

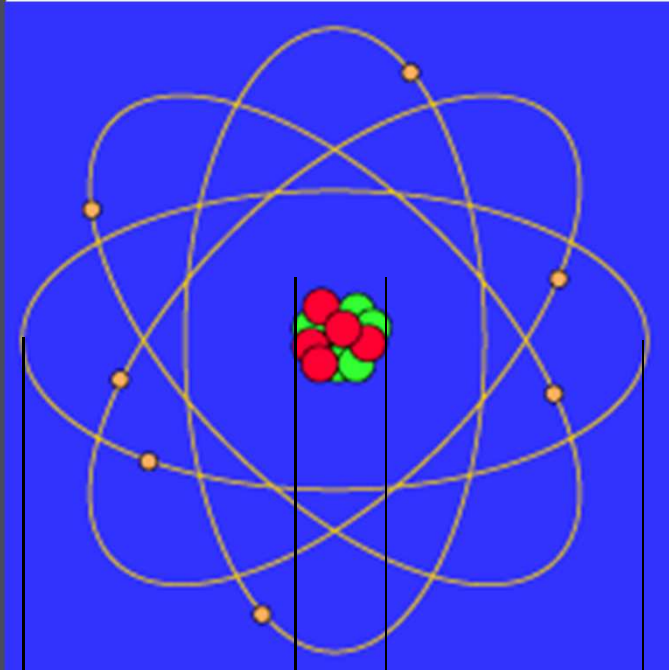


# Das Bohrsche Atommodell

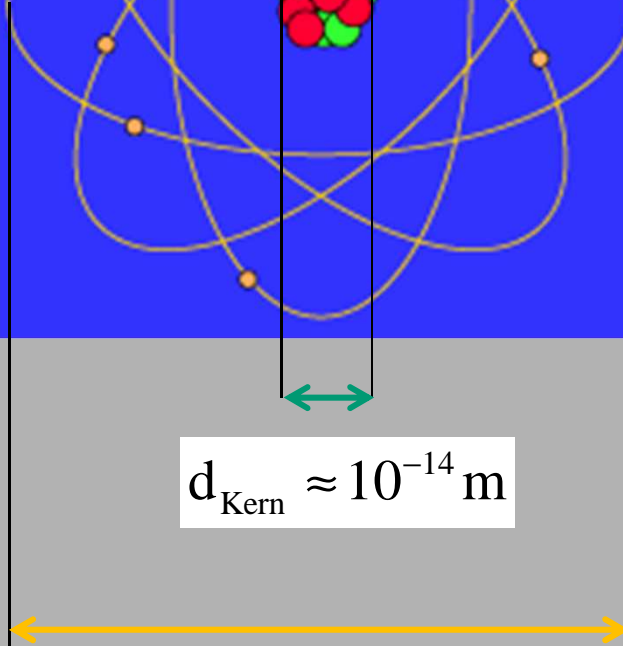


Nils Bohr

1885-1962



$d_{\text{Kern}} \approx 10^{-14} \text{ m}$

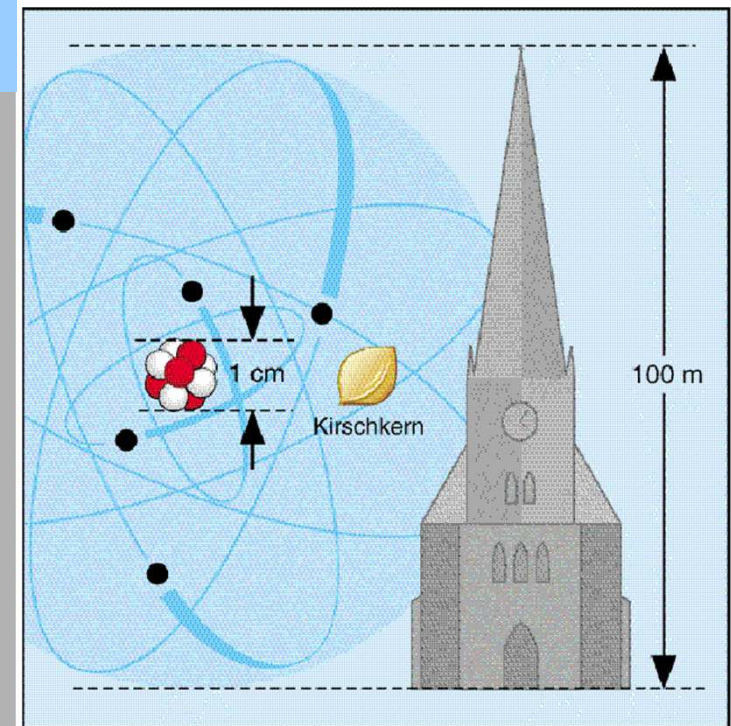


$d_{\text{Atom}} \approx 10^{-10} \text{ m}$

Atomdurchmesser  $d_{\text{Atom}} \approx 10^{-10} \text{ m}$




Kerndurchmesser  $d_{\text{Kern}} \approx 10^{-14} \text{ m}$

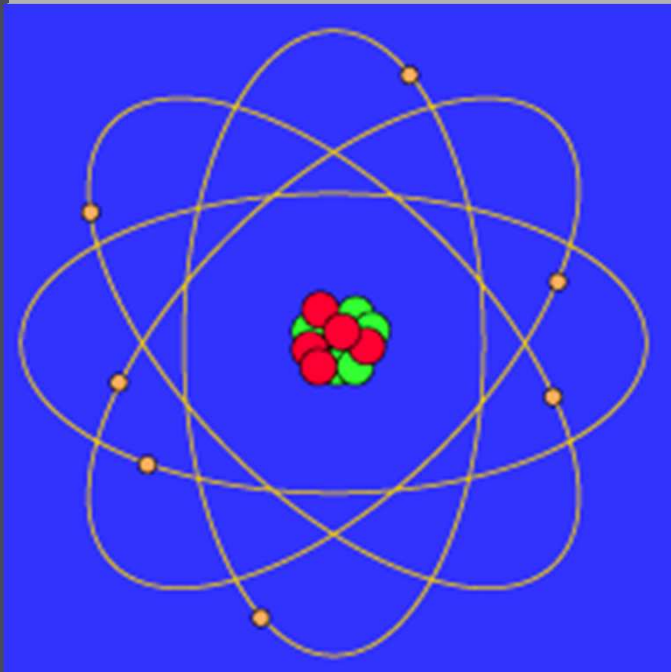
<http://www.matrix-quantenenergie.de>





## Masse und Ladung der Elementarteilchen

Elementarteilchen	Masse (Ruhemasse)		Ladung	
	in kg	in Elektronen- massen	in Coulomb	in Elementar- ladungen
Elektron 	$9,10938 \cdot 10^{-31}$	1	$- 1,6022 \cdot 10^{-19}$	-1
Proton 	$1,67262 \cdot 10^{-27}$	1836,15	$1,6022 \cdot 10^{-19}$	+1
Neutron 	$1,67493 \cdot 10^{-27}$	1838,68	0	0



Durchmesser eines Nukleons

$$d_{\text{Proton}} \approx d_{\text{Neutron}} \approx 10^{-15} \text{ m}$$

$$1 \text{ Femtometer (1 fm)} = 10^{-15} \text{ m}$$



## Schreibweisen für Atomkerne

**Massenzahl:**  
 Gesamtzahl der Protonen und Neutronen

**Kernladungszahl:**  
 Anzahl der Protonen

Kern eines Heliumatoms

Kern eines Kohlenstoffatoms

Kern eines Uranatoms

Kern eines Heliumatoms	Kern eines Kohlenstoffatoms	Kern eines Uranatoms
${}^4_2\text{He}$	${}^{12}_6\text{C}$	${}^{235}_{92}\text{U}$
He 4	C 12	U 235
Massenzahl 4 Kernladungszahl 2	Massenzahl 12 Kernladungszahl 6	Massenzahl 235 Kernladungszahl 92

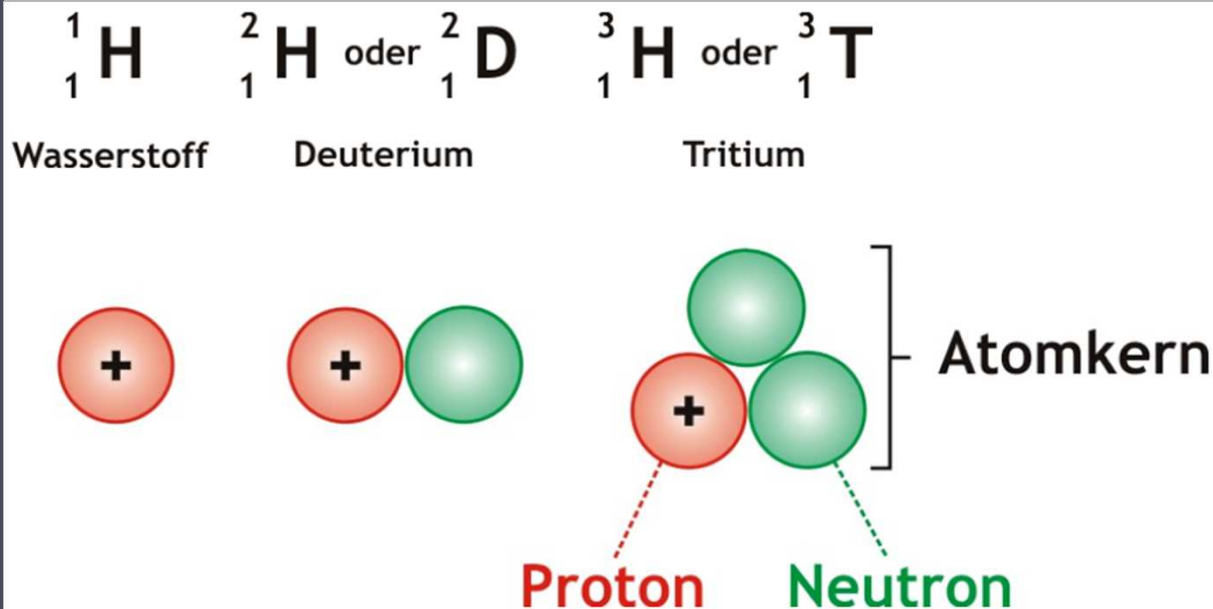


# Isotope

griechisch: *ísos* „gleich“ und *tópos* „Ort“

**Isotope** sind Atome, deren Atomkerne gleich viele Protonen (also die gleiche Ordnungszahl), aber verschieden viele Neutronen enthalten. Sie stehen also **im Periodensystem am gleichen Ort**.

Der natürliche Wasserstoff mit drei Isotopen:



Man hat auch noch die Isotope



gefunden, die aber nur weniger als  $10^{-22}\text{s}$  lange leben!



# Isotope

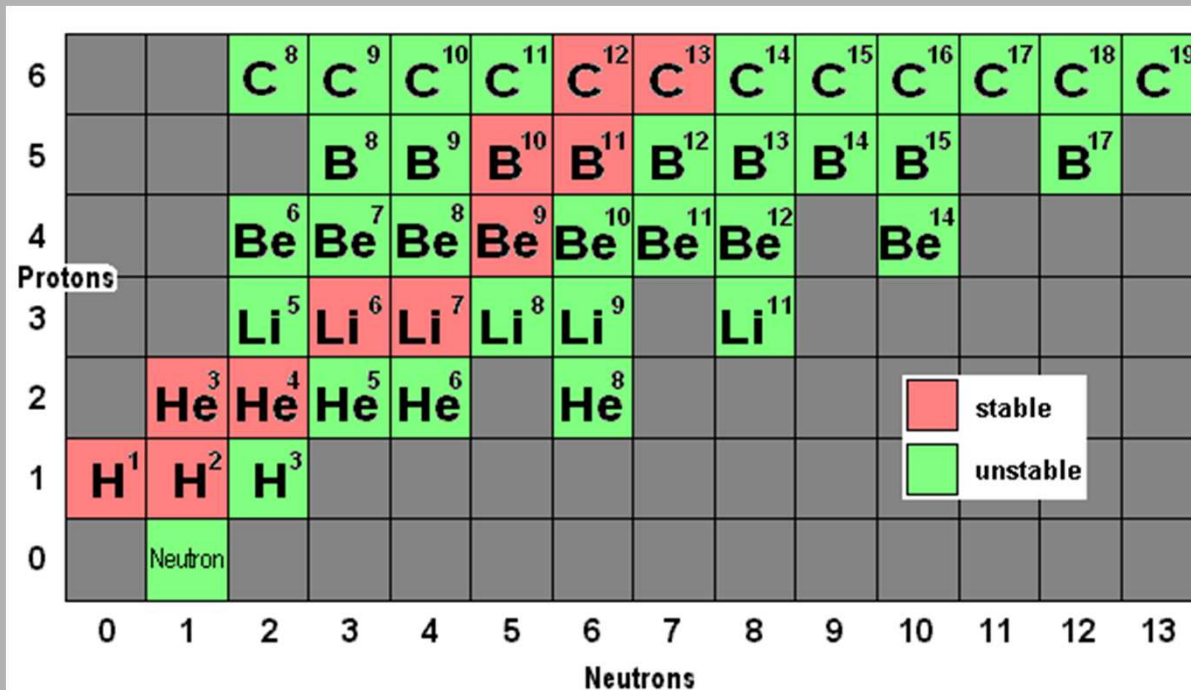
griechisch: *ísos* „gleich“ und *tópos* „Ort“

Der natürliche Sauerstoff mit drei stabilen Isotopen:

$^{16}\text{O}$ 15.9949 99.76% Stable	$^{17}\text{O}$ 16.9991 0.04% Stable	$^{18}\text{O}$ 17.9991 0.20% Stable
--	---	---

Der natürliche Kohlenstoff mit drei wichtigen Isotopen:

$^{12}\text{C}$ 12.00000 98.89% Stable	$^{13}\text{C}$ 13.00335 1.11% Stable	$^{14}\text{C}$ 14.0 $t_{1/2} = 5715\text{yrs}$ Radioactive
---	--	--







# Isotope

griechisch: *ísos* „gleich“ und *tópos* „Ort“



## Die Entdeckung der Radioaktivität



Antoine Henri  
Becquerel (1852-1908)



Original von Becquerel:  
Durch Uranmineral  
geschwärmte Fotoplatte.

Bei seinen Forschungen hatte Becquerel Uranminerale auf eine lichtdicht verschlossene Fotoplatte gelegt. Er bemerkte, dass die Platte daraufhin belichtet wurde. Als Ursache dieser Schwärzung vermutete er eine bis dahin unbekannte Energiestrahlung des Urans, die die lichtdichte Hülle ungehindert durchdringt.





## Gamma-Strahlung

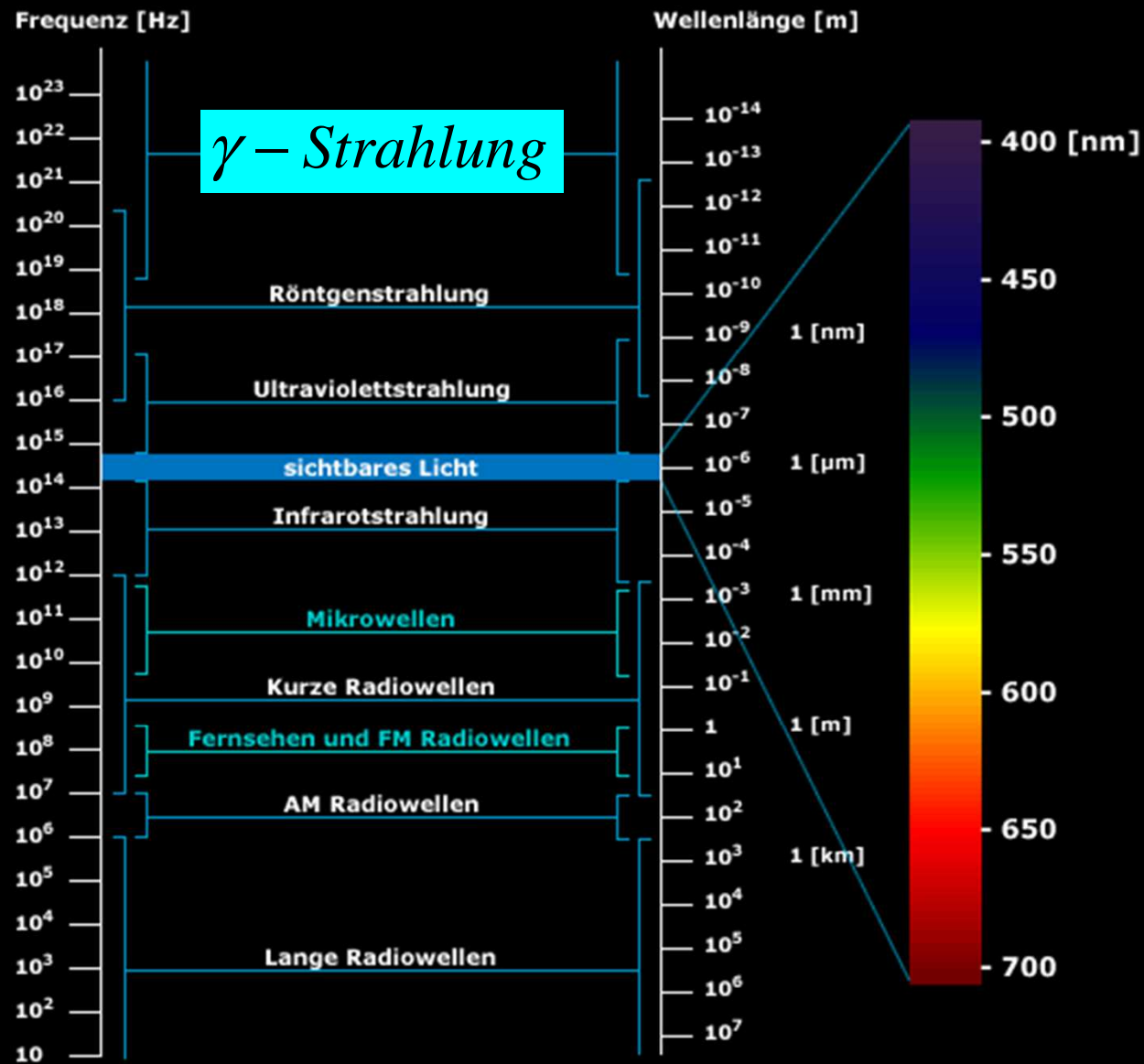


Manche Kerne senden eine sehr energiereiche (harte) elektromagnetische Strahlung aus, die sogenannte

$\gamma$  – Strahlung



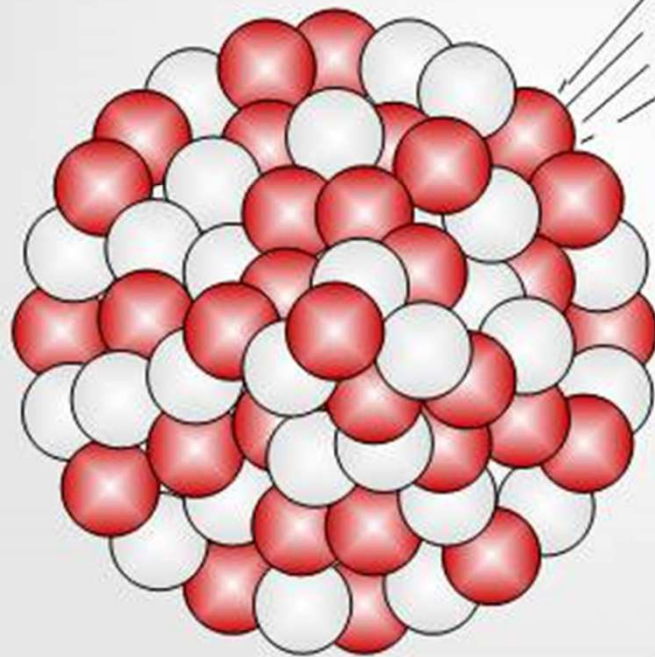
# Gamma-Strahlung





## Alpha-Strahlung

Alpha-  
Strahlung



2 Protonen  
+  
2 Neutronen

$\alpha$

He-Kern

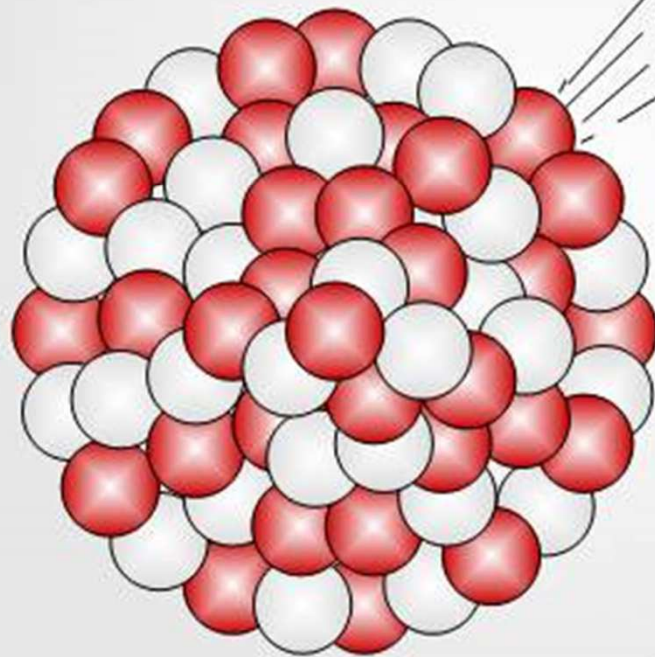
Manche Kerne  
senden  
Heliumkerne aus.  
Diese Strahlung  
nennt man

$\alpha$  – Strahlung



## Alpha-Strahlung

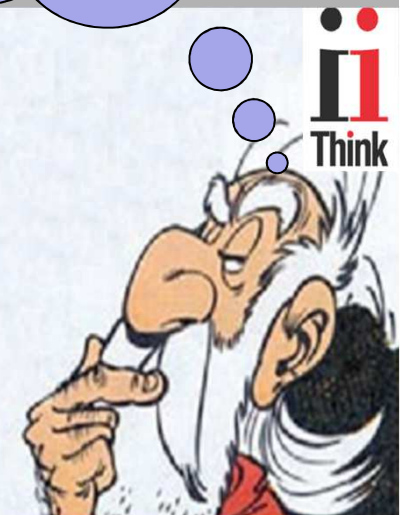
Alpha-  
Strahlung



2 Protonen  
+  
2 Neutronen

$\alpha$

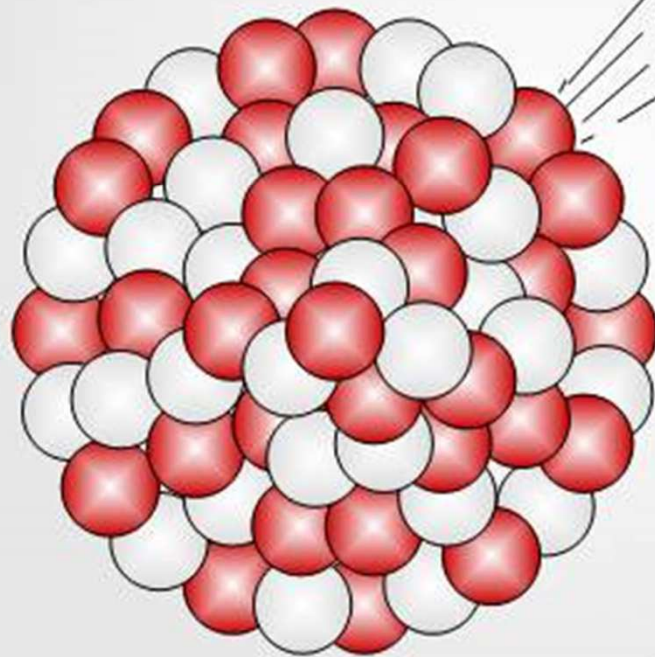
Dann entsteht ja  
ein anderes  
Element!



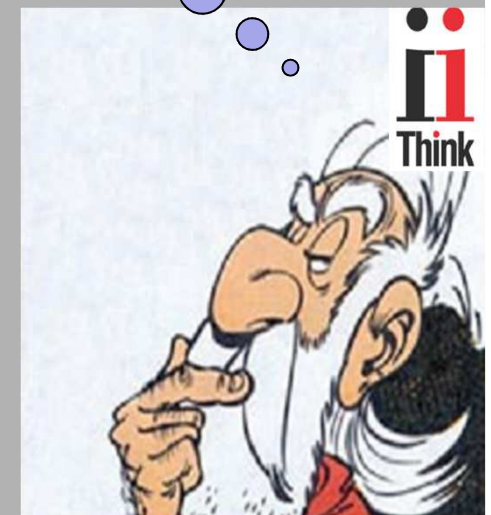


# Alpha-Strahlung

## Alpha-Strahlung



2 Protonen  
+  
2 Neutronen

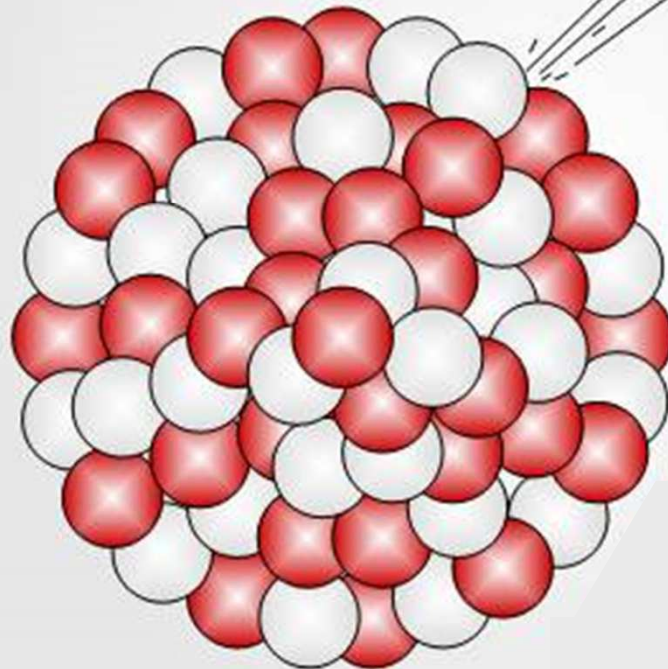




## Beta-Strahlung

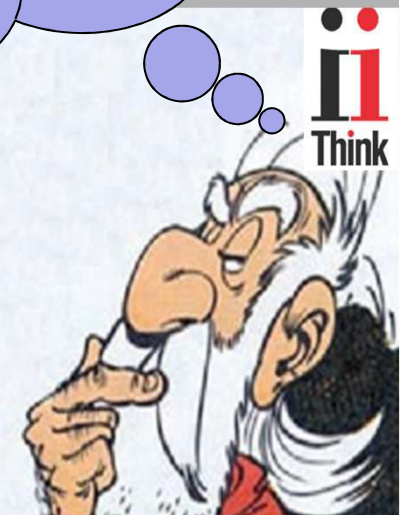
Wie kann das sein ?

Beta-  
Strahlung



$\beta^-$

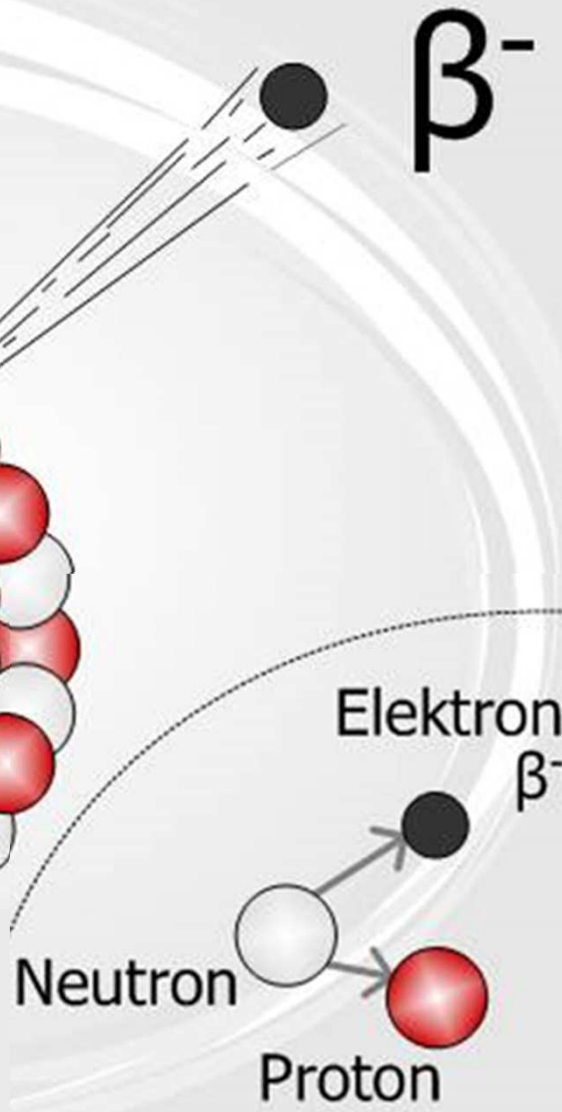
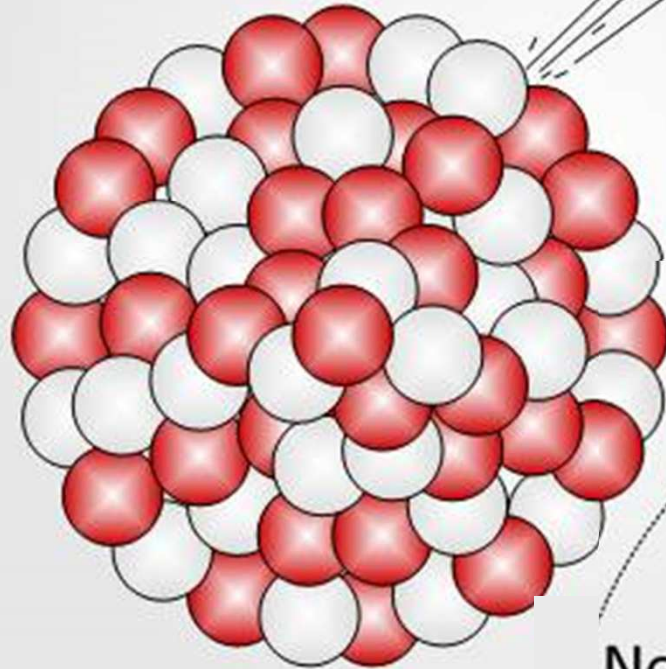
Ein Nukleon im Kern  
muss zerfallen, das  
kann aber nur ein  
Proton sein!





# Beta-Strahlung

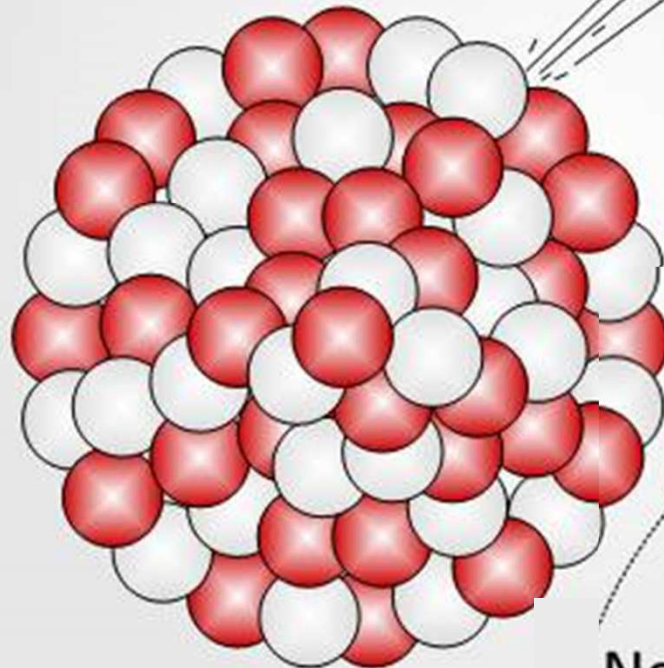
## Beta-Strahlung





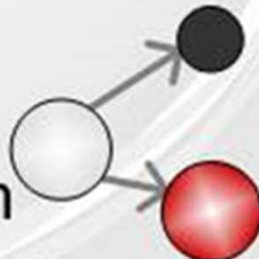
# $\beta^-$ -Strahlung

## Beta-Strahlung



$\beta^-$

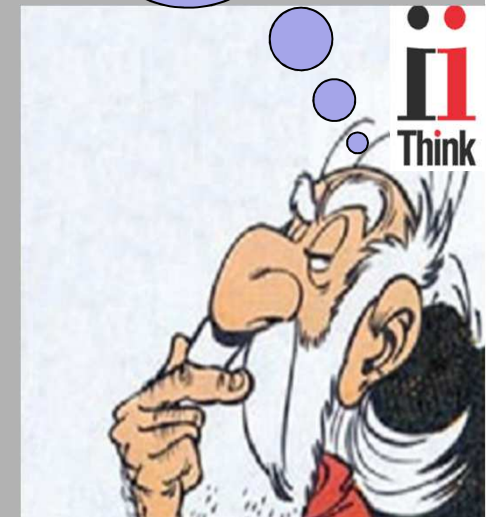
Neutron



Proton

Elektron  
 $\beta^-$

Dann entsteht ja wieder ein anderes Element!

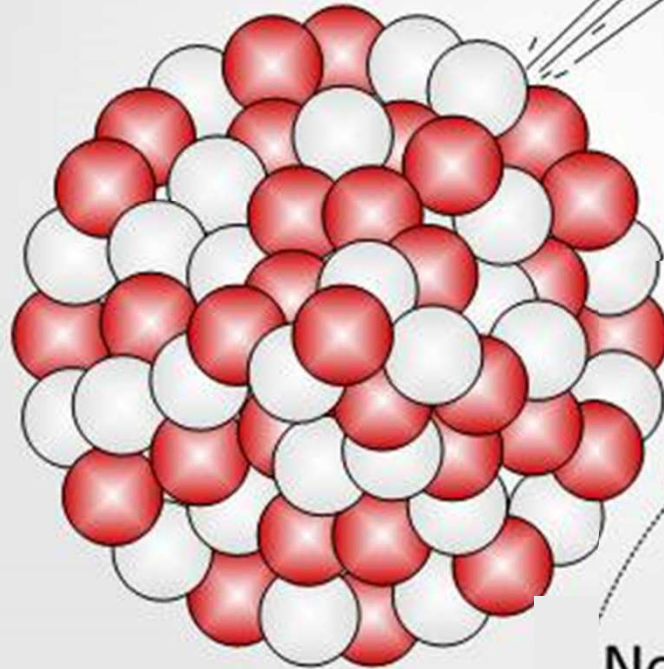




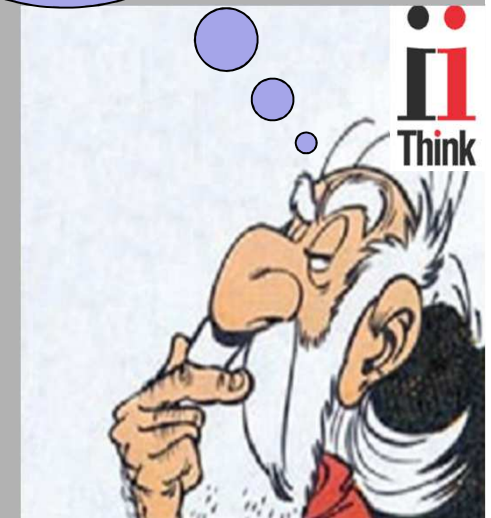
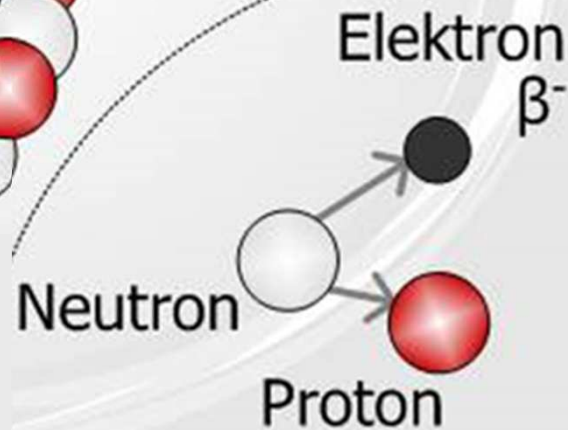


## Beta-Strahlung

# Beta-Strahlung



$\beta^-$



## Einheit für die Aktivität radioaktiver Strahlung



Antoine Henri  
Becquerel (1852-1908)

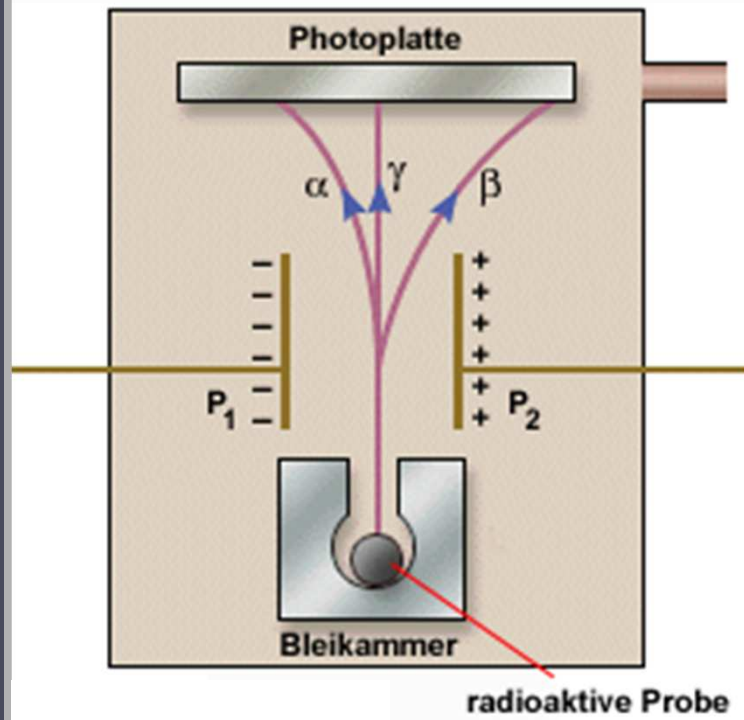
$$1 \text{ Bq} = 1 \frac{\text{radioaktiver Zerfall}}{\text{Sekunde}}$$

### Die Aktivität pro kg der Substanz

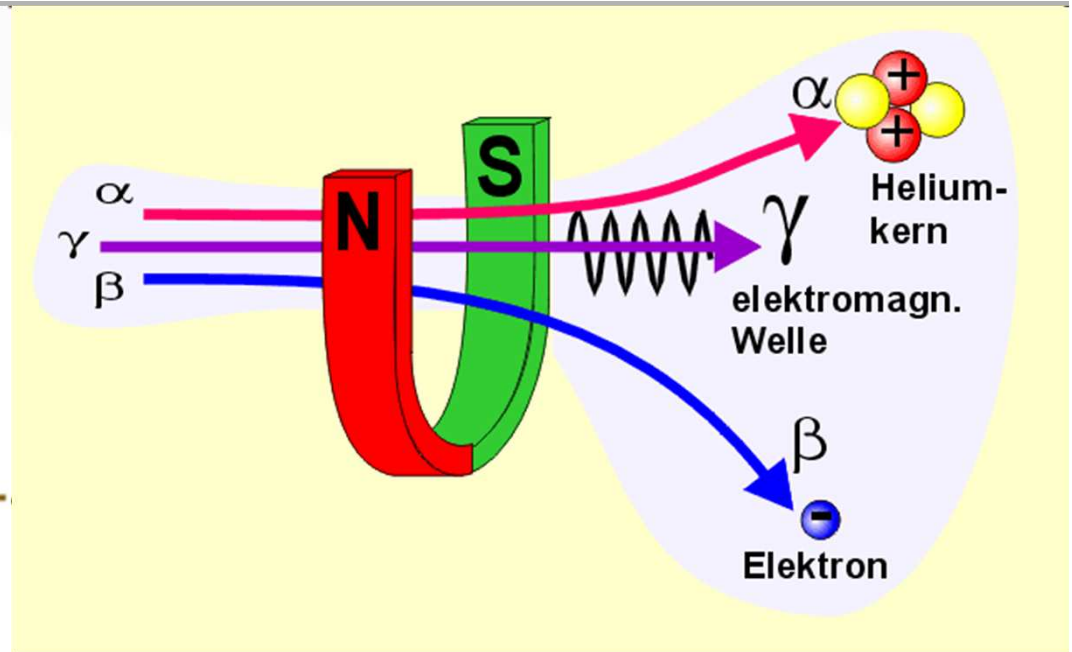
Pflanzliche und tierische Nahrungsmittel	40 Bq
Tabak (Polonium 210)	10-40 Bq
Mensch 20-30 Jahre alt	130 Bq
Natururan	$12 \cdot 10^6$ Bq
Uran-235	$80 \cdot 10^6$ Bq
Radium-226	$3,7 \cdot 10^{13}$ Bq

# Ablenkung radioaktiver Strahlung

## $\alpha$ , $\beta$ und $\gamma$ - Strahlung



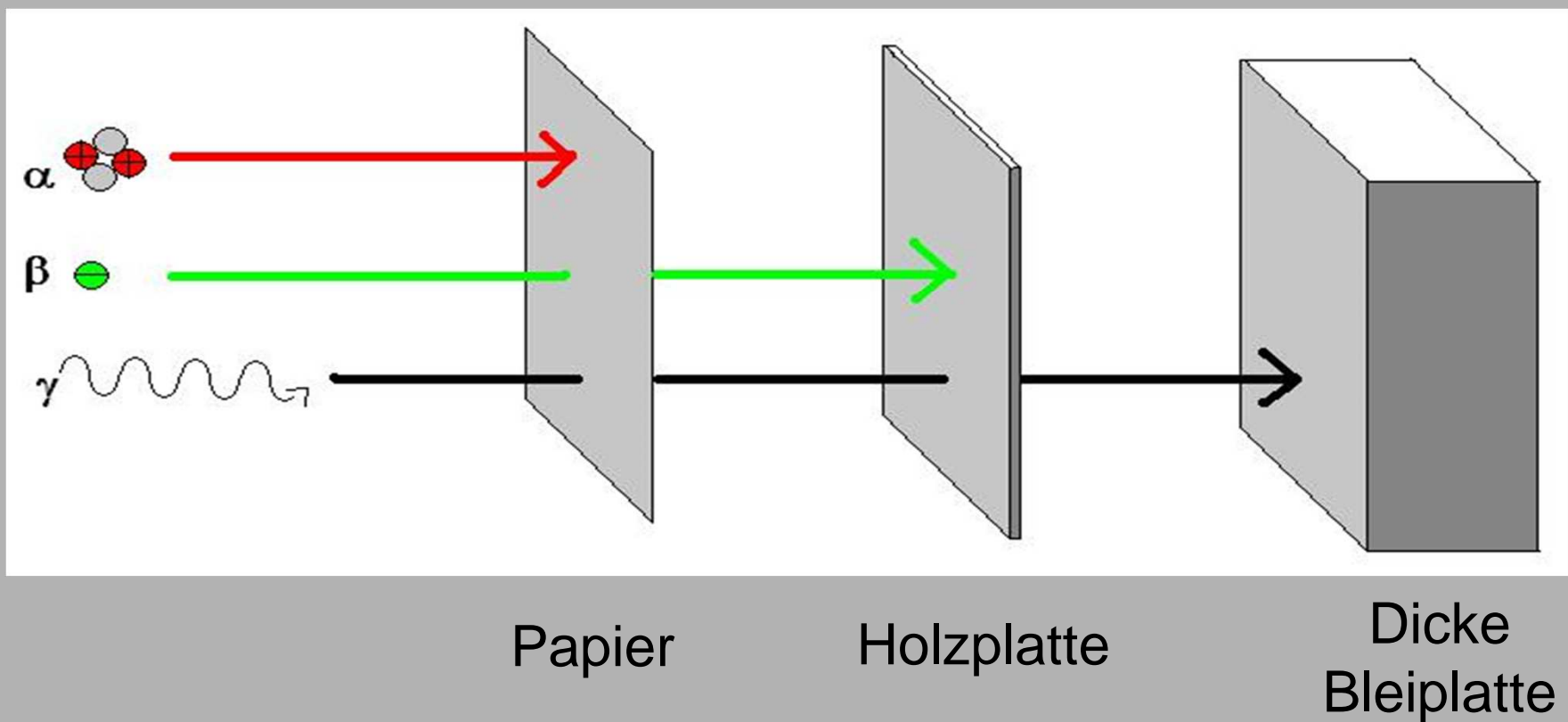
Im elektrischen Feld



Im magnetischen Feld



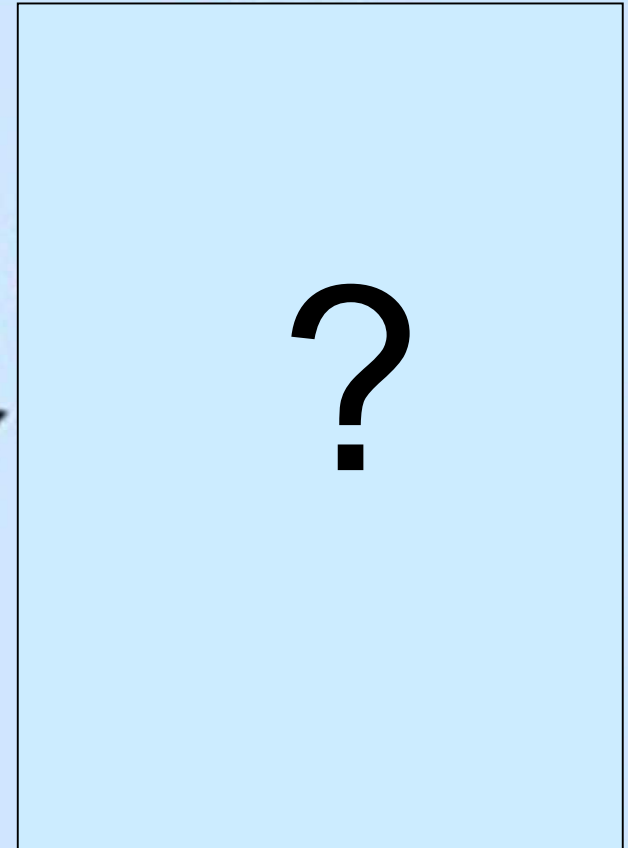
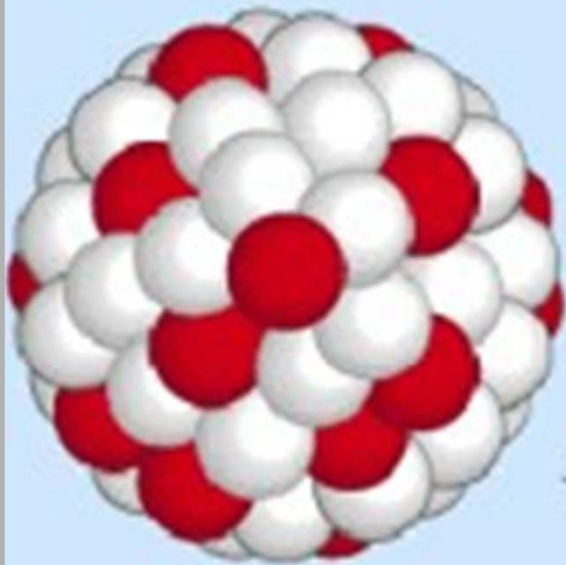
## Die Abschirmung radioaktiver Strahlung





# Alpha-Strahlung

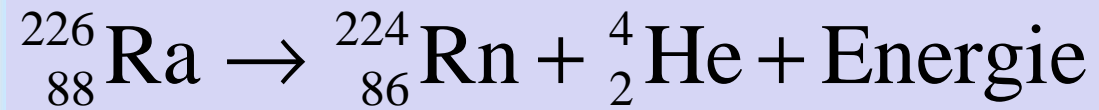
$^{226}_{88}\text{Ra}$



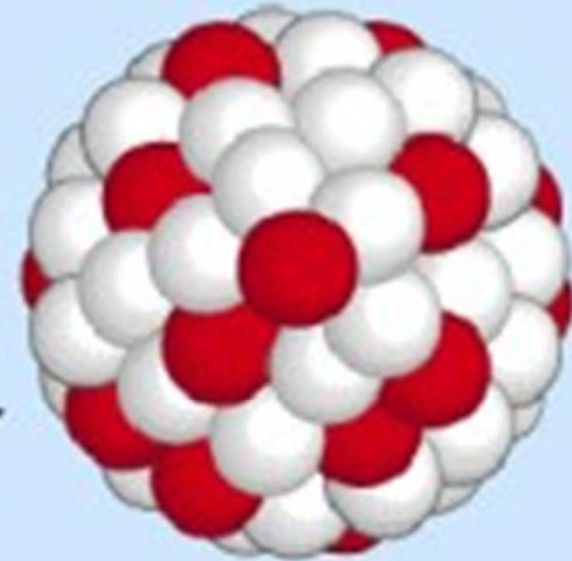
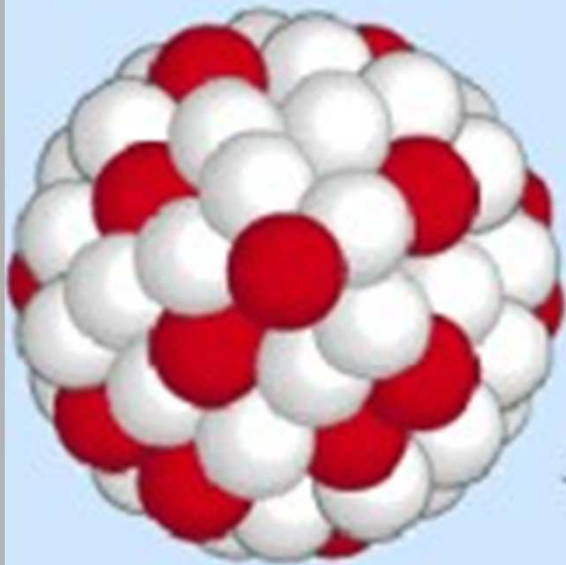
$^4_2\text{He}$



## Alpha-Strahlung



${}_{88}^{226}\text{Ra}$



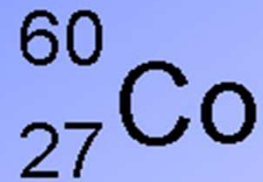
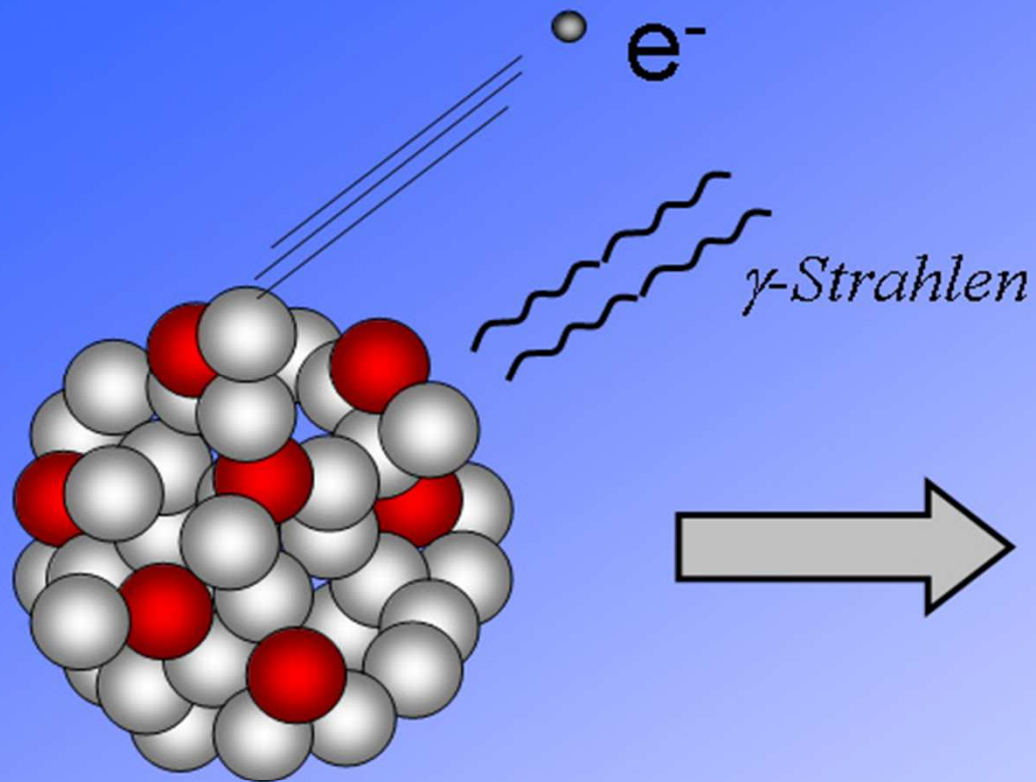
${}_{86}^{222}\text{Rn}$



${}_2^4\text{He}$

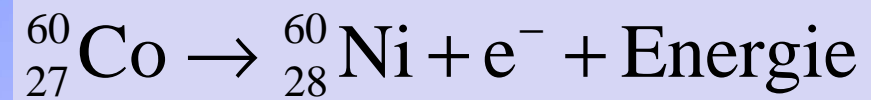
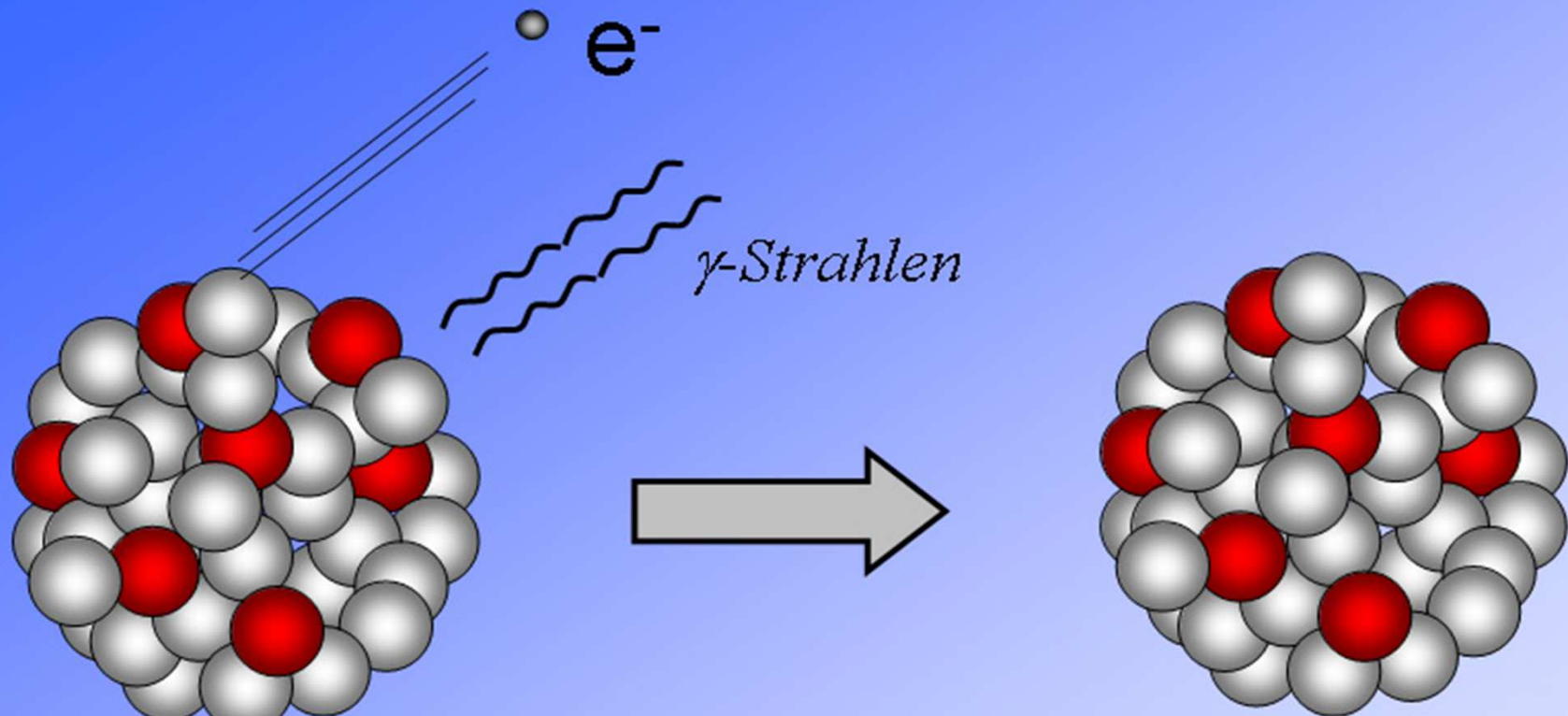


## $\beta^-$ -Strahlung (Beispiel)





## $\beta^-$ -Strahlung (Beispiel)



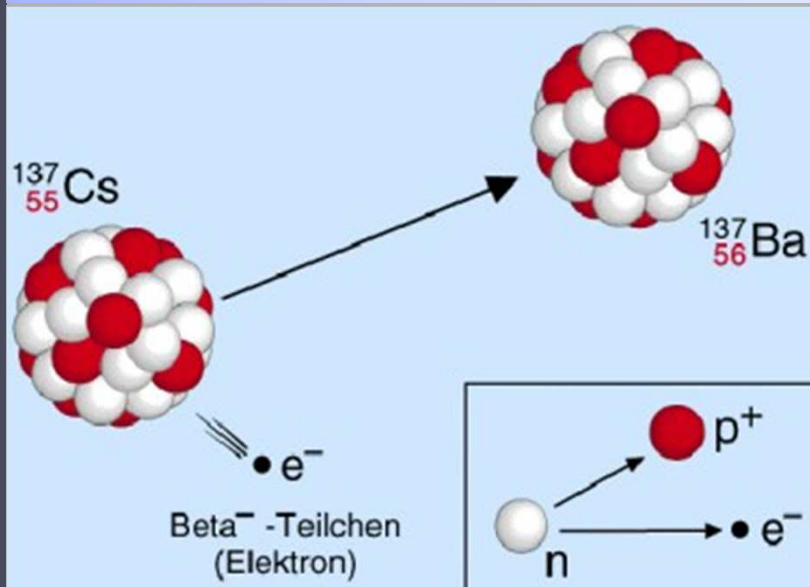
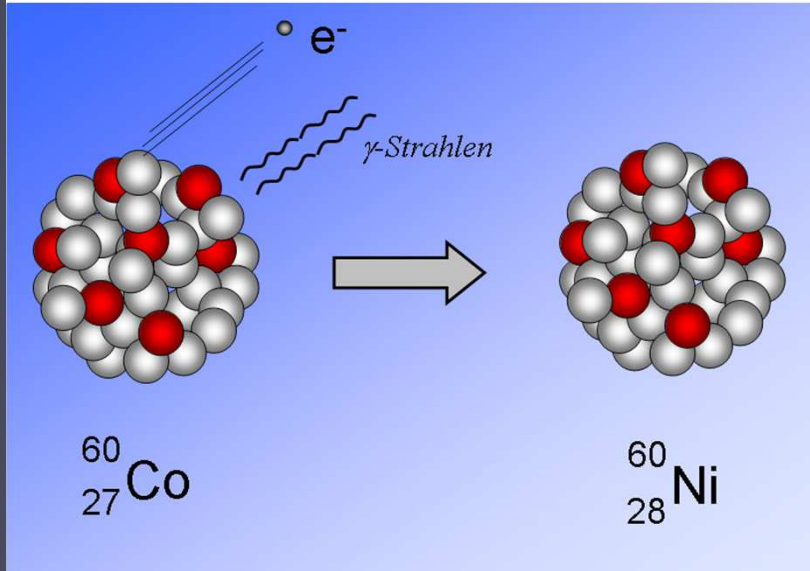
${}^{60}_{27}\text{Co}$

${}^{60}_{28}\text{Ni}$



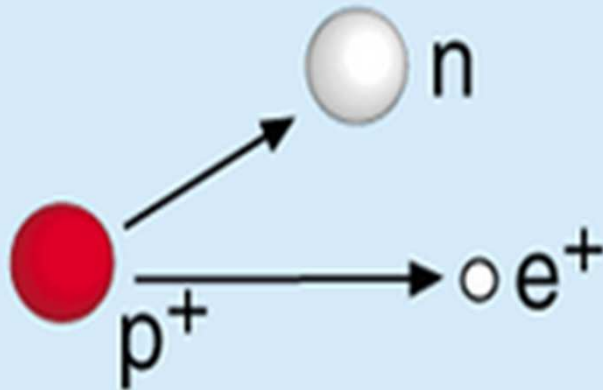


# Beta-Strahlung



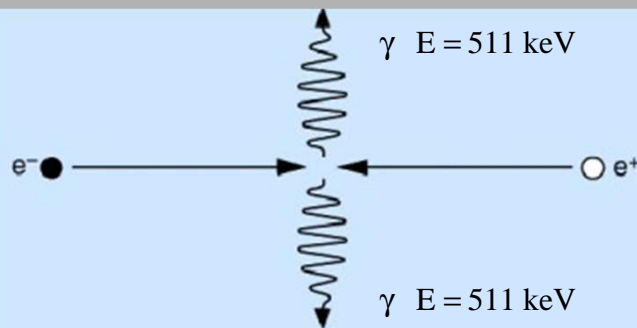


## Positronen $\beta^+$ -Teilchen



Im Kern kann ein Proton in ein Neutron und ein Positron zerfallen.

Ein Positron ist das Antiteilchen zum Elektron. Es hat die gleiche Masse und die genau entgegengesetzte positive Ladung wie das Elektron.

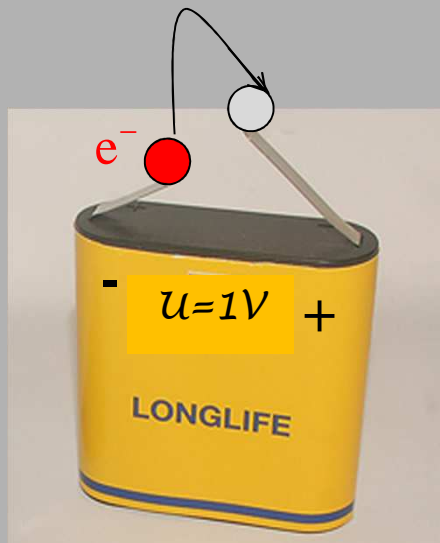


Wenn ein Elektron und ein Positron aufeinandertreffen zerstrahlen sie in zwei Gammaquanten mit einer Energie von jeweils 511keV

Ein Elektronenvolt ( 1eV) ist die Energie, die ein Elektron aufnimmt, wenn es eine Spannung von  $U=1V$  durchfliegt.

## Die Energieeinheit 1 eV „Elektronenvolt“

Ein Elektronenvolt ( **1eV**) ist die Energie, die ein Elektron aufnimmt, wenn es eine Spannung von  $U=1V$  durchfliegt.



$$\text{Spannung} = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Ladung}} \quad U = \frac{W}{Q}$$

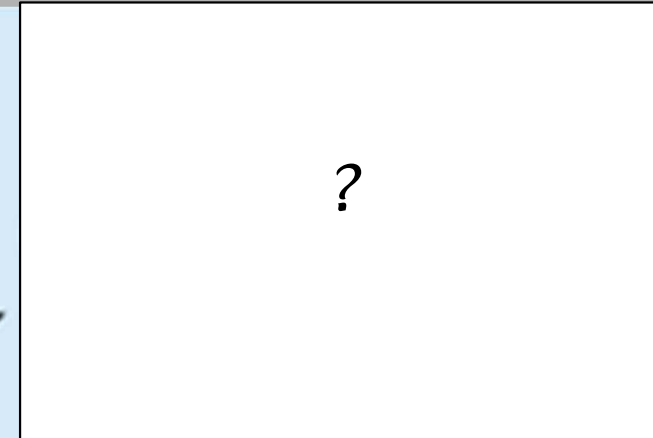
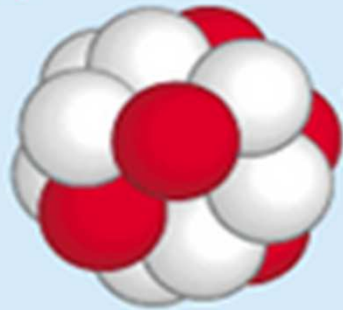
$$\begin{aligned} W &= U \cdot Q \\ &\approx 1 \frac{J}{C} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} C \\ &\approx 1,6 \cdot 10^{-19} J \end{aligned}$$

$$1eV \approx 1,6 \cdot 10^{-19} J$$

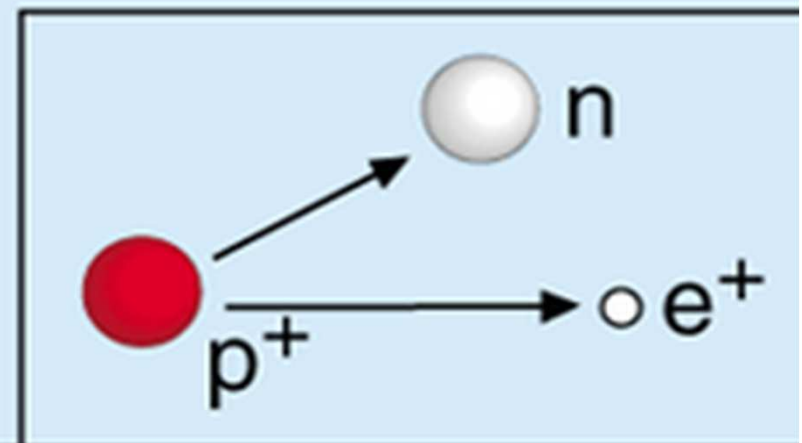


# $\beta^+$ -Strahlung

$^{22}_{11}\text{Na}$

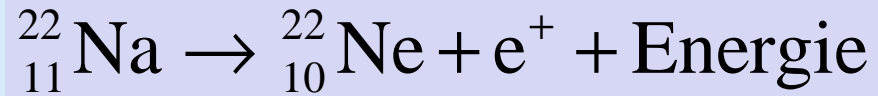


Beta<sup>+</sup> -Teilchen  
(Positron)

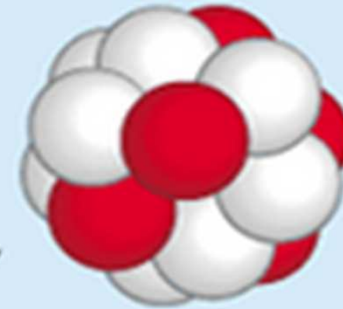
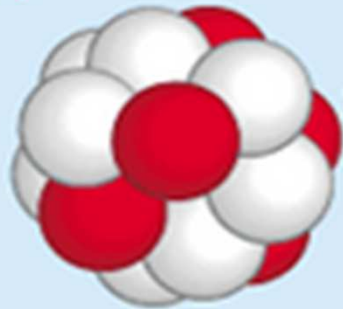




# $\beta^+$ -Strahlung



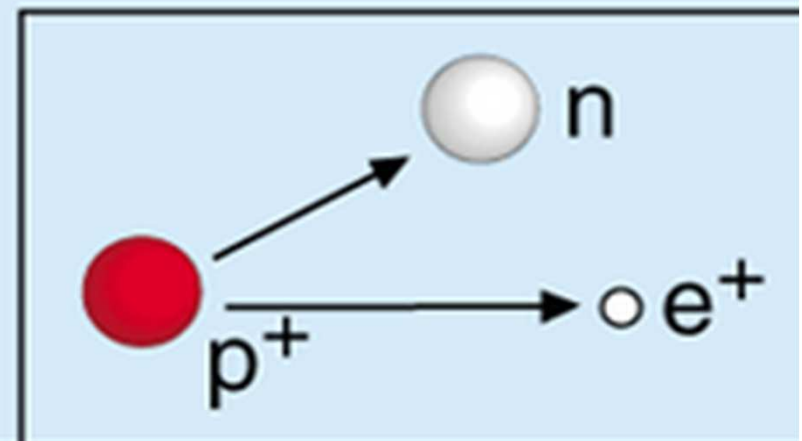
${}_{11}^{22}\text{Na}$



${}_{10}^{22}\text{Ne}$

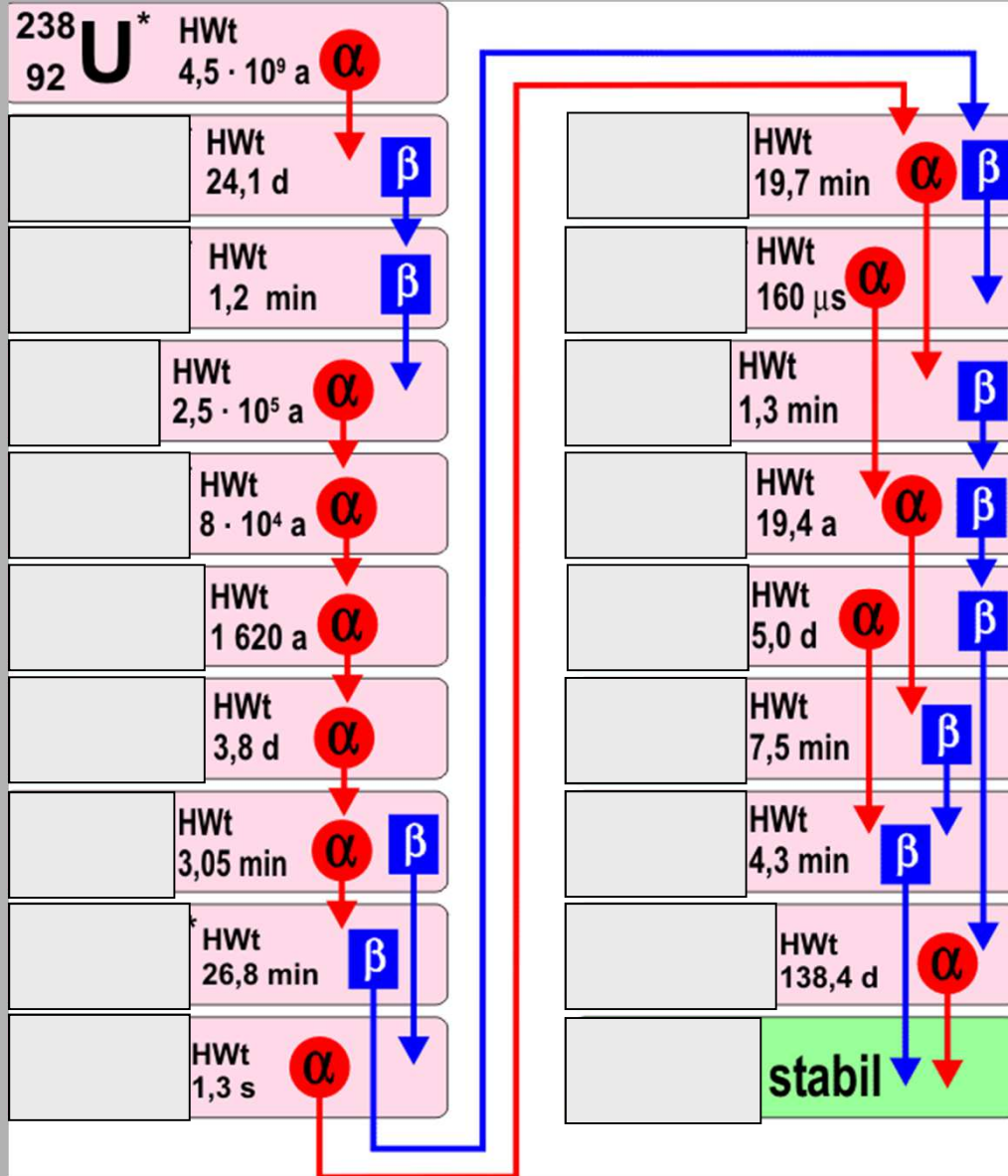


Beta<sup>+</sup> -Teilchen  
(Positron)





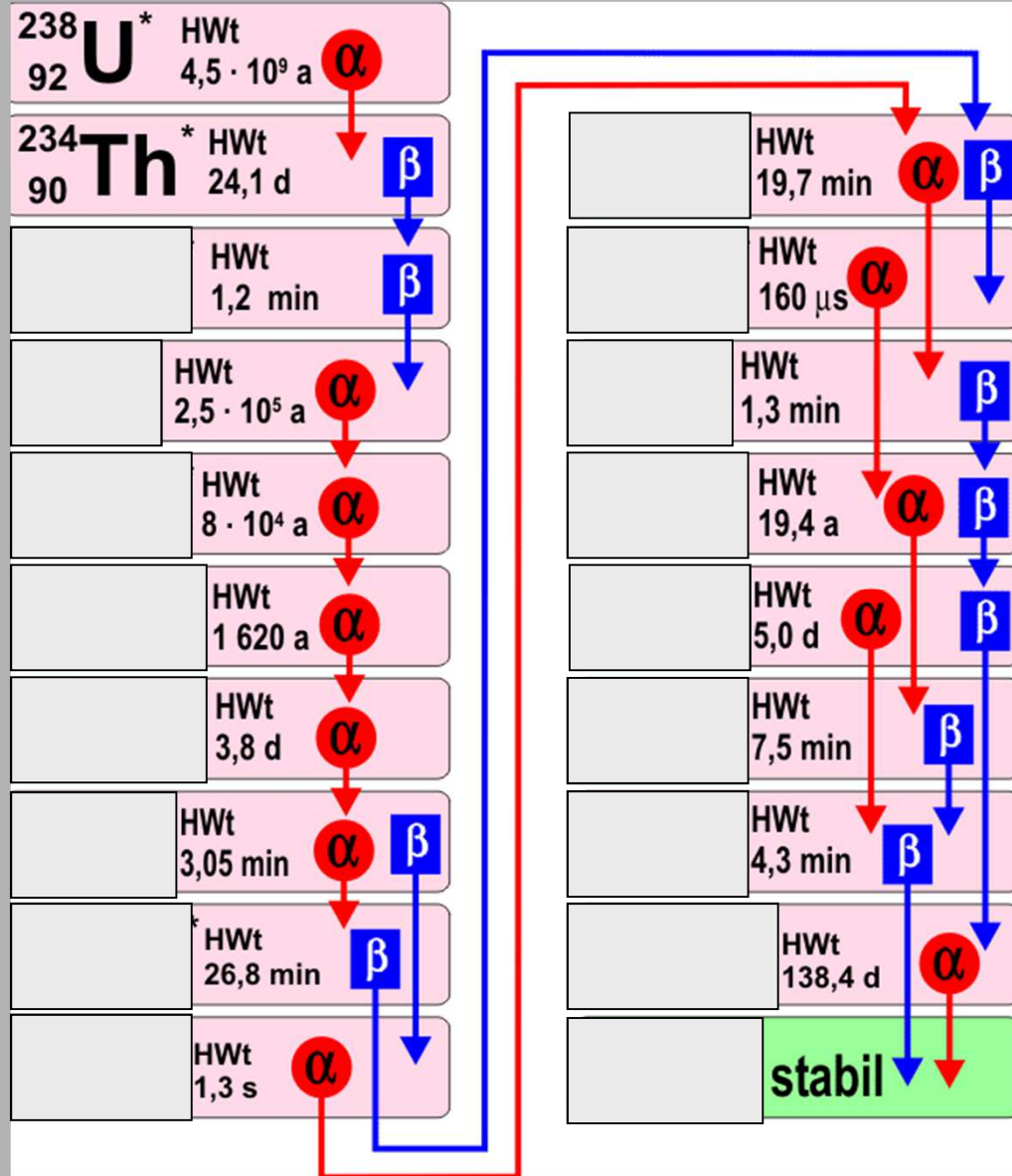
# Die Uran-Actinium Zerfallsreihe



80	Hg	Quecksilber
81	Tl	Thallium
82	Pb	Blei
83	Bi	Wismuth
84	Po	Pollonium
85	At	Astatin
86	Rn	Radon
87	Fr	Francium
88	Ra	Radium
89	Ac	Aktinium
90	Th	Thorium
91	Pa	Protaktinium
92	U	Uran
93	Np	Neptunium
94	Pu	Plutonium
95	Am	Americium



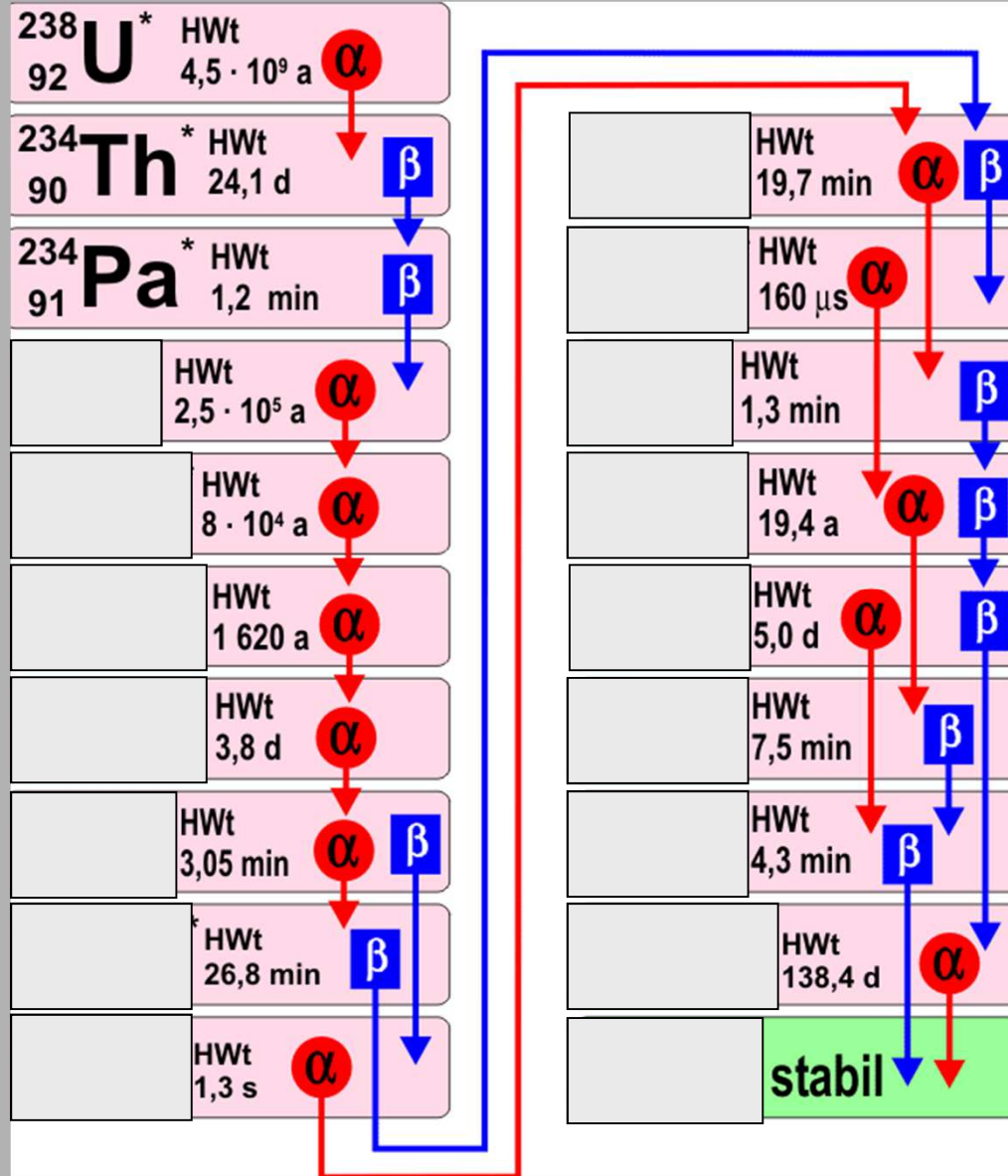
# Die Uran-Actinium Zerfallsreihe



80	Hg	Quecksilber
81	Tl	Thallium
82	Pb	Blei
83	Bi	Wismuth
84	Po	Pollonium
85	At	Astatin
86	Rn	Radon
87	Fr	Francium
88	Ra	Radium
89	Ac	Aktinium
90	Th	Thorium
91	Pa	Protaktinium
92	U	Uran
93	Np	Neptunium
94	Pu	Plutonium
95	Am	Americium



## Die Uran-Actinium Zerfallsreihe

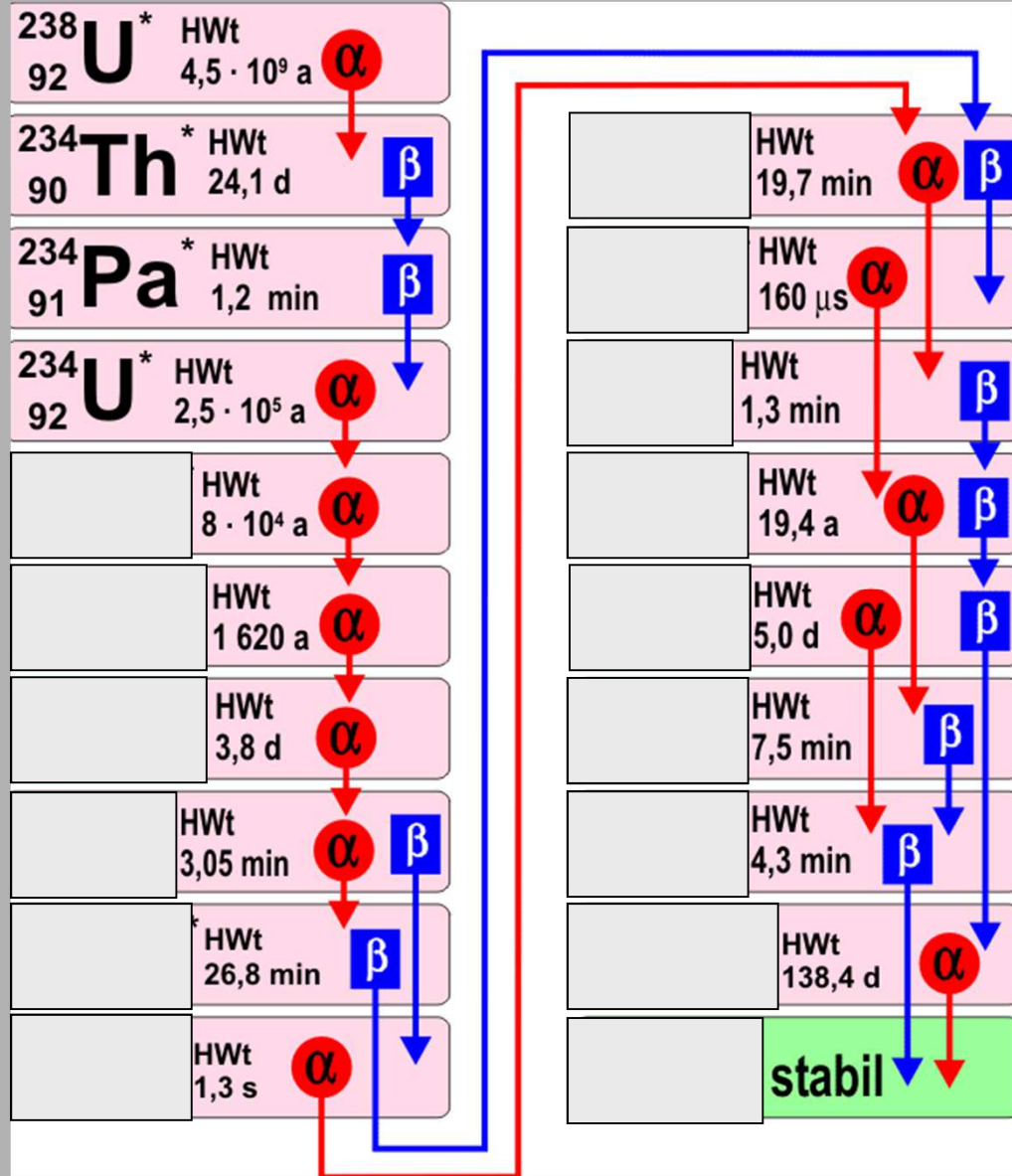


80	Hg	Quecksilber
81	Tl	Thallium
82	Pb	Blei
83	Bi	Wismuth
84	Po	Pollonium
85	At	Astatin
86	Rn	Radon
87	Fr	Francium
88	Ra	Radium
89	Ac	Aktinium
90	Th	Thorium
91	Pa	Protaktinium
92	U	Uran
93	Np	Neptunium
94	Pu	Plutonium
95	Am	Americium





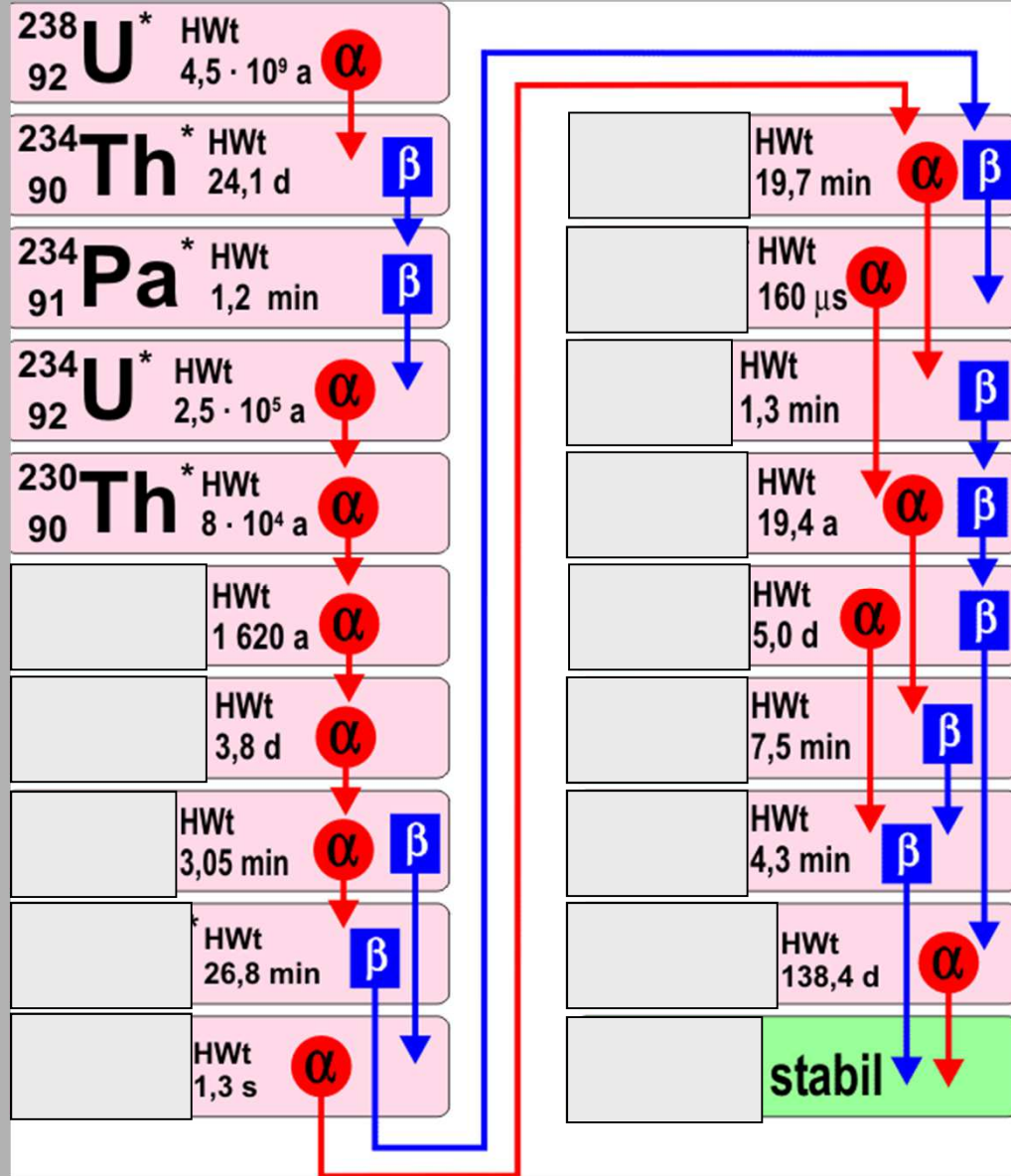
# Die Uran-Actinium Zerfallsreihe



80	Hg	Quecksilber
81	Tl	Thallium
82	Pb	Blei
83	Bi	Wismuth
84	Po	Pollonium
85	At	Astatin
86	Rn	Radon
87	Fr	Francium
88	Ra	Radium
89	Ac	Aktinium
90	Th	Thorium
91	Pa	Protaktinium
92	U	Uran
93	Np	Neptunium
94	Pu	Plutonium
95	Am	Americium



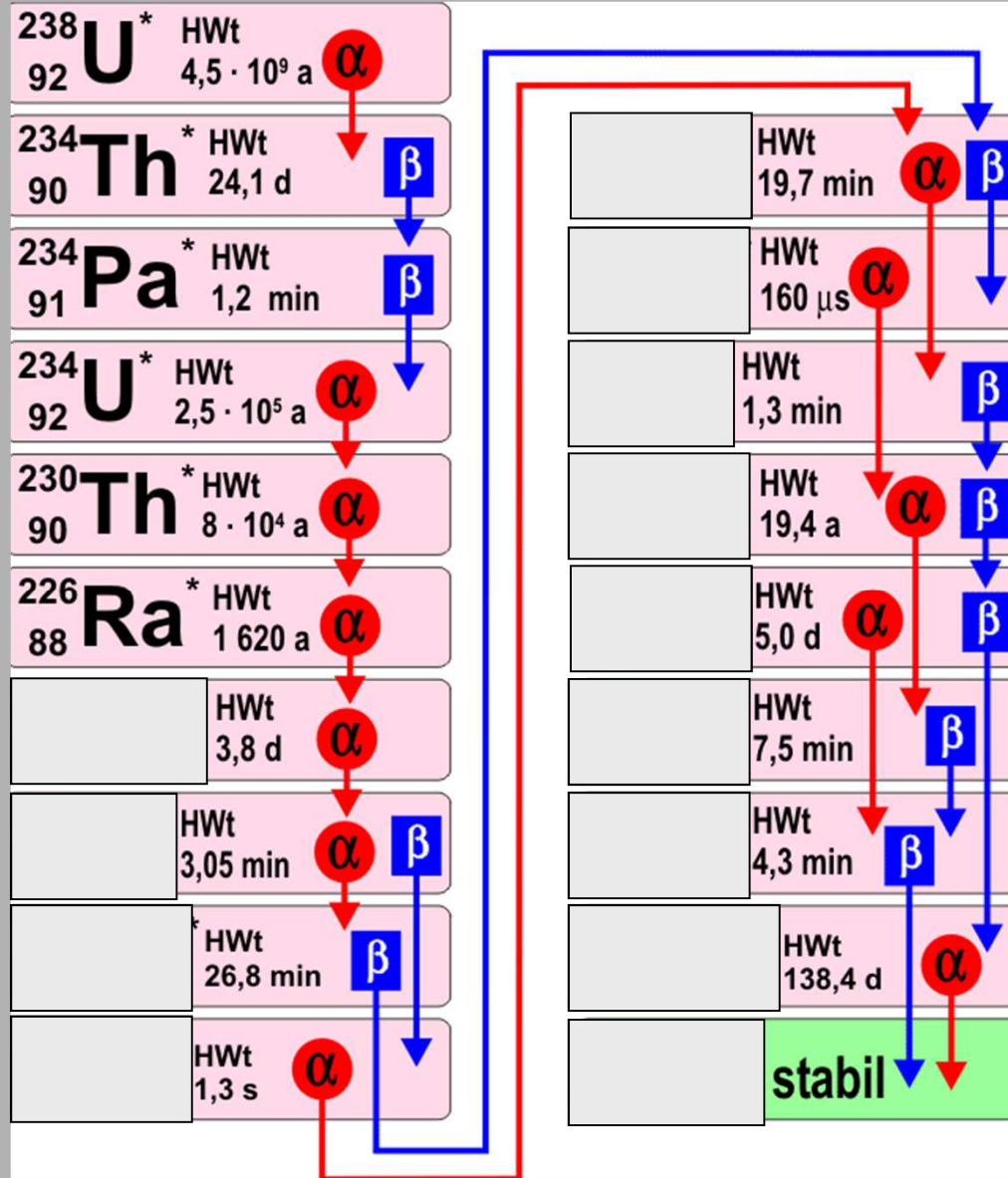
# Die Uran-Actinium Zerfallsreihe



80	Hg	Quecksilber
81	Tl	Thallium
82	Pb	Blei
83	Bi	Wismuth
84	Po	Pollonium
85	At	Astatin
86	Rn	Radon
87	Fr	Francium
88	Ra	Radium
89	Ac	Aktinium
90	Th	Thorium
91	Pa	Protaktinium
92	U	Uran
93	Np	Neptunium
94	Pu	Plutonium
95	Am	Americium



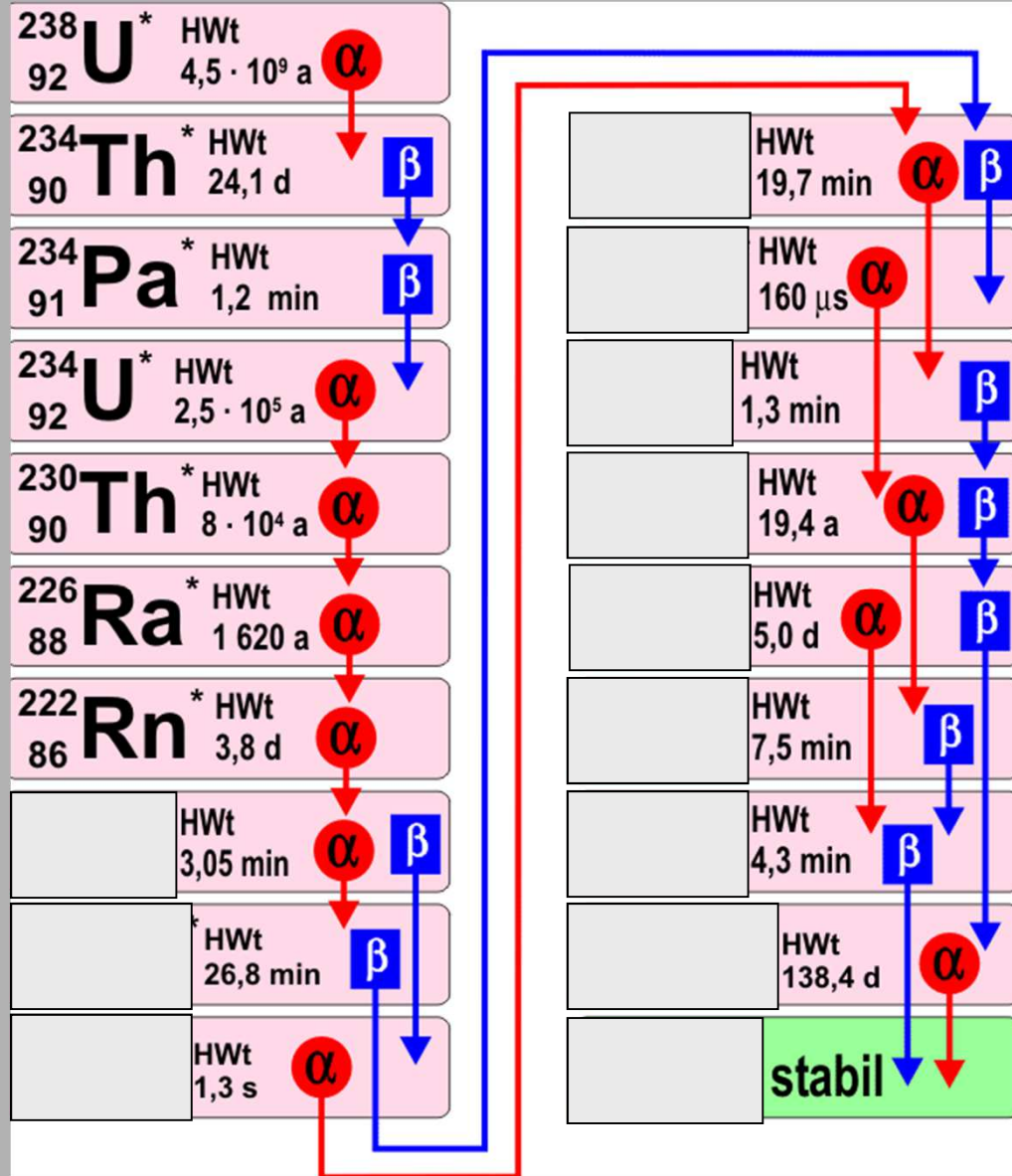
# Die Uran-Actinium Zerfallsreihe



80	Hg	Quecksilber
81	Tl	Thallium
82	Pb	Blei
83	Bi	Wismuth
84	Po	Pollonium
85	At	Astatin
86	Rn	Radon
87	Fr	Francium
88	Ra	Radium
89	Ac	Aktinium
90	Th	Thorium
91	Pa	Protaktinium
92	U	Uran
93	Np	Neptunium
94	Pu	Plutonium
95	Am	Americium



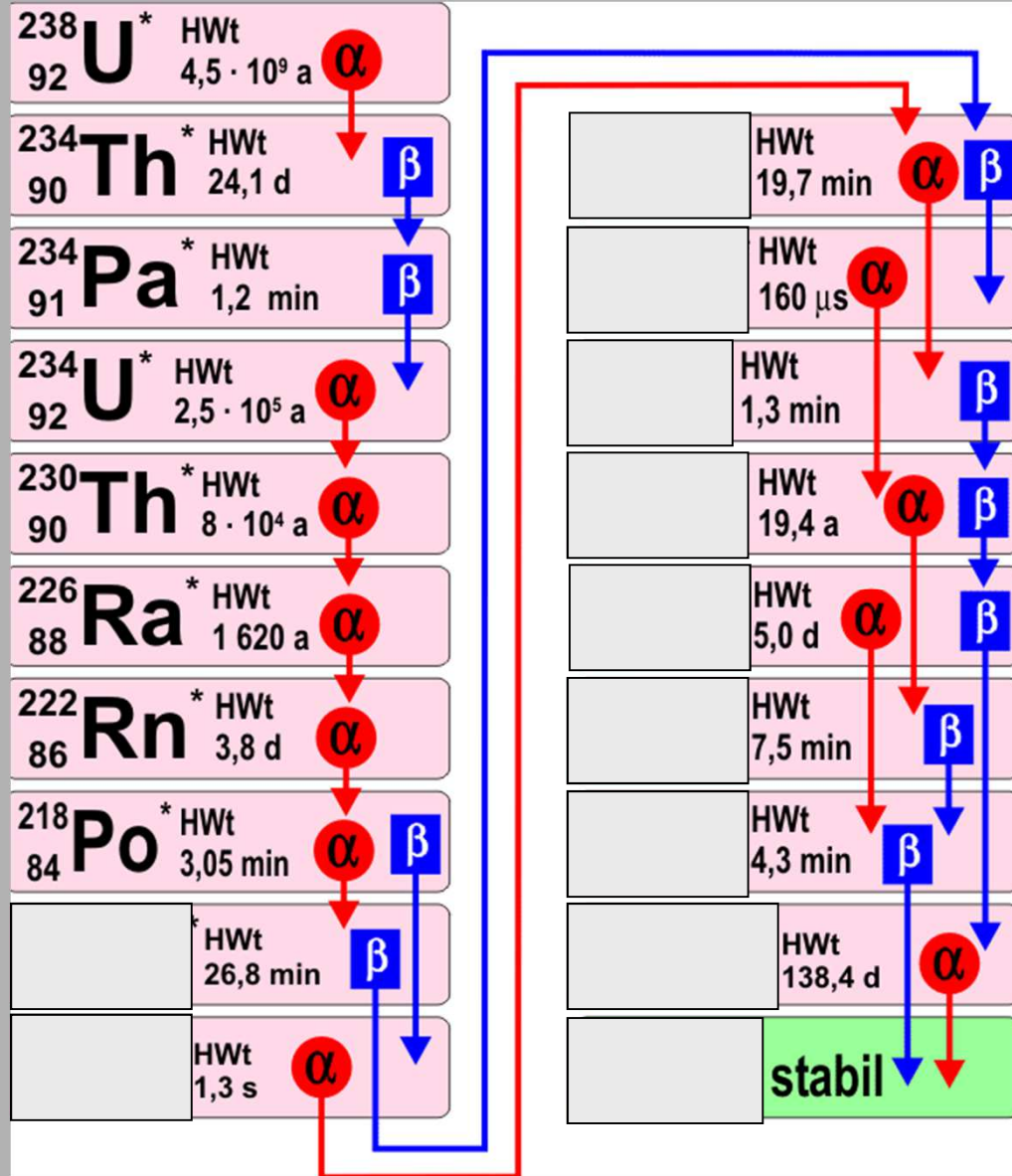
# Die Uran-Actinium Zerfallsreihe



80	Hg	Quecksilber
81	Tl	Thallium
82	Pb	Blei
83	Bi	Wismuth
84	Po	Pollonium
85	At	Astatin
86	Rn	Radon
87	Fr	Francium
88	Ra	Radium
89	Ac	Aktinium
90	Th	Thorium
91	Pa	Protaktinium
92	U	Uran
93	Np	Neptunium
94	Pu	Plutonium
95	Am	Americium



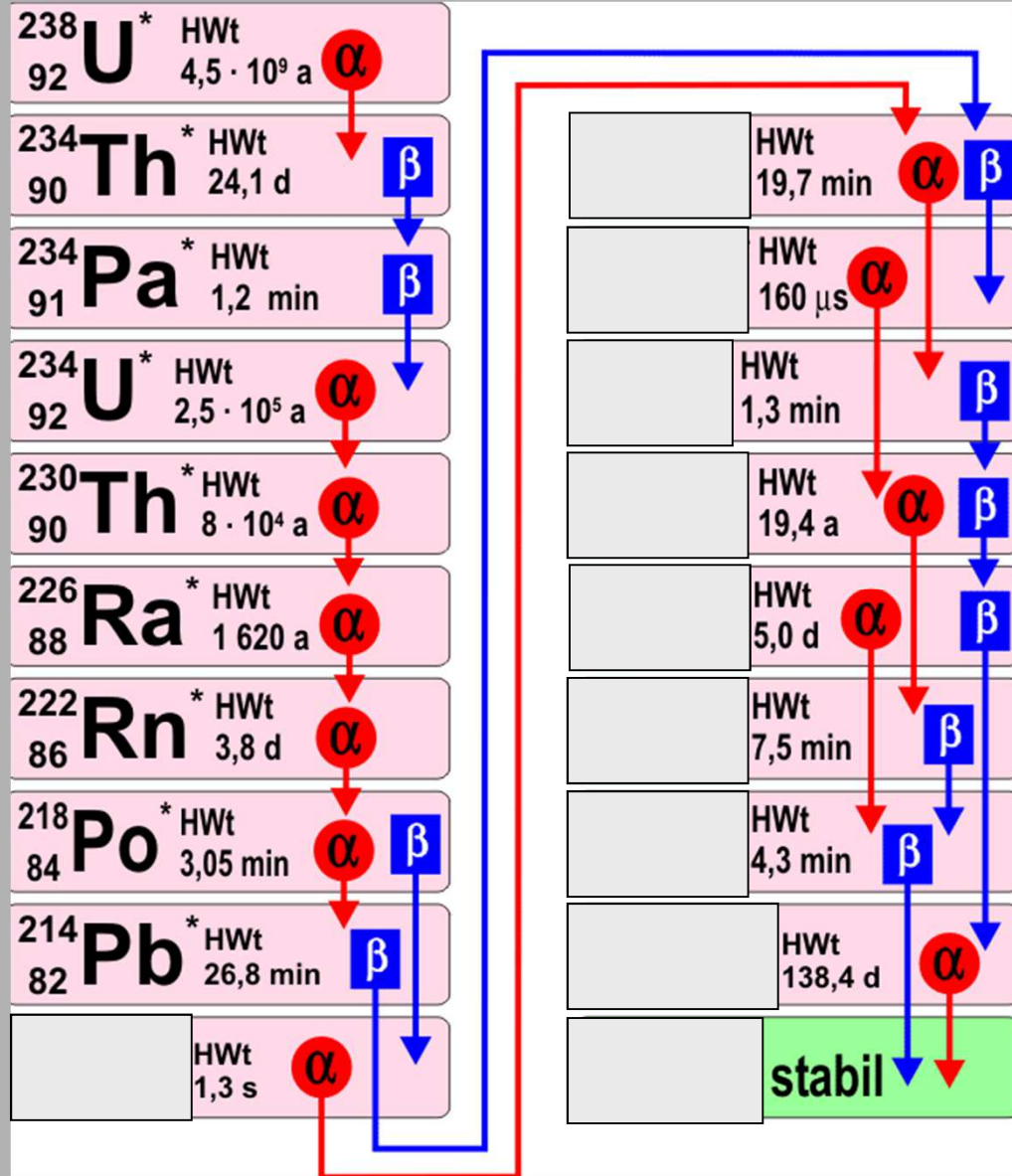
# Die Uran-Actinium Zerfallsreihe



80	Hg	Quecksilber
81	Tl	Thallium
82	Pb	Blei
83	Bi	Wismuth
84	Po	Pollonium
85	At	Astatin
86	Rn	Radon
87	Fr	Francium
88	Ra	Radium
89	Ac	Aktinium
90	Th	Thorium
91	Pa	Protaktinium
92	U	Uran
93	Np	Neptunium
94	Pu	Plutonium
95	Am	Americium



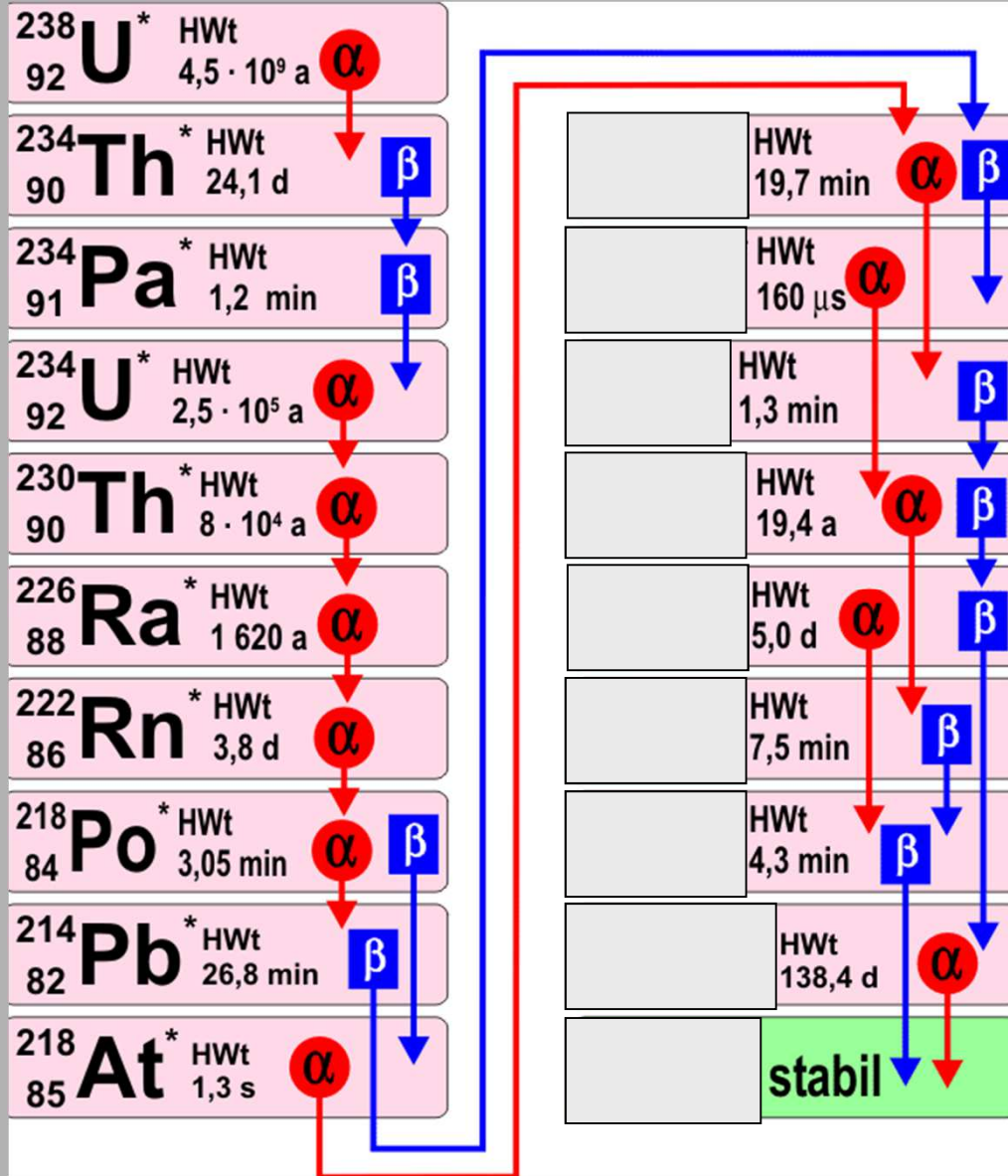
# Die Uran-Actinium Zerfallsreihe



80	Hg	Quecksilber
81	Tl	Thallium
82	Pb	Blei
83	Bi	Wismuth
84	Po	Pollonium
85	At	Astatin
86	Rn	Radon
87	Fr	Francium
88	Ra	Radium
89	Ac	Aktinium
90	Th	Thorium
91	Pa	Protaktinium
92	U	Uran
93	Np	Neptunium
94	Pu	Plutonium
95	Am	Americium



# Die Uran-Actinium Zerfallsreihe



80	Hg	Quecksilber
81	Tl	Thallium
82	Pb	Blei
83	Bi	Wismuth
84	Po	Pollonium
85	At	Astatin
86	Rn	Radon
87	Fr	Francium
88	Ra	Radium
89	Ac	Aktinium
90	Th	Thorium
91	Pa	Protaktinium
92	U	Uran
93	Np	Neptunium
94	Pu	Plutonium
95	Am	Americium



# Die Uran-Actinium Zerfallsreihe

238	<b>U</b> *	HWt	4,5 · 10 <sup>9</sup> a	α
92				
234	<b>Th</b> *	HWt	24,1 d	β
90				
234	<b>Pa</b> *	HWt	1,2 min	β
91				
234	<b>U</b> *	HWt	2,5 · 10 <sup>5</sup> a	α
92				
230	<b>Th</b> *	HWt	8 · 10 <sup>4</sup> a	α
90				
226	<b>Ra</b> *	HWt	1 620 a	α
88				
222	<b>Rn</b> *	HWt	3,8 d	α
86				
218	<b>Po</b> *	HWt	3,05 min	α
84				
214	<b>Pb</b> *	HWt	26,8 min	β
82				
218	<b>At</b> *	HWt	1,3 s	α
85				

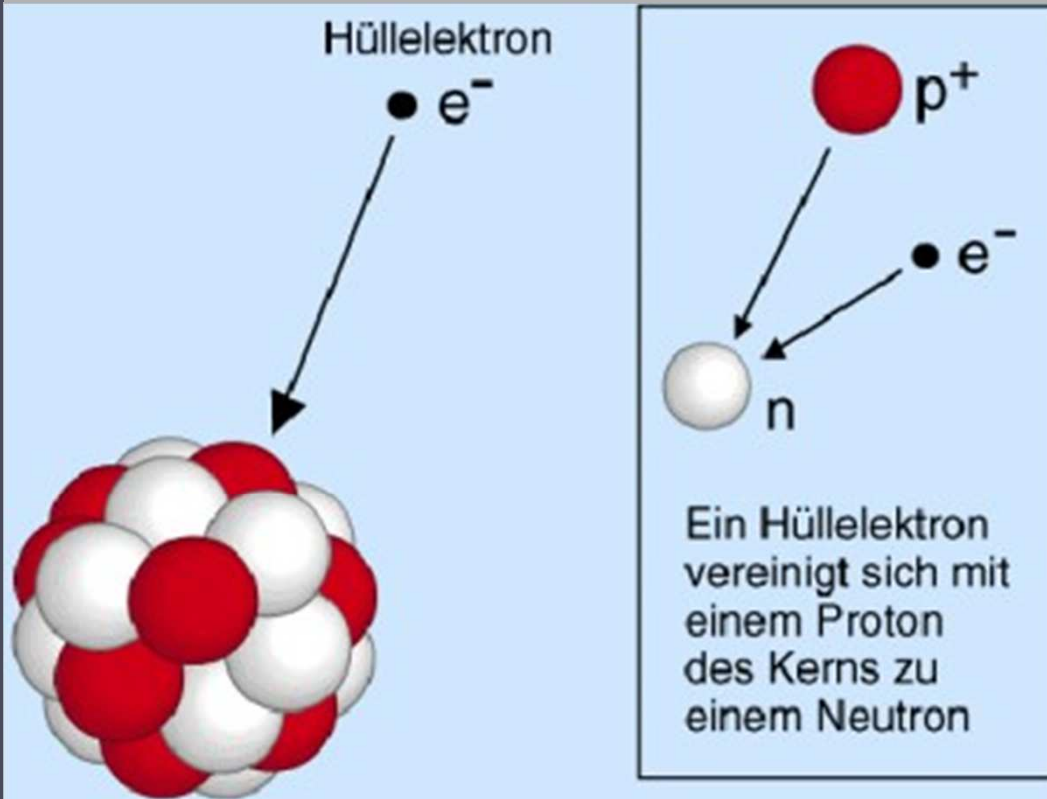
214	<b>Bi</b> *	HWt	19,7 min	α
83				
214	<b>Po</b> *	HWt	160 μs	α
84				
210	<b>Tl</b> *	HWt	1,3 min	β
81				
210	<b>Pb</b> *	HWt	19,4 a	α
82				
210	<b>Bi</b> *	HWt	5,0 d	α
83				
206	<b>Hg</b> *	HWt	7,5 min	β
80				
206	<b>Tl</b> *	HWt	4,3 min	β
81				
210	<b>Po</b> *	HWt	8,4 d	α
84				
206	<b>Pb</b>	stabil		
82				

80	Hg	Quecksilber
81	Tl	Thallium
82	Pb	Blei
83	Bi	Wismuth
84	Po	Pollonium
85	At	Astatin
86	Rn	Radon
87	Fr	Francium
88	Ra	Radium
89	Ac	Aktinium
90	Th	Thorium
91	Pa	Protaktinium
92	U	Uran
93	Np	Neptunium
94	Pu	Plutonium
95	Am	Americium





## Der K-Einfang



Ein Hüllelektron  
 vereinigt sich mit  
 einem Proton  
 des Kerns zu  
 einem Neutron

K-Einfang eines Hüllelektrons

z.B. bei  ${}_{19}^{40}\text{K}$

