Radioaktivität: Was beim Zerfall von Atomkernen passiert

STRAHLUNG, ZERFALL, HALBWERTSZEIT

Anfang März 1896 wollte der Pariser Physiker Henri Becquerel zeigen, dass Uransalze im Sonnenlicht eine durchdringende Strahlung aussenden. Doch der Himmel blieb bedeckt, und er legte seine Kristalle samt den eingewickelten Fotoplatten in eine Schublade. Als er die Platten am 1. März trotzdem entwickelte, waren sie geschwärzt. Das Uran strahlte ganz von allein, ohne Licht und ohne jeden Anstoß von außen [1].

Marie Curie gab dem Phänomen seinen Namen: Radioaktivität. 1898 fanden sie und ihr Mann Pierre zwei neue, viel stärker strahlende Elemente, Polonium und Radium [1]. Für die Entdeckung der Radioaktivität erhielten Becquerel und die Curies 1903 gemeinsam den Physik-Nobelpreis [2]. Heute wissen wir, was dahintersteckt: Instabile Atomkerne wandeln sich von selbst in andere um und geben dabei Strahlung ab. Das geschieht in Gestein und Luft, in unserem Essen und in unserem eigenen Körper.

Was ist Radioaktivität?

Ein Atomkern besteht aus Protonen und Neutronen. Nicht jede Mischung ist stabil. Hat ein Kern zu viele Neutronen, zu viele Protonen oder einfach zu viel Energie, kann er in einen stabileren Zustand übergehen und gibt die überschüssige Energie als Strahlung ab. Diesen Vorgang nennt man radioaktiven Zerfall. Dass sich dabei ein Element in ein anderes verwandelt, erkannten Ernest Rutherford und Frederick Soddy 1902 [3]. Rutherford erhielt dafür 1908 den Chemie-Nobelpreis [4].

Die Strahlung, die dabei entsteht, ist ionisierend: Sie hat genug Energie, um Elektronen aus Atomen und Molekülen herauszuschlagen [5]. Genau deshalb kann sie in lebendem Gewebe Schaden anrichten, und genau deshalb lässt sie sich mit Messgeräten so gut nachweisen.

Alpha-, Beta- und Gammastrahlung

Schon 1899 bemerkte Rutherford, dass die Strahlung des Urans aus mindestens zwei Sorten besteht, eine leicht abzuschirmende und eine durchdringendere. Er nannte sie Alpha- und Betastrahlung [6]. Heute unterscheidet man vor allem drei Arten:

Strahlung	Was fliegt da?	Abschirmung
Alpha	Heliumkern aus zwei Protonen und zwei Neutronen	ein Blatt Papier [5]
Beta	Elektron, seltener ein Positron	einige Millimeter Aluminium [5]
Gamma	energiereiches Licht, also Photonen	Blei oder Beton [5]

Die drei häufigsten Arten radioaktiver Strahlung.

Beim Alphazerfall verlässt ein Heliumkern den Atomkern, obwohl er nach der klassischen Physik dafür gar nicht genug Energie hat. Georg Gamow erklärte 1928, dass er quantenmechanisch durch die Energiebarriere des Kerns hindurchtunnelt [7]. Mehr dazu im Artikel über den Tunneleffekt. Beim Betazerfall wandelt sich im Kern ein Neutron in ein Proton um, und neben dem Elektron entsteht ein fast unsichtbares Teilchen, das Antineutrino. Wie man diese Geisterteilchen nachweist, steht im Artikel über Neutrinos. Gammastrahlung schließlich entsteht oft unmittelbar danach, wenn der neue Kern seine restliche Energie als Photon abgibt.

Für die Gefahr kommt es darauf an, wo die Strahlung wirkt. Von außen hält schon ein Blatt Papier Alphateilchen auf. Atmet man aber einen Alphastrahler ein, geben sie ihre ganze Energie auf engstem Raum im Lungengewebe ab. Genau das ist das Problem beim Radon, dazu gleich mehr.

Die Halbwertszeit

Wann ein bestimmter Atomkern zerfällt, lässt sich nicht vorhersagen. Nach allem, was man weiß, ist es ein reiner Zufall im Sinne der Quantenphysik. Bei sehr vielen Kernen ergibt sich trotzdem ein festes Gesetz: Nach einer bestimmten Zeit ist jeweils die Hälfte zerfallen. Diese Zeit heißt Halbwertszeit $T_{½}$. Von N_0 Kernen am Anfang sind nach der Zeit t noch

$$N(t) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{½}}} \tag{1}$$

übrig. Nach einer Halbwertszeit ist es die Hälfte, nach zweien ein Viertel, nach zehn noch ein Tausendstel (eigene Rechnung). Wie viele Zerfälle pro Sekunde stattfinden, nennt man die Aktivität A. Sie ist umso größer, je mehr Kerne vorhanden sind und je kürzer ihre Halbwertszeit ist:

$$A = \lambda \cdot N, \qquad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{½}} \approx \frac{0{,}693}{T_{½}} \tag{2}$$

Die Halbwertszeiten reichen von Bruchteilen einer Sekunde bis zu Milliarden Jahren:

Nuklid	Halbwertszeit	Zerfall	wo es vorkommt
Radon-222	3,8 Tage	Alpha	Bodenluft, Gebäude
Iod-131	8,0 Tage	Beta	Schilddrüsenmedizin, Reaktorunfälle
Tritium (Wasserstoff-3)	12,3 Jahre	Beta	Leuchtziffern, Fusionsforschung
Cäsium-137	30,1 Jahre	Beta	Fallout von Tschornobyl und Kernwaffentests
Kohlenstoff-14	5700 Jahre	Beta	jedes Lebewesen, Altersbestimmung
Plutonium-239	24 110 Jahre	Alpha	Atommüll, Kernwaffen
Kalium-40	1,25 Milliarden Jahre	Beta	Lebensmittel, menschlicher Körper, Gestein
Uran-238	4,47 Milliarden Jahre	Alpha	Gestein, Kernbrennstoff

Halbwertszeiten einiger wichtiger Radionuklide, gerundet, nach [8]. Bei Kalium-40 ist der Betazerfall der häufigste Weg.

Die Kohlenstoff-14-Methode nutzt genau dieses Gesetz. Lebewesen nehmen ständig Kohlenstoff auf, darunter einen winzigen Anteil des radioaktiven Kohlenstoff-14. Stirbt ein Organismus, kommt nichts mehr nach, und der Gehalt halbiert sich alle 5700 Jahre[8]. Aus dem Rest lässt sich ablesen, wie lange der Tod zurückliegt. Willard Libby erhielt für diese Methode 1960 den Chemie-Nobelpreis[9].

Ein Beispiel mit Gegenwartsbezug: Das Cäsium-137, das im Frühjahr 1986 nach dem Reaktorunfall von Tschornobyl über Deutschland niederging, hat eine Halbwertszeit von 30 Jahren. Vierzig Jahre später ist davon noch rund 40 Prozent vorhanden (Abb. 1, eigene Rechnung mit Gleichung 1).

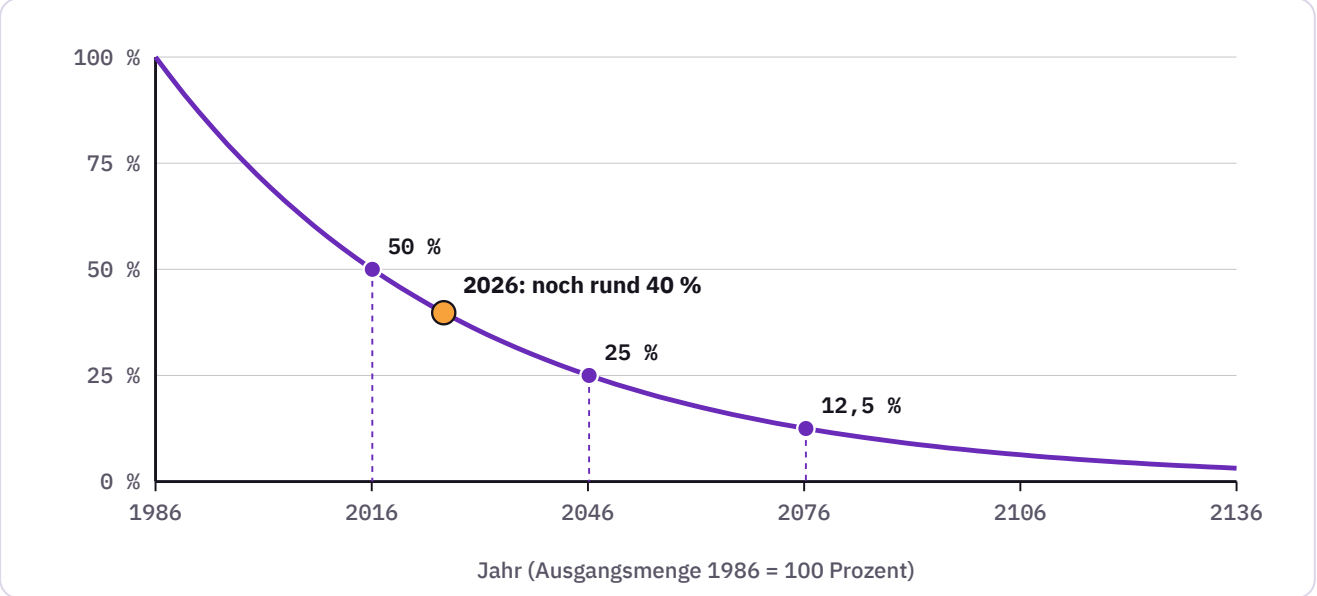

Abb. 1: So nimmt das Cäsium-137 ab, das 1986 nach dem Unfall von Tschornobyl niederging. Nach jeder Halbwertszeit von rund 30 Jahren ist noch die Hälfte übrig. Eigene Berechnung und Darstellung, Halbwertszeit nach [8].

Becquerel und Sievert

Zwei Einheiten tauchen in jeder Meldung über Strahlung auf, und sie messen ganz verschiedene Dinge. Das Becquerel (Bq) zählt Zerfälle: Ein Becquerel ist ein Zerfall pro Sekunde. Es beschreibt also, wie stark eine Probe strahlt. Das Sievert (Sv) dagegen beschreibt, wie stark die Strahlung auf den Menschen wirkt. In diese effektive Dosis gehen die Art der Strahlung und die Empfindlichkeit der getroffenen Organe ein [10]. Im Alltag rechnet man in Millisievert (mSv), Tausendsteln eines Sievert.

Wie beides zusammenhängt, zeigt ein Beispiel des Bundesamts für Strahlenschutz: Wer 80 000 Becquerel Cäsium-137 mit der Nahrung aufnimmt, erhält als Erwachsener eine Dosis von etwa einem Millisievert [11]. Auch der eigene Körper ist radioaktiv. Durch Kalium-40 und Kohlenstoff-14 aus der Nahrung finden in jedem Menschen etwa 9000 Zerfälle pro Sekunde statt [12].

Wie viel Strahlung wir abbekommen

Aus natürlichen Quellen erhält ein Mensch in Deutschland im Mittel 2,1 Millisievert pro Jahr. Je nach Wohnort, Ernährung und Lebensweise können es zwischen 1 und 10 Millisievert sein. Den größten Anteil, 1,1 Millisievert, liefert das Edelgas Radon, das man mit der Atemluft aufnimmt. Kosmische Strahlung und die Strahlung aus Boden und Baustoffen machen zusammen etwa 0,7 Millisievert aus [10]. Hinzu kommt die Medizin, vor allem Röntgen- und CT-Untersuchungen. Insgesamt lag die mittlere Belastung im Jahr 2022 bei 3,6 Millisievert pro Person, rund 40 Prozent davon aus bildgebenden Verfahren [13].

Radon verdient einen zweiten Blick. Es entsteht im Boden und in Gesteinen aus dem Zerfall von Uran und kann sich in Gebäuden ansammeln [14]. Radon selbst hat eine Halbwertszeit von 3,8 Tagen, seine Zerfallsprodukte zerfallen noch viel schneller und bestrahlen dabei die Lunge von innen. Nach dem Rauchen gilt Radon als eine der wichtigsten Ursachen für Lungenkrebs. Etwa sechs Prozent der Todesfälle durch Lungenkrebs in Deutschland gehen nach Einschätzung des Bundesamts für Strahlenschutz auf Radon in Gebäuden zurück [14].

Warum Wildschweine in Bayern noch strahlen

Auf Ackerböden ist das Cäsium aus Tschornobyl längst kein Problem mehr, weil es fest an Tonminerale gebunden ist. Im Waldboden dagegen bleibt es in den oberen Schichten für Pilze und Pflanzen verfügbar. Im Bayerischen Wald, im Donaumoos, bei Mittenwald und im Berchtesgadener Land werden bei Wildschweinen noch heute vereinzelt Werte gemessen, die den Grenzwert von 600 Becquerel pro Kilogramm um mehr als das Zehnfache überschreiten [11]. Bei Rehen und Hirschen liegen die Werte viel niedriger [11].

Eine Gruppe der Leibniz Universität Hannover und der TU Wien hat 2023 herausgefunden, dass Tschornobyl nicht allein schuld ist. Über das Verhältnis der Isotope Cäsium-135 und Cäsium-137, eine Art Fingerabdruck, ließ sich die Herkunft bestimmen. In den belasteten Proben stammten 10 bis 68 Prozent des Cäsiums aus Kernwaffentests, die rund 60 Jahre zurückliegen [15]. Die Wildschweine tragen also zwei Altlasten mit sich herum.

Strahlung, die bleibt

Am längsten beschäftigt uns die Radioaktivität beim Atommüll. Plutonium-239 hat eine Halbwertszeit von 24 110 Jahren [8], und nach zehn Halbwertszeiten, als noch ein Tausendstel übrig ist, sind 240 000 Jahre vergangen (eigene Rechnung). Deshalb sucht Deutschland ein Endlager für hochradioaktive Abfälle, das über sehr lange Zeiträume sicher sein muss. Die Bundesgesellschaft für Endlagerung will bis Ende 2027 vorschlagen, welche Standortregionen näher erkundet werden [16].

Becquerels Fotoplatten aus der Schublade haben eine Entwicklung angestoßen, die von der Krebstherapie bis zur Altersbestimmung archäologischer Funde reicht und deren Folgen uns noch Jahrtausende begleiten werden. Ihr Kern ist ein Zufall, den niemand beeinflussen kann: der Moment, in dem ein einzelner Atomkern beschließt zu zerfallen.

Quellen

1. American Physical Society: *March 1, 1896: Henri Becquerel Discovers Radioactivity.* APS News 17 (2008), Nr. 3, aps.org.
2. Nobel Prize Outreach: *The Nobel Prize in Physics 1903.* nobelprize.org.
3. E. Rutherford, F. Soddy: *The cause and nature of radioactivity. Part I.* In: Philosophical Magazine 4 (1902), S. 370–396, doi:10.1080/14786440209462856.
4. Nobel Prize Outreach: *The Nobel Prize in Chemistry 1908.* nobelprize.org.
5. Bundesamt für Strahlenschutz: *Was ist ionisierende Strahlung?* Stand 24. März 2022, bfs.de.
6. E. Rutherford: *Uranium radiation and the electrical conduction produced by it.* In: Philosophical Magazine 47 (1899), S. 109–163, doi:10.1080/14786449908621245.
7. G. Gamow: *Zur Quantentheorie des Atomkernes.* In: Zeitschrift für Physik 51 (1928), S. 204–212, doi:10.1007/BF01343196.
8. International Atomic Energy Agency, Nuclear Data Section: *Live Chart of Nuclides*, Grundzustandsdaten nach ENSDF, nds.iaea.org (abgerufen am 28. Oktober 2026).
9. Nobel Prize Outreach: *The Nobel Prize in Chemistry 1960.* nobelprize.org.
10. Bundesamt für Strahlenschutz: *Natürliche Strahlung in Deutschland.* bfs.de (abgerufen am 28. Oktober 2026).
11. Bundesamt für Strahlenschutz: *Strahlenbelastung von Pilzen und Wildbret.* Stand 26. August 2026, bfs.de.

12. Fachverband für Strahlenschutz: *Radioaktive Stoffe in Lebensmitteln.* Strahlenschutz kompakt Nr. 08, überarbeitete Fassung 05/2026, fs-ev.org.
13. Deutscher Bundestag: *Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2022.* Unterrichtung durch die Bundesregierung, Drucksache 21/8300, bundestag.de.
14. Bundesamt für Strahlenschutz: *Was ist Radon?* Stand 13. November 2024, bfs.de.
15. F. Stäger, D. Zok, A.-K. Schiller u. a.: *Disproportionately High Contributions of 60 Year Old Weapons-^{137}Cs Explain the Persistence of Radioactive Contamination in Bavarian Wild Boars.* In: Environmental Science & Technology 57 (2023), S. 13601–13611, doi:10.1021/acs.est.3c03565.
16. Bundesgesellschaft für Endlagerung: *Wie funktioniert die Endlagersuche? Von der weißen Landkarte zu Standortregionen.* Vortrag beim Bürgerforum, 27. Februar 2026, bge.de.

Zitiervorschlag

quanten.de: *Radioaktivität: Was beim Zerfall von Atomkernen passiert.* Stand: November 2026. URL: https://quanten.de/radioaktivitaet.html

Texte und Abbildungen © 2026 quanten.de. Nutzung mit Quellenangabe und Link gern, kommerzielle Nutzung nach Absprache: info@quanten.de

Weiterlesen: Tunneleffekt · Neutrinos · Proton · Atommodelle