

(137,37). In derselben Reihenfolge ändern sich viele ihrer Eigenschaften, z. B. ihre spezifischen Gewichte. Die Löslichkeit der Sulfate und Chromate nimmt vom Calcium über das Strontium zum Barium ab, während die der Hydroxyde, Chloride, Nitrate und Oxalate in derselben Reihenfolge steigt. Das Strontium steht also in allen Eigenschaften zwischen den beiden andern Elementen. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über diese Verhältnisse:

	Atomgewicht	Spez. Gew.	Löslichkeit des Hydroxyds	Löslichkeit des Sulfats
Calcium	40,9	1,52	1 : 700	1 : 400
Strontium	87,62	2,5	1 : 50	1 : 7000
Barium	137,37	4	1 : 20	1 : 400000

Die Hydroxyde sind starke Basen, und zwar ist die basische Natur, wie bei den Alkalimetallen, bei dem Element mit dem höchsten Atomgewicht am meisten ausgeprägt. Die Spaltung des Hydroxyds in Oxyd und Wasser und ebenso die des Karbonats in Oxyd und Kohlendioxyd ist am leichtesten beim Calcium, am schwierigsten beim Barium. Viele gleich zusammengesetzte Salze der drei Elemente sind isomorph, so die drei natürlich vorkommenden Sulfate Anhydrit, Cölestin und Schwerspat und die Karbonate Aragonit, Strontianit und Witherit.

## Radium, Ra.

Atomgewicht 226,4.

Dem Barium steht in seinen chemischen Eigenschaften das Radium sehr nahe, das nur in äußerst geringer Menge vorkommt, aber durch seine physikalischen Eigenschaften, die sogenannte Radioaktivität, seit seiner im Jahre 1898 erfolgten Entdeckung das größte Interesse erweckt hat. Nachdem BECQUEREL erkannt hatte, daß die Uranverbindungen Strahlen aussenden, die den Röntgenstrahlen ähnliche Eigenschaften besitzen, also durch undurchsichtige Gegenstände hindurch auf die photographische Platte zu wirken und Gase elektrisch leitend zu machen vermögen, gelang es dem Ehepaar CURIE, aus den Uransalzen ein neues Element, das Radium, zu isolieren, dem die Aussendung der neuen Strahlen zuzuschreiben ist. Das Radium ist bisher nur als Begleiter des Urans aufgefunden worden, die Erscheinung der Radioaktivität aber ist sehr verbreitet, und es ist sehr wahrscheinlich, daß es spurenweise überall in der Erdrinde vorkommt. Zur Gewinnung des Radiums, das bisher höchstens in Mengen von einigen Dezigrammen zu wissenschaftlichen Untersuchungen zur Verfügung stand, dient die in Joachimsthal in Böhmen vorkommende Pechblende, die schon seit langer Zeit auf Uransalze verarbeitet wird. Die Pechblende besteht im wesentlichen aus Uranoxyd,  $U_3O_8$ , enthält aber auch noch viele andere Mineralien. Das Radium wird nebst dem stets vorhandenen Barium als unlösliches Sulfat abgeschieden, die Sulfate werden in Bromide übergeführt und das Radiumbromid wird durch fraktionierte Kristallisation vom Bariumbromid getrennt. Eine Tonne Pechblende liefert etwa 0,01—0,02 g Radiumbromid. Unter der Annahme, daß dem Radiumchlorid die Formel  $RaCl_2$  zukommt, wurde aus seinem Gehalt an Chlor das Atomgewicht des Radiums zu 226,4 bestimmt. Radiumsalze färben die Flamme des Bunsen-

brenners rot, sie gleichen denen des Bariums und sind, soweit sie untersucht sind, mit ihnen isomorph.

Die Verbindungen des Radiums geben nicht nur in Gestalt der die Radioaktivität bedingenden Strahlen fortgesetzt beträchtliche Mengen von Energie ab, sondern auch in Form von Wärme, da sie andauernd einige Grad wärmer sind als ihre Umgebung. 1 g Radium gibt in einer Stunde etwa 100 Kalorien ab. Die Quelle dieser Energie liegt in einer immerwährenden, sehr langsamen chemischen Umwandlung, da die Radiumverbindungen unausgesetzt kleine Mengen eines radioaktiven Gases, der sogenannten „Emanation“, abgeben. Dieses Gas ist durch flüssige Luft zu einer Flüssigkeit kondensiert worden. Es gelang RAMSAY und SODDY 1903 auf spektralanalytischem Wege den Nachweis zu führen, daß eine langsame Umwandlung der Emanation in das Element Helium stattfindet. Diese Umwandlung eines Elements in ein anderes ist von der allergrößten wissenschaftlichen Bedeutung. Wenn man die Elemente früher auch nicht unbedingt als die letzten Grundstoffe betrachtete, sondern wohl Betrachtungen darüber anstellte, ob sie sich nicht auf ein gemeinsames Urelement zurückführen lassen, so war doch die Ansicht fest begründet, daß sie für uns unzerlegbar seien und daher ihre Unveränderlichkeit praktisch tatsächlich bestehe (S. 14). Diese Anschauung ist seit der Entdeckung der Umwandlung des Radiums nicht mehr in vollem Umfange begründet, vielmehr ist anzunehmen, daß sich das Radium im Zustande eines langsamen, immerwährenden Zerfalls in andere Elemente befindet. Die chemisch und physikalisch wirksamen Strahlen, die es aussendet, die „Radioaktivität“, beruht nach dieser Anschauung auf dem Abschleudern kleinster Teilchen, die nur winzige Bruchstücke der Atome darstellen, der Elektronen, die sich sodann wieder zu Helium verdichten. Den Elektronen schreibt man nach physikalischen Überlegungen den 2000. Teil der Größe eines Wasserstoffatoms zu. Die Umwandlung des Radiums in seine Zerfallsprodukte ist indessen nicht mit den uns bekannten chemischen Reaktionen zu vergleichen. Diese sind ohne Ausnahme sehr von äußeren Bedingungen, von Temperatur und Druck abhängig, die Umwandlung des Radiums aber wird hierdurch nicht beeinflusst, es hat sich vielmehr feststellen lassen, daß es kein Mittel gibt, auf die Geschwindigkeit seines Zerfalls einzuwirken. Infolge ihres freiwilligen Zerfalls in Helium besitzt die Radiumemanation nur eine beschränkte Lebensdauer. Bei diesem Zerfall bilden sich auch feste, radiumähnliche Stoffe, die man als Radium A, Radium B, Radium C usw. unterscheidet, die zum Teil nur als sehr kurzlebige Zerfallsprodukte anzusehen sind. Die enorme Energiemenge, die bei dem Zerfall des Radiums frei wird, kann aus der Wärmeentwicklung der Radiumverbindungen berechnet werden. Sie ist von RUTHERFORD auf den  $3\frac{1}{2}$  millionenfachen Betrag der Energie bestimmt worden, die aus einer gleichen Gewichtsmenge Knallgas bei der Explosion frei wird.

Die Radiumpräparate senden wenigstens drei verschiedene Arten von Strahlen aus, die man als  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen bezeichnet, und die sich durch ihr Durchdringungsvermögen gegenüber undurchsichtigen Gegenständen, durch die Ablenkung, die sie durch den Magneten erfahren, und durch ihre chemischen Wirkungen unterscheiden. Radiumsalze sind selbstleuchtend und erregen phosphoreszierende Stoffe, wie Bariumplatinocyanür oder Zinkblende (Sidotblende), auch Diamanten,

zum Leuchten. Mannigfach sind die chemischen Wirkungen, die die Radiumstrahlen hervorrufen: Wasser, Chlorwasserstoff, Kohlendioxyd, Ammoniak werden durch sie in ihre Elemente zerlegt und auch aus ihnen wieder aufgebaut, eine Lösung von Jodoform in Chloroform oder Benzol, die im Dunkeln tagelang unverändert bleibt, wird, wenn sich einige Milligramm Radiumbromid in der Nähe befinden, nach wenigen Minuten unter starker Färbung der Lösung zersetzt. Glas wird bei andauernder Einwirkung von Radiumstrahlen braun, Steinsalz wird blau gefärbt. Man hat berechnet, daß von einer gegebenen Menge Radium innerhalb 1900 Jahren die Hälfte zerfallen ist. Das Radium müßte demnach in meßbaren Zeiträumen völlig verschwunden sein, und es liegt daher die Vermutung nahe, daß es auch seinerseits durch Umwandlung eines andern Stoffs entsteht. Tatsächlich hat sich feststellen lassen, daß das Uran, in dessen Begleitung das Radium stets vorkommt, seine Muttersubstanz ist. Aus der Pechblende konnten noch andere Elemente isoliert werden, denen ganz ähnliche Wirkungen zukommen wie dem Radium, so das Polonium, das Radiumblei, Radiothor und Aktinium. Alle diese Elemente sind radioaktiv. Das Polonium ist ein dem Wismut, das Aktinium ein dem Thor nahestehendes Element. Alle diese Stoffe lassen sich auf zwei Ursubstanzen zurückführen, auf das Uran und das Thor. Durch Abbau des Elements Uran entsteht das Radium, aus diesem über mehrere Stoffe hinweg das Polonium, und aus diesem das nicht mehr radioaktive Blei. Ebenso geht eine andere Reihe radioaktiver Elemente vom Thor aus. Uran und Thor sind die beiden Elemente mit den höchsten bisher bekannten Atomgewichten (238,5 und 232,42) und man kann sich vielleicht vorstellen, daß ihre Atome mit Masse überladen sind, wodurch Spannungen entstehen, so daß sie durch Absplitterung kleinster Teilchen in Elemente mit kleineren Atomgewichten übergehen. Da eine fortdauernde Umwandlung des Urans in Radium stattfindet, das Radium aber weiter zerfällt, so ist das Verhältnis zwischen Uran und Radium in den natürlichen Mineralien ein ganz konstantes, und zwar beträgt die Radiummenge, die 1 g Uran in einem beliebigen Uranmineral entspricht,  $3,8 \cdot 10^{-7}$  g.

Nach RAMSAY findet unter dem Einfluß der Radiumemanation auch eine Umwandlung anderer Elemente statt, und es hat den Anschein, als ob sie allgemein so verlief, daß Elemente mit höherem Atomgewicht in solche mit niederem Atomgewicht derselben Gruppe des periodischen Systems umgewandelt würden, z. B. Kupfer in Lithium, Silicium in Kohlenstoff.

Die Radiumstrahlen üben sehr starke physiologische Wirkungen aus. Auf der menschlichen Haut kann eine mehrstündige Bestrahlung sehr schwer heilende Entzündungen erzeugen, auf die Augen wirken die Strahlen schädlich, Pflanzen und kleine Tiere werden durch sie in wenigen Stunden getötet, auch auf Mikroorganismen wirken sie vernichtend. Zu Heilzwecken wird die Bestrahlung durch Radiumpräparate heute bei Hautleiden, bei tuberkulösen und krebigen Geschwüren und Lupus angewandt. Das Radiumsalz wird in einer Kapsel aus Kautschuk, die auf einer Seite durch eine Glimmerplatte verschlossen ist, über die zu bestrahlende Stelle gebracht, es bilden sich auf der Haut zunächst Entzündungen, dann Blasen, und die bestrahlten Gewebe sterben ab.

Unter dem Einfluß der vom Radium ausgehenden Strahlen vermögen sehr viele Substanzen ebenfalls eine vorübergehende Radioaktivität anzunehmen, die man als induzierte Radioaktivität bezeichnet, und deren Ursache wohl darin zu suchen ist, daß die Emanation von diesen Substanzen zurückgehalten wird. Der Nachweis der Radioaktivität geschieht mit Hilfe des Goldblattelektroskops. Wird ein radioaktiver Stoff in die Nähe des geladenen Elektroskops gebracht, so wird die Luft durch die Wirkung der Radiumstrahlen jonisiert, d. h. sie wird zu einem Leiter der Elektrizität gemacht und das Elektroskop wird dadurch entladen. Die Schnelligkeit der Entladung gestattet Schlüsse auf die vorhandene Radiummenge. Dieser Nachweis ist viele tausendmal empfindlicher als der spektralanalytische und mit seiner Hilfe konnte die Radioaktivität in den meisten Erd- und Gesteinsproben, sowie in sehr vielen Mineralwässern festgestellt werden. Die radioaktive Wirkung der Mineralwässer, der heute eine Bedeutung für ihre Heilkraft zugeschrieben wird, kann entweder auf einem Gehalt an radioaktiven Verbindungen oder an Emanation beruhen, die durch Kochen ausgetrieben werden kann. Als besonders stark radioaktiv erwiesen sich die Quellen von Gastein, Baden-Baden, Karlsbad, Nauheim, Soden, Kreuznach und Wildbad. Es kommen heute auch Radiumpräparate zur Darstellung radioaktiven Wassers in den Handel, das zu Trink-, Bade- und Inhalationszwecken dienen soll.

### Magnesium, Mg.

Atomgewicht 24,32.

Magnesium und Beryllium bilden die zweite Untergruppe der Metalle der alkalischen Erden. Sie schließen sich in den Eigenschaften ihrer Verbindungen der Calciumgruppe an, unterscheiden sich aber von ihr durch die Leichtlöslichkeit ihrer Sulfate.

Die Verbindungen des Magnesiums sind in der Natur sehr verbreitet, und zwar bilden sie sehr häufig die Begleiter der Calciumverbindungen. Magnesiumkarbonat,  $MgCO_3$ , kommt als Magnesit und in Verbindung mit Calciumkarbonat als der mächtige Gebirgszüge bildende Dolomit,  $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ , vor. Das Magnesiumsulfat,  $MgSO_4$ , bildet einen Bestandteil vieler Mineralquellen und findet sich bei Staßfurt in mächtigen Schichten als Kieserit,  $MgSO_4 \cdot H_2O$ . Überhaupt bilden die enormen Salzablagerungen bei Staßfurt eine reichliche Quelle für Magnesiumsalze, dort findet sich noch der Karnallit,  $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ , Tachhydrit,  $CaCl_2 \cdot 2MgCl_2 \cdot 12H_2O$ , Kainit,  $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$ , und zahlreiche andere Doppelsalze. Häufig sind auch Silikate des Magnesiums, so der Olivin,  $Mg_2SiO_4$ , auch Talk, Speckstein, Meerscham und Asbest sind Magnesiumsilikate. Von Wichtigkeit ist das Vorkommen des Magnesiums im Chlorophyll der Pflanzen.

Das metallische Magnesium wird durch elektrolytische Zerlegung des Magnesiumchlorids gewonnen, doch benutzt man in der Technik hierzu den leichter schmelzbaren entwässerten Karnallit. Auch auf chemischem Wege, durch Einwirkung von Natrium auf geschmolzenen Karnallit, läßt sich Magnesium erhalten:



Das Magnesium ist ein silberweißes Metall vom spezifischen Gewicht