

Atomaufbau

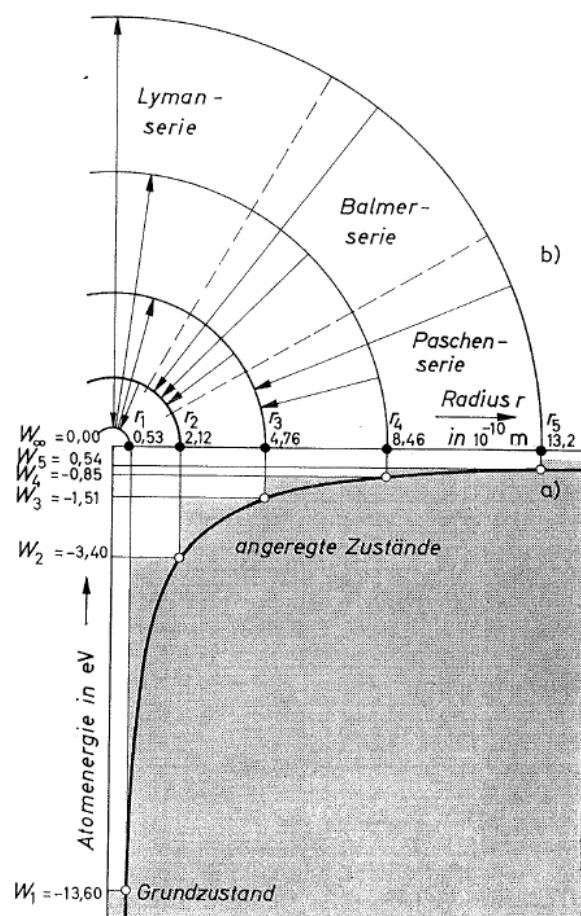


Bild 14.18. Energie und Bahnradien des H-Atoms nach dem Bohrschen Atommodell

- a) Die Kurve gibt die Energie W des Atomelektrons nach dem Rutherford'schen Atommodell an [Gl. (14.10)], nach dem jeder Bahnradius zulässig wäre. Nach dem Bohrschen Atommodell werden nur die hervorgehobenen Punkte mit den zugehörigen Werten von r und W zugelassen.
- b) Die ersten 5 der zulässigen Bahnen des Atomelektrons (r_1 ... Grundzustand; r_2 , r_3 ... angeregte Zustände). Die möglichen Quantensprünge sind zu Serien zusammengefaßt eingetragen.

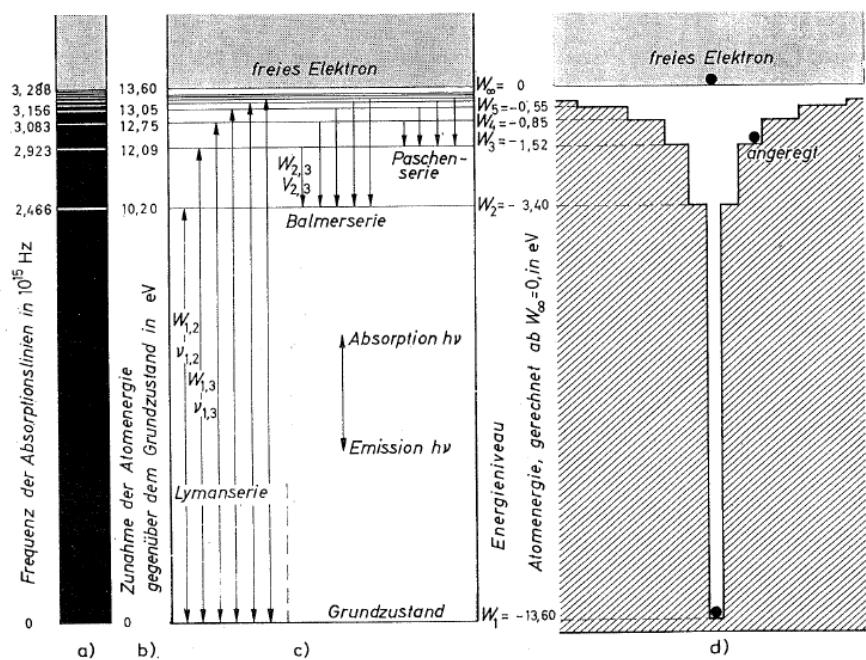


Bild 14.17. Energieniveauschema des Wasserstoffatoms

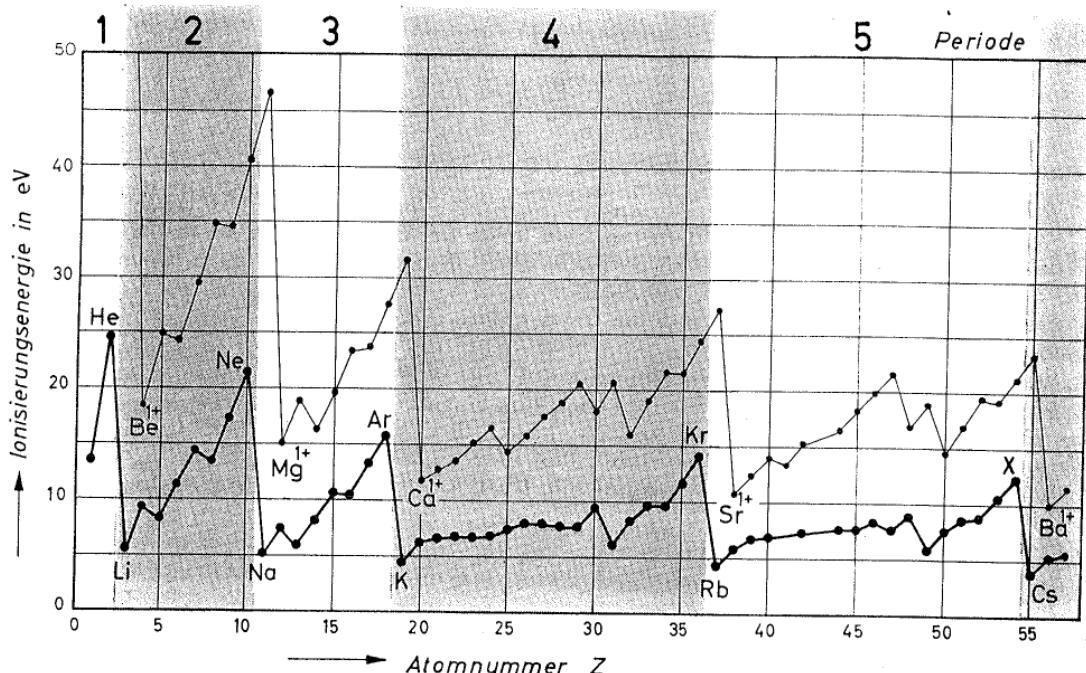


Bild 14.20. Ionisierungsenergie der Atome (starke Kurve) und der schon einfach positiv geladenen Ionen (dünne Kurve)

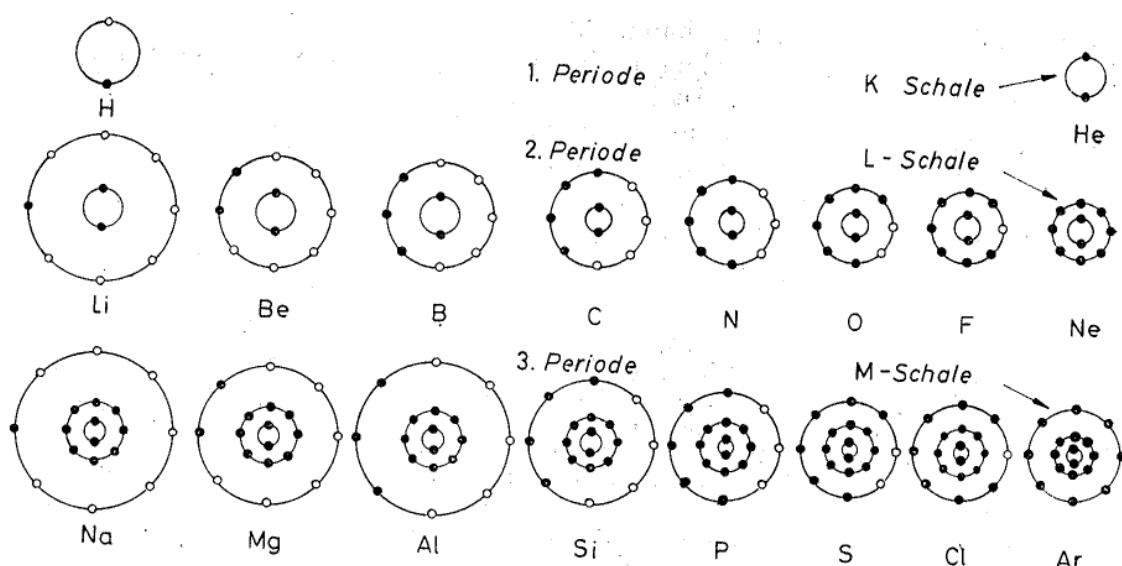


Bild 14.21. Schematische Darstellung des Aufbaues der Atomhülle mit zunehmender Ordnungszahl ($Z = 1$ bis 19); dunkle Kreise sind Elektronen, helle Kreise sind unbesetzte Plätze in der Elektronenschale.

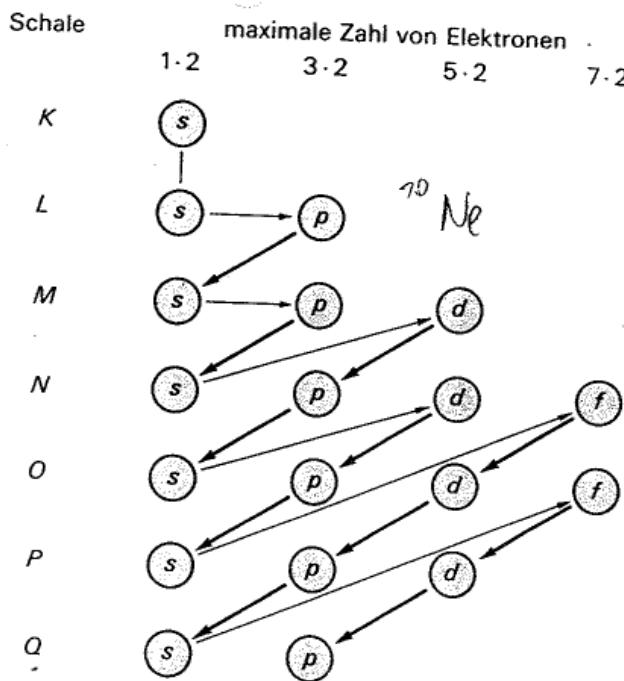
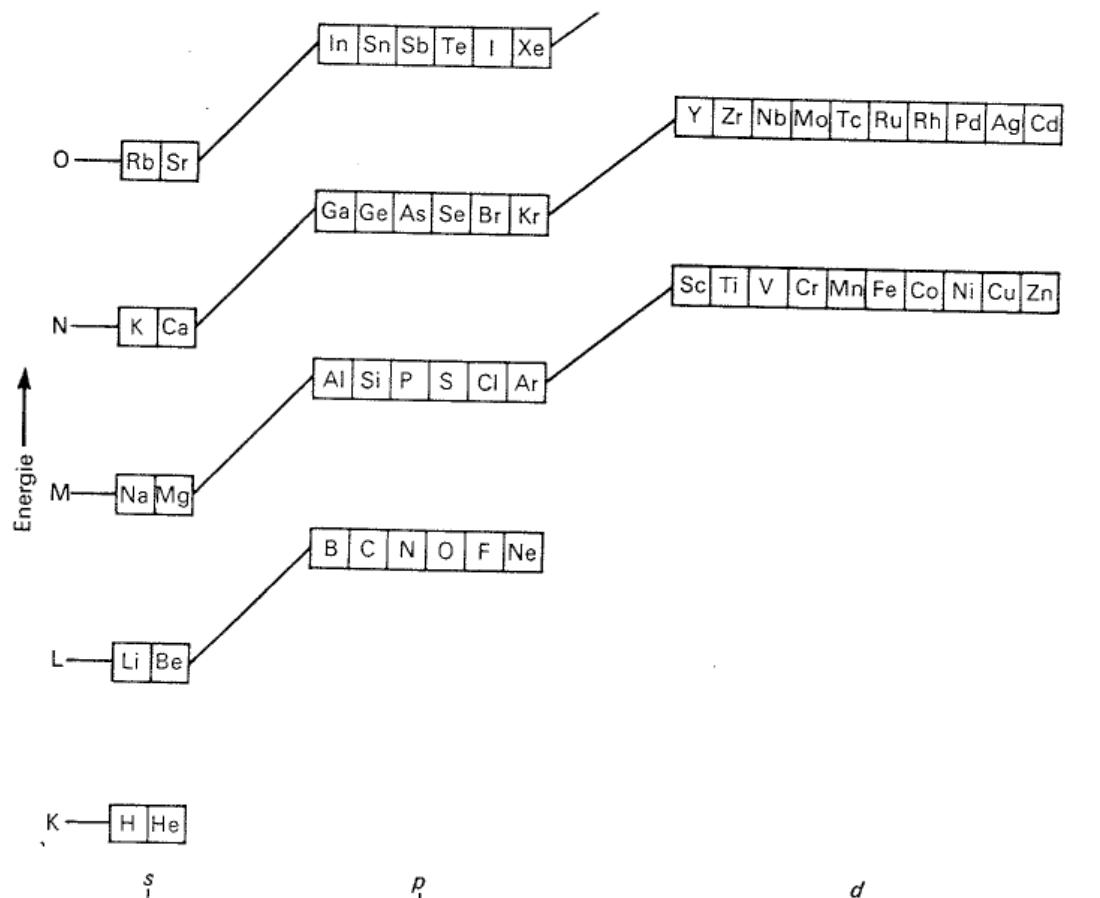


Abb. 2.5. Reihenfolge, in welcher die verschiedenen Energiezustände aufgefüllt werden (gewisse Ausnahmen bei den Lanthaniden)

Abb. 2.4. Energieniveauschema der Elemente. Bei der Auffüllung der möglichen Elektronenzustände werden jeweils die Zustände geringster Energie zuerst besetzt; die auf das Ar folgenden Elemente K und Ca besitzen in der N-Schale ein bzw. zwei s-Elektronen, und die M-Schale wird erst vom Sc zum Zn vollständig gefüllt (d-Zustände)



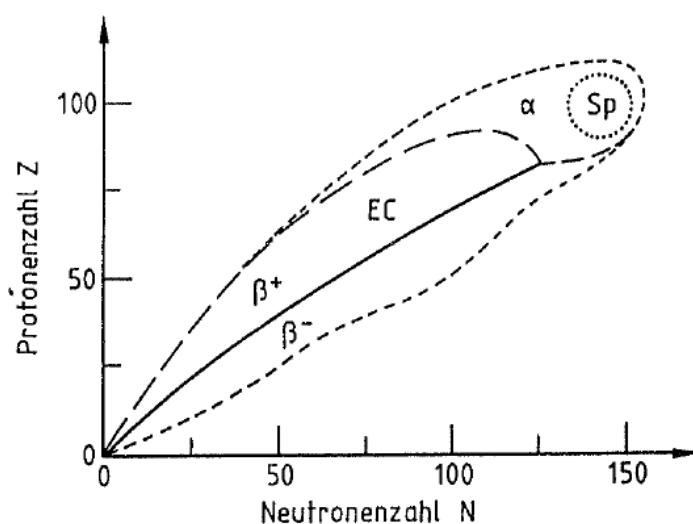


Abb. 2.2. Aufbauschema der Nuklidkarte. Stabile Kerne liegen nahe der durchgezogenen Linie. Radioaktive Kerne kennt man in den angegebenen Bereichen

Tabelle 2.3. Bezeichnung spezieller Nuklide

Symbol einfach	Symbol ausführlich	Nukleonen- zahl A	Protonen- zahl Z	Neutronen- zahl N
^1H	$^1\text{H}_0$	1	1	0
^2H	$^2\text{H}_1$	2	1	1
^{16}O	$^{16}\text{O}_8$	16	8	8
^{40}K	$^{40}\text{K}_{19}$	40	19	21
^{235}U	$^{235}_{92}\text{U}_{143}$	235	92	143
^{238}U	$^{238}_{92}\text{U}_{146}$	238	92	146

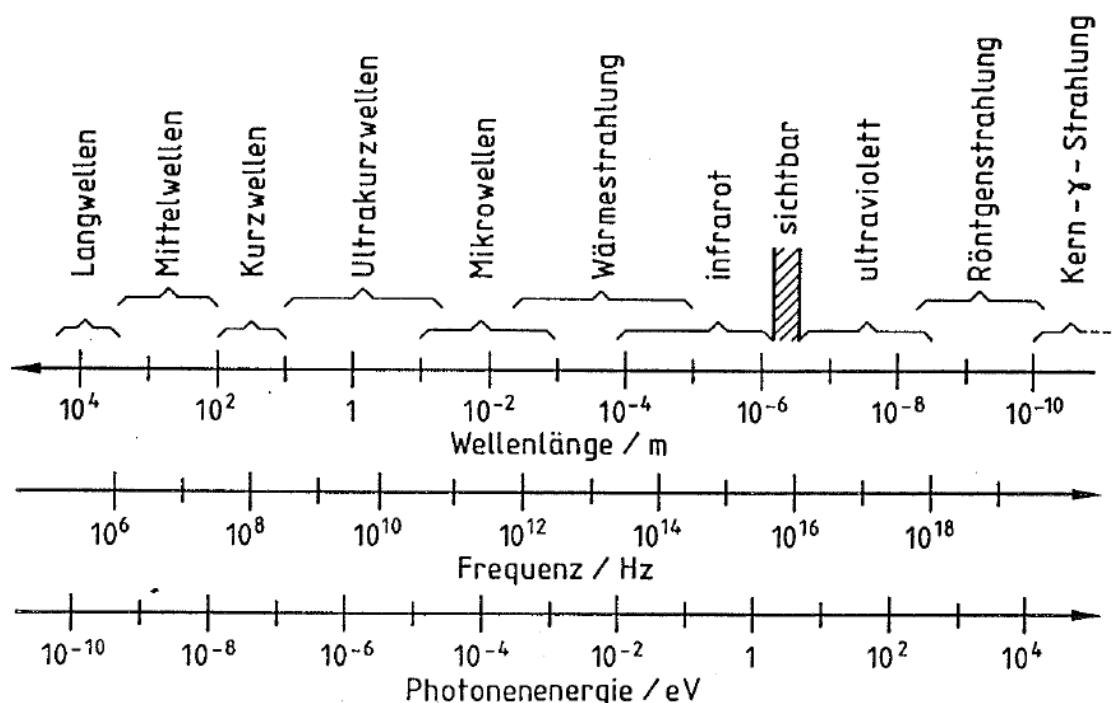


Abb. 2.3. Frequenzspektrum der elektromagnetischen Strahlung

^{238}U Zerfallskette ($A = 4n + 2$)										^{234}Th 24.1d ↘	100% $\leftarrow \alpha$	^{238}U 4.5E9y
		^{214}Pb 99.98% 26.8m ↘	$\leftarrow \alpha$	^{218}Po 100% 3.05m ↘	$\leftarrow \alpha$	^{222}Rn 100% 3.825d ↘	$\leftarrow \alpha$	^{226}Ra 100% 1600y ↘	$\leftarrow \alpha$	^{230}Th 100% 7.5E4y ↘	$\leftarrow \alpha$	^{234}U 2.5E5y
		^{210}Tl 0.4% 1.30m ↘	$\leftarrow \alpha$	^{214}Bi 100% 19.9m ↘	$\leftarrow \alpha$	^{218}At 2s						
^{206}Hg 75E-6% 8.15m ↘	$\leftarrow \alpha$	^{210}Pb 100% 22.3y ↘	$\leftarrow \alpha$	^{214}Po 0.16ms								
		^{206}Tl 5E-5% 4.2m ↘	$\leftarrow \alpha$	^{210}Bi 5.0d ↘								
		^{206}Pb stable	$\leftarrow \alpha$	^{210}Po 100% 138.4d								

^{232}Th Zerfallskette ($A = 4n$)								^{228}Ra 5.75y ↘	100% $\leftarrow \alpha$	^{232}Th 14E9y	
		^{212}Pb 10.6h ↘	$\leftarrow \alpha$	^{216}Po 0.15s	$\leftarrow \alpha$	^{220}Rn 100% 55.6s	$\leftarrow \alpha$	^{224}Ra 100% 3.66d	$\leftarrow \alpha$	^{228}Th 6.13h ↘	
^{208}Tl 36.2% 3.1m ↘	$\leftarrow \alpha$	^{212}Bi 60.6m ↘								^{228}Th 1.91y	
		^{208}Pb stable	$\leftarrow \alpha$	^{212}Po 0.3E-6s							

^{235}U Zerfallskette ($A = 4n + 3$)										^{231}Th 25.5h ↘	100% $\leftarrow \alpha$	^{235}U 7E8y
			^{215}Bi 7.4m ↘	97% $\leftarrow \alpha$	^{219}At 0.9m ↘	4E-3% $\leftarrow \alpha$	^{223}Fr 21.8m ↘	1.2% $\leftarrow \alpha$	^{227}Ac 21.8y ↘	100% $\leftarrow \alpha$	^{231}Pa 3.3E4y	
			^{211}Pb 36.1m ↘	>99.9% $\leftarrow \alpha$	^{215}Po 1.8ms ↘	100% $\leftarrow \alpha$	^{219}Rn 3.96s	100% $\leftarrow \alpha$	^{223}Ra 11.4d	100% $\leftarrow \alpha$	^{227}Th 18.7d	
^{207}Tl 99.68% 4.8m ↘	$\leftarrow \alpha$	^{211}Bi 2.13m ↘	100% $\leftarrow \alpha$	^{215}At 0.1ms								
		^{207}Pb stable	$\leftarrow \alpha$	^{211}Po 0.52s								

Abbildung 3: Die natürlichen Zerfallsreihen: Pfeile nach links bedeuten α -Zerfälle mit in Prozent angegebenen Häufigkeiten, Pfeile nach rechts unten stellen β -Zerfälle dar. Die Halbwertszeiten der Nuklide sind unter ihren Symbolen notiert. Dicke Pfeile symbolisieren die bevorzugten Zerfallsverläufe.

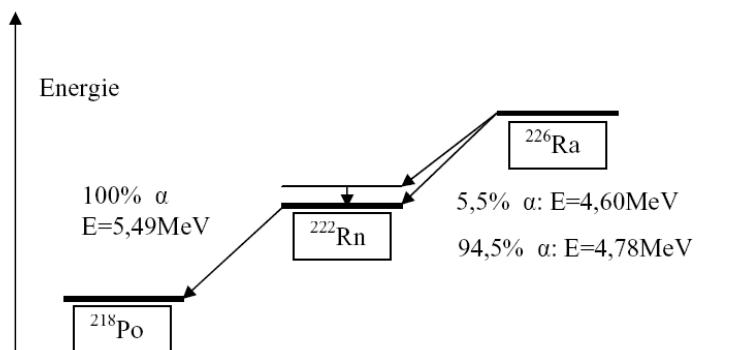
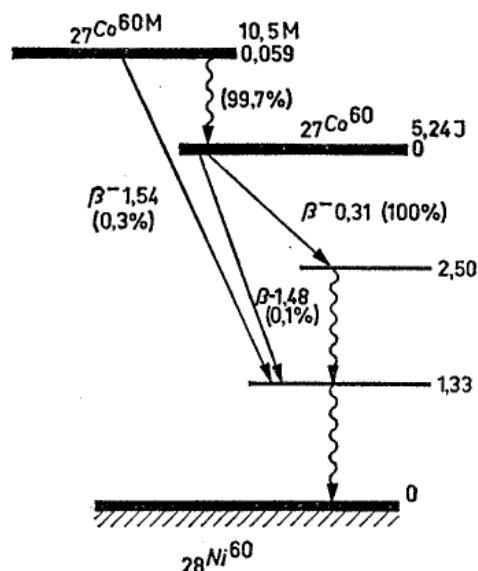


Abbildung 4: Der Zerfall von ^{226}Ra in ^{222}Rn erfolgt zu 94,5% durch α -Emission mit einer Energie von 4,78 MeV in den Grundzustand von ^{222}Rn und zu 5,5% mit einer Energie von 4,60 MeV in den angeregten Zustand von ^{222}Rn (Anregungsenergie 0,18 MeV). Der Übergang in den Grundzustand erfolgt über Emission eines (z. T. konvertierten*) γ -Quants der Energie 0,18 MeV (Rückstoß vernachlässigt).

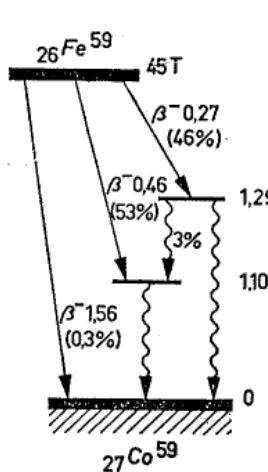
Abb. 7. Zerfallsschema von Co^{60} (Kobalt).

Co^{60} geht durch das Aussenden von Negatronen in praktisch 100% der Fälle auf ein Energieniveau von 2,50 MeV über und zerfällt weiter durch kaskadenförmige Emission zweier aufeinanderfolgender Gammaquanten von 1,17 bzw. 1,33 MeV.

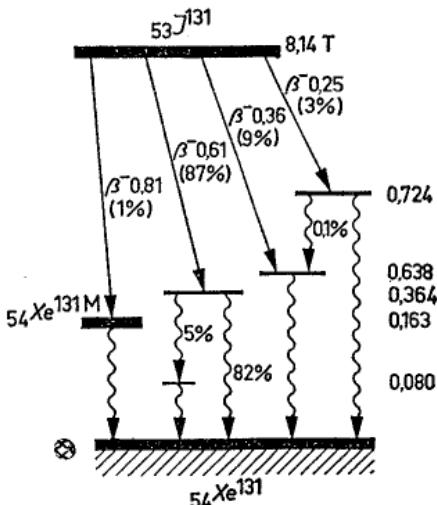
Daneben besteht eine geringe Möglichkeit, daß das Energieniveau von 1,33 MeV durch die Emission eines Negatrions direkt erreicht wird. Auf diesen Vorgang folgt dann die Aussendung eines Gammaquants von 1,33 MeV.

In beiden Fällen ist das Endprodukt Ni^{60} , ein stabiles Isotop von Nickel.

Vollständigkeitshalber wurde das Isomer Co^{60m} in das Schema aufgenommen. Auch dieses Isomer kennt zwei Zerfallsmöglichkeiten: mit der größten Wahrscheinlichkeit bildet es durch Aussenden eines Gammaquants Co^{60} , oder das oben erwähnte Energieniveau von 1,33 MeV wird durch die Emission eines Negatrions erreicht.

Abb. 8. Zerfallsschema von Fe^{59} (Eisen).

Die beiden zur Stabilität führenden Zerfallsmöglichkeiten treten mit gleicher Wahrscheinlichkeit auf. Das Gammaspektrum von Fe^{59} zeigt deshalb sowohl „Linien“ von 1,1 als auch von 1,3 MeV.

Abb. 9. Zerfallsschema von J^{131} (Jod)

Dieses Isotop besitzt vier – und zusätzlich noch einige weitere, seltener vorkommende – Zerfallsmöglichkeiten.

In einem der Fälle wird ein Isomer von Xe^{131} (Xenon) gebildet. Meist findet die Emission eines Gammaquants von 0,364 MeV statt.

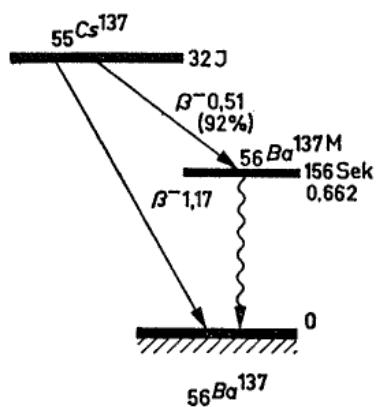


Abb. 4. Zerfallsschema von Cs¹³⁷ (Cäsium)
92% der anwesenden Kerne bilden zunächst das Isomer Ba^{137m} (Barium), das unter Aussendung eines Gammaquants mit einer Energie von 0,662 keV in stabiles Ba¹³⁷ übergeht. Die übrigen Kerne bilden durch Beta-Zerfall direkt Ba¹³⁷.

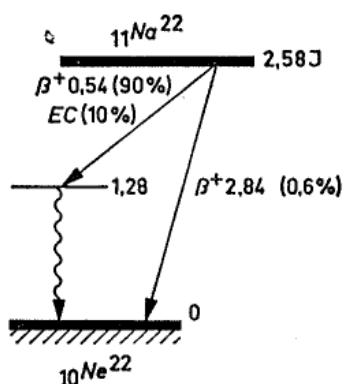


Abb. 5. Zerfallsschema von Na²² (Natrium)
Bei der mit der höchsten Wahrscheinlichkeit auftretenden Zerfallsart wird über die Emission eines Positrons (β^+) oder durch Elektroneneinfang mit anschließender Aussendung eines Gammaquants (Energie 1,28 MeV) Ne²², ein stabiles Isotop von Neon, gebildet.

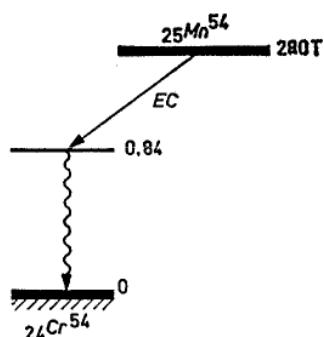


Abb. 6. Zerfallsschema von Mn⁵⁴ (Mangan)
Durch Einfangen eines Elektrons (EC) und Emission eines Gammaquants mit 0,84 MeV wird das stabile Isotop Cr⁵⁴ von Chrom gebildet.

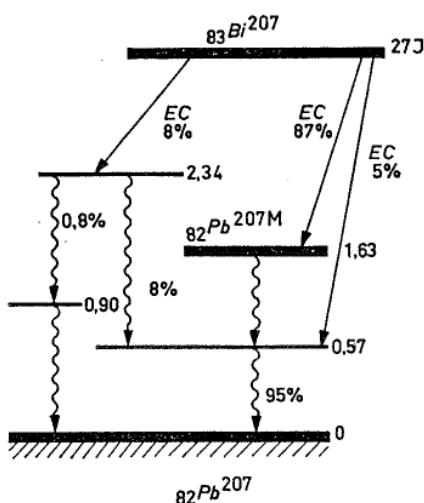


Abb. 10. Zerfallsschema von Bi²⁰⁷ (Wismut).
In allen drei Fällen handelt es sich um Elektroneneinfang. Bei der mit der größten Wahrscheinlichkeit auftretenden Zerfallsart wird das Isomer Pb^{207m} von Blei gebildet.