Halbwertzeit

Prof. Dr.-Ing. habil W. Bidlingmaier & Dr.-Ing. Christian Springer

Projekt Orbit | Dr. W. Bidlingmaier | Bauhaus Universität Weimar | www.orbit-online.net

Die Halbwertszeit ist die Zeit, in der sich ein exponentiell mit der Zeit abnehmender Wert halbiert hat. Bei exponentiellem Wachstum spricht man entsprechend von einer Verdoppelungszeit bzw. Generationszeit (in der Biologie).

Die nach einer Halbwertszeit verbliebene Menge einer Substanz halbiert sich im Lauf der nächsten Halbwertszeit wiederum, d. h. es verbleibt 1/2·1/2=1/4; nach 3 Halbwertszeiten 1/8, dann 1/16, 1/32, 1/64 und so fort.

Die **physikalische Halbwertzeit** ist die Zeit, nach der die Hälfte einer bestimmten Zahl von radioaktiven Atomkernen zerfallen ist (Radionuklid, Radioaktivität). Nach Ablauf einer physikalischen Halbwertzeit sind sowohl Menge als auch Aktivität eines radioaktiven Stoffes auf den halben Wert gesunken. Jedes Radionuklid hat eine für sich charakteristische physikalische Halbwertzeit, die von Bruchteilen von Sekunden bis zu Milliarden von Jahren reichen kann. Künstliche Radionuklide (Kernkraftwerk) mit großen physikalischen Halbwertzeit stellen eine besondere Gefahr dar, sie müssen Zehntausende von Jahren mit größter Sorgfalt von der Umwelt ferngehalten werden.

Die **biologische Halbwertzeit** auch Eliminationshalbwertszeit ist die Zeitspanne, nach deren Ablauf ein Organismus die Hälfte einer ihm zugeführten Substanz (Inkorporation) durch Stoffwechselvorgänge ausgeschieden hat. Die Einnahme geeigneter Nahrungsmittel (z.B. jodhaltiger Nahrungsmittel bei radioaktivem Iod) bzw. chemischer Substanzen kann die Verweildauer von radioaktiven Substanzen im Körper verkürzen. Allgemeiner läßt sich die biologische Halbwertszeit auf alle Stoffe beziehen, die in den menschlichen Körper gelangen.

Effektive Halbwertzeit: Wird einem Organismus eine radioaktive Substanz zugeführt, so nimmt die Anzahl der radioaktiven dieser Substanz einerseits durch den radioaktiven Zerfall, andererseits durch die Ausscheidung ab. Die effektive Halbwertzeit berücksichtigt beide Größen und gibt somit die Zeitspanne an, nach der die Gefährdung des Organismus auf die Hälfte gesunken ist. Effektive Halbwertzeit = (physikalische Halbwertzeit x biologische Halbwertzeit/(physikalische Halbwertzeit + biologische Halbwertzeit).

Beispiel:

Das radioaktive Iod Isotop I-131 besitzt eine physikalische Halbwertzeit von 8,07 Tagen und eine biologische Halbwertzeit von 138 Tagen. Daraus ergibt sich eine effektive Halbwertzeit von 8,07 x 138/(8,07 + 138) = 7,6 Tage.

Masse k nach n Jahren:

$$k_n = k_0 * e^{-w*n}$$

k	Masse	
n	Jahre	
w	Ln (1-p/100)	Halbwertzeit ist n_h = (ln 2) / w
p	Zerfallsrate	

Halbwertzeit:
Die Halbwertszeit $T_{1/2}$ ist mit der Zerfallsrate verbunden über

$w \cdot T_{1/2} = \ln(2)$
$w = \ln(2) / T_{1/2}$

Halbwertszeiten einiger radioaktive Isotope:
- Uran (238 U): 4,5. Mrd. Jahre
- Kohlenstoff (14C): 5730 Jahre
- Radium (236 Ra): 1622 Jahre
- Thorium (223 Th): 0,9 Sekunden

Ganzwertzeit
Abgeleitet von der Halbwertszeit, spricht man auch von der Ganzwertszeit, die die zehnfache Halbwertszeit ist. Genau genommen ist die Abnahme der Aktivität 2-10 = 1/1024, praktisch ist keine Strahlung mehr anzunehmen.

Das Isotop C-14 ist in einem festen Verhältnis in unserer Atmosphäre enthalten. Durch Einatmen und durch Nahrungsaufnahme kommt es auch im Körper aller Lebewesen zu einem festen Verhältnis zwischen normalem C-12 und instabilem C-14 vor. Wenn ein Lebewesen (auch Pflanzen) stirbt, dann hört es auf zu Atmen und Nahrung aufzunehmen. Das hat zur Folge, dass der Anteil an C-14 immer geringer wird. Anhand der radioaktiven Strahlung, die von einem toten Lebewesen ausgeht, kann man durch die Radiokarbonmethode bestimmen, wie viel Prozent des ursprünglichen C-14 Anteils noch vorhanden sind und in der Folge den Tod des Lebewesens und damit das Alter des Fundes bestimmen.

Beispiel
Ein Stoff hat noch 90% des normalen Anteils von C-14

$$\mathrm{t} = \mathrm{t}(0{,}5) \cdot \log_2(0{,}9) = 5730a \cdot \log_2(0{,}9) \approx -870,98a$$

Die Probe ist also circa 870,98 Jahre alt.