

## Zusammenfassung Kernchemie

Rutherford'sches Atommodell = Massiger Kern + massenlose Elektronenhülle  
 Atomkern = positiv geladene Protonen + neutrale Neutronen (beide gelten als Nukleonen)

Die Anzahl der Protonen im Atomkern bestimmt die **Kernladungszahl** des Atoms. Die Kernladungszahl ist identisch mit der **Ordnungszahl** eines Elements im Periodensystem der Elemente. Die **Massenzahl** eines Atoms ergibt sich aus der Summe der Protonen- und Neutronenzahl im Atomkern.

$$\begin{array}{c} \text{Anzahl der Protonen} \\ Z \end{array} + \begin{array}{c} \text{Anzahl der Neutronen} \\ N \end{array} = \begin{array}{c} \text{Massenzahl des Atoms} \\ A \end{array}$$

Atome eines Elements enthalten immer dieselbe Anzahl Protonen aber nicht dieselbe Anzahl Neutronen im Kern.

Eine Atomsorte mit definierter Protonenzahl und Neutronenzahl wird als **Nuklid** bezeichnet. Nuklide gleicher Protonenzahl aber unterschiedlicher Neutronenzahl nennt man **Isotope**.

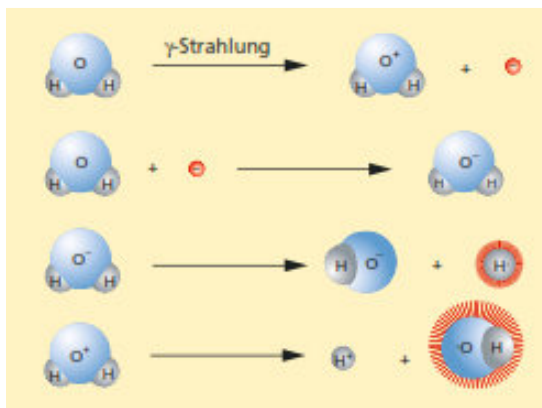
Die Kernkraft hat eine stärkere Wirkung als die elektrostatische Abstoßung zwischen den gleich geladenen Protonen, wirkt jedoch über eine deutlich kleinere Entfernung als diese Abstoßungskräfte. Daraus folgt, dass mit größer werdendem Kern und zunehmender Zahl von Nukleonen Energie durch die starke Kernkraft gewonnen wird.

Da die starke Kernkraft aber nur zwischen dicht beieinander liegenden Nukleonen wirkt, wird der Effekt der Abstoßung zwischen den Protonen mit steigender Protonenzahl immer größer. Deshalb kann ein Atomkern nicht beliebig groß werden, sondern erreicht ein Optimum der Stabilität, in dem diese beiden gegenläufigen Kräfte „ausbalanciert“ sind. Die Konsequenz dessen ist, dass alle Atomkerne, die mehr als 84 Protonen besitzen, instabil sind.

Die Kraft, die die Kernbausteine, die Nukleonen zusammenhält, wird als **starke Kernkraft** bezeichnet.

Radioaktiver Zerfall:

Kernreaktionen laufen unter Beteiligung von Elementarteilchen ab.



Beim **radioaktiven Zerfall** wandeln sich Kerne, die außerhalb der Zone stabiler Nuklide (↗ S. 43) liegen, freiwillig bzw. spontan durch Aussenden einer **radioaktiven Strahlung** in einen stabileren Kern mit niedrigerem Energieinhalt um.

Je nach Art der beim **spontanen Zerfall** von Atomkernen ausgesendeten Strahlung unterscheidet man zwischen drei grundlegenden Zerfallsarten. Beim  **$\alpha$ -Zerfall** entstehen  $\alpha$ -Teilchen,  ${}^4_2\text{He}$ . Bei dieser Art von Strahlung nimmt die Massenzahl um 4 und die Kernladungszahl um 2 ab. Beim  **$\beta$ -Zerfall** werden  $\beta$ -Teilchen, entweder Elektronen,  ${}^0_{-1}\text{e}$ , oder Positronen,  ${}^0_{+1}\text{e}$ , an die Umgebung abgegeben.

Bei den **Elektroneneinfangreaktionen** nimmt ein Proton im Kern ein Elektron aus der inneren Schale der Atomhülle auf und wird dadurch in ein Neutron umgewandelt. Dabei werden keine Teilchen, sondern radioaktive  **$\gamma$ -Strahlen** ausgesendet.  $\gamma$ -Strahlen sind energiereiche elektromagnetische Wellen hoher Frequenz, die auch als energiereiche Photonen bezeichnet werden. Sie werden als  ${}^0_0\gamma$  symbolisiert und sind Träger der überschüssigen Energie, die bei der Stabilisierung von Kernen abgegeben wird.  $\gamma$ -Strahlen treten jedoch nicht nur bei Elektroneneinfangreaktionen auf, sondern begleiten auch den  $\alpha$ -Zerfall und den  $\beta$ -Zerfall. Der Energiegehalt der radioaktiven Strahlung kann stark variieren und wird maßgeblich von der Art des Zerfalls bestimmt (↗ S. 46).

Zerfallsart	Merkmale	Beispiele
<p><math>\alpha</math>-Zerfall</p> <p><math>\alpha</math>-Teilchen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kernumwandlung unter Aussendung von <math>\alpha</math>-Teilchen, <math>{}^4_2\text{He}</math></li> <li>- Abnahme der Massenzahl <math>A</math> um 4 und der Kernladungszahl <math>Z</math> um 2 Einheiten</li> <li>- typisch für radioaktive Elemente mit <math>A &gt; 209</math> und <math>Z &gt; 83</math></li> </ul>	${}^{238}_{92}\text{U} \longrightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$ ${}^{232}_{90}\text{Th} \longrightarrow {}^{228}_{88}\text{Ra} + {}^4_2\text{He}$ ${}^{226}_{88}\text{Ra} \longrightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$ ${}^{210}_{84}\text{Po} \longrightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + {}^4_2\text{He}$
<p><math>\beta^-</math>-Zerfall</p> <p>Elektron</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kernumwandlung unter Abstrahlung von Elektronen, <math>{}^0_{-1}\text{e}</math></li> <li>- Umwandlung eines Neutrons in ein Proton und ein Elektron</li> <li>- Zunahme der Kernladungszahl <math>Z</math> um 1 Einheit bei konstanter Massenzahl <math>A</math></li> <li>- typisch für radioaktive Elemente mit <math>N/Z</math> oberhalb der Zone der Stabilität (↗ S. 43)</li> </ul>	${}^{131}_{53}\text{I} \longrightarrow {}^{131}_{54}\text{Xe} + {}^0_{-1}\text{e}$ ${}^{231}_{91}\text{Pa} \longrightarrow {}^{231}_{92}\text{U} + {}^0_{-1}\text{e}$ ${}^{80}_{35}\text{Br} \longrightarrow {}^{80}_{36}\text{Kr} + {}^0_{-1}\text{e}$ ${}^{243}_{94}\text{Am} \longrightarrow {}^{243}_{95}\text{Cm} + {}^0_{-1}\text{e}$
<p><math>\beta^+</math>-Zerfall</p> <p>Positron</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kernumwandlung unter Emission von Positronen <math>{}^0_{+1}\text{e}</math></li> <li>- Umwandlung eines Protons in ein Neutron und ein Positron</li> <li>- Abnahme der Kernladungszahl <math>Z</math> um 1 Einheit bei konstanter Massenzahl <math>A</math></li> <li>- typisch für radioaktive Elemente mit <math>N/Z</math> unterhalb der Zone der Stabilität (↗ S. 43)</li> </ul>	${}^{11}_{6}\text{C} \longrightarrow {}^{11}_{5}\text{B} + {}^0_{+1}\text{e}$ ${}^{40}_{19}\text{K} \longrightarrow {}^{40}_{18}\text{Ar} + {}^0_{+1}\text{e}$ ${}^{22}_{11}\text{Na} \longrightarrow {}^{22}_{10}\text{Ne} + {}^0_{+1}\text{e}$ ${}^{15}_{8}\text{O} \longrightarrow {}^{15}_{7}\text{N} + {}^0_{+1}\text{e}$
<p><math>\gamma</math>-Zerfall</p> <p>Elektron</p> <p><math>\gamma</math>-Strahlung</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Umwandlung eines Protons durch ein Elektron einer inneren Elektronenschale in ein Neutron</li> <li>- Kernumwandlung unter Abstrahlung energiereicher Photonen, der <math>\gamma</math>-Strahlung</li> <li>- typisch für fast alle radioaktiven Elemente</li> </ul>	${}^0_{-1}\text{e} + {}^{85}_{37}\text{Rb} \longrightarrow {}^{85}_{36}\text{Kr} + {}^0_0\gamma$ ${}^0_{-1}\text{e} + {}^{37}_{18}\text{Ar} \longrightarrow {}^{37}_{17}\text{Cl} + {}^0_0\gamma$ ${}^0_{-1}\text{e} + {}^9_4\text{Be} \longrightarrow {}^9_3\text{Li} + {}^0_0\gamma$ <p>Bei allen Elektroneneinfangreaktionen wird <math>\gamma</math>-Strahlung frei.</p>

## Künstliche Kernumwandlung

Im Unterschied zum spontanen radioaktiven Zerfall können **Kernumwandlungen** auch durch Beschuss von Atomkernen mit Elementarteilchen künstlich erzwungen werden.

### Masse und Energie – die Kernbindungsenergie

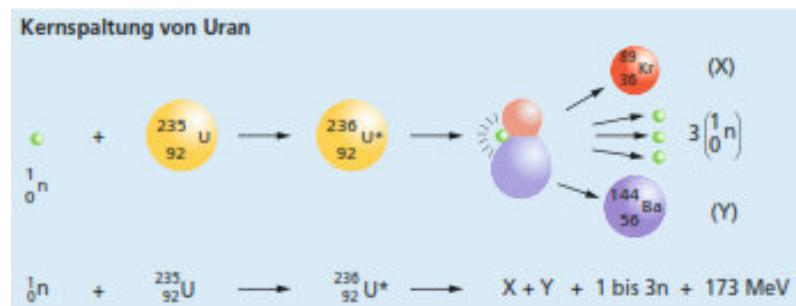
Bei jeder freiwillig ablaufenden Kernreaktion ist die Gesamtmasse der neu gebildeten Kerne kleiner als die Gesamtmasse der Ausgangskomponenten. Diese Massendifferenz  $\Delta m$  wird als **Massendefekt** bezeichnet. Mithilfe der **EINSTEIN-Gleichung** kann der Energiegewinn berechnet werden, der sich aus dem Massendefekt bei Kernreaktionen ergibt.

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

Die **Kernbindungsenergie** ist die Energie, die bei der Zerlegung eines Kerns in seine einzelnen Nukleonen, d.h., Protonen und Neutronen, aufgebracht werden muss.

Kernspaltung, 1938 gefunden durch Otto Hahn und Fritz Strassmann. Beschuss von grossen Teilen mit kleinen Teilen.

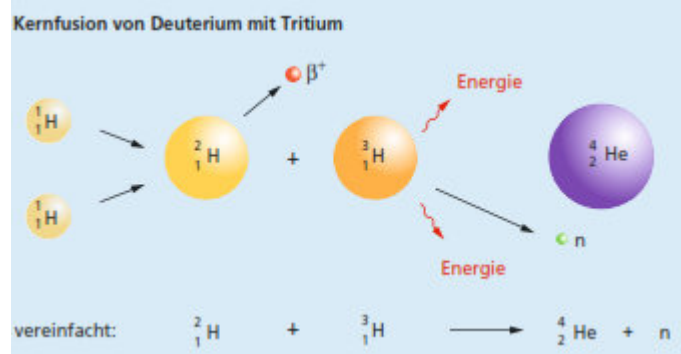
Als **Kernspaltung** wird die Zerlegung schwerer Atomkerne in leichtere bezeichnet. Dabei wird Energie freigesetzt.



Die Kettenreaktion (einmal in Gang läuft sie immer weiter) kann nur stattfinden wenn genügend spaltbares Material vorhanden ist.

Die erforderliche Mindestmenge an spaltbarem Material, mit der eine Kettenreaktion in Gang gesetzt und aufrecht erhalten werden kann, wird **kritische Masse** genannt.

**Kernfusion** ist die Verschmelzung leichterer Atomkerne zu schwereren. Dabei wird Energie freigesetzt.



Solche Vorgänge finden vereinfacht in der Sonne statt.

Die Halbwertszeit  $t_{1/2}$  ist die Zeit die verstreicht bis die Hälfte der am Anfang vorhandenen Kerne zerfallen ist.