

Radioaktiver Zerfall

Jede radioaktive Substanz „zerfällt“ im Laufe der Zeit. „Zerfallen“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass der Atomkern eines radioaktiven Isotops ein Strahlungsteilchen (z.B. Alpha-, Beta-, oder Gammastrahlung) aussendet, und sich dabei auf irgendeine Art und Weise „verändert“. Im Fall der Alpha – und der Betastrahlung entsteht bei einer solchen Kernveränderung ein Isotop eines anderen Elements! Beachten Sie, dass Sie es dabei mit einem Vorgang zu tun haben, der nur bei Kernumwandlungen vorkommen kann. „Normalerweise“ (z.B. bei chemischen Veränderungen) kann niemals aus Kohlenstoff Stickstoff werden. Oder aus Uran Blei. Bei radioaktiven Prozessen passiert genau das. Wenn Sie eine Probe mit radioaktiven Material vor sich haben, wird die Menge an Atomen, die darin enthalten ist, also ständig abnehmen (während sich gleichzeitig ein anderes Element bildet). Es ist möglich, dass die neu entstandenen Atome selbst wieder radioaktiv sind. Dann zerfallen sie auch irgendwann und es entsteht wieder ein neues Element. Das geht so weiter bis irgendwann ein stabiles Isotop eines bestimmten Elements entsteht. Man spricht in solchen Fällen von „Zerfallsreihen“.

Die Halbwertszeit

Wie schnell eine gegebene Menge einer radioaktiven Substanz zerfällt, hängt von der Halbwertszeit des entsprechenden Isotops ab. Die Halbwertszeit ist die Zeit, die vergeht, bis von einer bestimmten Anzahl an Atomen die Hälfte zerfallen ist. Sie ist eine für jedes Isotop spezifische Konstante. Das hört sich einfach an, birgt aber einige Tücken:

- 1.) Radioaktive Zerfälle sind zufällige Prozesse. Das führt zu paradoxen Situationen: Wenn Sie z.B. nur zwei einzelne Atome eines radioaktiven Isotops beobachten, macht es keinen Sinn zu sagen, dass nach einer Halbwertszeit eines davon zerfällt. Eigentlich wäre das gerade die Hälfte. Die Statistik macht uns hier aber einen Strich durch die Rechnung. Wann eines der zwei Atome zerfällt (oder auch welches der beiden zerfällt) kann man nicht vorhersagen. Vielleicht dauert es tatsächlich ungefähr eine Halbwertszeit, vielleicht geht es aber auch schneller oder dauert viel länger. Der Begriff „Halbwertszeit“ wird erst dann sinnvoll anwendbar wenn Sie sehr, sehr viele Atome beobachten. Bei 100 Millionen radioaktiven Atomen beispielsweise können Sie schon mit sehr guter Sicherheit sagen, dass nach einer Halbwertszeit **ungefähr** 50 Millionen zerfallen sind. Die Vielzahl an Atomen ermöglicht diese Aussage und niemand wird sich daran stören ob es nun tatsächlich ein paar Tausend mehr oder weniger waren. Bei einer so riesigen Anzahl spielt das überhaupt keine Rolle.
- 2.) Oft wird der Fehler begangen, die Halbwertszeit nicht konsequent ernst zu nehmen. Ein Beispiel: Wenn man wieder 100 Millionen radioaktive Atome annimmt, die z.B. eine Halbwertszeit von 1 Stunde haben, so zerfallen in einer Stunde ca. 50 Millionen Atome. Wenn man danach eine weitere Stunde abwartet, so könnte man denken, dass danach alle Atome weg sind. In der ersten Stunde sind 50 Millionen verschwunden, warum sollte das in der darauffolgenden Stunde anders sein?

Vorsicht: Die Halbwertszeit gibt an, *wann von einer beliebigen Anzahl an Atomen* die Hälfte zerfallen ist. D.h. von den 50 Millionen Atomen, die nach einer Stunde noch übrig waren, zerfallen in der darauffolgenden Stunde nur 25 Millionen. In der darauffolgenden Stunde nur noch 12,5 Millionen, dann nur noch 6,25 Millionen, usw. Die Anzahl an zerfallenden Atomen nimmt also kontinuierlich ab, proportional zur Anzahl an Atomen, die „zu Beginn“ vorhanden waren. Das muss man sich immer klar machen.

Die Halbwertszeit mathematisch

Bezeichnet man die Anzahl an radioaktiven Atomen, die zu Beginn der Beobachtung vorhanden sind mit „ N_0 “, und den Zeitpunkt, an dem die Beobachtung beginnt mit „ t_0 “, so wird nach einer Halbwertszeit (HWZ) noch die Hälfte davon vorhanden sein. Den Zeitpunkt, nach dem eine Halbwertszeit vergangen ist, nennt man t_1 . Es gilt also:

Zum Zeitpunkt t_1 liegen $N_1 = \frac{N_0}{2} = \frac{N_0}{2^1}$ Atome vor. Verfolgt man diesen Gedankengang weiter, so liegen zum Zeitpunkt t_2 , also nach zwei Halbwertszeiten, noch ein Viertel der ursprünglichen Menge vor (die Hälfte der Hälfte):

Zum Zeitpunkt t_2 liegen noch $N_2 = \frac{N_0}{4} = \frac{N_0}{2^2}$ Atome vor. Konsequenterweise ergibt sich so, dass nach einer Anzahl von „ x “ Halbwertszeiten noch:

$$N_x = \frac{N_0}{2^x} = N_0 \cdot 2^{-x}$$

Atome vorliegen.

