

# Kernphysik

## Grundlagen

### Rutherford-Experiment

Rutherford schoss mithilfe eines Alphastrahlers (Radium) Alphateilchen auf eine Goldfolie. Nur wenige Teilchen wurden abgelenkt/reflektiert → der Atomkern ist sehr klein; der Kern ist positiv, die Hülle negativ.

### Atombau

Der Atomkern besteht aus Nukleonen (Kernbausteinen), also Protonen und Neutronen. Positiv geladene Protonen haben eine Masse von  $1,673 \cdot 10^{-27}$  kg, Neutronen eine Masse von  $1,67 \cdot 10^{-27}$  kg und negativ geladene Elektronen eine Masse von  $9,11 \cdot 10^{-31}$  kg. Der Atomkern ist somit deutlich schwerer als die Hülle.

### Periodensystem

Anzahl der Nukleonen/Massezahl (A) = Anzahl der Protonen  $p^+$  (Z) + Anzahl der Neutronen n (N)

Es gibt gleich viele Protonen wie Elektronen (neutral geladen).

### Nuklidkarte

In der Nuklidkarte stehen Protonen- und Neutronenzahl, Stabilität, Halbwertszeit und Zerfallsart → "Periodensystem des Kernphysikers"

### Kernkraft

Kernkraft = starke Wechselwirkung = Kraft, die im Atomkern Nukleonen untereinander anzieht

Zu großer Neutronenüberschuss → instabiler Kern → zerfällt

Die Kernkraft

- wirkt nur über kleine Distanzen
- wirkt nur bei Nukleonen
- ist sehr stark → Kern hält zusammen trotz sich abstoßender Protonen
- ist teil der vier Grundkräfte der Physik

Die Grundkräfte der Physik:

- Starke Wechselwirkung (Kernkraft)
- Schwache Wechselwirkung
- Elektromagnetische Wechselwirkung
- Gravitationswechselwirkung

## Bindungsenergie im Kern

Semiempirische Bethe-Weizsäcker-Formel aus fünf Beiträgen:

### Volumenterm

Starke Wechselwirkung (gilt nur für direkte Nachbarn)

**+ für Bindungsenergie**

### Oberflächenterm

Gleicht Fehler des Volumenterms aus (an der Oberfläche keine direkten Bindungspartner)

**- für Bindungsenergie**

### Coulombterm

Elektrostatische Abstoßung der Protonen

**- für Bindungsenergie**

### Asymmetrieterm

Stark unterschiedliche Protonen-/Neutronenzahl → geringere Stabilität; Term verschwindet bei Protonenzahl = Neutronenzahl

**- für Bindungsenergie**

### Paarungsterm

Die Bildung von Proton-Proton-Paaren und Neutron-Neutron-Paaren ist positiv für die Bindungsenergie. Bei gerader Protonen- und Neutronenzahl ist der Term positiv für die Bindungsenergie, bei gerader Protonen- und ungerader Neutronenzahl (und umgekehrt) neutral und bei ungerader Protonen- und Neutronenzahl negativ.

# Massendefekt

Einzelne Nukleonen sind schwerer als gebundene Nukleonen (in einem Atomkern)

# Radioaktivität

Radioaktivität wurde von Wilhelm Conrad Röntgen entdeckt. Später prägten Henri Becquerel und Marie und Pierre Curie den Begriff der Radioaktivität, wofür das Ehepaar Curie auch Nobelpreise erhielt.

# Zerfallsarten

Instabile Kerne können auf unterschiedliche Arten zerfallen.

## Alpha-Zerfall

- Ziel: Erhöhung der Kernstabilität
- Kernkräfte können Abstoßung der Protonen nicht kompensieren
- Aussendung eines  $\alpha$ -Teilchens ( ${}^4_2\text{He}$ )
- Strahlung durch Papier abschirmbar



## Beta-Minus-Zerfall

- Viel mehr Neutronen als Protonen
- Neutron wandelt sich in Proton um



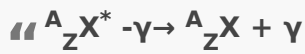
## Beta-Plus-Zerfall

- Mehr Protonen als Neutronen
- Proton wandelt sich in Neutron um



## Gamma-Übergang

- Nach  $\alpha$  oder  $\beta$ -Zerfällen
- Kern ist angeregt (zu viel Energie)
- gibt Photon ( $\gamma$ -Teilchen) ab
- Schlecht abschirmbar



## Aktivität

Anzahl der Zerfälle pro Zeiteinheit:  $A = \Delta N / \Delta t$

Einheit: Becquerel Bq (früher: Curie Ci = Aktivität 1g Radium)

## Halbwertszeit

Vorhersage über Zerfallszeitpunkt eines Kerns unmöglich, aber: Halbwertszeit einer bestimmten Menge  $\tau$  ( $\rightarrow$  Exponentialfunktion  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ )

# Radioaktive Strahlung

## Strahlungswirkung

- **Aktivität A** (siehe oben)
- **Energiedosis  $D_E$** : Energie pro Masse, die an radioaktiver Strahlung aufgenommen wird; Einheit: J / kg  $\rightarrow$  Gray Gy
- **Ionendosis  $D_I$** : Ionisierende Strahlung, wie viele Teilchen können ionisiert werden; Einheit: C (Coulomb) / kg (früher Röntgen)
- **Äquivalentdosis H**: Wirkung der Strahlungsart durch Bewertungsfaktor q; Einheit: J / kg  $\rightarrow$  Sievert Sv

Zur Abschätzung von Schäden: Äquivalentdosis. Diese wird mit Gewebefaktor  $\omega$  multipliziert, die einzelnen Teile wieder zusammenaddiert (rarr; gesamte Äquivalentdosis)

$\alpha$ -Strahlen sind sehr schädlich (vgl. Bewertungsfaktor q), lassen sich aber leicht abschirmen.  $\gamma$ -Strahlen dagegen sind kaum abschirmbar.

## Grenzwerte

- Schwellendosis 0,25 Sv

- Subletale Dosis 1 Sv
- Mittelletale Dosis 4 Sv
- Letale Dosis 7 Sv

## Stochastische Strahlenwirkung

Wahrscheinlichkeit der Schäden nach Strahlendosis; sinkt irgendwann wieder ab (da Zellen bereits abgestorben / keine neue Zellteilung mehr)

## Deterministische Strahlenwirkung

Fixer Schaden nach Strahlendosis; Steigt ab Schwellendosis (fixe Schäden) an.

# Strahlenschutz

## Die 5 A's des Strahlenschutzes

- Abschirmen (z.B. Bleimantel)
- Abstand halten
- Aufnahme vermeiden
- Aufenthaltsdauer verringern
- Aktivität verringern - wenn man die Wahl hat, nützt man ein Element/Isotop mit geringerer Aktivität

## Abschirmen

- $\alpha$ -Strahlung: durch Papier
- $\beta$ -Strahlung: durch Blei
- $\gamma$ -Strahlung: durchdringt alles; nimmt in einem Medium exponentiell ab (da elektromagnetisch)

---

Revision #14

Created 26 April 2026 11:54:17 by Teodor Batkai

Updated 27 April 2026 04:41:22 by Teodor Batkai