

Herzlich Willkommen. Ich freue mich, dass du das Radonproblem genau so ernst nimmst wie ich - sonst würdest du dir ja sicher nicht diese Zeilen durchlesen. Ich möchte dir erklären was an Radon so gefährlich ist. Doch dafür musst du erst einmal Radioaktivität und die daraus entstehenden Risiken verstehen. Wenn du dir das Folgende genau durchliest, wirst auch du bald hinter das Problem blicken können und ebenfalls die Gefahren sehen...

WAS IST RADIOAKTIVITÄT?

Unter **Radioaktivität** versteht man die Erscheinung, dass sich **Atomkerne** unter Abgabe von **ionisierender Strahlung** verändern. Um diesen Prozess der Kernumwandlung untersuchen zu können, müssen wir erst eine Vorstellung vom Aufbau von **Nukliden** entwickeln:

WAS IST EIN NUKLID?

Ein Nuklid ist eine Sorte eines Atomkerns. Jedes Nuklid wird durch die Anzahl an **Neutronen** und **Protonen**, die sich im Atomkern befinden eindeutig charakterisiert.

Protonen sind einfach **positiv geladen**. Die Anzahl der Protonen im Atomkern wird als **Kernladungszahl Z** bezeichnet. Sie ist gleich der Ordnungszahl im Periodensystem. Neutronen hingegen sind elektrisch **neutral**. Die Anzahl der Neutronen im Atomkern wird als **Neutronenzahl N** bezeichnet.



Im Atomkern eines Sauerstoffatoms befinden sich $Z=8$ Protonen. Die am häufigsten vorkommende, stabile Form von Sauerstoff hat ebenfalls $N=8$ Neutronen im Atomkern. Allerdings gibt es auch Sauerstoffnuklide, mit mehr oder weniger Neutronen.

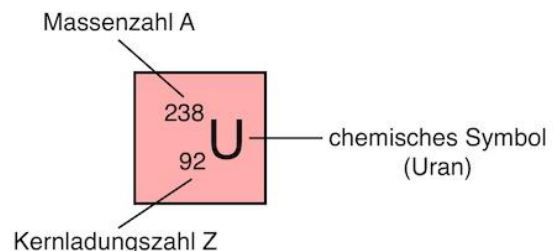
Die Anzahl der Protonen und Neutronen im Atomkern bestimmt nun, um welches **Nuklid** (=Art des Atoms) es sich handelt. Die Summe der Neutronen und Protonen wird **Massenzahl $A = Z + N$** genannt.



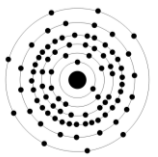
Ein stabiles Sauerstoffnuklid hat eine Massenzahl von $A = Z + N = 8 + 8 = 16$, und wird somit Sauerstoff-16 oder auch O-16 genannt.

WIE KENNZEICHNET MAN EIN NUKLID?

Ein Nuklid lässt sich durch die oben beschriebenen Größen, die **Massenzahl A**, **Neutronenzahl N** und **Kernladungszahl Z** charakterisieren. Nuklide werden üblicherweise in der **Nuklidschreibweise** dargestellt, wie hier rechts beispielhaft für Uran:



$^{238}_{92}\text{U}$ kann auch in Kurzschreibweise einfach als **U-238** geschrieben werden. Aus der Tatsache, dass es sich um Uran handelt lässt sich nämlich mit einem Blick ins Periodensystem ableiten, dass die Kernladungszahl 92 sein muss, weswegen diese nicht explizit genannt werden muss. Auch die Neutronenzahl lässt sich ableiten: $N = A - Z = 238 - 92 = 146$. Damit lässt sich jedes Nuklid entweder durch Angabe seiner **Massenzahl A** und **Kernladungszahl Z** oder durch Angabe **des chemischen Symbols und der Massenzahl A** eindeutig charakterisieren.



WIE ENTSTEHT RADIOAKTIVITÄT?

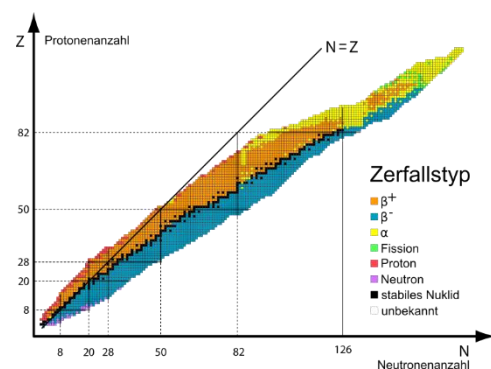
Voraussetzung dafür, dass ein Nuklid stabil ist, ist ein **ausgewogenes Verhältnis zwischen Neutronen und Protonen**. Ist dies nicht der Fall, sind die Atomkerne instabil, sodass sie zu einer **Kernumwandlung** in einen stabilen Zustand tendieren. Dieses Verhalten wird **Radioaktivität** genannt und geht mit der Aussendung von ionisierender Strahlung einher. In der folgenden Tabelle werden als Beispiel unterschiedliche Sauerstoffnuklide gezeigt:

Nuklid	Z (Kernladungszahl)	N (Neutronenzahl)	Stabilität	Eigenschaften
O-16	8	8	stabil	Natürlich vorkommend: Macht 99,76% des Sauerstoffvorkommens auf der Erde aus
O-20	8	12	Instabil: Neutronenüberschuss	Nur künstlich erzeugbar. Wandelt sich mit einer Halbwertszeit von 13,5 Sekunden in Fluor-20 um.



Ein ausgewogenes Neutronen-Protonen-Verhältnis muss nicht bedeuten, dass $N=Z$. Blei-208 bspw. ist stabil, obwohl sich der Kern aus 82 Protonen und 126 Neutronen zusammensetzt.

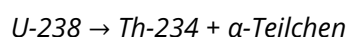
Nuklide, die die gleiche Kernladungszahl Z und unterschiedliche Neutronenzahlen N haben, werden **Isotope** genannt. Bspw. sind O-16 und O-20 Isotope des Sauerstoffs. Alle bekannten Nuklide werden in der **Nuklidkarte** dargestellt, welche Informationen über jedes Nuklid (ob es stabil ist, wie es sich umwandelt, ...) enthält.



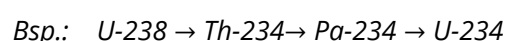
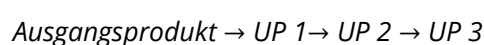
Nuklidkarte mit farbigen markierten Umwandlungsarten (=Zerfallstyp)
Nuklidkarte in Segrè-Darstellung von Napy1kenoby unter CC-BY-SA 3.0 via Wikipedia

WAS PASSIERT BEI EINER KERNUMWANDLUNG?

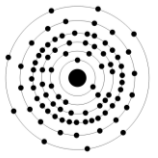
Instabile, radioaktive Nuklide können künstlich erzeugt werden oder auch in der Natur vorkommen. Diese **Radionuklide** wandeln sich spontan unter **Aussendung von ionisierender Strahlung** um. Uran-238 bspw. sendet Alpha-Strahlung bei seiner Umwandlung zu Thorium-234 aus:



Das Thorium-234 wird hierbei als **Umwandlungsprodukt (UP)** bezeichnet. Das Umwandlungsprodukt kann ebenfalls radioaktiv sein wodurch **Umwandlungsreihen** entstehen. Wenn man Kenntnisse über die jeweilige Umwandlungsart des Nuklids hat (dazu im Folgenden mehr), lassen sich Umwandlungsreihen aufstellen:



Ein weiteres Beispiel für ein natürliches Radionuklid, das eine Umwandlungsreihe erzeugt, ist Radon-222. Um das Verhalten von Rn-222 zu verstehen, wollen wir Umwandlungsarten genauer betrachten.



WELCHE UMWANDLUNGSARTEN GIBT ES?

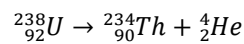
Es gibt drei wesentliche Arten, wie sich ein Radionuklid umwandeln kann:

1. α -Umwandlung
2. β^- - und β^+ -Umwandlung
3. γ -Umwandlung

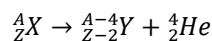
Im Folgenden wollen wir uns nur die **α - und β^- -Umwandlung** detaillierter angucken:

1. α -Umwandlung

Bei der Alpha-Umwandlung wird Alpha-Strahlung in Form eines **Heliumkernes** freigesetzt. Dieser setzt sich aus 2 Neutronen und 2 Protonen zusammen (Nuklidschreibweise: ${}^4_2\text{He}$). Der Heliumkern „verlässt“ bei der Alpha-Umwandlung den Mutterkern, sodass ein neuer Tochterkern entsteht. In Nuklidschreibweise wird die **Umwandlungsgleichung** der bereits oben beschriebenen Alpha-Umwandlung von Uran-238 folgendermaßen notiert:

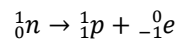


Bei einer Alpha-Umwandlung sinkt also die Neutronen- und Kernladungszahl jeweils um 2. Es gilt:

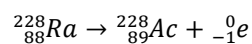


2. β^- -Umwandlung

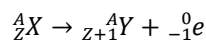
Die Beta-Minus-Umwandlung tritt bei **Neutronenüberschuss** auf. Dabei wandelt sich ein einzelnes Neutron innerhalb des Kernes in ein Proton um. Während dieses Umwandlungsprozesses wird Beta-Strahlung in Form eines **Elektrons** freigesetzt. Ein Elektron ist einfach negativ geladen und wird somit in Nuklidschreibweise als ${}^0_{-1}e$ notiert. Allgemein lässt sich die Reaktionsgleichung folgendermaßen aufstellen:



Ein Beispiel hierfür ist die Radium-228-Umwandlung:



Da sich ein Neutron in ein Proton umwandelt, erhöht sich die Kernladungszahl um 1, während sich die Neutronenzahl um 1 verringert. Die Massenzahl A hingegen bleibt gleich. Somit gilt für die allgemeine β^- -Umwandlung:



Beachte, dass bei einer Umwandlungsgleichung die Massenzahl A und Kernladungszahl Z auf der linken und rechten Seite der Gleichung immer gleich groß sind.

A, Z und N sind Erhaltungsgrößen.

Nun solltest du alles wissen, um die Umwandlungsreihe des natürlichen Radionuklids Radon-222 aufstellen zu können. Viel Erfolg.