

# Kernspaltung & Kettenreaktion

Im Jahr 1934 tauchte die Vermutung auf, dass beim Beschuss schwerer Atomkerne mit Neutronen die Kerne in mehrere Bruchstücke zerfallen könnten.

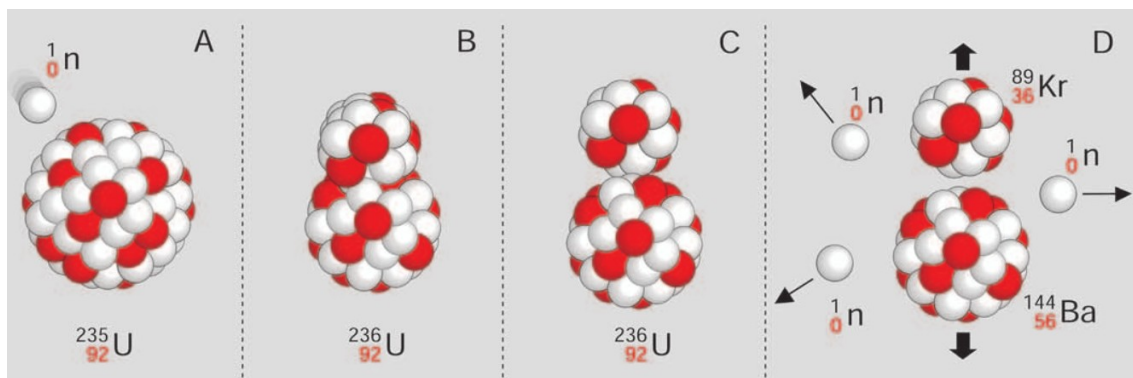
Die Chemiker Otto Hahn und Fritz Strassmann waren in den Jahren bis 1938/39 damit beschäftigt die geringen Mengen der erzeugten Isotope zu identifizieren. Durch Gedankenaustausch mit anderen Forschern, vor allem mit der nach Schweden emigrierten Lise Meitner, festigte sich die Überzeugung, dass beim Beschuss von Uran mit Neutronen tatsächlich radioaktives Barium entstanden war. Das konnte aber nichts anderes bedeuten, als dass Urankerne gespalten worden waren. In einem Aufsatz von Lise Meitner und ihrem Mitarbeiter Max Frisch wurde der Begriff „Kernspaltung“ zum ersten Mal geprägt. Es wird darin auch aufgezeigt, dass als Spaltprodukte auch radioaktive Isotope des Strontiums und Yttriums entstanden.

Inzwischen ist nachgewiesen worden, dass sich grundsätzlich alle Atomkerne spalten lassen. Bei bestimmten Uran- und Plutoniumisotopen ist diese Spaltung mit Hilfe von Neutronen aber besonders leicht durchzuführen. Außerdem wird bei der Spaltung dieser Kerne mehr Energie frei als dafür aufgewendet werden muss (exotherme Reaktion).

In der Natur kommen drei Uranisotope vor: U-234, U-235 und U-238. Sie sind Alphastrahler mit unterschiedlichen Halbwertszeiten. Alle drei Isotope haben zusätzlich die Eigenschaft, sich spontan zu spalten. Die Spontanspaltung ergibt sich aus der Tatsache, dass bei schweren Atomkernen die Abstoßung zwischen den Protonen etwa so groß ist, wie der Zusammenhalt durch die Kernkräfte. Die Stabilität solcher Kerne ist dadurch sehr geschwächt. Da die Spontanspaltung bei Uran jedoch sehr selten vorkommt, spielt sie für die Kerntechnik praktisch keine Rolle. Bei den in der Bundesrepublik Deutschland betriebenen Kernkraftwerken werden hauptsächlich Kerne des Uran-235 gespalten. Diese lassen sich sehr leicht durch Neutronenbeschuss spalten. So eine Kernspaltung lässt sich durch eine Kernreaktionsgleichung beschreiben.



Trifft ein langsames (thermisches) Neutron einen Atomkern des U-235, wird es vom Kern aufgenommen. Es entsteht ein hoch angeregter Zwischenkern des Isotops U-236. Seine Lebensdauer beträgt nur etwa  $10^{-14}$ s. Der neue Kern versucht seine Anregungsenergie abzugeben. Die Spaltung kann man sich im Modell so vorstellen, dass nach dem (A) Empfang des Neutrons der Urankern zu schwingen beginnt, sich (B) ellipsenförmig verformt, (C) hantelförmig einschnürt und letztlich (D) in zwei mittelschwere Trümmerkerne sowie in zwei bis drei Neutronen zerfällt.



Die Spaltung eines U-235-Kerns kann verschiedene Spaltprodukte ergeben. Dabei muss die Summe der Kernladungszahlen der Spaltprodukte gleich der Kernladungszahl des Urans sein. Die Massenzahl der Trümmerkerne und der freigewordenen Neutronen betragen stets 236. Man kennt heute über 300 verschiedene Spaltprodukte des U-235.

Die mittelschweren Trümmerkerne der Spaltung haben eine geringere Bindungsenergie als der Ausgangskern U-235. Die überschüssige Energie wird bei der Kernspaltung freigesetzt und kann z. B. Im Kernkraftwerk zur Erhitzung von Wasser genutzt werden. Wenn man die Masse der Kernteilchen des U-235 und des primären Neutrons mit der Summe der Massen der Spaltprodukte und der sekundären Neutronen vergleicht, so ist nach der Kernspaltung ein geringer Massenverlust festzustellen. Dieser Verlust entspricht nach der Gleichung  $E = m \cdot c^2$  der bei der Spaltung frei werdenden Energie.

Um eine Stadt mit 1,5 Mio. Einwohnern vollständig mit Kernenergie ein Jahr lang zu versorgen, bräuchte man gerade einmal 1,39 t Uran. Das entspräche aufgrund der hohen Dichte des Urans einem Würfel von ungefähr 0,4 m Kantenlänge. Würde man die gleiche Energiemenge durch das Verfeuern von Steinkohle erzeugen, bräuchte man die 2,5-millionenfache Masse. Das entspräche eine Würfel mit der Kantenlänge von 150 m.

Weil bei der Kernspaltung von Uran auch 2-3 Neutronen frei werden, sind diese in der Lage sofort wieder weitere Atomkerne zu spalten, so dass ein lawinenartiger Spaltprozess entsteht: eine sogenannte „Kettenreaktion“. Dabei werden ungeheure Mengen an Energie in kürzester Zeit frei. Dafür ist bei Uran-235 eine „kritische Masse“ von ca. 50 kg nötig.

