

Radioaktivität im Weltall und auf der Erde

H.-J. Körner, L. Beck, G. Dollinger,
G. Datzmann, B. Harss, G.-E. Körner

Physik Department E12
Technische Universität München

Einführung

- Entdeckung der Radioaktivität, Zerfallsgesetze, Atom-Modell
- Interpretation der radioaktiven Zerfälle

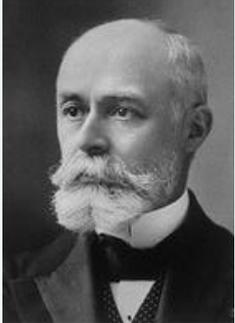
Radioaktivität im Weltall

- Gamma-Astronomie
- Nachweis Eisen-60

Radioaktivität auf der Erde

- Kohlenstoff-14, Kalium, Uran (Radon)
- Anwendungen

Erforschung des Phänomens “Radioaktivität”



Henry Becquerel, 1896

*Entdeckung von
radioaktiver Strahlung*



Marie und
Pierre Curie, 1898



*Isolation radioaktiver Elemente
(Radium, Polonium und Thorium)*



Ernest Rutherford, 1911

*Entdeckung des Atomkerns
=> Atommodell*

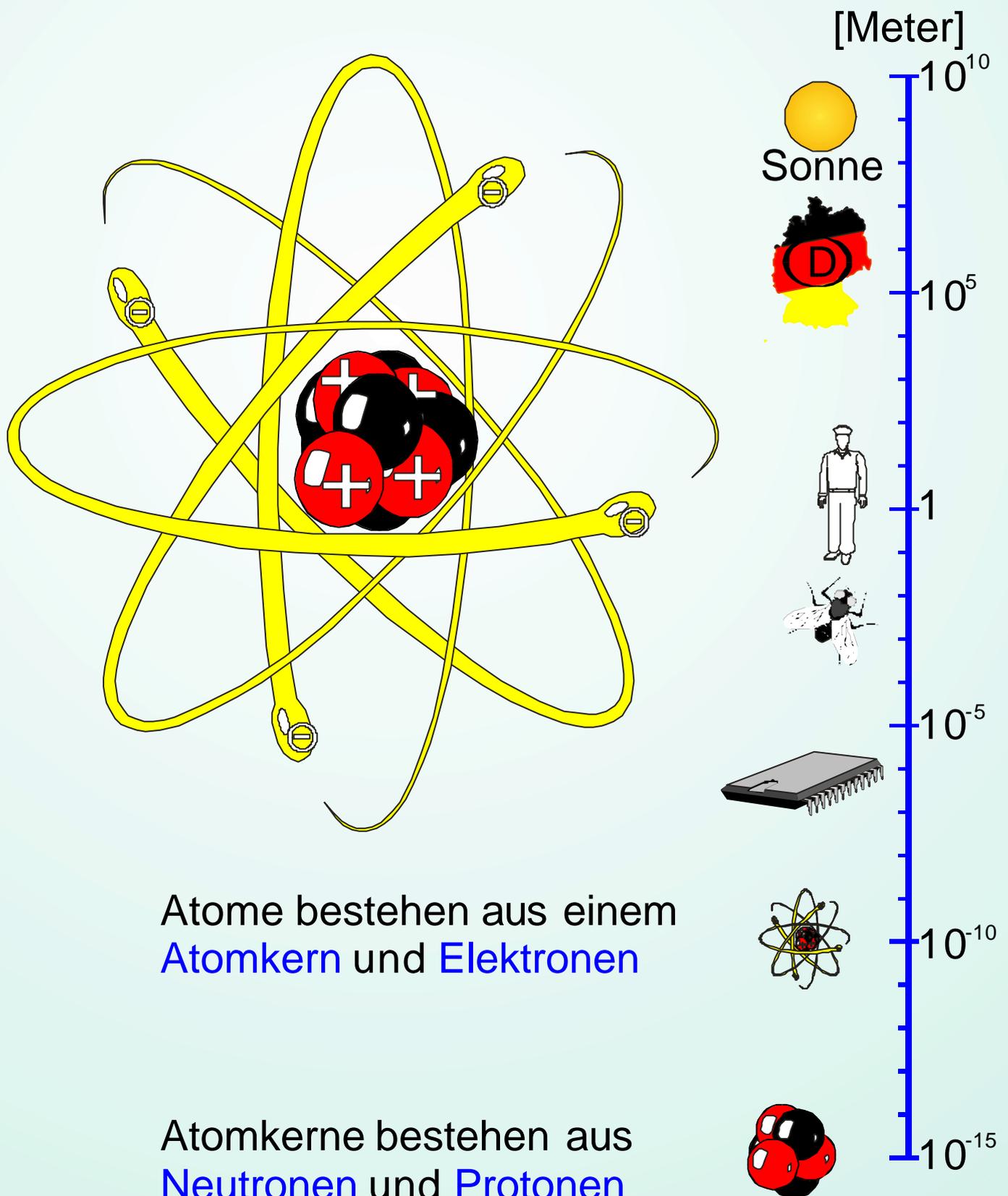


James Chadwick, 1932

Entdeckung des Neutrons

Was ist ein Atom?

Was ist ein Atomkern?



Radioaktivität: spontane Zerfälle von Atomkernen

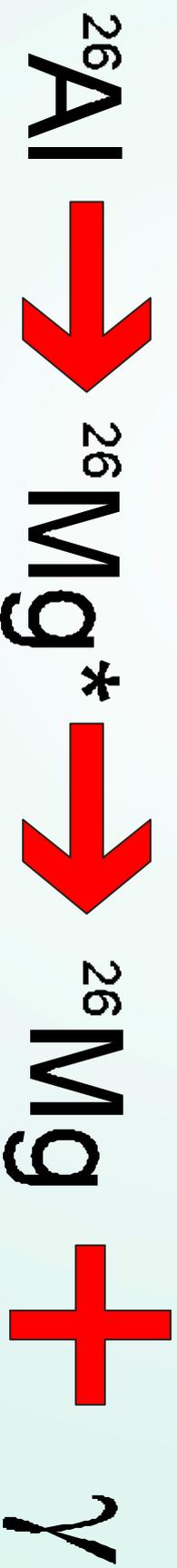
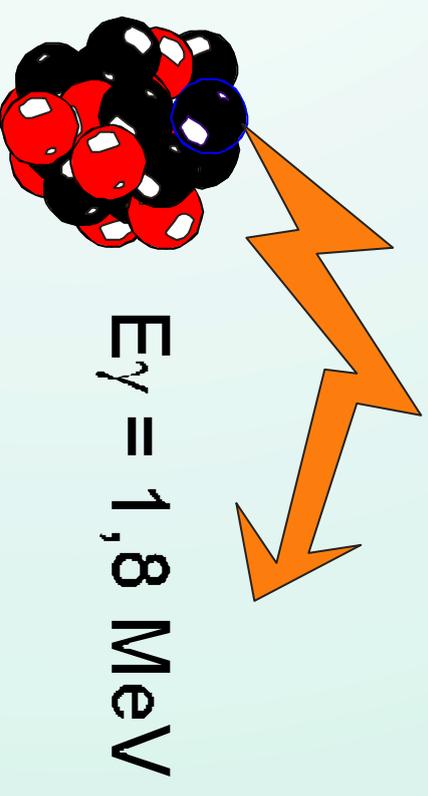
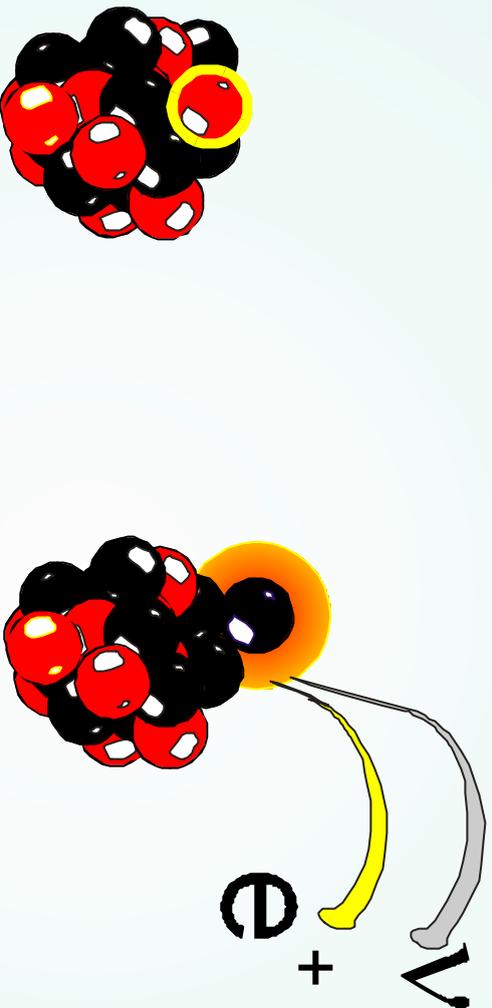
Man unterscheidet drei Sorten von Zerfällen,
die zu radioaktiver Strahlung führen:

α -Zerfall

β -Zerfall

γ -Zerfall

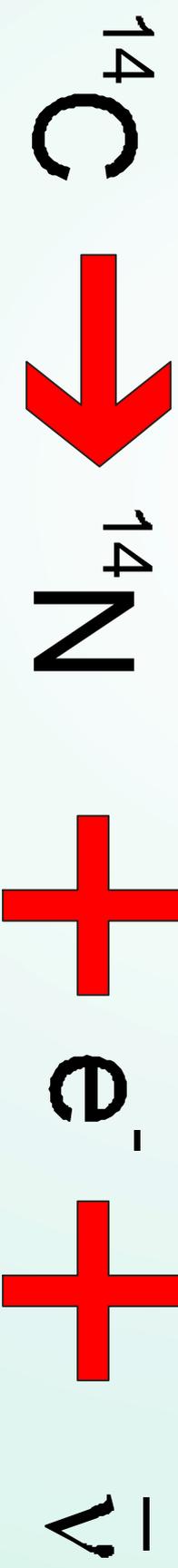
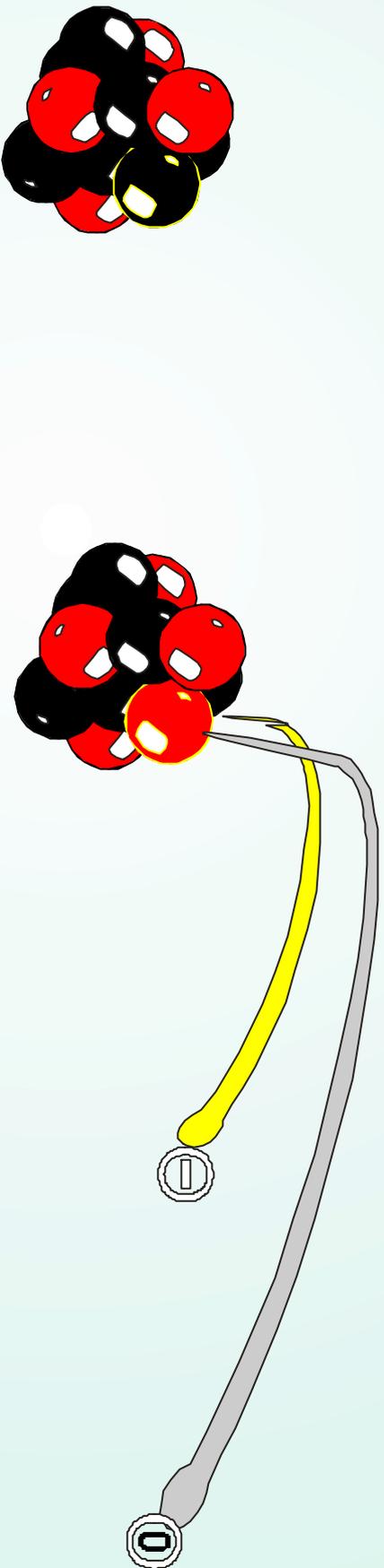
γ -Zerfall von ^{26}Al - ^{26}Mg



α -Zerfall von ^{238}U



β -Zerfall von ^{14}C

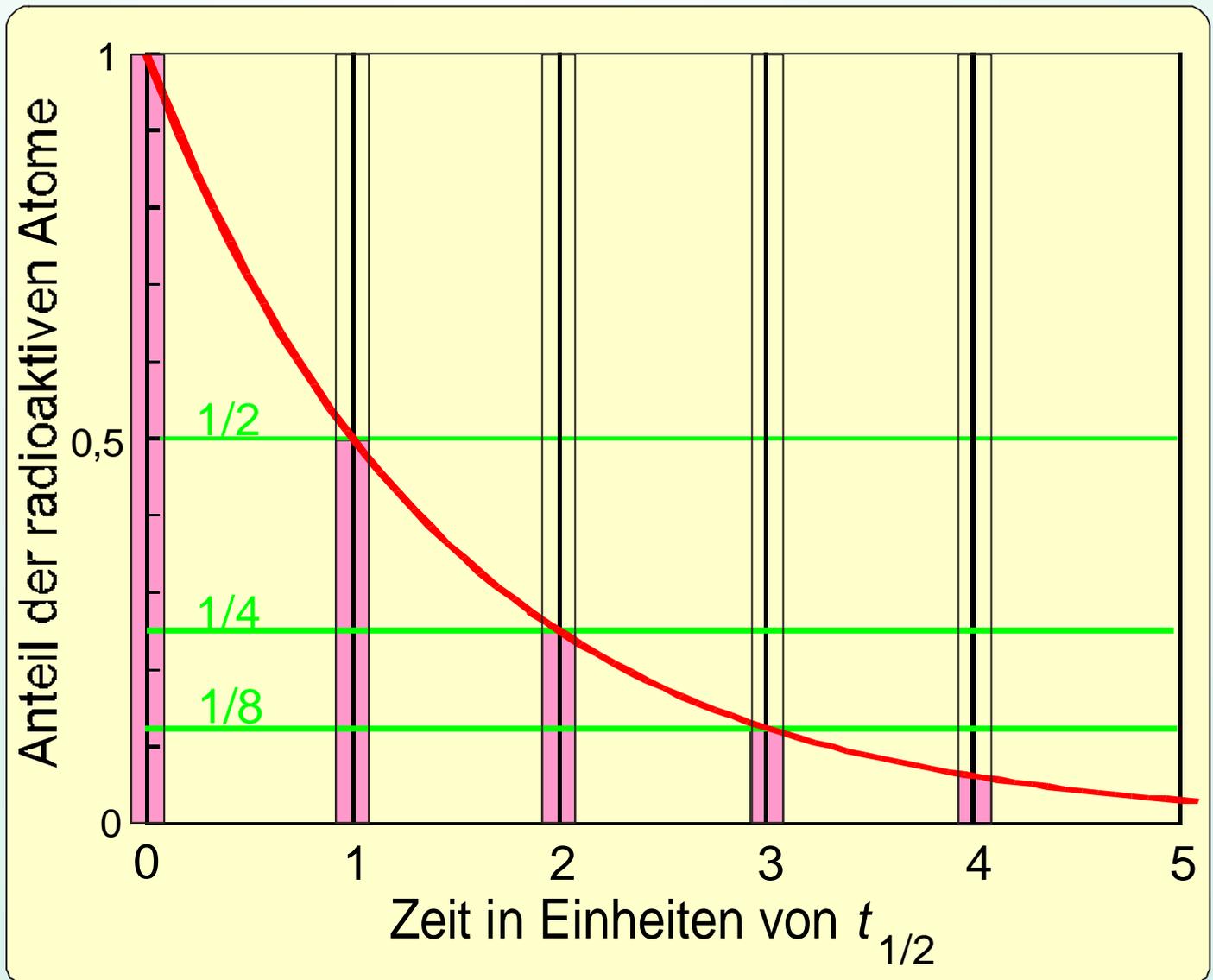


“Halbwertszeit” und das Zerfallsgesetz

Nach einer Halbwertszeit $t_{1/2}$ ist die Hälfte von N_0 Atomkernen zerfallen. Nach der Zeit t sind noch

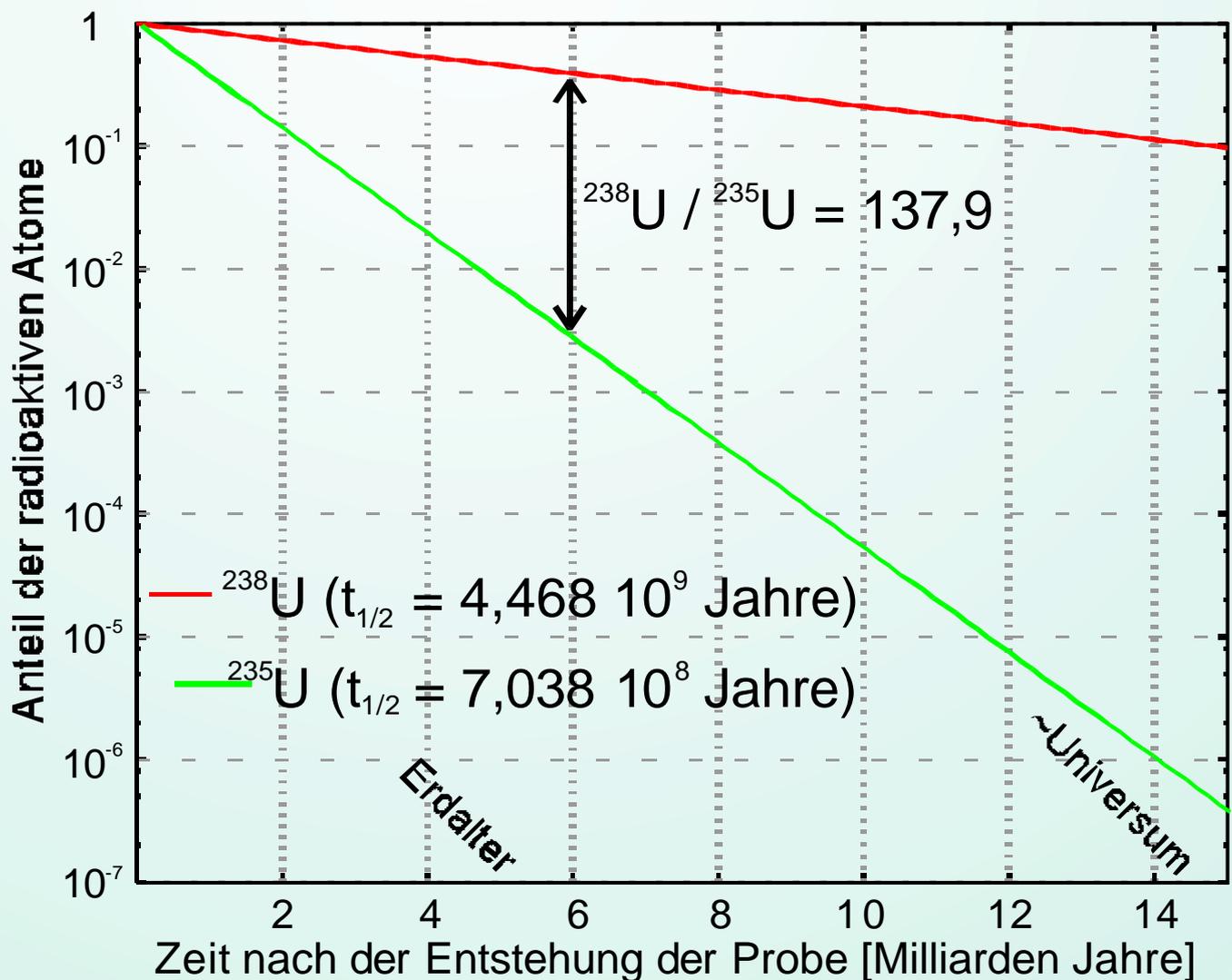
$$N = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \tau = t_{1/2} / \ln(2)$$

Atomkerne übrig.



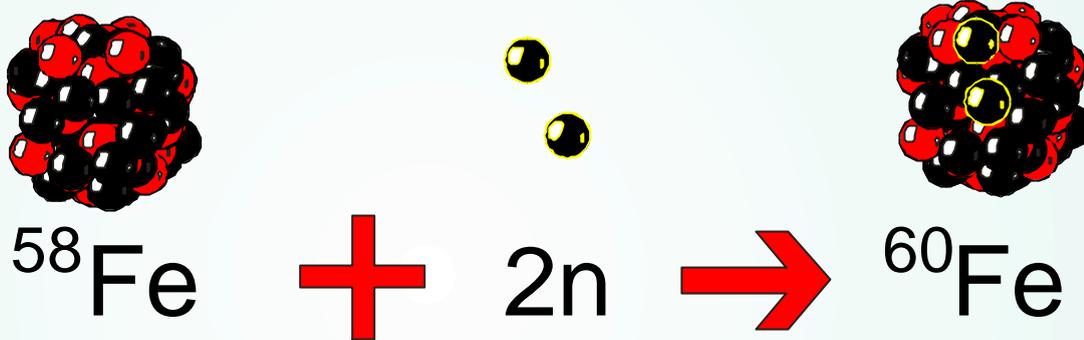
Das Alter der Elemente

Der radioaktive Zerfall bestimmter Elemente kann als "Uhr" verwendet werden

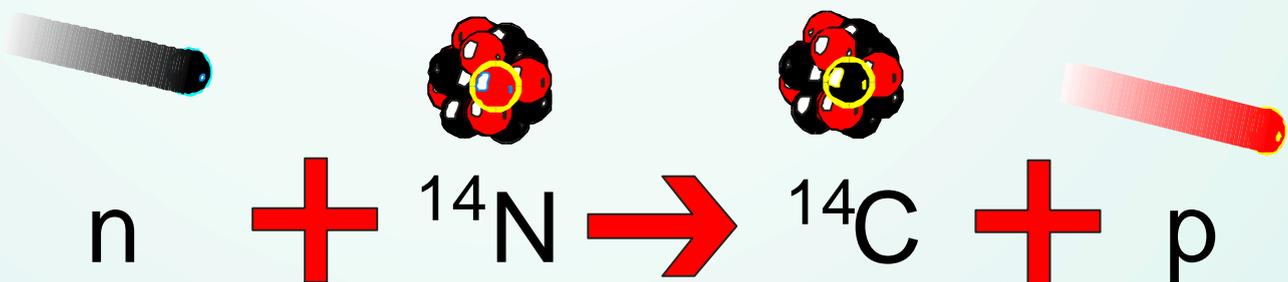


Wie und wo entstehen in der Natur radioaktive Elemente?

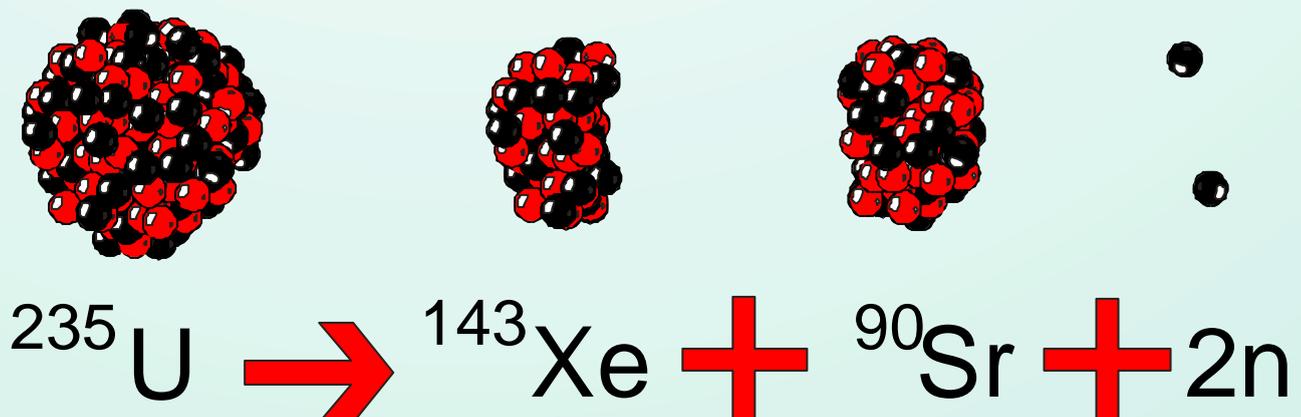
Sterne: Fusion von Kernen mit Kernen und Fusion von Kernen mit Nukleonen



Atmosphäre: Kernreaktionen mit energetischen Teilchen

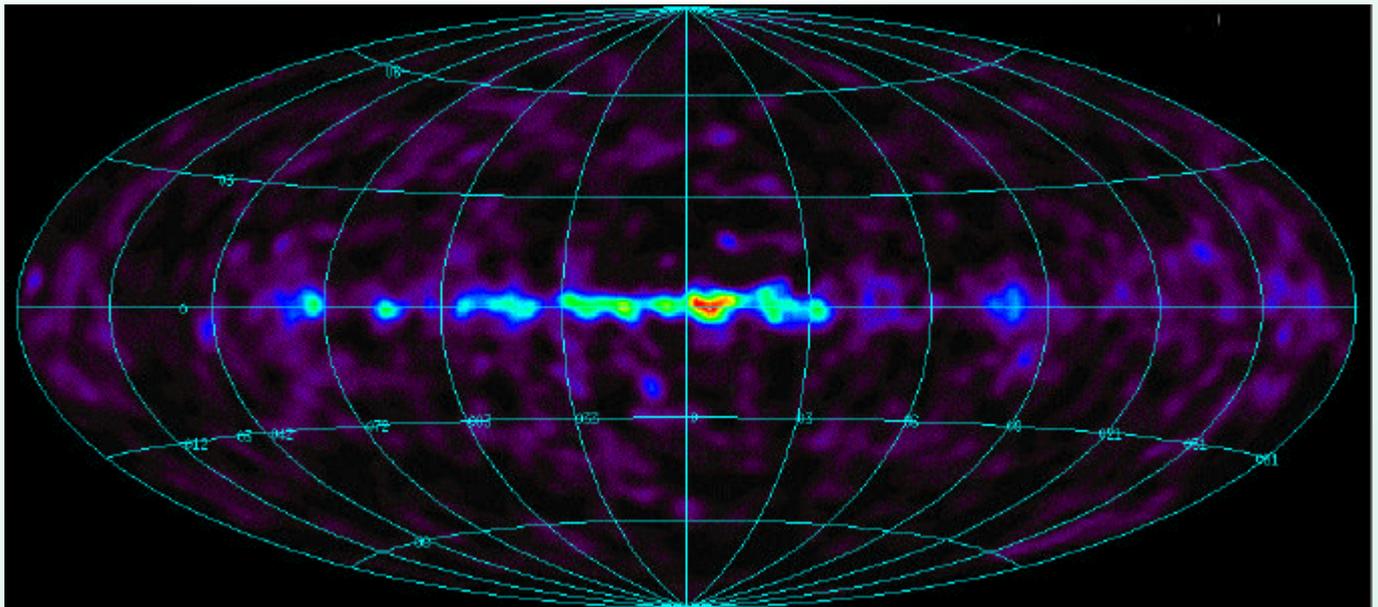
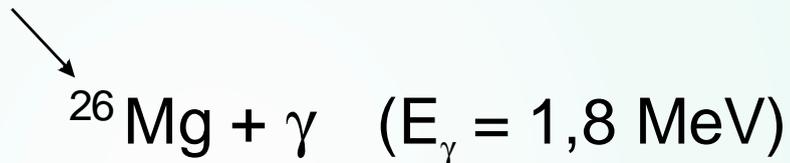


Gestein: Spontane Spaltung



Radioaktivität im Weltall

Beobachtung von γ -Strahlung aus dem Weltall



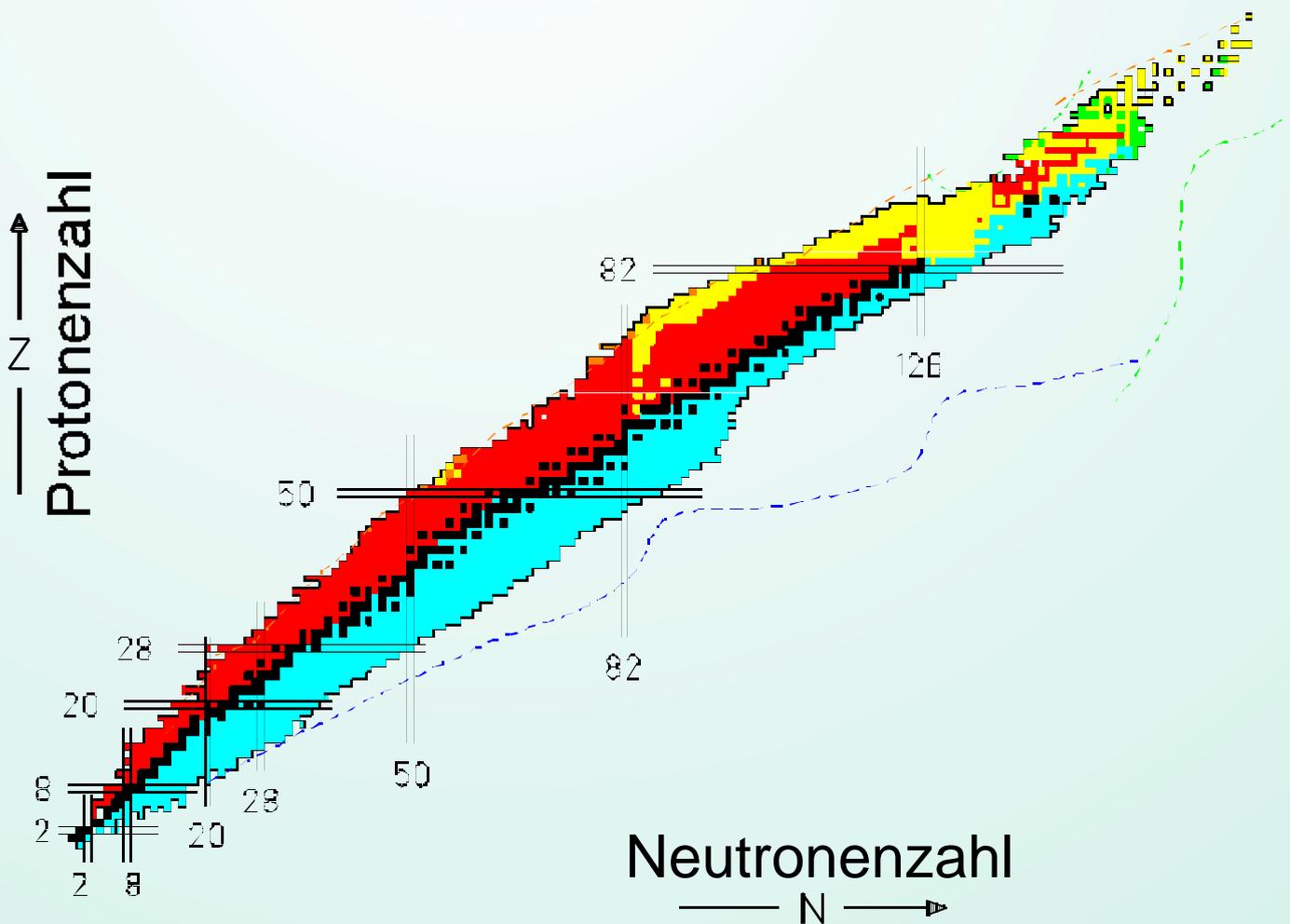
Himmelskarte der 1,8 MeV γ -Strahlung
COMPTEL Teleskop

Radioaktivität im Weltall

Vermutung:

Alle Elemente entstehen durch Kernreaktionen

- Kernfusion von Wasserstoff zu Eisen:
Energiequelle der Sterne
- Sternexplosionen: => schwere Elemente



Radioaktivität auf der Erde

Kernreaktionen erzeugen radioaktive Kerne

Reste aus der Elementsynthese

- Uran, Thorium, Kalium-40

Produkte der Höhenstrahlung

- ^{14}C

Künstliche Radioaktivität

- Teilchenbeschleuniger
- Kernreaktoren
- Kernwaffen

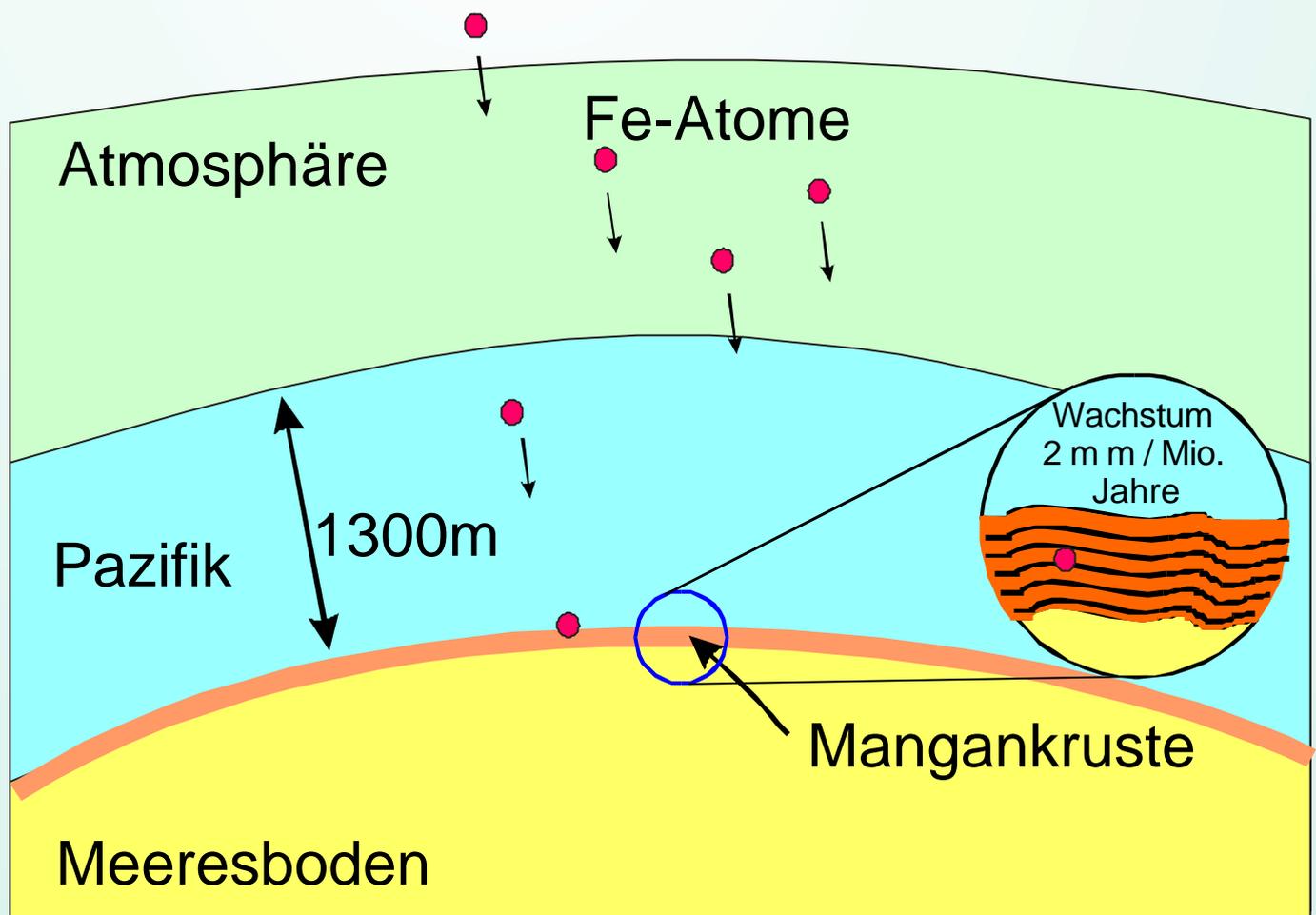
Nachweis ^{60}Fe auf der Erde

^{60}Fe wird nur in Supernova Explosionen erzeugt

Nachweis auf der Erde

$t_{1/2} = 1,5$ Mio. Jahre

- ▶ Supernova Explosion in der Nähe der Erde (Abstand 100 Lichtjahre) vor ca 5 Mio. Jahre



20 Atome in 100g Gestein nachgewiesen

Anwendungen

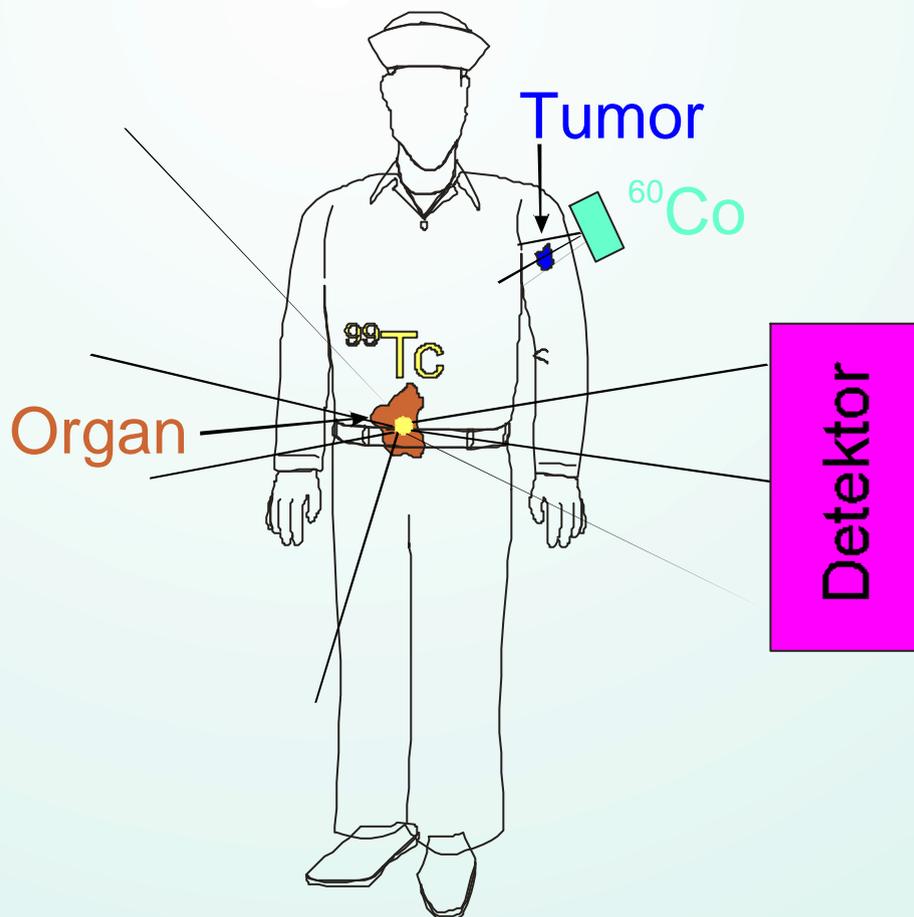
Altersbestimmung

Alter der Elemente auf der Erde $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$

^{14}C Methode

Diagnostik und Therapie

Radiotherapie



Materialforschung: Sondenmethoden

Chemie

Werkstoffe

Elektronikmaterial

Isotope

Wasserstoff



^1H

stabil

Deuterium



^2H

stabil

Tritium

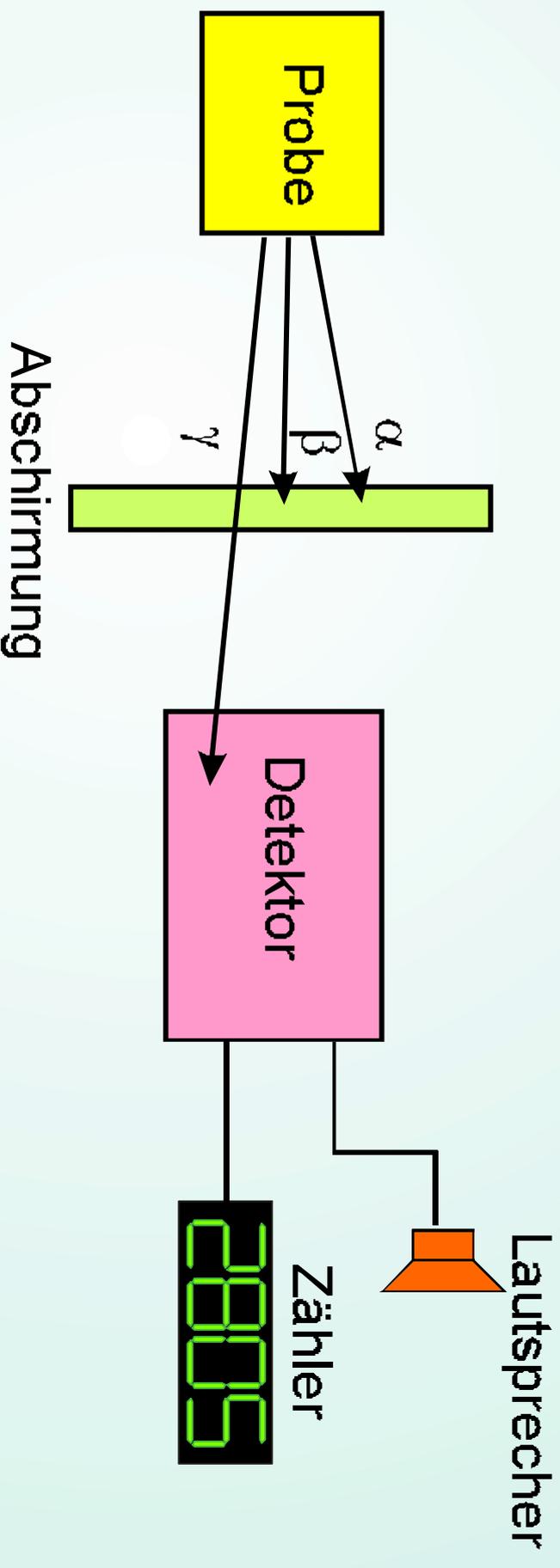


^3H

radioaktiv

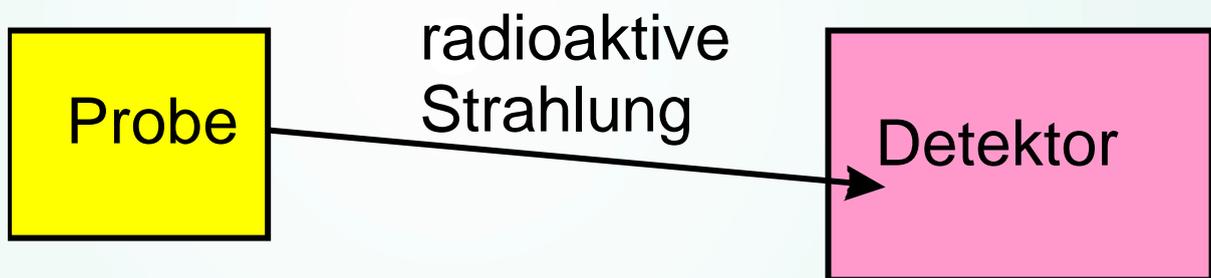
Neutronen- zahl	5	6	7	8
7 Protonen			^{14}N stabil	
6 Protonen	^{11}C radioaktiv	^{12}C stabil	^{13}C stabil	^{14}C radioaktiv
5 Protonen		^{11}B stabil		

Experiment



Experiment

Radioaktivität in der Umwelt



Proben:

Kachel (italienische ↔ deutsche)

Kali - Dünger

Glühstrumpf

Gras (1986)

Wecker

Pechblende

Mittlere effektive Dosis der Bevölkerung in der BRD im Jahr 1988

Natürliche Strahlenexposition	2,4 mSv
kosmische Strahlung	0,3
terrestrische Strahlung	0,5
Inhalation von Radon in Wohnungen	1,3
inkorporierte radioaktive Stoffe	0,3
Zivilisatorische Strahlenexposition	1,55 mSv
medizinische Diagnostik und Therapie	1,5
kerntechnische Anlagen	<0,01
Fallout von Kernwaffenversuchen	<0,01
berufliche Strahlenexposition	<0,01
technische Strahlungsquellen	<0,01
Tschernobyl Reaktorkatastrophe	0,04 mSv
Gesamte mittlere Strahlenexposition	4,0 mSv
mittlerer Fehler 50%	