

# 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

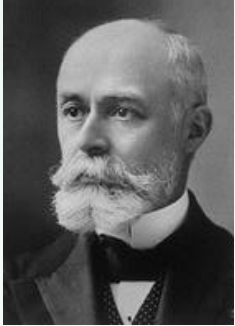
- Gamma-Astronomie
- Nachweis Eisen-60

## 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*

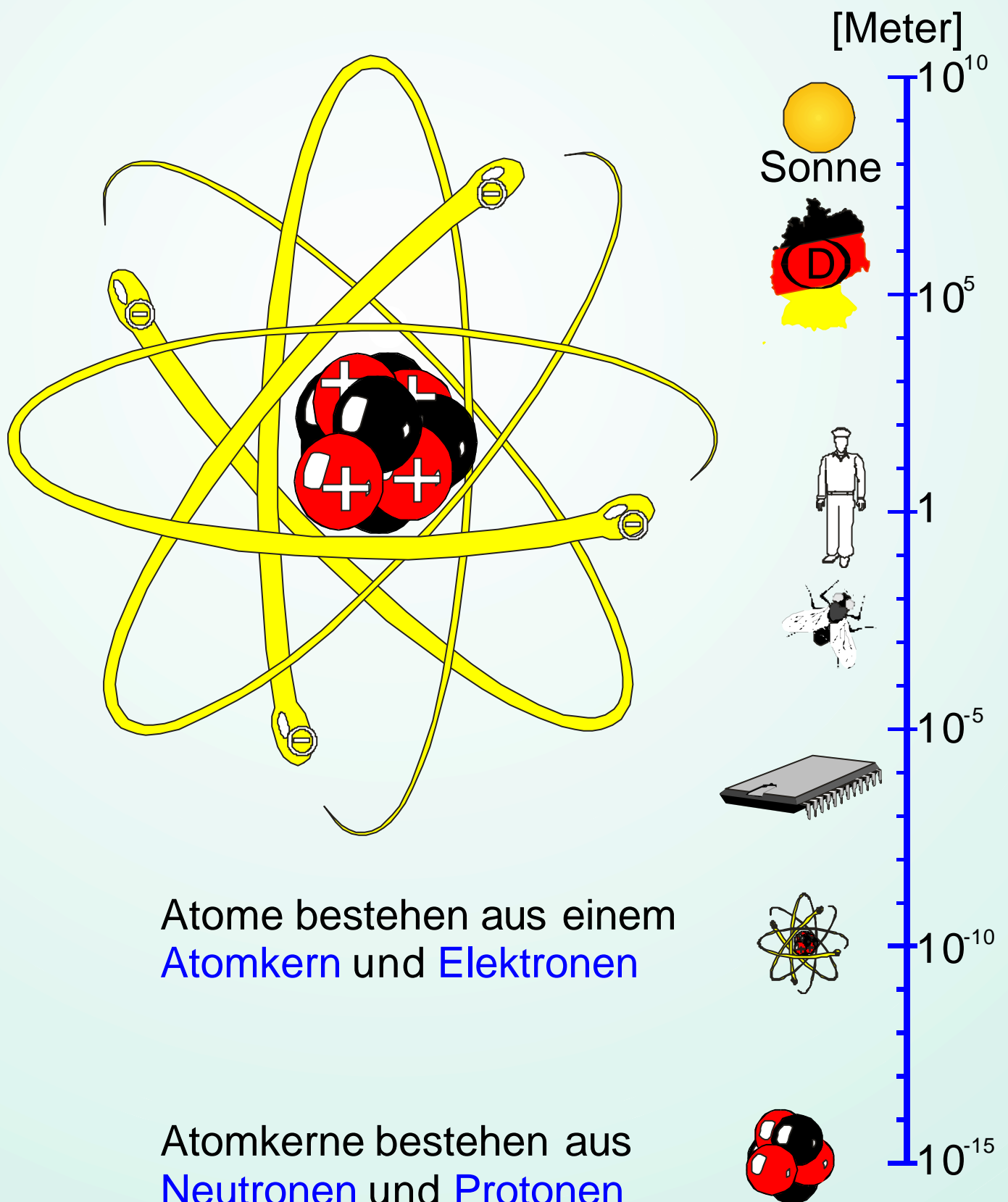


James Chadwick, 1932

*Entdeckung des Neutrons*

# Was ist ein Atom?

## Was ist ein Atomkern?



# Radioaktivität: spontane Zerfälle von Atomkernen

---

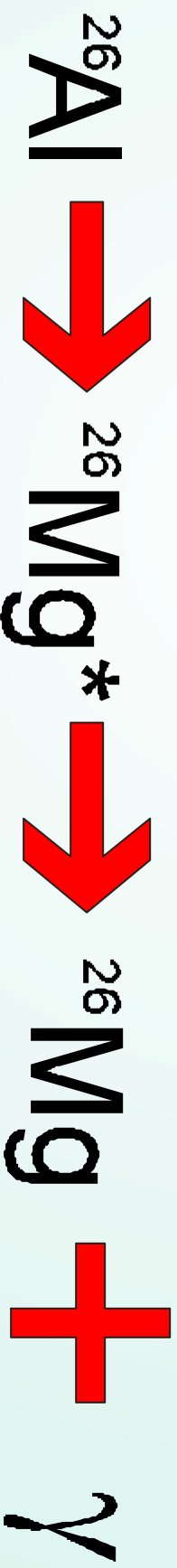
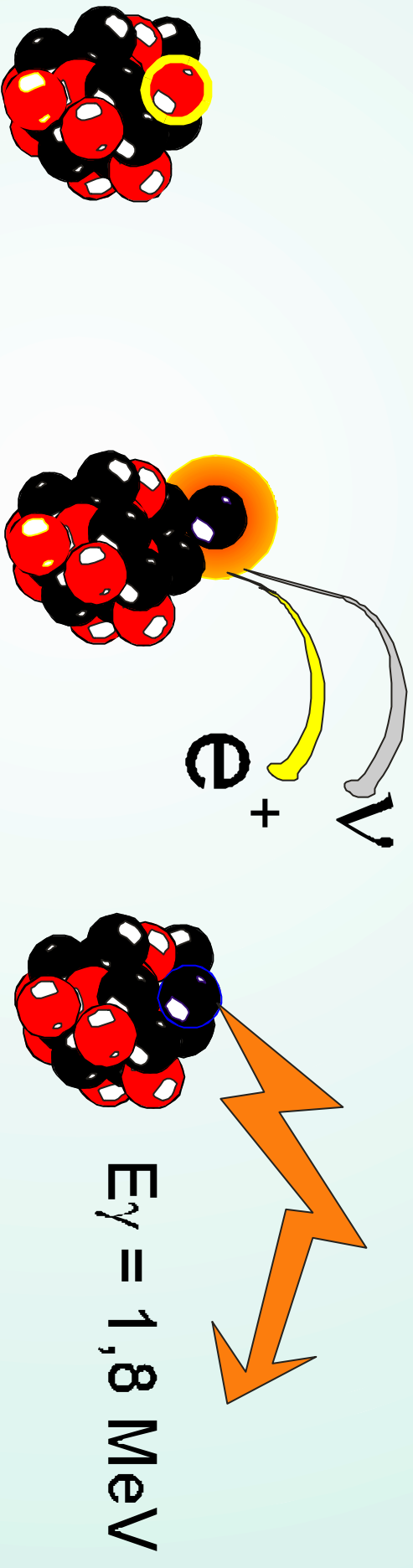
Man unterscheidet drei Sorten von Zerfällen,  
die zu radioaktiver Strahlung führen:

$\alpha$ -Zerfall

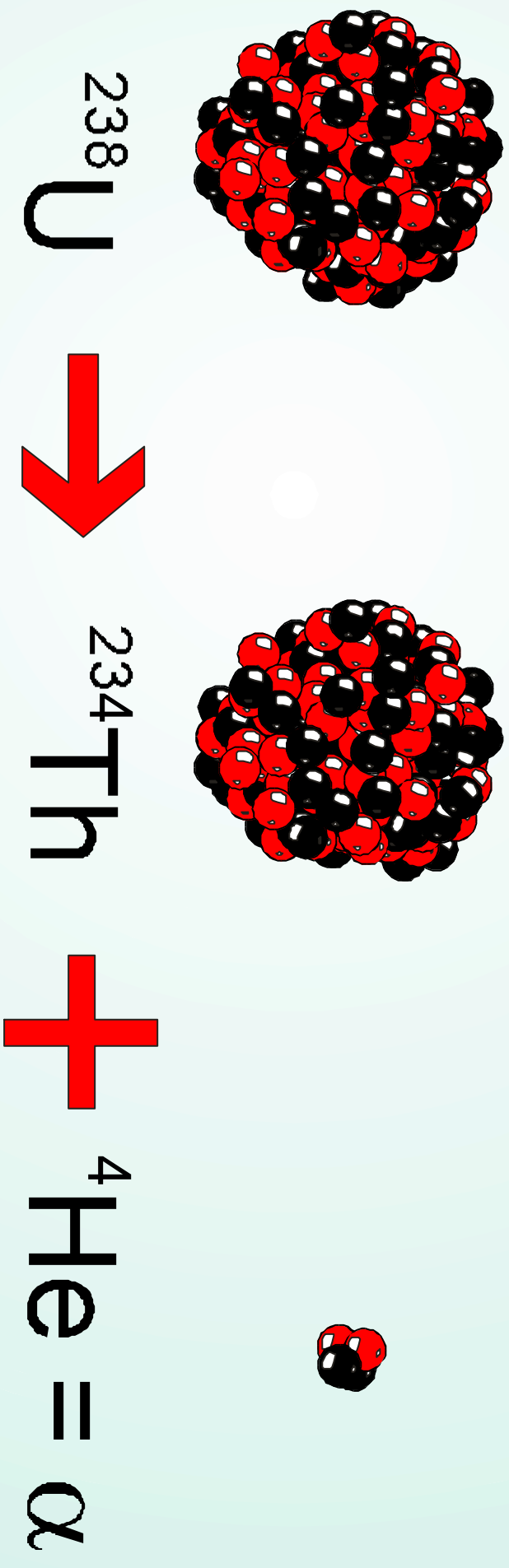
$\beta$ -Zerfall

$\gamma$ -Zerfall

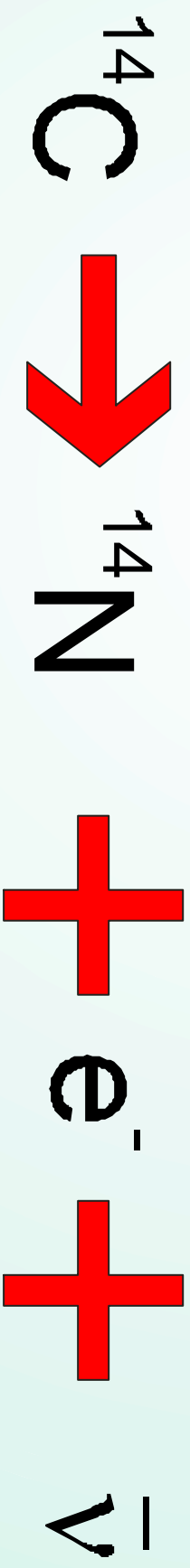
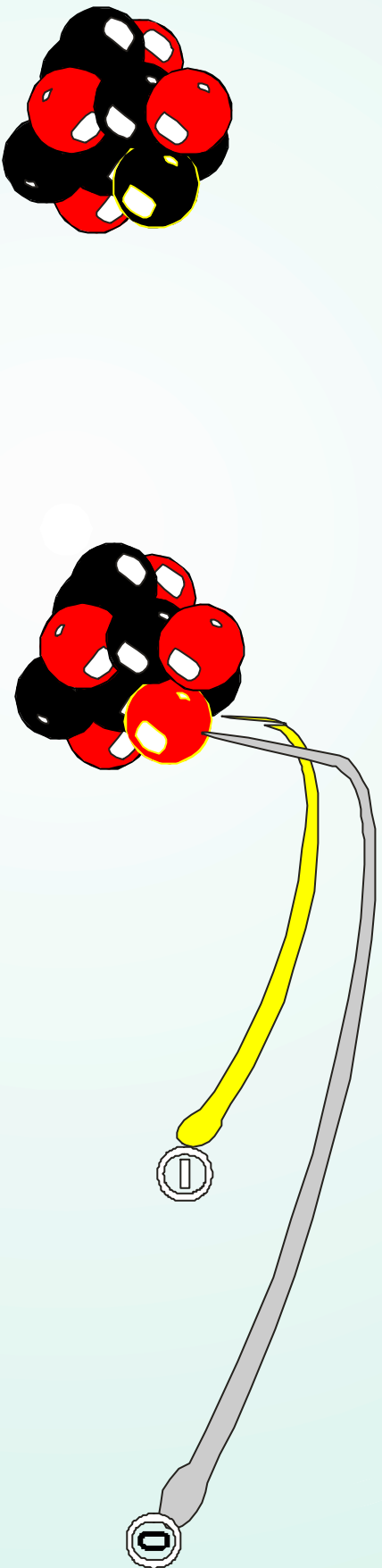
# $\gamma$ -Zerfall von $^{26}\text{Al}$ - $^{26}\text{Mg}$



# $\alpha$ -Zerfall von $^{238}\text{U}$



# $\beta$ -Zerfall von $^{14}\text{C}$

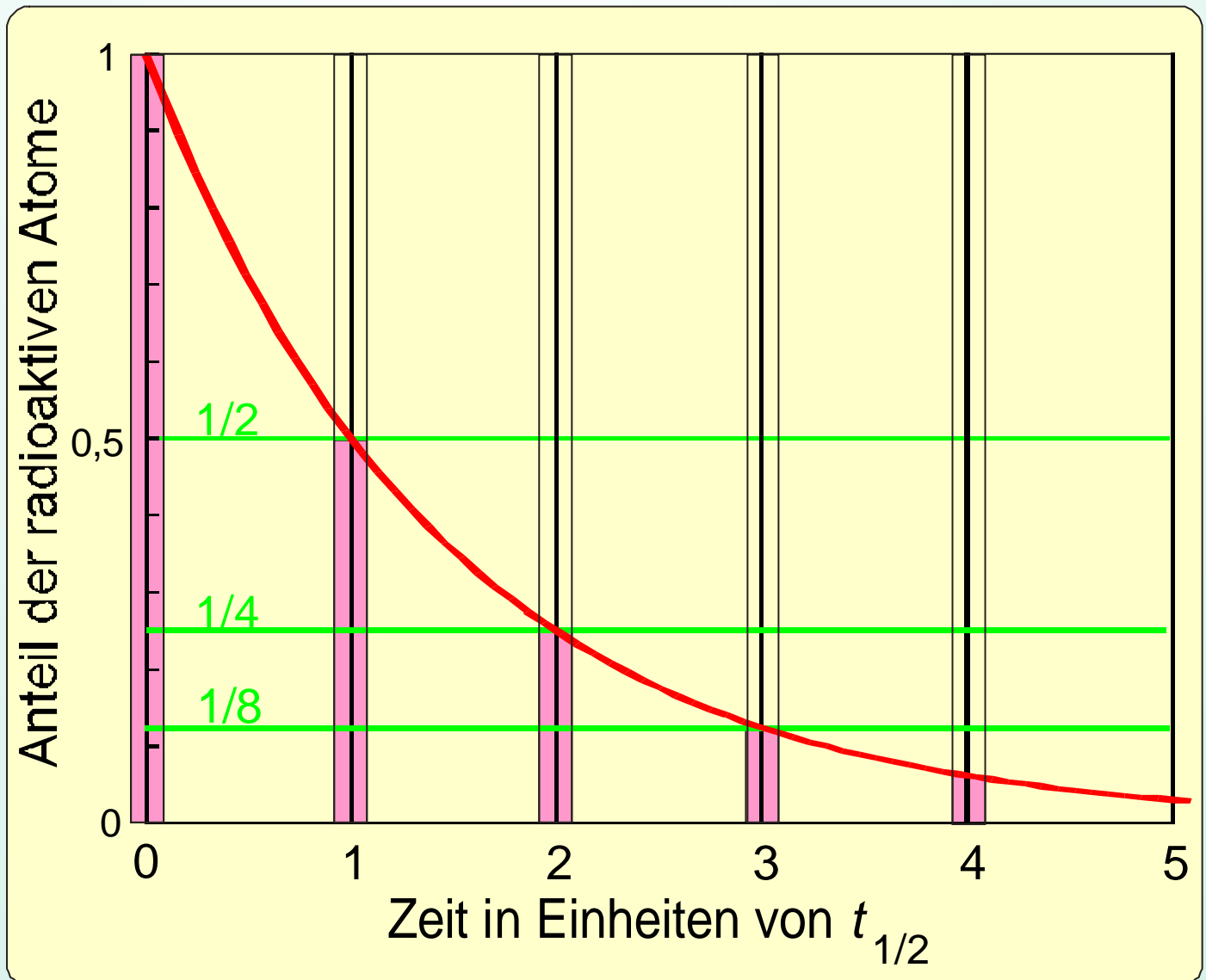


# “Halbwertszeit” und das Zerfallsgesetz

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

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

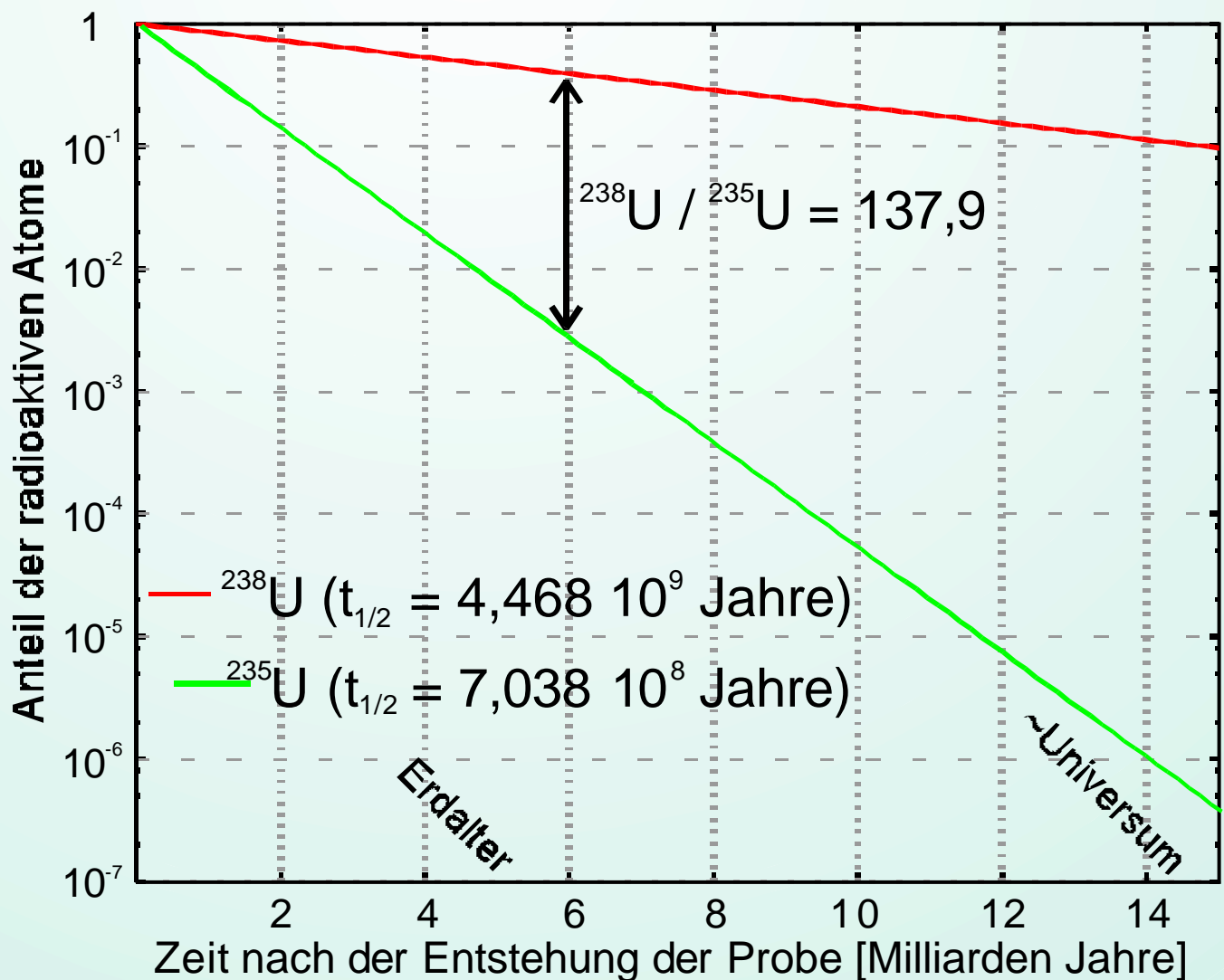
Atomkerne übrig.





# Das Alter der Elemente

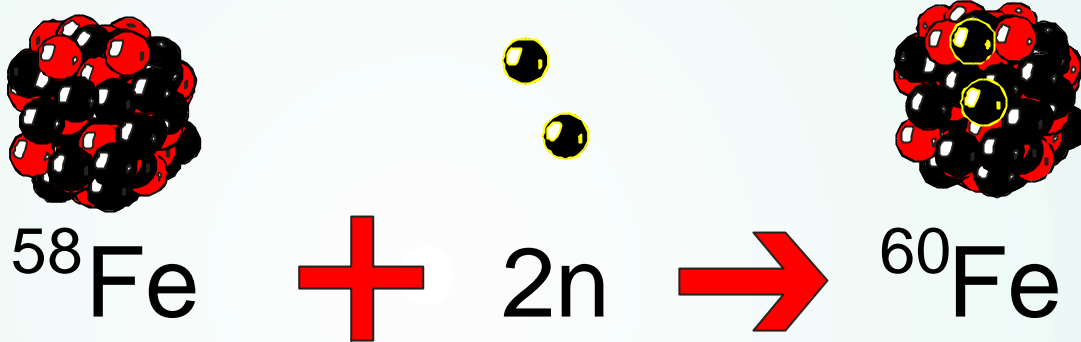
Der radioaktive Zerfall bestimmter Elemente kann als "Uhr" verwendet werden



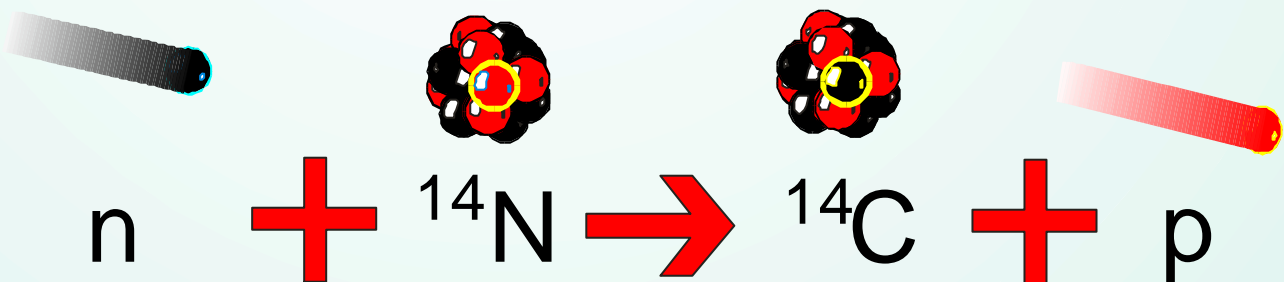
# Wie und wo entstehen in der Natur radioaktive Elemente?

---

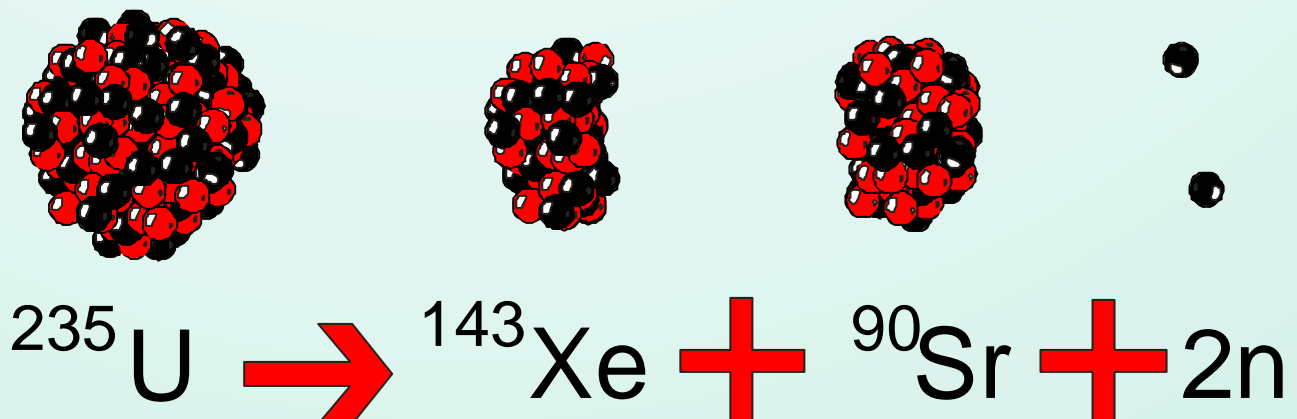
Sterne: Fusion von Kernen mit Kernen und Fusion von Kernen mit Nukleonen



Atmosphäre: Kernreaktionen mit energetischen Teilchen



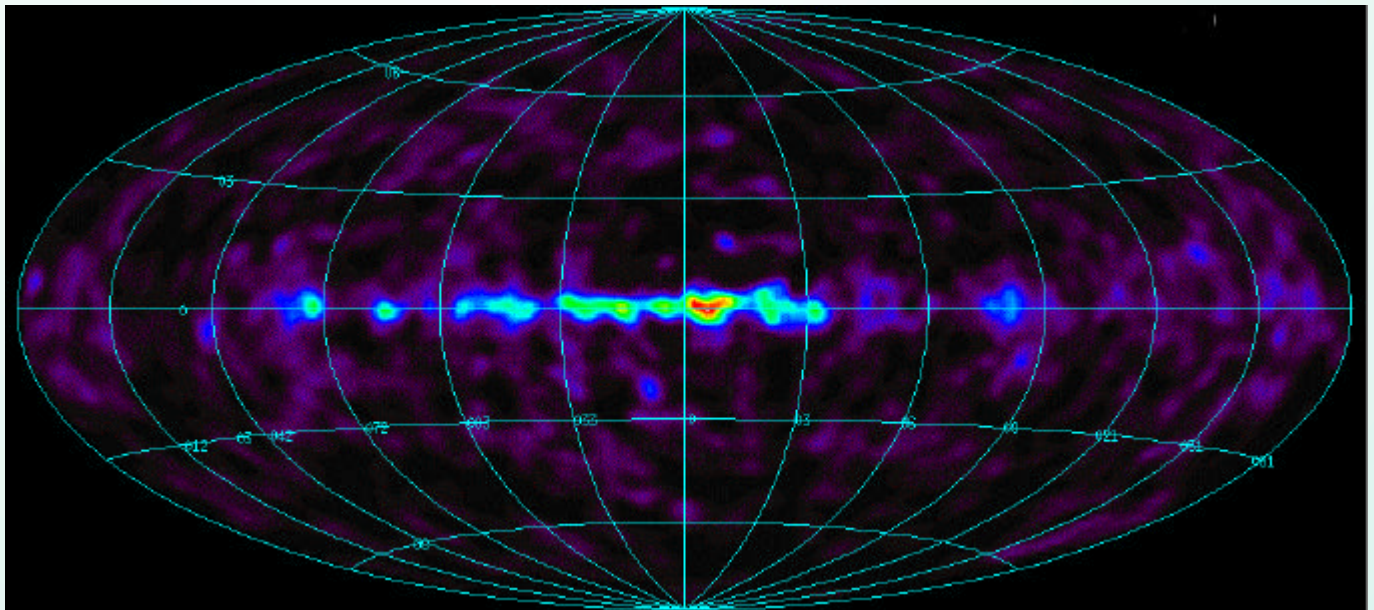
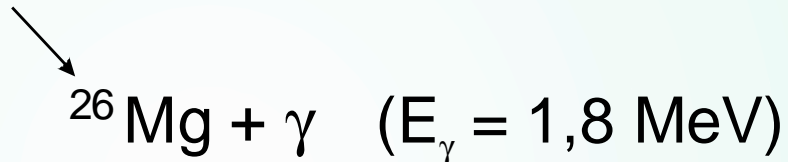
Gestein: Spontane Spaltung



# Radioaktivität im Weltall

---

Beobachtung von  $\gamma$ -Strahlung aus dem Weltall



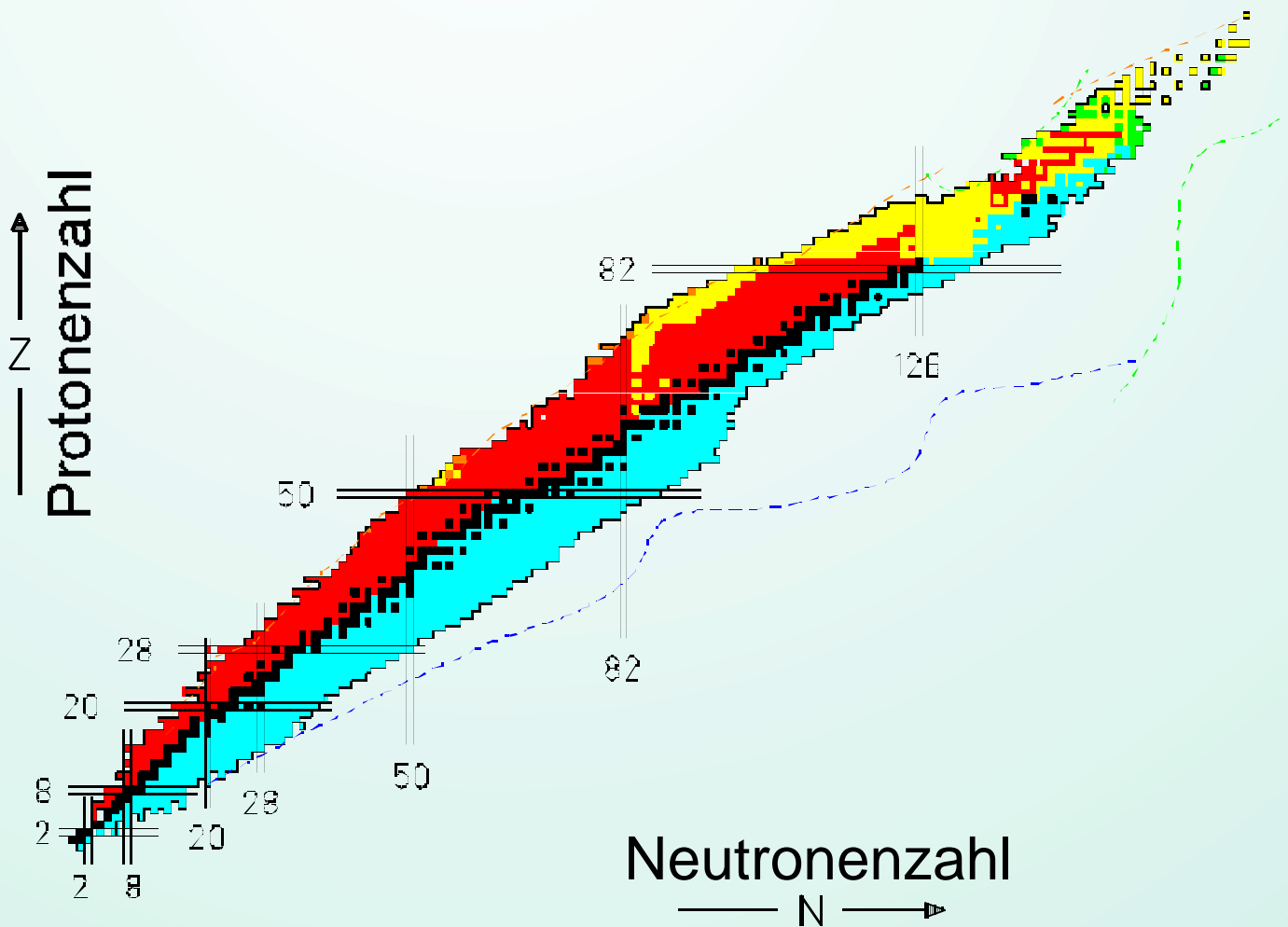
Himmelskarte der 1,8 MeV  $\gamma$ -Strahlung  
COMPTTEL Teleskop

# 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

- $^{14}\text{C}$

Künstliche Radioaktivität

- Teilchenbeschleuniger
- Kernreaktoren
- Kernwaffen

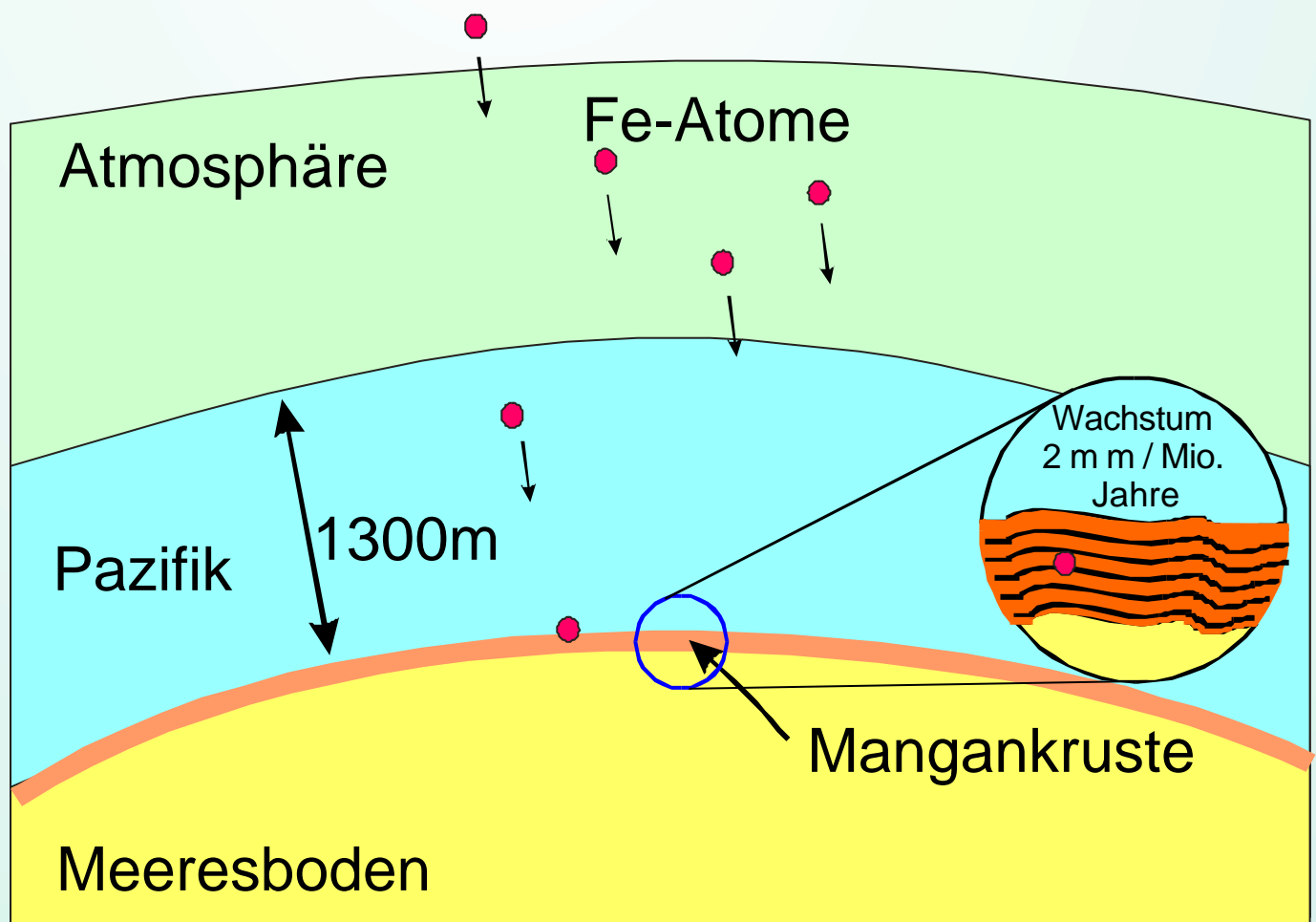
# Nachweis $^{60}\text{Fe}$ auf der Erde

$^{60}\text{Fe}$  wird nur in Supernova Explosionen erzeugt

Nachweis auf der Erde

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

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



20 Atome in 100g Gestein nachgewiesen

# Anwendungen

---

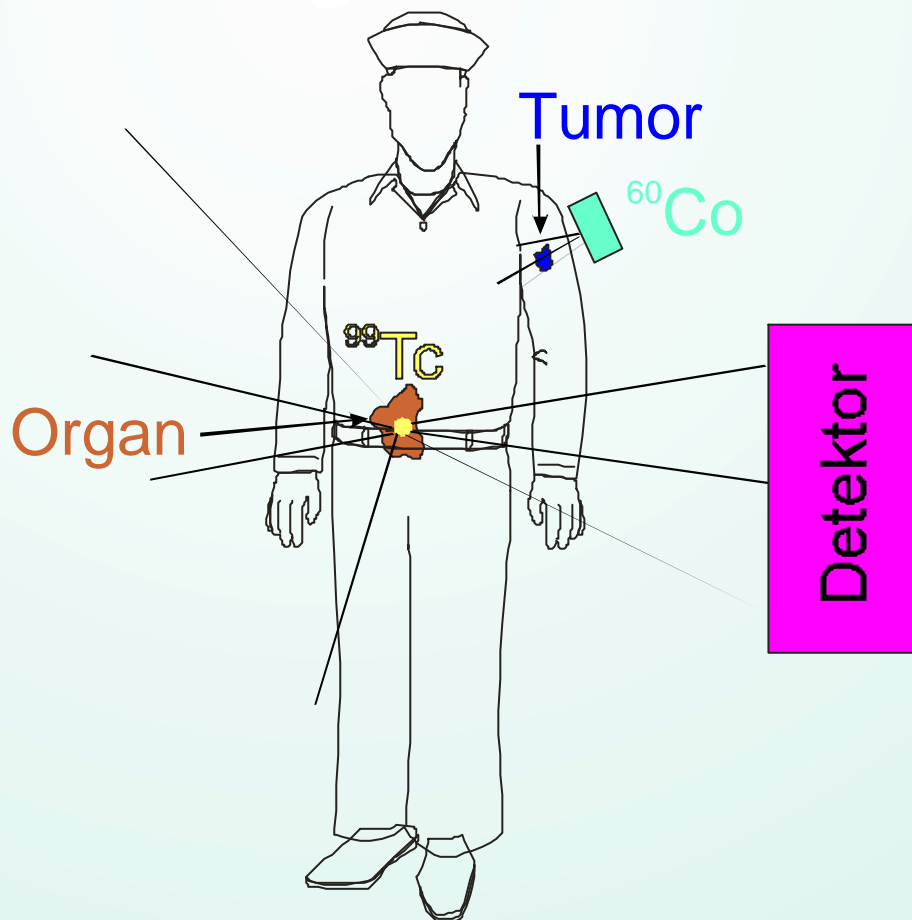
Altersbestimmung

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

$^{14}\text{C}$  Methode

Diagnostik und Therapie

Radiotherapie



Materialforschung: Sondenmethoden

Chemie

Werkstoffe

Elektronikmaterial

# Isotope

Wasserstoff



$^1\text{H}$

stabil

Deuterium



$^2\text{H}$

stabil

Tritium



$^3\text{H}$

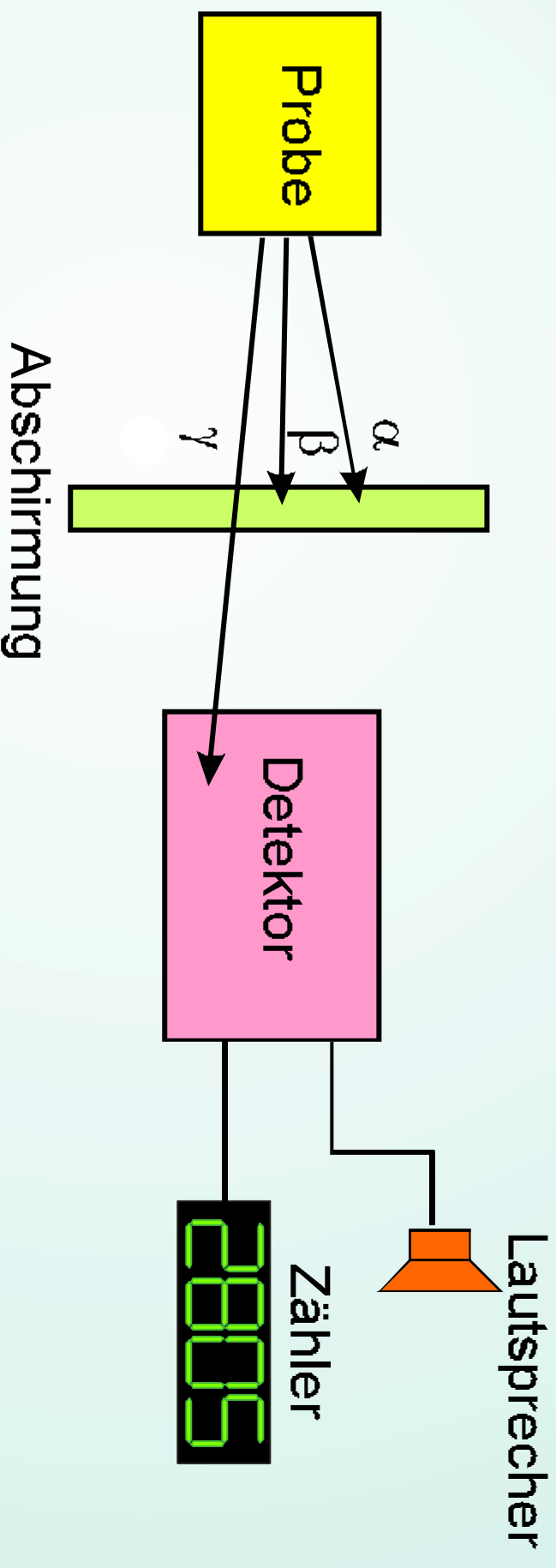
radioaktiv

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

---

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