

Über Gewichtsänderung bei chemischen und physikalischen Umsetzungen in geschlossenem Rohr und über Hrn. Heydweillers Entdeckung.

Eine Einleitung

von

Georg W. A. Kahlbaum.

In Nr. 2 ihres vierten Jahrganges, vom 15. Oktober 1902, machte die „Physikalische Zeitschrift“ Mitteilung von einer grundlegenden Entdeckung, die, wenn sie sich bewahrheitet, zu den schönsten und bedeutsamsten der neuerdings so überaus erfolgreichen physikalischen Forschung gehört.

Hr. Prof. *Adolf Heydweiller* in *Münster* berichtet in der gedachten Zeitschrift folgendes:

„In Verfolgung der Untersuchungen über Gewichtsänderungen bei chemischer und physikalischer Umsetzung¹⁾, wurde die Gewichtskonstanz radioaktiver Substanzen geprüft, um festzustellen, ob die beobachteten Gewichtsänderungen etwa in einem Zusammenhange mit den Erscheinungen der Radioaktivität stehen könnten.

5 g radioaktiver Substanz von *de Haen* in *List-Hannover*²⁾ mit der Bezeichnung „konzentriert“ und sehr erheblicher Aktivität wurden in ein Röhrchen aus

¹⁾ Physikal. Zeitschr. Bd. 1. 1900. S. 527 und Drude. Annal. Bd. 5. 1901. S. 394.

²⁾ Vergl. *F. Giesel*, Wiedemann Annal. Bd. 69. 1899. S. 91.

alkalifreiem Jenenser Glase 477^{III} von 0,7 cm lichter Weite und 13 cm Länge eingeschlossen und ihr Gewicht mit einem gleichen Röhrchen voll Glasstücken von nahe demselben Gewicht und Volumen mehrere Wochen hindurch verglichen.

Das Ergebnis war ein überraschendes. Es zeigte sich ein kontinuierlich wachsender Gewichtsunterschied, einer Gewichtsabnahme der radioaktiven Substanz um etwa 0,02 mg in 24 Stunden entsprechend. Über die Einzelheiten der Untersuchung, die noch mehrfach Interessantes bietet, wird an anderer Stelle ausführlich berichtet werden. Die gesamte bisher beobachtete Gewichtsänderung beträgt bereits nahe $\frac{1}{2}$ mg.“

Soweit das Tatsächliche in der Mitteilung Prof. *Heydweillers*. Wie man sieht, handelt es sich bei dieser kurzen Notiz zunächst um die sehr gerechtfertigte Wahrung der Priorität für diese wichtige Entdeckung. Jedoch ist Hr. Prof. *Heydweiller* ein so ernster und subtiler Forscher, dass auch einer so kurzen Mitteilung von ihm grosse Bedeutung zukommt.

Es ist also festgestellt worden, dass eine Gewichtsänderung in geschlossenem Glasgefäss statthat, d. h. dass wägbare Substanz Glas zu durchdringen vermag.

Welcher Art diese Materie sei, das bleibe zunächst gänzlich aus dem Spiel.

Die Frage, ob Gewichtsänderung in geschlossenem Glasgefäss möglich, ist des öftern aufgeworfen worden; in letzter Zeit bekanntlich besonders von Hrn. *Landolt* in *Berlin*, der derselben mit ausserordentlicher Sorgfalt und Mühwaltung nachgegangen ist und noch nachgeht.

Es ist bekannt, dass die auf Wasserstoff = 1 bezogenen Atomgewichte in einer Mehrzahl von Fällen von einer ganzen Zahl nur um recht geringe Werte

abweichen, und dass diese ganz geringen Abweichungen zwar nicht völlig verschwinden, aber auch, trotz der Verfeinerung unserer analytischen Methoden, nicht nennenswert wachsen. Es ist weiter bekannt, dass, auf diese Tatsache hin, der englische Arzt *William Prout* in einer 1815 erschienenen Arbeit behauptet hat, dass die Atomgewichte einfache, geradzahlige Multipla des Wasserstoffs = 1 seien, woraus sich ableiten liesse, dass die verschiedenen Elemente nichts anderes als verschiedene Verdichtungsphasen einer Urmaterie, zunächst einmal des Wasserstoffes, seien. —

Begreiflicherwise erregte diese sogenannte *Prout'sche Hypothese* ein ungeheueres Aufsehen, und das um so mehr, als die uns heut geläufigen Zahlen, auf $H = 1$ bezogen, damals *nicht* gebräuchlich waren, wenn auch *Poggendorff's*¹⁾ Bemerkung, *Prout* habe überhaupt als erster den Wasserstoff zu Grunde gelegt, falsch ist; das tat schon *Dalton*²⁾.

Zwar niemals in unbestrittener Geltung stehend, erhielt diese Hypothese doch wieder einen gewaltigen Stimulus, als *Dumas* und *Stas*, 1840, fanden, dass das Atomgewicht des Kohlenstoffes mit 12,0008 im Gegensatz zu des *Berzelius* wiederholter Festlegung mit 12,23, ebenfalls der Regel *Prouts* zu folgen schien. War doch *Stas* selbst, offenbar durch den Erfolg der Bestimmung des Kohlenstoffes, zu *Prouts* Anschauungen bekehrt, und begann er seine mit unerreichter Sorgfalt durchgeführten Arbeiten, die zu dem unumstösslichen Satz führten, dass die Atomgewichte *nicht* durch ganze Zahlen ausgedrückt

1) Handwörterbuch Bd. 2. Spalte 539.

2) Die Entstehung der *Daltouschen* Atomtheorie. Deutsch von *Kahlbaum*. Monographien aus der Geschichte der Chemie, Heft 2. 1898. S. 27 u. Tafel 3.

werden dürfen¹⁾, ursprünglich, um das Gegenteil zu beweisen.

Fest steht also, dass die ermittelten Werte zwar mit Dezimalen behaftet sind, immerhin in ihrer Mehrzahl von ganzen Zahlen nur sehr wenig abweichen.

Es darf also die Frage aufgeworfen werden: Sind nicht etwa besondere, andere Gründe und Ursachen dafür haftbar zu machen?

Das ist, 50 Jahre nach *Prout*, 1865 durch *Marignac* bereits geschehen.

Wir wissen, dass die beiden grossen Gasgesetze, welche die Änderung des Volumens aller Gase bei Druck- und Temperaturwechsel regeln, keine *absolute* Gültigkeit haben; und ebenso ist es bekannt, dass das gleiche von dem Gesetze der konstanten Atomwärmen gilt.

Mit Bezug auf die beobachteten Abweichungen bei den beiden ersten Gesetzen, meint nun *Marignac*²⁾: Man könne die Hypothese *Prouts* neben die Gesetze von *Boyle* (*Marignac* nennt es 1865 natürlich noch nach *Mariotte*) und *Gay-Lussac* stellen, und eine *wesentliche* Ursache annehmen, aus der die Einfachheit, die Geradzahligkeit der Verhältnisse der Atomgewichte abzuleiten sei, dazu aber noch *sekundäre* Ursachen, denen die geringfügigen Abweichungen von der absoluten Gültigkeit des Gesetzes zuzuschreiben seien.

Es wird sich nun weiter fragen, welcherlei Art können denn diese sekundären Ursachen sein, die eine solche störende Einwirkung auszuüben imstande sind?

1) Untersuchungen über die Gesetze der chemischen Proportionen, über die Atomgewichte und ihre gegenseitigen Verhältnisse. Leipzig, Quandt und Händel 1867. Begonnen wurden *diese* Arbeiten *Stas'* bereits 1860.

2) Liebig, *Annal. Supplbd.* 4. 1865—66. S. 206.

Marignac selbst hat sich darüber nicht ausgelassen, dagegen hat *Lothar Meyer* ausdrückliche Antwort darauf erteilt.

In seinen „*Modernen Theorien*“ sagt er darüber:

„Es ist wohl denkbar, dass die Atome aller oder vieler Elemente doch der Hauptsache nach aus kleineren Elementartheilchen einer einzigen Urmaterie, vielleicht des Wasserstoffes, bestehen, dass aber ihre Gewichte darum nicht als rationale Vielfache von einander erscheinen, weil ausser den Theilchen dieser Urmaterie, etwa noch grössere oder geringere Mengen der vielleicht nicht ganz gewichtlosen, den Weltraum erfüllenden Materie, welche wir als Lichtäther zu bezeichnen pflegen, in die Zusammensetzung der Atome eingehen.

Es ist das eine Hypothese, die nicht unzulässig erscheint und, obwohl sie zur Zeit weder erwiesen noch widerlegt werden kann, doch in weiterer Ausführung vielleicht zukünftig lohnende Früchte zu tragen vermag, wenn sich auch für den Augenblick die Gewinnung solcher noch nicht erwarten lässt¹⁾.“

So wie der Ausspruch *Marignacs* als Erwiderung auf den Satz von *Stas*: „Ich betrachte somit die *Proutische* Hypothese als eine reine Täuschung, und die für unzersetzbar geltenden Körper als voneinander verschiedene Wesen, welchen keine einfache Beziehung der Gewichte untereinander zukommt“²⁾, anzusehen ist, so ist hinwiederum *Lothar Meyers* Betrachtung direkt durch *Marignacs* Überlegung gezeitigt worden. Sie erscheint denn auch erst, in direkter Verbindung mit dem Namen des Genfer Forschers, in der 2. Auflage der „*Modernen Theorien*“ 1872, während die erste Ausgabe 1864 nichts davon enthält. Seiner Ansicht ist *Lothar*

1) *Lothar Meyer*, *Moderne Theorien* 1872. 2. Aufl. S. 293.

2) *Liebig*, *Annal. Supplbd.* 4. 1865—1866. S. 170.

Meyer dann aber treu geblieben, denn das am Morgen seines Todestages, 11. April 1895, an die Verlagshandlung gesandte Manuskript der 6. Auflage bringt dieselbe noch wörtlich wieder.

Der Welt- oder Lichtäther, der Träger der Fernwirkung, wird heut im allgemeinen *nicht* für absolut schwerelos angesehen. Seine Schwere ist z. B. von *Gratz*¹⁾ zu angenähert 10^{-17} von der des Wassers berechnet worden. Wenn das *Boyle'sche* Gesetz strenge Gültigkeit hätte, und die Temperatur konstant bliebe, würde danach die Dichte der Luft bereits 33 Meilen über der Erdoberfläche die gleiche wie diese des Äthers sein²⁾.

Man sieht also, dass auch Materie, im gewöhnlichen Sinne des Wortes, von der Dichte des Äthers keineswegs undenkbar ist.

Wenn also der Äther auch nicht völlig schwerelos ist, so ist er immerhin so leicht, — der in einer Säule atmosphärischer Luft von einem Quadratmeter Querschnitt und 30 Meilen³⁾ Höhe enthaltene Äther würde 0,0022 mg wiegen⁴⁾, — dass er sich, in *der* Form, in welcher er in der Atmosphäre enthalten ist, der Wägung mit unsern heutigen Mitteln entzieht.

Nun ist aber eine wohl als allgemein gültig anzusehende Regel die, dass alle Körper an ihrer Oberfläche Luft verdichten. Wie so viele andere, habe auch ich, bei meinen vielfachen Arbeiten im Vakuum, unzählige dahingehende Beobachtungen gemacht, so dass ich zu der Annahme geführt wurde, dass alle Oberflächen mit einem dicken Polster verdichteter Luft überzogen sind.

1) *L. Gratz*, Wiedemann Annal. Bd. 25. 1885. S. 171.

2) *L. Gratz*, a. a. O. S. 172.

3) Mittlere Erdatmosphärenhöhe.

4) *L. Gratz*, a. a. O. S. 171.

Diese Ansicht — von der an den Oberflächen verdichteten Luft — hat der Botaniker *Karl Wilhelm Nügel* in *München* 1884 auf den Äther übertragen, der dadurch in einen Zustand überginge, in dem er auch für unsere heutigen Mittel wägbare sein könnte. Nach ihm sollen die, die Atome zusammensetzenden, „Ameren“ von einer solchen Hülle wägbaren oder *Schweräthers* umgeben sein.

Ich gehe hier auf *Nügel's* Theorie der Ameren nicht näher ein, sondern verweise auf die Einleitung zu Hr. *Landolt's*: „Untersuchung über etwaige Änderung des Gesamtgewichtes chemisch sich umsetzender Körper¹⁾“, die ich mir, wie hier, auch sonst bei *meinen* einleitenden Sätzen, natürlich zu nutze gemacht habe.

An die Besprechung der Ameren-Theorie schliesst Hr. *Landolt* folgende Sätze an: „Macht man auf Grund dieser *Nügel's*chen Anschauungen die zulässige Annahme, dass die *Schwerätherhüllen* der verschiedenen chemischen Atome ungleich dicht sein werden, so muss, wenn in dem Molekül einer Verbindung ein Element sich durch ein anderes ersetzt, an der eintretenden Gewichtsänderung auch die veränderte Menge des wägbaren Äthers Anteil haben.“ — Dieser Satz ist zweifellos richtig und die Annahme sicher gestattet. Nun heisst es aber weiter: „Somit könnte der Fall eintreten, dass bei sehr genauer Wägung das Gesamtgewicht zweier Körper vor und nach ihrer chemischen Umsetzung nicht völlig gleich gefunden wird, indem eine gewisse Menge ponderablen Äthers aus- oder eingetreten ist. Das gleiche wäre möglich, wenn der Äther von den Atomen chemisch aufgenommen wird.“

¹⁾ *H. Landolt*, Mathematische und naturwissenschaftliche Mitteilungen aus den Sitzungsber. d. K. Akad. der Wissenschaft. zu Berlin. Jahrg. 1893. S. 187.

So wie es hier gesagt wird, berechtigt die Prämisse *nicht* zu dem daraus gezogenen Schluss.

Es sei A das Gewicht eines Atomes und a das Gewicht der dazugehörigen Schwerätherhülle, die gleiche Bedeutung mögen haben B und b, C und c, D und d.

Es möge sich nun umsetzen:

$$(A + a) (B + b) \text{ und } (C + c) (D + d)$$

zu

$$(A + a) (D + d) \text{ und } (C + c) (B + b).$$

Dabei würde niemals eine Änderung des Gesamtgewichtes zu konstatieren sein können. Eine solche würde erst dann möglich sein, wenn die weitere Prämisse zuträfe, dass mit einem, sagen wir kurz, Wechsel der Affinität, in allen oder einzelnen Fällen eine Änderung der Masse der Schwerätherhülle einträte, also wenn, — es seien die geänderten Massen der Ätherhüllen durch griechische Buchstaben angedeutet, — im günstigsten Falle, aus

$$(A + a) (B + b) \text{ und } (C + c) (D + d)$$

würde

$$(A + \alpha) (D + \delta) \text{ und } (C + \gamma) (B + \beta).$$

Ob eine solche Annahme gemacht werden darf, ist allerdings fraglich; mir erscheint sie zulässig.

Ohne auf weitgehende Spekulationen einzutreten und unter Zugrundlegung rein mechanischer Anschauungen, von denen jedoch noch ausdrücklich betont werden sollte, dass:

„dies alles nur sind Schemen
zum Gebrauche für's Katheder“,

könnte etwa folgendes ausgeführt werden. Das Auftreten der chemischen Verwandtschaft zweier Stoffe kommt zu-

nächst zum Ausdruck in der Sprengung bestehender und der Bildung neuer Molekularverbände. Innerhalb eines solchen wird sie sich etwa betätigen können durch eine, gegeneinander zu und voneinander ab gerichtete, schwingende Bewegung der Atome. Grössere Verwandtschaft könnte sich dann z. B. durch kleinere Amplituden und kürzere Schwingungsintervalle geltend machen. Es wird kaum anzunehmen sein, dass Atome von Stoffen *entfernterer* (!) Verwandtschaft in engeren und häufigeren Beziehungen zueinander stehen werden, wie solche von *grösserer* Verwandtschaft.

Lassen wir diese Annahme gelten, so würde es nicht gezwungen erscheinen, vorauszusetzen, dass bei diesem Wechsel im Rhythmus der Atombewegung auch die Ätherhüllen in Mitleidenschaft gezogen werden; ob im Sinne einer Lockerung oder Verdichtung, bleibe zunächst aus dem Spiel. Jedenfalls aber würde, da unter allen Bedingungen eine Umlagerung nur im Sinne einer *Betätigung engerer* Verwandtschaft zueinander stattfinden kann, anzunehmen sein, dass diese Änderung auch stets nur in *einem* Sinne verlaufen kann, zum mindesten für endotherme Reaktionen einer- und exotherme Reaktionen andererseits.

Meiner Auffassung nach, sollten alle *freiwilligen* Umordnungen stets mit einer *Abnahme* der umhüllenden Äthermasse Hand in Hand gehen; denn je dichter die indifferente Hülle ist, um so weniger wird sich die *verschiedene* chemische Natur der Atome, aus der ja der grössere oder geringere Grad der Verwandtschaft der Stoffe zu einander resultiert, geltend machen können.

Handelt es sich dagegen um eine Umlagerung im Sinne einer Änderung der *physikalischen* Konstanten, also z. B. Polymerisation, so lässt sich die Frage, ob eine Zu- oder Abnahme eintreten wird, aprioristisch

nicht entscheiden, dagegen müsste die Änderung unter allen Bedingungen nach den beiden Richtungen entgegengesetzt verlaufen.

Der Schlusssatz in Hrn. *Landolts* Erwägung: „Das gleiche wäre möglich, wenn der Äther von den Atomen chemisch aufgenommen wird,“ bleibt natürlich zu Recht bestehen, und jetzt, aber auch jetzt *erst*, dürfen wir den Vordersatz gelten lassen: „Somit könnte der Fall eintreten, dass bei sehr genauer Wägung das Gesamtgewicht zweier Körper vor und nach ihrer chemischen Umsetzung nicht völlig gleich gefunden wird.“ Dabei müsste nach den oben entwickelten Anschauungen in allen Fällen eine *Abnahme* des Gewichtes stattfinden.

Als eine andere Fehlerquelle bei der Bestimmung des exakten Gewichtes chemischer Verbindungen vor und nach dem Umsatz wäre noch denkbar, dass die Schwere nicht auf alle Substanzen mit völlig gleicher Intensität wirke. Dass dieselbe aber praktisch nicht in Betracht kommt, darauf hat Hr. *Landolt*¹⁾ bereits hingewiesen, ich brauche also hier nicht damit zu rechnen. Dagegen ist man über die Masse des um die Atome oder mit denselben verdichteten Äthers völlig im unklaren.

Nach unserer Auffassung ist das All mit Äther erfüllt, derselbe durchdringt alles und bewegt sich überall frei hin; für ihn gibt es kein Hindernis.

Nehme ich nun in einem geschlossenen Rohr eine chemische Umsetzung vor, und konstatiere dabei eine Gewichtsänderung des Gesamtsystems, so wäre — subtilste Beachtung aller möglichen Fehlerquellen selbstverständlich vorausgesetzt — eine solche allein aus einer Änderung des Äthergehaltes im Glasrohr erklärlich.

Daraus aber würde einmal Aufschluss gewonnen darüber, in welcher Grössenordnung der Schweräther an

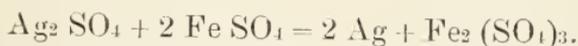
¹⁾ *Landolt*, a. gl. O. S. 189.

dem Gesamtgewicht der Stoffe etwa beteiligt ist, und weiter, darüber, ob ein Wechsel in der Masse des Äthers die analytischen Befunde soweit fälschen könnte, dass darin die Abweichung von der strengen Gültigkeit der *Prout'schen* Hypothese ihre Erklärung fände. —

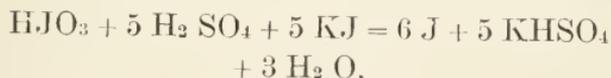
Solche Versuche sind in geringerem Umfange im Jahre 1891 in *Berlin* von *Kreichgauer*¹⁾, und, in viel ausgedehnterem Maasse und mit stupendester Sorgfalt durchgeführt, 1892 von *Landolt*, in der mehrfach genannten Arbeit, veröffentlicht worden.

Die Umsetzungen, die Hr. *Landolt* vornahm, waren:

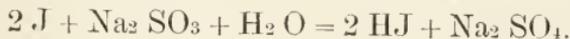
1. Silbersulfat und Ferrosulfat in Silber und Ferri-sulfat



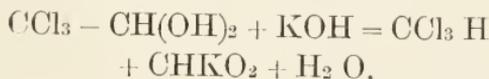
2. Jodsäure und Jodwasserstoff in Jod und Wasser



3. Überführung von Jod in Jodwasserstoff mit Hülfe von Natriumsulfit



4. Umsetzung von Chloralhydrat und Ätzkali in Chloroform und Kaliumformiat



Welche besondern Gründe zur Wahl gerade dieser Reaktionen geführt haben, wird nicht ausdrücklich betont, vielleicht gibt aber die folgende Überlegung, die der Hr. Verfasser ausstellt, darüber Aufschluss:

¹⁾ *D. Kreichgauer*, Einige Versuche über die Schwere. Verh. d. physik. Gesellschaft zu Berlin. Jahrg. 10. 1891. S. 13.

„Hält man an der Vorstellung des wägbaren Äthers fest, so muss, wenn bei diesen Reaktionen eine Zu- oder Abnahme des Gewichtes eintritt, diese davon herrühren, dass die zwei neu gebildeten Substanzen einen andern Äthergehalt besitzen als die beiden ursprünglichen. Bleibt das Gewicht unverändert, so könnte dies allerdings davon herrühren, dass bei dem chemischen Umsatz nur eine andere Verteilung des Äthers stattfindet, und die Summe desselben in den vor und nach der Reaktion vorhandenen Körpern die gleiche bleibt. Bei der grossen Verschiedenheit der betreffenden Substanzen ist jedoch dieser Fall wenig wahrscheinlich.“

Nach dem weiter oben gesagten wird *uns* das jedoch kaum Ausschlag gebend erscheinen.

Das Endresultat seiner Untersuchung fasst Hr. *Landolt* in folgende Worte zusammen: „dass bei keiner der angewandten Reaktionen sich eine Gewichtsänderung mit Bestimmtheit hat konstatieren lassen. Wenn solche dennoch bestehen sollten, so sind sie, wie die Versuche über die Abscheidung von Silber und von Jod gezeigt haben, von einer derartigen Kleinheit, dass dadurch die stöchiometrischen Rechnungen in keiner Weise beeinflusst werden. Demzufolge ist auch die der ganzen Arbeit zu Grunde gelegte Frage, ob die Abweichungen der Atomgewichte von ganzen Zahlen etwa davon herrühren, dass bei den chemischen Umsetzungen der Körper eine gewisse Menge wägbaren Äthers aus- oder eintritt, im verneinenden Sinne entschieden“

In physikalischer Hinsicht dürfte es dagegen wohl Interesse bieten, die nicht genügend aufgeklärten Gewichtsabnahmen, welche sich bei der Reduktion von Silber und Jod stets gezeigt haben, durch eine Reihe weiterer Versuche auf ihr wirkliches Bestehen zu prüfen,

denn es herrscht immerhin keine vollständige Sicherheit darüber, dass dieselben sämtlich auf Beobachtungsfehlern beruhen¹⁾.“

Dies der Schluss von *Landolts* klassischer Arbeit, den man ohne Zweifel wird ganz und voll unterschreiben können. Seither hat der ausgezeichnete Forscher diese Untersuchungen fortgesetzt, seine Resultate jedoch nur mündlich der kgl. Akademie der Wissenschaften mitgeteilt. Nach einem Bericht in der Naturw. Rundschau, die mir leider im Original *nicht* vorgelegen hat, hat er bei diesen Studien, sowohl bei der Auflösung von Chlorammonium in Wasser als bei der Einwirkung von Jodsäure auf Jodwasserstoff, merkliche Gewichtsvermindernngen beobachtet²⁾.

Die Versuche *Landolts* sind von Hrn. *Heydweiller* zu dem Zweck aufgenommen worden „einmal die Thatsache durch weitere Beobachtung auch bei andern Reaktionen sicherzustellen, sodann den Versuch zur Aufindung von Gesetzmässigkeiten und Beziehungen zu andern mit der Umwandlung verbundenen Änderungen physikalischer Eigenschaften zu machen³⁾.“

Da uns hier allein die Frage nach einer möglichen Gewichtsänderung in geschlossenen Glasgefässen beschäftigt, so können wir von einer Betrachtung des zweiten Teiles von *Heydweillers* Aufgabe absehen, und wollen wir uns nur an den ersten halten.

Heydweiller hat sowohl chemische wie physikalische Phänomene studiert: Umsetzung von Eisen und Kupfer-

1) *Landolt*, a. a. O. S. 219.

2) Naturw. Rundschau, Bd. 17, 1902, S. 118, Vergl. auch *Heydweiller*, Physik. Zeitschrift, Bd. 3, 1902, S. 425.

3) *Heydweiller*, Über Gewichtsänderung bei chemischer und physikalischer Umsetzung. Physikal. Zeitschrift, Bd. 1, 1900, S. 527.

sulfat; Kaliumhydroxyd mit Kupfersulfat; von Chlorbaryum mit Schwefelsäure; Lösung von Kupfersulfat in sauren und neutralen Medien u. s. w., u. s. w.

Aus seinen äusserst sorgfältigen Beobachtungen leitet Hr. *Heydweiller* folgendes Resultat ab: „Als sicher festgestellt kann man also die Gewichtsänderung betrachten: bei der Wirkung von Eisen auf Kupfersulfat in saurer oder basischer Lösung, bei der Auflösung von saurem Kupfersulfat und bei der Wirkung von Kaliumhydroxyd auf Kupfersulfat¹⁾.“

Hinzuzufügen ist noch, worauf *Heydweiller* hinweist, dass die Frage, ob die Gewichtsänderungen den Reaktionsmengen proportional sind, sich nach den vorliegenden Versuchen *nicht* entscheiden lässt.

Dagegen sind alle — die jüngsten *Landolt'schen* Versuche mit hineinbezogen — *mit Sicherheit beobachteten Gewichtsänderungen in der Tat Abnahmen.*

Der Wert dieser Abnahmen ist allerdings ein ausserordentlich geringer, er übersteigt nur in 4 von 23 bei *Heydweiller*²⁾ aufgezählten Fällen 0,1 mg. Im Mittel betragen die Gewichtsänderungen 0,05 mg, sinken aber in einzelnen Fällen bis auf 0,001 mg herab. In derselben Grössenordnung etwa bewegen sich die Beobachtungen *Landolts*. Auf 100 g Reaktionsmasse trifft bei ihm eine Gewichtsänderung von im Mittel 0,05 mg gegen einen wahrscheinlichen Wägungsfehler von im Mittel 0,012 mg³⁾. Bei Hrn. *Heydweiller* verhält sich das Gewicht der Reaktionsmasse zum Gesamtgewicht etwa wie 2 zu 3, bei Hrn. *Landolt* schwankt das Verhältnis zwischen 1 zu 9 und 4 zu 7.

¹⁾ *Heydweiller*, *Drude Annal.* Bd. 5. 1900. S. 418.

²⁾ *Heydweiller*, *Physikal. Zeitschrift.* Bd. 1. 1900. S. 528.

³⁾ *Landolt*, a. a. O. S. 217.

Man sieht, dass die Versuchsbedingungen in Anbetracht der sehr geringen Gewichtsänderungen nicht gerade besonders günstige genannt werden können.

Weiter leiden die Untersuchungen, wenn man sie von dem Standpunkte des Versuches: festzustellen, mit welcher Masse etwa der Schwereäther am Gewicht der Substanz beteiligt ist, betrachtet, auch an *dem* Mangel, dass sie immer nur nach *einer* Richtung verlaufen, dass keiner von ihnen umkehrbar ist. Denn weder die Lösungsversuche *Heydweillers*, wie er das auch selbst betont¹⁾, können ohne weiteres umgekehrt werden, noch brauchen, wie das oben gezeigt wurde, die Versuche *Landolts*, bei deren einem Jod ausgeschieden wird, während es bei dem andern in eine Verbindung eingeht, im entgegengesetzten Sinne zu verlaufen.

Dieser Mangel an Umkehrbarkeit wirkt um so störender, als, wie gezeigt, bisher nur Abnahmen sicher beobachtet sind, und alle jene Fehler, die aus dem doch einmal nicht ganz vermeidlichen Abputzen der Apparate resultieren, nach derselben Richtung wirken müssen, und werden die hierdurch möglichen Fehler mit der Oberfläche des Apparates, und damit auch mehr oder minder mit der Menge des angewandten Reaktionsgemisches, wachsen müssen. Auch die bei den chemischen Reaktionen auftretende Wärme kann, selbst wenn das ganze System auf niederer Temperatur gehalten wird, da wo die Umsetzung, von Molekel zu Molekel wirkend, etwa hart an der Glaswandung vor sich geht, im gleichem Sinne störend wirken.

Nach alldem was gesagt ist, würden die günstigsten Umstände zur Erreichung des oben präzisierten Zweckes — Bestimmung *der Grössenordnung der Menge, mit welcher der Äther an dem Gewicht eines Stoffes beteiligt ist*, — etwa die folgenden sein:

¹⁾ *Heydweiller*, Physikal. Zeitschrift. Bd. 3. 1902. S. 425.

Ausführung eines umkehrbaren Prozesses, der sich nach beiden Richtungen innerhalb enger, von der mittleren nicht weit abweichenden Temperaturgrenzen abspielt, und, ohne besondere äussere Reizmittel vor sich gehend, einen weitgehenden Umbau der Molekel zur Folge hat, dabei selbstverständlich die Glaswandungen nicht angreift und, das Verhältnis der Reaktionsmasse zum Gesamtgewicht möglichst zu Gunsten der ersteren zu verschieben, wie überhaupt die Verwendung von Massen, die allein von der Tragfähigkeit der Wage abhängig sind, erlaubt.

Ein Stoff, der allen diesen Anforderungen entspricht, ist z. B. das *Zinn* in seinen beiden Modifikationen, dem weissen und dem grauen Zinn. Über diese beiden Zinnmodifikationen ist in jüngster Zeit eingehend von *Dr. Karl Schann* in *Marburg* und besonders auch von *Prof. Ernst Cohen* in *Amsterdam* gearbeitet worden. Nach der Auffassung des letzteren befindet sich „unsere ganze Zinnwelt stets in metastabilem Gleichgewicht¹⁾“ und das in *dem* Sinne, dass sich an kälteren Tagen eine langsame Umwandlung in die graue, an wärmeren eine solche in die weisse Modifikation vollzieht; der Umwandlungspunkt liegt bei + 20° C.

Ich kann, auf die schon genannten, interessanten Arbeiten verweisend²⁾, hier über die, sich auf die Umwandlungs-Temperatur und Zeit beziehenden, eingehenden Studien hinweggehen, und will nur mitteilen, was ich, über die günstigsten Bedingungen zur Umwandlung von weissen

¹⁾ *Cohen, E. und van Eijk*, Zeitschrift f. physikal. Chemie. Bd. 30. 1899. S. 621.

²⁾ *Schann, K.*, Liebig Annal. Bd. 308. 1899. S. 29; *Cohen, E. und Eijk, C. van.* a. a. O. S. 601; *Cohen, E.* Zeitschrift f. physikal. Chemie. Bd. 33. 1900. S. 57; Bd. 35. 1900. S. 588; Bd. 36. 1901. S. 513.

in graues Zinn, einer freundlichen *brieflichen* Mitteilung des Hrn. *Prof. Cohen*, vom 24. Hornung 1901, verdanke.

Hr. *Prof. Cohen* schreibt: „Ich selbst arbeitete in der letzten Zeit meistens bei -3° C., erhielt jedoch auch bei 0° C. gute Resultate. Bringen Sie einen Teil der Probe: alkoholische Pinksalzlösung mit gewöhnlichem Zinnfeilicht, in Ihren Eisschrank und ich zweifle nicht, dass Sie in 6 Wochen eine deutliche Umwandlung hervorrufen werden. Die Darstellung von 100⁰/₀ grauem Zinn nimmt sehr lange Zeit in Anspruch.“ — *Schaum* gibt einen Fall an, in dem er stengliges Zinn, das er in geschlossenen Glasröhren 5 Monate hindurch in die Kälteflüssigkeit einer *Linde'schen* Eismaschine hing, ganz in die graue Modifikation übergeführt hat¹⁾.

Schaum hat mit Animpfen von grauem Zinn keine günstigen Resultate erzielt,²⁾ wogegen *Cohen* und *van Eijk* das Gegenteil behaupten.³⁾ Die Wahrscheinlichkeit spricht für die letztere Annahme.

Schaum hat gewöhnliches Zinn weder bei Behandlung in Kohlensäure-Äther noch in flüssiger Luft umwandeln können,⁴⁾ und *Cohen* und *van Eijk* haben festgestellt, dass die *günstigsten* Bedingungen in der Tat bei erheblich niederern Temperaturen geboten werden.⁵⁾—

Aus diesen Mitteilungen waren die Arbeitsbedingungen zu entnehmen, und so habe ich mich denn, nachdem ich mich früher schon überzeugt hatte, dass, wie das auch *Schaum* betont, mit Tieftemperaturen so ohne weiteres befriedigende Resultate *nicht* erzielt werden,

1) *Schaum*, a. a. O. S. 32.

2) *Schaum* a. a. O. S. 33.

3) *Cohen* und *van Eijk*, a. a. O. S. 620.

4) *Schaum* am gleichen Ort.

5) *Cohen* und *van Eijk*, a. a. O. S. 621.

seit dem Herbst 1901 mit Umwandlungsversuchen abgegeben, die jedoch erst zu einigermaßen befriedigenden Resultaten führten, seit ich im Jänner und Hornung 1902 durch die Güte der beiden Herren, *Schaum* sowohl wie *Cohen*, in Besitz von grauem Zinn gelangt war, das ich mit Erfolg zum Animpfen benutzen konnte.

Die *orientierenden Versuche*, sowohl Umwandlungs- wie Wägungsversuche, übergehe ich ganz und wende mich direkt *denjenigen Vorrversuchen* zu, — *denn allein über solche habe ich hier zu berichten*, — die angestellt wurden, festzulegen, ob es möglich sei, mit den mir zu Gebote stehenden Mitteln, der Frage nach einer etwaigen Beteiligung des Schweräthers am Gesamtgewicht, mit Aussicht auf erfolgreiche Beantwortung, näher zu treten.

Weisses Zinn hat das spezifische Gewicht 7.3. *graues Zinn* ein solches von 5.8; es findet also bei völliger Umwandlung eine Zu- resp. Abnahme desselben um 1.5 statt; dem würde eine Änderung des Volums um im Mittel rund 22 %⁰, und das *ohne Zustandsänderung*, entsprechen, ein in der Tat ausserordentlich hoher Betrag, der wohl „einen weitgehenden Umbau der Molekel“ und damit einen entsprechenden Wechsel an etwaigem Schweräthergehalt, vorauszusetzen gestattet.

Landolt hat, wie wir sahen, die Gewichtsabnahme für 100 g Reaktionsmasse zu 0,05 mg im Mittel bestimmt; welchen Betrag die entsprechende Änderung bei der Umwandlung des Zinnes erreichen würde, liess sich *nicht* voraussehen. Für meine Mittel wäre eine solche gleicher Grössenordnung, wie sie *Landolt* angibt, *nicht* mehr nachweisbar gewesen, sie konnte aber auch grösser sein und musste, wie oben gezeigt, je nach der Umwandlung im einen oder im entgegengesetzten Sinne verlaufen, wodurch etwaige beobachtete Änderungen erheblich an Beweiskraft gewinnen mussten.

Frühere Versuche hatten gezeigt,¹⁾ dass die Belastung der, auch zu diesen Bestimmungen benutzten, Wage *Bunge'scher* Provenienz, mit Kollimator-Ablesung, unter 100 g auf jeder Schale bleiben muss; danach waren also auch die abzuwägenden Massen zu begrenzen.

Aus einem etwa 7 mm im Lichten weiten Rohr aus Jenenser Glas wurden 5 etwa 15 cm lange Stücke abgeschnitten und einseitig zugeschmolzen, von denen 3: Sn₁, Sn₂, Sn₃ mit grob, — etwa 2 mm, — körnigem Zinnfeilicht, 2: Gl₁ und Gl₂ mit Glasstücken beschickt und je unter sich auf möglichst gleiches Gewicht wie Volumen gebracht und vor der Lampe geschlossen wurden. Die Volumina betragen,²⁾ nach Anbringung aller Korrekturen, für:

Sn ₁	Sn ₂	Sn ₃
21,539 cm ³	20,736 cm ³	21,006 cm ³
Sn ₁ — Sn ₂ = 0,803 cm ³		
Sn ₁ — Sn ₃ = 0,533 „		
Sn ₃ — Sn ₂ = 0,270 „		

und für die beiden mit Glas gefüllten Röhre

Gl ₁	Gl ₂
16,683 cm ³	15,832 cm ³
Gl ₁ — Gl ₂ = 0,851 cm ³	

Sn₁ und Sn₂ waren mit aus *Berlin* bezogenem Zinn „*Kahlbaum*“, das mit etwa 20%₀ des von den Herren *Schaum* und *Cohen* gütigst überlassenen Feilichts angeimpft war, gefüllt; Sn₃ enthielt dieselbe Mischung.

1) *Kahlbaum, Roth* und *Siedler*: Über Metalldestillation und über destillierte Metalle. Zeitschrift für anorgan. Chemie. Bd. 29. 1902. S. 210.

2) Da die Wägungen in Wasser bei mir etwas unbequem auszuführen gewesen wären, hatte Hr. Dr. *Chappuis* die grosse Güte, die Bestimmung der Volumina in seinem Laboratorium vorzunehmen und auch alle Reduktionen auf das Vakuum durchzuführen.

Nach sorgfältigster Bestimmung der Gewichte aller fünf Specimina wurden Sn_1 , Sn_2 und G_1 , in Watte verpackt, zunächst in etwas weitere Glasrohre eingeschmolzen, diese, einzeln in Sägemehl gebettet, in Blechfutterale eingelötet, zu dritt gemeinsam, in Holzwohle verstaute, in ein oben und unten verschraubtes eisernes Gasrohr untergebracht und dieses 150 Tage hindurch, vom 8. Juli bis zum 5. Dezember 1902, in die Kälteflüssigkeit der Eismaschine der *Basler Eisfabrik* eingehängt, deren Benutzung der Besitzer, Hr. Ingenieur *Emil Bürgin*, mit grösster Zuvorkommenheit gestattete, wofür ihm auch an dieser Stelle bestens gedankt sei.

Die Temperatur des Kältebades hält sich beständig zwischen -5° und $-7^{\circ}C.$; da zudem, unter Tags wenigstens, eine so gut wie dauernde Erschütterung des Bades statt hat, so dürften die Umstände und die Zeitdauer als der Umwandlung durchaus günstig¹⁾ bezeichnet werden. Den, als Beschleunigungsmittel, empfohlenen Zusatz alkoholischer Lösung von Pinksalz ($Sn Cl_4 + 2 N H_4 Cl$)²⁾ habe ich, um den Vorgang durch nichts zu komplizieren, vermieden. Während der ganzen Zeit waren Sn_3 und G_2 , in Watte gebettet, in einem verschlossenen Glaskasten im Wagezimmer aufbewahrt. Nach Ablauf der 150 Tage wurde das Gasrohr geöffnet, der Inhalt war völlig intakt, nicht einmal die Holzwohle war feucht geworden. Die Blechfutterale wurden aufgeschnitten, die äusseren, zugeschmolzenen Glasröhren gesprengt.

Das Zinn in Sn_1 und Sn_2 zeigte sich deutlich verändert. Erheblich dunkler von Farbe, war es in kleinere Aggregate zerfallen. Ob es völlig in die graue Modifi-

1) *Cohen, E.* Physikalisch-chemische Studien am Zinn. III. Zeitschrift f. physikal. Chemie Bd. 35. 1900. S. 592.

2) Vergl. weiter oben und auch *Cohen* an der eben angeführten Stelle, Seite 594.

kation übergegangen war, konnte nicht bestimmt werden, denn leider war es versäumt worden, eine für diesen Zweck zu verwendende Probe besonders mit einzuschliessen.

Nun wurden Sn_1 , Sn_2 , Sn_3 , wie Gl_1 und Gl_2 gewogen. Dabei wurde das Wagezimmer beständig kalt, auf etwa $+6^\circ\text{C}$, gehalten, die Gefässe befanden sich stets im Wagezimmer und stundenlang vorher im Wagekasten selbst in den Platinkörben, in denen sie gewogen wurden, aufgehängt.

Nach der Ausführung aller Wägungen wurden sämtliche Röhren 6 Tage hindurch einer Temperatur von etwa 50 bis 60°C ., — bei 40°C . schon geht die Rückbildung des grauen in weisses Zinn so schnell vor sich, dass man sie mit dem Dilatometer nicht mehr verfolgen kann,¹⁾ — ausgesetzt und dann nach $1\frac{1}{2}$ -tägigem Stehen im kalten Zimmer von neuem gewogen, eine Operation, die dann noch einmal im warmen Zimmer — um unter den gleichen Bedingungen wie im Sommer zu wiegen — wiederholt wurde. Bei allen Wägungen wurden Temperatur und Luftdruck, um die für die Reduktion auf das Vakuum nötigen Faktoren zu haben, aufgezeichnet.

In welcher Weise die Wägungen selbst ausgeführt werden, ist schon früher²⁾ eingehend beschrieben worden. Die weiter unten mitgeteilten Zahlen geben stets das Mittel aus 3×3 , also in Summa aus 9 Einzelwägungen, bei deren jeder der Nullpunkt vorher und nachher kontrolliert wurde. Dadurch, dass die Apparate stets hängend gewogen wurden, und die Gewichte stets möglichst gleichmässig aufgesetzt waren, wurde ungleiche

1) *Cohen*. Physikalisch-chemische Studien am Zinn. II. Zeitschrift f. physikal. Chemie Bd. 33. 1900. S. 61.

2) Vergl. *Kahlbaum*, *Roth* und *Siedler* a. a. O. S. 203.

Belastung der Wagschalen, soweit tunlich, vermieden. Erschütterungen der Wage war dadurch vorgebeugt, dass dieselbe auf einem an der Decke befestigten Gerüst, dessen Schwingungen durch gegeneinander reibende, verstellbare Bürsten gedämpft wurden, aufgestellt war. Solche waren übrigens verhältnismässig, — verhältnismässig für ein Laboratorium, das im 2. und 3. Stockwerk eines alten Hauses, in dessen untern Teilen eine, in erfreulicher Blüte befindliche Bäckerei betrieben wird, — wenig bemerkbar.

Nicht vermieden konnten werden: die aus ungleicher Temperatur der Wagebalken und der Veränderlichkeit der am Glase niedergeschlagenen Wasserschicht resultierenden Fehler. Über die Grösse des ersteren bin ich, da ich die eventuelle Differenz der Temperatur nicht kenne, im unklaren, über die zweite gibt eine Tabelle von *Ihmori*¹⁾ einigen Aufschluss. Nach seinen Angaben schwankt bei mittlerer Zimmertemperatur (15,3–19,1° C.) das Gewicht des auf einen cm², vorher mit siedendem Wasser behandelten Jenenser Glases, niedergeschlagenen Wassermantels zwischen 0,00064 und 0,00035 mg und nimmt für nicht so behandeltes Glas einen höchsten Wert von 0,004 mg an. Es würde demnach das Gewicht für unsere Apparate, die mit siedendem Wasser behandelt worden waren, mit einer Oberfläche von noch nicht 40 cm², kaum in Betracht zu ziehen sein.

Unter den Verhältnissen, unter denen ich arbeite, war ich nicht in der Lage, Wage und Gewichte, wie das für solche Arbeiten durchaus wünschenswert gewesen wäre, für diesen einen Zweck allein zu reservieren. Es wurde während der fünf Monate vom Juli bis Dezember eine Fülle anderer — allerdings ausschliess-

¹⁾ *Ihmori*, Wiedemann Annal. Bd. 31. 1887. S. 1014.

lich Präzisions Wägungen damit ausgeführt. Um nun Wage und Gewichte überhaupt zu kontrollieren, wurden vorher und nachher die Gewichte möglichst unveränderlicher Körper bestimmt.

Dazu wurden gewählt: 1. ein polierter Quarzcyylinder von 5,5 mm Durchmesser und 46 mm Länge, 2. ein ebensolcher Cylinder aus Jenenser Bleiglas, 3. und 4. zwei mit Gold gelötete Körbe aus Platindraht, in denen sonst die Glasröhren gewogen wurden. Die Wägungen ergaben:

	Quarz	Bleiglas
Juli	2,930 245	4,771 639
Dezember	2,930 190	4,771 635
	— 0,000 055 ²⁾	— 0,000 004
	Pt Korb ₁	Pt Korb ₂
Juli	4,175 831	3,949 359
Dezember	4,175 825	3,949 373
	— 0,000 006	+ 0,000 014

Diese Zahlen beweisen, dass sich die Wage und die Gewichte, soweit solche bei diesen Wägungen zur Verwendung kamen, *nicht* verändert hatten. Diese, sowie alle übrigen hier in Betracht kommenden Wägungen wurden nach meiner Anweisung mit ausserordentlicher Sorgfalt durch meinen Assistenten, Herrn Dr. phil. *Th. Umbach*, zu meiner vollsten Zufriedenheit ausgeführt.

Mögen nun die Resultate folgen. Es gibt A die Wägungen im *Juli vor der* Abkühlung (weisses Zinn);

²⁾ Da auch das Quarzstäbchen nicht ruhig liegen gelassen werden konnte, so ist wohl möglich, dass sich diese eine Abnahme aus einem kleinen Riss, oder aus dem Abspringen eines mikroskopischen Splitters erklärt.

B, C und D diejenigen im *Dezember nach der* Umwandlung; und zwar B nach der 1. Umwandlung im kalten Zimmer gewogen (graues Zinn); C nach der Rückbildung im kalten Zimmer gewogen (weisses Zinn); D nach der Rückbildung im warmen Zimmer gewogen (weisses Zinn) an. Abgekühlt wurden Sn_1 , Sn_2 und G_1 , ungedändert blieben Sn_3 und G_2 .

Natürlich sind sämtliche Wägungen reduziert und auf das Vakuum bezogen.

	Sn_1		Sn_2		Sn_3
A.	61,555 13	Δ	61,349 71	Δ	61,385 77
	+ 0,000 65		- 0,000 43		- 0,000 44
B.	61,555 78		61,349 28		61,385 33
	+ 0,000 39		- 0,000 06		- 0,000 13
C.	61,556 17		61,349 22		61,385 20
	- 0,000 34		- 0,000 11		- 0,000 62
D.	61,555 83		61,349 11		61,384 58
		G_1		G_2	
A.	43,773 53	Δ	41,185 43	Δ	
	+ 0,000 45		- 0,000 06		
B.	43,773 98		41,185 37		
	- 0,000 18		- 0,000 26		
C.	43,773 80		41,185 11		
	- 0,000 04		+ 0,000 01		
D.	43,773 76		41,185 12		

Nehmen wir an, und das sollte nach den Studien von *Schaum* und von *Cohen* gestattet sein, dass die Umwandlung nach beiden Richtungen ausreichend stattgefunden hat, so ergeben die vorstehenden Zahlen nur das *eine* Resultat, nämlich: dass, wenn die Annahme des Schweräthers überhaupt gerechtfertigt ist, die bei der studierten Umwandlung des Zinnes etwa in Mitleiden-

schaft gezogene Masse desselben ausserhalb der von uns hier zu erreichenden Genauigkeitsgrenzen liegt, d. h. also die von Hrn. *Landolt* gegebene Limite 0,05 mg für 100 g Reaktionsmasse auch hier nicht wesentlich überstiegen worden sein dürfte.

Es ist demnach unnötig, die Resultate selbst zu diskutieren, nur darauf sei noch hingewiesen, dass das ungekühlte Glas in der Tat bei weitem die geringsten Gewichtsänderungen zeigt, und weiter, dass auch bei *diesen* Bestimmungen die *Gewichtsabnahmen* mit 11 von 15 Fällen ausserordentlich in der Überzahl sind.

Trotz dieses Misserfolges, bleibt das oben gesagte von der Bedeutung der Umwandlung des Zinnes für die Lösung der aufgeworfenen Frage voll zu Recht bestehen, und ich freue mich, mitteilen zu können, dass ich diese „*Studien am Zinn*“ gemeinschaftlich mit meinem verehrten Freunde, Dr. *P. Chappuis*, Ehrenmitglied des Bureau international des Poids et Mesures in Sèvres, unter den günstigen Bedingungen, seines für solche Untersuchungen auf das beste eingerichteten, hiesigen Laboratoriums, fortzusetzen begonnen habe. —

Doch kehren wir nun zu Hrn. *Heydweillers* Entdeckung zurück.

Zunächst haben wir gesehen, dass Herr *Heydweiller* auf diesem Gebiete kein Neuling ist, sondern schon früher in gleicher Richtung erfolgreich tätig war; dann aber, dass, wenn auch noch nicht alle für solche Untersuchungen von mir aufgestellten Forderungen bei seinen letzten Studien erfüllt sind, doch die Verhältnisse wesentlich günstiger liegen, als bei allen früheren Versuchen.

Die Temperatur bleibt die gewöhnliche, das Gewicht der Substanz ist offenbar ein integrierender Teil des Gesamtgewichtes, und das gleiche gilt fast von der Gewichtsabnahme, die sich mit 0,5 mg bei 5 g Substanz-

gewicht gegenüber den sonst beobachteten Abnahmen von 0,05 mg auf 100 g Reaktionsmasse, verhält wie 200 : 1; wodurch auch die Tatsache selbst um das 200fache an Gewicht gewinnt. Dagegen ist der Prozess der Emanation nicht umkehrbar, und, was nicht ausser acht zu lassen, das Glas des Gefäßes erleidet eine Änderung. Andererseits handelt es sich aber offenbar auch nicht um Schweräther, der bei einem chemischen oder physikalischen Umsatz frei werden könnte; es handelt sich, soweit wir bis jetzt zu urteilen vermögen, überhaupt nicht um die Folge einer chemischen oder physikalischen Umlagerung, sondern um den mehr oder weniger dauernden Zustand von Substanzen, welche die Eigentümlichkeit haben, Strahlen auszusenden, die alle möglichen Hindernisse in *ähnlicher*, ich sage absichtlich nicht in *gleicher*, Weise wie der Äther durchdringen. —

Wir haben überhaupt gelernt, dass auch wägbare Substanz in ausgedehnterem Maasse in geschlossene Räume einzudringen vermag, als man früher voraussetzte. Die Röntgenröhren werden durch mit Gold verlötete, keineswegs immer sehr dünnwandige¹⁾ Palladiumröhren hindurch mittelst der *Villard'schen* Osmo-Regulierung regeneriert, und Hr. Dr. *Chappuis* hat vor nicht langer Zeit den bisher nicht veröffentlichten Versuch von *Villard* wiederholt und bestätigt gefunden, bei welchem Wasserstoff in zugeschmolzene Quarzröhrchen eindringt.

Für unsern besonderen Fall haben wir also festzuhalten, dass gewisse radioaktive Substanzen Strahlen aussenden, die eine Menge Stoffe durchdringen, welche für leuchtende Strahlen undurchlässig zu sein scheinen. Das gleiche gilt, wie bekannt, auch für die Kathodenstrahlen.

¹⁾ Das gilt besonders für die Röntgenröhren älterer Konstruktion.

Wohl aus den so verbreiteten Röntgenbildern abgeleitet, hat sich aber die Anschauung festgesetzt, dass, zum mindesten die grosse Mehrzahl, der Metalle für Kathodenstrahlen undurchlässig seien, und dass darin ein spezifischer Unterschied zwischen diesen und den Radiumstrahlen bestehe.

Das ist, wie man weiss, nicht nur im *besondern*, sondern auch im *allgemeinen* falsch.

Die Durchlässigkeit der elementaren Stoffe, wie der Verbindungen, für Röntgenstrahlen hängt, wie das neben mehreren andern Forschern besonders eingehend von *L. Benoist*¹⁾ für elektrische Energie und wie es von *mir*²⁾ für die chemisch wirksamen Strahlen nachgewiesen wurde, allein von dem *Atomgewicht* ab.

Dass es auch im *besondern* falsch ist, zeigen die bestehenden Figuren, Photogramme durchleuchteter Münzen, von denen Fig. 1 auf Tafel II mit Radiumstrahlen bei fünf-tägiger Belichtungszeit, Fig. 2 auf Tafel II mit Kathodenstrahlen in 90 Sekunden dauernder Exposition, durchleuchtet wurden.

Um das Bild nicht zu stören, sind die Münzen natürlich auf der Schriftseite eben geschliffen. Ich will an dieser Stelle doch, — um mir die Priorität zu wahren, — ausdrücklich bemerken, dass solche Photogramme durchleuchteter Münzen *zuerst* von mir überhaupt, und zwar am 2. Juli 1902, aufgenommen wurden, dann vielfach vorgezeigt,³⁾ hier an dieser Stelle aber zum ersten Male durch den Druck veröffentlicht werden.

¹⁾ *Benoist, L.* Lois de transparence de la matière pour les rayons X. Bull. de la Soc. franç. de Physique 1901. p. 204.

²⁾ *Kahlbaum*, Nouvelles observations sur les rayons de Röntgen. Arch. de Genève, Sér. 4. T. 14. 1902. p. 374.

³⁾ Z. B. gelegentlich der Naturforscherversammlung in *Genf* am 9. September und in der Sitzung der *Basler* Naturforschenden Gesellschaft vom 5. Nov. 1902. Vergl. dazu auch das Ref. in der Chemiker-Zeitung Nr. 93, 1902. S. 1111.

Man weiss, dass die Röntgenbilder nur *Schattenbilder* sind. Es machen nun die Bilder der durchleuchteten Münzen, die den Stempel mit allen Einzelheiten so deutlich wiedergeben, allerdings *nicht* den Eindruck, als wenn wir es hier auch mit *Schattenbildern* zu tun hätten; und doch ist wenigstens Fig. 2 nichts anderes als ein solches; es giebt nur die Prägung genau so wieder, wie etwa ein von der Sonne durchleuchtetes, geschliffenes Glas, in seinem Schatten, neben der eigenen Gestalt auch die der eingeschliffenen Figuren, Buchstaben und Ornamente wiedermalt.

Wie man sieht, verhalten sich also in dieser Beziehung Röntgen- und Radiumstrahlen völlig übereinstimmend und auch dem Äther entsprechend, aber das ist nur dann der Fall, wenn beide Male die empfindliche Schicht abgedeckt ist. Verwendet man nackte Platten,¹⁾ so bleibt die Radiographie auch bei sehr langer — bis 30tägiger — Expositionszeit unverändert, das Röntgenbild dagegen schwindet in dem Falle vom Rand aus und wird immer kleiner. Als Beleg für das Gesagte, mögen die Fig. 3 auf Tafel II und 4—5 auf Tafel III dienen, welche die *Berthelot* Plakette, das Meisterwerk *Chaplains*, wiederzugeben sich bestreben; dieselbe lag in allen Fällen mit der abgeschliffenen Seite auf. — Es ist Fig. 3 eine Radiographie, dadurch erhalten, dass die Plakette durch ein Radiumkarbonat von ziemlicher Aktivität 15 Tage hindurch, auf *nackter* photographischer Platte liegend, durchleuchtet wurde. Die Radiographie ist nur schwach, zeigt aber deutlich und scharf die Grenzen der Plakette; dasselbe gilt von Fig. 4 auf Tafel III, die der Belichtung einer Volt-Ohm-Röntgen-Röhre, auf *bedeckter* Platte, 75 Minuten, in 172 Einzelaufnahmen, — 106 zu 30 Sek. und 66 zu

¹⁾ Vergl. auch Archives de Genève Sér. 4. T. 14. 1902. p. 375 und 375 bis.

20 Sek., — ausgesetzt wurde. Fig. 5 auf Tafel III, ein Röntgenbild, wurde auf nackter Platte erhalten. Die Plakette wurde dem Röntgenlicht einer *Gundelach'schen* Starkstromröhre längere Zeit, etwa 6 Minuten, — ich habe damals, die Aufnahme ist bereits im Juli des vorigen Jahres gemacht worden, die gesamte Zeit noch nicht genau notiert, — ausgesetzt. Hier ist von einer Grenze nichts mehr zu sehen, der Rand der Plakette mit einem Teil des Kopfes, und zwar von der Grenze zum Centrum gehend, ist in merkwürdiger Weise geschwunden. Das gleiche zeigen natürlich auch die Münzen, ja auch die oben gegebenen Fig. 1—2 auf Tafel II lassen trotz abgedeckter Platte erkennen, dass die Schärfe des Bildes nach den Rändern zu abnimmt; besonders deutlich tritt das an den Buchstaben der Umschrift zu Tage; auch der Stabrand an Fig. 2 ist nicht zu erkennen.¹⁾

In diesem Durchdringungsvermögen stehen also, wenn auch unter sich und graduell verschieden, Radium- wie Xstrahlen dem Äther nahe, aber eine besondere Form, ein besonderer Zustand des Äthers brauchen sie darum doch nicht zu sein, jedenfalls sind sie nicht ohne weiteres als mit dem Äther als solchem identisch anzusehen, denn sie *erregen* sichtbare Strahlen, sie haben physiologische Wirkungen, d. h. sie wirken chemisch auf die Epidermis und andere Gewebe etc. ein, wobei sie teils nicht unbedenkliche Entzündungen, teils aber auch Heilungsprozesse hervorrufen; dass sie dabei auch photographisch wirksam sind, haben wir gesehen.

Ganz ähnliche Wirkungen bringen, wie wir wissen, die sichtbaren Ätherschwingungen, das Licht, hervor,

¹⁾ Es ist hier nicht der Ort auf diese Untersuchungen, die bisher nur zum kleinen Teil: *Kohlbaum*, „Nouvelles recherches sur les rayons de Röntgen“ veröffentlicht sind, einzutreten; es wird das an anderer Stelle im Zusammenhange geschehen.

zum teil schwächere, zum teil stärkere; es handelt sich also hier doch nur um graduelle Unterschiede.

Sonnenlicht verbrennt, entzündet wohl auch die Haut, wirkt auch besonders auf die Pigmentzellen — wovon bei den andern Strahlen bisher nichts bekannt ist — ein, aber nur da, wo das Licht auf Schleimhäute direkt trifft, z. B. im Auge, da wirkt es ähnlich heftig entzündend wie Röntgen- oder gar Radiumstrahlen; ebenso sind Sonnenlichtbäder neuerlich in den Dienst der Therapeutik gestellt. — Ist hier die Wirkung der Sonnenstrahlen eine schwächere, so ist sie beim photographischen Prozess, wiederum nach gewissen Richtungen, ohne Zweifel eine stärkere.

Im gewöhnlichen Zustand sind, wie bekannt, Metalle nur in dünnsten Schichten (Blattgold, Silberfolie) für Sonnenstrahlen, und auch dann nur für solche von bestimmter Wellenlänge, durchlässig; dass das Verhalten der X- und Radiumstrahlen ein durchaus anderes ist, wurde gezeigt. Vergleicht man nun aber gleich hohe Schichten wasserhell durchsichtiger Stoffe von verschiedener Zusammensetzung, z. B. reine Kieselsäure (Quarz) und Kaliumbleisilikat (Flintglas), so ist, trotz des Metallgehaltes des Flintglases, erst bei beträchtlicher Dicke ein deutlicher Unterschied in der Durchlässigkeit für das Sonnenlicht wahrnehmbar, und auch das nur in *dem* Sinne, dass das Flintglas grünlich gefärbt erscheint. Kann man doch z. B. durch eine 175 mm dicke Schicht Flintglas noch ohne Schwierigkeit lesen. Ganz anders ist das Verhalten der die Metalle durchdringenden Röntgen- und Radiumstrahlen.

Die untenstehende Figur 6 auf Tafel II gibt darüber in zuverlässiger Weise Aufschluss, zum mindesten über die Durchlässigkeit für chemisch wirksame Strahlen.

Die Platte ist in der Weise hergestellt, dass der untere Teil mit sogenanntem schwarzem photographischem

Papier abgedeckt, der obere Teil dagegen nackt blieb. Das schwarze Papier war an der untern Seite eines 1 cm dicken und ebenso breiten Bleirahmens, von genau gleicher Grösse wie die Platte, aufgeklebt. Die nicht zu belichtenden Teile derselben wurden mit gleich dicken Bleiplatten von entsprechender Breite, die ihrerseits genau in den Bleirahmen passten, zugedeckt. Aufgenommen wurde ein polierter Bleiglaszylinder (rechts, P.) von 5,5 mm Durchmesser, und ein ebensolcher aus Quarz (links, Q.) Von links nach rechts gezählt sind die Aufnahmen gemacht: a. mit Radiumstrahlen, b. mit Röntgenlampe, c. mit Sonnenlicht.

a. Im Aluminiumkasten mit 0,01 g Radiumkarbonat von hoher Aktivität, der Chininfabrik *Braunschweig*, das ich der gütigen Zuvorkommenheit des Hr. Dr. *F. Giesel* verdanke; Expositionszeit 36 Stunden.

b. Im Dunkelzimmer mit einer der ganz ausgezeichneten Idealaröhren¹⁾, System *Gundelach-Dessauer*, des elektrotechnischen Laboratoriums in *Aschaffenburg*; Belichtungsdauer 100 Sekunden.

c. In einer photographischen Camera mit gegen den unbewölkten Himmel gerichtetem Objektiv; Expositionszeit etwa 0,2 Sekunden.

Der untere mit schwarzem Papier abgedeckte Teil, als solcher betrachtet, zeigt zunächst, dass dasselbe für Sonnenstrahlen (c) gänzlich undurchlässig ist, und zwar gerade so undurchlässig wie der 1 cm dicke Bleirahmen. Auch bei sehr langer Exposition habe ich keinerlei Einwirkung des Sonnenlichts durch das schwarze Papier nachweisen können. Dagegen ist das Papier für *Röntgen-*

¹⁾ Vergl. Mitteilungen über Neuerungen auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Herausgegeben vom Elektrotechnischen Laboratorium, Spezialfabrik von Röntgenapparaten, System *Dessauer*, *Aschaffenburg*. Mitteilung Nr. 5. 1902.

*licht*¹⁾ (b) sehr wohl durchlässig, obgleich ein nicht unerheblicher Teil der auffallenden Strahlen, wie ein Vergleich des oberen und unteren Teiles von b deutlich lehrt, zurückgehalten wird.²⁾ Bei Radium (a) lässt sich ein Unterschied zwischen dem oberen und dem unteren Teil der Platte als solcher kaum noch wahrnehmen, wenn auch hier, wie bei allen drei sonstigen Aufnahmen sich an den auf freier Platte aufgenommenen Bildern der Stäbchen mehr oder weniger deutliche und starke Brennlilien wahrnehmen lassen. Das schwarze Papier ist für diese Strahlen wohl kein seihendes Filter mehr.

Man muss hier zwischen zweierlei Filtern unterscheiden, zwischen gewöhnlichen Filtern und seihenden Filtern. Filtrier-Papier, Filz u. s. w. ist für eine Reihe von Flüssigkeiten, für reines Wasser, für Essig u. s. w. kein seihendes Filter, die ursprüngliche Flüssigkeit ist mit dem Filtrat identisch, nur die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der durchtretenden Flüssigkeit wird gemindert. Für alkoholisches Wasser oder gar mit festen Körpern vermengtes, ist das gleiche Papier sehr wohl ein seihendes Filter, hier ist das Ursprüngliche und das Filtrat keineswegs mehr identisch.

Ganz so verhält es sich mit dem schwarzen Papier gegenüber den 3 geprüften Strahlenarten. Für Sonnenlicht ist es völlig undurchlässig, für Röntgenlicht ein seihendes, für Radiumstrahlen ein Filter, das nichts zurückhält, sondern nur die Fortpflanzungsgeschwindigkeit verringert.

Vergleicht man nun die Bilder der Stäbchen, so ist zwischen den beiden, Bleiglas und Quarz untereinander,

1) Ich nenne *Röntgenlicht*: alle von einer Röntgenröhre ausgehenden Strahlen.

2) Wie weit hieran das grüne Phosphoreszenzlicht der Glasoberfläche und wie weit die Kathodenstrahlen beteiligt sind, wird an anderer Stelle besprochen werden.

auf nackter Platte dem Sonnenlicht ausgesetzt, wie es zeigt, einerseits, und andererseits auf bedeckter Platte in a, ebenfalls Bleiglas mit Quarz verglichen, ein wesentlicher Unterschied *kaum* wahrnehmbar, wenn auch die Bilder der Stäbchen überhaupt in a und c, vollsten Gegensatz, da hell wo die andern dunkel sind, zeigen.

Auch mit Röntgenlicht auf nackter Platte aufgenommen, ist ein grosser Unterschied zwischen den Bildern des Bleiglasstabes und des Quarzstabes nicht zu bemerken.

Das besagt also: Im allgemeinen macht sich der Metallgehalt des Bleiglasstabes in der Durchlässigkeit für unfiltriertes Sonnen- und Röntgenlicht, also auf unbedeckter Platte, wie für Radiumstrahlen auf bedeckter Platte, kaum geltend. Es wird also hier das Sonnenlicht in seiner Wirkung durch das Metall nicht beeinflusst!

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei den filtrierten ¹⁾ Röntgen- und den direkt durch die Stäbchen auf die empfindliche Schicht fallenden Radiumstrahlen. Hier, in b unten, in a oben, ist der Bleiglasstab wesentlich weniger durchlässig. Das Schattenbild desselben in b ist erheblich dunkler, hat also dem Durchgang der Kathodenstrahlen, im Gegensatz zum Sonnenlicht, ein grösseres Hindernis in den Weg gestellt als der Quarzstab. Das gleiche gilt für das Radium in dem obern Teil von a, dort haben die auffallenden Radiumstrahlen den Quarzstab so völlig durchdrungen, dass die empfindliche Platte kaum noch ein Bild davon zurückgehalten hat.

Im ganzen gewinnt man den überraschenden Eindruck, dass die Sonnenstrahlen am *wenigsten*, die Radiumstrahlen am *meisten* durch den Metallgehalt in

¹⁾ Die Bilder fallen ganz gleich aus, wenn man das schwarze Papier zwischen Lampe und Objekt bringt.

ihrer Durchdringungsfähigkeit beeinflusst werden. Ich muss jedoch darauf hinweisen, dass es mir nicht gelungen ist, die Expositionszeiten so genau abzugleichen, dass die chemische Wirkung bei allen 3 Aufnahmen völlig übereinstimmte; ein Betrachten der freien Teile der nackten Platte beweist das hinlänglich. Allerdings ist diese Aufgabe bei dieser ausserordentlich verschiedenen Grösse der beiden Energiequellen, der Sonne einerseits und 0,01 g Radiumkarbonat andererseits, auch nicht ganz leicht zu lösen.

Deutlich zeigt uns das Bild noch, dass wir es allein bei dem filtrierten Röntgenlicht mit Schattenbildern zu tun haben; — die Bilder in b oben sind, im Gegensatz zu denen der Münzen, sicher keine ¹⁾, wenigstens keine reinen Schattenbilder, — was die Radiogramme sind, wage ich noch nicht zu entscheiden, — und dass sich Abstufungen in der Durchlässigkeit auch da finden, z. B. beim Radium, wo wir solche gar nicht vermutet hätten. So werden sich z. B. im Falle *Heydweiller*, Quarzröhrchen ganz besonders empfehlen. Als Drittes kommt noch hinzu, was ich schon andeutete, dass, im Gegensatz zu dem Röntgenlicht, die Emanation des Radiums durch das schwarze Papier nicht zerlegt, sondern nur in ihrer Propagation behindert wird, — es wird, wie ich sagte, nicht *geseihet* —, wie das aus der Übereinstimmung des Bildes von Bleiglas oben und unten und mit dem des unteren Teiles von Quarz, wie der gleichmässigen Einwirkung auf die Platte überhaupt, hervorgeht.

¹⁾ Ich kann auch auf dieses interessante Kapitel hier nicht eingehen und verweise nur auf das in Genf gesagte: „En résumé, des corps très opaques exposés à l'action des rayons Röntgen sur une plaque nue ne donnent pas les figures d'ombre plates bien connues, mais des images propres, personnelles, reproduisant leur relief.“ (Arch. Sér. 4, T. 14. 1902. S. 375). Ich habe damals zwischen Eikonogrammen und Eidogrammen unterschieden.

Diese Differenz wird erklärlich durch die Annahme, dass wir es beim Röntgenlicht mit einer *zusammengesetzten* Erscheinung zu tun haben. — und ich kann das mittelst der empfindlichen Platte in der Tat belegen, nur würde das nicht mehr „eine Einleitung“ sein, — bei den Radiumstrahlen und auch bei dem Sonnenlicht dagegen wohl mit *einfachen* Erscheinungen.

Fassen wir alles zusammen, so glaube ich nachgewiesen zu haben, und das war der besondere Zweck dieser Betrachtung, dass es sich bei allen diesen Vorgängen nirgends um *spezifische*, sondern immer nur um *graduelle* Unterschiede handelt, und zwar Unterschiede bei Vorgängen, die wir sonst als energetische zu betrachten gewohnt sind.

Der Zusammenhang mit der Besprechung von *Heydweillers* Entdeckung liegt ja wohl auf der Hand.

Aber noch andre Erfahrungen an Radiumpräparaten sind aus demselben Grunde hier zu erwähnen.

Es ist eine jetzt allgemein bekannte, von *Giesel* entdeckte und auch von *mir* auf photographischem Wege festgelegte Tatsache, dass frisch dargestellte Radiumsalze zunächst erheblich an Aktivität wachsen. Zur Erklärung dieses Phänomens wird angenommen, dass die Aktivität der frisch dargestellten Substanz durch *Selbstinduktion* zunimmt. Jeder, der das Verhalten radioaktiver Substanzen kennt, weiss ja, welchen Vorgang man damit bezeichnet; ob aber damit immer auch eine wirkliche Vorstellung, ein *Bild* des Vorganges, verbunden wird, ist zweifelhaft. Dagegen erscheint sicher, dass bei frisch bereiteten Präparaten die Gewichtsabnahme *nicht* die gleiche Höhe wird haben können, wie bei solchen, welche die höchste Aktivität bereits erreicht haben. Da das Wachstum der Aktivität sich über einen längeren Zeitraum erstreckt, — bei einem von mir benutzten

Präparat währte das Zunehmen der radioaktiven Kraft, nachdem ich es erhalten hatte, noch etwa 8 Tage, — so müsste dasselbe wohl auch mit der Wage nachgewiesen werden können, und das erscheint mir für die Bestätigung von *Heydweillers* Entdeckung, da Umkehrung nicht möglich, nicht unwichtig.

Wie man weiss, färbt sich das Glas der Röntgenlampen bei längerem Gebrauch etwa jodviolett, das gleiche geschieht mit den Glasefässen, in denen Radiumpräparate aufbewahrt werden. Während aber bei den Xstrahlen die Färbung hauptsächlich an der Oberfläche haftet, durchdringt die, infolge der Radiumstrahlen eintretende, das Glas vollständig. Es ist also, bei den Beobachtungen die uns hier beschäftigen, auch die Möglichkeit eines Gewichtsverlustes infolge etwaiger Zersetzung des Glases in Betracht zu ziehen.

Weiter wäre, wenn eine Zersetzung nicht stattfindet, mit einer Durchwanderung, nach der Art wie man elektrolytisch Natrium durch Glas hindurch wandern lassen kann, zu rechnen. Auch ist andererseits wohl denkbar, dass durch Intensiverwerden der Färbung die Durchlässigkeit des Glases, — ich verweise auf das oben an Bleiglas und Quarz nachgewiesene, — und damit der Gewichtsverlust, abnimmt, ohne dass darum die radioaktive Kraft der Substanz selbst gemindert wird.

Das sind einige Einwürfe und Bedenken, von denen wir aber wohl sicher annehmen dürfen, dass sie Hrn. *Heydweiller* selbst nicht entgangen sein werden; lassen wir sie also fallen; nehmen wir vielmehr die Tatsache als gegeben hin und werfen die Frage zum Schluss auf: Handelt es sich bei diesen Strahlen um eine neue Form der Energie oder um einen neuen Verteilungszustand der Materie, der, die Hindernisse durchdringend, mit Lichtgeschwindigkeit den Raum durchmisst?

Nach den Messungen von Prof. *Kaufmann* in *Göttingen* pflanzen sich die Radiumstrahlen in der Tat mit einer Geschwindigkeit fort, die der des Lichtes fast gleichkommt, und das gleiche gilt nach den neuesten Messungen von *Blondlot* für die Xstrahlen, deren Fortpflanzungsgeschwindigkeit der französische Forscher, im Gegensatz zu älteren Bestimmungen, ebenfalls gleich der des Lichtes gefunden hat.¹⁾

Diese Frage also: ob Energie, ob Materie, scheint mir gelöst zu sein! —

Denn die Gewichtsabnahme seines Radiumpräparates — die wir als von *Heydweiller* bewiesen voraussetzen — sagt uns, dass wir es ohne Zweifel mit *Materie* zu tun haben, die emaniert wird. Andererseits lehrt uns die Fähigkeit derselben, Glas, wie bei *Heydweillers* Versuchen, oder Metall, wie z. B. bei unseren Photographien, zu durchdringen, dass sich diese Materie in einem Zustand feiner Verteilung, — dass eine solche denkbar, haben wir oben S. 446 nachgewiesen, — wie der Äther, befinden muss, und stellt sie ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit direkt in die gleiche Linie mit denjenigen Energieformen, die wir als Licht und Elektrizität bezeichnen. —

Und darin liegt für mich die ausserordentliche Bedeutung dieser Entdeckung, dass Schwere d. h. *materielle* Eigenschaft bei der Emanation des Radiums nachgewiesen wurde, ein Vorgang, dem sonst lediglich *energetische* Eigenschaften zukommen; in dieser Auffindung eines Bindegliedes zwischen Materie und Energie, zwischen Kraft und Stoff, scheint mir die aussergewöhnliche Bedeutung zu liegen.

¹⁾ La vitesse de propagation des rayons de Röntgen est la même que celle des ondes hertziennes ou de la lumière se propageant dans l'air. *Blondlot*. Archives de Genève Sér. 4. T. 14. 1902. p. 357 und auch Compt. Rend. T. 135. 1902. p. 721 u. 763.

Längst schon sind die Grenzen zwischen Pflanzen- und Tierwelt verwischt; zwischen den drei Aggregatzuständen sind die trennenden Schranken gefallen; die Krystalle, die so sicher und wohl definiert schienen, um ein fest begrenztes Reich zu bilden, sind nach den neuesten Studien, in des Worts ausdrücklicher Bedeutung, lebendig geworden und spotten jeder bindenden Definition; die Lösungen strafen das Gesetz der festen Proportionen Lügen.

Mehr und mehr macht sich die grösste Errungenschaft des Endes des letzten Säkulums geltend, die Erkenntnis: *Die Natur kennt keine Grenzen, sie kennt nur Übergänge!* —

Und dies von neuem und in überraschendster Weise für Kraft und Stoff bestätigt zu haben, darin vor allem suche ich die Bedeutung der neusten Entdeckung auf dem Gebiete der Forschungen über Gewichtsänderungen in geschlossenen Gefässen, der Entdeckung *Heydweillers*, als einer neuen Bestätigung des alten *Linné'schen* Satzes:

„*Natura non facit saltus*“.

BASEL, am 3. Jänner 1903.

Epilogus galeatus.

Am Ende des Jahres war auch die Arbeit abgeschlossen; auch Wiedergabeversuche, Clichés waren gemacht worden. Das erste Cliché war eine vortrefflich gelungene Röntgographie eines Zweimarkstückes; die anderen gelangen mehr oder weniger günstig. Immerhin nur zwei noch so, dass sie hätten verwendet werden können. Vielfache, direkte Besprechung mit dem Besitzer der Anstalt, persönliche Aufklärung über den Wert und die Wichtigkeit der Darstellung erreichten keine Besserung. Schliesslich wurde dem Verfasser das untenstehende Radiumbild der Zweifrankenmünze vorgelegt. Der Verfasser, schon durch andere Unregel-



mässigkeiten aufmerksam gemacht, stutzte. Es erwies sich, dass die 22 Sterne der schweizerischen Republik in jenem Abdruck zu 31, wie das Bild noch zeigt, angewachsen waren! Der Künstler hatte es vorgezogen, zu zeichnen, statt technisch nachzubilden. Auf diese Weise hatte er eine wissenschaftliche Hilfsaufgabe, die man ihm in guten Treuen anvertraut hatte, gelöst! Der Verfasser war erkrankt und das in dem Maasse, dass er

für das laufende Semester von allen Verpflichtungen der Universität gegenüber befreit ist. Wie leicht konnte es ihm passieren, in seinem nervösen Zustande, dass er von genauer Betrachtung des Clichés absah und das vom Künstler willkürlich geschaffene Bild als echte Radiographie aufnehmen liess! — Nach Jahren erst, und wenn etwa nur ein Stern statt der neun hinzugefügt worden war, konnte das bemerkt werden und dem Verfasser die Frage vorgelegt werden: „Wie konnten Sie, wenn Sie tatsächlich radiographierte Platten vorzeigten, solche geben, die mehr Sterne als die Originale zeigen?“ Wer hätte dem Verfasser geglaubt, wenn er versichert hätte, nicht ich bin der Schuldige, sondern die Firma Manissadjian? —

Georg W. A. Kahlbaum.



Fig. 3.



Fig. 1.



Fig. 2.

a b c
Q. P. Q. P. Q. P.

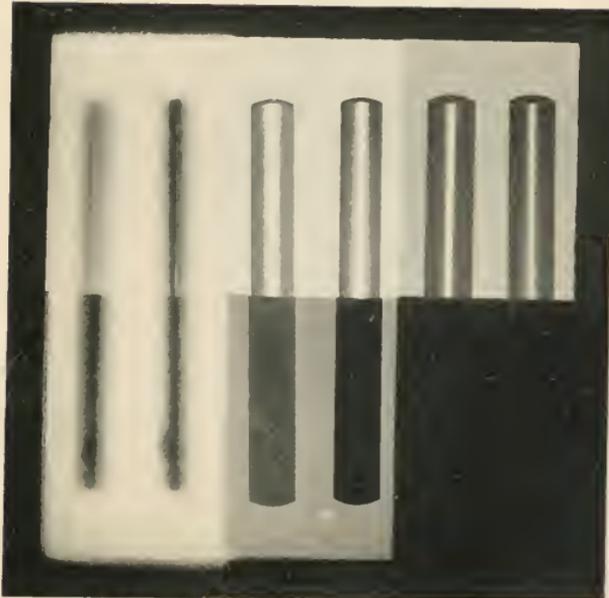


Fig. 6.

a b c
Q. P. Q. P. Q. P.



Fig. 4.



Fig. 5.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel](#)

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: [16_1903](#)

Autor(en)/Author(s): Kahlbaum Georg Wilhelm August

Artikel/Article: [Über Gewichtsänderung bei chemischen und physikalischen Umsetzungen in geschlossenem Rohr und über Hr. Heydweillers Entdeckung 441-480](#)