



Die Entdeckung der Radioaktivität

Die herausragenden Rollen bei der Entdeckung der Radioaktivität spielten Marie Curie (geb. als Maria Skłodowska, 1867-1934) und ihr Ehemann Pierre Curie (1859-1906). Die gebürtige Polin, die schon in ihrer Kindheit schwere Schicksalsschläge hinnehmen musste, war und ist bisher die einzige Frau, die zwei Nobelpreise erhielt (1903 Nobelpreis für Physik und 1911 Nobelpreis für Chemie). Damit gilt sie als eine der wichtigsten und hochangesehensten Frauen des 20. Jahrhunderts.

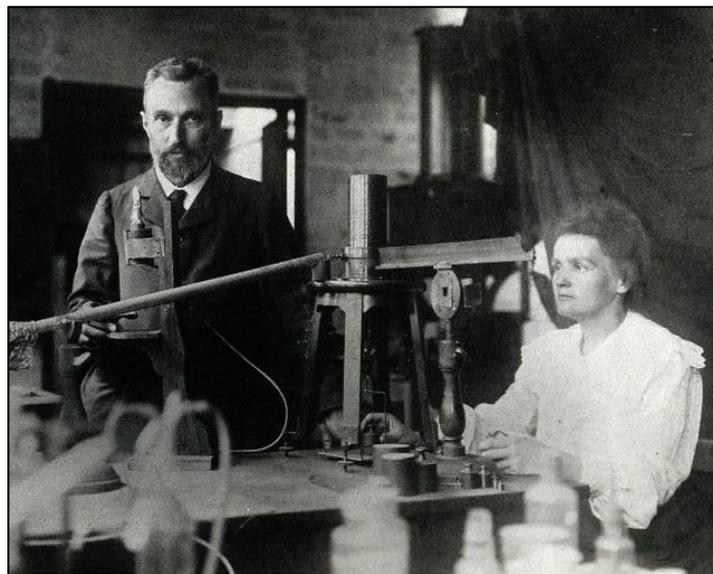


Abb. 1: Pierre und Marie Curie

Nach ihrem erfolgreichen Studienabschluss erhielt Marie Curie erste kleinere Forschungsaufträge und damit Einblicke in Laborräume mit den neusten technischen Gerätschaften. In dieser Zeit lernte sie auch ihrem späteren Ehemann, Pierre Curie, kennen.

Nach der Entdeckung der „X-Rays“ (Röntgenstrahlung) durch Wilhelm Konrad Röntgen (1845-1923) im Jahre 1895 (vgl. Herz o.J. a) berichtete Henri Becquerel (1852-1908) ein Jahr später von seiner Entdeckung einer natürlichen radioaktiven Strahlung mittels Fotoplatten am Mineral Pechblende (vgl. Höfling, S. 849). Diese Entdeckung weckte Marie Curies Interesse und sie begann ihre Untersuchungen an Urangesteinen. Mittels eines Elektrometers, welches ihr Mann entwickelt hatte, fand sie heraus, dass von Uran eine gewisse Strahlungsmenge ausging, die nicht von äußeren Faktoren abhing. Sie forschte weiter und stellte 1898 auch bei dem Element Thorium die gleiche natürliche Strahlung fest (vgl. Herz o.J. a). Das Ehepaar Curie untersuchte reines Uran und dessen Erze und fand heraus, dass eine wesentlich höhere Strahlung von den Erzen ausging (Seilnacht o.J. a). Diese hohe – d.h. millionenfach stärkere - Strahlung (vgl. Meschede 2006, S. 982) - war ihnen bei keinem anderen Element bekannt, sodass sie die Vermutung anstellten, dass es sich um ein neues Element handeln müsse. Das Mineral



Pechblende wurde aufbereitet und die neuartig strahlenden Elemente isoliert. Mit jedem neuen Verfahrensschritt stieg die Höhe der Strahlung. Marie Curie vermutete, dass es sich um ein dem Bismut ähnliches Element handeln müsse und schlug den Namen „Polonium“ zu Ehren ihres Heimatlandes vor. Im gleichen Zug entdeckten sie ein weiteres Element, das sie „Radium“ (lat. „das Strahlende“) nannten. Durch Verwendung eines Spektroskops und durch Aufzeigen einer neuen Spektrallinie (die des Radiums) konnte von Eugène Demarçay (1852-1903) bestätigt werden, dass die Curies ein neues Element entdeckt hatten. Durch diese bahnbrechenden Entdeckungen angeregt galt es nun, größere Mengen der neu entdeckten Elemente zu isolieren. Sie ließen sich das aufbereitete Uranerz aus St. Joachimsthal in Böhmen liefern. Obwohl sie Tonnen von Uranerz analysierten und isolierten, erhielten sie nur ein zehntel Gramm Radiumchlorid (vgl. Herz o.J. **a**). Kurz darauf bekamen sie Unterstützung von André Louis Debierne (1874-1949), mit dessen Hilfe die Curies die technische Produktion des Radiums aufnahmen. Sie elektrolysierten Radiumchlorid mittels Quecksilberkathode und einer Iridium-Platin-Anode. Damit erhielten sie Radiumamalgam und nach Aufreinigung schließlich reines Radium (vgl. Seilnacht o.J. **a**). Nebenher entdeckte Debierne noch im Jahr 1899 das radioaktive Element Actinium. Im Jahre 1903 stellte Ernest Rutherford Forschungen zur „ionisierenden Wirkung radioaktiver Strahlung auf Gase“ an und entdeckte dabei die α -, β - und auch die γ -Strahlung (vgl. Herz o.J. **b**). Die Curies forschten unentwegt weiter und unternahmen sogar Selbstversuche, indem sie eigene Körperteile in radioaktive Strahlung hielten und gaben Empfehlungen ab, dass der Einsatz der Strahlung im Bereich der Onkologie (aus dem Griechischen: Wissenschaft, die sich mit Tumoren befasst) sehr nützlich sein würde.

1903 erhielten die Curies die Davy-Medaille, welche die höchste britische Auszeichnung für Wissenschaftler auf dem Gebiet der Chemie darstellt. Zusammen mit Henri Becquerel teilte sich das Ehepaar den Nobelpreis für Physik für herausragende Arbeiten zur Radioaktivität.

Nach dem tragischen Unfall ihres Mannes im Jahre 1906, nahm Marie Curie nur ein Jahr später die ihr angebotene Professur, die zunächst ihrem Mann angeboten worden war, an der Pariser Universität Sorbonne an und wurde damit die erste weibliche Professorin überhaupt an dieser Universität.

1910 wurde die Maßeinheit Curie am internationalen „Kongress für Radiologie und Elektrizität“ hervorgebracht ($1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Kernzerfälle/s}$), welche jedoch später durch die Einheit Becquerel abgelöst wurde (vgl. Seilnacht o.J. **a**). Im Jahre 1911 wurde Marie Curie ein weiteres Mal mit dem Nobelpreis geehrt. Dieses Mal erhielt sie ihn in der Fachdisziplin Chemie für die Entdeckung der Elemente Polonium und Radium, sowie für die Isolierung des reinen Radiums und dessen Verbindungen. Während des Ersten Weltkrieges waren Marie Curie und ihre erstgeborene Tochter Irène in den Lazaretten tätig. Bei diesen Einsätzen untersuchte Marie Curie die verwundeten Soldaten mithilfe von Röntgenanlagen und ihre Tochter engagierte sich als Sanitäterin. Nach dieser Zeit unternahm die Familie viele Auslandsreisen, welche mit einem Treffen des amerikanischen Präsidenten Harding endeten. Im Jahr 1926 vermählte sich Irène Curie mit Frédéric Joliot und arbeitete mit ihm weiter an der Erforschung der Radioaktivität.



1935 erhielten sie für die Entdeckung der künstlichen Radioaktivität den Nobelpreis für Chemie.

Die herausragende Wissenschaftlerin Marie Curie starb im Jahr 1934 an den Folgen ihrer unentwegten Forschung an Leukämie. 1944 erfolgte die Herstellung des Elements Curium mit der Ordnungszahl 96 (Seilnacht o.J. a). Mit ihren bahnbrechenden Entdeckungen trieben die Curies die Forschungen der Physik und der Chemie im großen Maße voran. Nicht ohne Grund reihten sie sich deshalb in die Riege der wichtigsten Forscher des 20. Jahrhunderts ein.



Abb.2.: Zeitachse zur Entdeckung der Radioaktivität

Das Element Radium – Vorkommen und Eigenschaften

Das Element Radium (Ra) ist eines der seltensten auf der Erde vorkommenden Elemente. Im Periodensystem der Elemente ist es in der II. Hauptgruppe und in der 7. Periode zu finden. Die Ordnungszahl des Radiums lautet 88. Demnach hat das Element 88 Protonen und Elektronen. Die Nukleonenzahl beläuft sich auf 226, demnach hat Radium eine Neutronenzahl von 138 (vgl. Seilnacht o.J. b). Es wird technisch zusammen mit dem Element Uran aus dem Mineral Pechblende (UO_2) gewonnen. Radium ist dabei als radioaktives Spaltprodukt des Uranisotops ^{238}U enthalten. Obwohl Pechblende das radiumreichste Metallerz ist, fällt der Radiumgehalt sehr gering aus. So fallen auf 1000 kg des Erzes nur 0,34g Radium an. Dies bedeutet, dass ein Atom des Elements Radium im radioaktiven Gleichgewicht zu einer Anzahl von 2,78 Mio. Uranatome steht. (vgl. Hollemann/Wiberg 2007, S. 1237).

Das Element Radium ist ein relativ weiches, silbrig glänzendes und radioaktives Schwermetall. In seinen chemischen Eigenschaften ähnelt es sehr dem Element Barium, wobei Radium noch wesentlich reaktionsfreudiger ist (vgl. Hollemann/Wiberg 2007, S. 1238 f.). So bildet



metallisches Radium an der Luft sofort eine schwarze Nitridschicht aus und reagiert mit Wasser oder Säuren in stark exothermen Reaktionen zu Wasserstoff (H_2) und Radiumhydroxid ($Ra(OH)_2$). Des Weiteren ist die radioaktive Strahlung des Elements so stark, dass Radiumpräparate im Dunkeln leuchten (Seilnacht o.J. **b**).

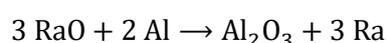


Abb. 3: Uranerz Pechblende (UO_2)

Technische Darstellungsverfahren

Radium wird technisch durch die Aufarbeitung von Pechblende und anderen radiumhaltigen Uranerzen, wie z.B. dem Carnotit, dargestellt. Hierfür wird Radium, nach der Zugabe von Bariumsalzen, gemeinsam mit dem Barium (Ba) als schwerlösliches Sulfat gefällt. Es folgt eine anschließende Trennung der beiden Elemente durch fraktionierte Kristallisation der entsprechenden Bromide oder Chromate. Um metallisches Radium zu gewinnen, werden die Lösungen der Radiumsalze in einem weiteren Schritt elektrolytisch aufgearbeitet. Dabei scheidet sich das Radium als Amalgam an der verwendeten Quecksilberelektrode ab. Im letzten Schritt wird das Amalgam in einer Wasserstoffatmosphäre auf 400 °C bis 700 °C erhitzt, wobei das Radium als weißglänzendes Metall gewonnen wird (vgl. Hollemann/Wiberg 2007, S. 1238).

Alternativ lässt sich Radium in metallischer Form auch aluminothermisch im Hochvakuum bei 1200 °C aus seinen Oxiden darstellen (vgl. Hollemann/Wiberg 2007, S. 1238):



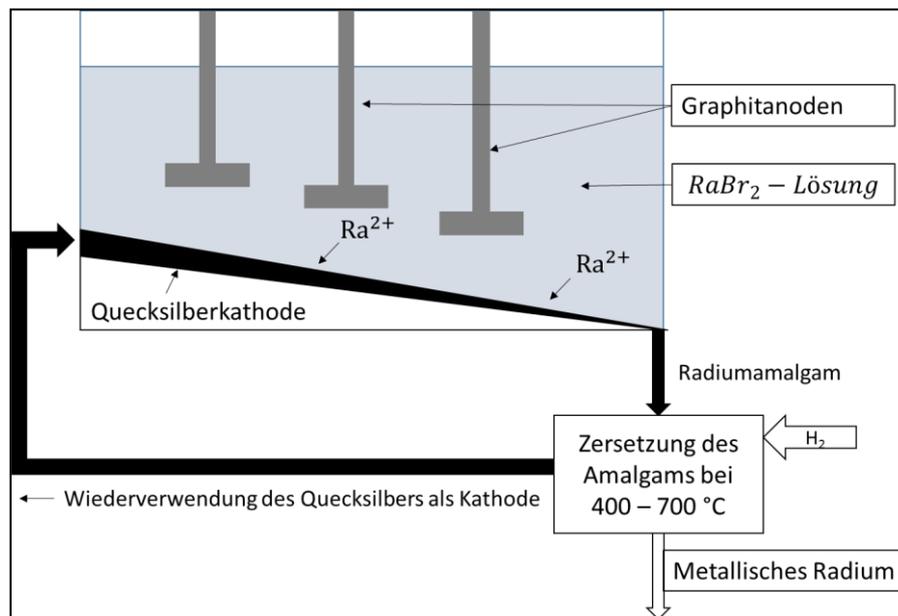


Abb. 4: Herstellungsverfahren Radium

Toxikologie und die historische Bedeutung von Radium

Radiumverbindungen wirken auf den menschlichen Organismus sehr toxisch, da sie im Körper keine natürliche Verwendung oder Bedeutung haben. Wie auch das Spurenelement Calcium (Ca) wird das Radiumisotop ^{226}Ra im menschlichen Körper in den Knochen eingelagert, wo es aufgrund seiner sehr langen Halbwertszeit nur sehr langsam abgebaut wird. Schon geringste Mengen, in diesem Fall $20\ \mu\text{g}$ des radioaktiven Metalls, können im Körper bereits schwere und langfristige Schädigungen des Knochenmarks sowie bösartige Tumore im Knochengewebe verursachen (vgl. Seilnacht o.J. b).

Nach seiner Entdeckung 1898, galten Radium und seine Verbindungen aufgrund fehlender medizinischer Studien als medizinisch unbedenklich und wurden sogar in vielen Fällen als gesundheitsfördernd angepriesen. So wurden bald Verbindungen des radioaktiven Elements in diversen Kosmetikprodukten, Arzneimitteln und zur Heilung von Krebs eingesetzt. In diesem Zuge eröffneten in Deutschland vor Beginn des ersten Weltkrieges viele sogenannte „Radiumbäder“ wie das Radiumbad St. Joachimsthal im heutigen Tschechien, wo Radium zu therapeutischen Zwecken verwendet werden sollte. In den 1920er Jahren gab es ein Aufkommen des Radiumwassers, durch dessen Konsum die toxische Wirkung des Radiums erstmals entdeckt



und unter dem Krankheitsbild der Radiumvergiftung auch das erste Mal medizinisch untersucht wurde (vgl. Seilnacht o.J. **b**).

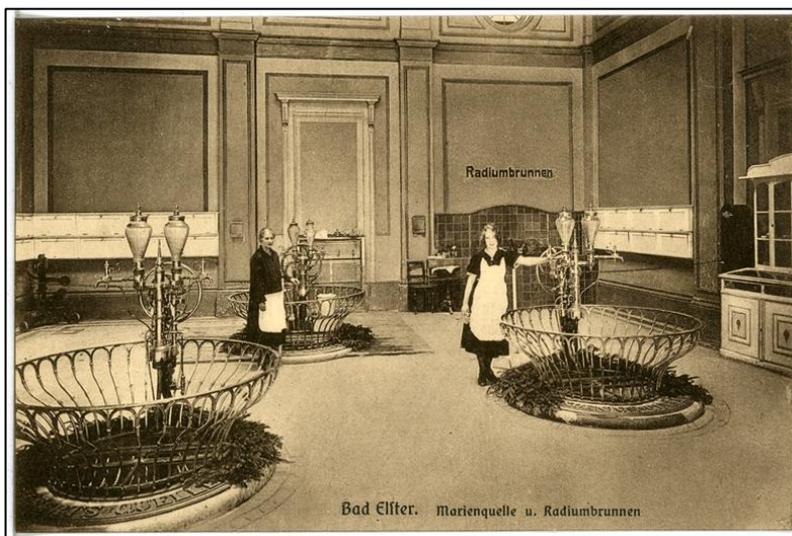


Abb. 5: Radiumbrunnen Bad Elster



Abb. 6: Radithor

Auch in der Uhrenindustrie wurde Radium aufgrund seiner Eigenschaft, im Dunkeln zu Leuchten, häufig bei der Herstellung der Zifferblätter verwendet. Auffällig war auch hierbei, dass die Zahl von Zungen- und Lippenkrebsfällen bei Arbeiterinnen der Uhrenindustrie immer mehr zunahm. Grund hierfür war, dass die Frauen die verwendeten Pinsel regelmäßig mit den Lippen wischten, um die Radiumfarbe fein auf die Zifferblätter auftragen zu können (vgl. Seilnacht o.J. **b**).

Aufgrund der stark gesundheitsschädlichen Wirkung wird Radium heutzutage kaum noch eine technische Bedeutung zugeschrieben.



Quellen- und Literaturverzeichnis

Literatur

Höfling, O. (1990). *Physik - Lehrbuch für Unterricht und Selbststudium*. 15. Aufl. Bonn: Ferd. Dümmlers Verlag

Holleman, A./ Wiberg, E. (2007). *Lehrbuch der anorganischen Chemie*. 102., stark umgearb. u. verb. Aufl. Berlin [u.a.] : de Gruyter

Meschede, D. (2006). *Gerthsen Physik*. 23. überarb. Aufl. Berlin: Springer Verlag

Internetquellen

Herz, J. (o.J.) **a.** *Radioaktivität-Einführung*. Zugriff am 26.01.2019 unter <https://www.leifiphysik.de/kern-teilchenphysik/radioaktivitaet-einfuehrung/geschichte/marie-1867-1934-und-pierre-curie-1859>

Herz, J. (o.J.) **b.** *Ernest Rutherford*. Zugriff am 26.01.2019 unter <https://www.leifiphysik.de/atomphysik/klassische-atommodelle/geschichte>

Seilnacht, Th. (o.J.) **a.** *Marie und Pierre Curie*. Zugriff am 26.01.2019 unter <http://www.seilnacht.com/chemiker/checur.html>

Seilnacht, Th. (o.J.) **b.** *Radium*. Zugriff am 26.01.2019 unter <http://www.seilnacht.com/Lexikon/88Radium.htm>

Abbildungen

Abb.1: Pierre und Marie Curie. Zugriff am 26.01.2019 unter https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Pierre_and_Marie_Curie.jpg

Abb.2: Zeitachse zur Entdeckung der Radioaktivität. eigene Abbildung

Abb.3: Uranerz Pechblende (UO₂). Uranerz Pechblende (UO₂). Zugriff am 26.01.2019 unter [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pechblende_de_Grury_\(Sa%C3%B4ne-et-Loire,_France\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pechblende_de_Grury_(Sa%C3%B4ne-et-Loire,_France).png)

[Abb.4: Herstellungsverfahren Radium. eigene Abbildung](#)

Abb.5: Radiumbrunnen Bad Elster. Zugriff am 26.01.2019 unter https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:22847-Bad_Elster-1924-Marienquelle_und_Radiumbrunnen-Br%C3%BCck_%26_Sohn_Kunstverlag.jpg

Abb.6: Radithor. Zugriff am 26.01.2019 unter [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Radithor_bottle_\(25799475341\).jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Radithor_bottle_(25799475341).jpg)