

Neuere Forschungen auf dem Gebiete der Radioaktivität in den Jahren 1913 und 1914.

Von Prof. Dr. F. HENRICH.

(Eingeg. 26./5. 1915.)

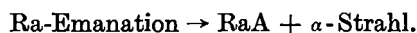
Inhaltsübersicht: Unmöglichkeit, das Zeitmaß radioaktiver Umwandlungen zu beeinflussen. — Die Radioelemente und das periodische System der Elemente. Änderung des elektrochemischen Charakters beim radioaktiven Atomzerfall. Einreihung der Radioelemente in das periodische System nach Soddy und Fajans. Isotopische Elemente und Plejaden. Andere Formulierung des periodischen Gesetzes. Endprodukte des Atomzerfalls. Bedeutung der Kernladung der Atome für das periodische System. — Chemische Eigenschaften der Radioelemente. — Maßeinheiten und Meßmethoden bes. der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Neuerungen bei den Messungen mit dem Fontaktoskop. — α -Strahlen. — β -Strahlen. Magnetisches Spektrum. Zählung der β -Strahlen. — δ -Strahlen. — Wirkung der Strahlen. Verfärbung von Salzen. Chemische Zersetzungen durch die durchdringende Strahlung. — Die Uran-Radiumreihe. — Die Aktiniumreihe. — Die Thoriumreihe. — Durchdringende Strahlung der Atmosphäre. — Radioaktivität der Mineralquellen Tirols, der Quellen von Bad Steben und einiger Gesteine Bayerns. — Physiologische Wirkung der Radiumemanation auf Pflanzen, bes. Nutzpflanzen. — Radioaktive Mineralien und über das Vorkommen derselben in den Vereinigten Staaten. — Der Radiumblitzableiter. — Die Radioaktivität des Rubidiums und Kaliums¹⁾.

Die letzten Jahre brachten vor allem eine wesentliche Vertiefung der Erkenntnis der chemischen Eigenschaften von Radioelementen. Daraus ergaben sich zwei bedeutungsvolle Erfolge, einmal die Einreihung der Radioelemente in das periodische System und dann die Aufklärung der Frage nach den Endprodukten der Zerfallsreihen.

Ehe wir auf diese Fortschritte eingehen, wollen wir einige neuere Untersuchungen über die Unmöglichkeit, das Zeitmaß radioaktiver Umwandlungen zu beeinflussen, besprechen, da sie von grundlegender Wichtigkeit für den Mechanismus des radioaktiven Zerfalls sind. Wir müssen sie um so freudiger begrüßen, als Versuche in dieser Richtung bisher noch nicht in vielen Mögkeitsbereichen angestellt waren. Früher hatte man sich vorzugsweise mit dem Einfluß der Temperatur auf den radioaktiven Zerfall beschäftigt. Nach den grundlegenden Versuchen von Becquerel, Rutherford und P. Curie studierten besonders W. H. Schmidt²⁾ und S. A. Russell³⁾ den Temperaturkoeffizienten der Zerfallsgeschwindigkeit bis 1300° in der Reihe:



Sie konnten aber eine Beeinflussung der Zerfallsgeschwindigkeit nicht nachweisen. Auch Bestrahlung mit Kathoden- und Röntgenstrahlen hatte keinen Einfluß auf die Geschwindigkeit des Zerfalls^{3a)}. L. Bruner und E. Bekier versuchten es nun neuerdings^{3b)}, die Frage nach den Prinzipien der chemischen Mechanik zu entscheiden. Die Umwandlung der Radiumemanation verläuft so:



Der α -Strahl, ein Heliumatom mit doppelter positiver Ladung, verwandelt sich allmählich in Helium. Es war

¹⁾ Von neu erschienenen Werken empfehle ich besonders H. Geiger, „Die Radioaktivität“ in L. Graetz „Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus. Bd. III, Lief. 1. 1914. — F. Soddy, „Die Chemie der Radioelemente“, 2. Teil. 1914. — M. Centnerszwer, „Das Radium und die Radioaktivität“. Bändchen 405 von „Aus Natur und Wissenschaft“ 1913, 96 S.

²⁾ Physikal. Z. 9, 113, 816 [1908].

³⁾ Proc. Royal Soc. 86, A. 240 [1912].

^{3a)} Vgl. W. P. Jorissen und J. A. Vollgraff. Z. f. physikal. Chem. 89, 151 [1914].

^{3b)} Physikal. Z. 15, 240 [1914].

nun im Sinne der chemischen Mechanik denkbar, daß durch Vermehrung der Konzentration geladener Heliumatome die Zerfallsgeschwindigkeit beeinflusst würde. Darum ließen die beiden Forscher auf ein Gemisch von Radiumemanation und Helium elektrische Entladungen wirken. Das Gemisch wurde zunächst in einem geeigneten Apparate zusammengebracht, gewartet, bis das Gleichgewicht: Ra-Emanation bis RaC, sich eingestellt hatte, und die Aktivität mit Hilfe der β - γ -Strahlung gemessen. Dann wurde das Gasgemisch der Entladung eines Induktoriums von 10 cm Funkenlänge ausgesetzt, die Intensität der Aktivität von neuem gemessen und mit der theoretischen unter Benutzung der Zeitkonstante der Radiumemanation verglichen. Es zeigten sich aber keine Veränderungen in der Intensität der Aktivität, wie man sie hätte erwarten müssen, wenn die Zeitkonstante des radioaktiven Zerfalls verändert worden wäre.

Unabhängig davon hatte W. Markwald⁴⁾ den Zerfall der Radiumemanation in einer Heliumatmosphäre untersucht. Dieser Forscher benutzte eine andere Versuchsanordnung und maß nur die γ -Strahlung mit einem Wulfschen Elektroskop, aber auch er fand keine Änderung. Der radioaktive Atomzerfall unter Bildung von α -Teilchen erfolgt in einer Heliumatmosphäre mit gleicher Geschwindigkeit wie in Luft.

Über die Einfügung der Radioelemente in das periodische System habe ich das vorige Mal schon kurz berichtet⁵⁾. Nach einer Rekapitulation des Wesentlichen will ich einige Ergänzungen nachtragen. In seiner „Chemie der Radioelemente“ hatte F. Soddy darauf hingewiesen, daß sich der chemische Charakter von Radioelementen bei der α -Strahlenumwandlung in gesetzmäßiger Weise ändert. Gehörte ein Radioelement einer geradzahligen Gruppe des periodischen Systems an, so entsteht daraus nach Abstoßung eines α -Teilchens ein Element der nächstniedrigen geradzahligen Gruppe. Die dazwischenliegende ungeradzahlige Gruppe wird gleichsam übersprungen. Bei einer Reihe von Umwandlungen trat nun der merkwürdige Fall ein, daß das Atom in seine ursprüngliche Gruppe gleichsam zurückkehrte. Das geschah folgendermaßen: Ein Element einer bestimmten Gruppe erlitt α -Strahlenumwandlung, und sein Umwandlungsprodukt kam in die zweitniedrigere Gruppe des periodischen Systems. Durch weitere Umwandlungen, bei denen keine α -Strahlen ausgesendet wurden, rückten die weiteren Umwandlungsprodukte nun zwei Gruppen hinauf, so daß das dritte Umwandlungsprodukt wieder den gleichen chemischen Charakter besaß wie das erste⁶⁾. K. Fajans⁶⁾ fand nun eine Beziehung zwischen der Art einer radioaktiven Umwandlung und dem elektrochemischen Charakter der Radioelemente: Bei einer α -Strahlenumwandlung ist das neuentstehende Element elektrochemisch positiver (unedler) als sein Mutterelement, während bei einer β -Strahlenumwandlung oder strahlenlosen Umwandlung das Gegenteil eintritt. Das stimmt vorzüglich mit dem periodischen Gesetz, denn ein Element, das in einer tieferen Gruppe des periodischen Systems steht, mußte positiver sein und umgekehrt. Fajans zeigte, daß diese Beziehung für alle Umwandlungen, soweit sie prüfbar waren, galt. Er bestätigte, daß bei allen α -Strahlenumwandlungen ein Übergang in die zweitniedrigere Gruppe stattfindet, also z. B. von der vierten zur zweiten, aus der sechsten in die vierte usw. Bei β -Strahlenumwandlungen rückte aber ein Element nur um eine Gruppe nach der entgegengesetzten Seite, also z. B. aus der vierten in die fünfte usw. G. v. Hevesy⁷⁾ und A. S. Russell⁸⁾ fanden ziemlich gleichzeitig dieselbe Gesetzmäßigkeit. Die Wirkung einer β -Strahlenumwandlung hat also elektrochemisch die entgegengesetzte Wirkung wie die einer α -Strahlenumwandlung. Verfolgen wir nun diese Verschiebung des chemischen Charakters der Radioelemente

⁴⁾ Physikal. Z. 15, 440 [1914].

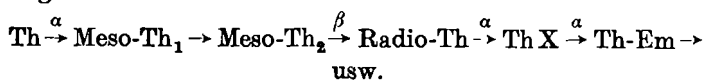
⁵⁾ Angew. Chem. 26, I, 289f. [1913].

⁶⁾ Physikal. Z. 14, 131, 136 [1913].

⁷⁾ Physikal. Z. 14, 49 [1913].

⁸⁾ Chem. News 49, 49 [1913].

am Beispiel der Thoriumzerfallsreihe. Sie sieht zurzeit folgendermaßen aus:



Thorium (232,5) ist das letzte Element der Gruppe IV des periodischen Systems. Durch α -Strahlung zersetzt es sich zu Meso-Th₁ (228,5), das seinem chemischen Verhalten nach dem Barium resp. Radium gleicht, also zur Gruppe II gehört. Meso-Th₁ transformiert sich strahlungslos zu Meso-Th₂ (228,5), wodurch ein Übergang in die nächst höhere, also Gruppe III des periodischen Systems stattfindet. Das gleiche vollzieht sich bei der β -Strahlumwandlung des Meso-Th₂ zu Radio-Th (228,5), das nun wieder in der gleichen Gruppe IV wie das Ausgangselement

Radio-Th steht. Letzteres zersetzt sich unter Aussendung eines α -Strahls zu Th X (224,5), das nun wieder wie Meso-Th₁ chemisch zur Gruppe II gehört. Da Th X eine α -Strahlumwandlung erleidet, so muß sein Zerfallsprodukt Th-Emanation in die Gruppe 0 des periodischen Systems gehören, was wirklich der Fall ist, denn die Emanation verhält sich chemisch wie ein inertes Gas. In der Übersicht sieht dieser Teil der Zerfallsreihe wie Fig. 1 aus.

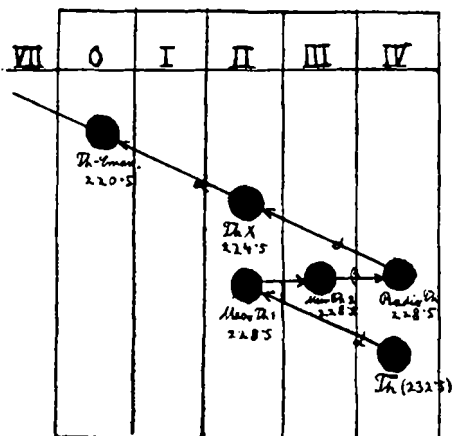


Fig. 1.

Wie in der Th-Reihe ist es auch in der Uranzerfallsreihe, und Soddy stellt diese Verhältnisse graphisch durch nebenstehendes Schema (Fig. 2) dar.

Diese mehr bildliche Darstellung bringt den genetischen Zusammenhang der Elemente sehr anschaulich zum Ausdruck. Sie ist natürlich im Grunde identisch mit der früher mitgeteilten Fajansschen Übersicht. Kehren wir zu dieser zurück (vergl. Tabelle S. 289), so sehen wir, wie sich in Vertikalreihen an den Stellen, wo sonst ein Element steht, eine Gruppe von mehreren Elementen befindet, die Fajans Plejade nannte. Er fand dabei eine merkwürdige Beziehung zwischen Atomgewicht und Lebensdauer: Bei α -Strahlern einer Plejade fällt die Lebensdauer mit dem Atomgewicht, bei β -Strahlern steigt sie mit fallendem Atomgewicht⁹⁾.

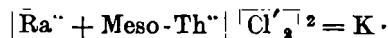
Nun hatte man mit Elementen die einer solchen Gruppe angehören, bereits merkwürdige Erfahrungen gemacht. Das bekannteste Beispiel war das folgende. Wenn man aus Uranmineralien Blei abschied, so war das Blei stets radioaktiv. Seine Aktivität wurde durch beigemengtes Ra D (und dessen Zerfallprodukte) verursacht. Durch alle zu Gebote stehenden Mittel versuchte man es nun, dies Ra D vom Blei (s. Gruppe IVb) zu trennen. Aber weder fraktionierte Fällung und Krystallisation, noch teilweise Verflüchtigung, elektrolytische Scheidung und die mannigfaltigsten chemischen Umsetzungen vermochten es,

auch nur eine Anreicherung des Ra D gegen Pb zu bewirken. F. Paneth und G. von Hevesy haben über diese Trennung eine besondere, sehr genaue Untersuchung¹⁰⁾ im Wiener Institut für Radiumforschung ausgeführt, aber sie fanden, daß nach jedem Trennungsversuch das Verhältnis von Ra D und Pb das gleiche war wie vorher. Ra D und Pb waren nicht voneinander zu scheiden. Dennoch sind beide völlig verschiedene Elemente, und v. Hevesy und Paneth¹¹⁾ haben das Ra D durch Selbstzersetzung der Radiumemanation völlig frei von Blei bekommen.

Genau so war es mit Thorium und Ionium in Gruppe IVa. Thorium, das man z. B. aus Pechblende abschied, besaß eine Aktivität, die fast eine Million mal größer war als die des gewöhnlichen Thoriums. Diese Aktivität wurde durch beigemengtes Ionium verursacht, aber auch hier gelang es trotz mannigfaltigster Versuche nicht, das Gewichtsverhältnis beider Elemente zu verschieben. Auf F. Soddys Veranlassung hat A. Fleck¹²⁾ eine ganze Reihe von Radioelementen auf ihr chemisches Verhalten hin untersucht und u. a. gefunden, daß UrX und Radio-Akt. im chemischen Verhalten dem Thorium gleichen und sich weder von ihm, noch untereinander trennen lassen.

Eine ähnliche Trennung hatten erst W. Marckwald¹³⁾ dann F. Soddy¹⁴⁾ schon früher zum Gegenstand eines besonderen Studiums gemacht. Mesothorium blieb bei seiner Herstellung meist mit Radium verunreinigt. Da beide eine verschiedene Verteilung ihrer Strahlen haben, so war es von praktischem Interesse, beide zu trennen. Aber so viele Versuche man auch anstellte, eine Anreicherung des einen Elements gegen das andere gelang in keiner Weise. Mesothorium I und Ra stehen in Gruppe IIa. Später fand man, daß auch das Th X und Akt. X dieser Gruppe weder von Ra, noch von Meso Th trennbar sind.

Es machte direkt den Eindruck, als ob die besprochenen Elemente sich gegenseitig vertreten könnten, so daß z. B. das Löslichkeitsprodukt, das für eine Radium-Mesothoriumlösung maßgebend ist, folgendermaßen zu schreiben ist:



In einer vorzüglichen, im Wiener Institut für Radiumforschung ausgeführten Arbeit haben F. Paneth¹⁵⁾ und G. v. Hevesy¹⁵⁾ im Sinne dieses Gedankengangs die elektrochemische Vertretbarkeit von Radioelementen untersucht und gefunden, daß die Vertretbarkeit verschiedener Elemente sich auch auf elektrochemischem Gebiet bewährt. Die Zersetzungsspannung des ThC₁ und RaE ist die des Wismuts, diejenige

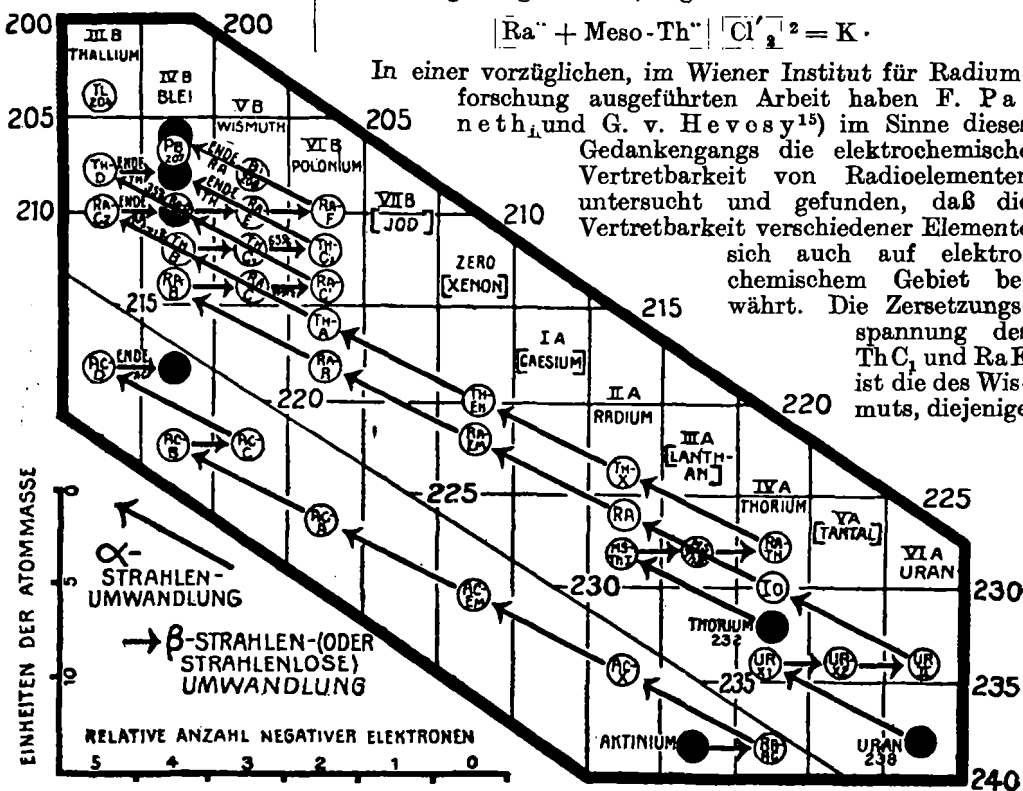


Fig. 2.

- 10) Wiener Akademieberichte 122, Abt. IIa, 993 [1913].
- 11) Ber. 47, 2784 [1914].
- 12) Transact. Chem. Soc. 103, 381 [1913].
- 13) Ber. 43, 3420 [1910].
- 14) J. Chem. Soc. 1911, 72.
- 15) Wiener Akademieberichte 122, 1037 [1913].

⁹⁾ Sitzungsber. der Heidelberger Akad. d. Wissensch. 1914, 11.

des Ra D und Th B die des Bleis, des Ra A ungefähr die des Bleis etc.

Kurz, aus diesen u. a. Arbeiten ergab sich, daß die in den Vertikalreihen der Tabelle stehenden zusammengehörigen Elemente untrennbar sind, mit anderen Worten, daß es Elemente gibt, die sich durch keine der bekannten Methodentrennen lassen, obwohl die radioaktiven unter ihnen in ihren Strahlungen völlig verschieden sind.

Diese Reihen absolut gleichen chemischen Charakters nennt man, wie gesagt, auf Vorschlag von Fajans Plejaden, und die Glieder einer Plejade isotopische Elemente oder kurz Isotope. Isotopische Elemente haben also gleiche chemische Reaktionen und lassen sich durch keine der zurzeit bekannten Methoden voneinander trennen. Unsere chemische Analyse vermag also nur beschränktes zu leisten. Man kann mit ihr die Materie nicht in einzelne homogene Elemente zerlegen, sondern nur in Gruppen von

Zerfallsprodukte ab. Die Atomzerfallstheorie nimmt dabei an, daß z. B. von einer großen Anzahl von Uranatomen einer bestimmten Uranmenge ein sehr kleiner Bruchteil explosionsartig zerfällt, der dann einem weiteren gleichartigen Zerfall sukzessive unterliegt. Dabei werden α - oder β - und γ -Strahlen ausgesendet. Aus den Atomen des erst vorhandenen Elementes werden neue, die sich analog verändern, bis zuletzt ein Atom entsteht, dessen weiterer Zerfall sich durch keine Energieäußerung mehr bemerkbar macht. Diese (wenigstens scheinbar) inaktiven Atome nennt man die Endprodukte des Zerfalls. Nun wird beim Austritt eines α -Strahls die Masse des Atoms jedesmal um 4 Masseneinheiten verringert, beim Abgang von β -Strahlen bleibt die Masse unverändert. Wenn z. B. Uran (Atomgewicht 238,2) dem Atomzerfall unterliegt, so werden bis zum Endprodukt, dem direkten Zerfallsprodukt des Poloniums, 8 Heliumatome abgespalten. Dem Endprodukt müßte darum das Atomgewicht $238,2 - 8 \times 4$

Tabelle.

0	I	II	III	IV	V	VI
	Au 107,2	Hg 200,6	Tl 204,4 Akt D 206,5 Th D 208,4 Ra C ₂ 210,5	Pb 206,5 Th D ₂ 208,4 Ra D 210,5 At B 210,5 Th B 212,4 Ra B 214,5	Bi 208,4 Ra E 210,5 Akt C 210,5 Th C ₁ 212,4 Ra C ₁ 214,5	Ra F 210,5 Th C ₂ 212,4 Ra C' 214,5 Akt A 214,5 Th A 216,4 Ra A 218,5
Akt Em 218,5 Th Em 220,4 Ra Em 222,5	(Akt X ₂) 218,5 (Th X ₂) 220,4 (Ra X) 222,5	Akt X 222,5 Th X 224,4 Ra 226,5 Mes Th I 228,4	Akt 226,5 Mes Th II 228,4	Rad Akt 226,5 Rad Th 228,4 Io 230,5 Th 232,4 UrX 234,5	(Ur X ₂) 234,5	Ur II 234,5 Ur I 238,5

Elementen, in Gemische also, die in ihrem chemischen Verhalten gleich sind.

Diese Befunde waren mit Rücksicht auf das periodische Gesetz der Elemente höchst auffällig. Nach ihm sollten die Eigenschaften der Elemente periodische Funktionen des Atomgewichts sein, und nur Elemente von gleichem Atomgewicht hätten gleiche Eigenschaften haben dürfen und umgekehrt.

Die Elemente einer Plejade zeigten aber Unterschiede im Atomgewicht bis zu 8 Einheiten. Mit dieser Erkenntnis mußte eine Änderung der Formulierung des periodischen Gesetzes eintreten. Früher nahm man an, daß jeder Stelle im periodischen System nur ein Element von bestimmten chemischen Eigenschaften entsprach. Jetzt weiß man, daß zwar nach wie vor einer Stelle im periodischen System ein bestimmter chemischer Charakter zukommt, daß diese Stelle aber nicht immer nur einem, sondern oft mehreren Elementen von verschiedenem Atomgewicht und ev. verschiedener Lebensdauer zukommen kann, eben isotopischen Elementen. Mit dieser Erkenntnis rückte die Frage nach den Endprodukten der Zerfallsreihen¹⁶⁾ in ein ganz anderes Licht.

Bekanntlich leitet man alle Radioelemente (ausgenommen K und Rb) vom Uran und Thorium als deren

= 206,2 zukommen oder, wenn man von dem Atomgewicht des Radiums, das sehr genau zu 225,97 bestimmt wurde, ausgeht: $226 - 5 \times 4 = 206$. Diese Zahlen sind nun dem Atomgewicht des Bleis am nächsten, das aber 207,1 beträgt. Beim Zerfall des Thoriums ($\alpha = 232,4$) werden, bis das Endprodukt erreicht ist, sechs α -Strahlen abgespalten, und so müßte ein Element vom Atomgewicht $232,4 - 6 \times 4 = 208,4$ entstehen. Dieser Wert liegt dem Atomgewicht des Wismuts (208,0) sehr nahe. Aber Wismut findet sich in so geringer Menge in Thoriummineralien, daß es allein das stabile Endprodukt nicht sein kann.

Wenn man nun an Hand der oben mitgeteilten Gesetze die Änderung des chemischen Charakters durch α - und β -Strahlenumwandlung verfolgt, an welcher Stelle im periodischen System die Endprodukte der Uran-Radium- und der Thoriumreihe stehen, so kommt man in beiden Fällen zur Gruppe IVb, also zur Bleiplejade. Während man früher glaubte, das Endprodukt der Uran-Radiumreihe müsse Blei sein, ist das nach den jetzigen Ansichten nicht nötig. Es muß nur ein Element mit den chemischen Eigenschaften des Bleis, ein Glied der Bleiplejade, sein und heiße „Uranblei“. Dann braucht auch sein Atomgewicht natürlich nicht mit dem des gewöhnlichen Bleis identisch zu sein, sondern muß 206 betragen. Als Endprodukt der Thoriumzerfallsreihe wäre ein Element mit genau denselben chemischen Eigenschaften, aber mit dem Atomgewicht 208,4 zu erwarten. Wir wollen

¹⁶⁾ K. Fajans, Über Endprodukte radioaktiver Zerfallsreihen. Sitzungsber. d. Heidelb. Akad. 1914, 11. Abhandl.

es „Thoriumblei“ nennen. Diese Endprodukte müssen nun in den radioaktiven Th- und Ur-Mineralien vorhanden sein. Betrachten wir den Bleigehalt derselben, so haben Boltwood und Holmes nachgewiesen, daß bis 5% desselben vom Urangelalt auf radioaktivem Wege entstanden sein kann. Da es nun Th-freie Uranmineralien gibt, so konnte man, wenn vorstehende Betrachtungen richtig sind, erwarten, daß das Atomgewicht solchen Bleis niedriger ist als das gewöhnlichen. Andererseits gibt es keine ganz uranfreien Th-Mineralien, und darum kann man vom Blei aus solchen Mineralien kein so hohes Atomgewicht erwarten. Dazu kommt noch, daß Thorium etwa dreimal langlebiger ist als Uran, so daß in geologischen Zeiträumen sich mehr Uranblei mit dem niedrigen Atomgewicht bilden muß. Immerhin mußte Blei aus Uranmineralien ein niedrigeres Atomgewicht haben als solches aus Thoriummineralien. Auf Veranlassung von Fajans hat nun M. E. Lemberg im Laboratorium des bekannten Atomgewichtsforschers Th. W. Richards¹⁷⁾ die Atomgewichte einer Reihe von Bleiprobe aus radioaktiven Mineralien, die sehr sorgfältig gereinigt waren, bestimmt. Es ergab sich u. a. für die Atomgewichte des

Blei aus Carnotit (Th-frei) . . .	206,6 ± 0,01
Blei aus Pechblende	206,6 ± 0,03
Blei aus Uranitit (Th-frei) . . .	206,4 ± 0,01
gewöhnlichen Blei	207,15 ± 0,01.

Andererseits fand man für das Atomgewicht des Bleis aus Thorianit (der ca. 60% Th und ca. 20% Ur enthält) den Wert $206,83 \pm 0,02$; bei ihm lag also ein Gemisch von Uranblei und Thoriumblei vor.

Die verschiedenen Bleisorten waren spektroskopisch auf ihre Reinheit geprüft. Das Carnotitbleispektrum war identisch mit dem des Bleis und wies von fremden Linien nur unwägbare minimale Spuren von Kupfer und Silber auf, so daß die beobachteten Abweichungen der Atomgewichte nicht von Verunreinigungen stammen können. Richards und Lemberg sagen hierüber: „Dieses Ergebnis steht im Widerspruch mit allen bisherigen Erfahrungen an verschiedenen anderen Elementen, nämlich: Kupfer, Silber, Eisen, Natrium und Chlor, von denen jedes ungeachtet seines geographischen Ursprunges ein konstantes Atomgewicht zu liefern scheint“¹⁸⁾.

Es ist also gelungen, bei Bleipräparaten verschiedenen Ursprungs Unterschiede im Atomgewicht festzustellen, die die experimentellen Fehler bei weitem überschreiten. Damit ist ein direkter experimenteller Beweis für die Richtigkeit der Auffassung erbracht, daß das Atomgewicht nicht eindeutig die chemischen Eigenschaften der Elemente bestimmt.

Das gefundene Atomgewicht des Uranbleis von rund 206,6 differiert nun noch um 0,6 vom theoretisch zu erwartenden (206). Woher kann dieser Unterschied, der die Fehlergrenzen weit übersteigt, kommen? Einesteils ist es nicht ausgeschlossen, daß das aus Carnotit und Pechblende gewonnene Blei nicht ganz radioaktiven Ursprungs ist, sondern zum Teil primär aus dem Mineral als gewöhnliches Blei ausgeschieden werde. Das muß noch näher geprüft werden. Dann enthalten alle Uranmineralien auch Aktinium, das als Zweigprodukt des Urans eine besondere Zerfallsreihe bildet und somit auch ein Endprodukt hat. Dies Endprodukt ist dem Uranblei beigemengt und muß sein Atomgewicht beeinflussen.

Bis vor kurzer Zeit hatte man noch keinen rechten Anhaltspunkt für das Atomgewicht des Aktiniums. Man war sich einig darüber, daß es ein Zweigprodukt der Uran-Radiumreihe sein müsse, konnte aber nicht sicher sagen, wo es abzweigt. Fajans fand erst Gründe, die dafür sprachen, daß Aktinium ein dem Radium nahes Atomgewicht besitzt. Aber bei der Betrachtung der Beziehungen zwischen Lebensdauer und Atomgewicht der Isotopen¹⁹⁾, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, erhielt er den Eindruck, daß die Atomgewichte der Glieder der

Aktiniumreihe näher denen der entsprechenden Glieder der Thoriumreihe liegen müssen als denen der Uran-Radiumreihe. So kam er zur Annahme, daß dem Aktinium ein Atomgewicht von ungefähr 227 zukommen müsse. Bis zu seinem Endprodukt spaltet Aktinium fünf α -Teilchen ab und kommt dann auch in die Bleireihe, so daß dem Aktiniumblei das Atomgewicht ca. 207 zukommen muß. Ein solches Endprodukt müßte das Atomgewicht des Bleis aus Thor-freien Uranmineralien ebenfalls über 206 erhöhen, wenn freilich auch wenig, weil nur wenig von diesem Aktiniumblei gebildet werden kann. Diese Schlüsse haben natürlich nur bedingten Wert, da sie zum Teil auf Wahrscheinlichkeit gegründet sind.

Jedenfalls sind aber experimentelle Anhaltspunkte dafür vorhanden, daß es mindestens zwei Bleisorten gibt: Uranblei und Thorblei, die sich im Atomgewicht unterscheiden. Diese Frage, wie die von den Isotopen überhaupt, ist von Interesse für unsere Vorstellungen von der Struktur der Atome. Schon lange nahm man an, daß sie aus positiven und negativen Partikeln aufgebaut sind. Zuerst dachte man sich (Lord Kelvin, J. J. Thomson und J. Stark), daß der Atomkern aus relativ ausgedehnten positiven Sphären besteht, während sich außerhalb desselben Elektronen befinden.

Neuerdings kommt aber Rutherford²⁰⁾ zu einer anderen Ansicht. Danach muß die eigentliche Masse des Atoms, die positiv geladen ist, auf einem sehr kleinen Raum im Mittelpunkt des Atoms vereinigt sein. Dieser Kern ist umgeben von Elektronen, die sich so weit ausbreiten können, als es dem Radius des Atoms entspricht. Die Kernladung denkt man sich als aus einer Summe von Einzelladungen bestehend. Die Atome der verschiedenen Elemente haben dabei meist verschiedene Kernladung. Diese Kernladung bedingt auch die Anzahl Elektronen im Raume zwischen Kern und Oberfläche des Atoms. Darum ist die Kernladung eine Größe von fundamentaler Bedeutung. Nach zwei Methoden kann man ihre Größe, die sog. Ladungszahl, bestimmen. Einmal angenähert durch Versuche über die Streuung von α -Teilchen. Dann genauer durch Untersuchung der sog. Röntgenstrahlenspektren²¹⁾ der Elemente. Kennt man nämlich die Wellenlänge der für das Element charakteristischen Röntgenstrahlung, so kann man unter gewissen Voraussetzungen die Kernladung des Atoms jenes Elementes berechnen. Bei diesen Untersuchungen hat nun Moseley²²⁾ gefunden, daß diese Kernladung stets um eine Einheit steigt, wenn man von einem Platze im periodischen System zum nächst höheren übergeht. Dieser Übergang ist im allgemeinen mit einem Aufstieg zum Element vom nächst höheren Atomgewicht verknüpft. Solange man, wie bisher, die chemischen Eigenschaften als abhängig vom Atomgewicht betrachtete, war diese Regel nicht ohne Ausnahmen. In einigen Fällen zwangen vielmehr die chemischen Eigenschaften, das Element mit niedrigerem Atomgewicht später einzuordnen. So steht z. B. im periodischen System das Ni nach dem Co. Nun fand Moseley, daß aber beim Übergang vom Co zum Ni die Atomladung ebenso gesetzmäßig steigt wie bei den anderen Elementen. Daraus geht hervor, daß es nicht das Atomgewicht, sondern die Ladungszahl des Atomkerns ist, welche den Platz eines Elements im periodischen System bestimmt. Nun haben E. Rutherford und C. Andrade gefunden, daß die Röntgenstrahlenspektren von den beiden Isotopen Ra B und Pb gleich sind. Beide haben aber verschiedene Atomgewichte (214,5 und 206,5). Damit ist es erwiesen, daß es Elemente mit verschiedenem Atomgewicht aber gleicher Kernladung gibt. Die Masse des Kerns bei Isotopen muß natürlich verschieden sein. Gleicher Kernladung entspricht eine gleiche Zahl von Elektronen in der Außensphäre des Atoms. Davon aber hängen wieder die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Atoms ab. Somit ist die Isotopie nach dieser Theorie erklärt. Wir können also bei dem Atom eines Elements Kern- und Elektronen-

¹⁷⁾ Z. anorg. Chem. 88, 429 [1914].

¹⁸⁾ l. c., S. 451.

¹⁹⁾ Heidelberger Akademieberichte 1914, Abh. 11, S. 11, vgl. weiter O. Hahn u. L. Meitner, Physikal. Z. 14, 752 [1913].

²⁰⁾ Phil. Mag. 27, 488 [1914].

²¹⁾ Phil. Mag. 26, 1024 [1913].

²²⁾ Ibid. und 27, 705 [1914].

eigenschaften unterscheiden. Die Verschiedenheiten des Gewichts des Kerns kommen bei Löslichkeit, Diffusion im Dampfzustand auch vermutlich bei der spezifischen Wärme u. a. zum Ausdruck. Die Erscheinung der Radioaktivität beruht darauf, daß der Atomkern instabil ist. Die chemischen Eigenschaften sind aber von der Masse unabhängig, sie beruhen ebenso wie das Spektrum auf den Elektroneneigenschaften der Atome.

Chemische Eigenschaften der Radioelemente²³⁾.

Nach dem merkwürdigen Funde der Isotopie, der Eigentümlichkeit also, daß mehrere im Atomgewicht verschiedene Elemente identische chemische Eigenschaften haben können und sich voneinander nicht trennen lassen, war es klar, daß die chemischen Eigenschaften der mehr als dreißig Radioelemente auf die von etwa 10 Elementen zurückkommen. Nun sind von den Radioelementen nur wenige einwandfrei untersuchbar, die nämlich, welche man in solcher Menge rein beschaffen kann, daß ihre chemischen Eigenschaften getrennt von den Beimengungen erkennbar sind. In den Fällen wo das möglich ist, hat es sich gezeigt, daß die chemischen und elektrochemischen Reaktionen wirklich in allen Fällen mit den Isotopen identisch sind. Weiter fand man, daß bei chemisch neuen Radioelementen die Eigenschaften, soweit sie bisher untersucht werden konnten, wirklich dem Platz entsprechen, den das Radioelement im periodischen System einnimmt. Abnormitäten können bei stark radioaktiven Elementen freilich eintreten, aber der chemische Grundcharakter des Elements wird dadurch nicht berührt. Ein solches Beispiel haben wir beim Radium. In allen seinen Reaktionen verhält es sich so, wie es seine Stellung im periodischen System erfordert, als höheres Homologes des Bariums, also als Erdmetall. Aber sein Bromid und Jodid sind im Gegensatz zu denen der Erdmetalle schon bei gewöhnlicher Temperatur unbeständig. Diese Unbeständigkeit ist aber keineswegs durch eine größere chemische Zersetzlichkeit der Salze bedingt, sie wird durch die Strahlung verursacht, die die zerfallenden Atome des Radiums aussenden. Da die zerfallenen Radiumatome chemisch vom Radium verschieden sind, so kommen sie bei einer Beurteilung der Eigenschaften des Radiums nicht mehr in Betracht. Für die beständigen Atome rührt die Strahlung gerade so gut von einem fremden Körper her, als ob sie durch Röntgen- oder andere Strahlen von außen her belichtet würden. Bei Elementen, deren Eigenschaften sich aus dem periodischen System viel weniger sicher voraussagen lassen, und die eine hohe Aktivität zeigen, wie z. B. Polonium, werden sich freilich die chemischen Eigenschaften sehr schwer feststellen lassen, selbst wenn genügend große Mengen zur Verfügung stehen.

Wenn nun ein Radioelement allein oder mit Isotopen in nicht wägbarer Menge in einer Lösung vorhanden ist, so kann man vermöge seiner Strahlung doch erkennen, ob es den üblichen Veränderungen unterliegt. Man hat hier schon eine Reihe von Erfahrungen gemacht²⁴⁾, die kurz wiedergegeben seien. Liegen die Radioelemente fest vor, so ist es oft zweckmäßig, sie zu verflüchtigen. Dabei fand man z. B. Unterschiede in der Flüchtigkeit von Ra A, Ra B und Ra C je nach dem Gas, in dem man die Erhitzung vornahm. In einer Wasserstoffatmosphäre verflüchtigen sich diese Elemente leichter als in Sauerstoff²⁵⁾. Vermutlich destilliert im Wasserstoff das Metall, im Sauerstoff das schwerer flüchtige Oxyd. Als man Polonium verflüchtigte²⁶⁾, fand man, daß es sich leichter auf Platin und Palladium als auf Gold niederschlägt. Dafür wird es aber auch schwerer von Platin als von Gold durch Säuren heruntergelöst. Analog war es bei Ra A, Ra B, und Ra C.

Eine sehr bequeme Abscheidung radioaktiver Elemente aus Lösungen hat man in der elektrolytischen Fällung, vorausgesetzt, daß andere Beimengungen nicht stören.

von Hevesy²⁷⁾ fand bei systematischen Untersuchungen Änderungen im Verhältnis nicht isotoper Radioelemente mit dem Potential und fand Anzeichen dafür, daß die Nernstsche Formel:

$$\varepsilon = \frac{RT}{nF} \ln \frac{c}{C},$$

die die Abhängigkeit der Zersetzungsspannung von der Konzentration in einer Lösung ausdrückt, bis zu sehr großen Verdünnungen gültig ist. Bei stetiger Änderung des Elektrodenpotentials konstatierten Paneth und von Hevesy²⁸⁾ eine sprunghafte Zunahme in den abgeschiedenen Mengen der Radioelemente. Die dem Knickpunkt der Kurve entsprechende Zersetzungsspannung stimmt gut mit den Werten überein, die man aus den Zersetzungsspannungen normaler Lösungen nach der Nernstschen Formel für die Zersetzungsspannung der Radioelemente berechnet. Bei Polonium bewährten sich diese Untersuchungen besonders und die beiden Forscher fanden hier sowohl einen kathotischen wie einen anodischen Sprung. Letzterer mußte von der Bildung eines Superoxyds herühren, ersterer lag dem Potential des Silbers sehr nahe.

Dann hat man bei Lösungen mit so geringen Mengen von Radioelementen kolloidchemische Erfahrungen machen und Gesetzmäßigkeiten dabei ableiten können. Wenn man das aus Pechblende gewonnene Blei, das noch Ra D, Ra E, Ra F enthält, in Lösung dialysiert, so kommt es auf die Reaktion der Lösung an, welche Elemente durch die Membran gehen. In saurer Lösung diffundieren sie alle. In neutraler Lösung bleiben Ra E und Ra F zurück, während Pb und Ra D durch die Membran gehen. In ammoniakalischer Lösung bleibt auch das Pb zurück. Wie Blei verhält sich im letzteren Fall auch das Isotope Th B³⁰⁾.

(Fortsetzung folgt.)

Verhalten von Halbwattlampen gegenüber Gasfüllungen aus Stickstoff, dem kleine Mengen Methan oder Kohlenoxyd beigelegt sind.

VON L. HAMBURGER.

(Eingeg. 22./2. 1915.)

Bei der Wahl einer Gasfüllung für Halbwattlampen¹⁾, wird man sich in der Hauptsache von zwei Bedingungen leiten lassen müssen: 1. Das Gas darf das glühende feste Wolframmetall nicht angreifen. — 2. Das Wärmeleitungsvermögen des Gases darf nicht abnormal groß sein. Diesen beiden Bedingungen entsprechen die von der Glühlampenindustrie angewendeten Gase Stickstoff und Argon.

Von Irving Langmuir²⁾, dem Erfinder der Halbwattlampe, ist bereits über das Verhalten verschiedener Gase (darunter auch Kohlenmonoxyd und Methan) gegenüber zum Glühen gebrachtem Wolfram kurz berichtet worden. Nun können die in der Industrie gebrauchten Gase im allgemeinen keinen Anspruch auf chemische Reinheit machen, und es stellte sich heraus, daß besonders bei einigen Herstellungsmethoden von Stickstoff und Argon in der Technik Fälle vorkommen konnten, bei welchen Kohlenoxyd und Methan (und andere Kohlenwasserstoffe) als Verunreinigungen entstanden. Dadurch machte sich der Wunsch fühlbar, zu erforschen, in welchem Maße diese Gase, wenn sie in kleinen Mengen neben Stickstoff auftraten, eine schädliche Wirkung ausübten. Diese Arbeit hat daher zum Zweck: 1. die Feststellung des Gehaltes an Methan oder Kohlenoxyd, den die indifferenten Gasfüllungen haben darf, ohne daß die Lampen unbrauchbar werden, 2. die Untersuchung der Erscheinungen, welche eine Folge der Verunreinigung der Gasfüllung mit CH₄ oder CO sind.

²⁷⁾ Z. f. Elektrochem. 18, 546 [1912].

²⁸⁾ Physikal. Z. 15, 797 [1914], Ber. 47, 2784.

²⁹⁾ Dergl. F. Paneth, Wiener Akademieber. Abt. II [1913], 1079, 1637 [1914], 2349.

³⁰⁾ Z. f. Kolloide 14, 229 [1914].

¹⁾ Vgl. auch L. Hamburger und H. Filippo Jzn., Angew. Chem. 28, I, 75 [1915].

²⁾ Trans. Amer. Inst. Electr. Engin. 1913, 1905.

²³⁾ S. F. Paneth, Jahrb. d. Radioakt. u. Elektronik 11, 451 [1914].

²⁴⁾ Ibid. S. 457.

²⁵⁾ Phil. Mag. 24, 134.

²⁶⁾ v. Hevesy und F. Paneth, Wiener Monatshefte 34, 1605 [1913].

Zeitschrift für angewandte Chemie

I. Band, Seite 297—304

Aufsatzteil

29. Juni 1915

Neuere Forschungen auf dem Gebiete der Radioaktivität in den Jahren 1913 und 1914.

Von Prof. Dr. F. HENRICH.

(Forts. von S. 291.)

Manche Radioelemente zeigen also die Eigenschaften von Kolloiden, und Godlewski³¹⁾ wies nach, daß alle die für Kolloide charakteristischen Umladungserscheinungen (durch Zusatz von Säuren, Basen, mehrwertigen Salzen und Hydrosolen) auch bei Lösungen des aktiven Radiumniederschlags nachgewiesen werden können.

Den Zusammenhang des Kolloidwerdens mit der chemischen Natur der Radioelemente kann man in folgenden zwei Sätzen formulieren: 1. Nur diejenigen Radioelemente werden durch Zusatz von Ammoniak kolloid, die von diesem Reagens gefällt würden, wenn sie in wägbaren Mengen vorhanden wären. 2. In neutraler Lösung werden nur die Radioelemente kolloid, die Neigung zur hydrolytischen Spaltung zeigen³¹⁾.

Oft ist es von Bedeutung zu wissen, ob ein Radioelement mit einem bestimmten Niederschlag, den man in seiner Lösung erzeugt, mitausgefällt wird. Hier fanden K. Fajans und P. Beer³²⁾ zunächst folgende Regel: „Ein Radioelement fällt mit einem Niederschlag eines gewöhnlichen Elements dann aus, wenn dieses unter Bedingungen gefällt wird, unter welchen das betr. Radioelement ausfallen würde, wenn es in wägbaren Quantitäten vorhanden wäre.“ RaE z. B. bildet ein schwerlösliches Carbonat, aber ein lösliches Sulfat. Darum wird RaE durch Bariumcarbonat ausgefällt, nicht aber durch Bariumsulfat. Diese Regel kann bei den Fällungsreaktionen sehr gut als Richtschnur dienen, da sie fast ausnahmslos gilt. Nach näherem Studium der Fällungen formulierten Fajans und F. Richter die Regel folgendermaßen: Ein Radioelement wird in um so höherem Grade von einem schwer löslichen Niederschlag mitgefällt, je weniger löslich seine Verbindung mit dem negativen Bestandteil des Niederschlags ist. Bei ThB z. B., einem Glied der Bleiplejade, ergab sich folgendes: Bis zu einer Löslichkeit von ca. 0,05 Millimol/Liter, wie sie Sulfid, Carbonat und Sulfat haben, ist die Ausfällung nahezu vollständig, das zu 1,5 Mol./Liter lösliche Nitrat wird nicht merklich ausgefällt, und bei dem in der Löslichkeit dazwischenliegenden Chlorid und Jodid findet nur eine teilweise Ausfällung statt. Hier sind die Fällungsbedingungen sehr von Einfluß.

Wenn man bisher feststellen wollte, welche chemische Natur ein Radioelement hat, so verfuhr man meist so, daß man in der aktiven Lösung verschiedene bekannte Elemente fällte. Konnte man das betr. Radioelement in dem Niederschlag durch seine Strahlung nachweisen, so hielt man das als einen Beweis dafür, daß das Radioelement und das gefällte Element ähnliche chemische Eigenschaften haben. Ein solcher Schluß ist theoretisch aber nur gerechtfertigt, wenn beide Elemente in angenähert gleicher Menge vorhanden sind. Nun ist aber bei den vorstehenden Versuchen das Radioelement in völlig ungleich geringeren Konzentrationen vorhanden. Schon längst hatte zudem Godlewski darauf aufmerksam gemacht, daß man über die chemischen Eigenschaften kurzlebiger Radioelemente so gut wie nichts aussagen konnte³³⁾. Hier

konnten Adsorptionserscheinungen mitwirken, und besonders F. Paneth³⁴⁾ hat diese Erscheinungen mit K. Horowitz³⁵⁾ systematisch studiert und Gesetzmäßigkeiten daraus abgeleitet. Damit ein Element aus einer Lösung ausfallen kann, muß sein Löslichkeitsprodukt überschritten sein, was bei den Radioelementen unter den genannten Verhältnissen natürlich nicht der Fall ist. Nun ist es sehr wahrscheinlich, daß an der Oberfläche eines adsorbierenden Körpers ein kinetischer Austausch von Atomen mit der Lösung stattfindet. Schüttelt man z. B. PbSO₄ mit einer Lösung von ThB (ThB und Pb sind isotop), so gehen beständig Pb-Atome in Lösung (teilweise an SO₄ gebunden, teilweise dissoziiert), und dafür schlagen sich Atome aus der Lösung aus dem PbSO₄ nieder. Unter diesen letzteren Atomen werden sich außer Pb- auch ThB-Atome befinden. Je schwerer löslich der adsorbierende Körper ist, desto stärker wird die Adsorption sein, und tatsächlich fanden Paneth und Horowitz allgemein die Gesetzmäßigkeit, daß Radioelemente von den Salzen leicht adsorbiert werden, deren analoge Verbindung mit dem elektro-negativen Bestandteil des Adsorbens in dem betreffenden Lösungsmittel schwer löslich ist. Bariumsulfat oder Bleisulfat z. B. adsorbieren Radium und seine Isotopen deshalb so stark, weil Radiumsulfat so schwer löslich ist. Wismut und seine Isotopen werden aber von Barium- oder Bleisulfat in verdünnt saurer Lösung nur schwach adsorbiert, weil Bismutsulfat sich leicht löst. So erklären die beiden Forscher die bisher nicht verständliche Erscheinung, daß Radioelemente weit unterhalb der Konzentrationen ihrer Löslichkeitsprodukte ausfallen.

Eine sehr geistreiche Anwendung der Isotopie, die für die analytische Chemie von Bedeutung ist, haben F. Paneth und G. von Hevesy³⁶⁾ gemacht. Sie betrifft den qualitativen und quantitativen Nachweis des Bleis in Verdünnungen, in denen bisher eine Erkennung und Bestimmung nicht möglich war. RaD läßt sich durch seine Aktivität in außerordentlich geringer Menge nachweisen. Setzt man nun eine bestimmte Menge RaD zu einer bestimmten Menge Blei hinzu, so bleibt das Mengenverhältnis beider konstant, da sie isotopische Elemente sind. Auch in außerordentlich kleinen Mengen läßt sich Blei noch durch die Aktivität des RaD erkennen und bestimmen. So ist das RaD gleichsam ein Indicator für Blei.

„Die untere Grenze der qualitativen Nachweisbarkeit des Bleis beträgt nach der empfindlichsten mikrochemischen Reaktion [Fällung von K₂PbCu(NO₃)₆] 3×10^{-9} g; die für die quantitative liegt wesentlich höher und schwankt mit der gestellten Aufgabe; z. B. konnte die Löslichkeit des Bleicarbonats aus Leitfähigkeitsbestimmungen noch festgestellt werden, dagegen war beim Bleichromat Kohlrausch nur mehr imstande, eine ungefähre Schätzung anzugeben. Mit Hilfe von RaD als Indicator können diese Löslichkeiten mit Leichtigkeit auf direktem Wege ermittelt werden; begnügt man sich mit der Messung der β -Strahlung des RaE, das nach wenigen Wochen mit dem RaD ins Gleichgewicht kommt, so läßt sich mit Hilfe eines gewöhnlichen, nicht besonders empfindlichen Elektroskops immerhin noch eine Menge von 10^{-10} g RaD messen. Wartet man die Bildung einer zur Berechnung der Gleichgewichtsmenge ausreichenden Quantität RaF ab, so kann man aus der α -Strahlung noch 10^{-12} g RaD quantitativ fest-

³¹⁾ Jahrb. d. Radioakt. u. Elektronik **11**, 458 [1914].³²⁾ Ber. **46**, 3496 [1913]; **48**, 700 [1915].³³⁾ Jahrb. der Radioakt. u. Elektronik **3**, 134 [1906].³⁴⁾ Physikal. Z. **15**, 924 [1914].³⁵⁾ Wiener Akademieber. **123**, Abt. IIa, S. 1819 [1914]; Z. physikal. Chem. [1915].³⁶⁾ Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1913, Abt. IIa.

stellen³⁷⁾.“ Auf Grund dieses Gedankengangs bestimmten die beiden Forscher mit Hilfe von RaD als Indicator des Bleis die Löslichkeit des Bleichromats bei 25° zu $1,2 \times 10^{-5}$ g pro Liter, die des Bleisulfids bei der gleichen Temperatur zu 3×10^{-4} g pro Liter in reinem und zu $1,5 \times 10^{-4}$ g pro Liter in mit Schwefelwasserstoff gesättigtem Wasser.

Außer RaD könnten natürlich theoretisch auch die Bleisotopen ThB, RaB und AktB als Indicator in genanntem Sinne verwendet werden, doch käme von diesen praktisch nur ThB mit seiner Periode von 10,6 Stunden in Betracht. Beim Wismut könnten dessen Isotope ThC oder RaE, bei Thorium die Isotopen UrX, Radio-Akt., Radiothorium und Ionium, bei Aktinium das Isotope Mesothorium₂ als Indicator dienen.

Auch in bezug auf Maßeinheiten und Messungen radioaktiver Substanzen ist manches Neue zu berichten. Vor allem sei hier auf eine Abhandlung von Stefan Meyer³⁸⁾ hingewiesen, die die Frage nach den Maßeinheiten allgemein behandelt und sehr beherzigenswerte Vorschläge enthält. Wir können hier nur auf das technisch Wichtige eingehen. Hierfür sind die Radiumeinheiten von besonderer Bedeutung. Auf Veranlassung des Brüsseler Kongresses hat Frau Curie im Jahre 1911 einen Internationalen Radiumstandard hergestellt. Er besteht aus 21,99 mg wasserfreien Radiumchlorids, das in ein Glasröhrchen von 0,27 mm Wandstärke, 1,45 mm Weite und 32 mm Länge eingeschmolzen ist und versiegelt im „Bureau International des poids et mesures“ in Sèvres bei Paris aufbewahrt wird. Gleichzeitig hat O. Hönigschmid im Institut für Radiumforschung in Wien drei Standardpräparate von 10,11, 31,17 und 40,43 mg wasserfreiem Radiumbromid hergestellt, die in Glasröhrchen von 0,27 mm Wandstärke, 3,2 mm Weite und ca. 30 mm Länge eingeschmolzen sind. Da alle diese Präparate aus Joachims-thaler Pechblende stammen, sind sie praktisch frei von Mesothor. Die Wiener Präparate wurden durch eine Kommission mit dem Pariser Standard verglichen und als gleichwertig erwiesen. Das Präparat von 31,17 mg RaCl₂ wird auf Wunsch der Kommission als internationaler Ersatzstandard von der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien aufbewahrt.

Diese Etalons sind definiert durch das Atomgewicht des Radiums = 225,97 (Cl = 35,457) und durch eine Wärmeentwicklung von 132,2 g/cal für das Radiumelement bei Absorption aller α - und β -Strahlen und etwa 18% der γ -Strahlen, was extrapoliert für die Absorption aller Strahlen 137 g/cal liefern würde. Durch Zerfall des Radiums verlieren sie jährlich 0,4%₀₀. Ihre Wärmeentwicklung steigt infolge Nachbildung von RaD, RaE, RaF und RaG in den ersten Jahren um ca. 1% jährlich.

Auf Vorschlag der Internationalen Kommission haben sich andere Staaten „sekundäre Radiumtalons“ angeschafft, die vom Wiener Institut für Radiumforschung nach dem Muster der Wiener Standards hergestellt, in Wien und Paris unabhängig auf γ -Strahlung geeicht wurden. Der Standard des Deutschen Reichs (1912 eingeschmolzen) besteht aus 19,73 mg wasserfreien Radiumchlorids.

Die Standardpräparate dienen im wesentlichen zur Eichung anderer Präparate nach der Methode der γ -Strahlenvergleichung. Wenn nun γ -strahlende Produkte anderer Radioelemente verglichen werden sollen, so muß die Verschiedenheit des Absorptionskoeffizienten der einzelnen γ -Strahler in Rechnung gezogen werden. Vgl. darüber die Ausführungen von Stefan Meyer l. c.

In Deutschland führt jetzt die Physikalisch-Technische Reichsanstalt auf Antrag Gehaltsbestimmungen von Radium- und Mesothorpräparaten aus. Sie mißt bei Radiumpräparaten die durchdringende γ -Strahlung, die von den Zerfallsprodukten des Radiums emittiert wird³⁹⁾. „Bei der Prüfung wird zunächst durch Vergleich mit dem Standard der Radiumgehalt des Präparats bestimmt. Nach Ablauf

von 8–10 Tagen findet eine zweite Messung des Präparats statt, welche im wesentlichen den Zweck hat, die Konstanz der Strahlung des Präparats festzustellen. Stimmen beide Messungen innerhalb der Fehlergrenze der Versuche überein, so gilt die Untersuchung als beendet, und es wird ein Attest ausgestellt, in dem die Tage der Messungen, der Radiumgehalt und die Fehlergrenze der Versuche, die im allgemeinen 1% beträgt, angegeben werden. Die Ausstellung der Prüfungsscheine erfolgt jedoch stets mit dem Vorbehalt, daß das Präparat außer Radium keine Substanzen enthält, die durchdringende Strahlen aussenden. Von solchen Substanzen kommt vor allem Mesothor in Betracht, das sich chemisch analog dem Radium verhält und mit diesem aus thorhaltigen Uranerzen abgeschieden wird. Bei Anwesenheit von Mesothor bleibt die Strahlung nicht konstant, sondern nimmt nach Herstellung des Präparats zunächst während eines Zeitraums von mehr als zwei Jahren zu und fällt dann langsam wieder ab.

Das bei der Eichung von Radiumpräparaten geübte Verfahren findet entsprechende Anwendung bei der Gehaltsbestimmung von Mesothorpräparaten⁴⁰⁾, indem die γ -Strahlung des Präparats in der beschriebenen Weise mit dem Radiumstandard verglichen wird. Die Anordnung wird dabei stets so getroffen, daß die γ -Strahlen vor Eintritt in das Meßgefäß eine Bleischicht von 5 mm Dicke zu durchsetzen haben. Ein solches einheitliches Verfahren ist nötig, da infolge der etwas verschiedenen Durchdringungsfähigkeit der γ -Strahlen des Radiums und Mesothors die Schichtdicke auf die Messungen von Einfluß ist. Das Prüfungsattest enthält die Angabe der Radiummenge, der das Mesothorpräparat zur Zeit der Messung an Intensität der γ -Strahlung äquivalent ist. Eine Angabe über die zu erwartende zeitliche Änderung der Aktivität ist nur dann möglich, wenn Radiumgehalt und Herstellungszeit des Präparats bekannt sind.

Bei Quellwässern oder Salzen, die in Wasser oder Säuren löslich sind, verfährt die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in der Weise, daß die Aktivität der Emanation, die aus der Lösung durch Kochen ausgetrieben wird, in einem geeigneten Meßzylinder mit der Emanation einer in derselben Weise behandelten Radium-Normallösung verglichen wird. Auf Grund dieser Messungen wird der Emanationsgehalt der untersuchten Lösung in Millicurie angegeben. 1 Millicurie ist der tausendste Teil von 1 Curie, d. h. von derjenigen Emanationsmenge, welche sich mit 1 g Radium im radioaktiven Gleichgewicht befindet. Die Meßgenauigkeit, die bei dieser Methode erreicht werden kann, beträgt etwa 5%. Auf Wunsch wird unter Verwendung des von H. Mache und Stefan Meyer ermittelten Reduktionsfaktors (1 Millicurie = $2,7 \times 10^6$ Macheeinheiten) der in Millicurie ausgedrückte Emanationsgehalt außerdem auch in Macheeinheiten angegeben.

In allen Fällen, wo die Methode der Emanations- oder γ -Strahlenmessung nicht anwendbar ist, wie etwa bei schwach aktiven Mesothor- und Radiothorpräparaten, kann die Aktivität nur dadurch bestimmt werden, daß der von den Strahlen einer dünnen Schicht des Salzes erzeugte Ionisationsstrom gemessen wird. Die Angabe der Aktivität erfolgt in diesen Fällen in elektrostatischen Einheiten⁴¹⁾.

Anfangs hat sich die Physikalisch-Technische Reichsanstalt darauf beschränkt, den Gehalt nur in Radiumelement (met. Radium) als Einheit anzugeben, wie es das natürlichste ist. Dadurch sind vielfach Rückfragen von Firmen veranlaßt worden, die den Verkauf radioaktiver Präparate betreiben und es vorziehen, andere Einheiten wie Radiumchlorid, wasserfreies und wasserhaltiges Ra-

³⁷⁾ l. c., S. 1001–1002.

³⁸⁾ Jahrb. d. Radioakt. u. Elektronik **11**, 436 [1914]. Vgl. auch A. Becker und C. Ramsauer: „Über radioaktive Meßmethoden und Einheiten. Heidelberg. Winter 1914.

³⁹⁾ Dergl. E. Warburg, Z. f. Instrumentenkunde **33**, 259 [1913]; **34**, 83 [1914].

⁴⁰⁾ S. auch Stefan Meyer und Viktor F. Hess, γ -Strahlenmessung von Mesothorpräparaten. Wiener Akademieber. 1914, Abt. IIa, S. 1443.

⁴¹⁾ l. c. **33**, 259f. Die Prüfungsgebühr der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt beträgt bei einem Ra-Präparat nach der γ -Strahlenmethode 50 M, bei Präparaten, deren Gehalt unter 1 mg/m Ra liegt, ermäßigt sich die Gebühr auf 25 M. Analog ist es bei Mesothorpräparaten. Für eine Messung nach der Emanationsmethode werden 50 M, für eine Aktivitätsbest. durch Messung des von einer dünnen Schicht Substanz erzeugten Ionisationsstroms 25 M berechnet.

diumbromid u. a. zu benutzen. Darum gibt die Physikalisch-technische Reichsanstalt auf Wunsch auch den Gehalt in diesen Salzen nach folgender Tabelle an:

1 mg Ra-Element ist enthalten in	1,314 mg RaCl_2 ,
1 „ „ „ „ „	1,707 „ $\text{RaBr}_2(\text{H}_2\text{O-frei})$,
1 „ „ „ „ „	1,867 „ $\text{RaBr}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$,
1 „ RaCl_2 enthält	0,761 mg Ra-Element,
1 „ RaBr_2 „	0,586 „ „
1 „ $\text{RaBr}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ „	0,536 „ „

Es ist aber wünschenswert, daß bei Abschließung von Kaufverträgen nur auf das Radiumelement Bezug genommen wird, da dies allein das Wirksame ist.

Ich habe die Meßmethoden und Vorschläge der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ausführlicher besprochen, weil sie auch für die Industrie wichtig und maßgebend sind. In bezug auf die Messung der Aktivität von Quellwässern mögen einige Ergänzungen mitgeteilt werden. Die Reichsanstalt führt diese Messungen nach einer Methode aus, die wissenschaftlich auf der Höhe steht. In den Fällen aber, wo es sich darum handelt, systematisch die zahlreichen Quellen eines Landes an Ort und Stelle zu untersuchen, dürfte sie zeitraubend sein. Für solche Untersuchungen, bei denen es sich oft nur darum handelt, einen Überblick über die Aktivität eines Quellenkomplexes zu erhalten, wird nach wie vor besonders das Fontaktoskop als praktischstes Meßinstrument verwendet. Durch neuere Arbeiten von C. Engler, H. Sieveking und A. Koenig⁴²⁾ hat die Methodik dieses Instrumentes einesteils eine wesentliche Vereinfachung, andernteils eine Verfeinerung erfahren. Die genannten Forscher machen jetzt einen grundsätzlichen Unterschied zwischen Messungen nach der „Schnellmethode“ und der „Präzisionsmethode“. Bei ersterer wird nur ein approximatives Resultat erhalten, bei letzterer ein genaues.

Beim Fontaktoskop wird bekanntlich die im Wasser gelöste Emanation durch Schütteln mit einem größeren Luftvolumen (1 l Wasser mit 9 l Luft) zum größten Teil in dies übergeführt. Im Wasser verbleibt nur so viel, wie der relativen Löslichkeit entspricht, im genannten Falle 2%. Die Emanation zersetzt sich unter Aussendung von α -Strahlen, und diese ionisieren die Luft in der Kanne. Die Luft wird dadurch für Elektrizität leitend, und die Größe dieser Elektrizitätsleitung wird mit einem Elektroskop gemessen. Nun entstehen bei dem radioaktiven Zerfall der Emanation u. a. die festen Radioelemente RaA und RaC, die kurzlebig und darum stark aktiv (γ -strahlend) sind. Sie setzen sich als aktiver Niederschlag (induzierte Aktivität) an den Wänden des Meßraumes ab und erhöhen durch ihren Zerfall die Leitfähigkeit der Luft. Wegen dieses Zuwachses an Aktivität stimmen die Resultate aufeinanderfolgender Messungen nicht überein. Es zeigt sich vielmehr in den ersten Minuten ein sehr erheblicher, später ein geringerer Anstieg der Aktivität, bis nach etwa 3 Stunden ein stationärer Zustand eingetreten ist. Dann herrscht nämlich radioaktives Gleichgewicht zwischen der Emanation und ihren Zerfallsprodukten: In der Zeiteinheit zerfällt ebensoviel aktiver Niederschlag, wie sich aus der Emanation neu bildet.

Was als Aktivität gemessen wird, ist die durch die α -Strahlen erzeugte Isonisation der Luft. Nun wirken die α -Strahlen bekanntlich nur eine gewisse Strecke lang (die „Reichweite“) ionisierend auf die Luft. Bei der Ra-Emanation beträgt die Reichweite der α -Teilchen 4,1 cm, beim RaA 4,75 cm, beim RaC 7 cm. Man hat ausgerechnet, daß bei vollständiger Ausnutzung der Ra-Strahlen die Aktivitäten der Ra-Emanation allein und der Ra-Emanation im Gleichgewicht mit ihren Zerfallsprodukten sich verhalten wie 2,75 : 8,9. Die Aktivität der Zerfallsprodukte ist somit 2,235mal so groß wie die Aktivität der Emanation allein. Nun ist es klar, daß dies günstigste Verhältnis nur erreicht werden kann, wenn die α -Strahlen längs ihrer Reichweite voll wirken können. Wenn das Gefäß, in dem die Ionisation stattfindet, nicht groß genug ist, kann das nicht der Fall sein, denn die Wände halten vorher die α -Strahlen auf.

Wird zudem im Ionisationsraum während des Anstiegs der Aktivität ein elektrisches Feld unterhalten, so werden die Zerfallsprodukte der Emanation sofort nach ihrem Entstehen an die Wand gedrückt, und dann ist ihre ionisierende Wirkung auf die Luft der Kanne nur die Hälfte des Maximalwerts. Nach Berndt⁴³⁾ beträgt der Anteil der Emanation an der Aktivität im Gleichgewicht 46%. Die Aktivität des aktiven Niederschlags ist somit 1,174mal so groß wie die Aktivität der Emanation im Anfang. Bei diesen Messungen ist also ungefähr die Hälfte der induzierten Aktivität nicht zur Wirkung gekommen. Nun kann man aber mit Hilfe einer Tabelle, die W. H. Schmidt⁴⁴⁾ aufgestellt hat, die zu einer bestimmten Zeit der 1. Viertelstunde gemessenen Aktivität auf einen anderen Zeitpunkt, insbesondere auch auf die Zeit 0, d. h. den Moment des Ausschüttelns der Emanation aus dem Wasser umrechnen. Diese Tabelle benutzen Engler, Sieveking und Koenig bei ihrer Schnellmethode mit dem früher beschriebenen Fontaktoskop⁴⁵⁾.

Sie schlagen vor, wenn möglich für die Messungen eine Normalzeit von 2 Minuten nach Beginn des Ausschüttelns einzuhalten, sie jedenfalls so rasch wie möglich zu machen. Gelingt es aber nicht, die Messung in so kurzer Zeit auszuführen, so hat man eine entsprechende Korrektur anzubringen, die aus der folgenden Tabelle, die die Forscher nach W. H. Schmidts Zahlen berechneten, entnommen wird. Ich lasse sie samt den von Engler, Sieveking und Koenig mitgeteilten Beispielen⁴⁶⁾ folgen:

Umrechnung der zur Zeit t gemessenen Sättigungsströme

(Aktivitäten) auf die Zeit t' in Prozenten: $\frac{I_t}{I_{t'}} \cdot 100$.

t'	0	1	2	3	4	5	10	15	180
0	100,0	113,2	123,5	131,4	137,6	142,2	154,5	160,0	217,5
1	88,3	100,0	109,0	116,0	121,5	125,6	136,5	141,3	192,0
1,5	84,5	95,7	104,4	111,0	116,3	120,2	130,6	135,2	183,7
2	81,0	91,8	100,0	106,4	111,5	115,2	125,2	129,6	176,1
3	76,1	86,2	94,0	100,0	104,7	108,2	117,6	121,8	165,4
4	72,7	82,3	89,7	95,5	100,0	103,4	112,3	116,3	158,0
5	70,3	79,6	86,8	92,4	96,7	100,0	108,6	112,5	152,8
6	68,6	77,7	84,7	90,1	94,4	97,6	106,0	109,8	149,1
7	67,1	76,0	82,8	88,1	92,3	95,5	103,7	107,4	145,8
8	66,2	75,0	81,7	87,0	91,1	94,2	102,3	105,9	143,9
9	65,3	74,0	80,6	85,8	89,8	92,0	100,9	104,5	142,0
10	64,7	73,3	79,9	85,0	89,0	92,0	100,0	103,5	140,6
15	62,5	70,8	77,1	82,1	86,0	89,9	96,6	100,0	135,9
180	46,0	52,1	56,8	60,5	63,3	65,5	71,1	73,6	100,0

Beispiele: 1. Die Aktivität, gemessen $t' = 5$ Min. nach Beginn des Ausschüttelns der Emanation aus dem Wasser, betrage 20 Macheeinheiten. Dann berechnet sich die Aktivität zur Zeit $t = 0$ aus der ersten Kolumne zu 70,3% des gemessenen Wertes, das sind also $\frac{70,3 \cdot 20}{100} = 14,06$ M.-E.

Die Aktivität zur Zeit $t = 2$ Min. ergibt sich aus der dritten Kolumne zu 86,8% des gemessenen Wertes, das sind 17,36 M.-E. — 2. Mißt man 2 Min. nach Beginn des Ausschüttelns und findet 30 M.-E., so entspricht dies einer Anfangsaktivität von 81% dieses Wertes, also 24,3 M.-E.

Bei der Präzisionsmethode muß zunächst die Probe- nahme in einwandfreier Weise vorgenommen⁴⁶⁾ und ein von den Forschern l. c. beschriebenes Fontaktoskop angewendet werden.

α -Strahlen.

Stefan Meyer, Viktor F. Hess und Fritz Paneth⁴⁷⁾ haben auf Grund des vorzüglichen Materials im Wiener Institut für Radiumforschung genaue Reichweitenbestimmungen der α -Strahlen von Polonium-, Ionium- und Aktiniumpräparaten ausgeführt. Das war deshalb von Wichtigkeit, weil über die gesetzmäßigen Beziehungen zwischen Reichweiten und Zerfallskonstanten noch keine

⁴²⁾ Ann. d. Phys. **38**, 958 [1912].

⁴³⁾ Physikal. Z. **6**, 561 [1905].

⁴⁴⁾ Chem.-Ztg. **38**, 446 [1914].

⁴⁵⁾ Ibid. 426.

⁴⁶⁾ Ibid. S. 426.

⁴⁷⁾ Wiener Akademieberichte 1914, Abt. IIa, S. 1459.

⁴²⁾ Chem.-Ztg. **38**, 425 und 446 [1914]; Physikal. Z. **15**, 441 [1914].

völlige Klarheit herrschte. Solche Beziehungen sind aber deshalb von Wichtigkeit, weil mit ihrer Kenntnis die Möglichkeit gegeben ist, extrem kleine oder anderen Berechnungen unzugängliche Lebensdauern zu berechnen. Durch den Befund, daß die Reichweite des Poloniums 3,64 cm beträgt, verschwindet eine bisher vorhandene Unstimmigkeit in der Geiger-Nuttallschen Beziehung⁴⁸⁾ zwischen Zerfallskonstante und Reichweite. Bei Ionium wurde 2,95 cm gegen früher 2,84 cm für die Reichweite der α -Strahlen gefunden, woraus für die Halbwertszeit der neue Wert von etwa $1,1 \times 10^4$ folgt. Die neu bestimmten Reichweiten der Aktiniumpräparate sind in der später mitgeteilten Tabelle dieser Reihe aufgenommen.

Von den verschiedenen Spezialuntersuchungen über α -Strahlen sei das Resultat einer von E. Marsden⁴⁹⁾ ausgeführten kurz mitgeteilt. Sie betrifft den Durchgang von α -Strahlen durch Wasserstoff. Aus theoretischen Betrachtungen von Bohr ließ sich ableiten, daß wenn α -Teilchen mit Wasserstoffatomen unter bestimmtem Winkel zusammentreffen, das Wasserstoffteilchen eine Reichweite bekommen muß, die viermal so groß ist wie die des α -Teilchens, das den Zusammenstoß verursachte. Durch Szintillation mußte sich das nachweisen lassen, falls die Voraussetzungen richtig waren. In der Tat zeigte es sich, daß beim Durchgang von α -Strahlen durch Wasserstoff in diesem Teilchen nachgewiesen werden können, deren Weg mindestens dreieinhalbmal so lang ist wie der der α -Teilchen. Die so erzeugten Szintillationen sind nicht so intensiv wie die der α -Strahlen.

In bezug auf die Geschwindigkeit hat die Lehre von den α -Strahlen überraschend eindeutige Resultate gegeben. Die α -Teilchen jedes α -strahlenden Radioelements zeigen ganz bestimmte, für das betreffende Element konstante und charakteristische Geschwindigkeiten. Bei den β -Strahlen machte man Erfahrungen, die darauf hinweisen, daß zwar in den β -Strahlen eines bestimmten Radioelements gewisse Geschwindigkeiten vorherrschen, aber außerdem noch alle möglichen anderen Geschwindigkeiten vorhanden sind, kurz daß die β -Strahlen eines und desselben Radioelements inhomogen sind. Das Studium der magnetischen Ablenkung der β -Strahlen mußte hierüber Aufschluß geben. Waren die β -Strahlen der einzelnen Radioelemente wirklich inhomogen, so mußte ein durch einen Spalt ausgeblendetes β -Strahlenbündel bei der magnetischen Ablenkung in ein breites kontinuierliches Spektrum auseinandergezogen werden. Schon Paschen hatte

freilich bei der Bestimmung von $\frac{e}{m}$ Anzeichen dafür erhalten, daß die β -Strahlen des Radiums sich durchaus nicht ganz gleichmäßig auf die verschiedenen Geschwindigkeiten verteilen, sondern daß gewisse Geschwindigkeiten bevorzugt sind.

Neuerdings haben nun besonders O. von Baeyer, O. Hahn und L. Meitner⁵⁰⁾ die β -Strahlen aller β -strahlenden Radioelemente auf ihre magnetische Ablenkbarkeit im Vakuum hin untersucht. Dabei zeigte sich zunächst bei Th-Produkten, daß die frühere Annahme nicht zutrifft, daß vielmehr ein Teil der β -Strahlung vollkommen homogen ist, so daß deren magnetische Ablenkung ein wohldefiniertes Linienspektrum gibt. Als nun alle β -Strahler in gleicher Weise untersucht wurden, ergab sich das überraschende Resultat, daß die Linienspektren der einzelnen Elemente zum Teil sehr kompliziert sind. Manche dieser Elemente senden sehr zahlreiche homogene Strahlenbündel aus, und genau wie bei den optischen Spektraluntersuchungen zeigte es sich, daß bei Erhöhung des Auflösungsvermögens des magnetischen Spektralapparates und bei Verwendung stärkerer Präparate immer mehr Linien zum Vorschein kommen. RaB und RaC z. B. geben mit schwachen Präparaten nur die neun stärksten β -Strahlen-

gruppen, nach und nach konnte man aber mit stärkeren Präparaten weit über 60 β -Strahlengruppen nachweisen. Möglicherweise lassen sich so die in der Thoriumgruppe vorkommenden kontinuierlichen Spektren in Linienspektren auflösen. Bei RaE scheinen freilich inhomogene β -Strahlengruppen vorzuliegen.

Wie soll man sich die Entstehung solch komplizierter magnetischer Linienspektren theoretisch vorstellen? Rutherford hat zur Klärung dieser Frage nach Gesetzmäßigkeiten in dem Bau des genauer erforschten Spektrums von RaB und RaC gesucht, und in der Tat für einen Teil der β -Strahlengruppen des RaC einfache Zusammenhänge festgestellt. Als die Energie der β -Teilchen der einzelnen Gruppen berechnet wurde, fand man, daß die Differenz der Energie zwischen zwei aufeinanderfolgenden β -Strahlen in zahlreichen Fällen immer die gleiche ist. Bei β -Strahlen höherer Geschwindigkeit findet man durchweg den doppelten Wert für diese Differenz. Auf Grund dieser Tatsachen und der Beobachtung, daß jedes Atom RaB und RaC nicht mehr als ein oder zwei β -Teilchen aussendet, bildet sich Rutherford folgende Ansicht über die Entstehung des komplizierten magnetischen Spektrums bei RaC: Jedes zerfallende Atom RaC sendet ein β -Teilchen mit ganz bestimmter, für alle Atome gleicher Geschwindigkeit aus. Dieses β -Teilchen stößt nun nach dem Austritt aus dem Atom mit anderen Teilen des Atoms zusammen und erleidet einen Geschwindigkeits- bzw. Energieverlust, der für die einzelnen Atome ganz verschieden ausfallen kann. Durch das Zusammenwirken einer großen Anzahl von zerfallenden Atomen kommt so das komplizierte magnetische Spektrum zustande.

Nach Rutherfords Theorie wird die einem β -Teilchen entzogene Energie in γ -Strahlung verwandelt.

Durch ein Verfahren, das Geiger fand, ist es neuerdings möglich geworden, die β -Teilchen zu zählen, die von einem zerfallenden Atom ausgesendet werden. Obwohl noch Widersprüche vorhanden sind, zeigte es sich, daß es doch den Anschein hat, als ob jedes zerfallende Atom nur ein β -Teilchen aussendet. Für die Radioelemente RaB, RaC, Th(C + D), Ux_2 wurden bereits ganz gut stimmende Resultate erhalten. Bei RaE dagegen liegt, wie schon erwähnt, eine Ausnahme vor, die noch näher untersucht werden muß. Daß nun trotz dieser anscheinend einfachen Verhältnisse die β -Strahlung einheitlicher Elemente verschiedene Geschwindigkeiten aufweist, liegt nach Rutherford oben mitgeteilter Ansicht an folgendem: Wenn das β -Teilchen aus dem Atomkern entweicht, so verliert es beim Durchgang durch die verschiedenen Elektronensysteme des Atoms Energie in bestimmten Quanten, und zwar unter Bildung von γ -Strahlen verschiedener Frequenz. Verschiedene β -Teilchen verlieren verschiedene Energiemengen und treten demzufolge mit verschiedener Geschwindigkeit aus.

δ -Strahlen.

Auch das Studium der δ -Strahlen hat in den letzten Jahren wesentliche Fortschritte gemacht⁵¹⁾. Früher nannte man δ -Strahlen langsam bewegte Elektronen, die gleichzeitig mit α -Strahlen entweder eine Elektrode verlassen, auf der ein α -Strahler niedergeschlagen ist, oder die von α -Strahlen an festen Körpern erzeugt werden. Inzwischen fand man, daß auch andere Strahlen als α -Strahlen (β -Strahlen, Kathodenstrahlen) langsam bewegte Elektronen erzeugen können, und darum definiert F. Hauser die δ -Strahlen zurzeit folgendermaßen: δ -Strahlen sind eine aus Elektronen bestehende Sekundärstrahlung, deren Geschwindigkeiten sich von 0– 10^9 cm/sec erstrecken. Unter den gleichen Versuchsbedingungen ist die Geschwindigkeitsverteilung in den δ -Strahlen unabhängig von der Geschwindigkeit der sie erzeugenden Strahlen und dem Material der aussendenden Elektrode. Auch δ -Strahlen vermögen Gase zu ionisieren, Materie zu durchsetzen und ihrerseits wieder Sekundärstrahlen zu erzeugen.

⁵¹⁾ F. Hauser, „Die δ -Strahlen (Bericht)“. Jahrb. d. Radioakt. u. Elektronik 10, 445 [1913].

⁴⁸⁾ Phil. Mag. 22, 613 [1911]; 23, 439 [1912]; 24, 647 [1912].

⁴⁹⁾ Phil. Mag. 27, 824 [1914].

⁵⁰⁾ O. Hahn und L. Meitner, Physikal. Z. 9, 321 [1908]; O. v. Baeyer und O. Hahn, Ibid. 11, 488 [1910]; O. v. B., O. H. u. L. M., Physikal. Z. 12, 271, 1099 [1911]; 13, 264 [1912]; Trans. Fass. O. v. Baeyer, Jahrb. d. Radioakt. u. Elektronik 11, 66 [1914].

Was nun die Wirkung der Strahlen anbetrifft, so haben Stefan Meyer und Karl Przibram ihre schönen Untersuchungen über die Verfärbung von Salzen durch Becquerelstrahlen im Wiener Institut für Radiumforschung fortgesetzt⁵²⁾. Statt der bisher fast ausschließlich verwendeten Substanzen komplizierterer Zusammensetzung (Mineralien) untersuchten sie eine größere Anzahl reiner einfacher Verbindungen auf ihre Verfärbung durch β -Strahlen in systematischer Weise. Die reinsten Kahlbalschen Präparate wurden der Strahlung von 1 g Ra, das zur Abhaltung der Emanation in ein dünnwandiges Glasröhrchen eingeschmolzen war, aus unmittelbarer Nähe ausgesetzt. Naturgemäß war die Zeit, die bis zu einer deutlichen Färbung verstrich, bei den verschiedenen Substanzen verschieden. Chlorkalium färbte sich in wenigen Stunden purpurn, wasserfreier Borax ward im Laufe eines Tages violett, Erdalkaliborate zeigten dagegen erst nach Wochen eine schwache Verfärbung. Die Dauerhaftigkeit der Farbe steht dabei im allgemeinen im umgekehrten Verhältnis zur Raschheit der Färbung. — Die beiden Forscher prüften so die Borate, Carbonate, Sulfate, Sulfite, Sulfide, Phosphate, Silicate, Chloride, Bromide und Jodide von Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium, Caesium, Calcium, Strontium und Barium. Da z. B. wasserhaltiger Borax auch durch längere Bestrahlung nicht verfärbt wurde, schmolz man solche Verbindungen in einer Platinschlinge oder auf einem Magnesiumstäbchen. Letztere wurden verwendet, wenn beim Erhitzen auf Platin schon für sich eine Färbung auftritt. Zunächst zeigte es sich, daß die durch Bestrahlung erzielte Farbe nicht bloß von den anwesenden Elementen, sondern auch von der Art ihrer Verbindung abhängt. So wurden:

NaBO₂ hellgrauviolett,
Na₂B₄O₇ tiefviolett,
NaB₅O₈ bräunlich,
K₂B₄O₇ hellsaphirblau,
KB₅O₈ hellgelblich.

Interessante Resultate wurden bei den Carbonaten erhalten. Es wurden durch die Bestrahlung: Li₂CO₃ braun bis gelbbraun, Na₂CO₃ violett bis blau, K₂CO₃ blaugrün, Rb₂CO₃ gelbgrünlich. Die gleichen Färbungen entstehen auch beim längeren Erhitzen dieser Salze in der Platinschlinge in der Gebläseflamme. — Die Alkalihaloide kamen für sich und auch in Mischung zur Bestrahlung. Kochsalz wird gelb, Kaliumchlorid purpur- oder veilchenfarbig. In Mischung bringt 0,1 Mol. KCl bei 1 Mol. NaCl in einem Tag die gelbe Farbe des NaCl hervor. 0,25 Mol. KCl auf 1 Mol. NaCl färben nach eintägigem Bestrahlen fleischfarbig. 0,5 Mol. KCl und 1 Mol. NaCl werden nach einem Tag vorwiegend purpur mit gelben Stellen, 1 Mol. KCl und 1 Mol. NaCl werden in einem Tag violett. Die färbende Kraft des Kaliums scheint danach größer zu sein als die des Natriums. Diese Untersuchung wurde im Hinblick auf die mögliche Feststellung eines Kaliumgehaltes im unreinen Kochsalz durch die Verfärbung angestellt. Durch längere Bestrahlung wurden Gips, Doppelspat citrongelb, farbloser Flußspat violett. Bis auf Gips werden alle untersuchten Substanzen durch Erwärmung entfärbt. Die gleiche Wirkung hat genügend intensive Belichtung, wobei auch zuweilen Farbenwechsel stattfindet. Die verfärbten Substanzen zeigen zum Teil prachttvolle Thermolumineszenz. Erwähnt sei noch, daß die Verfärbung der Borate einen auffallenden Parallelismus zu den Farben der von Svedberg hergestellten Alkalimetall- und Erdalkalimetallsolen zeigt. Dadurch und durch andere Argumente erhält die Vermutung, daß die Verfärbung von der Ausscheidung kolloidaler Metalle herrührt, eine neue Stütze. Man kann annehmen, daß durch die β -Strahlen die positiven Metallionen in den Salzen entladen werden und dadurch neutrale Metallatome geben, die in kolloidaler Verteilung zur Färbung beitragen. Ohne Zweifel ist aber auch der metalloide Bestandteil für die Farbengebung von Bedeutung.

Systematische Untersuchungen über die Beeinflussung chemischer Reaktionen durch die durchdringende Radiumstrahlung führte A. Kailan⁵³⁾ im Wiener Institut für Radiumforschung aus, wobei er die wirksamen Präparate dieses Instituts verwendete: Bildung und beschleunigter Zerfall von Wasserstoffsuperoxyd durch diese Strahlen waren schon früher von Fenton und Kornél von Körösy beobachtet worden. Kailan maß die Geschwindigkeit der Zersetzung von Wasserstoffsuperoxyd bei 13–15° in nicht paraffinierten Glasgefäßen und bei 25° sowohl in paraffinierten wie in nicht paraffinierten Gläsern. Er fand, daß die Geschwindigkeit dieser Zersetzung angenähert nach der Gleichung für Reaktionen 1. Ordnung verläuft. Mit wachsender Radiummenge wächst auch die Geschwindigkeit der Zersetzung, jedoch langsamer als die Stärke des Präparats. Besonders bei den Versuchen zwischen 13 und 15° beobachtete man eine eigentümliche Nachwirkung der Bestrahlung, die wenigstens zum Teil durch die Veränderung der Glaswände durch die Strahlen bedingt wird. Der Temperaturkoeffizient des Einflusses der Strahlen wurde ähnlich wie bei photochemischen Reaktionen zu 1,2 gefunden.

Unter dem Einfluß der durchdringenden Strahlung findet aber auch Bildung von Wasserstoffsuperoxyd statt. Die Bildungsgeschwindigkeit desselben wurde in saurer, neutraler und alkalischer Lösung untersucht und ergab sich in ersterer als am größten in der letzten als am geringsten. Von der Gesamtenergie der verwendeten Radiummenge wird zur Wasserstoffsuperoxydbildung etwa $\frac{1}{8000}$ von der verfügbaren Energie etwa $\frac{1}{80}$ ausgenutzt.

Eingehender studierte dann Kailan den Einfluß der durchdringenden Strahlung auf Alkali- und Erdalkalihalogenide in wässriger Lösung. Als bei Lichtabschluß sowohl neutrale als auch saure Lösungen von Jodkalium und Jodnatrium bestrahlt wurden, zeigte sich in beiden Fällen eine Zersetzung, und zwar war die Zersetzungsgeschwindigkeit in beiden Fällen beim Jodkalium größer als beim Jodnatrium. Mit wachsender Salzkonzentration nahm auch die Zersetzungsgeschwindigkeit zu, aber weit weniger als der Konzentrationszunahme entspricht. Analoges hatte man bei der Bestrahlung mit ultravioletttem Licht beobachtet. Schon durch Zusatz minimaler Säuremengen erfährt die Reaktionsgeschwindigkeit eine sehr bedeutende Erhöhung. Von einer bestimmten Säurekonzentration an wird aber die Reaktionsgeschwindigkeit nur noch langsam erhöht. Wie beim Wasserstoffsuperoxyd wächst die Zersetzung mit der Stärke der Radiumpräparate, aber langsamer als beim Hydroperoxyd. Vermutlich besteht die Hauptreaktion in einer direkten Einwirkung der Radiumstrahlen auf die nicht dissoziierten Jodkaliummoleküle.

Weniger eindeutig waren die Resultate bei der Einwirkung von durchdringenden Strahlen auf die Jodide von Magnesium, Calcium, Strontium und Barium, weil hier die Versuchsfehler größer waren. Im allgemeinen ergaben sich in neutralen, schwach und stärker sauren Lösungen analoge Resultate wie bei den Alkalijodiden. Abweichungen zeigten sich bei einzelnen Jodiden, besonders Strontiumjodid, in bezug auf die Größe der Zersetzungsgeschwindigkeit.

Um die Bildung von Wasserstoffsuperoxyd bei der Bestrahlung zu vermeiden, wurde die Zersetzung auch in alkoholischer Lösung untersucht. Dabei zeigte es sich, daß Magnesiumjodid sowohl in neutraler als auch in saurer absolut alkoholischer Lösung rascher zersetzt wird als in der entsprechenden wässrigen Lösung. Ein Zusammenhang zwischen der Größe der Zersetzungsgeschwindigkeit und der Höhe der Molekular- und Äquivalentgewichte der Jodide ließ sich nicht nachweisen. Auch hier zeigten sich Analogien mit der Zersetzung durch ultraviolettes Licht.

Bromkaliumlösung wird von der durchdringenden Radiumstrahlung viel weniger leicht zersetzt als Jodkalium. In saurer Lösung konnte aber eine Einwirkung konstatiert werden. Die Zersetzungsgeschwindigkeit nimmt sowohl

⁵²⁾ Wiener Akademieberichte 1914. Abt. IIa, S. 653

⁵³⁾ Wiener Monatshefte 32, 1019 [1911]; 33, 71, 1329, 1361 [1912]; 34, 359, 1245, 1269 [1913]; 35, 859 [1914].

mit wachsender Salz- als auch mit wachsender Säurekonzentration zu, aber weit langsamer als die Konzentration, bei der zehnfachen Konzentration steigt sie um etwas mehr als die Hälfte. Als bei gleicher Konzentration usw. Bromkaliumlösungen der Strahlung einer gleichen Radiummenge ausgesetzt wurde, zeigte es sich, daß je nach den Konzentrationsverhältnissen die Zersetzungsgeschwindigkeit des Bromkaliums etwa 20–100mal geringer ist als die des Jodkaliums. Hierbei blieb die Wasserstoffsuperoxydbildung unberücksichtigt.

Bei angesäuerter Chlorkaliumlösung konnte unter den gleichen Versuchsbedingungen keine Zersetzung beobachtet werden.

Ferrisulfat wird unter dem Einfluß der durchdringenden Radiumstrahlung reduziert. Ähnlich wie bei der Einwirkung ultravioletter Strahlung wird die Reduktion durch Zusatz von Rohrzucker stark vergrößert. Aus einer $\frac{1}{4}$ normalen Silbernitratlösung wurde durch die durchdringende Strahlung von 42 mg Radiumchlorid in rund 4000 Stunden bei 3–8° im Dunkeln etwa ein Tausendstel zu Silber reduziert.

Auch Rohrzuckerlösungen werden von der durchdringenden Radiumstrahlung unter Säurebildung und Abnahme des Drehungsvermögens verändert. Diese Veränderung war bei nicht sterilisierten Zuckerlösungen weitaus stärker als bei sterilisierten, aber auch bei letzteren deutlich nachweisbar. Fehlingsche Lösung wird von den bestrahlten Rohrzuckerlösungen reduziert, und die mit Hilfe dieser Reaktion ermittelte Menge an entstandenem Invertzucker stimmt ungefähr mit der überein, die man aus der Abnahme des Drehungsvermögens berechnen kann. Daß diese Verminderung der Drehung des Rohrzuckers auf Inversion durch Wasserstoffionen beruht, ergab sich aus der Beobachtung, daß das Drehungsvermögen einer normalen wässrigen Traubenzuckerlösung durch Bestrahlung mit Radium während sehr langer Zeit bei 5–10° keine Änderung erleidet. Säurebildung tritt freilich auch beim Traubenzucker ein, und zwar in stärkerem Maße als beim Rohrzucker. Die Menge der so gebildeten Säure kann nicht von gebildetem Wasserstoffsuperoxyd herrühren. Als reiner Äthylalkohol dem Einfluß der durchdringenden Radiumstrahlung ausgesetzt wurde, entstand Aldehyd und Säure neben Wasser. Dies Wasser ist aber — worauf besondere Versuche hinwiesen — zum größten Teil durch Abspaltung aus dem Alkohol und nicht durch Oxydation entstanden.

Weiterhin untersuchte Kailan den Einfluß der durchdringenden Radiumstrahlung auf Lösungen von Benzoesäure in alkoholischer Salzsäure und fand, daß die Veresterung weder in absolut alkoholischer, noch in wässrig-alkoholischer Lösung beeinflusst wird. Auch die Geschwindigkeit der Essigesterbildung aus Essigsäure und Alkohol erfährt durch Radiumbestrahlung nur eine ganz geringe Erhöhung. Dagegen wird die Spaltung des Essigesters durch die durchdringende Radiumstrahlung erheblich beeinflusst. Sowohl Essigester, der nur Spuren von Wasser enthält, als auch solcher, dem noch je ein Molekül Wasser und Alkohol zugesetzt waren, wurde gespalten, und zwar der reine Ester rascher als der mit Alkohol und Wasser verdünnte. Die primäre Wirkung der Strahlen scheint dabei nach gewissen Anzeichen in einer Zertrümmerung der Estermoleküle unter Bildung von Säure und ungesättigtem Kohlenwasserstoff zu bestehen und nicht in einer Aufnahme von Wasser.

Aceton, das vor Licht geschützt ist, wird von durchdringender Radiumstrahlung unter beträchtlicher Säurebildung zerlegt. Licht wirkt ähnlich.

Die bekannte Umwandlung von o-Nitrobenzaldehyd in o-Nitrosobenzoesäure, die unter dem Einflusse des Lichtes stattfindet, wird durch Radiumstrahlen sowohl in alkoholischer wie in Benzollösung beschleunigt.

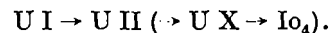
Endlich fand Kailan⁵⁴⁾ einen merkwürdigen Einfluß der durchdringenden Radiumstrahlung auf die Leitfähigkeit wässriger Lösungen von Fumarsäure und Maleinsäure. Das molekulare Leitvermögen wässriger Fumarsäurelösungen erfährt durch diese Strahlung eine Erhöhung,

das wässriger Maleinsäurelösungen eine Erniedrigung. Dabei findet eine gegenseitige Umwandlung der beiden stereoisomeren Säuren statt analog wie bei der Einwirkung des Lichts einer Quarz-Quecksilberlampe. Es stellt sich allmählich ein Gleichgewichtszustand ein, der bei der durchdringenden Radiumstrahlung wesentlich mehr nach der Fumarsäuresäure verschoben ist als bei dem Lichte der Quarz-Quecksilberlampe.

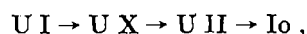
Uran-Radiumreihe.

Atomgewicht des Urans. Der bisherige Wert für das Atomgewicht des Urans (238,5) wurde auf Grund einer Bestimmung von Richards und Merigold⁵⁵⁾ angenommen. Sie hatten das Uranbromid als Analysenmaterial gewählt, waren aber bei dessen Reinigung auf Hartglas- und Porzellanröhren angewiesen, die bei der Versuchstemperatur von Brom angegriffen werden. Dadurch kamen Verunreinigungen in das UBr_4 , für die eine Korrektur angebracht werden mußte, und Richards betonte, daß seine Zahl nur für die damaligen Verhältnisse galt. Nun fand O. Hönigschmid⁵⁶⁾ bei einer Neubestimmung das Atomgewicht des Radiums zu 225,97 ± 0,01, und dieser Wert stimmte mit dem alten Wert für das Atomgewicht des Urans nur schlecht überein. Darum entschloß sich Hönigschmid zu einer Neubestimmung des Atomgewichts des Urans⁵⁷⁾, zumal jetzt das Quarzglas zugänglich geworden war, in dem man Uranbromid sublimieren konnte, ohne eine Verunreinigung zu befürchten. In der Tat ergab sich jetzt ein Wert von 238,175 ± 0,0125 für das Atomgewicht des Urans, der besser mit dem Atomgewicht des Radiums stimmt als der alte.

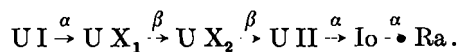
Messungen, die Boltwood an sehr alten Uranmineralien machte, hatten ergeben, daß das Uran derselben eine doppelt so große Aktivität besitzt wie die Radiummenge, die sich mit ihm im Gleichgewicht befindet. Es zeigte sich denn auch, daß das Uran aus zwei α -strahlenden Elementen besteht, die man UI und UII nannte und zunächst als unmittelbar aufeinanderfolgende Radioelemente aufbaute:



Nachdem aber A. Russell⁵⁸⁾, G. v. Hevesy⁵⁹⁾ und K. Fajans⁶⁰⁾ gezeigt hatten, daß jede radioaktive Umwandlung eine wesentliche Änderung im chemischen und elektrochemischen Charakter eines Radioelements verursacht, war diese Reihenfolge unmöglich, denn UI und UII sind sich im chemischen Verhalten außerordentlich ähnlich. Analog war es mit den nächstfolgenden UX und Io. Darum nahm man eine Folge an, die so aussah:



und die sich auch mit den bekannten Tatsachen im Einklang befand. Als dann aber Russell und Fajans das oben besprochene elektrochemische Umwandlungsgesetz an einer Reihe von Fällen entdeckt hatten, mußten sich, falls es richtig war, zwischen UI und UII zwei β -strahlende Radioelemente befinden. In der Tat konnte man nachweisen, daß UX komplex ist⁶¹⁾ und aus zwei β -strahlenden Elementen besteht: UX_1 und UX_2 . Letzteres hat die durchdringende β -Strahlung⁶²⁾ und eine Halbwertszeit von 1,17 Minuten. So schreibt man jetzt den Anfang der Uran-Radiumreihe:



UY, dessen Existenz von O. Hahn und L. Meitner bestätigt wurde⁶³⁾, zweigt entweder aus UI neben dem UX_2 oder aus UII neben Ionium ab. Es besitzt die che-

⁵⁵⁾ Z. anorg. Chem. **31**, 235 [1902].

⁵⁶⁾ Wiener Monatshefte **33**, 253, 351 [1913].

⁵⁷⁾ Wiener Monatshefte **36**, 51 [1915].

⁵⁸⁾ Chem. News **107**, 49 [1913].

⁵⁹⁾ Physik. Z. **14**, 49 [1913].

⁶⁰⁾ Ibid. **131**, 136.

⁶¹⁾ Ibid. 877.

⁶²⁾ O. Hahn u. Lise Meitner, Physik. Z. **14**, 958 [1913].

⁶³⁾ Ibid. **15**, 240

⁵⁴⁾ Wiener Monatshefte **36**, 13 [1915].

mischen Eigenschaften des Th, ist ein β -Strahler und hat eine Halbwertszeit von 25,5 + 0,5 Stunden.

Radium. Über die Extrahierung des Radiums aus den Erzen von Olary (Australien) s. Chem. Zentralbl. 1914, I, 1990. Methoden zur Anreicherung arbeiteten aus F. Ulzer und R. Sommer (D. R. P. 263 330, Kl. 12m vom 17./4. 1913), Kunheim & Co., D. R. P. 264 901, Kl. 12m, 15./6. 1912, ferner E. Ebler und W. Bender durch fraktionierte Adsorption und Desadsorption von Ra-Ba-Sulfaten an Mangansuperoxydhydrat (Zeitschr. f. anorgan. Chem. 84, 77, sowie E. Ebler D. R. P. 267 071, Kl. 12m vom 12./12. 1912). Über die Aufarbeitung von Ra-Meso-Th-haltigen Gemischen s. Ebler, D. R. P. 278 260, Kl. 12m vom 18./9. 1913. Ich verzichte hier mit Rücksicht auf die zusammenfassende Arbeit von E. Ebler in dieser Zeitschrift⁶⁴⁾ auf eingehendere Beschreibungen. Auch die quantitative Bestimmung des Radiums von Ebler nach der Emanationsmethode ist in dieser Zeitschrift bereits gesondert behandelt⁶⁵⁾.

Von der durchdringenden Strahlung des Radiums wiesen Frau P. Curie und Kamerling Onnes nach, daß sie beim Siedepunkt des Wasserstoffs (20,3° absol.), wenn überhaupt, sich um $\frac{1}{1000}$ von der bei gewöhnlicher Temperatur unterscheidet.

Über die Radiumemanation ist nichts wesentlich Neues zu berichten. In einem zusammenfassenden Aufsatz⁶⁶⁾ hat G. v. Hevesy die wichtigsten Eigenschaften der Emanationen nach den neusten Forschungen zusammengestellt. Außer den in der Tabelle gegebenen Eigenschaften sind hier für Radiumemanation mitgeteilt: Ihr Volumen im radioaktiven Gleichgewicht mit 1 g Ra = 0,6 cmm, ihre Dichte (H = 1) zu 111, die Dichte der flüssigen Emanation beim Siedepunkt 5—6, Siedepunkt —65°, kritischer Punkt +104,5°, Gefrierpunkt —71°. Beim RaA wies Fleck⁶⁷⁾ nach, daß es chemisch identisch mit Polonium ist.

Eine Reihe von Arbeiten Rutherfords⁶⁸⁾ und seiner Schüler beschäftigte sich mit der β - und γ -Strahlung von RaB und RaC. Die Analyse der β -Strahlen ergab bei RaB 16 verschiedene β -Strahlengruppen, beim RaC ca. 50, die der γ -Strahlen lieferte bei RaB Anzeichen für mindestens zwei Gruppen, von denen eine sehr weich, die andere recht durchdringend ist. Die γ -Strahlen von RaC bestehen im wesentlichen aus einem Typus, der in Aluminium exponential absorbiert wird. Interessant ist die Beobachtung, daß die γ -Strahlen von RaB und RaC beim Durchgang durch Materie Anlaß zur Entstehung von β -Strahlen sehr hoher Geschwindigkeit geben, die völlig verschieden sind von den primären β -Strahlen, die diese Radioclemente aussenden. Die Spektren der γ -Strahlen von RaB und RaC gaben Veranlassung zu theoretisch interessanten Erörterungen.

Daß F. Paneth und G. v. Hevesy mit allen Mitteln erfolglos versucht hatten, RaD von Blei zu trennen, ist bereits erwähnt worden. Charles Staehling widerlegt denn auch einen von Hofmann und Wölfl beschriebenen Versuch, RaD von Pb mit Grignards Reagens abzutrennen.

Vom RaE zeigte F. Paneth, daß es in saurer Lösung leicht diffundiert, schwerer in neutraler und ammoniakalischer Lösung.

RaF (Polonium). Wichtige Erfahrungen über die Abscheidung des Poloniums wurden im Wiener Institut für Radiumforschung durch F. Paneth und G. v. Hevesy gemacht⁶⁹⁾. Man hat bekanntlich das Polonium im Radioblei. Will man es daraus abscheiden, so verwendet man wegen des ausgeprägt metallischen, stark elektronegativen Charakters des Poloniums am besten die elektrolytische Abscheidung. Man stellt sich

eine heiß gesättigte Lösung von Radiobleinitrat her, läßt auskristallisieren, trennt die Krystallmasse von der Mutterlauge durch Zentrifugieren, verdünnt die Mutterlauge etwas, um weiteres Auskristallisieren zu verhindern, und elektrolysiert darauf mit schwachem Strom.

(Fortsetzung folgt.)

Die Gewinnung des Gheddawaxes und das Wachs aus dem Wikingerschiff zu Oseberg.

Von HANNS FISCHER.

(Eingeg. 11./5. 1915.)

Herr Prof. Sebelien hat vor einiger Zeit an dieser Stelle¹⁾ eine sehr interessante Arbeit über ein Wachs, das in einem Wikingerschiffe in Oseberg gefunden wurde, veröffentlicht. John Sebelien spricht an dieser Stelle den Wunsch aus, näheres über die Gewinnung des Bienenwachses in Ostindien zu erfahren. Da ich mich persönlich dort längere Zeit mit dem Studium des Gheddawaxes befaßt habe²⁾, möge mir gestattet sein, meine Erfahrungen hier zusammenfassend wiederzugeben. Die Arbeit John Sebeliens ist um so wertvoller für mich, als ich den Standpunkt vertrete, daß anormale Bienenwachs, abgesehen von dem gebleichten und ostindischen Wachs, nicht vorkommen³⁾. Deswegen ist seine Beobachtung sehr wertvoll, daß durch gewisse Formen des Umschmelzens Verringerung der Säurezahl erzielt werden kann. Leider habe ich in Indien diesem Punkte weniger Aufmerksamkeit geschenkt, doch glaube ich nicht, daß die Erniedrigung der Säurezahl des ostindischen und auch chinesischen Waxes durch die Umschmelzung hervorgerufen wird. Im folgenden mögen nun die verschiedenen Formen des Einsammelns und Umschmelzens angeführt werden. Es handelt sich dabei ausschließlich um das Wachs wilder Bienen, *Apis dorsata*, *Apis florea*, *Apis indica* und der *Trigonen*- und *Meliponen*-arten.

Trotz der großen Ausdehnung Indiens, die etwa dem Flächeninhalt Europas, ohne Rußland, gleichkommt, und trotz der immerhin beschränkten Verkehrsmittel wird die Gewinnung des Bienenwachses in fast unveränderlicher Form von allen den Djangalbewohnern⁴⁾ ausgeführt, die Honig und Waben von Bäumen oder Felsen sammeln.

Die für die Wachsernte ergiebigsten und gebräuchlichsten Zeiten sind die heißen Monate von Anfang April bis Mitte Juni.

Die Gewinnung der Waben geschieht überall in Indien nach nahezu derselben Methode. Diese besteht darin, daß zwei oder mehr Leute, die sich durch Einhüllen in Decken zunächst gegen die Bienen schützen, mit Hilfe von Feuer und Qualm die Insekten vertreiben und dann die Waben sammeln. Oft auch fertigen die Sammler aus Gras, trockenen Blättern und vermulmtem Holz Qualmfackeln, ersteigen damit die Bäume und bemächtigen sich, nachdem die Bienen durch den Rauch vertrieben wurden, der Stöcke. In Chotanagpur wird dieses Verfahren noch dadurch vereinfacht, daß die Sammler die Bäume, auf denen sich Bienen-siedelungen befinden, umschlagen und dann zur Einsammlung der Waben schreiten. In anderen Teilen Indiens wieder geben sich die Eingeborenen, ehe sie ihren Sammelberuf ausführen, ein geheimnisvolles Aussehen, indem sie bestimmte Regeln in bezug auf ihre Lebensweise befolgen. Wegen der Gefahr, von wilden Tieren angefallen zu werden, wird meist am Tage gesammelt. In sicheren Gegenden gehen die Eingeborenen auch nachts auf Suche, da erfahrungsgemäß die Biene dann weniger sticht. In Behar wird zwar auch nur des Nachts gesammelt, doch benutzen die

¹⁾ Angew. Chem. 26, I, 689—692 [1913].

²⁾ Z. öff. Chem. 19, 147—158, 170—175, 188—195 [1913]; 20, 313 bis 315, 409—419 [1914]; 21, 17—25, 53—54 [1915]. Pharm. Ztg. 51, 1017—1019 [1914].

³⁾ Es wäre sehr interessant, zu erfahren, ob die norwegischen Wachs, die Herr Sebelien untersuchte, aus Stöcken stammen, in denen künstliche Mittelwaben zur Anwendung gekommen sind.

⁴⁾ Es sei hier ausdrücklich hervorgehoben, daß die Schreibweise „Djangal“ das indische Wort tatsächlich wiedergibt, während „Dschungel“ oder „Djungel“ nur eine englische Verballhornung ist.

⁶⁴⁾ Angew. Chem. 28, I, 25, 41 [1915].

⁶⁵⁾ Angew. Chem. 26, I, 658 [1913].

⁶⁶⁾ Jahrb. d. Radioakt. u. Elektronik 10, 198ff. [1913].

⁶⁷⁾ J. Chem. Soc. 103, 1052.

⁶⁸⁾ Phil. Mag. 25, 722; 26, 717, 937; 27, 854; 28, 263.

⁶⁹⁾ Sitzungsber. d. Wiener Akademie 121, 2194 [1912]; 122, 1049 [1913]; Wiener Monatshefte 1915, 45.

Zeitschrift für angewandte Chemie

I. Band, Seite 305—308

Aufsatzteil

6. Juli 1915

Neuere Forschungen auf dem Gebiete der Radioaktivität in den Jahren 1913 und 1914.

Von Prof. Dr. F. HENRICH.

(Forts. von S. 303.)

Merkwürdige Erfahrungen hat man in betreff des Elektrodenmaterials gemacht. Auf Platin- oder Palladiumelektroden schlägt sich in der gleichen Zeit weit mehr Polonium nieder als auf einer Goldelektrode. Als man gleichzeitig Platin- und Goldelektroden einhing, war das Abscheidungsverhältnis in der gleichen Zeit 3 : 2. Als man nun diese Abscheidungen von den Elektroden mit Salpetersäure wieder herunterlöst, wurde Polonium vom Gold bis auf $\frac{1}{3}\%$ entfernt, vom Platin unter gleichen Bedingungen nur bis zu 13%. Es scheint eine sekundäre Reaktion zwischen Polonium und Metallen stattzufinden, die beim Platin stärker ist als beim Gold. Analoges fand man, wie wir bald sehen werden, beim Abtrennen des Poloniums von Edelmetallen beim Erhitzen.

Als nun in einer Lösung, die mit $\frac{1}{10}$ -n. Salpetersäure versetzt war, elektrolysiert wurde, zeigte es sich, daß bei jedem niedrigeren Potential eine Abscheidung erfolgt. Steigert man aber die Stromstärke (und erhöht damit das Potential), so findet bei $E_{H_2} = 0,35$ Volt an der Kathode und bei $E_{H_2} = 1,05$ Volt an der Anode eine sprunghafte Zunahme der abgeschiedenen Mengen statt. Die letztere Erscheinung wird durch die Bildung eines Poloniumsuperoxyds verursacht. Aus vorstehenden Zahlen berechnet sich das Normalpotential des metallischen Poloniums zu +0,57 Volt und das Normalpotential des Poloniumsuperoxyds gegen Poloniumnitrat zu +0,89 Volt.

Ist Polonium von Edelmetallen wie Quecksilber, Gold, Platin u. a. zu trennen, so scheidet man es zweckmäßig als Superoxyd an der Anode ab. Bei der elektrolytischen Abscheidung des Poloniums verwendet man am besten eine Lösung in $\frac{1}{10}$ -n. Salpetersäure. Da das Polonium große Neigung zur Hydrolyse und damit zur Kolloidbildung zeigt, darf man bei der Elektrolyse keine neutralen oder zu schwach sauren Lösungen verwenden.

Ohne Anwendung einer Stromquelle kann man Polonium abscheiden, wenn man ein Kupferblech in eine Radiobleilösung hängt und für Durchmischung der Lösung sorgt. Nach 24 Stunden hat sich Polonium auf dem Kupferblech in einer Ausbeute von 80% niedergeschlagen, die ungefähr ebenso gut ist wie die durch Elektrolyse bei genanntem Kathodenpotential erzielte.

Einen von diesen prinzipiell verschiedenen Weg zur Trennung des Poloniums von Pb und RaD fand man auf Grund folgender Beobachtung: Polonium hat nicht oder nur in äußerst geringem Maße die Fähigkeit, durch tierische Blase oder Pergamentpapier hindurch zu diffundieren, vorausgesetzt, daß die Lösung nicht stark sauer ist. In letzterem Falle passieren erhebliche Mengen des Radioelements den Schlauch. Man füllt die konzentrierte, wenig freie Säure enthaltende Lösung von Radiobleinitrat in Schläuche aus dünnem Pergamentpapier und hängt diese in reines Wasser. Blei und RaD diffundieren rasch, Polonium bleibt, soweit es nicht von den Schlauchwänden adsorbiert wird, in der inneren, nun stark verdünnten Bleilösung zurück. RaE bleibt beim Polonium.

Um nun das Polonium von den Metallblechen, auf denen es niedergeschlagen wurde, loszulösen, hat man diese, soweit sie aus Edelmetallen bestanden, mit Säuren gekocht. Vom Platin ließ es sich so nur bis auf 13% ablösen, Gold- elektroden dagegen bis auf $\frac{1}{2}\%$. Besser läßt es sich, wie P a n e t h und H e v e s y fanden, durch Destillation bei etwa 1000° entfernen. Zweckmäßig nimmt man die Destil-

lation in einem Quarzrohr im schwachen Kohlensäure- oder Wasserstoffstrom vor. Dabei schlägt sich aber das Polonium nicht nur an den kalten Teilen des Rohres nieder, sondern geht auch noch in den Schlauch, der zur Ableitung der Kohlensäure dient, eventuell bis auf eine Entfernung von etwa 2 m. Um Verluste zu vermeiden und das Polonium zu sammeln, hängen die beiden Forscher ein Platinblech in das Quarzrohr, das das Polonium gleichsam abfängt und völlig auf sich kondensiert. Es handelt sich hier um eine spezifische Wirkung des Platins, denn auf ein anderes, gleichzeitig und gleichartig eingehängtes Goldblech geht nur ganz wenig Polonium über. Noch kräftiger als Platin wirkt Palladium. Durch mehrmalige Destillation läßt sich das Polonium vollständig von Verunreinigungen befreien.

Die Uran-Radiumreihe sieht danach zurzeit so aus:

	Halbwertszeit	Strahlung	Reichweite d. α -Strahlen cm in Luft
U I (Uran)	5×10^8 Jahre	α	2,5
U X ₁	24,6 Tage	$\beta + \gamma$	—
U X ₂	1,7 Minuten	β	—
U II	2×10^6 Jahre (?)	α	2,9
U Y	25,5 Stunden	β	—
Ionium	2×10^5 Jahre (?)	α	2,95
Radium	2000 Jahre	$\alpha + \beta$	3,3
Ra-Emanation	3,85 Tage	α	4,16
Radium A	3 Minuten	α	4,74
Radium B	26,8 Minuten	$\beta + \gamma$	—
Radium C ₁	19,5 Minuten	$\alpha + \beta + \gamma$	6,94
Radium C ₂	1,4 Minuten	β	—
Radium D (Radiolei) .	16,5 Jahre	β	—
Radium E	5 Tage	$\beta + \gamma$	—
Radium F (Polonium) .	136 Tage	α	3,64

Ur Y und RaC₂ werden jetzt nicht als Folge, sondern als Zweigprodukte von Ur II resp. RaC₁ aufgefaßt.

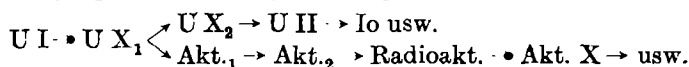
Die Aktiniumreihe.

Während bis vor kurzem über das Atomgewicht des Aktiniums und seine Abzweigungsstelle von der Uran-Radiumreihe kaum eine Vermutung geäußert war, sind jetzt Vorschläge darüber gemacht worden. Über F a j a n s Annahme des Atomgewichts zu 227 ist bereits berichtet. Der gleiche Forscher hatte anfänglich eine Abzweigung des Aktiniums vom Radium für möglich gehalten. Dagegen ließ sich außer anderem anführen, daß man in alten Ra-Präparaten noch nie Aktinium nachweisen konnte. F. S o d d y⁷⁰⁾ hatte eine Abzweigung bei einem hypothetischen Radioelement (eka Ta), das zwischen U X₁ und U II stehen mußte, vorgeschlagen. Als dies Element im U X₂ entdeckt war, zeigten O. H a h n und L i s e M e i t n e r⁷¹⁾, daß sich das Aktinium nicht von diesem

⁷⁰⁾ Chem. News 107, 97 [1913].

⁷¹⁾ Physikal. Z. 14, 757 [1913].

abzweigen könne, möglicherweise aber vom $U X_1$ seinen Ausgang nehme. Sie gaben folgendes Schema:



Bei dieser Annahme müßte dann außer dem β -strahlenden $U X_2$ noch ein zweiter, sehr langlebiger Körper Akt._1 existieren, der sich unter α -Strahlenemission in das eigentliche Aktinium verwandelt.

Die gleichen Forscher stellten dann Versuche an, um die komplexe Natur des Radioaktiniums zu erweisen. Sie konnten aber keine Anhaltspunkte dafür finden.

Aktinium X wurde von O. Hahn und M. Rothembach in reinem Zustand hergestellt und seine Halbwertszeit zu 11,6 Tagen statt 10,2 wie bisher angenommen⁷²⁾. McCoy und Leman bestätigten diesen Wert im wesentlichen⁷³⁾.

Über die Neubestimmung der Reichweiten der α -strahlenden Aktiniumzerfallsprodukte im Wiener Institut für Radiumforschung wurde bereits berichtet.

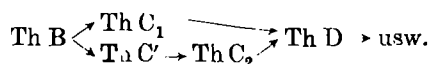
Die Aktiniumreihe hat jetzt folgendes Aussehen:

	Halbwertszeit	Strahlung	Reichweite d. α -Strahlen cm in Luft
Aktinium	unbekannt	—	3,38
↓			
Radioaktinium	19,5 Tage	$\alpha + \beta + \gamma$	4,0 u. 4,37
↓			
Aktinium X	11,6 Tage	α	4,04
↓			
Akt.-Emanation	3,9 Sekunden	α	5,28
↓			
Aktinium A	0,002 Sekunden	α	5,94
↓			
Aktinium B	36 Minuten	weiche β -Strahlg.	—
(früher Akt. A)			
↓			
Aktinium	2,1 Minuten	α	4,88
(früher Akt. B) $\left\{ \begin{array}{l} C_1 \\ C_2 \end{array} \right.$	0,005 Sekunden (?)	α	6,4
↓			
Aktinium D	4,71 Minuten	$\beta + \gamma$	—
(früher Akt. C)			

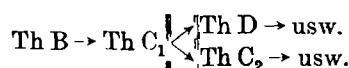
Die Thoriumreihe.

Lise Meitner und O. Hahn⁷⁴⁾ fanden, daß Th X eine γ -Strahlung besitzt, die stärker absorbiert wird als die durchschnittliche Absorbierbarkeit der γ -Strahlen des aktiven Niederschlages. Auch beim Th B wiesen sie eine γ -Strahlung nach, die von ca. 1 mm Blei bereits zur Hälfte absorbiert wird und sich im Maximum zu 22% an der gesamten γ -Strahlung beteiligt. Ob Th C γ -Strahlen emittiert, ist zweifelhaft.

Eine Streitfrage in der Thoriumreihe war die Verzweigung, und es standen sich zwei Ansichten gegenüber. Nach der einen von Marsden und Baratt⁷⁵⁾ sollte die Verzweigung beim Th B stattfinden und folgendes Schema gelten:



Marsden und Darwin zogen folgende Verzweigung vor, die vom Th C₁ ihren Ausgangspunkt nimmt:



Beer und Fajans⁷⁶⁾ zeigten nun, daß dies letztere Schema den Tatsachen besser Rechnung trage.

Von den Untersuchungen zur Abscheidung des Mesothoriums erwähnen wir die Arbeiten und Patente

von F. Glaser⁷⁷⁾. Er scheidet Mesothor und Th X nach dem Aufschluß des Monazitsandes mit Blei ab und trennt sie dann vom Blei mit Schwefelwasserstoff. Auf das Verfahren von E. Eble⁷⁸⁾ zur Aufbereitung von radium- bzw. mesothoriumhaltigen Gemischen mit Calciumcarbid und Calciumhydrid ist bereits hingewiesen worden.

Zur Herstellung des Th X bzw. Th X-haltiger Lösungen aus radiothorhaltigen Stoffen wurde der „Deutschen Gasglühlichtgesellschaft“ (Auerger)⁷⁹⁾ ein Verfahren patentiert, nach dem die radiothorhaltigen Stoffe in Hydroxyde von großer Dichte übergeführt werden. Diese haben dann die Eigenschaft, an äußerst geringe Mengen Wasser quantitativ das Th X abzugeben. — Dem gleichen Zweck dient ein Patent von „Kunheim & Co.“⁸⁰⁾. An Stelle von NH_3 wird zur Fällung bei der Abtrennung des Radiothors aus gereinigten neutralen Lösungen Wasserstoffsuperoxyd genommen. — Zur Trennung des Th X von Th ließ sich J. Lorenzen⁸¹⁾ ein Verfahren patentieren, das auf der Diffusionsfähigkeit des Th X gegenüber dem kolloidal gelösten Thoriumoxyd beruht.

Über die Unterscheidung von Radium- und verschiedenen alten Mesothoriumpräparaten mit Hilfe ihrer γ -Strahlung vgl. O. Hahn, Strahlentherapie 4, 154.

Die Thoriumreihe hat in diesem Jahre folgendes Aussehen:

	Halbwertszeit	Strahlung	Reichweite d. α -Strahlen cm in Luft
Thorium	$1,3 \times 10^{10}$ Jahre	α	2,72
↓			
Mesothorium 1	5,5 Jahre	strahlenlos	—
↓			
Mesothorium 2	6,2 Stunden	$\beta + \gamma$	—
↓			
Radiothorium	737 Tage	α	3,87
↓			
Thorium X	3,65 Tage	$\alpha + \beta + \gamma$	4,3
↓			
Thoriumemanation . . .	54,5 Sekunden	α	5,0
↓			
Thorium A	0,14 Sekunden	α	5,7
↓			
Thorium B	10,6 Stunden	$\beta + \gamma$	—
(früher Th. A)			
↓			
Thorium	60 Minuten	$\alpha + \beta$	4,8
(früher Th. B) $\left\{ \begin{array}{l} C_1 \\ C_2 \end{array} \right.$	sehr kurz (10–12 Sekunden?)	α	8,6
↓			
Thorium D	3,1 Minuten	$\beta + \gamma$	—

Durchdringende Strahlung der Atmosphäre⁸²⁾. Im Jahre 1900 fanden Elster und Geitel, daß die Luft im Innern eines Elektroskops im Laufe der nächsten Tage nach der Füllung eine Zunahme der an sich schwachen Leitfähigkeit zeigt. Anfangs vermuteten sie, daß Staub oder Feuchtigkeit, die sich immer in der Luft finden, sich ganz oder teilweise absetzen, und daß dadurch die Leitfähigkeit größer wird. Als aber die Luft von Staub und Feuchtigkeit befreit in das Elektroskop eingeführt wurde, blieb die Erscheinung die gleiche. Man mußte danach annehmen, daß die stete Neuerzeugung von Ionen in der Luft des Elektroskopaumes durch die radioaktiven Bestandteile der Luft, besonders Radiumemanation mit ihren Zerfallsprodukten, den aktiven Niederschlägen, bewirkt würde. Einige Jahre später fanden nun Rutherford und Cooke sowie McLennan und Burton, daß die Leitfähigkeit der Luft im Elektroskop abnimmt, wenn man die Elektroskopwand außen mit dicken Bleiplatten

⁷²⁾ D. R. P. 272 429, Kl. 12m; Angew. Chem. 27, II, 303 [1914].

⁷³⁾ Chem.-Ztg. 37, 118 [1913]; Z. anorg. Chem. 83, 149 [1913]; 88, 255 [1914]; D. R. P. 274 874 und 278 260, Kl. 12m. Angew. Chem. 27, II, 396 u. 623 [1914].

⁷⁴⁾ D. R. P. 269 692; Angew. Chem. 27, II, 161 [1914].

⁸⁰⁾ D. R. P. 279 956; Angew. Chem. 27, II, 710 [1914].

⁸¹⁾ D. R. P. 278 121; Angew. Chem. 27, II, 624 [1914].

⁸²⁾ Vgl. K. Kachler, „Die Naturwissenschaften“ 1914, 501.

⁷²⁾ Physikal. Z. 14, 409 [1913].

⁷³⁾ Ibid. 1280.

⁷⁴⁾ Physikal. Z. 14, 873 [1913].

⁷⁵⁾ Proc. Phys. Soc. 24, 50 [1911].

⁷⁶⁾ Physikal. Z. 14, 947 [1913].

umgibt. Durch sehr dicke Bleiplatten konnte die Zerstreuung der Elektrizität im Elektroskop auf den dritten Teil des Anfangswertes herabgemindert werden. Die Ionisierung der Luft im Innern des Elektroskops kann also nicht allein von den in ihr enthaltenen geringen Mengen radioaktiver Körper herrühren. Es muß vielmehr noch äußere Strahlung, die durch die Elektroskopwand hindurch die Luft im Innern des Elektroskopsraums ionisiert, vorhanden sein. Dieser äußeren Strahlenquelle — wir nennen sie die durchdringende Strahlung der Atmosphäre — müssen $\frac{2}{3}$ der Gesamtionisierung zugeschrieben werden. Woher kommt diese durchdringende Strahlung in der Atmosphäre? Sie kann terrestrischen oder kosmischen Ursprungs sein. Von den radioaktiven Zerfallsprodukten der Erdrinde kommen besonders zwei in Betracht, RaC und ThD, von denen RaC stark überwiegt. Diese Radioelemente geben eine γ -Strahlung von sich, die der Röntgenstrahlung ähnlich ist.

Um die durchdringende Strahlung studieren zu können, mußte man zunächst ein einheitliches Elektrometer und eine entsprechende Versuchsanordnung einführen, da die verschiedenen Metalle in verschiedener Dicke die γ -Strahlung verschieden absorbieren. Die sichersten Resultate erhielt man mit einem Wulfschen Quarzfadenelektrometer; das in ein Gehäuse von dünnen Zink- oder verzinkten Messingwänden (nicht unter 0,2 mm) eingebaut ist. Im Zimmer findet man bei Messungen mit diesem sehr empfindlichen Instrument stets höhere Werte für die Strahlung als im Freien. Das kommt daher, daß die Steinwände Eigenstrahlung besitzen, und sie ist zuweilen so bedeutend, daß man einen Spannungsabfall von 2—3facher Größe findet. Je näher man das Instrument an den Wänden aufstellt, desto stärker ist die Strahlung, und man führt diese Erscheinung auf eine von den Wänden ausgesandte Sekundärstrahlung zurück. Diese Sekundärstrahlung, die man auch in der Nähe des Erdbodens findet, ist in etwa 1 m Entfernung vom Boden oder der Wand bereits so gering, daß man sie vernachlässigen kann. Entgegengesetzt wie Bausteine verhalten sich Kochsalz, kohlensaurer Kalk und Wasser u. a. In einem Steinsalzbergwerk, in einer Kreidegrotte und einige Meter unter dem Wasserspiegel eines tiefen Sees findet man die Elektrizitätszerstreuung erheblich vermindert. Die Schichten wirken ähnlich wie Bleischirme. Daß man in dem Safe eines Bankhauses nur die Hälfte des Wertes der Elektrizitätszerstreuung fand wie außerhalb desselben, ist danach ohne weiteres verständlich.

Als man mit einem und demselben Instrument die geologisch verschiedensten Gegenden untersuchte und im Freien in genügender Entfernung von Häusern und Erdboden maß, fand man hohe Werte in granitischen Gebieten, also in Gebirgen. In der norddeutschen Tiefebene fand man viel geringere Beträge. In ausgedehnten Mooren und Heiden, wo der Untergrund sehr radiumarm ist, ergaben sich die geringsten Werte. Ausgedehnte Beobachtungsreihen an den verschiedensten Orten zeigten, daß zwischen den absoluten Werten und den Schwankungen an den einzelnen Orten so gut wie gar kein Zusammenhang besteht. Daraus geht hervor, daß die geologische Formation der näheren Umgebung von größtem Einfluß auf die Werte der durchdringenden Strahlung ist. Am gleichen Ort sind die Schwankungen der durchdringenden Strahlung weit kleiner als die an verschiedenen Orten. Tägliche Schwankungen scheinen am gleichen Orte sehr gering zu sein, wenn man die Fehlerquellen betrachtet. Unregelmäßige Änderungen dürften von meteorologischen Faktoren abhängig sein. Bei fallendem Luftdruck ergaben sich höhere Werte für die durchdringende Strahlung als bei steigendem. Bei starkem Wind scheint die Strahlung sich stärker bemerkbar zu machen als bei schwachem. Tau erniedrigt die Werte der Strahlung, und Schnee scheint die Bodenwirkung abzuschirmen.

Interessant sind auch gleichzeitige Messungen der durchdringenden Strahlung auf dem Wasser und am Ufer von Seen. Die Werte auf dem Wasser waren nur zwei Drittel so groß wie die auf dem Lande. Bei der zweiten Scottschen Südpolarexpedition wurde die durchdringende Strah-

lung an Bord des Schiffes auf dem Stillen Ozean gemessen und ebenfalls erheblich kleinere Werte als an Land gefunden. Dabei zeigte es sich, daß Werte von der Größe auf dem Lande sich anfangs noch hielten, bis die hohe See erreicht war. Man schrieb das den aktiven Niederschlägen zu, die sich auf dem Schiff und seinen Masten abgesetzt hatten und die nun zerfielen.

Merkwürdig sind die Resultate für die Größe der durchdringenden Strahlung in den höheren Luftschichten. Auf Türmen und Drachen, im Luftballon fand man eine Abnahme der Strahlung mit der Höhe, bis etwa 1000 m in Übereinstimmung mit der Annahme, daß die durchdringende Strahlung vom Erdboden ausgeht. In größerer Höhe nimmt aber merkwürdigerweise die Strahlung wieder beträchtlich zu bis über 6000 m Höhe. Die höhere Strahlung fand man auch nachts und selbst zur Zeit der Sonnenfinsternis im April 1912. Vorausgesetzt, daß keine Temperaturschwankungen u. a. die Messungen beeinflussen, müßte man danach annehmen, daß auch noch eine außerirdische Quelle (wohl von der Sonne her) der durchdringenden Strahlung vorhanden ist. Eine solche könnte aber bis zur Erde selbst kaum durchdringen, weil γ -Strahlen von der Atmosphäre erheblich absorbiert werden. Eine Luftschicht von 1 km Länge absorbiert γ -Strahlen bis auf 1%.

Von systematischen Untersuchungen über die Radioaktivität von Quellen sind zunächst die über die Mineralquellen von Tirol von M. Bamberger und seinem Mitarbeiter K. Krüse fortgesetzt worden⁸³). Im Laufe zweier Jahre führten sie weitere 280 Aktivitätsbestimmungen aus. Von diesen zeigten 220 Werte von weniger als 10 Machseeinheiten, die anderen höhere. Von letzteren sind besonders bemerkenswert die Eisenquellen der Villnöhser Schlucht im Villnöhser Tal. Die mit I bezeichneten „Starken Eisenquellen“, die aus Quarzschiefer austreten, haben Aktivitäten von 34,5, 36,3, 32,7, 43,1 Machseeinheiten. Eine Gruppe weiterer mit II bezeichneter „Starke Eisenquellen“, die aus Graphitquarz austreten, zeigt viel höhere Aktivitäten von 84,2, 95,3, 82,4, 80,11, 78,2, 85,3 Machseeinheiten. Im gleichen Tal wurde im Bad Froy die „Magenquelle“ als erheblich radioaktiv befunden. Sie entspringt aus graphitischem Phyllit und zeigt im „großen Bassin“ eine Aktivität von 28,8 M.-E., im „kleinen Bassin“ 19,8, unter dem kleinen Bassin 27 M.-E. — Auch im Eisacktal fand sich eine Reihe von Quellen hoher Aktivität. In Bohrlöchern eines Steinbruchs oberhalb St. Magdalena bei Bozen fand man Wasser mit Aktivitäten von 21,0, 19,3, 22,3 M.-E. Das „Kühle Brunnl“ bei Bozen zeigte Aktivitäten von 22—23 M.-E. — In Tschermers bei Lana (Etschtal) zeigte die aus Granit (Tonalit) austretende Wasserleitungsquelle Schreiberhof 35,7 und 36,7 M.-E., während Quellen in Völlan bei Lana, im gleichen Tal aus der gleichen Gebirgsformation austretend, Aktivitäten von nur 3,2 und 0,8 M.-E. ergeben. — Die „Badequelle“ von Bad Salomonsbrunn im Antholzertal, die im Granit entspringt, besitzt eine Aktivität von rund 27 M.-E.

Für die nun in Aussicht genommene systematische Untersuchung der Quellen und Gesteine Bayerns auf Radioaktivität ist eine Dissertation von H. Günther „Radioaktive Erscheinungen im Fichtelgebirge. Über die Radioaktivität der Stebener Mineralquellen“, von Wichtigkeit⁸⁴). Sie behandelt von den radioaktiven Gesteinen des Fichtelgebirges den Kalkuranglimmer, den Kupferuranglimmer und ein toniges Mineral vom Fuchsbau. Darauf folgen Untersuchungen über die Radioaktivität von Quellen im Fichtelgebirge, die mit dem Fontaktoskop und dem Fontaktometer gemessen wurden. Von 24 gemessenen Quellen zeigten dabei 19 Aktivitäten von über 10 M.-E., und von diesen wieder 4 solche, die mehr als 100 M.-E. betragen. Den höchsten Wert mit 294,4 M.-E. lieferte eine Quelle, die im Granit des Fuchsbausteinbruchs ihren Ursprung hat. Dann folgt das Wasser des Reservoirs der Heilstätte Bischofsgrün mit 133,2 M.-E. Der Boppobrunnen ergab eine Aktivität von 123 M.-E. und eine Quelle im Ludwigsteinbruch eine solche von 104,5 M.-E.

⁸³) Wiener Monatshefte 1913, 403 und 1449 (Mitt. IV. u. V.).

⁸⁴) Kulmbach bei F. Dachert 1914.

Eine besondere Untersuchung widmete G ü n t h e r den beiden Mineralquellen des Kurorts Steben im nördlichen Teil des Kreises Oberfranken, der „Tempelquelle“ und der „Wiesenquelle“. Schon F. H a m m e r hatte festgestellt, daß erstere sehr stark (112—138 M.-E.), letztere viel schwächer (13,9—17,9 M.-E.) aktiv ist. G ü n t h e r bestätigte das und fand bei der Tempelquelle Werte von 112,1 bis 156,6 M.-E., bei der Wiesenquelle solche zwischen 13,4 und 20,3 M.-E. Er zeigte an der Abklingungskurve der induzierten Aktivität, daß Radiumemanation sich im Wasser beider Quellen befindet.) (Schluß folgt.)

Über ein neues Filterpressenverfahren.

Von Prof. F. ULZER.

(Eingeg. 12./6. 1915.)

Für die Entwässerung breiförmiger Gemenge, für die Ausbringung fester in Suspension befindlicher Stoffe und für die Auslaugung von mehr oder minder dickflüssigen Aufschlammungen steht in der Filterpresse seit langem ein mit Erfolg benutzter Apparat der Technik zur Verfügung. Die Wirkungsweise desselben beruht bekanntlich darauf, daß die Flüssigkeit in Filterkammern unter hydraulischem Druck von den festen Anteilen durch Filtertücher hindurch abgepreßt wird. Durch diese Trennung werden je nach der vorliegenden Aufgabe entweder mit dem in den Kammern zurückbleibenden Filterkuchen die festen Stoffe in entwässertem Zustand gewonnen, oder die abfließende Lauge, von festen Bestandteilen befreit, erhalten.

Zu den Nachteilen, die beim Arbeiten mit den üblichen Filterpressen auftreten, gehört die Entstehung undurchlässiger Schichten an den Filtertüchern, die das Arbeiten beeinträchtigen, der oft starke Verbrauch von Filtertüchern bei Verwendung hoher hydraulischer Drucke, und die verhältnismäßig langsame Arbeitsweise der Filterpresse, die sich um so mehr bemerkbar macht, je feiner die Teilchen der zu verarbeitenden Suspension sind. Nach dieser letzteren Richtung hin sind der bekannten Filterpresse überhaupt Grenzen gezogen. Nähert sich eine Suspension der kolloidalen Teilchengröße, so ist eine Entwässerung in der Filterpresse auch bei Anwendung der höchsten praktisch in Frage kommenden Drucke nicht mehr möglich.

Neuerdings ist nun ein Verfahren bekannt geworden¹⁾, das dem Filterverfahren nicht nur neue, ihm bisher verschlossene Gebiete eröffnet, sondern auch bei den bereits gebräuchlichen Verwendungszwecken wesentliche Verbesserungen in sich schließt. Es handelt sich dabei um die Nutzbarmachung der Prinzipien der Elektroosmose für das Filtrieren. Mit Elektroosmose bezeichnet man, wie bekannt, diejenigen Erscheinungen, die auftreten, wenn man eine Suspension zwischen Elektroden dem elektrischen Potentialgefälle aussetzt. Es zeigt sich dann im allgemeinen, daß die feste Phase je nach ihrem elektrischen Charakter mit oder gegen die Stromrichtung wandert und die Tendenz hat, sich an einem der Pole in mehr oder weniger trockenem Zustande anzusetzen. In anderen Fällen wiederum tritt eine Wanderung der festen Phase nicht auf, sondern die Partikel setzen sich zwischen den Elektroden mehr oder weniger fest zu Boden, während die Flüssigkeit die Tendenz hat, nach den beiden Elektroden hin abzuströmen (Schrumpf-osmose).

Ob die zuerst genannten Erscheinungen, oder ob Schrumpfsmose auftritt, hängt, ebenso wie die Wanderungsrichtung der dispersen Phase, außer von dem elektrischen Charakter der letzteren auch davon ab, ob und welche Elektrolyte in der Suspension enthalten sind. In jedem Falle aber läßt sich die Elektroosmose in einem „elektro-osmotischen Filterkammerapparat“ nutzbar machen, der berufen erscheint, eine überaus wertvolle Ergänzung und Vervollkommenung der üblichen Filterpresse zu bilden.

Die Form des neuen Apparates schließt sich derjenigen der bekannten Filterpresse an. Auch er besteht aus einer

Anzahl von Kammern, in denen die Filtration vor sich geht. Der Unterschied besteht nur darin, daß in die einzelnen Kammern Elektrodenplatten eingebaut sind, durch die der elektrische Strom der in den Kammern befindlichen Flüssigkeit zugeführt wird.

Die Wirkungsweise des Apparates ist folgende: Die Kammern werden mit der zu filtrierenden Masse gefüllt und die Elektroden unter Spannung gesetzt. Wie bereits erwähnt, wandert nunmehr die feste Phase nach einer Elektrode hin, oder es findet das oben erwähnte Schrumpfen der festen Masse zwischen den Elektroden statt. In jedem Falle strömt die Flüssigkeit mit erheblicher Geschwindigkeit ab. Während des Prozesses hat man lediglich dafür zu sorgen, daß die Kammern dauernd gefüllt bleiben. — Dabei ist besonders auffällig und einer der wesentlichsten Vorteile des neuen Verfahrens, daß ein nennenswerter hydraulischer Druck überhaupt nicht mehr aufgewendet zu werden braucht. Die eigentliche Preßarbeit, die man sonst mit Drucken bis zu 20 Atm. leisten mußte, besorgt jetzt der elektrische Druck, durch den die feinsten Teile in sich so fest zusammengepreßt und in so hohem Maße entwässert werden, wie dies durch mechanischen Druck niemals geschehen könnte. Nach Beendigung des Prozesses befindet sich in den Kammern ein hochentwässerter Kuchen.

Aus diesem kurzen Hinweis läßt sich bereits entnehmen, daß der Apparat alle diejenigen Nachteile vermeidet, die bei den üblichen Filterprozessen die Verwendung hoher Drucke mit sich bringt. Die Pressen bauen sich leichter, die Bedienung ist einfacher, der Verschleiß der Filtertücher viel geringer, und man kann nunmehr mit Leichtigkeit Suspensionen verarbeiten, die wegen ihrer geringen Teilchengröße bisher der Filterpressenarbeit überhaupt entzogen waren. Da weiterhin die Entwässerung auf elektro-osmotischem Wege bedeutend rascher vonstatten geht, als bei dem gewöhnlichen Presseverfahren, kann man mit dem elektroosmotischen Apparat Materialmengen bewältigen, zu deren Verarbeitung vorher das Fünf- bis Zehnfache an Filterfläche notwendig war, und zwar noch durchaus innerhalb der wirtschaftlichen Grenzen des Verbrauches an elektrischer Energie.

Als Anwendungsgebiet kann das neue Verfahren die Entwässerung hochplastischer Tone, keramischer Mischungen von plastischem Charakter, Erdfarben, wie überhaupt kolloidale Farbstoffe, Bariumsulfat u. a. m. in Anspruch nehmen. Auch Auslaugungen lassen sich in vielen Fällen vorteilhaft durchführen. [A. 75.]

Verbesserte Ampullenpackungen.

Die abgebildeten Ampullenpackungen (Fig. 1 und 2) haben Gefache, die mit federnden Scheiden versehen sind, welche die eingesetzten Ampullen festhalten (Fig. 3).

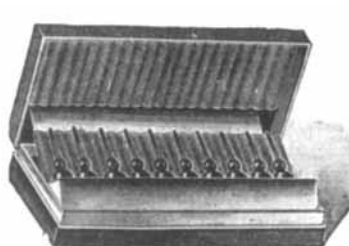


Fig. 1.

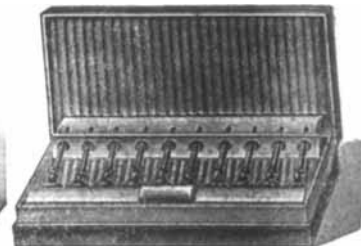


Fig. 2.

Es wird hierdurch ein unbedingtes Festsitzen auch von Ampullen verschiedener Durchmesser und sogar von verschiedenen Fassungsvermögen erzielt, so daß man z. B. in denselben Karton Ampullen von 1, 1,5 und 2 ccm tadellos fest einsetzen kann. Es ist also nicht immer erforderlich, für verschiedene Ampullengrößen verschiedene Kartongrößen zu wählen. Die Kartons werden für jede beliebige Anzahl von Ampullen hergestellt von der Kartonnagenfabrik B o c k e r & M a r x h a u s e n, Cassel. [A. 68.]



Fig. 3.

¹⁾ D. R. P. 266 971 der Elektroosmose A.-G. (Graf Schwerin Gesellschaft) Frankfurt a. Main; Angew. Chem. 26, II, 739 [1913].

nen Versammlung vom 11./3. 1915 sind nach dem in den Chemical News (1915, Nr. 2891—2894) wiedergegebenen Bericht sachliche Vorschläge allerdings nicht gemacht worden. Dagegen haben sich die Redner mit wenigen Ausnahmen zu Ausfällen gegen Deutschland und die deutsche Industrie hinreißen lassen, die den bekannten Äußerungen Ramsays in keiner Weise nachstehen. Wenn nun auch nach den oben wiedergegebenen Urteilen von Green, Perkin, Frankland, Ormandy usw. wohl angenommen werden darf, daß die zu der Vereinigung zusammengetretenen technischen Chemiker zu einem großen Teil nicht auf der Stufe unserer akademisch gebildeten Chemiker stehen, so beweist doch die Gründung der Vereinigungen, daß man in England auch in diesen Kreisen das Bedürfnis zu fühlen beginnt, sich zu einer Vertretung von Standesinteressen zusammenzuschließen. Auch in dieser Beziehung sind wir in Deutschland mit dem Verein deutscher Chemiker England über ein Vierteljahrhundert voraus.

Es ist die Befürchtung laut geworden, daß nach Beendigung des Krieges in hohem Maße die Gefahr des Übertritts deutscher Chemiker in die Dienste der englischen Industrie bestehe. Nach alledem, was vorstehend aus den Dokumenten mitgeteilt worden ist, wird der Anreiz für Deutsche nicht gerade groß sein, in der englischen chemischen Industrie Stellung zu nehmen. Das Mitgliederverzeichnis unseres Vereins vom Mai 1914 ergibt, daß vor dem Krieg nicht einmal 40 Mitglieder unseres Vereins in England tätig waren. Nach dem Kriege ist aber damit zu rechnen, daß die durch die Schuld Englands hervorgerufene Erbitterung zwischen Deutschland und England noch längere Zeit anhalten wird, und zwar auch auf englischer Seite. Hat doch in der oben erwähnten Versammlung der technischen Chemiker der Vorsitzende unter lebhaftem Beifall die Ansicht ausgesprochen, daß es jetzt und nach dem Krieg als ein strafbares Vergehen angesehen werden müßte, in irgendeiner Weise Deutschen in England eine Anstellung zu geben.

Der beste Weg, um deutsche Chemiker davon abzuhalten, künftighin nach England zu gehen, wird der sein, die Verhältnisse in unserer Industrie für die Angestellten dauernd angenehm und lohnend zu gestalten. Zu den vielen Aufgaben, die den Verein deutscher Chemiker nach dem Friedensschluß erwarten, wird auch die gehören, hierbei zur Förderung des harmonischen Zusammenarbeitens von Angestellten und Arbeitgebern mitzuwirken. [A. 85.]

Neuere Forschungen auf dem Gebiete der Radioaktivität in den Jahren 1913 und 1914.

Von Prof. Dr. F. HENRICH.

(Schluß von S. 308.)

Weiter fand Günther kleine Mengen von radioaktiven Salzen im Wasser der Quellen und erklärt die Aktivität der Quellenabsätze folgendermaßen: Bei der Sedimentierung sammeln sich die radioaktiven Salze des Wassers infolge der adsorbierenden Wirkung des Kieselsäurehydrats in den Quellenabsätzen und geben diesen dadurch dauernde Aktivität. Die induzierte Aktivität der Emanation dieser Quellenabsätze klingt nach dem für Radiumemanation gültigen Gesetze ab.

Auch die Gase der beiden Stebener Quellen enthalten radioaktive Emanationen, deren induzierte Aktivität langsamer als die der Ra- und rascher als die der Th-Emanation abklingt. Auch hier ist die Aktivität der Gase der Tempelquelle größer als die der Wiesenquelle.

Bei diesen Untersuchungen, besonders der Wässer, wurde stets außer auf die geologischen Verhältnisse auch Rücksicht auf die Jahreszeiten und die Witterungsverhältnisse genommen. Besonders wurde auf die den Emanationsaustritt begünstigenden und zurückhaltenden Ursachen geachtet, die aber selten zusammenwirken und meist in verschiedenen Richtungen ihren Einfluß ausüben. Eine Diskussion der Werte für die Aktivität der Wässer unter Berücksichtigung aller Umstände dürfte danach nicht möglich sein und auch keine praktische Bedeutung haben

Weiter wurde der Einfluß des Ganges des Luftdrucks auf den Emanationsgehalt der Tempelquelle in Steben besonders geprüft. In einem Zeitraum von 7 Tagen zeigten sich unter sonst nicht allzu verschiedenen Umständen ziemlich beträchtliche Luftdruckschwankungen, und in dieser Zeit wurden auch wesentliche Unterschiede in der Aktivität der Quellen gemessen. Dabei zeigte es sich, daß besonders beim Ansteigen des Luftdrucks niedrigere Werte für den Emanationsgehalt des Wassers gefunden wurden. Einem beträchtlichen Unterschied in den Barometerständen 712,9 und 698,0 entsprach keine Vermehrung, eher eine kleine Verminderung der gelösten Emanation, und nach weiteren Messungen entsprach dem höchsten Luftdruck die geringste Aktivität.

Endlich hat auch Günther vergleichende Messungen mit dem Fontaktoskop und dem Fontaktometer bei hohen Aktivitäten gemacht und gefunden, daß beide Apparate gut übereinstimmende Werte liefern, was mit den Untersuchungen von Henrich und Glaser⁸⁵⁾ in guter Übereinstimmung steht und sie für starke Aktivitäten ergänzt.

Umfassende Versuche über die Bedeutung der Radioaktivität in der Physiologie der Pflanzen hat J. Stoklasa⁸⁶⁾ angestellt. Sie sind von großer Bedeutung für die Bodenbiologie. In Gemeinschaft mit seinen Schülern prüfte er zunächst den Einfluß der Radiumemanation auf die Stoffwechselprozesse der Bakterien. Sie ließen über die Oberfläche des Kolbeninhalts mit den Bakterien täglich 20 l radioaktive Luft von wechselnder Aktivität (30—5000 M.-E.) streichen und untersuchten den Stoffwechselprozeß. Dabei ergab sich bei stickstoffassimilierenden Bakterien, daß Radiumemanation von 80—150 M.-E. pro Liter die Assimilationspotenz des elementaren Stickstoffs erhöht. Einwirkung von β - und γ -Strahlung hat dagegen eine Wachstumsverzögerung zur Folge. Weitere Versuche wurden in Emanatorien angestellt, in denen sich Ackerböden mit stickstoffassimilierenden Bakterien befanden, und die Luft von 9—20 M.-E. enthielt. Es ergab sich, daß die Radiumemanation, und zwar die α -Strahlen, selbst in schwacher Aktivität ungemein günstig auf die Bakterien, welche elementaren Stickstoff assimilieren, und auf die Stickstoffanreicherung im Boden wirkt. Bei Denitrifikationsbakterien unterstützt radiumemanationhaltige Luft von 150 M.-E. die Atmung der Bakterien, sie verzögert aber die Reduktion der Nitrate zu Nitriten und elementarem Stickstoff. Wo die Radiumemanation eingewirkt hatte, war eine reichere Entwicklung der Denitrifikationsbakterien und eine energischere Eiweißsynthese zu beobachten. Die Radiumemanation fördert demnach die synthetischen Prozesse, hemmt aber die Reduktion der Salpetersäure zu elementarem Stickstoff.

Bei Hefezellen zeigte Stoklasa, daß in Luft mit 100—200 M.-E. der absolute Energieumsatz der Hefezelle steigt. Die Gärungserscheinungen im Nährmedium setzen bei Gegenwart von Radiumemanation früher ein, und auch die Atmung ist um 70—110% größer als ohne Radiumemanation.

Bei den Versuchen mit Radiumemanation bei höheren Pflanzen wurde zunächst ihr Einfluß auf die Keimung der Samen von Kulturpflanzen wie Triticum vulgare, Hordeum distichum, Vicia faba, Pisum sativum, Lupinus angustifolius, Trifolium pratense, Vicia sativa, Beta vulgaris u. a. festgestellt. Es zeigte sich durchweg, daß eine schwache Dosierung von radiumemanationhaltigem Wasser auf die Keimungsenergie der Samen einen günstigen Einfluß hat, doch macht sich dieser nicht bei allen Samen in gleichem Maße bemerkbar. So wirken 15 M.-E. pro 100 g Samen bei gewissen Pflanzen sehr günstig, und der Keimungsprozeß verläuft dabei viel rascher, bei anderen Samen wieder wirken 15 M.-E. nicht fördernd. Durch 15—30 M.-E. pro 100 g Samen wird indessen meist das Erwachen des Embryos und das Wachstum der Keimlinge beschleunigt. 50 M.-E. pro Liter Wasser vermögen dagegen schon eine hemmende Wirkung auf die Keimung auszuüben.

⁸⁵⁾ Angew. Chem. 25, 16 [1912].

⁸⁶⁾ Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde usw. 2. Abt., 40, 266 [1914].

Bedeutend ist ferner der Einfluß radioaktiver Wässer auf die Zellvermehrung und das Wachstum der Pflanzen, das wesentlich erhöht wird. Bei Anwendung von Wasser mit 70 M.-E. wurde eine um 62–158% größere Pflanzenmasse geerntet. Das Begießen mit radioaktivem Wasser erwies sich außerdem als äußerst günstig für die Samenproduktion, es findet schnellerer Blütenansatz und eine raschere Befruchtung statt. Zu stark aktives Wasser freilich wirkt schädlich. Es kann die Pflanzen nicht nur in ihrem Wachstum hemmen, sondern sie sogar völlig vernichten.

Eingehende Versuche wurden endlich dem Einfluß der Radiumemanation auf die Atmung der Pflanzenzelle gewidmet. Versuche im Großen mit Keimlingen, Wurzeln, Zweigen, Blüten und ganzen Pflanzen wurden bei 18–24° ausgeführt. Täglich strichen 20 l radioaktive Luft mit 50–5000 M.-E. über die Versuchsobjekte. Aus allen Versuchen ergab sich, daß die Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme unter dem Einfluß der Radiumemanation bei Tageslicht merklich erhöht wird. Die größte Intensität der Atmung wurde beobachtet bei Luft von 150–160 M.-E. Luft von 30 000–40 000 M.-E. zeigte merkwürdigerweise weder einen günstigen, noch einen schädlichen Einfluß. Letzterer machte sich indessen bei Luft mit 50 000–60 000 M.-E. bei längerer Einwirkung geltend.

Was nun die radioaktiven Mineralien und deren Verarbeitung anbetrifft, so ist das Wesentlichste bereits in der Abhandlung von E. Ebler und W. Bender⁸⁷⁾ gesagt. Hier sei noch mitgeteilt, daß B. Heiman und W. Marckwald⁸⁸⁾ Pecherze verschiedenster Herkunft auf ihr Verhältnis zwischen Uran und Radium geprüft haben. Dabei wurde der Urangehalt gewichtsanalytisch, der an Radium sowohl durch Emanationsbestimmung als auch durch vergleichende γ -Strahlenmessung ausgeführt. In allen untersuchten Fällen war das Verhältnis von Uran zu Radium in den Grenzen der Beobachtungsfehler konstant, und die bedeutendsten Abweichungen betrugen nicht mehr als 0,4%. Danach war das Verhältnis von Ra : Ur $3,328 \times 10^{-7}$.

Eine Untersuchung über die Verteilung der Radioelemente in Gesteinen begannen M. Baltuch und G. Weißenberger⁸⁹⁾. In der ersten Abhandlung darüber geben sie ihre Resultate über den Monazitsand. Nachdem die Methoden zur Trennung der Bestandteile dieses Sandes genau beschrieben sind, werden die Bestandteile Monazit, Zirkon, Ilmenit, Magnetit, Quarz und Feldspat nach einheitlichen Methoden auf ihren Gehalt an Radium und Thorium hin untersucht und quantitativ bestimmt. Die Hauptquelle der aktiven Substanzen ist natürlich der Monazit, und die nach der dort beschriebenen Methode gewonnenen Mesothoriumpräparate bestanden aus 0,25 Gewichtsteilen Mesothoriumbromid, 25,00 Gewichtsteilen Radiumbromid und 74,75 Gewichtsteilen Bariumbromid. Da Monazit relativ am meisten Thorium enthält, wäre es am günstigsten, ihn allein zu verarbeiten, doch berechnen Verfasser aus ihren Resultaten, daß dadurch der Ra-Gehalt der Präparate nur um etwa 7% der Gesamtmenge vermindert würde.

Über die Radioaktivität einiger Pyromorphite, die Schwankungen in der Radioaktivität zeigen, berichten M. Bamberger und G. Weißenberger⁹⁰⁾ in einer noch nicht ganz abgeschlossenen Untersuchung.

Weitgehendes Interesse erregt seit einiger Zeit das Vorkommen von radioaktiven Mineralien in den Vereinigten Staaten von Amerika⁹¹⁾. Im Jahre 1859 wurden in Gilpin-County, Colo., gold- und silberhaltige Erze erschürft und sofort ausgebeutet. Der Abbau gewann in kurzer Zeit eine große

Bedeutung und behielt sie mehrere Dezennien hindurch, dann wurde er weniger rentabel und flaute allmählich ab. Man mag schon mit einer Aufgabe dieser Minen gerechnet haben, da gewonnen die Radioelemente eine hohe wirtschaftliche Bedeutung. Schon in den 70er oder 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts hatte man in der Nähe von Central City des genannten Distrikts Pechblende gefunden. Da man keine Verwendung für dies Mineral hatte, wurde es auf die Abfallhalde geworfen. Als nun die Radioelemente eine so hohe wirtschaftliche Bedeutung gewannen, erinnerte man sich dieser Vorkommen und suchte nach weiteren. In bis jetzt fünf Gruben, zwei Meilen von Central City, nahe dem Quartz Hill, 3000 m über dem Meeresspiegel, fand man Pechblende. Es sind das die Kirk-, Wood-, German-, Belcher- und Calhoun-Gruben, von denen zurzeit nur zwei, die Belcher- und die German-Grube, in Betrieb sind. Vom Herbst 1911 bis zum Januar 1913 wurden hier 240 Pfund Erz von mehr als 70% U_3O_8 ; 20 Pfund von 20% des gleichen Oxyds und weiter 5 t Erz von rund 2,6% und 1 t Erz von 2% U_3O_8 gefördert. Die Gruben sind im Besitz des Millionärs Alfred J. Dupont in Wilmington, Del. Sie führen den Namen The German and Belcher Mines Comp. Außer Pechblende enthält das Erz Eisen und Kupferkies, sowie gold- und silberhaltige Blei- und Zinksulfide. Das Nebengestein dieser Gruben ist Gneis und Glimmerschiefer. Andere wenig erforschte Vorkommen von Pechblende sind in folgenden Orten festgestellt: Midletown, Conn.; Glastonburg, Branchville, Conn.; Marietta, S. C.; im Baringer-Hill-Distrikt; Llano County, Tex.; in den Black Hills, S. Dak.; sowie in Mitchell County, N. C.

Von größerer Bedeutung als die Pechblendevorkommen sind zurzeit die Carnotitlagerstätten in Colorado und Utah. Im Jurasandstein von Montrose County in Colorado entdeckten 1899 E. C. Menge und C. Friedlein Mineral, das als kanariengelber, ockeriger Anflug auf dem Sandstein auftritt, und das sie zu Ehren Adolph Carnots Carnotit nannten. Hillebrand und Ransome fanden 1900, daß es außer Calcium und Barium Uran und Vanadin enthält. Nahe damit verbunden ist ein amorpher Körper, der Vanadin in dreiwertiger Form, enthält und ein Silicat oder eine Mischung von Silicaten darstellt. Später haben dann Rich. B. Moore und Karl L. Kithil⁹²⁾ vom amerikanischen Bureau of Mines die Carnotitlagerstätten genau studiert. Danach kommt Carnotit ausschließlich westlich von der Colorado Front Range (Continental Divide) vor. Bisher wurde er in folgenden Distrikten nachgewiesen: 1. Coal Creek, 14 Meilen nordöstlich von Meeker; 2. Skull Creek in Routh County, 85 Meilen westlich von Meeker; 3. Green River, Utah, 10–12 Meilen von dem Orte gleichen Namens; 4. Thompsons-Distrikt, Utah, ca. 16 Meilen südöstlich von Station Thompsons; 5. Paradox-Valley-Distrikt, das am Westende des Hochplateaus, das westlich von Norwood nach dem Ostfluß der La Sal Mountains abfällt.

Da der Bergbau in Amerika nur in geringem Grade der staatlichen Oberaufsicht unterliegt, so wanderten 1912 große Mengen Erz nach Europa. Der größte Teil der Erze hatte zwischen 2 und 3% U_3O_8 , und aus ihnen ließen sich 8,8 g Radiumchlorid resp. 11,43 g Radiumbromid gewinnen. Diese wanderten zum Teil wieder nach Amerika und wurden dort zu enorm hohen Preisen wieder verkauft. Um diesen Verhältnissen zu steuern, hat die Regierung der Vereinigten Staaten eingegriffen. Die vor dem 15./1. 1914 entdeckten radiumhaltigen Erzlagerstätten bleiben danach in privaten Händen. Die nach diesem Termin aufgefundenen werden als Regierungseigentum (public domain) erklärt. Die Prospektoren oder die, die sog. Claims zu erwerben beabsichtigen, haben das Recht der Ausbeutung, müssen aber das gewonnene Erz an die offizielle Stelle, das Bureau of Mines, abliefern zu einem Preise, der von Zeit zu Zeit vom Secretary of the Interior festgesetzt wird. Es war f. o. b. Denver 2,5 Dollar per Pfund U_3O_8 vorgeschlagen. Wenn der Prospektor oder Claimbesitzer nicht ununterbrochen 8 Monate im Jahr an der Ausbeutung arbeitet — assesse-

⁸⁷⁾ Angew. Chem. 28, I, 25 und 41 [1915].

⁸⁸⁾ Jahrb. d. Radioakt. u. Elektronik 10, 299 [1913].

⁸⁹⁾ Z. anorg. Chem. 88, 88 [1914].

⁹⁰⁾ Wiener Monatshefte 36, 169 [1915].

⁹¹⁾ Vgl. Karl L. Henning, „Der gegenwärtige Stand der Ra-Frage in den Vereinigten Staaten von Nordamerika“ und „Radium enthaltende Erzlagerstätten in Colorado und Utah“. „Die Naturwissenschaften“ 1914, 343, 490.

⁹²⁾ Bureau of Mines Bulletin 70, 101 [1913].

ment work verrichtet, wie der technische Ausdruck lautet —, so kann der Claim an andere vergeben werden.

Soweit nicht die privaten Claims in Frage kommen, ist die wissenschaftliche Erforschung der Radiumerzlagstätten ausschließlich in den Händen der U. S. Geological Survey resp. des Bureau of Mines (Direktor Joseph A. Holmes), das dem Departement of the Interior untersteht. In Denver, Colo., unterhält das Bureau of Mines eine Zweigstelle, deren Leiter der bekannte Chemiker Richard B. Moore und der Bergingenieur Karl L. Kithil sind. Es wird beabsichtigt, eine auf der Höhe der Zeit stehende Aufbereitungsanstalt und eine Radiumfabrik für das Bureau of Mines zu errichten. Man hat bereits Summen dafür vom Kongreß verlangt.

Von den Verwendungsmöglichkeiten der Radiumpräparate sei auf den Radiumblitzableiter hingewiesen.

In der Atmosphäre sind immer schwache Raumladungen vorhanden, die in steter Wandlung begriffen sind und sich langsam auch andauernd anhäufen können. Diese elektrischen Ladungen können nicht ohne weiteres abfließen, weil die Luft ein Isolator der Elektrizität ist. Bei starken Anhäufungen von Elektrizität auf einer Wolke können nun so hohe Spannungen entstehen, daß eine Abführung der Elektrizität der Wolke über irgendeinen Leiter, der über die Erde herausragt, zur Erde möglich ist. Dann findet eine sog. disruptive Entladung (Blitz) statt. Um nun zu verhindern, daß eine hohe Spannung zwischen Haus u. a. und der Wolke stattfindet, bringt man auf dem Hause den sog. Spitzenblitzableiter an, der mit der Erde leitend verbunden ist, und durch den die Entladung dann naturgemäß viel leichter stattfindet als durch ein Haus usw. Ein Nachteil dieser sonst guten Blitzableiter ist das nervenerregende Geräusch des einschlagenden Blitzes, denn die Entladung kann nur stattfinden, wenn eine gewisse hohe Spannung zwischen Wolke und Blitzableiter herrscht.

Zu einer solch hohen Spannung käme es nicht, wenn die Luft ein Leiter der Elektrizität wäre. Dann würde eben die Elektrizität zur Erde abfließen. Nun gibt es aber ein Mittel, die Luft für Elektrizität leitend zu machen, wenn man sie nämlich ionisiert. Schon unsere Vorfahren benutzten dies Mittel, wenn auch nur als empirische Erfahrung. Sie ließen nach Aragons Angabe bei Blitz und Donner große Feuer offen brennen; die Flamme ionisierte die Luft, und die Elektrizität konnte leichter abfließen. Da radioaktive Substanzen das gleiche bewirken, suchte B. Szillard in Paris sie zur Verbesserung der Blitzableiter zu verwenden. Das Ende seines Blitzableiters versah er mit einer stumpfen Kegelfläche, auf der in einem kleinen konzentrischen Ringsegment (von 2,5 cm Durchmesser) radioaktive Substanz, die dem Wirkungswert von 2 mg Radiumbromid entsprach, angebracht war. Von der Spitze des Kegels ragten mehrere Spitzen strahlenförmig in die Luft. Die radioaktive Substanz kann entweder elektrolitisch auf dem konzentrischen Ring niedergeschlagen sein, was sich bewährte, und wobei α -, β - und γ -Strahlen wirken können, oder — was Szillard noch vorzog — sie wurde mittels eines Emails befestigt, wobei nur β - und γ -Strahlen sich betätigen können.

Durch die radioaktive Substanz unter den Spitzen des Blitzableiters wird die Leitfähigkeit der umgebenden Luft für Elektrizität mehrere Millionenmal erhöht. Sie ist wegen der γ -Strahlen selbst in beträchtlicher Entfernung von der Spitze noch bedeutend. Dadurch erniedrigt sich das Entladungspotential, und es kommt ein Elektrizitätsausgleich zwischen Wolke und Erde zustande, der nun für gewöhnlich nicht disruptiv durch die Spitze, sondern geräuschlos als gleichmäßiger Strom über eine Zone von 10–20 m und mehr erfolgt. Diese Strömung vollzieht sich nach den Regeln, die man für den Durchgang der Elektrizität durch ionisierte Gase aufgestellt hat, und kann in drei Phasen erfolgen. In der ersten Phase wächst der Strom mit zunehmender Spannung rasch an, in der zweiten Phase findet schwaches Leuchten statt. In der dritten Phase springen Funken über, die Entladung ist disruptiv, sie erfolgt aber bei viel niedrigerer Spannung als bei nicht ionisierten Gasen. Die Versuchsergebnisse werden sehr anschaulich durch

folgende Kurve wiedergegeben (s. Fig. 3). Kurve A verbildlicht die Wirksamkeit des Radiumblitzableiters, B die des gewöhnlichen Blitzableiters. Beim ersteren beginnt die Wirksamkeit bereits mit der Anfangsspannung, beim letzteren erst bei sehr hohem Potential, das beim Radiumblitzableiter unter gleichen Verhältnissen nie erreicht wird.

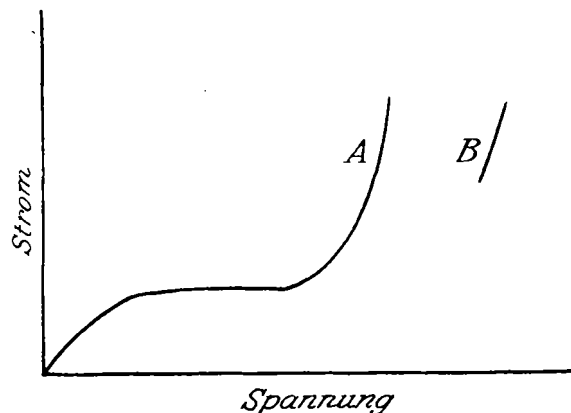


Fig. 3.

So heftige explosionsartige Wirkungen wie beim gewöhnlichen Blitzableiter treten also beim Radiumblitzableiter ceteris paribus nicht ein. Die Luft um den Radiumblitzableiter stellt nach Art der Verzweigungen der Erdleitung einen innigen Kontakt zwischen der Spitze des Blitzableiters und der Atmosphäre her.

Die Radioaktivität des Kaliums und Rubidiums behandelt ein zusammenfassender kritischer Bericht von J. Elster und H. Geitel⁹³). Es ist jetzt einwandfrei festgestellt, daß Kalium- und Rubidiumverbindungen im Gegensatz zu denen des Lithiums, Natriums und Caesiums radioaktiv sind. Die beiden Elementen senden eine wahrscheinlich homogene β -Strahlung aus, die bei Rubidium weicher ist als bei Kalium. α -Strahlen konnte man bis jetzt nicht nachweisen, obwohl der Heliumgehalt der natürlichen Kaliumsalze auf sie hinweisen mußte. Die β -Strahlung der Kaliumverbindungen gleicht am meisten der des UrX. Die Strahlung rührt nicht von radioaktiven Beimengungen her, und Umwandlungsprodukte, wie Emanationen, aktive Niederschläge, waren bis jetzt nicht nachweisbar. [A. 64.]

Die Zubereitung und der Vertrieb von Giften und Arzneien im Lichte der Strafrechtsreform.

(Zur jüngst erfolgten Beendigung des Entwurfs eines deutschen Strafrechtzbuches.)

Von Dr. HANS LIESKE, Leipzig.

(Eingeg. am 7./6. 1915.)

Das Verbesserungsbedürfnis unserer strafrechtlichen Bestimmungen hat sich nach den Lehren der Praxis sowie nach den Aussagen der Männer vom Fach auch gegenüber den augenblicklich geltenden Satzungen über die Zubereitung und den Vertrieb von Giften und Arzneien fühlbar gemacht. Die jüngst erfolgte Beendigung des Entwurfs eines neuen Strafrechtzbuches verheißt deshalb den an dem geltenden Rechte gerügten Mängeln abzuweichen. Wird, was zu vermuten ist, jener Entwurf hinsichtlich seiner Vorschläge über die Neuordnung der Zubereitung und des Vertriebes von Giften und Arzneien dermaleinst Gesetz, so wird die Zukunft daraus mindestens das Eine profitieren: nämlich eine einheitliche Rechtsprechung in derlei Fragen an Stelle einer durch die Verschiedenheit der gegenwärtigen Gesetzessprache teilweise recht zerfahrenen.

Soll nun der Mann vom Fache, also etwa der Apotheker, der Drogenhändler, der Arzt und woraus sich die Interessenschar für dieses Kapitel sonst noch zusammensetzt, über die geplante Reformation unterrichtet werden, so sei dabei grundlegend und gleichsam wiederholend vorweg be-

⁹³) Jahrb. d. Radioakt. u. Elektronik 10, 323 [1913].