

## 253. Clemens Winkler: Radioaktivität und Materie.

(Eingegangen am 13. April 1904.)

Mit der Entdeckung der Erscheinung der Radioaktivität ist der physikalischen und voraussichtlich auch der chemischen Forschung ein Gebiet eröffnet worden, wie es eigenartiger und verheissungsvoller nicht gedacht werden kann. Man steht vor einer Energiequelle, die in unbegrenzter Dauer aus sich selbst heraus zu fließen scheint, ohne dass man ihren Ursprung auch nur ahnte; vor Energieäusserungen, die weder nach Wesen noch nach Erscheinung den bisher bekannt gewesenen gleichen; vor Substanzen, die altvertrauten Elementen zum Verwechseln ähneln und doch neuer Art zu sein scheinen. Ihren hauptsächlichsten Vertreter finden diese Substanzen im Radium, welches nach dem Ausspruch seiner Entdecker<sup>1)</sup> vom chemischen Standpunkte aus als ein neues Element angesehen werden kann und durch seine Aufnahme in die Atomgewichtstabelle 1904 vom Internationalen Atomgewichts-Ausschuss auch als solches anerkannt worden ist.

Weit unbestimmter liegen die Verhältnisse bei den übrigen, bisher bekannt gewordenen, radioactiven Stoffen. Die Existenz des von P. und S. Curie<sup>2)</sup> aufgefundenen Poloniums war eine Zeit lang in's Wanken gerathen, scheint aber in W. Marckwald's<sup>3)</sup> Radiotellur neu aufleben zu sollen. Ueber das Radioblei liegen zwar umfangliche und bezüglich ihrer chemischen Durcharbeitung besonders bemerkenswerthe Untersuchungen<sup>4)</sup> vor, doch sind dieselben, ganz abgesehen von den durch F. Giesel<sup>5)</sup> dagegen erhobenen Einwendungen, bis jetzt nicht so weit gediehen, dass man berechtigt wäre, mit zweifelloser Bestimmtheit ein neues Element in ihm zu erblicken. Das Gleiche aber dürfte von A. Debierne's<sup>6)</sup> Actinium und von an-

<sup>1)</sup> Vergl. Mme. S. Curie, Untersuchungen über die radioactiven Substanzen. Uebersetzt und mit Literatur-Ergänzungen versehen von W. Kaufmann. Braunschweig 1904, S. 2.

<sup>2)</sup> P. und S. Curie, Compt. rend. de l'Acad. des sciences 127, 175; Chem. Centralbl. 1898, II, 572.

<sup>3)</sup> W. Marckwald, diese Berichte 35, 2285 und 4239 [1902]; 36, 2662 [1903].

<sup>4)</sup> K. A. Hofmann und E. Strauss, diese Berichte 33, 3126 [1900]; 34, 8, 907, 3033, 3970 [1901]; K. A. Hofmann, A. Korn und E. Strauss, diese Berichte 34, 407 [1901]; K. A. Hofmann und V. Wölfl, diese Berichte 35, 1453 [1902]; 36, 1040 [1903].

<sup>5)</sup> F. Giesel, diese Berichte 33, 3569 [1900]; 34, 3772 [1901].

<sup>6)</sup> A. Debierne. Compt. rend. de l'Acad. des sciences 129, 593 130, 906; Chem. Centralbl. 1899, II, 1003; 1900, I, 1059.

deren radioactiven Substanzen gelten, wie man sie z. B. in den Erden der Cer und Yttrium-Gruppe aufgefunden zu haben glaubt<sup>1)</sup>.

Diese Unsicherheit wird erklärlich, wenn man in Betracht zieht, dass für die Durchführung der bis jetzt vorliegenden Untersuchungen meist nur sehr geringe Mengen reiner oder wohl auch nur angereicherter Substanz zu Gebote gestanden haben, wodurch insbesondere ihr chemisches Studium erschwert worden ist. Zudem trat bei dem hohen Reize, welchen die Verfolgung der räthselhaften Erscheinung der Radioactivität unter Anwendung von photographischer Platte, Elektroskop und Phosphoreszenzschirm mit sich brachte, die Ermittlung des chemischen Verhaltens der in Frage kommenden Stoffe ganz von selbst in zweite Linie, und wenn sie auch keineswegs aüsser Acht gelassen worden ist, so ist sie doch auch nicht in dem Maasse zur Geltung gekommen, wie das sonst bei der Feststellung der Eigenart neuentdeckter Elemente zu geschehen pflegt.

Bei der an sich sehr einfachen Verarbeitung radiumhaltigen Rohmaterials hat man im wesentlichen dem Verhalten des Baryums folgen können. In ihrem Verlaufe hat man dann unter Ausnutzung gewisser Löslichkeitsverschiedenheiten mit Erfolg den Weg der Fractionirung beschritten und ist dabei auch zur Kenntniss eines eigenen Radiumspectrums gelangt. Ob jedoch der Spectralreaction entscheidendes Gewicht beizulegen ist, muss vorläufig dahingestellt bleiben. Bei einer Substanz, die aus dem so verwickelt zusammengesetzten Material der Joachimsthaler Rückstände abgeschieden worden ist und noch dazu in äusserst geringfügiger Menge, könnte sie sich leicht als trügerisch erweisen. Zwischen dem von Demarçay<sup>2)</sup> hergestellten Funkenspectrum und dem von F. Giesel<sup>3)</sup> beschriebenen Flammenspectrum des Radiums besteht ja auch anscheinend wenig Uebereinstimmung, und die orangerothern Linien im Spectrum des Radiumbromids, sowie die Rothfärbung, welche dieses Salz der Flamme ertheilt, lassen einen Rückhalt von fremden Erdalkalimetallen nicht unmöglich erscheinen. Im Uebrigen sind weder Verbindungen des Radiums hinlänglich genau untersucht worden, noch kennt man bestimmte, nur ihm eigenthümliche Reactionen. Ausschlaggebend für seine Erhebung zum selbstständigen Element ist eigentlich nur die Bestimmung des Atomgewichtes gewesen, dessen auffallende Höhe in der That den Schluss rechtfertigt, dass das Radium bei aller Baryumähnlichkeit ein neues Glied in der Gruppe der Erdalkalimetalle bildet.

<sup>1)</sup> K. A. Hofmann und E. Strauss, diese Berichte 33, 3126 [1900]; F. Giesel, diese Berichte 36, 342 [1903].

<sup>2)</sup> Vergl. S. Curie, a. a. O. S. 20.

<sup>3)</sup> F. Giesel, diese Berichte 35, 3608 [1902].

Das Radioblei hat in chemischer Hinsicht eingehender untersucht werden können als das Radium, ohne dass sich indessen zwischen seinen Reactionen und denjenigen des gewöhnlichen Bleis ein beachtlicher Unterschied ergeben hätte. Nur glaubte man, auch bei seinem Atomgewichte auf eine ganz beträchtliche Abweichung gestossen zu sein<sup>1)</sup>. Die Bestimmung des Atomgewichtes des Radiobleis erfolgte durch die Ermittlung des Schwefelsäuregehaltes des Sulfats desselben. Hierbei wurde der Gehalt an  $\text{SO}_4$  zu 41.35 pCt. festgestellt, während derjenige des Bleisulfates nur 31.71 pCt. beträgt.

Aus diesem Ergebniss berechnete man unter der Annahme, dass das Radioblei gleich Thorium und Uran vierwerthig sei, dessen Atomgewicht zu 260.2, während das Blei ein solches von nur 206.9 hat. Die Richtigkeit der Bestimmung erscheint jedoch um deshalb zweifelhaft, weil das Sulfat, mit dem sie ausgeführt wurde, nach dem Abrauchen der überschüssigen Schwefelsäure nicht bis zum beginnenden Glühen erhitzt, sondern nur bei  $400-420^\circ$  getrocknet worden war. Bei so niedriger Temperatur gelingt es erfahrungsgemäss nicht, die anhaftende freie Säure völlig zu entfernen, und so kann es denn auch nicht befremden, wenn der Schwefelsäuregehalt des untersuchten Sulfates höher als der des Bleisulfates gefunden worden ist. Das Atomgewicht des Radiobleis lässt sich nicht wohl daraus ableiten, und auch die an den Ausfall anderer, mit dem gleichen Fehler behafteter Schwefelsäurebestimmungen geknüpfte Vermuthung, möglicherweise die Homologen des Mangans (des vielgesuchten Ekamangans Mendelejeff's) und des Zinns entdeckt zu haben, wird hinfällig.

Ueberhaupt können die sonst so bewunderungswürdigen Untersuchungen über die Radioactivität der Stoffe in ihrem chemischen Theile nicht immer als ausreichend angesehen werden. Selbst die Ergebnisse der Fractionirung sind mit Vorsicht zu verwerthen, weil sie leicht Anlass zu Trugschlüssen geben können. Als die Entdeckung der Spectralanalyse die Welt in ähnlicher Weise in Aufregung versetzte, wie diejenige der Radioactivität das heute thut, glaubte man allen Ernstes, das Calcium zerlegt zu haben, weil es gelungen war, die grüne Linie seines Spectrums durch fractionirte Fällung einer Chlorcalciumlösung in einem der erhaltenen Antheile zum Verschwinden zu bringen, ja Krystallographen begannen im Anschluss hieran bereits Betrachtungen über die auffallende Mannigfaltigkeit der Kalkspathform anzustellen. Aehnliche, gewiss verzeihliche Irrthümer können auch in anderen Fällen unterlaufen, womit keineswegs ausgesprochen sein soll, dass dies bei der fractionirenden Behandlung der radioactiven Substanzen wirklich geschehen sei.

<sup>1)</sup> K. A. Hofmann und E. Strauss, diese Berichte 34, 8, 907 [1901].

Man darf jedoch fragen, ob es überhaupt gerechtfertigt ist, das Vorhandensein eines neuen Elementes in einer Substanz voraus zu setzen, nur deshalb, weil sie radioactiv ist. Es wäre doch sehr auffallend, wenn jedes der zahlreichen, an sich längst bekannten Elemente, an denen man Radioactivität wahrnimmt, einen neuen, ebenfalls als einfach anzusehenden Begleiter von so gut wie vollkommenem chemischen Gleichverhalten aufwiese. Gegen solche Annahme sprechen denn auch, ganz abgesehen davon, dass sie der zeitherigen, bis jetzt noch nicht erschütterten Vorstellung vom Wesen der Elemente, wie überhaupt aller Erfahrung zuwiderläuft, mancherlei Gründe. Das Uran, ein im vorliegenden Falle doch gewiss als typisch anzusehendes Element, lässt sich nach William Crookes<sup>1)</sup> durch blosse fractionirte Krystallisation oder endlich durch fractionirte Zersetzung desselben durch Erhitzen in einen activen und einen nicht activen Theil zerlegen, ohne dass beide in chemischer Hinsicht irgend welche Verschiedenheit zeigten. Béla v. Lengyel<sup>2)</sup>, welcher der Existenz des Radiums zweifelnd gegenübersteht, erreichte die Activirung des Baryums durch Erhitzung seines Nitrates mit Uranyl nitrat, und Henri Becquerel<sup>3)</sup> stellte durch Fällung einer mit activem Uranylchlorid versetzten Lösung von Baryumchlorid mit Schwefelsäure ein stark actives Baryumsulfat dar, während die Activität des Urans gleichzeitig Verminderung erfuhr. Auch K. A. Hofmann und E. Strauss<sup>4)</sup> haben aus activen Uranverbindungen inactive Fractionen erhalten; andererseits ist es ihnen gelungen, dem Uran durch Baryum- oder Wismuth-Verbindungen die Activität vorübergehend zu entziehen. Besonders bemerkenswerth aber sind die Versuche von A. Debierne<sup>5)</sup>, die nach ähnlichem Verfahren, jedoch unter Anwendung von Actinium, durchgeführt wurden und bei welchen sich ergab, dass es leicht möglich sei, die Verbindungen des Baryums derartig zu activiren, dass sie sich kaum noch von denen des Radiums unterschieden, nur dass sie kein Radiumspectrum gaben und mit der Zeit Abnahme der Activität erkennen liessen. Das activirte Baryum soll in seinen Eigenschaften zwischen Baryum und Radium stehen, sein Chlorid ist, wie dasjenige des Ra-

<sup>1)</sup> William Crookes, Proc. Royal Soc. London 66, 409; Chem. Centralbl. 1900, II, 364.

<sup>2)</sup> Béla v. Lengyel, diese Berichte 33, 1237 [1900].

<sup>3)</sup> Henri Becquerel, C. r. d. l'Acad. des sciences 131, 137; Chem. Centralbl. 1900, II, 422.

<sup>4)</sup> K. A. Hofmann und E. Strauss, diese Berichte 33, 3126 [1900]; 35, 1453 [1902].

<sup>5)</sup> A. Debierne, C. r. d. l'Acad. des sciences 131, 333; Chem. Centralbl. 1900, II, 557.

diums, im wasserfreien Zustande selbstleuchtend und lässt sich ebenfalls durch fractionirte Krystallisation in einen wirksameren und einen minder wirksamen Theil zerlegen.

Durch Induction allein lassen sich derartige auffallende Wahrnehmungen kaum erklären. Auch der von F. Giesel<sup>1)</sup> gegen Béla v. Lengyel erhobene Einwurf, dass die von diesem zuerst herbeigeführte Activirung des Baryums durch einen Radiumgehalt des dabei verwendeten Uransalzes veranlasst sein könne, wird dadurch hinfällig, dass man, wie geschildert, den gleichen Erfolg unter anderen Verhältnissen und sogar in noch viel weiter gehendem Maasse erreicht hat.

Un was soll man ferner sagen zu der vermeintlichen materiellen Emanation radioactiver »Elemente«, zu ihrer Instabilität, zu ihrem Zerfall unter Abspaltung von Helium und zum Zerfall der Elemente selbst? Bis jetzt fehlt es an jedem Beweis dafür, dass Elemente von hohem Atomgewichte, zu denen ja auch Gold und Platin zählen, Polymere von Elementen mit niedrigem Atomgewichte sein und dass sie in diese zerfallen könnten. Noch steht der Begriff Element im bisherigen Sinne fest, und es würde ganz anderer, ungleich gründlicherer, chemischer Experimentalarbeiten als der bisherigen bedürfen, um ihn zu erschüttern. Wohl aber zeigt sich von Tag zu Tag deutlicher, dass die Radioactivität eine ausserordentliche Allgemeinverbreitung zu besitzen scheint, und diese Wahrnehmung führt auf die Frage, ob sie nicht möglicher Weise einen rein physikalischen Vorgang darstellen könnte, eine Erscheinung, die zwar an der Materie zu haften vermag, ohne jedoch deren chemische Beschaffenheit zu beeinflussen, dem Magnetismus des Magneteisenerzes etwa vergleichbar, der sich, wie sie, steigern, übertragen, scheinbar vernichten und wieder hervorrufen lässt und der sich doch auch als eine von der Substanz ausgehende, geheimnissvolle Energieäusserung darstellt, ohne dass man daran dächte, im magnetischen Eisenoxyduloxyd ein anderes Element anzunehmen, als im nichtmagnetischen Eisenoxyd. Der Gedanke an stoffliche Verschiedenheit wird selbst da niemandem gekommen sein, als es Fr. Heusler<sup>2)</sup> gelungen war, aus unmagnetischen Metallen, wie Mangan, Zinn, Antimon, Aluminium, magnetisierbare Legirungen herzustellen. Auch bezüglich der Radioactivität würde man von der Annahme stofflicher Verschiedenheit unabhängig werden, wenn die Angabe von F. Richarz und Rudolf Schenck<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> F. Giesel, diese Berichte 33, 1665 [1900].

<sup>2)</sup> Fr. Heusler, Schriften d. Gesellsch. z. Beförd. d. gesamt. Naturwissenschaften z. Marburg 13, 255 [1904] und Zeitschr. für angew. Chem. 1904, 260.

<sup>3)</sup> F. Richarz und Rudolf Schenck, Sitzungsber. d. Königl. Preuss. Akademie d. Wissenschaften 1903, LII; 1904, II.

ohne triftigen Einwand bleiben sollte, der zu Folge Sauerstoff bei der Ozonisierung radioactiv wird, derart, dass er auf die photographische Platte wirkt, die Sidot'sche Blende (allerdings nur diese) zum intensiven Leuchten bringt und gleich dem Radium Wärmeentwicklung liefert.

In Anbetracht des Radiumtaumels, welcher gegenwärtig die Welt beherrscht und sich in nicht geringem Grade auch in Laienkreisen bemerkbar macht, hat es für den Chemiker etwas Bedrückendes, über das vor nunmehr fast sechs Jahren entdeckte Radium noch immer nicht mehr berichten zu können, als dass es dem Baryum täuschend ähnlich ist, nur dass ihm ein höheres Atomgewicht als diesem und die wunderbare, selbstthätige Strahlung zukommt. Die chemische Eigenart des Radiums ist noch immer fast unbekannt, und doch wird die Frage nach ihr sehr oft gestellt, insbesondere in den Gegenden, die als Fundstätten für Uranpfecherz gelten und an denen man bereits von einem vielverheissenden »Radiumbergbau« und einer künftigen »Radiumindustrie« träumt. Ist doch, so weit bis jetzt bekannt, das Vorkommen radioactiver Substanzen durchweg an dasjenige des Urans gebunden. Das ist in hohem Grade auffallend und auch nicht recht verständlich, sofern man in diesen Substanzen das Vorhandensein besonderer Elemente annehmen will. Denn wenn auch das Zusammenkommen gewisser Grundstoffe durchaus nicht ungewöhnlich ist und sich aus deren Stellung im System, ihrer Werthigkeit, der Isomorphie ihrer Verbindungen und anderem Gleichverhalten erklären lässt, so begegnet man doch nirgends einer solchen Ausschliesslichkeit, wie sie hier in's Bild treten würde. Eine Ausnahme macht vielleicht das Thorium, wenigstens spricht G. F. Barker<sup>1)</sup> diesem Elemente eine vom Zusammenvorkommen mit Uran unabhängige Radioactivität zu. K. A. Hofmann und F. Zerban<sup>2)</sup> sind jedoch gegentheiliger Meinung, und F. Zerban<sup>3)</sup> glaubt denn auch, in dem vorher für uranfrei gehaltenen Monazitsande einen kleinen Urangehalt nachgewiesen zu haben. Nur ist die von ihm angewendete, von Laube<sup>4)</sup> herrührende Untersuchungsmethode nicht einwandfrei; sie ist ja auch ursprünglich nicht für analytische Zwecke, sondern für die Aufarbeitung von Uranrückständen bestimmt gewesen.

Das Material für die Gewinnung des Radiums und anderer radioactiver Stoffe hat bisher hauptsächlich der bei Verarbeitung des

<sup>1)</sup> G. F. Barker, Chem.-Zeitung 1903, 522.

<sup>2)</sup> K. A. Hofmann und F. Zerban, diese Berichte 35, 531 [1902]; 36, 3093 [1903].

<sup>3)</sup> F. Zerban, diese Berichte 36, 3911 [1903].

<sup>4)</sup> Laube, Zeitschr. für angew. Chem. 1889, 575.

Uranpecherzes auf Uranpräparate bei der k. k. österreich. Uranfabrik in Joachimsthal abfallende Rückstand gebildet. Dieser verbleibt beim Auflösen des vorher gerösteten, mit Soda und Salpeter geglühten und mit Wasser ausgelaugten Uranpecherzes in verdünnter Schwefelsäure. Er besteht im wesentlichen aus Gangart, Kieselsäure, Eisenoxyd, basischem Eisensulfat, Bleisulfat, enthält aber auch etwas Wismuth und Silber. Seine Menge beträgt 40 pCt. vom Gewichte des verarbeiteten Uranerzes, und man kann schätzungsweise annehmen, dass während des 50-jährigen Bestehens der Joachimsthaler Uranfabrik 150—200 t solchen Rückstandes entstanden sind. Sein Gesamttinhalte an radioactiven Substanzen ist schwierig zu veranschlagen, doch dürfte derjenige an Radium nur nach Grammen, der an Radiotellur nach Bruchtheilen von Grammen zählen.

Der in Rede stehende Rückstand besitzt die 4.5-fache Activität des metallischen Urans. 1000 kg desselben lieferten nach S. Curie 10—20 kg rohe Sulfate von der 30—60-fachen und diese wieder 8 kg radiumhaltiges Chlorbaryum von ebenfalls der 60-fachen Activität des Urans. Hieraus scheint hervorzugehen, dass die Steigerung der Radioactivität mit der Anreicherung der Baryumverbindungen nicht gleichen Schritt hält, sondern weit hinter ihr zurückbleibt. Einen sicheren Maassstab für das Anwachsen des Radiumgehaltes scheint sie also nicht zu bilden. Selbst ein durch fractionirte Krystallisation bis zur 3500-fachen Activität des Urans gebrachtes Chlorid muss im wesentlichen aus Chlorbaryum bestanden haben, da sich das Atomgewicht des darin enthaltenen Metalles zu nur 140, also nicht viel höher als dasjenige des Baryums, ergeben hat. Ueber die Activität des muthmaasslich reinsten, aber wohl noch immer etwas Baryum enthaltenden Radiumchlorids liegt keine Angabe vor, doch sollen die besten Radiumpräparate 50000—100000 Mal activer sein als Uran<sup>1)</sup>.

Es entsteht vor allem die Frage: In welcher Verbindungsform ist das Radium im Uranpecherz und in dem bei seiner Auflösung entstehenden Rückstande enthalten? In dem Letzteren ganz bestimmt als Sulfat, wahrscheinlich aber auch schon im Ersteren, weil Schwerspath zu den gewöhnlichen Begleitern des Uranpecherzes gehört. Da sich nun die Löslichkeit der Sulfate der Metalle der alkalischen Erden mit dem Ansteigen des Atomgewichtes vermindert, so müsste das Radium als Sohlussglied der Gruppe das am wenigsten lösliche Sulfat bilden. Hieraus und aus der Isomorphie der Baryum- und Radium-Verbindungen<sup>2)</sup> muss man schliessen, dass der das Uranpecherz begleitende Schwerspath der eigentliche Träger des Radiumgehaltes der Joachimsthaler

<sup>1)</sup> O. Dammer, Handb. d. anorg. Chemie, Bd. IV, S. 952.

<sup>2)</sup> F. Rinne, Centr.-Bl. f. Min. u. Geol. 1903, 134.

Erze ist. Nun hat aber William Crookes<sup>1)</sup> an keinem der von ihm geprüften Schwerspathvorkommnisse Radioactivität nachweisen können, und das ist, auch wenn sich unter ihnen das von Joachimsthal nicht befunden haben sollte, insofern befremdlich, als nach allen sonstigen Erfahrungen über das Zusammenvorkommen und die gegenseitige Vertretung der Elemente nicht anzunehmen steht, dass das Radium im Gegensatz zu Calcium und Strontium vom Auftreten in natürlichen Baryumverbindungen ausgeschlossen ist, falls es sich dem Baryum wirklich als selbstständiges Element zur Seite stellt. Giebt es aber radiumhaltigen Schwerspath, so wird dessen Radiumgehalt auch in das fabrikmässig daraus dargestellte Chlorbaryum übergehen, und dann könnte es, wenn er auch noch so geringfügig sein sollte, gar nicht schwer fallen, ihn durch im Grossen betriebene fractionirte Krystallisation dieses Salzes zu concentriren. Der von S. Curie mit 50 kg käuflichem Chlorbaryum in dieser Richtung angestellte Versuch hat allerdings negatives Ergebniss geliefert.

Aber selbst dann, wenn das Radium in seinem Vorkommen aus zur Zeit noch unbekannter Ursache ausschliesslich dem Vorkommen des Urans folgen sollte, müsste es sich, wenigstens im Erzgebirge, in verhältnissmässig grosser Verbreitung vorfinden. Denn auch ausserhalb der dortigen eigentlichen Fundstätten von Uranpecherz, wie derjenigen von Joachimsthal oder den bereits mehr oder minder abgebauten von Johannegeorgenstadt, Schneeberg, Annaberg und Freiberg, begegnet man in genannter Gegend vielfach schwach uranföhrndem Gestein, namentlich Granit, dessen Urangehalt sich durch einen auch auf die photographische Platte wirkenden Anflug von Kalkuranit und Uranocircit verräth und bisweilen auch am Beschotterungsmaterial der Strassen sichtbar wird. Es erscheint deshalb nicht unmöglich, in jener Gegend, in der ja auch das Vorkommen von Wismuth ein sehr verbreitetes ist, Rohmaterialien ausfindig zu machen, die sich mit Erfolg auf radioactive Substanzen verarbeiten lassen. Durch die Reindarstellung dieser Letzteren in grösserer Menge und ihr eingehendes chemisches Studium wird man dann vielleicht dahin gelangen, nicht allein der Aufklärung über das Wesen der Radioactivität näher zu kommen, sondern auch die Existenz radioactiver Elemente von besonderer Eigenart und bestimmt ausgeprägtem chemischen Verhalten ausser jeden Zweifel zu stellen.

---

<sup>1)</sup> William Crookes, Proc. Royal Soc. London 66, 409; Chem. Centralbl. 1900, II, 364.