

# ATOMBAU UND PERIODENSYSTEM

## Historische Entwicklung des Atommodells

JOHN DALTON (1808)	Teilchenmodell, Atombegriff
JOSEPH JOHN THOMSON (1904)	<b>Rosinenkuchenmodell:</b> positiv geladene Grundmatrix mit eingebetteten negativ geladenen Teilchen
ERNST RUTHERFORD (1911)	Streuversuch ( $\alpha$ -Teilchen durch Goldfolie auf Zinksulfidschirm) <b>Kern-Hülle-Modell:</b> Atomkern (positiv geladen, Masse), Atomhülle (negativ geladen)
NIELS BOHR (1913)	<b>Struktur der Atomhülle:</b> Planeten-Modell (Elektronen umkreisen Atomkern auf bestimmten Bahnen)
WERNER HEISENBERG (1927)	Welle-Teilchen-Dualismus, Unschärferelation → wellenmechanisches Modell = Orbitalmodell

### WICHTIGE AUSSAGEN ALS VORAUSSETZUNG FÜR DAS ORBITALMODELL

- ◆ Der Atomkern enthält positiv geladene Protonen.
- ◆ Der Atomkern enthält ungeladene Neutronen.
- ◆ Der Atomkern bildet die Masse des Atoms.
- ◆ Die Atomhülle enthält die quasi masselosen negativ geladenen Elektronen.
- ◆ Die Elektronen befinden sich in unterschiedlichen Energieniveaus.

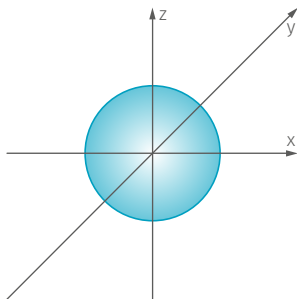
# Orbitalmodell

- Das Orbital ist der Aufenthaltsbereich, in dem ein Elektron mit großer Wahrscheinlichkeit anzutreffen ist.
- In ein Orbital passen zwei Elektronen mit unterschiedlichem Spin.
- Ein Orbital ist durch die vier Quantenzahlen charakterisiert.

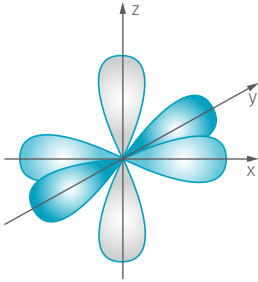
<b>Hauptquantenzahl <math>n</math></b>	$n = 1, 2, 3, \dots$	Größe des Orbitals entspricht: „Schalennummer“
<b>Nebenquantenzahl <math>l</math></b>	$l = 0$ kugelförmiges s-Orbital $l = 1$ hantelförmige p-Orbitale $l = 2$ d-Orbitale $l = 3$ f-Orbitale $l = 4$ g-Orbitale	Form des Orbitals
<b>Magnetquantenzahl <math>m</math></b>	$-l \leq m \leq l$ Beispiel: $l = 2 \rightarrow -2 \leq m \leq 2$ $\rightarrow m = -2, -1, 0, 1, 2$ $\rightarrow 5$ d-Orbitale	Anzahl der Orbitale, Lage des Orbitals im Raum
<b>Spinquantenzahl <math>s</math></b>	$s = -\frac{1}{2}, s = \frac{1}{2}$	Eigenrotationsrichtung des Elektrons

Entsprechend ergeben sich **verschiedene räumliche Formen** für die Orbitale:

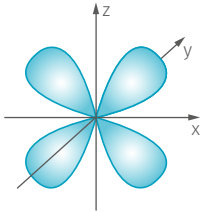
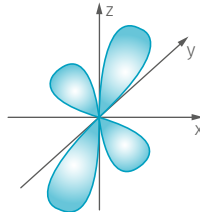
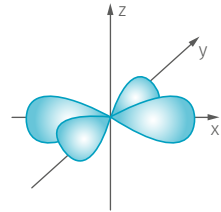
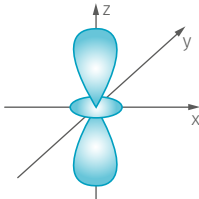
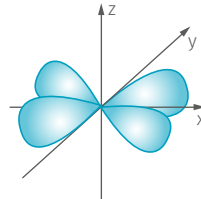
- Das **s-Orbital** ist kugelförmig.  
Es gibt ein s-Orbital pro Hauptenergieniveau.



- Die **p-Orbitale** sind hantelförmig und stehen senkrecht aufeinander. Es gibt drei p-Orbitale pro Hauptenergieniveau.



- Die **d-Orbitale** sind bereits komplizierter. Es gibt fünf d-Orbitale pro Hauptenergieniveau.

 $d_{xz}$  $d_{yz}$  $d_{xy}$  $d_{z^2}$  $d_{x^2-y^2}$ 

- Die weiteren Orbitale sind für die Abiturprüfung nicht mehr relevant.

# Elektronenkonfiguration

Die **Orbitalbesetzung** erfolgt immer nach

- dem **Energieprinzip**:  
Energieärmere Zustände werden zuerst besetzt.
- der **HUND'schen Regel**:  
Energiegleiche Orbitale werden zunächst einfach besetzt.
- dem **PAULI-Prinzip**:  
Die Elektronen eines Atoms dürfen nicht in allen vier Quantenzahlen übereinstimmen, Elektronen in einem gemeinsamen Orbital unterscheiden sich im Spin.

## Zur Energieverteilung der Orbitale

und damit zur Reihenfolge der Besetzung kann man sich ein Schachbrett vorstellen, in das diagonal die s-, p-, d- und f-Orbitale in aufsteigender Hauptquantenzahl geschrieben werden.

Von unten nach oben wird jetzt jeweils von links nach rechts gelesen – so erhält man die richtige Besetzungsreihenfolge.

	5f		6d		7p		8s
4f		5d		6p		7s	
	4d		5p		6s		
3d		4p		5s			
	3p		4s				
2p		3s					
	2s						
1s							

## PAULI-Schreibweise:

Orbital = Kästchen, Elektronen sind Pfeile

Beispiel: Schwefel,  $S_{16}e^-$ :  $\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow$   $\uparrow\uparrow\uparrow$   
 $1s^2$   $2s^2$   $2p^6$   $3s^2$   $3p^4$

## Kurzschreibweise:

Hauptquantenzahl, Orbitalbuchstabe, Anzahl Elektronen im Orbital als Exponent

Beispiel: Schwefel,  $16e^-$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

# Periodensystem

## ZENTRALE BEGRIFFE

- ◆ Elemente nach steigender Protonenzahl geordnet
- ◆ **Perioden** (Besetzung Hauptenergieniveaus)
- ◆ **Hauptgruppen** I, II (Besetzung s-Orbitale)
- ◆ Hauptgruppen III bis VIII (Besetzung p-Orbitale)
- ◆ **Nebengruppen** (Besetzung d-Orbitale)
- ◆ Lanthanoide, Actinoide (Besetzung f-Orbitale)
- ◆ Es gilt: besonders stabil sind vollbesetzte Orbitale (s, p, d, f) und halbbesetzte Orbitale (d, f)



## WISSEN AUS DEM PERIODENSYSTEM

**Nuklide** = Atomart, definiert durch Kernladungs- und Massenzahl

Massenzahl (32)

Elementsymbol (S)

Kernladungszahl (16)



## ZENTRALE BEGRIFFE

- ◆ **Isotope** = Nuklide mit gleicher Kernladungs- aber unterschiedlicher Massenzahl  ${}^{12}_6\text{C}$   ${}^{14}_6\text{C}$
- ◆ **Isobare** = Nuklide mit gleicher Massen- aber unterschiedlicher Kernladungszahl  ${}^{97}_{40}\text{Sr}$   ${}^{97}_{42}\text{Mo}$
- ◆ **Atommasse** = bestimmt aus Anzahl von Protonen und Neutronen,  $m_A$  [u], entspricht Massenzahl
- ◆ **molare Masse**  $M$  [g/mol], Masse von einem Mol dieser Atomart, entspricht Massenzahl
- ◆ **Stoffmenge** = Stoffportion, die  $6,023 \cdot 10^{23}$  Teilchen enthält.

## Periodizität einiger Eigenschaften

Eigenschaft	Definition	Änderung innerhalb Gruppe	Änderung innerhalb Periode
<b>Atom-/ Ionenradien</b>	Kationenradien < Atomradien Anionenradien > Atomradien	Zunahme, da mehr Energieniveaus besetzt werden	Abnahme, Energieniveau konstant aber Zunahme Kernladung
<b>Elektronenaffinität</b>	Energie bei Aufnahme eines $e^-$	Zunahme	Abnahme
<b>Elektro negativität</b>	Bestreben $e^-$ in einer Atombindung an sich zu ziehen	Zunahme	Abnahme
<b>Ionisierungsenergie</b>	aufzubringende Energie um $e^-$ vollständig abzutrennen	Zunahme	Abnahme

## Kernchemie

### Radioaktiver Zerfall

Entfernen oder Zugabe von Elektronen aus oder in die Hülle → Ionenbildung

Veränderungen der Teilchenzahl im Atomkern → Radioaktivität

- ◆ Änderung der Protonenzahl → Entstehung eines neuen Elementes
- ◆ Änderung der Neutronenzahl bei gleichbleibender Protonenzahl → Änderung der Atommasse

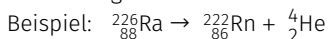
Es gibt im Prinzip **drei verschiedene Arten von Strahlung**

<b><math>\alpha</math>-Strahlung</b>	<b><math>\beta</math>-Strahlung</b>	<b><math>\gamma</math>-Strahlung</b>
Teilchenstrahlung ( ${}^4_2\text{He}$ -Kerne)	Teilchenstrahlung (Elektronen, Positronen)	Röntgenstrahlung ( $\gamma$ -Quanten)
$v = 15\,000\text{ km/s}$	$v$ zwischen 0 und Lichtgeschwindigkeit	$v = \text{Vakuumlichtgeschwindigkeit}$
0,02 mm Aluminiumblech absorbiert halbe Strahlungsdosis	0,5 mm Aluminiumblech absorbiert halbe Strahlungsdosis	8 cm Aluminiumblech absorbiert halbe Strahlungsdosis

**Alpha-Zerfall**

$\alpha$ -Strahler senden einen  $\text{He}^{2+}$ -Kern aus, dieser nimmt zwei Elektronen aus der Umgebung auf und wird zum Helium-Atom.

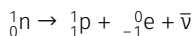
Das ursprüngliche Element verringert seine Massenzahl um vier, seine Kernladungszahl um zwei Einheiten.

**Beta-Zerfall**

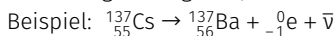
Man unterscheidet den  $\beta^-$ - und den  $\beta^+$ -Zerfall; die Strahlung besteht dabei aus Elektronen oder Positronen.

 **$\beta^-$ -Zerfall**

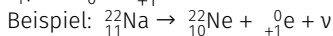
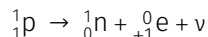
Im Kern wandelt sich ein Neutron in ein Proton und ein Elektron um. Dabei entsteht immer ein masse- und ladungsloses Teilchen, das Antineutrino ( $\bar{\nu}$ ).



Die Kernladungszahl erhöht sich um eins, die Anzahl der Nukleonen bleibt insgesamt gleich, daher ändert sich die Massenzahl nicht.

 **$\beta^+$ -Zerfall**

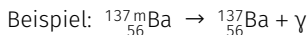
Im Kern wandelt sich ein Proton in ein Neutron und ein Positron (Masse eines Elektrons, aber positive Elementarladung) um. Es entsteht immer ein masse- und ladungsloses Teilchen, das Neutrino ( $\nu$ ).



Die Kernladungszahl verringert sich um eins, die Anzahl der Nukleonen bleibt insgesamt gleich, daher ändert sich die Massenzahl nicht.

**Gamma-Zerfall**

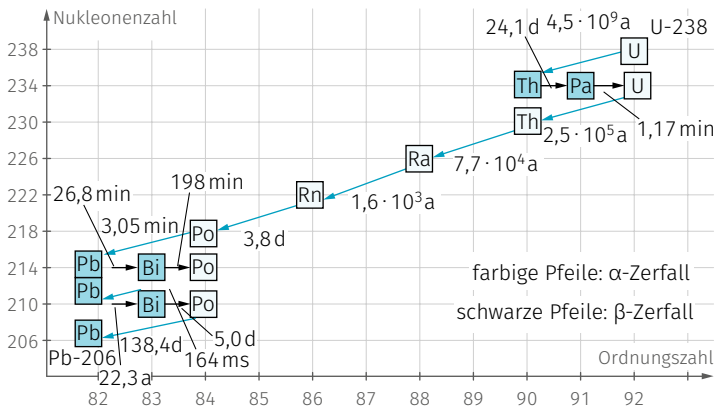
Beim  $\gamma$ -Zerfall ändert sich der Energieinhalt des Kerns, die Kernladungs- und die Massenzahl bleiben jedoch gleich. Ein Element geht von einem angeregten, metastabilen Zustand in einen energieärmeren, stabileren Zustand über.



## Zerfallsreihen und Halbwertszeit

Eine **Zerfallsreihe** entsteht, wenn beim Zerfall eines radioaktiven Elementes wieder ein radioaktives Element entsteht.

Sie endet, sobald ein stabiler Kern als Zerfallsprodukt vorliegt.



Eine typische Größe für den radioaktiven Zerfall eines Elementes ist die **Halbwertszeit**  $T_{1/2}$ . Sie gibt die Zeit an, nach der eine zur Zeit  $t_0$  vorhandene Anzahl radioaktiver Elemente zur Hälfte zerfallen ist.

Als Maß gibt es die Zerfallskonstante  $k$ .

$$\text{Berechnung: } T_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0,693}{k}$$

Halbwertszeiten einiger radioaktiver Nuklide:

Element	Formelzeichen	Halbwertszeit
Bismut	$^{209}\text{Bi}$	ca. $1,9 \cdot 10^{19}$ Jahre
Uran	$^{235}\text{U}$	704 Mio. Jahre
Plutonium	$^{239}\text{Pu}$	24 110 Jahre
Kohlenstoff	$^{14}\text{C}$	5730 Jahre
Plutonium	$^{238}\text{Pu}$	87,74 Jahre
Radon	$^{222}\text{Rn}$	3,8 Tage
Francium	$^{223}\text{Fr}$	22 Minuten
Polonium	$^{212}\text{Po}$	$0,3 \mu\text{s}$
Beryllium	$^8\text{Be}$	$9 \cdot 10^{-17}$ s

Eine weitere wichtige Größe zur Charakterisierung eines radioaktiven Stoffes ist seine **Aktivität**, das heißt die Anzahl der Zerfälle pro Sekunde. Die Einheit ist  $1/\text{s}$  bzw.  $1 \text{ Bq}$  (Becquerel).



## Kernreaktionen

Durch Einwirkung von  $\alpha$ -,  $\beta$ -, oder  $\gamma$ -Strahlung auf einen Stoff kann man den Atomkern verändern.

Reaktionstyp	Beispiel	(Kurz)Schreibweise
Reaktion mit $\alpha$ -Teilchen	${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{18}_9\text{F}$ $\rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{p}$ ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n} + \nu$ (Neutronenquelle)	${}^{14}_7\text{N} (\alpha, \text{p}) {}^{17}_8\text{O}$ ${}^9_4\text{Be} (\alpha, \text{n}) {}^{12}_6\text{C}$
Reaktion mit Neutronen	Bildung von C-14 in der Atmosphäre Bildung von Transuranen	${}^{14}_7\text{N} (\text{n}, \text{p}) {}^{14}_6\text{C}$ ${}^{238}_{92}\text{U} (\text{n}, \gamma) {}^{239}_{92}\text{U}$
Reaktion mit schweren Ionen	künstliches Element Copernicium	${}^{70}_{30}\text{Zn} + {}^{208}_{82}\text{Pb}$ $\rightarrow {}^{277}_{112}\text{Cn} + {}^1_0\text{n}$
Elektronen- oder K-Einfang	Kern fängt $e^-$ aus K-Schale, $p^+$ wird zu $n^0$ , äußeres $e^-$ füllt Platz, Röntgenstrahlung wird frei	${}^1_1\text{p} + {}^0_{-1}\text{e} \rightarrow {}^1_0\text{n}$ ${}^{40}_{19}\text{K} + {}^0_{-1}\text{e} \rightarrow {}^{40}_{18}\text{Ar}$

### ATOMBAU UND PERIODENSYSTEM

### Checkliste

Das sollten Sie jetzt sicher beherrschen:

- ➔ eine Vorstellung vom Atommodell mit Energiestufen und Orbitalen haben
- ➔ die Bedeutung der Elementsymbole, Haupt- und Nebengruppen und Perioden im Periodensystem kennen
- ➔ mit dem Periodensystem arbeiten können
- ➔ Periodizität einiger Eigenschaften verstehen
- ➔ Grundbegriffe der Kernchemie verstanden haben