



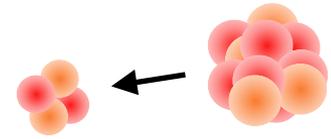
# Engaging Physics Tutoring

## Lektion 2

Radioaktivität  
Kinematik (intro)

Konzepte + Tricks

# Zusammenfassung Radioaktivität



Exponentielles Zerfallsgesetz

**Radioaktivität**

Aktivität

$\alpha, \beta, \gamma$  - Radioaktivität

instabile Atomkerne

Absorption

Wechselwirkungen

**Strahlung und Materie**

Bragg-Peak bei schweren Teilchen

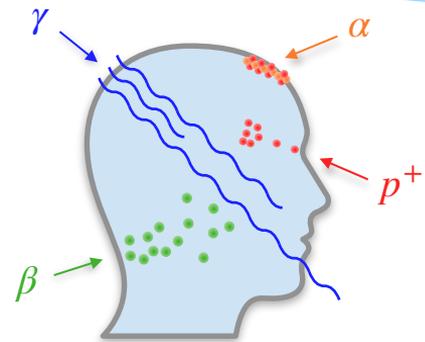
$I(d) = I_0 \cdot e^{-\mu d}$

Wieviel Energie wird absorbiert?

Gray vs Sievert

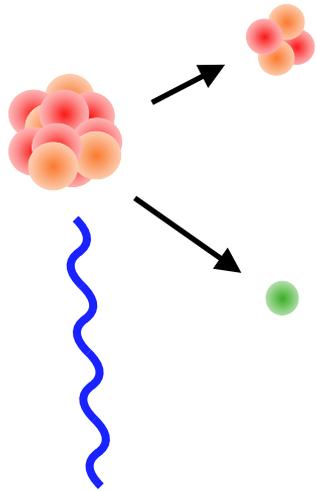
**Dosis**

Wie schädlich ist das?



# Radioaktiver Zerfall

Instabile Kerne senden Energie in Form von radioaktiver Strahlung aus.



$\alpha$ -Zerfall:  ${}^4\text{He}$ -Kern, schwer

$$Z' = Z - 2 \quad A' = A - 4$$

$\beta$ -Zerfall:  $e^- / e^+$ , leicht

$$\beta^- \quad Z' = Z + 1 \quad A' = A$$

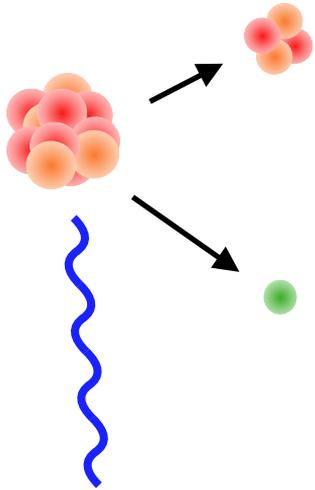
$$\beta^+ \quad Z' = Z - 1$$

$\gamma$ -Zerfall: Photon

$$Z' = Z \quad A' = A$$

# Radioaktiver Zerfall

Instabile Kerne senden Energie in Form von radioaktiver Strahlung aus.



$\alpha$ -Zerfall:  ${}^4\text{He}$ -Kern, schwer

$$Z' = Z - 2 \quad A' = A - 4$$

$\beta$ -Zerfall:  $e^- / e^+$ , leicht

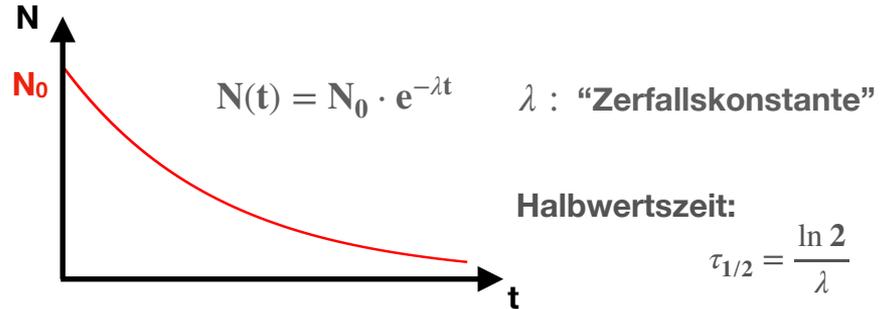
$$\beta^- \quad Z' = Z + 1 \quad A' = A$$

$$\beta^+ \quad Z' = Z - 1$$

$\gamma$ -Zerfall: Photon

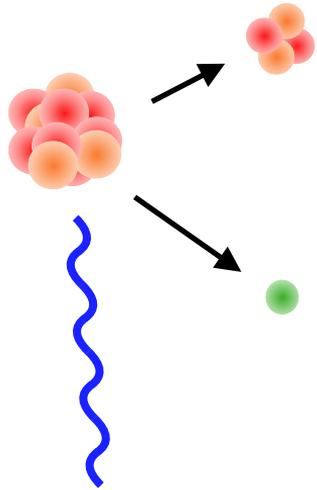
$$Z' = Z \quad A' = A$$

Anzahl Atome folgt exponentieller Funktion



# Radioaktiver Zerfall

Instabile Kerne senden Energie in Form von radioaktiver Strahlung aus.



$\alpha$ -Zerfall:  ${}^4\text{He}$ -Kern, schwer

$$Z' = Z - 2 \quad A' = A - 4$$

$\beta$ -Zerfall:  $e^- / e^+$ , leicht

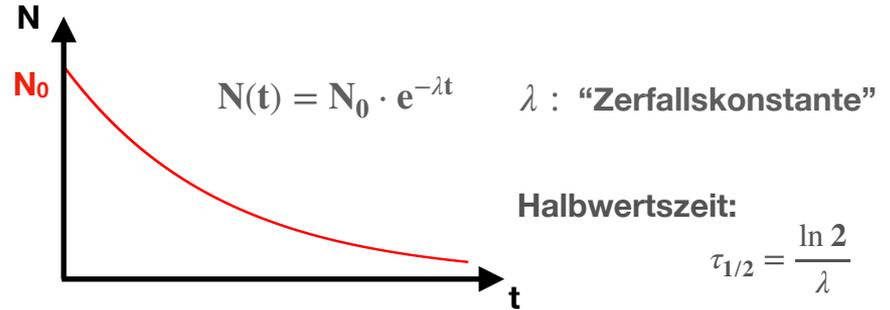
$$\beta^- \quad Z' = Z + 1 \quad A' = A$$

$$\beta^+ \quad Z' = Z - 1$$

$\gamma$ -Zerfall: Photon

$$Z' = Z \quad A' = A$$

Anzahl Atome folgt exponentieller Funktion



Aktivität

$$A(t) = -\frac{dN}{dt} = \lambda N(t) \quad [A] = \text{Bq} = \frac{1}{\text{s}}$$

Wieviele Atome einer Probe zerfallen pro Sekunde?

Beispiel: 1 g Radium hat eine Aktivität von  $3.7 \cdot 10^{10}$  Bq

# Absorption radioaktiver Strahlung

Wie stark radioaktive Strahlung in Material absorbiert wird, hängt von der Strahlungsart ab.

- dringt tief in Absorber ein
- etwa exponentielle Abnahme mit Tiefe  $I(d) = I_0 \cdot e^{-\mu d}$

Deponieren meiste Energie vor Stillstand ("Bragg-Peak")

*Anwendung: Krebsbestrahlung*

- mittlere Eindringtiefe
- Energie weit in Absorber verteilt

Was passt wohin?

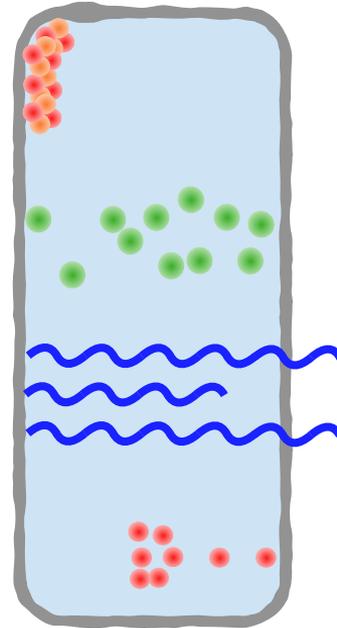
$\gamma$  - Strahlung

$\alpha$  - Strahlung

$\beta$  - Strahlung

Protonen

- stoppt nah an Oberfläche
- viel Energie an einem Ort

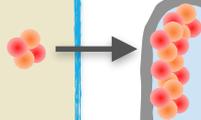


# Absorption radioaktiver Strahlung

Wie stark radioaktive Strahlung in Material absorbiert wird, hängt von der Strahlungsart ab.

## $\alpha$ - Strahlung:

- stoppt nah an Oberfläche
- viel Energie an einem Ort



## $\gamma$ - Strahlung:

- dringt tief in Absorber ein
  - etwa exponentielle Abnahme mit Tiefe
- $$I(d) = I_0 \cdot e^{-\mu d}$$



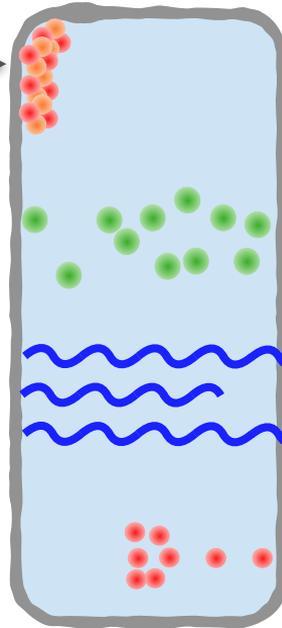
## $\beta$ - Strahlung:

- mittlere Eindringtiefe
- Energie weit in Absorber verteilt

## Protonen:

Deponieren meiste Energie vor Stillstand ("Bragg-Peak")

*Anwendung: Krebsbestrahlung*



# Strahlung und Gewebe

## Wie vergleicht man radioaktive Dosis?

**Energiedosis**  $D = \frac{dE}{dm}$   $[D] = \text{Gy} = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$

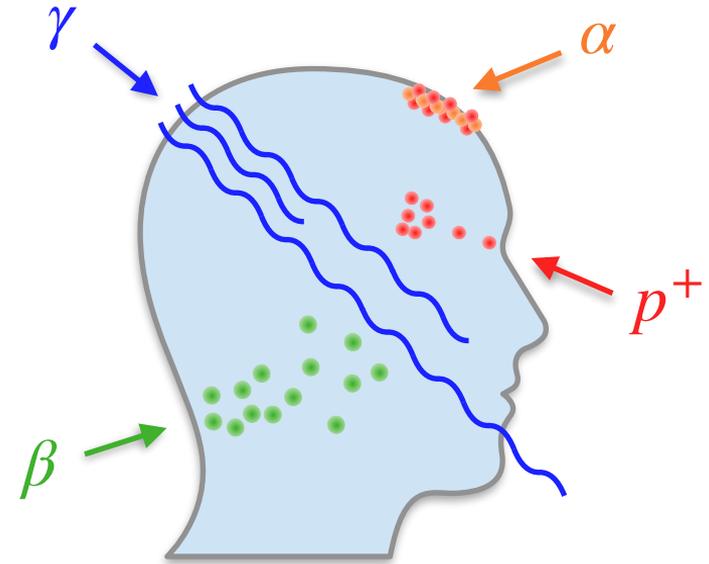
*Wieviel Energie wird pro Masse deponiert?*

**Äquivalentdosis**  $[H] = \text{Sv}$

*Wie schädlich ist die Strahlung für unser Gewebe?*

**Effektive Dosis**  $[H_E] = \text{Sv}$

*Berücksichtigt zusätzlich Empfindlichkeit der betroffenen Organe*



## Gut zu wissen:

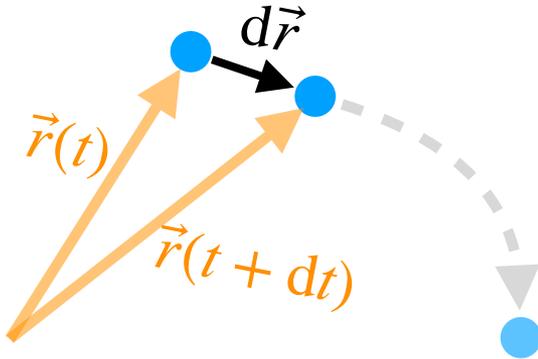
- $\alpha$ -Strahlung stoppt bereits in Hornhaut  
aber: Gefahr bei Einatmen / Vergiftung
- Bragg-Peak: ermöglicht zielgenaue Tumorbestrahlung mit Protonen

# Ortskurve und Geschwindigkeit

## Ortskurve / Positionsvektor

Wo befindet sich das Objekt zur Zeit  $t$ ?

$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix}$$



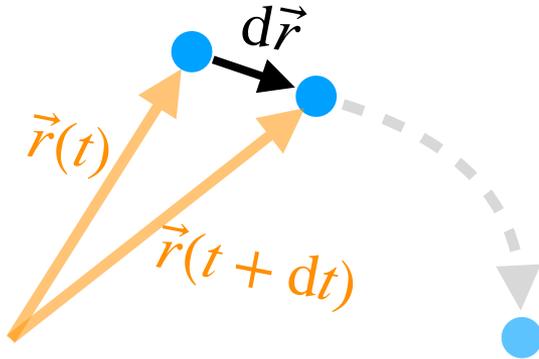
# Ortskurve und Geschwindigkeit



## Ortskurve / Positionsvektor

Wo befindet sich das Objekt zur Zeit  $t$ ?

$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix}$$



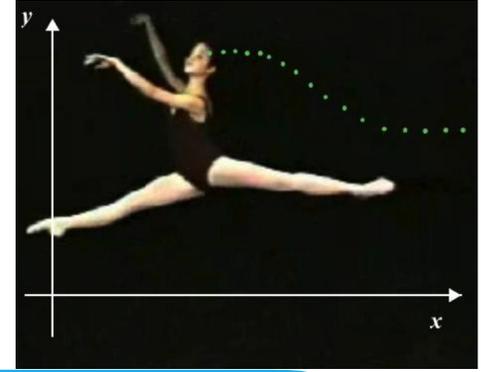
## Geschwindigkeitsvektor

Wohin bewegt sich das Objekt zur Zeit  $t$ ?

Wieviel ändert sich der Ort pro Zeiteinheit?

$$\vec{v}(t) = \begin{pmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{y}(t) \\ \dot{z}(t) \end{pmatrix}$$

# Ortskurve und Geschwindigkeit



## Ortskurve / Positionsvektor

Wo befindet sich das Objekt zur Zeit  $t$ ?

$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix}$$

Ableiten

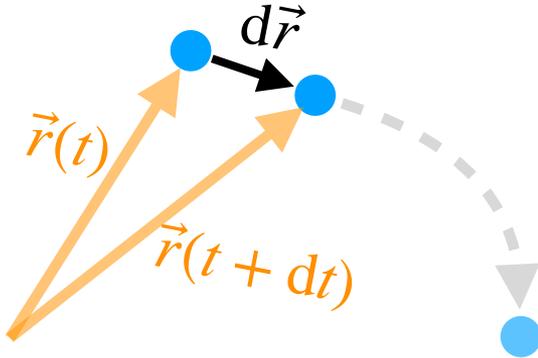
$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}$$

## Geschwindigkeitsvektor

Wohin bewegt sich das Objekt zur Zeit  $t$ ?

Wieviel ändert sich der Ort pro Zeiteinheit?

$$\vec{v}(t) = \begin{pmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{y}(t) \\ \dot{z}(t) \end{pmatrix}$$



# Ortskurve und Geschwindigkeit



## Ortskurve / Positionsvektor

Wo befindet sich das Objekt zur Zeit  $t$ ?

$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix}$$

Ableiten

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}$$

Integrieren

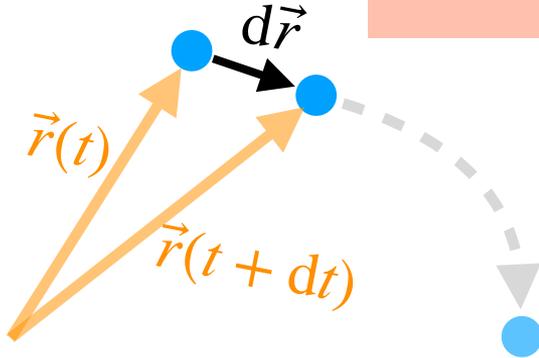
$$\vec{r}(t) - \vec{r}(t_0) = \int_{t_0}^t \vec{v}(t') dt'$$

## Geschwindigkeitsvektor

Wohin bewegt sich das Objekt zur Zeit  $t$ ?

Wieviel ändert sich der Ort pro Zeiteinheit?

$$\vec{v}(t) = \begin{pmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{y}(t) \\ \dot{z}(t) \end{pmatrix}$$



# Ortskurve und Geschwindigkeit



## Ortskurve / Positionsvektor

Wo befindet sich das Objekt zur Zeit  $t$ ?

$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix}$$

Ableiten

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}$$

Integrieren

$$\vec{r}(t) - \vec{r}(t_0) = \int_{t_0}^t \vec{v}(t') dt'$$

## Geschwindigkeitsvektor

Wohin bewegt sich das Objekt zur Zeit  $t$ ?

Wieviel ändert sich der Ort pro Zeiteinheit?

$$\vec{v}(t) = \begin{pmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{y}(t) \\ \dot{z}(t) \end{pmatrix}$$

Bekannt aus Schule  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

Spezialfall für 1D &  $v(t) = \text{konst.}$

allgemeiner:  $v = \frac{ds}{dt}$

