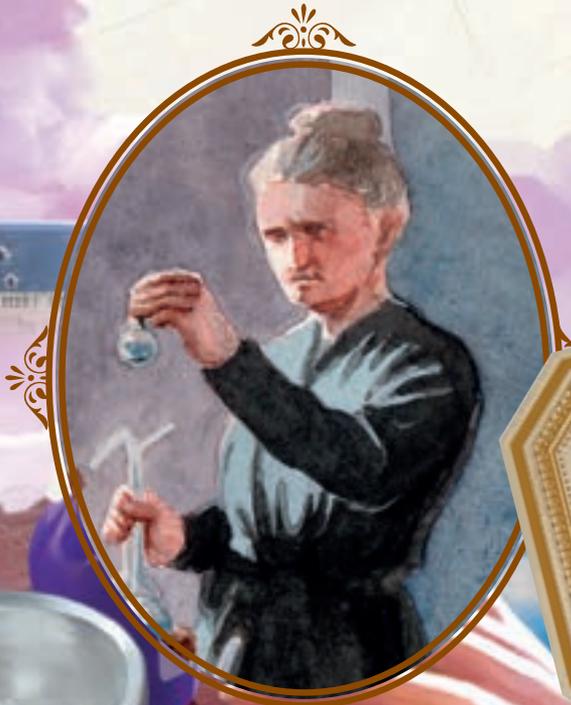


Anhang

Biografie und Erklärungen



In diesem Anhang werden die Meilensteine in Marie Curies Leben, die auf der Zeitleiste des Spielplans abgebildet sind, beschrieben. Außerdem erklären wir euch, was Radioaktivität ist.



Marie Curies Biografie

„Oberstes Prinzip: sich nicht unterkriegen lassen,
nicht von den Menschen und nicht von den Ereignissen.“



Nobelpreisfoto 1903
(Nobelstiftung, gemeinfrei)

Marie Curie, geboren als Maria Salomea Skłodowska, war eine außergewöhnliche Wissenschaftlerin, die ihr ganzes Leben lang darum kämpfte, in einem Gebiet Experimente durchzuführen und Fuß zu fassen, das zu ihrer Zeit Männern vorbehalten war. Sie war eine Kämpferin, deren Arbeit die Welt veränderte. Das ist ihre Geschichte ...

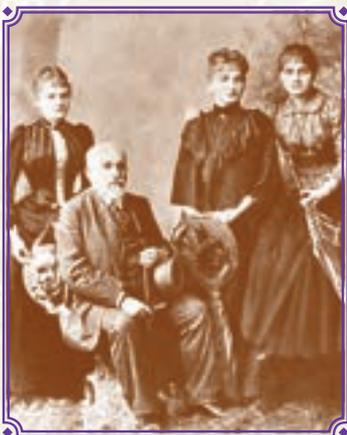
1867 – Geburt

Maria Salomea Skłodowska wurde am 7. November 1867 in Warschau geboren. Damals war dieser Teil

Polens unter russischer Herrschaft

und die polnische Sprache strikt verboten. Sie entstammte einer adligen, patriotischen und gebildeten Familie. Ihr Vater unterrichtete Physik und Mathematik und auch ihre Mutter war Lehrerin.

Ihre Eltern zögerten nicht, ihre Kinder an Schulen anzumelden, an denen sie heimlich Polnisch lernen konnten.



Marie mit ihren Schwestern Bronisława und Helena und ihrem Vater Władysław Skłodowski
(Fotograf unbekannt, gemeinfrei)

1883 – Goldmedaille in der Schule

Nach dem Krankheitstod ihrer Mutter und ihrer ältesten Schwester suchte Maria im Lernen Zuflucht und schloss daraufhin ihr Abitur als Klassenbeste ab, wofür sie mit einer Goldmedaille ausgezeichnet wurde.

Da es Frauen in ihrem Land verboten war, an die Universität zu gehen, konnte sie vorerst nicht studieren. Maria und ihre Schwester Bronisława („Bronia“) schlossen einen Pakt: beide würden zum Studium nach Paris gehen. Bronia ging



Maria Skłodowska, 1888
(Fotoarchiv von Hachette Livre)

zuerst, um Medizin zu studieren. Maria blieb zunächst in Warschau und arbeitete als Gouvernante, um sie beide finanziell zu unterstützen und Geld für ihr eigenes Studium zu sparen.



„Leicht ist das Leben für keinen von uns. Doch was nützt das, man muss Ausdauer haben und vor allem Zutrauen zu sich selbst. Man muss daran glauben, für eine bestimmte Sache begabt zu sein, und diese Sache muss man erreichen, koste es, was es wolle.“

Marie Curie

1891 – Ankunft in Paris

Im Alter von 24 Jahren kam Maria im November 1891 endlich nach Paris und schrieb sich an der Sorbonne Universität ein, um ihrem Studienwunsch nachzugehen.



1893 – Abschluss

Die eifrige Maria erlangte ihren Abschluss der Physik als Jahrgangsbeste. Damals bestand die Naturwissenschaftliche Fakultät der Sorbonne nur zu etwa 3% aus Frauen.

„Man braucht nichts im Leben zu fürchten, man muss nur alles verstehen.“

Marie Curie



1894 – Pierre Curie

Während Maria unter spartanischen Bedingungen an den magnetischen Eigenschaften verschiedener Stahlsorten arbeitete, lernte sie Pierre Curie kennen. Er war als Physiker für seine Arbeit an Magnetismus und Piezoelektrizität bekannt. Außerdem war er Professor an der Hochschule für angewandte Physik und Chemie in Paris. Die beiden begannen nun, zusammenzuarbeiten. Dieses Kennenlernen sollte ihrer beider Leben verändern.

Im selben Jahr erlangte Maria als Zweitbeste in ihrem Jahrgang einen Abschluss in Mathematikwissenschaften.

„Wir dürfen nicht hoffen, eine bessere Welt zu erbauen, ehe nicht die Individuen besser werden.“

Marie Curie

1895 – Heirat mit Pierre Curie



Maria entschied sich, in ihr Heimatland und zu ihrer Familie zurückzukehren, um dort ihren Wunsch zu lehren nachzugehen. Der verliebte Pierre Curie bat sie zurückzukommen und hielt um ihre Hand an. Die beiden heirateten am 26. Juli 1895 in Sceaux. So wurde Maria zu Marie Curie.

„Wenn du diesen Brief erhältst, wird deine Maria einen anderen Namen tragen. Wenn du diesen Brief erhältst, schreibe mir an: Madame Curie. Hochschule für Physik und Chemie, 42 rue Lhomond. So werde ich von nun an heißen.“

Marie Curie an ihre Freundin Kazia



Pierre und Marie Curie bei ihrer Hochzeit 1895
(Fotoarchiv von Hachette Livre)

„Es ist immer gut, den besten Freund zu heiraten.“

Marie Curie

1896 – Agrégation

Marie Curie schloss die Agrégation* für Mathematiklehrende als Beste ab. Gleichzeitig setzte sie ihr Studium mit ihrer Doktorarbeit fort.

1897 – Doktorarbeit in Physik

Am 12. September 1897 brachte Marie Curie ihre erste Tochter Irène zur Welt.

Im selben Jahr verteidigte sie ihre Doktorarbeit in Physik über Uranstrahlen, die Henri Becquerel ein Jahr zuvor entdeckt hatte. Bei seiner Forschung zur Fluoreszenz von Uransalzen folgerte er, dass Uran spontan Strahlung abgibt.

Dank des piezoelektrischen Elektrometers, ein Gerät, das ihr Mann Pierre zusammen mit seinem Bruder Jacques Curie entwickelt hatte, kam sie zu überraschenden Ergebnissen, die nahe legten, dass Uranerz ein unbekanntes Element enthalten muss, welches deutlich aktiver als Uran ist. So begannen ihre Forschungen, die die Welt verändern sollten.

„Ich gehöre zu denen, die die besondere Schönheit des wissenschaftlichen Forschens erfasst haben. Ein Gelehrter in einem Laboratorium ist nicht nur ein Techniker, er steht auch vor den Naturvorgängen wie ein Kind vor einer Märchenwelt.“

Marie Curie

* Prestigeträchtigste, wettbewerbsartige Zulassungsprüfung für Lehrpersonen im französischen Schulsystem



1898 – Die Entdeckung von Polonium und Radium

Pierre Curie stellte seine eigenen Forschungen zurück, um Marie Curie bei der weiteren Erforschung von Strahlung zu unterstützen.

Mit der finanziellen Unterstützung von Baron Henri de Rothschild importierten sie mehrere Tonnen Pechblende, dem primären Uranerz, aus Böhmen. Durch chemische Verfahren konnten sie so nicht nur ein, sondern zwei neue Elemente aus diesem Erz isolieren, die in winzi-

gen Mengen enthalten waren: Polonium am 18. Juli 1898 (zu Ehren Polens so benannt) und Radium am 26. Dezember 1898.

Die spontane Strahlung dieser Elemente – Marie Curie prägte dafür den Begriff „Radioaktivität“ – ist ähnlich der von Uran, nur viel stärker. So ist Polonium 400-mal so radioaktiv wie Uran.

1902 – Gewinnung eines Dezigramms Radiumchlorid

Pierre und Marie Curie scheuten keine Mühen und arbeiteten trotz der schwierigen Arbeitsbedingungen unermüdlich weiter.

Nachdem sie mehrere Tonnen Uranerz verarbeitet hatten, konnten sie endlich ein Dezigramm (0,1g) Radiumchlorid gewinnen. Damit konnten sie die Atommasse von Radium bestimmen und seine Position im Periodensystem (eine Tabelle zur Klassifizierung chemischer Elemente) einordnen.

Obwohl Marie und Pierre Curie kaum genug Geld hatten, um Uranerz zu kaufen, meldeten sie kein Patent an, mit dem sie finanziell von ihren Entdeckungen profitiert hätten. Im Gegenteil: Sie machten ihre Forschung für so viele Menschen



wie möglich frei verfügbar (sowohl Forschenden als auch Industriellen), weil sie davon ausgingen, dass ihre Entdeckungen einen großen Fortschritt für die Menschheit bedeuten würden.

*„Radium soll niemanden reich machen.
Es ist ein Element und gehört allen Menschen.“*

Marie Curie

1903 – Nobelpreis für Physik

Marie Curie verteidigte ihre Doktorarbeit zu seltenen radioaktiven Substanzen vor der naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Paris und erhielt die Auszeichnung „très honorable“ (mit höchstem Lob).

Im selben Jahr erhielt sie zusammen mit Pierre Curie und Henri Becquerel den Nobelpreis für Physik, für die Entdeckung der natürlichen Radioaktivität. Damit war sie die erste Frau, die einen Nobelpreis erhielt.



Bei Recherchen in den Archiven des Nobelkomitees wurde entdeckt, dass die Nominierung durch die französische Akademie der Wissenschaften nur die Namen Henri Becquerel und Pierre Curie enthielt. Als ein schwedischer Akademiker davon erfuhr, informierte er Pierre Curie darüber, der dafür sorgte, dass Marie ebenfalls nominiert wurde.

Neben dem Nobelpreis erhielten Marie Curie und ihr Mann außerdem die Davy-Medaille für ihre Arbeit an Radium. Die Davy-Medaille ist die höchste britische Auszeichnung für Chemikerinnen und Chemiker, die bis heute jährlich

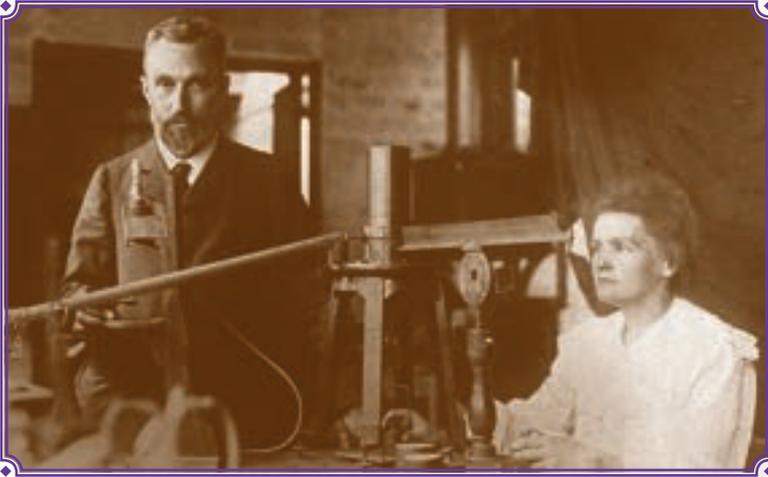
von der Londoner Royal Society verliehen wird. Marie war auch hier die erste Frau, die diese Auszeichnung erhielt.

Als ein Journalist sie einmal fragte, wie es sei, mit einem großen Wissenschaftler verheiratet zu sein, antwortete Marie Curie: „Das müssen Sie meinen Mann fragen.“



1904 – Radium im Trend

Im Oktober 1904 wurde Pierre Curie zum Professor für den neuen Lehrstuhl Physik an der Sorbonne Universität ernannt. Diese Stelle kam mit einem kleinen Labor in einem Universitätsanbau einher. Marie Curie wurde zur Forschungsleiterin ernannt.



Pierre und Marie Curie in ihrem Labor, um 1904. (Fotograf unbekannt, gemeinfrei)

Am 6. Dezember 1904 brachte Marie ihre zweite Tochter Ève zur Welt. Radium wurde bereits in klinischen Studien zur Behandlung von ernsthaften Erkrankungen wie Krebs eingesetzt, wodurch sich der Irrglaube verbreitete, eine niedrige Dosis sei der Gesundheit zuträglich.

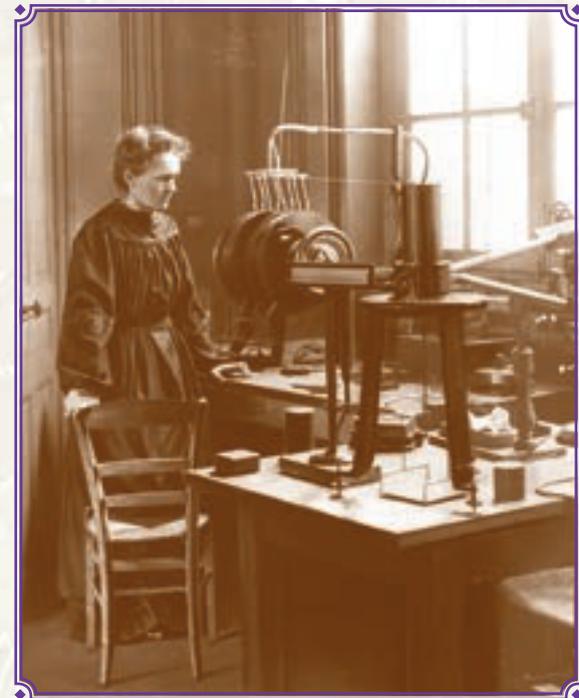
So wurde es weltweit zum Trend, Radium als vermeintliches magisches Heilmittel gegen alle Leiden einsetzen zu wollen. Das führte zu der Entwicklung einer neuen Branche, in der es gewonnen und für zahlreiche Produkte verarbeitet wurde. Damals konnte man unter anderem Streichhölzer, Verjüngungscremes, Zigaretten, Zahncreme und Babypuder mit Radium kaufen. Es gab sogar Radium-Trinkbrunnen ...

In Frankreich verkaufte das Unternehmen Tho-Radia eine Schönheitscreme auf Radiumbasis. Das Rezept stammte angeblich von einem Dr. Alfred Curie, der aber nichts mit Marie oder Pierre zu tun hatte. Durch seinen Radiumanteil sollte es Gesichtsfalten entfernen können. Einer der Werbeslogans lautete übersetzt: „Die Wissenschaft hat THO-RADIA entwickelt, um Frauen zu verschönern. Sie genießen es. Wer will schon hässlich bleiben!“ Glücklicherweise kostete 1 Gramm Radium damals ein Vermögen und die meisten Produkte, die mit seinen Vorteilen warben, enthielten nur Mengen, die vermutlich klein genug waren, um keinen Schaden anzurichten.

Doch in den 1920ern fielen zahlreiche Menschen, vor allem in den USA, der Werbung für radiumhaltige angebliche Heilmittel zum Opfer. Der bekannteste Fall war der des Stahlmagnaten Eben Byers, der seinen Kiefer verlor und anschließend 1932 an Strahlenvergiftung starb. Von 1927 bis 1930 trank er insgesamt fast 1400 Flaschen Radithor – ein Wasser mit Radiumsalzen, das als Wundermittel mit energetisierenden Eigenschaften beworben wurde.



Irgendwann rückten die Gefahren von Radium ins Bewusstsein der Bevölkerung, doch es wurde erst 1937 für nicht-medizinische Verwendung verboten. Es wurde aufgrund seiner photolumineszenten Eigenschaften noch bis in die späten 1950er Jahre verwendet, bis es in der Strahlentherapie von anderen Elementen abgelöst und seine Verwendung schließlich eingestellt wurde.



Marie Curie in ihrem Labor an der Hochschule für Physik und Chemie, um 1905 (Fotoarchiv von Hachette Livre)



1906 – Professur an der Sorbonne

Am 19. April 1906 kam Pierre Curie bei einem Unfall mit einem Pferdefuhrwerk ums Leben. Schwer von seinem Tod getroffen arbeitete Marie, die als Witwe nun alleine 2 Kinder zu ernähren hatte, mit Unterstützung ihrer Familie trotzdem weiter.



Sie nahm den Platz ihres Mannes als Leiterin des Laboratoriums und Kursverantwortliche für Physik ein. Am 5. November 1906 wohnten zahlreiche Journalisten, Kunstschaffende, politische Persönlichkeiten und Frauen der gehobenen Kreise ihrer ersten Vorlesung bei.

Le Journal schrieb dazu:

„Es ist [...] ein bedeutsamer Sieg des Feminismus, den wir heute feiern. Denn wenn Frauen Studierende beider Geschlechter lehren dürfen, was ist dann noch die sogenannte Überlegenheit des Mannes? Wahrlich: Die Zeit ist nah, da Frauen als Menschen anerkannt werden.“

Marie Curie wurde am 16. November 1908 die offizielle Lehrstuhlinhaberin der allgemeinen Physik und Radioaktivität. Damit war sie die erste Professorin an der Sorbonne und in ganz Frankreich.



1910 – Gewinnung von reinem Radium



Marie Curie gelang es, ein ganzes Gramm Radium in seiner reinen Metallform zu isolieren und veröffentlichte ihr Werk *Die Radioaktivität*, das den Grundstein dieser neuen Wissenschaft bildete. Sie benötigte durchschnittlich 3 Tonnen Pechblende, um 1 Gramm Radium zu gewinnen.

1911 – Nobelpreis für Chemie

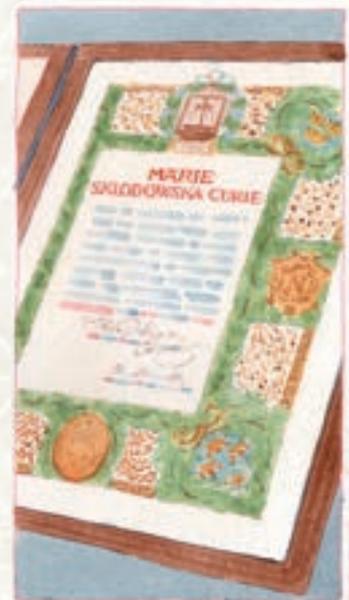
Marie Curie erhielt den Nobelpreis für Chemie von der Königlich Schwedischen Akademie der Wissenschaften für ihre Arbeit an Radium und Polonium. In ihrer Rede betonte sie die Wichtigkeit von Pierre Curies Arbeit für ihre Ergebnisse, so wie er es für ihren ersten Nobelpreis bei seiner Rede getan hatte.

„Die chemischen Arbeiten, um Radium in Form von reinem Salz zu isolieren und es als neues Element zu charakterisieren, wurden vor allem von mir durchgeführt, sind aber eng mit der gemeinsamen Arbeit verbunden.“

Marie Curie

Marie Curie war nicht nur die erste Frau, die einen Nobelpreis erhielt, sondern ist auch die einzige Frau, die mit zwei Nobelpreisen ausgezeichnet wurde. Außerdem ist sie die einzige Person, die Nobelpreise für unterschiedliche wissenschaftliche Gebiete erhalten hat (Physik und Chemie).

Marie Curie spielte im Folgenden eine wichtige Rolle in der Gründung des Radium-Instituts (Institut du Radium), ein Forschungszentrum für Physik und Chemie an der Hausnummer 1 der neu benannten „rue Pierre Curie“ (1967 in „rue Pierre et Marie Curie“ umbenannt) im 5. Arrondissement von Paris.



Im Radium-Institut gab es zwei Labore: das Physik- und Chemielabor von Marie Curie und das Biologielabor von Dr. Claudius Regaud, das sich auf Strahlentherapie- und Krebstherapieforschung konzentrierte. Der Bau des Instituts wurde kurz vor Beginn des Ersten Weltkriegs 1914 abgeschlossen.

1914 – An der Kriegsfront



Der Ausbruch des Ersten Weltkriegs führte dazu, dass das gerade eingeweihte Radium-Institut seine Tore bereits im Juli zeitweise schließen musste. Marie Curie entschloss sich, ihr Wissen in den Dienst der Verwundeten zu stellen.

Sie spendete Teile ihrer Ersparnisse, darunter auch das Geld für ihren zweiten Nobelpreis, um die Kriegsanstrengungen zu unterstützen.

Sie ging sogar so weit, dass sie ihre Nobelpreis-Goldmedaillen spenden und bei der französischen Zentralbank einschmelzen lassen wollte, doch die Beamten weigerten sich.

Mithilfe des Roten Kreuzes entwickelte sie 18 mobile radiologische Einrichtungen. Diese Röntgenwagen (später „Les P'tites Curies“, also „die kleinen Curies“ genannt) konnten nah an die Front und sorgten dort vor Operationen für die genaue Verortung von Granatsplittern oder Geschossen.

Schätzungsweise haben diese Wagen einer Millionen Soldaten das Leben gerettet. Marie Curie half außerdem dabei, junge Frauen in der Radiologie anzulernen, um den Front-Chirurgen assistieren zu können. Sie reiste selbst regelmäßig an das Schlachtfeld, um Röntgenbilder zu machen, genau so ihre Tochter Irène, die mit 17 Jahren Rotkreuzschwester wurde.

1921 – Reise in die USA



Nach dem Krieg stockte die Forschung am Radium-Institut. Im kriegsversehrten Frankreich, das mit dem Wiederaufbau beschäftigt war, mangelte es dafür an Ressourcen. Marie Curie erhielt finanzielle Unterstützung durch die amerikanische Journalistin Marie Meloney. Sie war von Marie Curie fasziniert und organisierte eine Spendenkampagne unter amerikanischen Frauen, um es Marie Curie zu ermöglichen, einer Fabrik in Pittsburgh ein Gramm Radium abzukufen, wo die von ihr entwickelten Prozesse industriell angewendet wurden. Marie Curie reiste in Begleitung

ihrer beiden Töchter in die Vereinigten Staaten, wo sie von Präsident Warren Harding symbolisch ein Gramm Radium überreicht bekam. Außerdem erhielt sie zahlreiche Geräte und große Mengen an Geld. Diese Reise war also von großer Bedeutung.

Die Curie-Stiftung, die ein Jahr zuvor von den Leitenden des Radium-Instituts (Marie Curie und Claudius Regaud) gegründet wurde, konnte sich damit vergrößern und Forschungen finanzieren, die die Anwendung von Strahlentherapie bei der Krebsbehandlung ermöglichten.

„Ich habe gelernt, dass der Weg des Fortschritts weder kurz noch unbeschwerlich ist.“

Marie Curie

1925 – Wiedersehen mit Albert Einstein

In Genf traf Marie Curie erneut auf Albert Einstein, mit dem sie am vom Völkerbund (der Vorläufer der Vereinten Nationen) gegründeten Internationalen Institut für geistige Zusammenarbeit tätig war, um Wissenschaft und Frieden zu fördern.



Sie hatten sich 1911 bei der 1. Solvay-Konferenz in Brüssel kennengelernt, bei der sich seitdem regelmäßig die größten Gelehrten im Bereich der Physik treffen. Marie Curie war die einzige Frau unter den 24 Teilnehmenden. Selbst bei der wohl berühmtesten 5. Solvay-Konferenz 1927 war Marie Curie noch die einzige Frau unter 29 Anwesenden. 17 dieser 29 Personen haben in ihrem Leben einen Nobelpreis erhalten.



1934 – Tod

Am 4. Juli 1934 starb Marie Curie im Alter von 66 Jahren in Passy an aplastischer Anämie, die durch die vielen Jahre verursacht wurde, in denen sie bei ihrer Forschung Strahlen ausgesetzt war. Außerdem bewahrte Marie Curie auf ihrem Nachttisch stets eine Probe Radium auf, die sie als Nachtlit nutzt.

1995 – Ehrung im Panthéon

Das Panthéon ist ein berühmtes Pariser Monument, in dem die sterblichen Überreste großer französischer Persönlichkeiten aufbewahrt werden, darunter Autorinnen, Forschende, Philosophen und Politikerinnen.

Am 20. April 1995 wurde auf Entscheidung des französischen Präsidenten François Mitterrand die Asche von Marie Curie zusammen mit der ihres Mannes in Bleisärgen (um radioaktive Strahlung zu verhindern) in das Panthéon nach Paris überführt, wo sie nun wenige Meter von ihrer früheren Arbeitsstätte aufbewahrt wird, die inzwischen das Curie-Museum beherbergt.

Marie Curie war die erste Frau, die im Panthéon für ihre eigenen Leistungen geehrt wird.

Ihre Kinder, ihr Vermächtnis

Irène Curie wurde am 12. September 1897 geboren. Genau wie ihre Mutter war sie Chemikerin und Physikerin. Irène Joliot-Curie erhielt zusammen mit ihrem Mann Frédéric Joliot-Curie 1935 den Nobelpreis für Chemie für ihre Entdeckung der künstlichen Radioaktivität.

Beide starben an Erkrankungen aufgrund der übermäßigen Strahlenbelastung bei ihrer Arbeit an der künstlichen Synthese neuer radioaktiver Elemente.

Ève Curie wurde am 6. Dezember 1904 geboren. Sie schrieb die anerkannte Biografie ihrer Mutter namens *Madame Curie*, die 1938 veröffentlicht wurde. Sie heiratete Henry Labouisse, der 1965 den Friedensnobelpreis für die UNICEF (United Nations Children's Fund) entgegennahm.



Marie Curie und ihre Töchter Irène und Ève während der Reise in die USA, 1921
(Fotograf unbekannt, gemeinfrei)

Vom Labor zum Museum

In den ehemaligen Räumlichkeiten des Radium-Instituts an der 1 rue Pierre et Marie Curie im 5. Arrondissement von Paris befindet sich heute das Musée Curie. Dort werden in der Form zahlreicher Gegenstände, Dokumente und Archive jener Zeit die Meilensteine auf dem Weg zur Entdeckung von Radioaktivität ausgestellt. Besucherinnen und Besucher können das rekonstruierte und dekontaminierte Labor und Büro von Marie Curie betreten, in denen auch Irène und Frédéric Joliot-Curie gearbeitet hatten. Marie Curies Labornotizbücher können allerdings nicht eingesehen werden. Sie sind bis heute radioaktiv und werden sicher in der französischen Nationalbibliothek aufbewahrt.





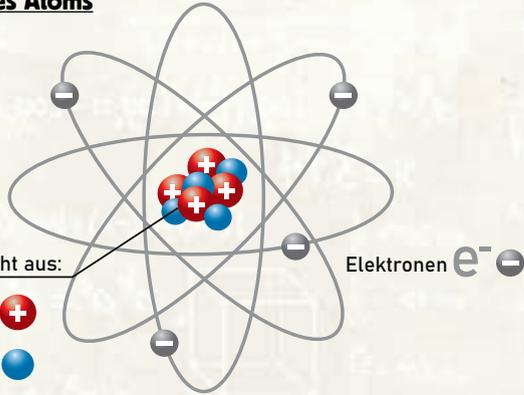
Radioaktivität verstehen



Was ist natürliche Radioaktivität?

Alle Materie um uns herum besteht aus Atomen. Diese Atome bestehen aus einem Kern, um den Elektronen kreisen.

Darstellung eines Atoms



Einige dieser Atomkerne werden als instabil bezeichnet, weil sie zu viel Energie enthalten. Um wieder in einen stabilen Zustand zu gelangen, wandeln sich die Kerne auf natürliche Weise in andere Kerne um. Bei dieser zufälligen, spontanen und irreversiblen Umwandlung (dem so genannten Zerfall) wird Energie in Form von Strahlung freigesetzt. Das ist die sogenannte Radioaktivität.

Diese natürlich radioaktiven Atome sind seit jeher auf unserer Erde vorhanden: in der Atmosphäre (Carbon-14, Radon-222), in der Erdkruste (Uran-238, Uran-235, Radium-226) und in unserer Nahrung (Kalium-40). Wir sind also von Radioaktivität umgeben.

Beispiele natürlicher Radioaktivität:

(Becquerel ist eine Maßeinheit, die angibt, wie viele Atomkerne pro Sekunde radioaktiv zerfallen.)

-  **Granit: 1000 Becquerel pro Kilogramm**
-  **Der menschliche Körper (70 Kilogramm): 8000 Becquerel, davon etwa 5000 aufgrund von Kalium-40 (in den Muskeln)**
-  **Meerwasser: 10 Becquerel pro Liter.**

Radioaktivität Kindern erklären

Radioaktivität ist wie eine unsichtbare Energie, die von den winzigen Teilen ausgeht, aus denen alles um uns herum besteht, wie z.B. Gestein, Luft und sogar unser Körper. Diese Teilchen heißen Atome. Manchmal sind bestimmte Atome ein bisschen zu energiegeladener und brauchen eine Pause. Dann verwandeln sie sich in etwas anderes und geben eine Art unsichtbares Licht ab, das wir nicht sehen und nicht fühlen können, das aber sehr stark ist. Dieses unsichtbare Licht kann fast alles durchdringen!

Vor langer Zeit haben sehr neugierige Wissenschaftler wie Marie und Pierre Curie oder Henri Becquerel dieses unsichtbare Licht entdeckt. Sie fanden sogar neue Atome, die ganz viel von diesem Licht erzeugen. Für ihre Entdeckungen haben sie eine sehr wichtige Auszeichnung bekommen: den Nobelpreis.

Es gibt zwei Arten von Radioaktivität. Die erste Art kommt von Atomen aus der Natur, die in Gesteinen und überall auf der Erde vorkommen. Die zweite Art wird von Leuten in Laboren erzeugt, um bei vielen Dingen zu helfen. Man kann damit kranken Menschen helfen oder Dinge herstellen, die besonders haltbar und sicher sind.

Die Menschen hatten schon ganz viele Ideen, was man mit diesem unsichtbaren Licht machen kann. Man kann damit z.B. Strom erzeugen, Keime in Lebensmitteln abtöten und das Essen sicherer machen oder auch in kranke Menschen reinschauen, um zu sehen, was mit ihnen los ist, und sie zu behandeln. Man kann damit sogar herausfinden, wie alt selbst die allerältesten Steine und Fossilien sind!

Aber bei so mächtigen Sachen wie Radioaktivität muss man immer gut acht geben, denn sie kann gefährlich werden, wenn man nicht aufpasst! Darum müssen alle, die damit arbeiten, besondere Schutzkleidung tragen und strenge Regeln befolgen, damit niemand in Gefahr gerät.

Auch wenn wir Radioaktivität nicht sehen oder spüren können, hat sie trotzdem viele Auswirkungen auf unsere Welt und hilft den Menschen sehr, aber sie kann gefährlich werden, wenn man nicht vorsichtig ist!

Eine Anekdote: Die Banane ist eine kaliumreiche Frucht (einschließlich des radioaktiven Kalium-40) und ist von Natur aus radioaktiv (130 Becquerel pro Kilogramm). Diese Radioaktivität reicht aus, um von Sicherheitskontrollen in den Vereinigten Staaten entdeckt zu werden. Es gibt aber keinen Grund, keine Bananen mehr zu essen, denn die natürliche Radioaktivität ist nicht gesundheitsschädlich.

Was ist mit künstlicher Radioaktivität?

Bei der künstlichen Radioaktivität werden mit Hilfe eines Teilchenbeschleunigers oder eines Kernreaktors radioaktive Atome erzeugt, die in der Natur aufgrund ihrer kurzen Lebensdauer nicht vorkommen.

Für einige dieser künstlich erzeugten Atome gibt es zahlreiche Verwendungsmöglichkeiten (siehe unten). Andere, die beim Betrieb von Kernreaktoren entstehen, sind nukleare Abfälle, für die der Mensch keine Verwendung hat. Sie müssen sorgfältig gelagert und vor jeglichem Kontakt mit dem Menschen geschützt werden.

Was sind die Anwendungsgebiete von Radioaktivität?

Es gibt in unserem Alltag zahlreiche Anwendungsgebiete von natürlicher und künstlicher Radioaktivität, unter anderem:

 **Energie:** Bei der Spaltung von Uranatomen entsteht Wärme, die Wasser in Dampf verwandelt. Dieser Dampf treibt eine Turbine an, die mit einem Generator verbunden ist. So wird in Kernkraftwerken Strom erzeugt.



 **Industrie:** Radioaktivität kann bei der Produktion von widerstandsfähigerem und leichterem Material helfen, indem mithilfe von Strahlung ihre Struktur verändert wird. Durch die Imprägnierung von Holz mit einem bestrahlten Harz erhält man beispielsweise ein neues Material, das sogenannte verdichtete Holz.

Diese Methode, die das Holz härter und widerstandsfähiger gegen Insekten und Schimmel macht, wird zum Beispiel für den Fußboden der Grande Galerie des Nationalen Naturkundemuseums in Paris verwendet.

 **Bauwesen:** Die Messung der Strahlungsabsorption ermöglicht es, die Dicke und Dichte einer Struktur zu messen und z. B. Defekte zu finden.

 **Landwirtschaft und Lebensmittelindustrie:** Bei der Bestrahlung von Lebensmitteln wird die Anzahl von Mikroorganismen und Insekten reduziert und das Lebensmittel so desinfiziert und haltbarer gemacht. In Frankreich werden jedes Jahr etwa 20 000 Tonnen Lebensmittel durch Bestrahlung sterilisiert, wobei nur Atome und Moleküle betroffen sind, ohne dass ein Gesundheitsrisiko besteht. In Deutschland ist die Bestrahlung von Lebensmitteln generell verboten (Ausnahmen gibt es z. B. bei Kräutern und Gewürzen).

 **Medizin:** Radioaktivität hat zahlreiche medizinische Anwendungen ermöglicht, beispielsweise Bildgebung, Scanning, Brachytherapie und Strahlentherapie (Krebsbehandlung) oder auch die Sterilisation von medizinischen Geräten. Die Radioaktivität hat dazu beigetragen, die Diagnostik und Untersuchung von Krankheiten wie Krebs zu verbessern, indem radioaktive Isotope in den Körper eingeführt werden, um durch Strahlenerkennung ein medizinisches Bild zu erzeugen.



Foto: Gehirntomografie

Bei der Brachytherapie wird eine starke radioaktive Quelle in Kontakt mit oder direkt in den Krebstumor eingeführt, wodurch er direkt bestrahlt und zerstört werden soll, ohne die umliegenden gesunden Bereiche zu sehr zu schädigen. Wenn dies nicht möglich ist, greifen die Ärzte auf die externe Strahlentherapie zurück. Die Strahlenquelle bestrahlt dann den Tumor von außerhalb des Körpers.

 **Wissenschaft:** Die Radiokarbonmethode nutzt das radioaktive C-14 (ein Atom, das sich in jeder organischen Materie befindet), um das Alter von kohlenstoffbasierten Proben zu bestimmen (Fossilien, Kohle, Holz, Pigmente, organische Stoffe, Gewebe usw.), die auf einen Zeitraum von 500 bis etwa 70 000 Jahren datiert werden. Sie findet in vielen Bereichen wie Archäologie und Geologie Anwendung.

Wie bestimmt man das Alter von Fossilien?



Kohlenstoff ist ein in unserer Umwelt sehr häufig vorkommendes Element, das am bekanntesten im CO_2 -Molekül in der Atmosphäre enthalten ist. Dieser Kohlenstoff besteht hauptsächlich aus Kohlenstoff-12 (ein stabiles Element), aber auch aus einem relativ konstanten kleinen Anteil an radioaktivem Kohlenstoff-14 (C-14).

CO_2 wird von lebenden Organismen während ihres gesamten Lebens durch Austauschvorgänge (Atmung, Nahrungsaufnahme oder Photosynthese) aufgenommen. Das endet mit ihrem Tod. Die Menge an Kohlenstoff-14 nimmt dann im Laufe der Zeit spontan, natürlich und regelmäßig durch Zerfall ab. Die Menge an Kohlenstoff-12 bleibt jedoch konstant. Je weniger C-14 in einem Fossil verbleibt, desto älter ist es. Die Halbwertszeit (die Zeit, die benötigt wird, bis die Hälfte der Atome auf natürliche Weise zerfallen ist) von C-14 beträgt etwa 5730 Jahre. Die Messung des Verhältnisses von Kohlenstoff-14 zu Kohlenstoff-12 ermöglicht also die Datierung des Todes eines Fossils.

Kunst: Man kann dichte Objekte röntgen, um z.B. die Struktur von Statuen zu verstehen und Metalleinlagen und Hohlräume zu lokalisieren. Diese Informationen helfen dabei, Schäden zu vermeiden, wenn eine Statue bewegt werden soll.

Radioaktivität wird auch bei der Konservierung und Restaurierung von Objekten verwendet, besonders solchen aus organischen Materialien (Holz, Leder, Fasern). 1977 wurde beispielsweise die Mumie von Ramses II. durch Bestrahlung von Larven und Pilzen befreit.

Radioaktive Quellen werden auch zur Analyse von Gemälden verwendet, um die Zusammensetzung der verwendeten Pigmente zu ermitteln, Werke zu bewerten und Fälschungen aufzudecken.

Foto: Die Mumie von Ramses II., ausgestellt im Ägyptischen Museum in Kairo



Militär: Das wohl bekannteste Beispiel ist die Atombombe, die auf dem Prinzip der Kernspaltung von Uran-235 und Plutonium-239 beruht. Dabei werden Kettenreaktionen ausgelöst, die eine enorme Energiemenge freisetzen und gewaltige Explosionen verursachen können.

Pierre Curies Rede anlässlich der Verleihung des Nobelpreises im Jahr 1903 spiegelte die Nutzung der Radioaktivität wider, die Jahre später insbesondere bei der Entwicklung dieser Atomwaffen erfolgte:

„In kriminellen Händen könnte Radium sehr gefährlich werden, und man kann sich fragen, ob es von Vorteil für die Menschheit ist, die Geheimnisse der Natur zu kennen.“



Zeitleisten-Effekte



Nehmt euch alle jeweils 1 Becherglas- oder Rundkolben-Experiment-Plättchen.



Legt alle Würfel vor dem Würfelturm zurück in den Vorrat.



Legt alle jeweils 1× Pechblende aus dem Vorrat in eure Erlenmeyerkolben.



Ihr dürft alle jeweils 1× Pechblende ausgeben, um euch 1 Becherglas- oder Rundkolben-Experiment-Plättchen zu nehmen (ein Mal pro Person). Legt die ausgegebenen Würfel zurück in den Vorrat.



Ihr dürft alle jeweils 1× Pechblende ausgeben, um euch 1 Becherglas- oder Rundkolben-Experiment-Plättchen zu nehmen (ein Mal pro Person). Legt die ausgegebenen Würfel zurück in den Vorrat.



Ihr dürft alle jeweils 1× Uran ausgeben, um 1× Radium zu erhalten (ein Mal pro Person). Legt die ausgegebenen Würfel zurück in den Vorrat.



Ihr dürft alle jeweils 1× Radium ausgeben, um **1 SP** zu erhalten (ein Mal pro Person). Legt die ausgegebenen Würfel zurück in den Vorrat.



Ihr dürft alle jeweils 2× Radium ausgeben, um **1 SP** zu erhalten (ein Mal pro Person). Legt die ausgegebenen Würfel zurück in den Vorrat.



Alle, die genau 1 These haben, legen 1× Uran aus dem Vorrat in ihre Erlenmeyerkolben.
Alle mit 2 oder mehr Thesen legen 1× Radium aus dem Vorrat in ihre Erlenmeyerkolben.



Legt die vier verfügbaren Aktivitätskarten zurück unter den Stapel und zieht vier neue Karten.



Legt die vier verfügbaren Aktivitätskarten zurück unter den Stapel und zieht vier neue Karten.



Alle, die genau 1 These haben, legen 1× Uran aus dem Vorrat in ihre Erlenmeyerkolben.
Alle, die genau 2 Thesen haben, legen 1× Radium aus dem Vorrat in ihre Erlenmeyerkolben.
Alle mit 3 oder mehr Thesen erhalten **1 SP**.



Legt alle jeweils 1× Radium aus dem Vorrat in eure Erlenmeyerkolben.



Das Spielende wird ausgelöst. Spielt die aktuelle Runde bis zur letzten Person in Spielreihenfolge zu Ende, sodass ihr alle gleich oft am Zug wart.



Ihr dürft alle jeweils 1× Uran + 1× Radium ausgeben, um **1 SP** zu erhalten (ein Mal pro Person). Legt die ausgegebenen Würfel zurück in den Vorrat.