prout bekannte. In jener berühmt gewordenen Arbeit stellte er aus verschiedenen Daten und einigen eigenen Versuchen die Atomgewichte von 35 Elementen zusammen und fand, daß sie mit Abänderungen, die seines Erachtens innerhalb der möglichen Versuchsfehler lagen, ganzzahlige Werte ergaben, wenn man die Masse des Wasserstoffs als Einheit nahm. Auf Grund dieser Feststellung warf er die Frage auf, ob nicht alle Elemente nur aus

Wasserstoff bestehen, der vielleicht die eigentliche Urmaterie darstellt. Die schweren Elemente sind dann nichts anderes als verdichteter Wasserstoff; z. B. sollte das Kohlenstoffatom vom Atomgewicht 12 durch Zusammenlagerung von 12 Atomen Wasserstoff entstanden sein.

Der Proutsche Gedanke wurde in England begeistert aufgenommen. Denn wie kärglich das Zahlenmaterial auch war, auf das er sich stützte, und das noch in höchst anfechtbarer Weise zugestutzt war, so eröffnete er doch eine phantastische Aussicht. Seit den grauen Tagen der ionischen Naturphilosphie war immer wieder die Ansicht vorgebracht worden, daß nur ein einziger Urstoff existiert. Freilich ließ sich diese Behauptung bislang nicht beweisen. Nun aber tauchte die Möglichkeit auf, gewissen Folgerungen aus ihr an einem objektiv prüfbaren Sachverhalt nachzugehen und damit die Lehre vom einheitlichen Urstoff ihres metaphysischen Charakters zu entkleiden. Nicht zuletzt wegen dieses Zusammenhangs erscheint uns heute noch die Proutsche These als einer der kühnsten und verlockendsten Gedanken, die je in eine naturwissenschaftliche Debatte geworfen wurden. Die damit ausgesprochene, geradezu ungeheuerliche Einfachheit des Weltbildes erschien den damaligen Naturwissenschaftlern nicht so überwältigend wie uns, die wir im Besitz eines viel größeren Tatsachenmaterials sind. Oder war es gar so fernliegend, die Vielfalt der chemischen Elemente auf einfachste Zahlenbeziehungen zurückzuführen, da dasselbe Dalton für die Vielheit der chemischen Verbindungen gelungen war? Lag der Proutsche Gedanke wirklich außerhalb der Reichweite des Vorstellbaren, nachdem Humboldt und Gay-Lussav wenige Jahre zuvor entdeckt hatten, daß sich Gase stets nur in einfachen ganzzahligen Volumenverhältnissen umsetzen? War es nur die Ausgeburt einer überspannten Phantasie, mit dem Aufbau der Elemente aus Wasserstoffatomen zugleich auch die Möglichkeit ihrer Zerlegung anzudeuten, nachdem gerade Davy die für Elemente angesehenen Alkalien durch den elektrischen Strom wirklich gespalten und die Metalle Natrium und Kalium mit neuen, unerhörten Eigenschaften gewonnen hatte? Den Chemikern der damaligen Zeit mußte alles möglich erscheinen. Sie griffen mit den kühnsten Vermutungen nach den höchsten Zielen, ein untrügliches Zeichen

für das Aufkommen einer lebensfrischen, sich erst bahnbrechenden Wissenschaft.

Auf dem Kontinent machte sich der Einfluß der Autorität von Berzelius geltend, der der Proutschen Idee ablehnend gegenüberstand. Für Berzelius waren die Atomgewichte von der Natur gegebene, unveränderliche Größen, charakteristische Zahlenwerte der Elemente, die für ihn die Eigenart unteilbarer Persönlichkeiten hatten. Zwischen ihnen war eine innere Beziehung vielleicht möglich, aber keineswegs von vornherein zu erwarten. Zudem mußten den exakten Schweden die von Prout vorgeschlagenen Abrundungen mißtrauisch machen, und daß er sie gar an Berzelius eigenen Werten vornahm, war wenig geeignet, ein günstiges Vorurteil für die Hypothese des Engländers zu erwecken. Das Experiment hatte nach Berzelius Auffassung als oberste Instanz gesprochen und ein für allemal gegen Prout entschieden.

Diese Situation nahm eine Wendung, als im Jahre 1840 Dumas in Frankreich mit seinem belgischen Mitarbeiter Stas nachwies, daß das Atomgewicht des Kohlenstoffs von Berzelius um 2% zu hoch angegeben war. Der bis dahin gültige Wert 12,24 verwandelte sich unter Dumas Händen in das genau ganzzahlige Atomgewicht 12,00. Damit war der Glaube an die Richtigkeit der Berzeliusschen Atomgewichte erschüttert und die Gültigkeit der Proutschen Hypothese erneut zur Diskusion gestellt. Zahlreiche neue Atomgewichtsbestimmungen waren die Folge, welche die alten an Genauigkeit übertreffen sollten. Die zweite Phase der Atomgewichtsforschung setzte ein – der Kampf um die Dezimale begann. Aber merkwürdig genug, die Ungenauigkeit beim Kohlenstoff blieb der einzige größere Fehler, der dem Stockholmer Meister unterlaufen war. In dem Maße, wie neue Bestimmungen dazu kamen, wurden die Berzeliusschen Werte mehr und mehr im wesentlichen bestätigt.

Nach Dumas lieferte bessere Atomgewichte noch der Genfer Chemiker Marignac. In diesem Manne war zugleich ein seltener Scharfsinn für die in der Natur schlummernden, vielfältigen Möglichkeiten wach, von dem er sich bei seinen Arbeiten leiten ließ. Beide wurden hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Mittel nur noch durch Stas übertroffen, der in Brüssel Atomgewichtsbestimmungen in einem bisher nicht bekannten Maßstab vor-

nahm. Er unterwarf alle verwendeten Stoffe und Gefäße tiefgreifenden und neuartigen Reinigungsoperationen, durch die er die Fehler vermeiden wollte, denen seine Vorgänger zum Opfer gefallen waren. Berühmt wurde das im Knallgasgebläse destillierte Stassche Atomgewichtssilber.

Am Ende stellte sich heraus, daß die Ergebnisse von Dumas, besonders aber von Marignac und Stas sehr gut untereinander übereinstimmten. Dennoch haben die drei Forscher die Proutsche Hypothese ganz verschieden beurteilt. Bei dieser Gelegenheit wird es sinnfällig klar, daß die wegen ihrer Objektivität so gepriesene exakte Naturwissenschaft in ihrer Entwicklung wesentliche Züge durch die Persönlichkeit der großen Forscher aufgeprägt bekommt. Wenn auch die Natur selbst als unser aller Meisterin zuletzt stets recht behält, so ist das anthropomorphe Beiwerk in Mathematik, Physik, Chemie doch allenthalben zu finden und macht nicht den kleinsten Reiz des historischen Studiums aus. Dieser Umstand mildert die abstrakte Kälte, die man den Methoden und Ergebnissen der exakten Wissenschaften wohl hin und wieder vorgeworfen hat, und verleiht ihnen bei aller Unpersönlichkeit einen Abglanz menschlicher Freude und menschlichen Leids.

So hatte auf die bewegliche Phantasie des Südfranzosen Dumas die Proutsche Idee einfach bestechend gewirkt. Dazu kam, daß nach seinen Messungen von etwa 30 untersuchten Elementen 22 ganz gut mit Prouts Ansicht verträglich waren, bei weiteren 7 konnte leidliche Übereinstimmung erzielt werden, wenn man auch halbzahlige Atomgewichte zuließ, und bei dem geringfügigen Rest mußte man ¼-zahlige Anteile zu Hilfe nehmen. Dumas vertrat deshalb die Proutsche Hypothese in der abgeänderten Form, daß bisweilen Unterteilungen des Wasserstoffs beim Aufbau der einzelnen Atome in Betracht gezogen werden müßten. Freilich ging damit der Zauber ihrer Einfachheit unwiederbringlich verloren – aber war es denn wirklich sicher, daß der Wasserstoff das leichteste aller Elemente ist? Konnte nicht ein unbekanntes Element vom vierten Teil der Wasserstoffmasse existieren, das wegen seiner Leichtigkeit aus dem Anziehungsbereich der Erde entwichen, hier also nicht mehr vorhanden war, beim Schöpfungsakt der Atome aber doch eine entscheidende Rolle gespielt hatte?

Dann war eben auch der Wasserstoff noch zusammengesetzt, eine Möglichkeit, die man schließlich nicht von vornherein ausschließen konnte. Und da schließlich selbst diese Zusatzhypothese keine völlige Übereinstimmung brachte, so erklärte Dumas Prouts Gesetz für ein Grenzgesetz wie das Gasgesetz, ausgestattet mit „philosophischer Wahrheit".

Marignac war gleichfalls von der Tatsache, daß viele Elemente nahe ganzzahlige Atomgewichte haben, tief beeindruckt. Er hob hervor, daß die Ganzzahligkeit viel häufiger auftritt, als es mit den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit vereinbar ist, wenn die Atomgewichte nur zufällige Zahlenwerte sind, wie es Prouts Gegner wahrhaben wollten. Auf der anderen Seite war es für ihn sicher, daß manche Elemente, wie z. B. das Chlor, von der Ganzzahligkeit erheblich abweichen und nicht einmal genau halb- oder viertelzahlige Atomgewichte haben. Zur Erklärung solcher Abweichungen zog er unter anderem eine überraschend moderne Deutung in Betracht. Der Schweizer hielt es für möglich, daß dank den Kraftäußerungen, die zwischen den Uratomen, woraus sie auch immer bestehen mögen, bei ihrer Zusammenballung zu schwereren Elementen wirksam werden, vielleicht ein Teil der Masse verschwindet, so daß die zusammengesetzten Atome nicht genau die Massensumme ihrer ursprünglichen Bestandteile ergeben, sondern etwas leichter ausfallen! Diese phantastisch anmutende Spekulation ist seinerzeit ganz unbeachtet geblieben. Wir Naturforscher von heute müssen staunend den Marignacschen Spürsinn bewundern, denn er hat zweifellos die von Einstein aufgestellte Beziehung qualitativ vorweggenommen, nach der jede Masse einer ungeheuren Energiemenge äquivalent ist. Deshalb verdient die Vermutung des großen Genfer Forschers der Vergessenheit entrissen zu werden.

Der nüchterne Analytiker Stas schließlich, der Marignacs sonstige Anschauungen genau diskutierte, würdigte diesen Teil seiner Arbeit mit keiner Silbe der Aufmerksamkeit. Eine solche Hypothese fand nicht seinen Geschmack. Für ihn war die Proutsche Idee nichts weiter als ein flüchtiges Spiel müßiger Gedanken, eine chimärenhafte Illusion, „die nichts gemein haben kann mit den Fortschritten, den Anforderungen und Grundsätzen der exakten Wissenschaften".

Nach diesen Erörterungen der ersten Chemiker ihrer Zeit, die eine endgültige Klärung der Frage nicht erbrachten, wird es stiller um die Proutsche Hypothese. Ein neues Schauspiel beginnt die chemische Welt zu fesseln. Schon Döbereiner, der chemische Berater und Freund Goethes, hatte 1829 auf quantitative Beziehungen zwischen den Atomgewichten chemisch ähnlicher Elemente aufmerksam gemacht. Seine Betrachtungen wurden von verschiedenen Forschern, zu denen übrigens auch der Münchener Hygieniker Max Pettenkofer zählt, verfolgt und vertieft. In ihnen schlummerten die Ansätze zu einer höchst bedeutsamen theoretischen Entdeckung, welche die Gesamtheit der chemischen Erscheinungen umfaßt, zu dem Periodischen oder Natürlichen System der Elemente. Teile davon hatte Newlands 1860 vorweggenommen, konnte aber mit seinen Ansichten nicht durchdringen und gab durch den Spott seiner Kollegen entmutigt jede weitere wissenschaftliche Tätigkeit auf. Erst 1868 traten dann Lothar Meyer und 1869 Dimitri Mendelejeff mit umfassenden Arbeiten hervor. Sie zeigten, daß man bei der Einordnung der Elemente nach ihren Atomgewichten periodisch immer wieder zu Elementen kommt, die den vorangegangenen in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften ähnlich sind. Solche Elemente werden gruppenweise zusammengefaßt und nach gemeinsamen Gesichtspunkten diskutiert. Die Aufstellung des Systems war nicht einfach. Die Atomgewichte seltener Elemente waren noch nicht genügend genau bekannt, Lücken klafften dort, wo man sie nicht erwartete, und an anderen Stellen häuften sich manche Elemente, wie die seltenen Erden, ganz unverständlicher Weise. Mendelejeff machte aus der Not eine Tugend und erklärte die Lücken für untrügliche Anzeichen noch unentdeckter Elemente. Er benutzte sogar die Daten ihrer Nachbarn, um die Eigenschaften der hypothetischen „Lückenbüßer" zu erraten, und erlebte den Triumph, daß seine Ideen durch die Entdeckung der Elemente Gallium, Scandium und Germanium glänzend bestätigt wurden, die mit ihren prophezeiten Eigenschaften und Atomgewichten tatsächlich in drei der Lücken paßten. Mit Recht hat man diese an ein Wunder grenzende Voraussage unbekannter Elemente aus bekannten in Parallele gesetzt mit der von Adams und Leverrier durchgeführten Vorausberechnung eines

unbekannten Planeten, des Neptun, aus den Bahnstörungen des Uranus.

Der Erfolg des Periodischen Systems ließ damals die Proutsche Hypothese weitgehend in Vergessenheit geraten; der Forschung konnte sie in ihrer alten Form ohnehin keinen neuen Auftrieb mehr geben, nachdem bei manchen Elementen die Abweichung von der Ganzzahligkeit unwiderleglich festgestellt war. Auf der anderen Seite gab der Umstand, daß so etwas wie ein Periodisches System überhaupt existierte, ein neues Rätsel auf. Schien auch die Proutsche Hypothese endgültig abgetan, so war es eine ihrer wichtigsten Folgerungen merkwürdigerweise doch nicht, nämlich die Behauptung, daß zwischen den verschiedenen chemischen Elementen ein genetischer Zusammenhang besteht. Gerade ein innerer Zusammenhang konnte nach Erfüllung der Mendelejeffschen Prophezeiungen weniger geleugnet werden denn je zuvor. Dazu kam, daß Mendelejeff auf einigen Plätzen des periodischen Systems hatte Umstellungen vornehmen müssen, wenn die Gruppeneigenschaften gewahrt bleiben sollten, so daß hier das ordnende Prinzip aufsteigender Atomgewichte durchbrochen war. So beim Kobalt-Nickel und beim Tellur-Jod, wozu später noch der kosmologisch so bedeutsame Fall Argon-Kalium kam. Diese Tatsache hatte eine Reihe sorgsamer Atomgewichtsbestimmungen zur Folge, wodurch aber die Anomalien nicht behoben wurden. In ihnen kündigte sich verschleiert ein dem Atomgewicht übergeordneter fundamentaler Begriff an, der eigentlich die Reihenfolge der Elemente bestimmt und mit dem Atomgewicht weitgehend, aber nicht vollständig gleichsinnig läuft. Er ist heute in der Kernladung des Atoms erkannt, welche die Ordnungszahl des Elements festlegt. Das Gefühl für den komplexen Charakter der chemischen Elemente war damals in manchen Köpfen überaus rege. Bekannt sind die Spekulationen von William Crookes über die Meta-Elemente, die später durch die Entdeckung der Isotopie in gewissem Umfang gerechtfertigt werden sollten. Bedeutungsvoll erscheint auch die Äußerung Faradays: „To discover a new element is a very fine thing, but if you could decompose an element and tell us what it is made of – that would be a discovery indeed worth making."

Bei der weiteren Entwicklung sollte sich herausstellen, daß die Chemie ein gut Teil dessen, was sie zur Klärung des Atombegriffs beitragen konnte, bereits geleistet hatte, und daß eine Vertiefung unserer Kenntnisse nur mit physikalischen Methoden möglich war. Dazu kam, daß die reinen Chemiker von dem kräftig aufblühenden organischen Zweig ihrer Disziplin stärkstens angezogen wurden, von diesem „Urwald der Tropenländer, voll der merkwürdigsten Dinge, einem ungeheuren Dickicht, ohne Ausgang und Ende, in das man sich nicht hineinwagen mag", wie einst Wöhler an Berzelius geschrieben hatte. So blieb der Ruhm, die chemischen Atomgewichtsbestimmungen zu größter Genauigkeit gebracht zu haben, der kleinen Gruppe von Chemikern vorbehalten, die genügend breite Interessen besaßen, um sich außer mit ihrem Fachgebiet noch mit physikalischen Untersuchungs- und Denkmethoden vertraut zu machen und sie in ihre Laboratoriumsarbeit einzuführen. Die Berücksichtigung physikalisch-chemischer Gesichtspunkte wurde für den Fortschritt des modernen Atomgewichtschemikers entscheidend.

Noch 1890 wurden die Stasschen Atomgewichtswerte als endgültige, nicht mehr zu verrückende Marksteine angesehen. Es ist nicht ohne Beigeschmack, daß gerade Wilhelm Ostwald, der doch stets gegen jeden Autoritätsglauben eiferte, bei Stas trotz einer eingehenden rechnerischen Analyse den in seinen Zahlen versteckten inneren Widerspruch übersah – so wie alle seine Zeitgenossen. Mit einer Ausnahme, dem Amerikaner T. W. Richards von der Universität Havard. Dieser darf als der eigentliche Begründer der neuzeitlichen chemischen Atomgewichtsforschung gelten. Richards erzielte solche Fortschritte, daß die Zahl derer, die mit ihm zu wetteifern vermochten, sich rasch verkleinerte. Wenige Forscher blieben in dieser Spitzenklasse, unter ihnen Richards Schüler Baxter und Hönigschmid. Richards Untersuchungen zeigen darin einen neuen Stil, daß nebensächlichen Einzelheiten dieselbe Aufmerksamkeit zugewendet wird wie dem Hauptproblem. Bei Verwendung reinster, nach ganz verschiedenen Verfahren hergestellter Chemikalien werden alle nur denkbaren Methoden herangezogen, um noch vorhandene Verunreini-

gungen zu entdecken. Ständig werden die Gesetze der physikalischen Chemie benutzt, um die Ausschließungsgrenzen für Verunreinigungen und das Verhalten der bei den Reaktionen verwendeten Substanzen quantitativ festzulegen. Als wichtiges Kriterium dient schließlich das übereinstimmende Verhalten der auf verschiedenen Wegen gewonnenen Verbindungen bei der Atomgewichtsbestimmung selbst. Dadurch erreichen die Arbeiten einen so verzweigten Charakter, daß sich die Bestimmung der fundamentalen Atomgewichte über Jahre hinzieht und auf manche Elemente, wie Silber, Chlor und Brom, immer wieder zurückgekommen wird. Alle Handgriffe werden weitläufig beschrieben, um der Nachwelt die Beurteilung und Wiederholung der Verfahren zu ermöglichen. Diese Arbeitsweise, bei der nach Richards „jeder einzelne Stein umgewendet wird, unter dem eine unbekannte Fehlerquelle verborgen sein kann", besitzt einen hohen vorbildlichen und erzieherischen Wert, so daß ihr genaues Studium jedem angehenden Chemiker angelegentlich empfohlen werden muß.

Richards entdeckt den inneren Widerspruch, an dem die bewunderten Werte von Stas leiden, der bis dahin den Augen aller Kritiker entgangen war. Er beweist, daß die von Stas zunächst übersehene Fehlerquelle der endlichen Löslichkeit des Chlorsilbers auch in seinen späteren Arbeiten nicht richtig eingeschätzt wurde und daß der von Stas benutzte titrimetrische Endpunkt fehlerhaft ist. Das von Stas verwendete Kochsalz enthielt Platin, sein Silbernitrat Spuren von Ammonsalzen, sein Silber Sauerstoff und vermutlich 0,014 % sonstige Verunreinigungen. Weiter hatte der belgische Forscher mit zu konzentrierten Lösungen gearbeitet, so daß sein Chlorsilber durch adsorbierte Salze verunreinigt war. Alle diese Fehler beeinflußten das Endergebnis in ein und derselben Richtung. Die Klarstellung dieser Mißstände – so winzig, daß sie bei einer gewöhnlichen Analyse keine Rolle spielen – geschieht mit solcher Überzeugungskraft und zugleich mit soviel Takt, daß der Belgier nicht hätte verletzt sein können, wenn er noch am Leben gewesen wäre. Überhaupt fällt bei einem so heiklen Thema, wie es Atomgewichtsbestimmungen nun einmal sind, der maßvolle und streng sachliche Ton der modernen Meister dieses Gebietes auf, dessen sie sich stets befleißigen,

auch dort, wo sie ihre persönlichsten Ansichten entwickeln. Ihre Darstellung wird unausgesprochen von dem Bewußtsein der menschlichen Unzulänglichkeit getragen, an die gerade diese Forscher, die an der äußersten Grenze des Möglichen arbeiten, immer wieder gemahnt werden.

Dieser Forschungsstil war ganz dazu angetan, um Otto Hönigschmid für die Dauer seines Lebens in den Bann zu schlagen. Als er nach der in Prag verbrachten Studienzeit zunächst 1904/06 bei Moissan, dem Darsteller des Fluors und Erfinder des elektrischen Ofens, seine Ausbildung vertiefte, hoffte er auf Anregungen für seine weitere anorganische Tätigkeit. Aber die Pariser Eindrücke bleiben im ganzen mehr persönlicher als wissenschaftlicher Art, und wenn er auch Moissan und den damals gewonnenen französischen Freunden unbeeinflußt durch die Wirren der Zeiten ein treues Andenken und herzliche Verbundenheit bewahrte, so fesselte ihn die dortige Arbeitsrichtung doch nur vorübergehend. In Richards Laboratorium überprüfte er 1910 das Atomgewicht des Calciums und lernte dabei den Arbeitsstil kennen, der seiner Natur gemäß war.

Dort, wo der gewöhnliche Chemiker eine gute Übereinstimmung findet, besteht für einen Mann wie Otto Hönigschmid eine beunruhigende Diskrepanz. Dort, wo ein anderer sich zufrieden gibt, liegt bei ihm das Problem. Dort, wo man sonst zu arbeiten aufhört, beginnt sein Schaffen. Es ist wohl unmöglich klarzumachen, welche Fülle von täglicher, durch Fehlschläge und Mißerfolge erworbener Erfahrung dazugehört, um eine moderne Atomgewichtsbestimmung glücklich zu Ende zu führen. Jeder Forscher weiß, wie schwierig es ist, bei einer Messung die Fehlergrenze der Versuche auf die Hälfte zu senken. Otto Hönigschmid hat aber verschiedentlich die Fehlergrenze nicht nur um eine, sondern fast um zwei Zehnerpotenzen herunterzudrücken vermocht. Dieser Fortschritt war nur um den Preis des völligen Aufgehens in seiner Arbeit und des Verzichts auf alle andersartigen Interessen zu erkaufen. Geräte und Instrumente, deren er sich bediente, waren einfach, aber bis in die letzte Einzelheit von durchdachter Zweckmäßigkeit. Die Glasapparate entstanden unter seinen geschickten Händen am Gebläsetisch, an dem er viele Stunden zubrachte. Nur so hatte er Gewähr, daß die ge-

wählte Glassorte verwendet und peinlichste Genauigkeit und Sauberkeit schon bei der Herstellung der Anordnung eingehalten wurde. Nie wurde er müde, einem Mitarbeiter geduldig alle Handgriffe zu zeigen oder für ihn die Apparatur zu verfertigen, deren er bedurfte.

Das Atomgewicht des Silbers, dieses wichtigen Substandards, bestimmte er in kritischen Arbeiten zu 107,880 mit einer Genauigkeit von 1:100.000, eine analytische Glanzleistung. Kaum weniger genau sind seine Atomgewichte von Chlor, Brom, Jod und Schwefel. Für das letztere Element wurde die Synthese des Silbersulfids aus seinen Bestandteilen zu einer Methode höchster Feinheit entwickelt und der von ihm erhaltene Wert noch nach seinem Tode in die internationale Tabelle von 1947 aufgenommen. Von zwei neuentdeckten Elementen, dem Hafnium und Rhenium, stammen die ersten zuverlässigen Bestimmungen aus seinem Laboratorium.

Alle Erfolge Hönigschmids wären jedoch nur vereinzelte, glänzende Bruchstücke geblieben, wenn nicht eine leitende Idee sich als ein einigendes Band durch seine Lebensarbeit hindurchzöge: Immer und immer wieder nimmt er die Aufgabe vor, die chemische Atomgewichtsforschung mit den Konsequenzen der atomphysikalischen Entwicklung in Einklang zu bringen. Während sich sonst die Vertreter der reinen Chemie mit einer nachträglichen Kenntnisnahme des physikalischen Fortschritts in Fundamentalfragen begnügen, hat Hönigschmid an ihnen tätig Anteil genommen und verschiedentlich in die Arbeit der Physiker unmittelbar eingegriffen. Wie wirkt sich die radioaktive Zerfallshypothese auf die Atomgewichte, z. B. des Bleis, aus? Welches sind die quantitativen Beziehungen zwischen den Atomgewichten des Urans, Radiums und Bleis? Welches sind die Atomgewichte physikalisch getrennter Isotope? Wie stimmen die chemischen Atomgewichte mit den massenspektroskopisch ermittelten überein? Welche Werte sind die besseren? Der Umstand, daß Hönigschmid diese Fragen aufwarf und beantwortete, verleiht ihm die Rolle eines einzigartigen Mittlers zwischen moderner Physik und klassischer Chemie.

Die Lösung dieser Rätsel enthält zugleich die Antwort auf die älteren, weiter oben angeschnittenen Probleme. Hönigschmid

entdeckt die Verschiedenheit der Atomgewichte von Uranblei und Thorblei. Er bestimmt zweimal das Atomgewicht des Radiums und mit immer verbesserter Technik dreimal das des Urans. Der einst von Chemikern erahnte, dann von den Physikern aufgedeckte genetische Zusammenhang der Elemente wird so von Hönigschmid als Frucht einer 25jährigen Anstrengung mit dem klassischen Instrument der Chemie, der Waage, nochmals quantitativ bewiesen. Er findet das Atomgewicht des Urans zu 238,07; andererseits berechnet sich aus den Messungen der Physiker die Summe von Radium G (dem Uranblei) und den Zerfallsprodukten des Urans zu

$$\begin{array}{llll} 205{,}965 & + & 32{,}079 & = 238{,}044 \\ \text{Radium-G} & + 8\text{mal } (\alpha, \beta, \gamma, \delta)\text{-Strahlung} & & = \text{Uran} \end{array}$$

Weiter folgt aus der radioaktiven Zerfallstheorie

$$\begin{array}{llll} 238{,}044 & - & 12{,}026 & = 226{,}018 \\ \text{Uran} & - 3\text{mal } (\alpha, \beta, \gamma, \delta)\text{-Strahlung} & & = \text{Radium,} \end{array}$$

während Hönigschmid für das Atomgewicht des Radiums 226,05 erhielt. Dabei arbeitete er mit der gefährlich großen Menge von 3 Gramm Radiumelement in seinen üblichen Apparaten ohne jeden Strahlungs- und Atmungsschutz. Seine späteren schweren Erkrankungen stehen mit der Gefährdung bei dieser Arbeit vielleicht doch in ursächlichem Zusammenhang. Weiter erläuterte er den Wahrheitsgehalt der Proutschen Hypothese und zeigte, daß das leichtere Chlorisotop das Atomgewicht 34,979, das schwerere das Atomgewicht 36,956 hat, daß sie also nahe an den ganzen Zahlen 35 und 37 liegen, während gewöhnliches Chlor den früher so anstößigen Wert 35,457 aufweist. So kommen zwei grundverschiedene Methoden, die von Aston begründete physikalische Massenspektroskopie und die chemische Atomgewichtsbestimmung zu demselben Ergebnis, daß die Atomgewichte aller „Isotope" sehr nahe ganzzahlig sind und die groben Abweichungen von der Ganzzahligkeit durch das konstante Mischungsverhältnis chemisch kaum trennbarer „Reinelemente", eben der Isotope, bedingt werden. Diese selbst bestehen zwar nicht aus verdichtetem Wasserstoff, sondern aus Protonen, Neutronen und Elektronen. Das Gewicht der leichten Elektronen spielt kaum eine Rolle, während die Masse des Protons nahezu gleich der des

Neutrons und des Wasserstoffatoms ist. So kommt jenes von Prout geforderte Gesetz der Ganzzahligkeit doch zustande, ein wenig modifiziert durch den von Marignac geahnten Massendefekt, der von den im Kern waltenden Kräften herrührt!

Hönigschmid hat also stets große Gesichtspunkte im Auge, und das scheidet ihn vom einseitigen, chemischen Modefragen zugewandten Spezialistentum, für das ein Auseinanderlaufen der Entwicklungslinien kennzeichnend ist. Sein Spezialistentum bringt keine Divergenz, es verbindet vielmehr die Erkenntnisse der Physik mit denen der Chemie und sichert damit seinem Wirken dauernde Bedeutung. Dank einer Bescheidung auf spezielle Fragestellungen erhält hier eine wissenschaftliche Persönlichkeit erst ihre Größe, und des Meisters Lebenswerk rundet sich zu prachtvoller Geschlossenheit dadurch, daß jene alten Fragen nun wirklich endgültig erledigt werden und daß mit dem Ende seiner Tätigkeit auch die chemische Atomgewichtsforschung ihren Abschluß erreicht.

Hönigschmid verstand es, die Lust an schaffensfroher, aber nie überhetzter Arbeit mit seinem Bedürfnis nach Erholung wunderbar ins Gleichgewicht zu setzen. Überblickt man sein Dasein, so überwiegt trotz mancher verborgener Spannungen, trotz schwerer Krankheit in den späteren Jahren, trotz des versagt gebliebenen Wunsches nach experimenteller Tätigkeit bis zum letzten Atemzug doch der Eindruck eines harmonisch verbrachten Lebens. Er war ein Glücklicher. Auch die Tatsache seines tragischen Freitodes kann daran nichts ändern. Geboren in der Donaumonarchie Seiner Kaiserlichen und Königlichen Apostolischen Majestät lebte er mit den unterhaltenden und belehrenden Unterbrechungen durch Auslandfahrten in der Ungebundenheit, die das Dasein damals einem freien Geiste zu gewähren vermochte. Dann kam der erste Weltkrieg, der bis auf die von allen geforderten Beschränkungen wenig in seine Gewohnheiten und Arbeiten eingriff. Im Frühjahr 1918 nach München berufen, wurde er ein königlicher Untertan, freilich, um schon ein Halbjahr später eines Morgens im Freistaat Bayern aufzuwachen. Er erhält sein kleines, aber zweckmäßig eingerichtetes Forschungsinstitut, in dem ihm über 20 Jahre die Arbeit zum leidenschaftlichen Genießen wird. Inzwischen werden nach manchem politischen Auf

und Ab neue Eide von neuen Männern gefordert, die ein Reich von kirchlicher Dauer zu gründen verheißen. Weitere 12 Jahre verrinnen, man schreibt 1945 – da ist ein überkommenes Erbe sinnlos vertan. Als sich die Bahn des Meisters ihrem Ende nähert, lebt er unter einer Militärregierung, und was man noch gestern zum Verbrechen stempelte, wird heute Verdienst.

Nimmt es da wunder, daß er alt und weise zum Verächter der Welt und ihrer Herren wurde, die an Worten und Versprechen so viel, an wahrem Glück so wenig zu bieten haben? Gerade ihm, der wie geschaffen war für ein heiteres und unbeschwertes Dasein und ein Menschenleben lang sich um die Erkenntnis der immer gültigen, ewigen Naturgesetze mühte – es herrsche ein Kaiser oder ein König oder die Volksgewalt oder ein Diktator oder ein General – gerade ihm mußte die vergängliche Nichtigkeit irdischer Ansprüche zutiefst bewußt werden. Wir, die wir ihn kannten, verstanden und liebten, wissen daher auch, daß dieser freudige Bejaher des Lebens keinen Augenblick gezaudert hat, den stillen Fährmann herbeizuwinken, der ihn über den dunklen Strom zur Quelle des Vergessens führen sollte, als er die Stunde für gekommen hielt.

Unmittelbar nach dem ersten verlorenen Weltkrieg, in einem vom Revolutionsfieber geschüttelten Deutschland, im Jahre 1920, war es, daß nach Richard Willstätters Wunsch und Willen „bei dem Umbau der alten Hörsäle ein mit den besten Hilfsmitteln ausgestattetes Laboratorium für Atomgewichtsbestimmung ohne viel Aufhebens eingerichtet werden konnte, eine aus sieben Räumen bestehende Forschungsanstalt, die Herrn Hönigschmid zur Verfügung gestellt wurde". Wieviel hat dieses Laboratorium und sein Leiter zum chemischen Weltruhm Münchens beigetragen! Eines Weltruhms, der an die Namen unserer Akademiemitglieder Justus v. Liebig, Adolf v. Bayer, Richard Willstätter, Hans Fischer, Otto Hönigschmid und den des letzten Überlebenden der großen Reihe, Heinrich Wieland, unlöslich geknüpft ist. Heute liegen Säle und Hallen des chemischen Staatslaboratoriums und des Atomgewichtslaboratoriums in Trümmern. So wie damals Willstätters Stimme erschallt heute der Ruf der Münchener Chemiker nach rascher, ausreichender Hilfe. Wird, das ist unsere bange Frage, seitens der Staatsregierung alles, aber auch alles

geschehen, um der Münchener Chemie eine neue Heimstätte zu schaffen, auf daß eine große Tradition bewahrt werde? Wenn wir in der Vorstellung des wohlangewendeten Lebens Otto Hönigschmids Trost über sein Sterben finden und so der aufquellenden Bitterkeit unserer Herzen über das Ende unseres Freundes Herr werden, so wünschen wir doch nichts sehnlicher, als daß die Lebenden sich des Toten würdig erweisen! Videant consules!

ANHANG

1. Ansichten Otto Hönigschmids über die Ursachen noch bestehender Diskrepanzen zwischen physikalischen und chemischen Atomgewichten, die außerhalb der Meßfehler liegen.

Teils mündliche Äußerungen, teils zitiert nach O. Hönigschmid, Forschungen und Fortschritte 19, 121 (1943)

Element	Anzahl der Isotope	Atomgewicht chemisch	Atomgewicht physikalisch	Bemerkungen von O. Hönigschmid
Natrium	1	22,997	22,990	Revision des chemischen Werts erwünscht.
Scandium...	1	45,10	44,96	Chemischer Wert sicher zu hoch. Solange keine andere Versuchstechnik für eine Sublimation von $ScBr_3$ ohne Verätzung von Glas und Quarz entwickelt ist, „hat es keinen Zweck, die alten Fehler zu wiederholen".
Molybdän...	7	95,95	95,92	Chemischer Wert sollte stimmen; vielleicht sind die massenspektrographischen Häufigkeiten noch korrekturbedürftig.
Rhuthenium.	6	101,7	101,1	Chemisch nicht sicher bestimmt; massenspektrographischer Wert noch sehr unsicher.
Jod	1	126,917	126,909	Reinelement, dessen chemischer Wert auf 1 Einheit der 3. Dezimale stimmen sollte. Diskrepanz unaufgeklärt.
Samarium ..	7	150,37	150,12	Physikalische Häufigkeitsbestimmungen der Isotope unsicher.
Terbium ...	1	159,2	158,93	Diese seltenen Reinelemente wurden wohl noch nie in atomgewichtsreiner Form isoliert. Müßten sich als Trichloride mit Silber gut bestimmen lassen.
Thulium ...	1	169,4	168,95	
Hafnium ...	7	178,6	178,44	Physikalische Häufigkeitsbestimmungen noch unsicher. Darstellung zirkonfreier Hf-präparate für die chemische Bestimmung erwünscht.
Tantal	1	180,88	180,96	Diskrepanz ungeklärt.
Iridium.....	2	193,1	192,22	Chemische Werte sicher falsch; es ist aber keine stöchiometrisch genügend definierte und zugleich einwandfrei wägbare Verbindung als Ausgangsmaterial für eine Bestimmung bekannt.
Gold	1	197,2	196,99	
Thorium....	1	232,12	232,06	Revision des chemischen und physikalischen Atomgewichts erwünscht.

2. Grundriß und Einrichtung des am 17. Dezember 1944 zerstörten Hönigschmid'schen Atomgewichtlabors

A (genannt Zimmer I)

1 Labortisch mit eingebauten Schränken
* darauf Glaskasten zum staubfreien Arbeiten
2 Steintisch mit Destillationsapparatur für reinstes Wasser
3 Steinabzug
4, 5, 6, 7 Abzüge
8 Kleiner Tisch
** Spezial-Gastrocknungs-Apparatur
9 Werktisch mit Schraubstock
10 Arbeitstisch mit eingebauten Schränken
11 Gestell mit Reagenzien
12 Glasrechen zum Trocknen der Geräte
13 Ausguß
14 Bleitisch
15 Glasschrank für Glasgeräte

B (genannt Zimmer II)

1 Labortisch mit eingebauten Schränken und * Glaskasten zum staubfreien Arbeiten
2 Steintisch mit Destillationsapparat für reinstes Wasser
3, 12 Ausguß
4, 5, 6, 7 Abzüge
** in 7 Spezial-Gastrocknungsapparatur
8 Labortisch mit eingebauten Schränken
9 Gebläsetisch
10 Gestell mit Reagenzien
11 Schrank für Glasgeräte

C (Chlorzimmer)

1 Labortisch mit eingebauten Schränken
** Spezial-Gastrocknungs-Apparatur für Chlor
2, 3 Abzüge
4 Großer Bleiausguß
5 Abtropfgestell

D (Elektrisches Zimmer)

1 Mitteltisch mit Zentrifuge Z
2, 3 Abzüge
4 Ausguß
5 Labortisch mit eingebautem Schrank
⊗ Hochvakuumanlage mit Hg-Diffusionspumpen
6 Labortisch
×× Wasserstoffentwickler mit spezieller Gastrocknung
7 Tresor

E (genannt Professor-Zimmer)

1 Schreibtisch mit 2 Sesseln
2 Büchergestell mit Separatensammlung über Atomgewichtsarbeiten
3 Waschbecken
4 Kleiderkasten
5 Dämpfungswaage
6 Bücherschrank
7 Kleiner Tisch zur Silberelektrolyse

F (Stinklaboratorium)

1 Steintisch zum Aufstellen elektrischer Anlagen
°° elektrische Trockenöfen
2 Labortisch mit eingebauten Schränken
⊗ Hochvakuumanlage mit Hg-Pumpen
3, 4, 5 Steinabzüge
× in 3 Ausguß
6 Glastrockenrechen
7 Ausguß
8 Gestell mit Reagenzien

G (Wägezimmer)

1, 2, 3 Marmorplatten mit den Waagen und Schränkchen für Exsikkatoren, Gewichte usw.
4 Barometer

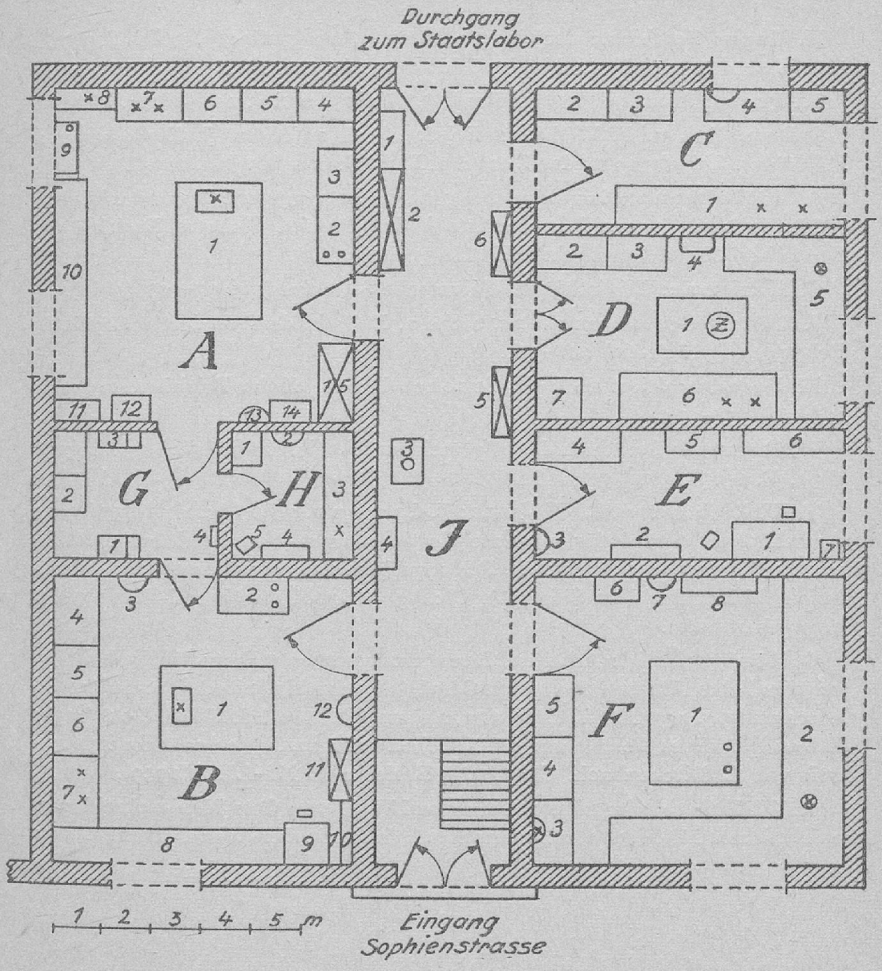
H (Dunkelkammer)

1 Tisch mit Nephelometer
2 Ausguß
3 Arbeitstisch mit * Spritzanlage für reinstes Wasser
4 Gestell für Analysenkolben
5 Eisschrank

J (Flur)

1 Sogenannter „Grüner Vorhang", Gestell für Ölkannen, Packmaterial, Watte u. dgl.
2 Glasschrank mit Glas- und Quarzgeräten
3 Hocker mit Ballon für destilliertes Wasser
4 Sicherungs- und Schaltkasten
5 Schrank für Elektrogeräte
6 Präparate

[1] Die näheren Angaben sind Frau Dr. Friedl Hirschbold-Wittner, der langjährigen Mitarbeiterin von Otto Hönigschmid, zu verdanken.


Durchgang
zum Staatslabor
A
B
C
D
E
F
G
H
J
1 2 3 4 5 m
Eingang
Sophienstrasse

3. Benutzte Literaturquellen

H. Kopp: Geschichte der Chemie, Braunschweig 1844, s. 2. Bd. S. 370 ff. über Daltons und Berzelius' stöchiometrische Arbeiten.

W. Prout: Annals of Philosophy **6**, 321 (1815) und **7**, 111 (1816).

J. Berzelius u. F. Wöhler: Briefwechsel zwischen J. Berzelius und F. Wöhler. Leipzig 1901, das Zitat s. 1. Band S. 604 (28. Jan. 1835).

A. W. Hofmann: Zur Erinnerung an vorangegangene Freunde. Vieweg 1888. II. Band S. 209. Jean-Baptiste-André Dumas. Siehe a. Berichte der Deutschen Chem. Gesellschaft XVII (3) 629 (1884).

C. Marignac: Bibliothèque Universelle (Archives) **9**, 97–107 (1860).

J. S. Stas: Oeuvres complètes. Siehe a. Bulletin de l'Académie Royale de Belgique (2) **10** (1860) 208–336.

M. Faraday zitiert nach W. Crookes Report of the British Association 1886, S. 558–576.

W. Ostwald: Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Zweite Auflage. Leipzig 1891. S. 1–138.

T. W. Richards u. R. C. Wells: Z. f. anorg. u. allg. Chemie **47**, 57 (1905). Aufschlußreiche und für moderne Bestimmungen charakteristische Arbeit mit Aufklärung der Stas'schen Fehlerquellen. Richards erhielt für die Relation (Silberchlorid zu Silber) AgCl : Ag = 1,32867, während Stas 1,32848 angegeben hatte.

O. Hönigschmid: Arbeiten. Literaturzusammenstellung für die bis 1937 veröffentlichten Untersuchungen s. Otto Hönigschmid, Festschrift zum 60. Geburtstag 13. 3. 1938. Z. f. anorgan. u. allgem. Chemie Bd. **236** S. 6–11 (1938). Ein vollständiges Verzeichnis der Arbeiten steht am Ende des schönen Nachrufs von L. Birckenbach. Chemische Berichte **82** XI–LXV (1949).

R. Willstätter: in seinem Antrag auf Wahl von Otto Hönigschmid zum ordentlichen Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften vom 2. 7. 1921.