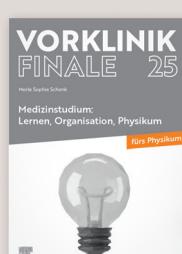
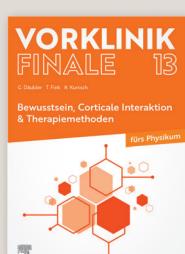


VORKLINIK FINALE

LESEPROBE

Alle Organe – alle Fächer – alles drin!



ELSEVIER

www.elsevier.de

VORKLINIK FINALE

Alle Organe – alle Fächer – alles drin!

Vorklinik Finale sind Prüfungsskripten für das Physikum, die nach Organ-systemen gegliedert sind. Bereits in der Vorklinik können sie dir helfen, dich in den vielen neuen Inhalten zu orientieren und Themen im Gesamtüberblick einzuordnen.

Das ist drin:

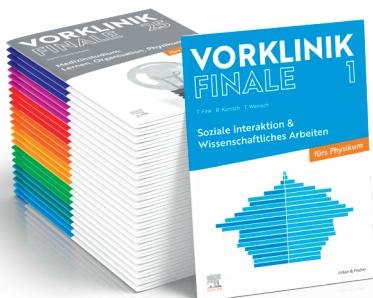
- Zur Vorbereitung auf das Physikum findest du in Heft 1–24 alle relevanten Inhalte inkl. Lernhilfen.
- Kleine Lerneinheiten in Heften, die du rasch abhaken kannst. Das hält die Motivation oben!
- Heft 25 gibt dir Tipps für den Start ins Medizinstudium und fürs Lernen, und enthält Lern- und Kreuzpläne fürs Physikum.

Zusammenhänge verstehen – organbasiert geht's besser!

- Du wiederholst die Inhalte organbasiert in einem sinnvollen Zusammenhang.
- Relevante klinische Inhalte sind immer direkt integriert.
- Du bist gut vorbereitet auf den klinischen Abschnitt, denn da geht es organbasiert weiter.
- Doppelte Inhalte, die bei fächerbasierter Darstellung häufig auftreten, sind hier bereits zusammengefasst.

Aktiv lernen bringt dich weiter!

- Besonders prüfungsrelevante Inhalte sind farbig hinterlegt.
- Fragen zum Selbsttest und/oder zur Vorbereitung auf mündliche Prüfungen.
- An jedem Kapitelende gibt es eine Seite mit Vorschlägen, wie du Inhalte durch Zeichnen wiederholen kannst.



ELSEVIER

www.elsevier.de

Übersicht aller Hefte

- 1 Soziale Interaktion & Wissenschaftliches Arbeiten
- 2 Atome und Naturgesetze
- 3 Moleküle und Stoffumwandlungen
- 4 Biomoleküle
- 5 Zellbiologie, Allgemeine Histologie & Mikrobiologie
- 6 Molekularbiologie, Meiose & Embryologie
- 7 Bewegungsapparat 1
- 8 Bewegungsapparat 2
- 9 Motorik und Bewegungsabläufe
- 10 Kopf und Hals
- 11 Nervensystem
- 12 Zentralnervensystem
- 13 Bewusstsein, Corticale Interaktion & Therapiemethoden
- 14 Sinnesorgane 1
- 15 Sinnesorgane 2
- 16 Lunge und Atmung
- 17 Herz-Kreislauf-System
- 18 Blut und Immunsystem
- 19 Gastrointestinaltrakt
- 20 Verdauung & Abbau von Nährstoffen
- 21 Energiestoffwechsel & Anabole Stoffwechselwege
- 22 Harnorgane und Elektrolythaushalt
- 23 Endokrines System
- 24 Geschlechtsorgane und Reproduktion
- 25 Medizinstudium: Lernen, Organisation, Physikum

Übersicht nach Heften/Organen

Diese Übersicht zeigt dir alle Hefte und Kapitel der Vorklinik-Finale-Reihe. Daneben sind jeweils die zugehörigen Fächer vermerkt.
Tipp: Eine Übersicht nach Fächern findest du am Ende dieses Heftes.

Heft 1 Soziale Interaktion & Wissenschaftliches Arbeiten

- | | |
|------------------------------------|-----------|
| 1 Individuum, Gesellschaft, Normen | Psych-Soz |
| 2 Arzt und Patient | Psych-Soz |
| 3 Gesundheitssystem | Psych-Soz |
| 4 Messen und Rechnen | Physik |
| 5 Methodische Grundlagen | Psych-Soz |

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| 6 Meiose und Entwicklung der Gameten | Biologie, Biochemie, Anatomie |
|--------------------------------------|-------------------------------|

- | | |
|---------------|----------|
| 7 Embryologie | Anatomie |
|---------------|----------|

Heft 2 Atome und Naturgesetze

- | | |
|------------------------------------|---------------------------|
| 1 Struktur der Materie | Biochemie, Chemie, Physik |
| 2 Mineralstoffe und Spurenelemente | Biochemie, Chemie |
| 3 Wärmelehre | Physik |
| 4 Elektrizität und Magnetismus | Physik, Physiologie |
| 5 Ionisierende Strahlung | Physik |

Heft 7 Bewegungsapparat 1

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| 1 Allgemeine Anatomie | Anatomie |
| 2 Binde- und Stützgewebe | Biochemie, Histologie |
| 3 Obere Extremität | Anatomie |

Heft 3 Moleküle und Stoffumwandlungen

- | | |
|--|--------|
| 1 Chemische Bindung | Chemie |
| 2 Stereochemie | Chemie |
| 3 Funktionelle Gruppen und Stoffklassen | Chemie |
| 4 Stoffumwandlungen/chemische Reaktionen | Chemie |

Heft 8 Bewegungsapparat 2

- | | |
|---------------------|----------|
| 1 Untere Extremität | Anatomie |
| 2 Leibeswand | Anatomie |

Heft 4 Biomoleküle

- | | |
|--|-------------------|
| 1 Kohlenhydrate | Biochemie, Chemie |
| 2 Aminosäuren, Peptide, Proteine | Biochemie, Chemie |
| 3 Fettsäuren, Lipide | Biochemie, Chemie |
| 4 Nukleinsäuren, Nukleotide, Chromatin | Biochemie, Chemie |
| 5 Vitamine und Co-Enzyme | Biochemie, Chemie |
| 6 Thermodynamik und Kinetik | Biochemie, Chemie |

Heft 9 Motorik und Bewegungsabläufe

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1 Bewegungslehre | Physik |
| 2 Muskeltypen | Biochemie, Histologie, Physiologie |
| 3 Motorik | Physiologie |
| 4 Rückenmark und Reflexe | Physiologie |
| 5 Bewegungsabläufe im ZNS | Physiologie |
| 6 Arbeits- und Leistungsphysiologie | Physiologie |

Heft 5 Zellbiologie, Allgemeine Histologie & Mikrobiologie

- | | |
|---|--|
| 1 Zellen, Organellen | Biologie, Biochemie, Histologie, Physiologie |
| 2 Transportprozesse | Biologie, Biochemie, Physiologie |
| 3 Signaltransduktion | Biologie, Biochemie, Physiologie |
| 4 Zellzyklus, Zellteilung, Zelltod | Biologie, Biochemie, Physiologie |
| 5 Histologische Methoden und allgemeine Gewebelehre | Histologie |
| 6 Gewebe | Histologie |
| 7 Mikrobiologie | Biologie |

Heft 10 Kopf und Hals

- | | |
|---|----------|
| 1 Entwicklung von Kopf und Hals | Anatomie |
| 2 Schädel, Muskulatur, Kopf- und Halseingeweide | Anatomie |
| 3 Hirn- und Halsnerven, vegetative Innervation | Anatomie |
| 4 Arterien, Venen, Lymphsystem | Anatomie |
| 5 Angewandte und topografische Anatomie | Anatomie |

Heft 11 Nervensystem

- | | |
|---|------------------------|
| 1 Nervengewebe | Histologie |
| 2 Gliederung des Nervensystems | Anatomie, Histologie |
| 3 Funktionsprinzipien des Nervensystems | Physiologie |
| 4 Neurotransmitter und Rezeptoren | Biochemie, Physiologie |
| 5 Vegetatives Nervensystem | Physiologie |

Heft 12 Zentralnervensystem

- | | |
|--|----------|
| 1 Entwicklung des Zentralnervensystems | Anatomie |
| 2 Encephalon | Anatomie |
| 3 Stammhirn | Anatomie |
| 4 Rückenmark, Systeme und Bahnen | Anatomie |
| 5 Liquorräume und Meningen | Anatomie |
| 6 Gefäßversorgung und Topografie des ZNS | Anatomie |

Heft 13 Bewusstsein, Corticale Interaktion & Therapiemethoden

- | | |
|---|------------------------|
| 1 Bewusstsein und corticale Interaktion | Physiologie, Psych-Soz |
| 2 Therapiemethoden und ihre Grundlagen | Psych-Soz |

Heft 14 Sinnesorgane 1

- | | |
|-------------------------------------|----------------------|
| 1 Schwingung, Wellen, Akustik | Physik, Physiologie |
| 2 Hör- und Gleichgewichtsorgan | Anatomie, Histologie |
| 3 Hörvorgang und Gleichgewichtssinn | Physiologie |
| 4 Haut und Hautanhangsgebilde | Histologie |
| 5 Somatosensorische Sensorik | Physiologie |

Heft 15 Sinnesorgane 2

- | | |
|-------------------|-----------------------------------|
| 1 Optik | Physik |
| 2 Sehorgan | Anatomie, Histologie |
| 3 Sehen | Physiologie |
| 4 Chemische Sinne | Anatomie, Histologie, Physiologie |

Heft 16 Lunge und Atmung

- | | |
|--|----------------------|
| 1 Entwicklung von Pleuraperikardhöhle, Herz und Schlundbogenarterien | Anatomie, Histologie |
| 2 Anatomie der Atmungsorgane | Anatomie, Histologie |
| 3 Mechanik des Kreislaufsystems | Physik |
| 4 Atemung | Physiologie |
| 5 Gasaustausch | Physiologie |

Heft 17 Herz-Kreislauf-System

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1 Aufbau des Herzens | Anatomie, Histologie |
| 2 Nerven und Gefäße der Brusteingeweide | Anatomie |
| 3 Physiologie des Herzens | Physiologie |
| 4 Anatomie und Physiologie des Kreislaufsystems | Anatomie, Histologie, Physiologie |

Heft 18 Blut und Immunsystem

- | | |
|--|--|
| 1 Blut und Blutplasma | Histologie, Physiologie |
| 2 Erythrozyten, Hämoglobin & Sauerstofftransport | Biochemie, Physiologie |
| 3 Thrombozyten, Hämostase und Fibrinolyse | Histologie, Physiologie |
| 4 Leukozyten und Immunsystem | Anatomie, Biochemie, Histologie, Physiologie |

Heft 19 Gastrointestinaltrakt

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1 Mundhöhle, Rachen, Speiseröhre | Anatomie, Histologie, Physiologie |
| 2 Magen-Darm-Trakt | Anatomie, Physiologie |
| 3 Organe des Magen-Darm-Kanals | Anatomie, Histologie, Physiologie |
| 4 Leber, Gallenblase und Pankreas | Anatomie, Histologie, Physiologie |
| 5 Blutgefäße, Lymphgefäße, vegetative Innervation | Anatomie |

Heft 20 Verdauung & Abbau von Nährstoffen

- | | |
|--|----------------------------------|
| 1 Ökologie, Energie- und Wärmehaushalt | Biochemie, Biologie, Physiologie |
| 2 Nahrungsaufnahme | Biochemie, Physiologie |
| 3 Abbau der Kohlenhydrate | Biochemie |
| 4 Fettsäureabbau und Ketonkörperstoffwechsel | Biochemie |
| 5 Aminosäurestoffwechsel und Harnstoffzyklus | Biochemie |

Heft 21 Energiestoffwechsel & Anabole Stoffwechselwege

- | | |
|---|-----------|
| 1 Citratzyklus und Atmungskette | Biochemie |
| 2 Gluconeogenese und Glykogenstoffwechsel | Biochemie |
| 3 Lipidsynthese | Biochemie |
| 4 Nukleotidstoffwechsel | Biochemie |
| 5 Stoffwechsel der Leber | Biochemie |
| 6 Fettgewebe | Biochemie |

Heft 22 Harnorgane und Elektrolythaushalt

- | | |
|----------------------------------|------------------------|
| 1 Harnorgane | Anatomie, Histologie |
| 2 Nierenfunktion | Physiologie, Biochemie |
| 3 Säure-Basen-Reaktionen | Chemie |
| 4 Säure-Basen-Haushalt | Physiologie, Biochemie |
| 5 Wasser- und Elektrolythaushalt | Physiologie, Biochemie |

Heft 23 Endokrines System

- | | |
|--|--|
| 1 Endokrines System | Biochemie, Histologie, Physiologie |
| 2 Epiphyse | Histologie |
| 3 Hypothalamus-Hypophysen-System | Biochemie, Histologie, Physiologie |
| 4 Endokrines Pankreas | Biochemie, Histologie |
| 5 Schilddrüse | Anatomie, Biochemie, Histologie, Physiologie |
| 6 Nebenschilddrüsen | Anatomie, Biochemie, Histologie, Physiologie |
| 7 Endokrine Funktionen der Niere | Physiologie, Biochemie |
| 8 Nebenniere | Anatomie, Biochemie, Histologie, Physiologie |
| 9 Diffuses neuroendokrines System (DNES) | Anatomie, Histologie |
| 10 Gewebshormone | Biochemie, Physiologie |

Heft 24 Geschlechtsorgane und Reproduktion

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1 Entwicklung der Geschlechtsorgane | Anatomie |
| 2 Weibliche Geschlechtsorgane | Anatomie, Histologie, Physiologie |
| 3 Männliche Geschlechtsorgane | Anatomie, Histologie, Physiologie |
| 4 Angewandte und topografische Anatomie | Anatomie |
| 5 Blutgefäße, Lymphgefäße, vegetative Innervation | Anatomie |
| 6 Sexualhormone | Biochemie, Physiologie |
| 7 Sexualität und Reproduktion | Physiologie, Psych-Soz |
| 8 Schwangerschaft und Geburt | Anatomie, Histologie, Physiologie |

Heft 25 Medizinstudium: Lernen, Organisation, Physikum

- | | |
|------------------------|--|
| 1 How To ... Vorklinik | |
| 2 How To ... Physikum | |
| 3 Lernpläne | |
| 4 Kreuzen | |

Übersicht nach Fächern

Du vermisst die Fächer? Bitte sehr, hier siehst du die Kapitel der Vorklinik-Finale-Reihe nach Fächern sortiert!

Viele Kapitel kombinieren Inhalte mehrerer Fächer und werden deshalb mehrfach genannt.

Die Übersicht nach Heften/Organen findest du am Anfang dieses Heftes.

Anatomie

Allgemeine Embryologie

Heft 06 | 6 Meiose und Entwicklung der Gameten

Heft 06 | 7 Embryologie

Bewegungsapparat

Heft 07 | 1 Allgemeine Anatomie

Heft 07 | 3 Obere Extremität

Heft 08 | 1 Untere Extremität

Heft 08 | 2 Leibeswand

Kopf, Hals, Nervensystem

Heft 10 | 1 Entwicklung von Kopf und Hals

Heft 10 | 2 Schädel, Muskulatur, Kopf- und Halseingeweide

Heft 10 | 3 Hirn- und Halsnerven, vegetative Innervation

Heft 10 | 4 Arterien, Venen, Lymphsystem

Heft 10 | 5 Angewandte und topografische Anatomie

Heft 11 | 2 Gliederung des Nervensystems

Heft 12 | 1 Entwicklung des Zentralnervensystems

Heft 12 | 2 Encephalon

Heft 12 | 3 Stammhirn

Heft 12 | 4 Rückenmark, Systeme und Bahnen

Heft 12 | 5 Liquorräume und Meningen

Heft 12 | 6 Gefäßversorgung und Topografie des ZNS

Sinnesorgane

Heft 14 | 2 Hör- und Gleichgewichtsorgan

Heft 15 | 2 Sehorgan

Heft 15 | 4 Chemische Sinne

Lunge, Herz, Kreislauf, Immunsystem

Heft 16 | 1 Entwicklung von Pleuraperikardhöhle, Herz und Schlundbogenarterien

Heft 16 | 2 Anatomie der Atmungsorgane

Heft 17 | 1 Aufbau des Herzens

Heft 17 | 2 Nerven und Gefäße der Brusteingeweide

Heft 17 | 4 Anatomie und Physiologie des Kreislaufsystems

Heft 18 | 4 Leukozyten und Immunsystem

Gastrointestinaltrakt

Heft 19 | 1 Mundhöhle, Rachen, Speiseröhre

Heft 19 | 2 Magen-Darm-Trakt

Heft 19 | 3 Organe des Magen-Darm-Kanals

Heft 19 | 4 Leber, Gallenblase und Pankreas

Heft 19 | 5 Blutgefäße, Lymphgefäße, vegetative Innervation

Endokrines System

Heft 23 | 5 Schilddrüse

Heft 23 | 6 Nebenschilddrüsen

Heft 23 | 8 Nebenniere

Heft 23 | 9 Diffuses neuroendokrines System (DNES)

Harn- und Geschlechtsorgane

Heft 22 | 1 Harnorgane

Heft 24 | 1 Entwicklung der Geschlechtsorgane

Heft 24 | 2 Weibliche Geschlechtsorgane

Heft 24 | 3 Männliche Geschlechtsorgane

Heft 24 | 4 Angewandte und topografische Anatomie

Heft 24 | 5 Blutgefäße, Lymphgefäße, vegetative Innervation

Heft 24 | 8 Schwangerschaft und Geburt

Histologie

Allgemeine Histologie

Heft 05 | 1 Zellen, Organellen

Heft 05 | 5 Histologische Methoden und allgemeine Gewebelehre

Heft 05 | 6 Gewebe

Bewegungsapparat

Heft 07 | 2 Binde- und Stützgewebe

Heft 09 | 2 Muskeltypen

Kopf, Hals, Nervensystem

Heft 11 | 1 Nervengewebe

Heft 11 | 2 Gliederung des Nervensystems

Sinnesorgane

Heft 14 | 2 Hör- und Gleichgewichtsorgan

Heft 14 | 4 Haut und Hautanhängsel

Heft 15 | 2 Sehorgan

Heft 15 | 4 Chemische Sinne

Lunge, Herz, Kreislauf, Immunsystem

Heft 16 | 1 Entwicklung von Pleuraperikardhöhle, Herz und Schlundbogenarterien

Heft 16 | 2 Anatomie der Atmungsorgane

Heft 17 | 1 Aufbau des Herzens

Heft 17 | 4 Anatomie und Physiologie des Kreislaufsystems

Heft 18 | 1 Blut und Blutplasma

Heft 18 | 3 Thrombozyten, Hämostase und Fibrinolyse

Heft 18 | 4 Leukozyten und Immunsystem

Gastrointestinaltrakt

Heft 19 | 1 Mundhöhle, Rachen, Speiseröhre

Heft 19 | 3 Organe des Magen-Darm-Kanals

Heft 19 | 4 Leber, Gallenblase und Pankreas

Endokrines System

Heft 23 | 1 Endokrines System

Heft 23 | 2 Epiphyse

Heft 23 | 3 Hypothalamus-Hypophysen-System

Heft 23 | 4 Endokrines Pankreas

Heft 23 | 5 Schilddrüse

Heft 23 | 6 Nebenschilddrüsen

Heft 23 | 8 Nebenniere

Heft 23 | 9 Diffuses neuroendokrines System (DNES)

Harn- und Geschlechtsorgane

Heft 22 | 1 Harnorgane

Heft 24 | 2 Weibliche Geschlechtsorgane

Heft 24 | 3 Männliche Geschlechtsorgane

Heft 24 | 8 Schwangerschaft und Geburt

Biochemie

Grundlagen

Heft 02 | 1 Struktur der Materie

Heft 02 | 2 Mineralstoffe und Spurenelemente

Heft 04 | 1 Kohlenhydrate

Heft 04 | 2 Aminosäuren, Peptide, Proteine

Heft 04 | 3 Fettsäuren, Lipide

Heft 04 | 4 Nukleinsäuren, Nukleotide, Chromatin

Heft 04 | 5 Vitamine und Co-Enzyme

Heft 04 | 6 Thermodynamik und Kinetik

Zellbiologie, Molekularbiologie, Meiose

Heft 05 | 1 Zellen, Organellen

Heft 05 | 2 Transportprozesse

Heft 05 | 3 Signaltransduktion

Heft 05 | 4 Zellzyklus, Zellteilung, Zelltod

Heft 06 | 1 Enzyme

Heft 06 | 2 DNA-Replikation und -Transkription

Heft 06 | 3 Translation und Proteinprozessierung

Heft 06 | 4 Biochemische Verfahren

Heft 06 | 6 Meiose und Entwicklung der Gameten

Bewegungsapparat, Nervensystem, Immunsystem

Heft 07 | 2 Binde- und Stützgewebe

Heft 09 | 2 Muskeltypen

Heft 11 | 4 Neurotransmitter und Rezeptoren
Heft 18 | 2 Erythrozyten, Hämoglobin & Sauerstofftransport
Heft 18 | 4 Leukozyten und Immunsystem

Anabole und katabole Stoffwechselwege

Heft 20 | 1 Ökologie, Energie- und Wärmehaushalt
Heft 20 | 2 Nahrungsaufnahme
Heft 20 | 3 Abbau der Kohlenhydrate
Heft 20 | 4 Fettsäureabbau und Ketonkörperstoffwechsel
Heft 20 | 5 Aminosäurestoffwechsel und Harnstoffzyklus
Heft 21 | 1 Citratzyklus und Atmungskette
Heft 21 | 2 Gluconeogenese und Glykogenstoffwechsel
Heft 21 | 3 Lipidsynthese
Heft 21 | 4 Nukleotidstoffwechsel
Heft 21 | 5 Stoffwechsel der Leber
Heft 21 | 6 Fettgewebe

Niere, Säure-Basen-, Wasser- und Elektrolythaushalt

Heft 22 | 2 Nierenfunktion
Heft 22 | 4 Säure-Basen-Haushalt
Heft 22 | 5 Wasser- und Elektrolythaushalt

Endokrines System

Heft 23 | 1 Endokrines System
Heft 23 | 3 Hypothalmus-Hypophysen-System
Heft 23 | 4 Endokrines Pankreas
Heft 23 | 5 Schilddrüse
Heft 23 | 6 Nebenschilddrüsen
Heft 23 | 7 Endokrine Funktionen der Niere
Heft 23 | 8 Nebenniere
Heft 23 | 10 Gewebshormone
Heft 24 | 6 Sexualhormone

Physiologie

Zellphysiologie

Heft 02 | 4 Elektrizität und Magnetismus
Heft 05 | 1 Zellen, Organellen
Heft 05 | 2 Transportprozesse
Heft 05 | 3 Signaltransduktion
Heft 05 | 4 Zellzyklus, Zellteilung, Zelltod

Bewegungsapparat und Motorik

Heft 09 | 2 Muskeltypen
Heft 09 | 3 Motorik

Nerven und Sinne

Heft 09 | 4 Rückenmark und Reflexe
Heft 09 | 5 Bewegungsabläufe im ZNS
Heft 09 | 6 Arbeits- und Leistungsphysiologie
Heft 11 | 3 Funktionsprinzipien des Nervensystems

Heft 11 | 4 Neurotransmitter und Rezeptoren

Heft 11 | 5 Vegetatives Nervensystem
Heft 13 | 1 Bewusstsein und corticale Interaktion
Heft 14 | 1 Schwingung, Wellen, Akustik
Heft 14 | 3 Hörvorgang und Gleichgewichtssinn
Heft 14 | 5 Somatosensorische Sensorik
Heft 15 | 3 Sehen
Heft 15 | 4 Chemische Sinne

Atmung, Kreislauf, Blut, Immunsystem

Heft 16 | 4 Atmung
Heft 16 | 5 Gasaustausch
Heft 17 | 3 Physiologie des Herzens
Heft 17 | 4 Anatomie und Physiologie des Kreislaufsystems
Heft 18 | 1 Blut und Blutplasma
Heft 18 | 2 Erythrozyten, Hämoglobin & Sauerstofftransport
Heft 18 | 3 Thrombozyten, Hämostase und Fibrinolyse
Heft 18 | 4 Leukozyten und Immunsystem

Verdauung, Energie- und Wärmehaushalt

Heft 19 | 1 Mundhöhle, Rachen, Speiseröhre
Heft 19 | 2 Magen-Darm-Trakt
Heft 19 | 3 Organe des Magen-Darm-Kanals
Heft 19 | 4 Leber, Gallenblase und Pankreas
Heft 20 | 1 Ökologie, Energie- und Wärmehaushalt
Heft 20 | 2 Nahrungsaufnahme

Niere, Säure-Basen-, Wasser- und Elektrolythaushalt

Heft 22 | 2 Nierenfunktion
Heft 22 | 4 Säure-Basen-Haushalt
Heft 22 | 5 Wasser- und Elektrolythaushalt

Endokrines System

Heft 23 | 1 Endokrines System
Heft 23 | 3 Hypothalmus-Hypophysen-System
Heft 23 | 5 Schilddrüse
Heft 23 | 6 Nebenschilddrüsen
Heft 23 | 7 Endokrine Funktionen der Niere
Heft 23 | 8 Nebenniere
Heft 23 | 10 Gewebshormone

Geschlechtsorgane und Reproduktion

Heft 24 | 2 Weibliche Geschlechtsorgane
Heft 24 | 3 Männliche Geschlechtsorgane
Heft 24 | 6 Sexualhormone
Heft 24 | 7 Sexualität und Reproduktion
Heft 24 | 8 Schwangerschaft und Geburt

Biologie

Heft 05 | 1 Zellen, Organellen
Heft 05 | 2 Transportprozesse
Heft 05 | 3 Signaltransduktion
Heft 05 | 4 Zellzyklus, Zellteilung, Zelltod
Heft 05 | 7 Mikrobiologie
Heft 06 | 5 Vererbungslehre
Heft 06 | 6 Meiose und Entwicklung der Gameten
Heft 20 | 1 Ökologie, Energie- und Wärmehaushalt

Chemie

Heft 02 | 1 Struktur der Materie
Heft 02 | 2 Mineralstoffe und Spurenstoffe
Heft 03 | 1 Chemische Bindung
Heft 03 | 2 Stereochemie
Heft 03 | 3 Funktionelle Gruppen und Stoffklassen
Heft 03 | 4 Stoffumwandlungen/chemische Reaktionen
Heft 22 | 3 Säure-Basen-Reaktionen
Heft 04 | 6 Thermodynamik und Kinetik
Heft 04 | 1 Kohlenhydrate
Heft 04 | 2 Aminosäuren, Peptide, Proteine
Heft 04 | 3 Fettsäuren, Lipide
Heft 04 | 4 Nukleinsäuren, Nukleotide, Chromatin
Heft 04 | 5 Vitamine und Co-Enzyme

Physik

Heft 01 | 4 Messen und Rechnen
Heft 02 | 1 Struktur der Materie
Heft 02 | 3 Wärmelehre
Heft 02 | 4 Elektrizität und Magnetismus
Heft 02 | 5 Ionisierende Strahlung
Heft 09 | 1 Bewegungslehre
Heft 14 | 1 Schwingung, Wellen, Akustik
Heft 15 | 1 Optik
Heft 16 | 3 Mechanik des Kreislaufsystems

Med. Psychologie, Med. Soziologie

Heft 01 | 1 Individuum, Gesellschaft, Normen
Heft 01 | 2 Arzt und Patient
Heft 01 | 3 Gesundheitssystem
Heft 01 | 5 Methodische Grundlagen
Heft 13 | 1 Bewusstsein und corticale Interaktion
Heft 13 | 2 Therapiemethoden und ihre Grundlagen
Heft 24 | 7 Sexualität und Reproduktion

Herzlich willkommen bei Vorklinik Finale!

Hier findest du alle Inhalte, die du für das Physikum brauchst!

Egal ob du am Beginn des Medizinstudiums stehst oder schon kurz vor dem Physikum, ob du in einem Regel- oder Reformstudiengang studierst – Vorklinik Finale unterstützt dich beim effizienten Lernen und Überblick gewinnen!

Gliederung nach Organen:

Durch die Gliederung nach Organen bzw. Organsystemen stehen hier die Inhalte zusammen, die zusammengehören: Die Biochemie, Physiologie und Histologie der Muskeltypen – alles in einem Kapitel. Physik/Optik, Anatomie der Augen und Physiologie des Sehens – direkt aufeinander folgend. Das hat mehrere **Vorteile**:

- Zum einen wird viel deutlicher, warum du naturwissenschaftliche Grundlagen lernst.
- Zum anderen bereitet dich diese Darstellung optimal auf den klinischen Abschnitt und die ärztliche Tätigkeit vor.
- Und außerdem: Bei der Darstellung nach Fächern werden viele Inhalte doppelt dargestellt, damit die Inhalte einem logischen Aufbau folgen. Im Vorklinik Finale sind diese Inhalte bereits zusammengefasst, das erleichtert dir das Lernen! Selbstverständlich sind **alle** relevanten Inhalte der Fächer enthalten.

Das steckt drin:

Vorklinik Finale erläutert dir von Heft 1 bis Heft 6 wichtige Grundlagen – diese lassen sich keinem Organsystem zuordnen, da musst du leider durch! – und führt dich von Heft 7 bis Heft 24 einmal durch alle Organsysteme. **Heft 25 gibt dir wertvolle Tipps zum Lernen im vorklinischen Abschnitt und zur Vorbereitung auf das Physikum.** Schau doch mal rein!

Du kannst die Hefte auf unterschiedliche Art nutzen:

- Während des vorklinischen Abschnitts, um dir einen Überblick über den gesamten Lernstoff zu verschaffen und Inhalte einzurichten.
- Während des vorklinischen Abschnitts, um schnell zu sehen, wie Inhalte aus den einzelnen Fächern bei einem bestimmten Organsystem zusammenkommen.
- Und natürlich zur Vorbereitung auf das Physikum.

Alles drin und Überblick garantiert!

Ganz vorne und ganz hinten im Heft findest du jeweils eine Gesamtübersicht, einmal nach Organen und einmal nach Fächern.

Wir wünschen dir viel Freude und Erfolg im Medizinstudium!

So nutzt du die Vorklinik-Finale-Hefte

Navigation

Du siehst am Anfang jedes Kapitels und Teilkapitels, welche Fächer enthalten sind:



Wie bereits erwähnt, gibt es ganz vorne und ganz hinten im Heft jeweils eine **Gesamtübersicht**, einmal nach Organen und einmal nach Fächern.

Diese Markierungen weisen auf wichtige Inhalte hin

MERKE

Hier erhältst du wichtige Tipps und Hinweise.

KLINIK

Hier findest du relevante klinische Inhalte.

FOKUS

Hier stehen klinische Inhalte aus dem Fokuserkrankungs-Netzwerk gemäß Entwurf des neuen NKLM. Sie wurden damit als besonders wichtig für den vorklinischen Abschnitt definiert, und wir empfehlen, sie besonders aufmerksam anzusehen!

Besonders prüfungsrelevante Inhalte sind gelb hinterlegt.

Aktives Lernen und Überblick behalten

CHECK - UP

Am Ende jedes Teilkapitels stehen einige Verständnisfragen zum Selbstcheck. Das vermeidet ein „Gelesen, aber nicht gelernt“.

Jetzt bist du dran!

Überblick gewinnen

Diese Kästen findest du am Ende jedes Teilkapitels. Sie erinnern dich daran, dass du dir die Inhalte kurz zusammenfasst, so dass du dir Schritt für Schritt Überblick verschaffst. Die Stichwörter werden am Ende des Kapitels weiterverwendet (siehe unten).

Jetzt bist du dran!

Am Ende jedes Kapitels haben wir dir diese Seite zur Bearbeitung vorbereitet. Sie schlägt dir verschiedene Aufgaben vor, wie du den Inhalt noch einmal aktiv wiederholen kannst.

Zeichenaufgabe / Anregungen zur weiteren Wiederholung

Studierende höherer Semester geben euch Tipps, wie ihr wichtige Inhalte aktiv zu Papier bringt. Ideal zum Wiederholen, allein und in Lerngruppen, auch zur mündlichen Vorbereitung.

Überblick gewinnen

Du hast ja bereits am Ende jedes Unterkapitels einige Stichwörter notiert. Hier kannst du daraus eine Mindmap oder Liste erstellen und damit aktiv Überblick gewinnen.

Thomas Wenisch

Vorklinik Finale 2

Atome und Naturgesetze

1. Auflage

Unter Verwendung von Inhalten von:
Oliver Adolph, Björn Jacobi



Inhaltsverzeichnis

1	Struktur der Materie	.....	1	4.3	Materie im elektrischen Feld	.....	28
1.1	Makroskopische Erscheinungsformen der Materie	.....	1	4.4	Elektrischer Strom	.....	29
1.2	Aufbau und Eigenschaften der Materie	.....	2	4.5	Ohm-Gesetz, Ohm-Widerstand	.....	30
				4.6	Elektrische Leistung	.....	31
				4.7	Messung von Strom, Spannung und Widerstand	.....	31
2	Mineralstoffe und Spurenelemente	.....	11	4.8	Elektrische Kapazität	.....	33
2.1	Biochemisch wichtige Elemente	.....	11	4.9	Elektrizitätsleitung	.....	34
2.2	Mineralstoffe	.....	11	4.10	Elektrische Spannungen an Grenzflächen, Diffusionsspannungen	.....	35
2.3	Spurenelemente	.....	12	4.11	Magnetische Größen	.....	35
3	Wärmelehre	.....	17	4.12	Wechselspannung, Wechselstrom	.....	38
3.1	Temperatur	.....	17	4.13	Elektrische Phänomene an Zellen	.....	39
3.2	Temperaturabhängige Stoffeigenschaften	.....	17	5	Ionisierende Strahlung	.....	43
3.3	Wärme, Wärmekapazität	.....	18	5.1	Einteilung	.....	43
3.4	Thermodynamische Systeme	.....	19	5.2	Radioaktivität	.....	43
3.5	Gaszustand	.....	20	5.3	Röntgenstrahlung	.....	46
3.6	Änderung des Aggregatzustands	.....	22	5.4	Strahlendosis	.....	47
3.7	Wärmetransport	.....	23	5.5	Strahlenwirkungen	.....	48
3.8	Stoffgemische	.....	24	Register	.....	50	
4	Elektrizität und Magnetismus	.....	27				
4.1	Ladung, elektrisches Feld	.....	27				
4.2	Elektrisches Potenzial, elektrische Spannung	.....	28				

1

Struktur der Materie

1.1 Makroskopische Erscheinungsformen der Materie

Thomas Wenisch



Materie kann in verschiedenen Aggregatzuständen vorliegen (> Kap. 1.2) sowie in reiner Form oder als Stoffgemisch (> Kap. 1.3). Reine Stoffe werden wiederum unterteilt in solche, die aus einem einzigen chemischen Element bestehen, und Verbindungen aus mehreren Elementen.

1.1.1 Aggregatzustände

In der Umwelt erscheint die Materie in verschiedenen Aggregatzuständen:

- Fest:** Die Bausteine eines Festkörpers befinden sich zueinander in einer festgelegten Anordnung. Der Körper nimmt eine definierte Form ein, die er nur unter dem Einfluss äußerer Kräfte ändert. Es kann unterschieden werden zwischen **kristallinen** Festkörpern, die eine regelmäßige Kristallstruktur aufweisen, und **amorphen** Substanzen, in denen diese feste Ordnung nicht vorliegt.
- Flüssig:** Die Teilchen einer Flüssigkeit werden durch **Kohäsionskräfte** zu einem Verband zusammengehalten. Sie sind jedoch gegeneinander verschiebbar. Die Flüssigkeit passt sich der Form eines äußeren Behältnisses an.
- Gasförmig:** In einem Gas sind die einzelnen Teilchen weit voneinander entfernt. Das Gas füllt jeden ihm zur Verfügung stehenden Raum vollständig aus. Anziehungskräfte zwischen den Gasteilchen können in den meisten Fällen als vernachlässigbar betrachtet werden. Man spricht dann von einem **idealen Gas**.

Die Aggregatzustände fest, flüssig und gasförmig werden auch als **Phase** eines Stoffs bezeichnet. Eine Phase ist ein Bereich, in dem

sich die Stoffeigenschaften nicht sprunghaft ändern. Der Begriff ist nicht mit dem des Aggregatzustands gleichzusetzen. So bilden nicht mischbare Flüssigkeiten, wie z. B. Öl und Wasser, zwei von einander getrennte flüssige Phasen.

Jede Änderung des Aggregatzustands ist mit einer **Änderung der inneren Energie** verbunden: Beim Schmelzen muss die Kristallstruktur eines Stoffs aufgebrochen werden. Beim Verdampfen einer Flüssigkeit wird Arbeit gegen zwischenmolekulare Anziehungskräfte geleistet. Es muss deshalb ein für den jeweiligen Stoff spezifischer Energiebetrag, seine **Schmelzwärme** bzw. **Verdampfungswärme**, aufgebracht werden, um den Aggregatzustand zu ändern. Beim Kondensieren oder Erstarren wird diese Bindungsenergie als **Kondensationswärme** bzw. **Erstarrungswärme** wieder freigesetzt.

1.1.2 Stoffgemische

Die Materie liegt häufig nicht als einzelner reiner Stoff vor, sondern in Form von **Stoffgemischen**. Eine Übersicht über die Einteilung der Materie in Stoffe bzw. Stoffgemische gibt > Abb. 1.1.

Es wird zwischen homogenen und heterogenen Gemischen unterschieden.

- In einem **heterogenen** Gemisch treten mehrere Phasen auf, z. B. Festkörper und Flüssigkeit oder auch zwei flüssige Phasen.
 - Ein Gemisch zweier flüssiger Phasen, z. B. Wasser und Öl, wird als **Emulsion** bezeichnet. Im Alltag begegnen uns Emulsionen als Creme, Salbe oder Milch.
 - Ein **Aerosol** ist fest-gasförmig oder flüssig-gasförmig. Nebel ist ein Aerosol, hier schweben kleine Flüssigkeitströpfchen in einem Gas. Auch Staub bildet, wenn er in der Luft verwirbelt wird, ein Aerosol.
- In einem **homogenen** Gemisch tritt nur eine Phase auf. Beispiele sind die Legierungen von Metallen, mischbare Flüssigkeiten wie Wasser und Alkohol oder die Gasmischung der Luft.

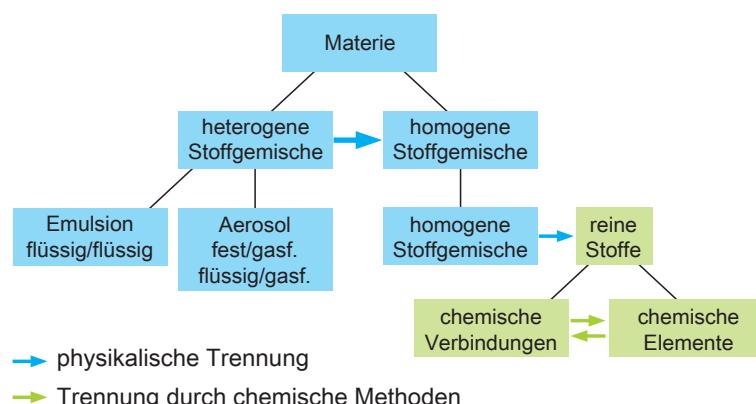


Abb. 1.1 Einteilung der Materie. Die in Blau gekennzeichneten Trennungen erfolgen mit physikalischen Verfahren, die in Grün gekennzeichneten Übergänge mit chemischen Methoden. [L253]

- Ein **Eis/Wasser**-Gemisch ist nach dieser Definition, obwohl es sich nur um einen Stoff in verschiedenen Aggregatzuständen handelt, ebenfalls ein heterogenes Gemisch, denn es treten verschiedene Phasen des Wassers nebeneinander auf.

Die Definition, ob ein System als homogen oder als heterogen bezeichnet wird, hängt auch von der **Teilchengröße** ab.

- Im Falle von Lösungen wird das System bei kleinen, niedermolekularen Teilchen mit einem Durchmesser von weniger als 3 nm als **echte Lösung** bezeichnet. Hier handelt es sich um ein homogenes System.
- Bei Teilchengrößen von etwa 3–200 nm werden die Begriffe **kolloidale Lösung** oder **kolloid-dispers** verwendet. Das Verhalten kolloid-disperser Lösungen ist verschieden von dem echter Lösungen. Es ist umstritten, ob eine kolloidale Lösung als homogen oder als heterogen einzustufen ist.
- Wenn die Teilchen im Lichtmikroskop sichtbar sind, d. h. bei Teilchengrößen über 200 nm, wird das System als heterogen eingestuft. Ein solches Gemisch wird als **grob-dispers** oder als **Suspension** bezeichnet. Ein Beispiel für eine Suspension sind Zellen in einer Nährösung oder auch das menschliche Blut.

Ein Stoffgemisch lässt sich durch physikalische Methoden in seine Bestandteile trennen (► Abb. 1.1). Es liegen dann reine Stoffe vor. Ein **reiner Stoff** hat definierte physikalische Eigenschaften, wie Dichte, Schmelzpunkt, Brechungsindex usw. Die Eigenschaften eines **Stoffgemischs** sind dagegen nicht exakt definiert, sie hängen vom Mischungsverhältnis der Einzelbestandteile ab.

Bei dem reinen Stoff kann es sich um ein **chemisches Element** handeln. Er besteht dann nur aus einer einzigen Sorte von Atomen. Dagegen sind bei einer **chemischen Verbindung** die Bausteine des Stoffs Moleküle, die wiederum aus mehreren verschiedenartigen Atomen bestehen.

Jetzt bist du dran!

Überblick gewinnen

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

1.2 Aufbau und Eigenschaften der Materie

Thomas Wenisch

Biochemie, Chemie, Physik

Die Einteilung in anorganische und organische Verbindungen geht auf die historische Annahme zurück, zwischen den im Reagenzglas herstellbaren anorganischen Stoffen und den organischen Substanzen, die ein lebender Organismus produziert, bestehe ein prinzipieller, grundsätzlich unüberbrückbarer Unterschied. Der historische Sprachgebrauch wurde beibehalten.

1.2.1 Das Atom

Die Grundbausteine der Materie, die mit chemischen Methoden nicht weiter zerlegt werden können, sind die **Atome** (von griech. atomos = unteilbar).

Heute ist bekannt, dass das Atom aus noch kleineren **Elementarteilchen** besteht: aus **Neutronen**, **Protonen** und **Elektronen** (► Tab. 1.1). Protonen und Elektronen sind elektrisch geladen. Sie tragen die **Elementarladung** $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb (C). Dies ist der kleinste mögliche Betrag einer elektrischen Ladung.

Proton und Neutron haben ungefähr die gleiche Masse. Sie sind etwa 2000-mal schwerer als das Elektron ($m_p/m_e = 1836$). Die moderne Teilchenphysik zeigt, dass Protonen und Neutronen aus weiteren subatomaren Teilchen aufgebaut sind, darauf soll aber hier nicht weiter eingegangen werden.

Tab. 1.1 Bausteine des Atoms

	Ladung/C	Masse/kg
Elektron	$-1,6 \cdot 10^{-19}$	$9,1093897 \cdot 10^{-31} \approx 9,1 \cdot 10^{-31}$
Proton	$+1,6 \cdot 10^{-19}$	$1,6726231 \cdot 10^{-27} \approx 1,67 \cdot 10^{-27}$
Neutron	0	$1,6749286 \cdot 10^{-27} \approx 1,67 \cdot 10^{-27}$

MERKE

Für das Verständnis der Chemie wichtig sind nur die Elementarteilchen Neutronen, Protonen und Elektronen:

- Die positiv geladenen **Protonen** und die elektrisch neutralen **Neutronen** bilden den Kern des Atoms. Sie werden deshalb auch als **Nukleonen** (Kernteilchen) bezeichnet.
- Der Atomkern ist von der Hülle aus negativ geladenen **Elektronen** umgeben. Chemische Reaktionen beruhen auf Wechselwirkungen in den Elektronenhüllen der beteiligten Stoffe.

Auf die Struktur der Elektronenhülle wird deshalb in ► Kap. 1.2.3 noch näher eingegangen.

MERKE

Jedes Atom hat das Bestreben, nach außen hin elektrisch neutral zu sein. In der Elektronenhülle befinden sich deshalb genauso viele Elektronen wie Protonen im Kern des Atoms.

Ist die Ladungsbilanz des Atoms nicht ausgeglichen, wird das nun elektrisch geladene Atom als **Ion** bezeichnet. Ein **Kation** ist ein positiv geladenes Ion, hier fehlen Elektronen in der Elektronenhülle. Ein **Anion** ist negativ geladen. Bei ihm befinden sich mehr Elektronen in der Hülle als Protonen im Kern.

Ein durch eine bestimmte Protonenzahl und Nukleonenzahl festgelegtes Atom wird als **Nuklid** bezeichnet. Die Schreibweise für ein Nuklid lautet:

Massenzahl
Ordnungszahl Elementsymbol

- Die chemischen Eigenschaften eines Atoms werden durch die Anzahl der Protonen im Kern festgelegt. Nach ihrer **Protonenzahl** p werden die Elemente im Periodensystem (► Kap. 1.2.4) aufsteigend angeordnet. Deshalb wird diese Zahl auch als **Ordnungszahl** (auch: **Kernladungszahl**) Z eines Elements bezeichnet. Da jedes chemische Element durch ein eigenes Elementsymbol beschrieben wird, kann auf die zusätzliche Angabe der Ordnungszahl auch verzichtet werden: MassenzahlElementsymbol

- Nahezu die gesamte Masse des Atoms ist in seinem Kern konzentriert. Die **Nukleonenzahl**, d. h. die Summe der Anzahl von Protonen und Neutronen, ist die **Massenzahl** m eines Elements.
- Die **Neutronenzahl** eines Nuklids lässt sich aus der Differenz zwischen Massenzahl und Ordnungszahl ermitteln. Beispielsweise steht Eisen (Fe) im Periodensystem an 26. Stelle. ^{56}Fe hat demnach $56 - 26 = 30$ Neutronen.

Die Massenzahlen m sind angegeben als **relative Atommassen** in der atomaren Masseneinheit u (für unit = Einheit; in der Literatur wird manchmal auch amu genannt, für atomar mass unit).

Eine **atomare Masseneinheit (1 u)** entspricht $\frac{1}{12}$ der Masse eines Kohlenstoff-12-Atoms ($1,66 \cdot 10^{-24}$ g).

Die **relative Molekülmasse** ist gleich der Summe der relativen Atommassen der an der Bildung des Moleküls beteiligten Atome.

MERKE

In der Chemie werden **Stoffmengen in Mol** angegeben. Ein Mol eines Stoffs enthält unabhängig von seinen sonstigen Eigenschaften immer eine festgelegte Teilchenzahl von

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$$

N_A ist die **Avogadro-Zahl** (Einheit: Teilchen/mol).

Die Masse von 1 Mol eines Stoffs, angegeben in Gramm, entspricht der relativen Atommasse bzw., bei einer Verbindung, der relativen Molekülmasse in atomaren Masseneinheiten u.

1.2.2 Isotope

Die Stoffeigenschaften eines Elements werden durch seine Ordnungszahl, d. h. durch die Zahl seiner Protonen, festgelegt. Bei gleicher Kernladungszahl sind aber mehrere Nuklide möglich, die sich in ihrer Neutronenzahl unterscheiden. Dies sind die **Isotope** eines Elements. Beispiele für Isotope biologisch wichtiger Elemente zeigt > Tab. 1.2.

Nur der Kern des häufigsten Isotops des einfachsten chemischen Elements, Wasserstoff, ^1H , besteht aus einem einzigen Proton. Die Kerne aller anderen Nuklide enthalten Neutronen, die die positiven Ladungen der Protonen gegeneinander abschirmen. Bei

Tab. 1.2 Beispiele einiger Elemente und ihrer Isotope mit Elementsymbol, Ordnungszahl Z und relativer Atommasse (die mit * gekennzeichneten Isotope sind radioaktiv)

Element	Symbol	Z	Atommasse	Isotope
Wasserstoff	H	1	1,008	^1H , ^2H , $^3\text{H}^*$
Kohlenstoff	C	6	12,011	$^{11}\text{C}^*$, ^{12}C , ^{13}C , $^{14}\text{C}^*$
Stickstoff	N	7	14,007	$^{13}\text{N}^*$, ^{14}N , ^{15}N
Sauerstoff	O	8	15,999	^{16}O , ^{17}O , ^{18}O
Natrium	Na	11	22,990	^{23}Na , $^{24}\text{Na}^*$
Magnesium	Mg	12	24,305	^{24}Mg , ^{25}Mg , ^{26}Mg
Phosphor	P	15	30,974	^{31}P , $^{32}\text{P}^*$
Schwefel	S	16	32,066	^{32}S , ^{33}S , ^{34}S , $^{35}\text{S}^*$, ^{36}S
Chlor	Cl	17	35,453	^{35}Cl , ^{37}Cl
Kalium	K	19	39,102	^{39}K , $^{40}\text{K}^*$, ^{41}K , $^{42}\text{K}^*$
Calcium	Ca	20	40,08	^{40}Ca , $^{45}\text{Ca}^*$, $^{47}\text{Ca}^*$
Eisen	Fe	26	55,847	$^{55}\text{Fe}^*$, ^{56}Fe , $^{59}\text{Fe}^*$
Cobalt	Co	27	58,932	$^{58}\text{Co}^*$, ^{59}Co , $^{60}\text{Co}^*$
Iod	I	53	126,904	$^{125}\text{I}^*$, ^{127}I , $^{131}\text{I}^*$
Uran	U	92	238,029	$^{235}\text{U}^*$, $^{238}\text{U}^*$

Tab. 1.3 Einige in Medizin und Biochemie verwendete Radionuklide, ihre Halbwertszeit ($t_{1/2}$), die Art der Strahlung und ihre Anwendung

Isotop	$t_{1/2}$ *	Strahlung	Anwendung
^3H	12,3 a	β	Tracer
^{14}C	5730 a	β	Tracer
^{32}P	14,3 d	β	Tracer, Strahlentherapie (Knochen)
^{35}S	87 d	β	Tracer, Tumordiagnostik
^{60}Co	6,2 a	β , γ	Strahlentherapie
^{99m}Tc	6 h	γ	Diagnostik (breite Anwendung)
^{123}I	13 h	γ	Radiojodtest (Schilddrüse)
^{125}I	60 d	γ	Tracer für Proteine (in vitro)
^{131}I	8 d	β , γ	Radiojodtherapie (Schilddrüse)
^{226}Ra	1622 a	α	Strahlentherapie

* a = Jahre, d = Tage, h = Stunden

den meisten Nukliden liegt die Neutronenzahl etwa im Bereich des 1- bis 1,5-Fachen der Protonenzahl (> Tab. 1.2). Hat ein Nuklid zu viele oder zu wenig Protonen, ist es instabil. Es wandelt sich spontan in ein anderes Nuklid um; es ist **radioaktiv**.

- Von den meisten Elementen treten natürlicherweise stabile und auch radioaktive Isotope auf. Die meisten Elemente sind daher Isotopengemische, man spricht auch von **Mischelementen**. Die in > Tab. 1.2 angegebenen Atommassen geben die durchschnittliche relative Atommasse des Isotopengemisches an.
- Von etwa 20 Elementen wird in der Natur nur ein einziges Isotop beobachtet. Diese Elemente werden als **Reinelemente** bezeichnet. Dazu zählen Fluor, Natrium, Phosphor und Arsen.
- Durch Kernreaktionen lassen sich künstlich radioaktive Isotope erzeugen, die in der Natur nicht oder nicht mehr vorkommen.

MERKE

Lerntipp: Die Massenzahl steht in der Schreibweise des Nuklids oben, Ordnungszahl unten vor dem Elementsymbol. „M“ steht im Alphabet ja auch über „O“. Präge dir ein, dass die Ordnungszahl eines Elements festgelegt ist, während verschiedene Isotope eines Elements unterschiedliche Massenzahlen haben.

KLINIK

Radioaktive Isotope sind ein wichtiges Hilfsmittel in Medizin und Biochemie (> Tab. 1.3). Der Stoffwechsel des Organismus verwendet das Radionuklid wie jedes andere Isotop des jeweiligen Elements. Um Stoffwechselwege zu verfolgen, werden **radioaktive Tracer** verwendet, deren Strahlung sich von außen messen lässt.

In der Nuklearmedizin wird gerne ^{99m}Tc wegen seiner günstigen Strahlungseigenschaften eingesetzt. Radium und Cobalt dienen vorwiegend als Strahlungsquellen für die Strahlentherapie.

1.2.3 Elektronenhülle

Die Vorgänge im Atomkern lassen sich durch chemische Methoden nicht beeinflussen. Umso wichtiger ist der Aufbau der Elektronenhülle für das Verständnis der Chemie. Die Anordnung der Elektronen entscheidet, welche Bindungen ein Element eingeht und wie stabil die entstandenen Verbindungen sind.

Das **Bohr-Atommodell** geht von einer Vorstellung aus, nach der sich die Elektronen auf Bahnen um den Atomkern ähnlich wie Planeten um eine Sonne bewegen. Dieses Modell kann jedoch für

das tiefere Verständnis nicht aufrechterhalten werden. Das Verhalten der Elektronen lässt sich erst mit der **Quantenmechanik** nachvollziehen, deren Resultate aber z. T. recht komplex sind und oft keine einfache bildhafte Vorstellung liefern. Das Atommodell, das heute für die Chemie zugrunde gelegt wird und die Eigenenschaften der Elektronenhülle am zutreffendsten beschreibt, ist das **Orbitalmodell**.

Das Elektron wird darin nicht mehr als Teilchen betrachtet, sondern als „Wellenpaket“. Die Position des Elektrons lässt sich nicht genau bestimmen oder voraussagen, sondern es wird von Aufenthaltswahrscheinlichkeiten gesprochen. Für jedes Elektron lässt sich ein Bereich in der Umgebung des Atomkerns angeben, in dem das Elektron mit hoher Wahrscheinlichkeit anzutreffen ist. Dieser Bereich wird **Orbital** genannt.

> Abb. 1.2, > Abb. 1.3 und > Abb. 1.4 zeigen die Form und die räumliche Anordnung der Atomorbitale.

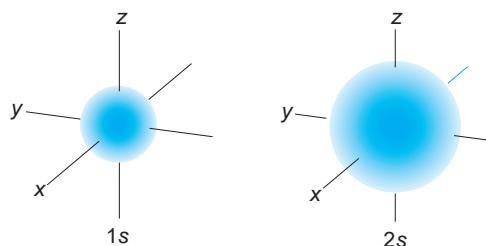


Abb. 1.2 Formen des 1s- und des 2s-Orbitals [L253]

Quantenzahlen

Welches Orbital von einem Elektron besetzt wird und in welcher Entfernung zum Kern sich das Orbital befindet, hängt vom Energieniveau des Elektrons ab.

Der Zustand eines Hüllenelektrons wird durch 4 Quantenzahlen beschrieben:

Hauptquantenzahl n

Die Hauptquantenzahl n nimmt Werte von 1, 2, 3, ..., n an. Sie gibt das „**Hauptenergieniveau**“ an und entspricht dem Abstand der Elektronenbahn zum Kern im Bohr-Atommodell. Obwohl sich die Elektronen nicht im klassischen Sinne auf Bahnen oder auf konzentrischen Kugelschalen bewegen, wurde der historisch etablierte Begriff der **Elektronenschale** im Sprachgebrauch der Chemie beibehalten.

Die Schalen werden mit fortlaufenden Buchstaben bezeichnet, beginnend mit K. Die innerste, dem Atomkern am nächsten liegende Schale ist die K-Schale, ihre Elektronen tragen die Hauptquantenzahl $n = 1$. Als Nächstes folgt die L-Schale, die der Hauptquantenzahl 2 entspricht.

Bei den schwersten bekannten Elementen befinden sich die äußersten Elektronen auf der 7. Schale.

M E R K E

Du kannst dir die Reihenfolge der Buchstaben der ersten Schalen gut einprägen, wenn du an die Airline „KLM“ denkst.

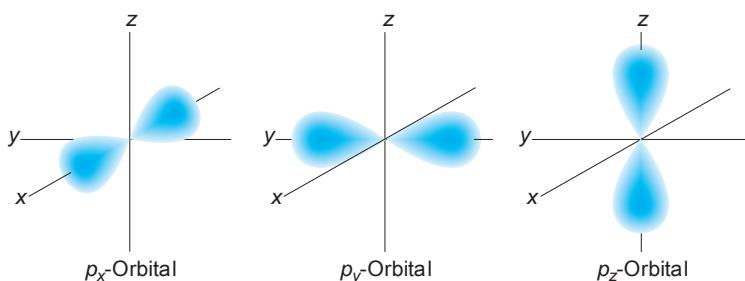


Abb. 1.3 Formen der p-Orbitale [L253]

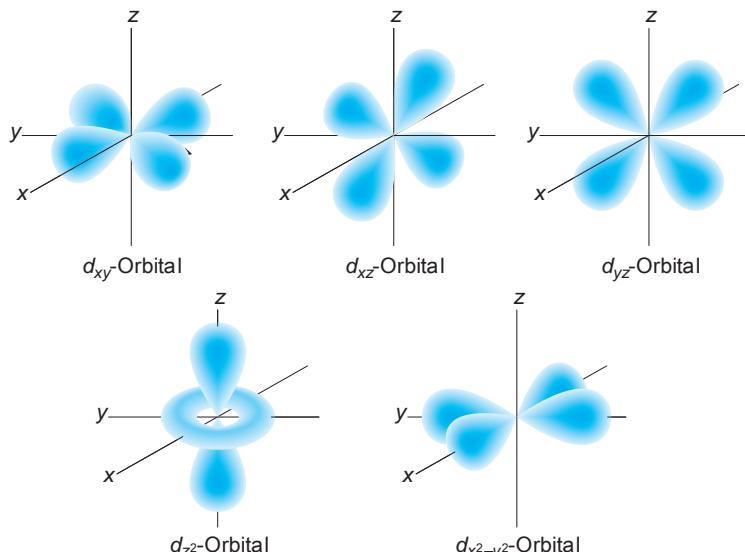


Abb. 1.4 Formen der d-Orbitale [L253]

Nebenquantenzahl l

Die Nebenquantenzahl l unterteilt das durch die Hauptquantenzahl angegebene Energieniveau noch weiter. Die Nebenquantenzahl kann Werte von $l = 0, 1, 2, \dots, n-1$ annehmen.

Die Nebenquantenzahl gibt die **Art des Orbitals** an. Es existieren verschiedene Arten von Orbitalen, die sich in ihrer räumlichen Konfiguration unterscheiden:

- $l = 0$ entspricht dem **s-Orbital**. Eine Berechnung der Aufenthaltswahrscheinlichkeiten für dieses Orbital ergibt eine kugelförmige räumliche Anordnung. > Abb. 1.2 zeigt das $1s$ - ($n = 1, l = 0$) und das $2s$ -Orbital ($n = 2, l = 0$). Mit steigender Hauptquantenzahl sind die Elektronen im Mittel weiter vom Atomkern entfernt.
- Das zu $l = 1$ gehörende Orbital wird **p-Orbital** genannt. Die Elektronenverteilung im p -Orbital ist nicht mehr kugelförmig. Es ergeben sich zwei getrennte Bereiche, zwischen denen der Atomkern liegt (> Abb. 1.3).
- $l = 2$ kennzeichnet ein **d-Orbital** (> Abb. 1.4).
- Zu $l = 3$ gehört das **f-Orbital**. Dessen Form ist noch komplexer, sodass auf eine Bilddarstellung hier verzichtet wird.

MERKE

Die Reihenfolge der Orbitale kannst du dir leicht merken, indem du an eine der großen Volksparteien in Deutschland (spd) bzw. ein weitverbreitetes Dokumentformat (pdf) denkst – selbstverständlich soll hiermit für beides keine Werbung gemacht werden.

Magnetquantenzahl m

Die magnetische Quantenzahl m bildet eine weitere **Aufspaltung der Unterniveaus**. Sie nimmt Werte zwischen $+l$ und $-l$ an: $m = -l, -(l-1), \dots, -1, 0, +1, \dots, (l-1), l$. Insgesamt sind für m $2l+1$ verschiedene Werte möglich.

- Für die 1. Schale ($n = 1$) ist $l = 0$, und m kann nur den Wert 0 annehmen. Die Kombination $l = 0$ und $m = 0$ steht für das s -Orbital der durch die jeweilige Hauptquantenzahl n angegebenen Schale.
- Für die 2. Schale ($n = 2$) kann l den Wert 0 oder 1 annehmen.
 - Für $l = 0$ ist auch wieder $m = 0$. Dies kennzeichnet das s -Orbital der 2. Elektronenschale (> Abb. 1.2).
 - Für $l = 1$ kann m die Werte $-1, 0$ oder $+1$ annehmen. $l = 1$ kennzeichnet ein p -Orbital. Es existieren 3 p -Orbitale, die sich in ihrer räumlichen Ausrichtung unterscheiden (> Abb. 1.3). Die Lage des Orbitals wird durch die magnetische Quantenzahl m angegeben.

Tab. 1.4 Aus den Quantenzahlen abgeleitete maximale Elektronenzahl in den ersten 4 Schalen und in den jeweiligen Unterniveaus

n	l	m	Spin	Maximale e⁻-Zahl	Maximale e⁻-Zahl pro Schale ($2n^2$)
1 (K-Schale)	0 ($1s$)	0	$\pm\frac{1}{2}$	2	2
2 (L-Schale)	0 ($2s$)	0	$\pm\frac{1}{2}$	2	8
	1 ($2p$)	$+1, 0, -1$	je $\pm\frac{1}{2}$	6	
3 (M-Schale)	0 ($3s$)	0	$\pm\frac{1}{2}$	2	18
	1 ($3p$)	$+1, 0, -1$	je $\pm\frac{1}{2}$	6	
	2 ($3d$)	$+2, +1, 0, -1, -2$	je $\pm\frac{1}{2}$	10	
4 (N-Schale)	0 ($4s$)	0	$\pm\frac{1}{2}$	2	32
	1 ($4p$)	$+1, 0-1$	je $\pm\frac{1}{2}$	6	
	2 ($4d$)	$+2, +1, 0, -1, -2$	je $\pm\frac{1}{2}$	10	
	3 ($4f$)	$+3, +2, +1, 0, -1, -2, -3$	je $\pm\frac{1}{2}$	14	

- In der 3. Schale nimmt für $l = 2$ die Magnetquantenzahl die Werte $-2, -1, 0, 1, 2$ an. Es existieren 5 im Raum verschieden ausgerichtete d -Orbitale (> Abb. 1.4).
- Ab der 4. Schale kommen durch $m = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$ für $l = 3$ noch 7 verschiedene f -Orbitale hinzu.

Spinquantenzahl s

Die Spinquantenzahl s kann die Werte $+\frac{1}{2}$ oder $-\frac{1}{2}$ annehmen. Jedes Orbital kann mit zwei Elektronen besetzt werden, die sich in ihrem Spin unterscheiden. Unter dem **Elektronenspin** wird die Orientierung des magnetischen Moments des Elektrons verstanden.

In einem klassischen Modell kann man sich das Elektron als rotierend vorstellen. Der Spin des Elektrons gibt dann die Richtung der Drehung an. Die beiden möglichen Werte der Spinquantenzahl entsprächen dann einer Rechts- bzw. Linksdrehung.

Grafisch wird die Orientierung des Spins oft durch einen Pfeil nach oben oder unten dargestellt. Entsprechend der Lage der Pfeilrichtungen wird bei zwei Elektronen dann von einem **parallelen** oder **antiparallelen** Spin gesprochen.

MERKE

Niemals wirst du die Reihenfolge der vier Quantenzahlen vergessen, wenn du dir dazu als Eselsbrücke die Konsonanten aus „niemals“, also n, m, l und s , merken.

Besetzungsregeln

Wolfgang Pauli formulierte 1924 das nach ihm benannte **Pauli-Prinzip**: Keine zwei Elektronen stimmen in allen 4 Quantenzahlen überein.

Anschaulich könnte man sich die Plätze in der Elektronenhülle nummeriert vorstellen, wie die Sitze in einem Theater. Es werden keine zwei Theaterkarten mit identischer Platznummer ausgegeben.

Aus den möglichen Kombinationen der Quantenzahlen lässt sich ableiten, dass in einer durch die Hauptquantenzahl n gegebenen Schale $2n^2$ Elektronenplätze zur Verfügung stehen. Eine Übersicht der Bindungsplätze in den ersten 4 Schalen und den jeweiligen Orbitalen zeigt > Tab. 1.4.

Die **Elektronenkonfiguration** eines Elements wird in einer Schreibweise angegeben, bei der die Hauptquantenzahlen, die Orbitale und dahinter als Hochzahl die Zahl der im Orbital befindlichen Elektronen notiert werden. So besitzt das Element mit der

Ordnungszahl 11, Natrium, 11 Elektronen in der Konfiguration $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$.

M E R K E

Nur die Elektronen auf der äußersten Schale sind an chemischen Bindungen beteiligt (z. B. das $3s^1$ -Elektron im Fall von Natrium). Die Außenelektronen werden auch **Valenzelektronen** genannt.

Ein für das Atom energetisch besonders günstiger Zustand wird erreicht, wenn die äußere Schale mit 8 Valenzelektronen besetzt ist. Die Schale ist dann „abgeschlossen“. Dieser Zusammenhang ist auch unter dem Begriff **Oktettregel** bekannt. Der energetisch günstige Zustand ist natürlicherweise bei den Edelgasen gegeben. Die Besetzung der Außenschale mit 8 Valenzelektronen wird deshalb **Edelgaskonfiguration** genannt. Eine Ausnahme bildet die erste Schale, sie ist bereits mit 2 Elektronen vollständig besetzt. Dies ist bei Helium der Fall.

Die **Besetzung** der Energieniveaus der Elektronenhülle erfolgt – wenn sich das Atom im nicht angeregten Grundzustand befindet – nacheinander, beginnend mit dem energieärmsten Niveau, dem $1s$ -Orbital.

Es wird beobachtet, dass bei energetisch gleichwertigen Orbitalen, wie p_x , p_y und p_z , diese zunächst einfach durch Elektronen mit zueinander parallelem Spin besetzt und erst dann mit einem zweiten Elektron aufgefüllt werden. Nach ihrem Entdecker wird diese Besetzungsreihenfolge als **Hund-Regel** bezeichnet.

- Es werden zunächst die s -, dann die p -Orbitale einer Schale besetzt. Eine Abweichung von der weiteren Reihenfolge zeigt sich bei den d - und f -Orbitalen. Die Energien der den Schalen zugeordneten Orbitale überlappen sich wie in > Abb. 1.5 dargestellt. Das $4s$ -Orbital hat eine geringere Energie als die $3d$ -Orbitale. Bei der sukzessiven Besetzung der Elektronenplätze wird daher zunächst die 4. Schale begonnen und das dortige s -Orbital gefüllt, bevor die $3d$ -Orbitale belegt werden.
- Ab der 4. Schale sind f -Orbitale vorhanden. Das $4f$ -Orbital hat eine höhere Energie als die $5s$ -, $4d$ -, $5p$ - und $6s$ -Orbitale, aber einer geringere Energie als das $5d$ -Orbital. Es wird deshalb bereits mit der 6. Schale begonnen, bevor Plätze im $4f$ -Orbital besetzt werden. Im Anschluss werden die $5d$ -Orbitale gefüllt und dann erst werden die $6p$ -Orbitale besetzt (> Abb. 1.5, > Abb. 1.7).

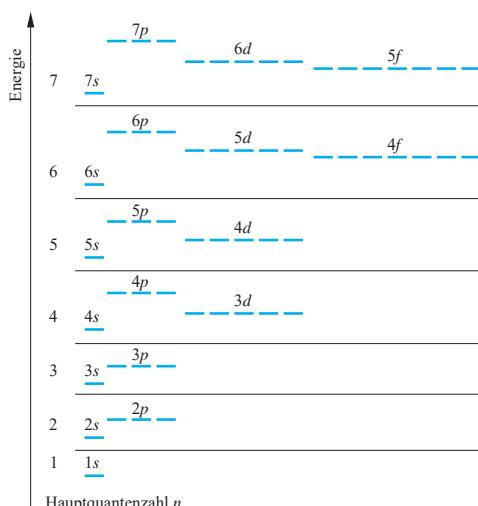


Abb. 1.5 Energieniveaus der Atomorbitale [L253]

M E R K E

- Aus der Reihenfolge des Auffüllens der Elektronenschale lässt sich die Anordnung der Elemente im Periodensystem (> Kap. 1.2.4) verstehen. Die Edelgaskonfiguration wird mit der vollständigen Besetzung der s - und p -Orbitale der Außenschale erreicht. Bei den Nebengruppenelementen des Periodensystems werden nacheinander die d - und f -Orbitale weiter innen liegender Schalen aufgefüllt.
- Das Ziel einer Bindung zwischen zwei Atomen ist jeweils immer das Erreichen der Edelgaskonfiguration, wodurch auch die Oktettregel erfüllt wird.

1.2.4 Periodensystem

Heute sind mindestens **112 chemische Elemente** bekannt. Die Elemente bis zur Ordnungszahl 92 (Uran) kommen in der Natur vor. Die noch schwereren Elemente, die sog. Transurane, wurden in kernphysikalischen Reaktionen in Teilchenbeschleunigern oder Kernreaktoren künstlich erzeugt. In der Kernphysik wird versucht, immer schwerere Kerne künstlich herzustellen. Inzwischen gelang die Synthese bis zum Element 116. (Es existieren auch Hinweise auf die Synthese der Elemente 117 und 118. Diese Daten sind aber gegenwärtig unbestätigt und noch nicht von der IUPAC [International Union of Pure and Applied Chemistry] anerkannt.)

Alle bekannten Nuklide der Elemente mit Ordnungszahlen ab 84 sowie der Elemente 43 (Technetium, Tc) und 61 (Promethium, Pm) sind radioaktiv. Die Lebensdauer der künstlichen Nuklide mit Ordnungszahlen ab etwa 100 ist so kurz, dass sie für chemische Reaktionen nicht zur Verfügung stehen. Für die Chemie sind daher etwas weniger als 100 Elemente von Interesse.

Aufbau des Periodensystems

1869 wurde von Meyer und Mendeljew ein Ordnungsprinzip aufgestellt, nach dem die Elemente waagerecht in **Perioden** untereinander geschrieben werden.

Die in der Senkrechten untereinander stehenden Elemente lassen sich zu **Gruppen** zusammenfassen, die ähnliche chemische Eigenschaften aufweisen (> Abb. 1.6).

Das damalige Periodensystem beruhte auf der Beobachtung der Eigenschaften der Elemente. Aus der systematischen Anordnung konnte die Existenz damals noch unbekannter Elemente vorausgesagt werden. Heute ist bekannt, dass der Schlüssel zum Aufbau des Periodensystems in der Elektronenkonfiguration der Atome liegt.

M E R K E

- Die Elemente werden in der Reihenfolge ihrer Ordnungszahl und damit der Zahl ihrer Elektronen angeordnet.
- Die Periode kennzeichnet eine Schale der Elektronenhülle, die von links nach rechts mit Elektronen aufgefüllt wird.
 - Innerhalb einer Gruppe untereinanderstehende Elemente besitzen die gleiche Zahl von Valenzelektronen. Die Elektronen weiter innen liegender Schalen nehmen an chemischen Bindungen nicht teil.

Es werden **8 Hauptgruppen** und **10 Nebengruppen** unterschieden. Nach neueren Empfehlungen der IUPAC werden die Gruppen von 1–18 nummeriert. Die Gruppen 1 und 2, sowie 13–18 bilden die Hauptgruppen, die Gruppen 3–12 die Nebengruppen. Früher wurden die Hauptgruppen mit IA–VIIIA bezeichnet. Diese Nomenklatur ist auch heute noch weit verbreitet.

Periodensystem der Elemente

Jeder Kasten enthält: Name, Elementsymbol, Ordnungszahl und relative Atommasse.
Alle Hauptgruppenelemente sind blau unterlegt.

18 (VIIIA)																									
Hauptgruppen								Nebengruppen																	
1 (IA)		2 (IIA)		3 (IIIA)		4 (IVA)		5 (VIA)		6 (VIA)		7 (VIIA)		8 (VIIA)		13 (III A)		14 (IVA)		15 (VA)		16 (VIA)		17 (VIIA)	
1. Periode	1.079 Wasserstoff H	9.0122 Lithium Li	6.941 Beryllium Be	22.990 Magnesium Mg	24.305 Sodium Na	39.098 Calcium Ca	40.078 Magnesium Mg	44.956 Scandium Sc	3 (IIIB)	4 (IVB)	5 (VB)	6 (VI B)	7 (VIB)	8 (VIB)	9 (VII B)	10 (VII B)	11 (IIB)	12 (IIB)							
2. Periode	9.0122 Lithium Li	12.99 Boron B	22.990 Natrium Na	24.305 Magnesium Mg	26.982 Aluminium Al	28.086 Silizium Si	30.974 Phosphor P	32.066 Sauerstoff O	10.811 Bor B	12.011 Kohlenstoff C	14.007 Stickstoff N	15.9994 Sauerstoff O	18.998 Fluor F	20.180 Neon Ne	4.0026 Helium He										
3. Periode	11.99 Kalium K	19.99 Calcium Ca	23.99 Strontium Sr	24.99 Barium Ba	26.99 Rubidium Rb	28.99 Cäsium Cs	30.99 Francium Fr	31.99 Lanthanoide Ce	31.99 Lanthanoide La	31.99 Praseodym Pr	31.99 Neodym Nd	31.99 Samarium Sm	31.99 Gadolinium Gd	31.99 Terbium Tb	31.99 Dysprosium Dy	31.99 Holmium Ho	31.99 Erbium Er	31.99 Thulium Tm	31.99 Ytterbium Yb	31.99 Lutetium Lu					
4. Periode	39.09 Kalium K	40.08 Calcium Ca	41.99 Strontium Sr	42.99 Barium Ba	43.99 Rubidium Rb	44.99 Cäsium Cs	46.99 Francium Fr	47.99 Lanthanoide Ce	47.99 Lanthanoide La	47.99 Praseodym Pr	47.99 Neodym Nd	47.99 Samarium Sm	47.99 Gadolinium Gd	47.99 Terbium Tb	47.99 Dysprosium Dy	47.99 Holmium Ho	47.99 Erbium Er	47.99 Thulium Tm	47.99 Ytterbium Yb	47.99 Lutetium Lu					
5. Periode	87.62 Rubidium Rb	88.90 Strontium Sr	89.90 Barium Ba	91.22 Strontium Sr	92.90 Rubidium Rb	93.94 Molybdän Mo	94.92 Technetium Tc	95.94 Molybdän Mo	96.90 Technetium Tc	97.94 Ruthenium Ru	98.90 Rhodium Rh	99.94 Rhodium Rh	100.94 Rhodium Rh	102.91 Rhodium Rh	106.42 Rhodium Rh	107.87 Rhodium Rh	112.41 Rhodium Rh	114.82 Rhodium Rh	118.71 Zinn Sn	121.75 Antimon Sb	127.60 Tellur Te	131.29 Xenon Xe			
6. Periode	137.33 Gesamt Cs	137.33 Barium Ba	138.91 Lanthanoide Ce	138.91 Lanthanoide La	138.91 Praseodym Pr	138.91 Neodym Nd	138.91 Samarium Sm	138.91 Gadolinium Gd	138.91 Terbium Tb	138.91 Dysprosium Dy	138.91 Holmium Ho	138.91 Erbium Er	138.91 Thulium Tm	138.91 Ytterbium Yb	138.91 Lutetium Lu										
7. Periode	223.02 Francium Fr	226.03 Radium Ra	226.03 Radium Ra *	226.03 Rutherfordium Rf *	231.04 Protactinium Pa *	238.03 Uran U *	237.05 Neptunium Np *	243.06 Plutonium Pu *	244.06 Americium Am *	247.07 Curium Cm *	251.08 Berkelium Bk *	252.08 Einstenium Ef *	257.10 Fermium Fm *	259.10 Mendeleyium Md *	260.11 Lawrencium No *	262.02 Rutherfordium Rf *	263.03 Dubnium Ds *	264.03 Rutherfordium Rf *	265.03 Dubnium Ds *	266.03 Rutherfordium Rf *	267.03 Dubnium Ds *	268.03 Rutherfordium Rf *			
Lanthanoide	138.91 Lanthanoide Ce	140.12 Lanthanoide La	140.91 Praseodym Pr	144.24 Neodym Nd	146.92 Samarium Sm	150.36 Gadolinium Gd	151.97 Terbium Tb	158.93 Dysprosium Dy	164.93 Holmium Ho	167.26 Erbium Er	168.93 Thulium Tm	173.04 Ytterbium Yb	174.97 Lutetium Lu												
Actinoide	227.03 Actinium Ac *	232.04 Thorium Th *	231.04 Protactinium Pa *	238.03 Uran U *	237.05 Neptunium Np *	243.06 Plutonium Pu *	244.06 Americium Am *	247.07 Curium Cm *	248.08 Berkelium Bk *	251.08 Einstenium Ef *	252.08 Fermium Fm *	257.10 Mendeleyium Md *	259.10 Lawrencium No *	260.11 Lawrencium No *	262.02 Rutherfordium Rf *	263.03 Dubnium Ds *	264.03 Rutherfordium Rf *	265.03 Dubnium Ds *	266.03 Rutherfordium Rf *	267.03 Dubnium Ds *	268.03 Rutherfordium Rf *				

* radioaktive Elemente; angegeben ist die Masse eines wichtigen Isotops (so weit bekannt)

Tab. 1.5 Gebräuchliche Namen der Hauptgruppen und Zahl ihrer Valenzelektronen

Hauptgruppe	Name	Valenzelektronen
1. (IA)	Alkalimetalle	1
2. (IIA)	Erdalkalimetalle	2
13. (IIIA)	Erdmetalle	3
14. (IVA)	Kohlenstoffgruppe	4
15. (VA)	Stickstoffgruppe	5
16. (VIA)	Chalkogene	6
17. (VIIA)	Halogene	7
18. (VIIIA)	Edelgase	8

- Nebengruppenelemente treten erstmals in der 4. Periode auf. Nach der zweifachen Besetzung des 4s-Orbitals in Calcium (Ca) werden von Scandium (Sc) bis Zink (Zn) die 10 Plätze des 3d-Orbitals gefüllt, bevor mit Gallium (Ga) weiter das 4p-Orbital besetzt wird.
- Das Schema wiederholt sich in der 5. Periode. Das 5s-Orbital ist bei Strontium (Sr) mit 2 Elektronen besetzt. Von Yttrium (Y) bis Cadmium (Cd) wird das 4d-Orbital aufgefüllt, anschließend ab Indium (In) das 5p-Orbital.
- In der 6. Periode werden erstmals f-Orbitale besetzt. Die **Lanthanoide** – sowie in der 7. Periode die **Actinoide** – könnten als „Nebengruppen der Nebengruppen“ angesehen werden.
- Beim Barium (Ba) ist das 6s-Orbital mit 2 Elektronen besetzt. Nun werden von Lanthan (La) bis Ytterbium (Yb) nacheinander die 14 Plätze des 4f-Orbitals besetzt. Anschließend werden vom Lutetium (Lu) bis Quecksilber (Hg) die 10 Plätze des 5d-Orbitals aufgefüllt. Erst dann wird mit einem Elektron im 6p-Orbital bei Thallium (Tl) zur nächsten Hauptgruppe weitergegangen.
- Die 7. Periode wird nach dem gleichen Schema besetzt, zunächst 7s, dann 5f (Actinoide) und 6d. Ein 7p-Orbital würde erstmals bei Element 113 besetzt. Das nächste Edelgas würde bei Element 118 liegen.

M E R K E

Die Reihenfolge der Besetzung der Orbitale lässt sich an dem in > Abb. 1.7 gezeigten Schema einfach merken. Es werden von unten nach oben die s-Orbitale der einzelnen Perioden übereinander geschrieben. Daneben die p-, d- und f-Orbitale. Diagonale Pfeile von rechts unten nach links oben geben die Besetzungsfolge der Orbitale an (> Abb. 1.5).

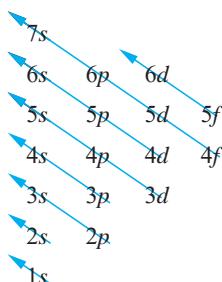


Abb. 1.7 Reihenfolge bei der Besetzung der Orbitale mit Elektronen [L253]

Periodische Eigenschaften

Einige Eigenschaften der Elemente zeigen innerhalb einer Periode oder innerhalb einer Gruppe des Periodensystems einen gesetzmäßigen Verlauf.

Atomradius

Die Atomradien der Elemente nehmen innerhalb einer Periode – mit Ausnahme der Edelgase – von links nach rechts ab. Die Elektronen werden durch die zunehmende Kernladung näher an den Atomkern herangezogen.

Von oben nach unten nehmen die Atomradien innerhalb einer Gruppe zu, denn mit jeder Periode wird eine neue, weiter außen liegende Elektronenschale begonnen.

Ionenradius

Die Ionenradien nehmen ebenfalls innerhalb einer Periode von links nach rechts ab und innerhalb einer Gruppe von oben nach unten zu.

- Werden Valenzelektronen aus dem Atom entfernt, ist das entstandene Kation kleiner als das neutrale Atom des jeweiligen Elements.
- Werden alle Valenzelektronen entfernt, wie bei Na^+ oder Mg^{2+} , ist das Kation sogar deutlich kleiner, denn gegenüber dem neutralen Atom verschwindet eine Elektronenschale.
- Durch die Aufnahme eines zusätzlichen Valenzelektrons bildet sich ein Anion. Der Radius des Anions ist größer als der des neutralen Atoms, denn zusätzliche Elektronen weiten die Elektronenhülle aus.

Elektronenaffinität

Die Elektronenaffinität ist die Tendenz zur Elektronenaufnahme, d.h. zur Bildung von Anionen. Die Aufnahme oder Abgabe eines Elektrons ist mit einer Energieänderung verbunden, diese wird in beiden Fällen als Elektronenaffinität bezeichnet. Ihre Einheit wird bei chemischen Umsetzungen in kJ/mol angegeben.

Daneben existiert die Einheit Elektronenvolt (eV): $1 \text{ eV} \equiv 96,5 \text{ kJ/mol}$. Der Energiebetrag wird negativ gezählt, wenn bei dem Vorgang Energie frei wird. Bei positivem Wert muss Energie aufgewandt werden.

- Für freie (ungeladene) Atome, auch für Alkalimetalle und Erdalkalimetalle, ist es günstiger, ein zusätzliches Elektron aufzunehmen, als eines abzugeben. Bei der Elektronenaufnahme wird daher Energie frei; die Werte der Elektronenaffinität sind **negativ**.
- Um ein Elektron aus einem Atom zu entfernen, muss dagegen **Energie, die sog. Ionisierungsenergie, aufgebracht werden**. Aus diesem Grund sind die Werte für die Elektronenaffinität **positiv**.

Der Betrag der Elektronenaffinität nimmt innerhalb einer Periode von links nach rechts bis zur 7. Hauptgruppe zu, d.h., bei Elektronenaufnahme wird zunehmend mehr Energie freigesetzt, die Werte werden negativer. Beispiel: Natrium -53 kJ/mol und Chlor -348 kJ/mol . Die Edelgase in der 8. Hauptgruppe zeigen dagegen praktisch keine Tendenz zur Aufnahme zusätzlicher Elektronen.

Innerhalb einer **Gruppe** sinkt der Betrag der Elektronenaffinität von oben nach unten. Die größere Elektronenhülle schirmt die Anziehungskraft des Kerns auf ein zusätzliches Elektron stärker ab.

Werden mehrere Elektronen aufgenommen, sind die Elektronenaffinitäten für jedes der Elektronen verschieden. Beispielsweise liegt die Elektronenaffinität von Sauerstoff für die Aufnahme eines Elektrons bei -147 kJ/mol , es wird Energie frei. Für die Auf-

nahme eines zweiten Elektrons beträgt der Wert +738 kJ/mol. Es ist Energie notwendig, die von einem Reaktionspartner aufgebracht werden muss.

Elektronegativität

Elemente der Gruppen 1 und 2 bilden in Verbindungen bevorzugt Kationen, die Elemente der Gruppen 16 und 17 Anionen. Um die **Neigung zur Ionenbildung** unabhängig von den nur schwer messbaren Größen wie Elektronenaffinität oder Ionisierungsenergie abschätzen zu können, wurde von Linus Pauling der Begriff der Elektronegativität eingeführt.

Die Elektronegativität ist eine relative, dimensionslose Größe, sie nimmt Zahlenwerte zwischen 0,8 (nach neueren Rechnungen für Cäsium) und 4,0 (Fluor) an (> Abb. 1.8).

Neben den Elektronegativitätswerten nach Pauling ist auch noch eine Elektronegativitätsskala nach Allred und Rochow in Gebrauch. Die Abweichung gegenüber den von Pauling vorgeschlagenen Werten ist aber meist gering, sodass auf Unterschiede hier nicht weiter eingegangen werden soll.

MERKE

Die Elektronenaffinität bezieht sich immer auf ein einzelnes Atom bzw. Ion, die Elektronegativität dagegen auf das Verhalten eines Atoms innerhalb einer Verbindung.

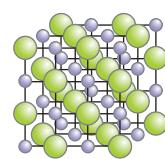
- Atome mit hoher Elektronegativität ziehen in einer Bindung Elektronen stark zu sich herüber. Die Bindung wird polarisiert.
- Elemente ähnlicher Elektronegativität gehen eine kovalente Bindung ein.
- Bei großen Elektronegativitätsunterschieden wird ein Elektron aus einem Atom heraus- und vollständig zum anderen Bindungspartner herübergezogen, es entsteht eine Ionenbindung (> Abb. 1.9).

Die Elektronegativitätswerte nehmen, mit Ausnahme der Edelgase, innerhalb der Perioden von links nach rechts zu und innerhalb der Hauptgruppen von oben nach unten ab (> Abb. 1.8).

H 2,2						
Li 1,0	Be 1,6	B 2,0	C 2,6	N 3,0	O 3,4	F 4,0
Na 0,9	Mg 1,3	Al 1,6	Si 1,9	P 2,2	S 2,6	Cl 3,2
K 0,8			Ge 2,0	As 2,2	Se 2,6	Br 3,0
Rb 0,8				Te 2,1	I 2,7	

Abb. 1.8 Elektronegativitätswerte nach Pauling für einige wichtige Hauptgruppenelemente. Elemente mit besonders geringer bzw. hoher Elektronegativität sind gekennzeichnet. [L253]

Abb. 1.9 Ionenbindung:
Ausschnitt aus dem Kristallgitter von Kochsalz (NaCl) [L253]



MERKE

F₂, Cl₂ und O₂ besitzen die stärkste Elektronegativität!

Metallcharakter

Die Elemente werden in **Metalle** und **Nichtmetalle** eingeteilt. Es gibt aber kein eindeutig festlegbares Kriterium, das Metalle von Nichtmetallen unterscheidet.

- Das beste Unterscheidungsmerkmal ist die hohe elektrische Leitfähigkeit der Metalle. Allerdings leitet auch Graphit (Kohlenstoff) als Nichtmetall den elektrischen Strom.
- Für das chemische Verhalten von Metallen typisch ist das Eingehen von Ionenverbindungen, in denen das Metall als Kation vorliegt.

Unabhängig von den zugrunde gelegten Kriterien existieren immer einige Elemente, deren Eigenschaften an der Grenze zwischen Metall und Nichtmetall liegen. Diese Elemente werden als **Halbmetalle** bezeichnet. Zu den Halbmetallen zählen Bor, Silizium, Germanium, Arsen und Tellur.

Die Nebengruppenelemente sind Metalle. Für die Hauptgruppen nimmt der Metallcharakter innerhalb der Perioden von links nach rechts ab und in den Gruppen von oben nach unten zu.

MERKE

Zusammenfassung der **periodischen Eigenschaften** von Elementen innerhalb der Periode (→) von links nach rechts, innerhalb der Gruppe (↓) von oben nach unten:

	→	↓
Atomradius	-*	+
Ionenradius	-	+
Elektronenaffinität	+*	-
Elektronegativität	+*	-
Metallcharakter	-	+

(- Abnahme, + Zunahme; * mit Ausnahme der Edelgase)

Jetzt bist du dran!

Überblick gewinnen

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

Jetzt bist du dran!**Zeichenaufgabe**

Zeichne in das vorgegebene Schema der Energieniveaus die Besetzung der Orbitale des Kohlenstoffes mit Pfeilen (für den Spin) ein. Beschriffe die Orbitale korrekt.

Zeichne das Schema für einen angeregten Zustand – wie sieht der Kohlenstoff dann aus?

**Anregungen zur weiteren Wiederholung**

Zeichne ein Kohlenstoff-Atom im Bohr-Atommodell. Beschriffe dabei alle Bestandteile eines Atoms, ihre Ladung und kennzeichne deine Zeichnung mit Massenzahl und Ordnungszahl. Welche Bedeutung haben diese Zahlen bzw. wie sind Sie definiert?

Skizziere den Umriss eines Periodensystems (oder nimm eines zur Hand) und trage mit Pfeilen ein, wie sich die Atomradius, Elektronenaffinität und Elektronegativität verhalten. In welche Richtung nehmen sie zu?

Überblick gewinnen

Nutze deine gesammelten Stichwörter für eine Mindmap oder eine gegliederte Stichwortliste.

Die Bände der Reihe „Vorklinik Finale“

