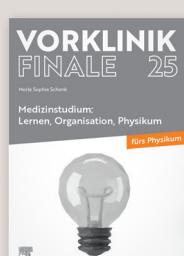
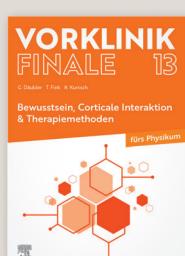


VORKLINIK FINALE

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:

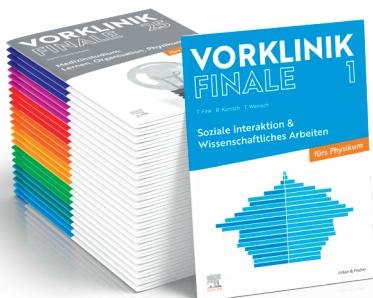
- Zur Vorbereitung auf das Physikum findest du in Heft 1–24 alle relevanten Inhalte inkl. Lernhilfen.
- Kleine Lerneinheiten in Heften, die du rasch abhaken kannst. Das hält die Motivation oben!
- Heft 25 gibt dir Tipps für den Start ins Medizinstudium und fürs Lernen, und enthält Lern- und Kreuzpläne 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 3

Moleküle und Stoffumwandlungen

1. Auflage



Inhaltsverzeichnis

1	Chemische Bindung	1	3.3	Carbo- und Heterocyclen	26
1.1	Ionenbindung	1	3.4	Cycloalkane, Aromaten	26
1.2	Atombindung	2	3.5	Heterocyclen	28
1.3	Metallbindung	4			
1.4	Polare Moleküle und Wasserstoffbrückenbindung	4	4	Stoffumwandlungen/chemische Reaktionen	31
1.5	Koordinative Bindung, Metallkomplexe	5	4.1	Wegweiser	31
			4.2	Homogene Gleichgewichtsreaktionen	31
2	Stereochemie	9	4.3	Heterogene Gleichgewichtsreaktionen	33
2.1	Isomerie	9	4.4	Redoxreaktionen	35
2.2	Konformation	9	4.5	Bildung und Eigenschaften der Salze	40
2.3	Konfiguration	11	4.6	Ligandenaustausch-Reaktionen	42
2.4	Chirale Verbindungen	12	4.7	Additions- und Eliminationsreaktionen	43
			4.8	Substitutionsreaktionen	46
3	Funktionelle Gruppen und Stoffklassen	17	4.9	Sonstige Reaktionen	49
3.1	Kohlenwasserstoffe	17			
3.2	Funktionelle Gruppen	20		Register	52

1

Thomas Wenisch

Chemische Bindung

Atome verbinden sich zu Molekülen, wenn sie dabei eine energetisch günstigere Konfiguration ihrer Elektronenhüllen erreichen. Ein besonders stabiler Zustand ist die Edelgaskonfiguration $s^2 p^6$ der äußeren Schale, bei der diese mit 8 Valenzelektronen besetzt ist. Nur die erste Schale verfügt über kein p -Orbital, sie ist bereits mit der Elektronenanordnung $1s^2$ (Helium) vollständig besetzt.

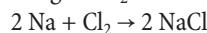
Es werden verschiedene Arten der chemischen Bindung unterschieden, mit denen die beteiligten Atome diese Anordnung ihrer Außenelektronen erreichen können: die Ionenbindung, die Atombindung und die metallische Bindung.

1.1 Ionenbindung

Bei der Ionenbindung werden Elektronen zwischen den Bindungspartnern übertragen. Diese Bindung entsteht zwischen Elementen **stark unterschiedlicher Elektronegativität**. Die Ionenbindung findet daher zwischen Elementen statt, die im Periodensystem weit voneinander entfernt stehen. Sie kommt bevorzugt zwischen Elementen der 1. und 2. Hauptgruppe mit denen der 16. und 17. Hauptgruppe vor.

- Wenn die Alkalimetalle ihr Außenelektron abgeben, bilden sie Kationen, z. B.:
 $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + e^-$
 Die nächstinnere Schale, die nun die Außengrenze der Elektronenhülle darstellt, ist mit der Edelgaskonfiguration $s^2 p^6$ abgeschlossen.
- Die Halogene erreichen die Edelgaskonfiguration, indem sie ein zusätzliches Elektron anlagern. Es bilden sich Anionen, z. B.:
 $\text{Cl} + e^- \rightarrow \text{Cl}^-$
- Wegen der elektrostatischen Anziehungskraft zwischen den gegensätzlich geladenen Ionen lagern sich diese zu einem **Molekül** zusammen. Aus den als Beispiel genannten Ionen bildet sich so Kochsalz:
 $\text{Na} + \text{Cl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{NaCl}$

Die Reaktion zwischen Natrium und Chlor ist hier vereinfacht angegeben, um den Elektronenübergang zu zeigen. In der Natur liegt Chlor nicht atomar vor, sondern im Chlorgas stets in der Verbindung als Cl_2 -Molekül. Die vollständige Bilanz würde lauten:



Erdalkalimetalle geben entsprechend zwei Elektronen ab und die Elemente der 16. Hauptgruppe können zwei Elektronen aufnehmen.

Die **Ladungsbilanz** ist stets ausgeglichen: Es werden so viele Elektronen abgegeben, wie von den Bindungspartnern aufgenommen werden. Auf diese Weise lässt sich die **Summenformel** chemischer Verbindungen ableiten, wie z. B. bei:

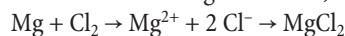
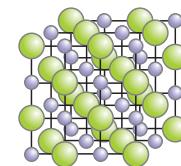


Abb. 1.1 Ionenbindung:
Ausschnitt aus dem Kristallgitter von NaCl [L253]



Die Alkali- und Erdalkalimetalle geben ihre Valenzelektronen leicht, aber dennoch nicht freiwillig ab. Es ist Energie notwendig, um die Valenzelektronen abzulösen. Es wird aber ein noch größerer Energiebetrag freigesetzt, wenn Stoffe hoher Elektronegativität die Elektronen aufnehmen, sodass insgesamt ein energetisch günstigerer Zustand erreicht wird.

Weil sich hier gegensätzlich geladene Ionen verbinden, wird die Ionenbindung auch als heteropolare Bindung bezeichnet. Als **wichtige Eigenschaften** der Ionenbindung seien genannt:

- Die **Bindungsenergie** der Ionenbindung liegt in der Größenordnung von 400 kJ/mol.
- Die gegenseitigen elektrostatischen Anziehungskräfte wirken gleichermaßen in alle Richtungen. Die Ionenbindung ist deshalb **ungerichtet**.
- Als Festkörper bilden durch Ionenbindungen aufgebaute Moleküle **Kristalle**, in deren Struktur die Anionen und Kationen abwechselnd angeordnet sind (> Abb. 1.1).
- In wässrigem Milieu **dissoziieren** die Bindungspartner und um die nun einzeln vorliegenden Ionen bilden sich Hydrathüllen aus Wassermolekülen.

CHECK-UP

Zwischen welchen Elementen entsteht eine Ionenbindung?

Jetzt bist du dran!

Überblick gewinnen

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

1.2 Atombindung

Als Synonyme für diesen Bindungstyp sind auch die Bezeichnungen Elektronenpaarbindung oder kovalente Bindung gebräuchlich.

1.2.1 Einfach- und Mehrfachbindung

Wenn sich die Bindungspartner nur wenig in ihrer Elektronegativität unterscheiden, ist keines der Atome in der Lage, vom anderen ein Elektron abzuziehen.

Zwei einfach besetzte Orbitale überlagern sich zu einem gemeinsamen, mit zwei Elektronen besetzten **Molekülorbital**. > Abb. 1.2 zeigt die Verbindung zweier *s*-Orbitale zu einem Molekülorbital, wie sie z. B. im Wasserstoffmolekül H₂ vorliegt.

Diese Art des Molekürlitals wird als σ -Orbital bzw. die resultierende Bindung als **σ -Bindung** bezeichnet. Der Abstand *a* der Bindungspartner ist die Bindungslänge der Elektronenpaarbindung. Sie liegt im Bereich von 0,07–0,3 nm.

Die in dem Molekülorbital befindlichen Elektronen werden von beiden Bindungspartnern „gemeinsam genutzt“, um die Edelgasconfiguration zu erreichen.

Vor diesem Hintergrund werden nun auch die verschiedenen für diesen Bindungstyp verwendeten Bezeichnungen verständlich:

- **Atombindung:** Die Bindungspartner behalten ihre Elektronen und bleiben somit elektrisch neutrale Atome.
- **Elektronenpaarbindung:** bindende Elektronenpaare besetzen die Molekülorbitale.
- **Kovalente Bindung:** Valenzelektronen werden „kooperativ“, d. h. gemeinsam, genutzt.
- Gelegentlich wird auch der Begriff **homöopolare** Bindung verwendet, denn beide Partner unterscheiden sich nicht bezüglich ihrer elektrischen Ladung.

Die Bindungsenergie der kovalenten Bindung liegt (ähnlich wie die der Ionenbindung) im Bereich von 400 kJ/mol.

Zwischen zwei Atomen können sich auch **Mehrfachbindungen** ausbilden. In einer Doppelbindung wird zwischen der stärkeren σ -Bindung und einer energieärmeren π -Bindung unterschieden, deren Bindungsenergie nur etwa 300 kJ/mol beträgt.

MERKE

Die Atombindung ist eine **gerichtete** Bindung. Die Molekülorbitale besitzen eine festgelegte räumliche Ausrichtung. Die Richtungen der Bindungen legen die räumliche Konfiguration eines Moleküls fest. Einfachbindungen sind um ihre Bindungssachse frei drehbar, bei Mehrfachbindungen ist diese freie Drehbarkeit aufgehoben.

Die **Bindigkeit** eines Atoms ist die Zahl der kovalenten Bindungen, die es gleichzeitig eingehen kann. Das Atom geht so lange

Bindungen ein, bis es die Edelgaskonfiguration seiner Valenzelektronen erreicht hat. Beispielsweise sind Wasserstoff und Chlor einbindig, Sauerstoff und Schwefel sind zweibindig, Stickstoff und Phosphor sind dreibindig und Kohlenstoff ist vierbindig

1.2.2 Polarisierung

Bei einer Verbindung zwischen gleichen Atomen, wie im Wasserstoffmolekül H₂ oder im Sauerstoffmolekül O₂, sind die Aufenthalts wahrscheinlichkeiten der bindenden Elektronen symmetrisch im Raum zwischen den Atomen verteilt. Das ist auch bei der Verbindung verschiedener Elemente mit nahezu gleicher Elektronegativität der Fall.

Gehen Stoffe unterschiedlicher Elektronegativität eine Atombindung ein, hält sich das bindende Elektronenpaar näher bei dem Atom mit der größeren Elektronegativität auf. Es entsteht eine **polarisierte Atombindung** (> Abb. 1.3). Die polarisierte Atombindung steht daher bezüglich der Ladungsverteilung zwischen der rein symmetrischen Atombindung und der Ionenbindung.

1.2.3 Hybridisierung

Wenn ein mehrbindiges Atom mehrere gleichartige Bindungen eingeht, kann eine **Hybridisierung** genannte Verschiebung der Energieniveaus seiner Valenzelektronen auftreten (> Abb. 1.4). Besonders bei dem vierbindigen Kohlenstoff wird die Hybridisierung beobachtet. Im Grundzustand ist das *s*-Orbital der zweiten Schale doppelt besetzt und es befinden sich zwei ungepaarte Elektronen auf den *p*-Orbitalen ($s^2 p^2$). In einem angeregten Zwischen-

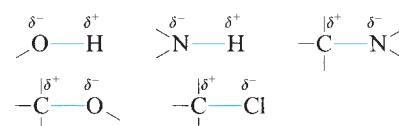


Abb. 1.3 Polarisierte Atombindungen in organischen Molekülen. δ^+ und δ^- kennzeichnen die durch die Ladungsverschiebung hervorgerufenen Partialladungen. [L253]

zustand sind zunächst das *s*- und die *p*-Orbitale einfach besetzt.

- Bei der **sp³-Hybridisierung** wird die Energie des *s*-Orbitals angehoben und die Energien der *p*-Orbitale werden entsprechend abgesenkt, sodass energetisch 4 gleichwertige einfach besetzte Orbitale entstehen. Im Methanmolekül CH₄ liegt das Kohlenstoffatom als sp³-Hybrid vor.

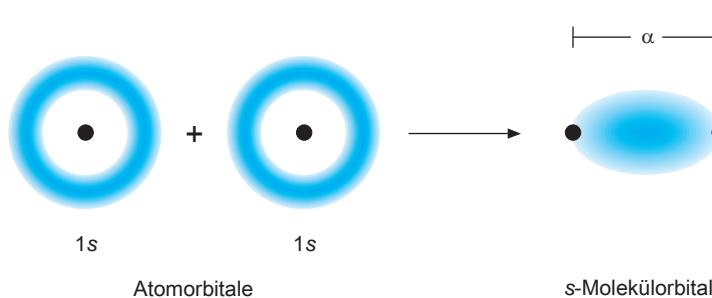


Abb. 1.2 Bildung eines gemeinsamen Molekülorbitals aus zwei Atomorbitalen [L253]

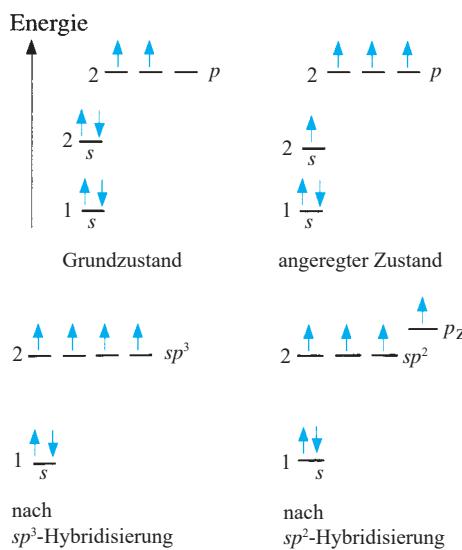


Abb. 1.4 Verschiebung der Energieniveaus bei sp^3 - und sp^2 -Hybridisierung [L253]

- In einer **C=C-Doppelbindung** zwischen zwei Kohlenstoffatomen sind die Atome **sp^2 -hybridisiert**. Hier gleichen sich die Energien des s - und zweier p -Orbitale an, während das dritte p -Orbital auf einer höheren Energiestufe verbleibt. Aus den so entstandenen p_z -Orbitalen bildet sich die – verglichen mit der ersten σ -Bindung schwächere – zweite π -Bindung.
- Bei einer **Dreifachbindung** sind die Atome **sp -hybridisiert**. Die Bindung besteht aus einer σ - und zwei π -Bindungen.

M E R K E

Insgesamt ist die Anzahl der Hybridorbitale immer gleich der Zahl der Bindungspartner des C-Atoms. Eines der Hybridorbitale stammt immer formal von einem s -Orbital ab.

1.2.4 Summen- und Strukturformel

Eine chemische Verbindung wird durch ihre **Summenformel** angegeben. Für viele Verbindungen existieren Eigennamen, z. B. „Wasser“ für H_2O . Wenn eine Atomsorte in der Verbindung mehrfach vorkommt, wird die Anzahl der Atome durch einen nachgestellten Index angegeben.

Die **relative Molekülmasse** einer Verbindung ergibt sich aus Addition der relativen Massen der beteiligten Atome. Die dimensionslose Zahl der relativen Molekülmasse entspricht der Masse eines Mols der Verbindung in Gramm. In der Biochemie wird synonym zur Angabe g/mol die Einheit **Dalton (D)** verwendet: $1\text{ D} = 1\text{ g/mol}$.

Beispiele für einige Verbindungen zeigt > Abb. 1.5. Neben der Summenformel ist meist auch die **Struktur** des Moleküls von Interesse. Eine vereinfachte zweidimensionale Darstellung des in Wirklichkeit dreidimensionalen Moleküls verdeutlicht in den meisten Fällen ausreichend die gegenseitige Lage der an der Verbindung beteiligten Atome. Wie für die ersten vier Verbindungen

	Summenformel	Strukturformel	relative Molekülmasse
H_2	$H-H$	$H \cdot \cdot H$	2
HCl	$H-\bar{Cl}$	$H \cdot \cdot \bar{Cl}:$	36,3
H_2O Wasser	$H-O-H$	$H \cdot \cdot \ddot{O} \cdot \cdot H$	18
CO_2 Kohlendioxid	$\ddot{O}=C=\ddot{O}$	$\ddot{O} \cdot \cdot C \cdot \cdot \ddot{O}$	44
CH_4 Methan	$H-C-H$	$H \begin{array}{c} \\ H-C-H \\ \\ H \end{array}$	16
NH_3 Ammoniak	$H-\bar{N}-H$	$H \begin{array}{c} \\ H-N-H \\ \\ H \end{array}$	17
O_2	$\ddot{O}=O$	$\ddot{O} \cdot \cdot O$	32
O_3 Ozon	$\ddot{O} \cdot \cdot \ddot{O}$	$\ddot{O} \begin{array}{c} / \\ \backslash \\ O=O \end{array}$	48
N_2O Distickstoffoxid (Lachgas)	$\ddot{N}=\ddot{N}=O$	$\ddot{N} \begin{array}{c} / \\ \backslash \\ N=N-O \\ \\ \downarrow \\ \\ N=N-\bar{O} \end{array}$	44
HCN Wasserstoffcyanid (Blausäure)	$H-C\equiv N$	$H-C\equiv N$	27

Abb. 1.5 Beispiele für Summen- und Strukturformeln sowie relativer Molekülmassen für einige wichtige chemische Verbindungen [L253]

abgebildet, lassen sich die Valenzelektronen durch Punkte darstellen. Diese Schreibweise wird jedoch schnell unübersichtlich. Es ist deshalb üblich, jeweils ein Elektronenpaar durch einen Strich darzustellen. In den Beispielen sind alle Elektronen, sowohl die bindenden als auch die freien, d. h. nicht an chemischen Bindungen beteiligten, Elektronenpaare gezeigt. Die Schreibweise kann auch weiter abgekürzt werden, indem nur die an den kovalenten Bindungen beteiligten Elektronenpaare gezeichnet werden.

K L I N I K

Distickstoffoxid N_2O ist auch unter dem Trivialnamen Lachgas bekannt. Es ist ein geruchloses, nicht brennbares und nahezu untoxisches Gas. Es zeigt eine starke analgetische Wirkung bei gleichzeitig schwacher narkotischer und fehlender muskelrelaxierender Wirkung. Lachgas findet als Inhalationsanästhetikum Anwendung.

Cyanidverbindungen ($-CN$) sind extrem giftig. Cyanwasserstoff, HCN, ist auch als Blausäure bekannt. Zyankali, KCN, ist das Kaliumsalz der Blausäure. Die Säure ist mit Wasser mischbar und hat in schwacher Konzentration einen leicht mandelartigen Geruch. Die Giftigkeit des Cyanidanions CN^- beruht darauf, dass es genau wie Kohlenmonoxid die Sauerstoffaufnahme am Hämoglobinmolekül blockiert. Darüber hinaus stört es einige enzymatische Reaktionen im Stoffwechsel.

C H E C K - U P

- Erkläre den Begriff Hybridisierung.
- Wann sind Kohlenstoffatome sp^2 -hybridisiert?

Jetzt bist du dran!**Überblick gewinnen**

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

1.3 Metallbindung

In **Metallen** ordnen sich die Atome in einem **Kristallgitter** an. Die Valenzelektronen sind delokalisiert, d.h., sie sind nicht mehr an ein bestimmtes Atom gebunden, sondern innerhalb des Kristallverbands frei beweglich. Die Beweglichkeit der Elektronen gleicht der der Moleküle eines Gases. Deshalb wird in diesem Zusammenhang auch von einem **Elektronengas** gesprochen. Die freie Beweglichkeit der Elektronen sorgt für die gute elektrische Leitfähigkeit der Metalle.

In reinen Kristallen der Halbmetalle Germanium und Silizium sind die Valenzelektronen bei Raumtemperatur noch gebunden. Erst bei Energiezufuhr werden sie in den energetisch höher liegenden Bereich des sog. Leitungsbands gehoben. Die Halbmetalle stellen deshalb die **Halbleiter** dar, die elektrischen Strom nur schlecht leiten und deren Leitfähigkeit bei steigender Temperatur zunimmt.

CHECK - UP

Wie unterscheiden sich Metalle und Halbleiter?

Jetzt bist du dran!**Überblick gewinnen**

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

1.4 Polare Moleküle und Wasserstoffbrückenbindung

Wenn die Schwerpunkte der positiven und negativen Ladungen in einem Molekül nicht zusammenfallen, trägt das Molekül ein **permanentes Dipolmoment** (\rightarrow Abb. 1.6).

Polare Moleküle können durch polarisierte Atombindungen (\rightarrow Abb. 1.3) oder durch Ionenbindungen entstehen. Ursache sind aber auch freie Elektronenpaare, die sich auf einer Seite des Atoms aufhalten und so zur Asymmetrie der Ladungsverteilung führen.

Einen elektrischen Dipol bildet das gewinkelt gebaute **Wasserstoffmolekül** (\rightarrow Abb. 1.7 li.). Die O–H-Atombindungen sind polar und zusätzlich trägt das Sauerstoffatom auf der von den Wassermolekülen abgewandten Seite noch zwei Elektronenpaare. Zwischen den Wassermolekülen wirken starke Kohäsionskräfte, bedingt durch die Anziehung zwischen der negativen Partialladung am Sauerstoffmolekül und den positiven Partialladungen des Wasserstoffs benachbarter Moleküle. Diese Bindung zwischen Molekülen wird **Wasserstoffbrückenbindung** genannt (\rightarrow Abb. 1.7 re.). Die Energie der Wasserstoffbrückenbindung liegt etwa bei 40 kJ/mol. Somit ist sie rund zehnmal schwächer als die intramolekularen Bindungsarten Atombindung oder Ionenbindung.

MERKE

Die starke gegenseitige Anziehung der Wassermoleküle ist für die besonderen physikalischen Eigenschaften des Wassers verantwortlich. Andere Stoffe vergleichbarer Molekülgröße und -masse, wie Methan oder Kohlendioxid, sind bei Raumtemperatur gasförmig. Verglichen mit diesen Stoffen besitzt H₂O einen wesentlich höheren Schmelz- und Siedepunkt.

- **Polar** gebaute Stoffe lösen sich gut in Wasser, sie sind **hydrophil**. Ionenverbindungen z.B. dissoziieren in wässriger Lösung: Die geladenen Pole der Wassermoleküle werden von den jeweils gegensätzlich geladenen Ionen im Kristallgitter angezogen. Auf diese Weise drängen sich die Wassermoleküle zwischen das Kristallgitter und brechen es auf. Sie umlagern die entstehenden Ionen und bilden eine **Hydrathülle** um sie herum, die sich zusammen mit den Ionen durch die Lösung bewegt.
- **Apolare** Substanzen sind dagegen nur schlecht oder überhaupt nicht wasserlöslich. Diese Stoffe werden **hydrophob** oder **lipophil** genannt. Hydrophobe Stoffe vermeiden den Kontakt mit



Abb. 1.6 Beispiele für polare Moleküle. Der Pfeil zeigt in Richtung des Dipolmoments von der positiven zur negativen Partialladung. [L253]

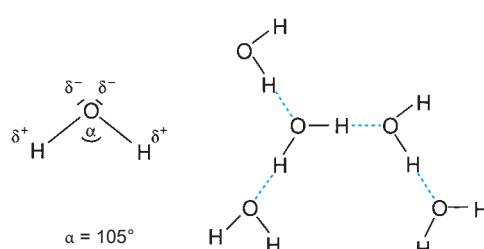


Abb. 1.7 Bau des Wassermoleküls (links) und Wasserstoffbrückenbindung zwischen einzelnen Wassermolekülen (rechts). [L253]

Wasser. Aus diesem Grund entsteht eine hydrophobe Wechselwirkung, wegen der sich in einem Öl-Wasser-Gemisch die Öl-moleküle zu kleinen Tröpfchen assoziieren.

M E R K E

Gleiches löst sich in Gleicherem. Salze und polare Stoffe lösen sich im polaren Wasser, Fettaugen hingegen schwimmen auf der Suppe.

Auch zwischen den polaren Teilbereichen größerer Moleküle bilden sich Wasserstoffbrückenbindungen aus. Die H-Brücken führen zu der für Makromoleküle spezifischen Sekundärstruktur.

M E R K E

Wasserstoffbrückenbindungen sind die Grundlage vieler Reaktionsmechanismen in der belebten Natur. Die beiden Stränge der DNA sind durch Wasserstoffbrückenbildung miteinander verbunden. H-Brücken sind auch Ursache für die Faltung von Proteinen. So kann sich die räumliche Struktur eines Enzyms stabilisieren, auf der seine katalytische Wirkung beruht.

In unpolaren Molekülen können durch Fluktuationen der Ladungsverteilung temporäre Dipole entstehen, die sich gegenseitig anziehen. Die Bindungsenergie dieser sog. **Van-der-Waals-Kräfte** ist mit ca. 10 kJ/mol nochmals deutlich geringer als die einer Wasserstoffbrückenbindung. Van-der-Waals-Kräfte halten z.B. die einzelnen Schichten von Graphit, der nur aus Kohlenstoffatomen besteht, zusammen.

C H E C K - U P

Welche biologische Bedeutung hat die Wasserstoffbrückenbindung?

Jetzt bist du dran!

Überblick gewinnen

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

1.5 Koordinative Bindung, Metallkomplexe

1.5.1 Koordinative Bindung

Zwischen einer positiven Partialladung an einer Stelle eines Moleküls und einem freien Elektronenpaar an einem anderen Molekül oder Atom wirken elektrostatische Anziehungskräfte. Diese führen zu einer **koordinativen Bindung**. Die koordinative Bindung stellt einen Sonderfall der Atombindung dar, bei dem die bindenden Elektronen ausschließlich von einem der Bindungspartner stammen.

Der Bindungspartner mit dem freien Elektronenpaar fungiert als **Elektronendonator**, der andere als **Elektronenakzeptor**. Elektronenakzeptoren sind z.B. Moleküle oder Ionen, denen noch Elektronen zum Erreichen ihrer Edelgaskonfiguration fehlen, oder allgemein Kationen, die sich an einem freien Elektronenpaar anlagern. Dies ist der Fall bei der Bindung der Wasserstoffionen im Hydroniumion H_3O^+ oder im Ammoniumion NH_4^+ ($>$ Abb. 1.8).

1.5.2 Metallkomplexe

In einem Metallkomplex ist ein **zentrales Ion** von mehreren koordinativ gebundenen **Liganden** umgeben, von denen die bindenden Elektronen stammen. Die Liganden können jeweils eine ($>$ Abb. 1.9) oder auch mehrere Bindungsstellen zum Zentralion ($>$ Abb. 1.10) aufweisen.

Als Zentralionen in Metallkomplexen treten besonders die **Kationen der Nebengruppenelemente** in Erscheinung. Sie versuchen auf diese Weise, Elektronenlücken in den *d*- und *f*-Orbitalen ihrer inneren Schalen zu füllen.

Es entsteht ein definierter **Komplex**, dessen Eigenschaften sich von denen der Ausgangsverbindungen unterscheiden.

In der Schreibweise wird der Metallkomplex in eckigen Klammern angegeben. Dem Zentralion nachgestellt sind Art und Anzahl der Liganden. Außerhalb der eckigen Klammer wird die Gesamtladung des Komplexes angegeben. So wird z.B. der Tetraminikupferkomplex geschrieben als: $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$.

Die Zahl der Bindungsplätze für Liganden am Zentralion ist die **Koordinationszahl** des Komplexes. Im genannten Beispiel ist sie 4.

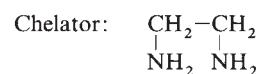
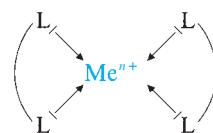
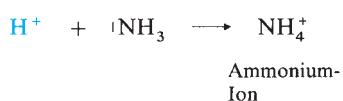
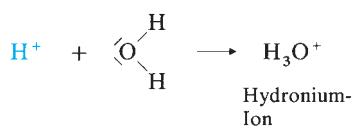
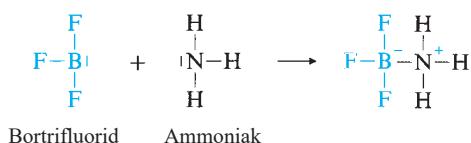
M E R K E

Die Koordinationszahl hängt von der Art der Liganden und der Elektronenkonfiguration des zentralen Ions ab. Sie steht aber in keinem Zusammenhang zur Ladung des Zentralions. Es sind Koordinationszahlen von 2 bis 12 bekannt. Am häufigsten sind die Koordinationszahlen 2, 4 und 6.

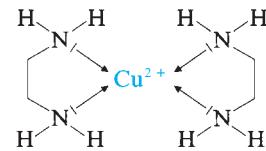
Die **Gesamtladung** eines Metallkomplexes ergibt sich aus der Summe der Ladungen seiner Bestandteile ($>$ Abb. 1.9).

- Bei ungeladenen Liganden ist sie gleich der Ladung des Zentralions.
- Sind die Liganden negativ geladen, können ihre Ladungen die des Zentralions teilweise oder ganz kompensieren oder auch übertreffen.

Es können somit neutrale Komplexe, Kationen oder Anionen entstehen. Anionische Komplexe bilden mit normalen Kationen Salze.



Ethylenediamin (en)
(1,2-Diaminoethan)



Bis(ethylenediamin)-
kupfer(II)-Komplex

Abb. 1.8 Beispiele für koordinative Bindungen [L253]

Abb. 1.10 Chelatkomplex mit zwei zweizähnigen Liganden: schematische Darstellung und Beispiel [L253]

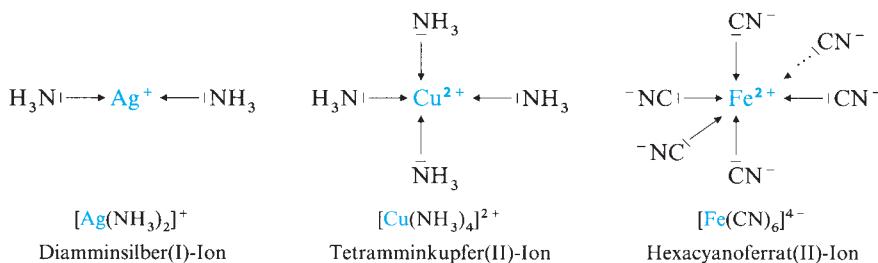


Abb. 1.9 Beispiele für Metallkomplexe mit einfach gebundenen Liganden [L253]

1.5.3 Chelatkoplexe

Wie oben erwähnt, kann ein Ligand auch mehrere Bindungsstellen zum zentralen Ion eines Komplexes besitzen. Ein solcher „mehrzähliger“ Ligand wird **Chelator** genannt (von griech. chele = Krebschere). Die entstandenen Komplexe heißen **Chelatkoplexe**. Chelatkoplexe sind wesentlich stabiler als Komplexe mit einzähnigen Liganden. Das Zentralion bildet mit dem Chelator

einen Ring (\rightarrow Abb. 1.10). Chelatkoplexe entstehen bevorzugt, wenn dieser Ring 5- oder 6-gliedrig ist. Ein solcher Ring ist nicht gespannt und daher besonders stabil.

Biochemisch sind die Kationen einiger Übergangsmetalle als Zentralionen in Chelatkoplexen von Bedeutung. \rightarrow Tab. 1.1 gibt die Koordinationszahlen wichtiger, biochemisch bedeutender Metallionen sowie Beispiele für ihr Vorkommen in Chelatkoplexen an.

Tab. 1.1 Wichtige Metallionen in Chelatkoplexen: Koordinationszahlen und Beispiele

Metallion	Koordinationszahl	Beispiel
Mg^{2+}	6	Chlorophyll (Photosynthese)
Ca^{2+}	6	Komplex mit EDTA (Blutgerinnung)
$\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}$	6	Hämoglobin (Sauerstofftransport)
$\text{Co}^{2+}, \text{Co}^{3+}$	6	Cobalamin (Vitamin B ₁₂)
Cu^{2+}	4	D-Penicillamin-Komplex (Entgiftung)
Zn^{2+}	4	Alkoholdehydrogenase; Strukturstabilisierung von Insulin; Carboanhydrase (Atmung)

Jetzt bist du dran!

Zeichenaufgabe

Zeichne die verschiedenen Doppel- bzw. Dreifachbindungen, die z. B. Kohlenstoff eingehen kann, als Strukturformel und in ihrer Orbitalform.

Zeichne zusätzlich die Energieniveaus der Orbitale. Wie sind die Elektronen verteilt?

Anregungen zur weiteren Wiederholung

Erstelle eine Mindmap zu jeder Bindung und verknüpfe je 5 knappe Eckpunkte mit ihr, wie z. B. Polarität, Bindungslänge, ggf. Bindungswinkel, Sp-Hydridisierung. Ergänze, was du noch für wichtig erachtst.

Zeichne das Häm-b-Molekül aus Hämoglobin, du wirst es im Examen ggf. erkennen müssen. Überlege dir anhand deiner Zeichnung, wie Sauerstoff gebunden wird.

Überblick gewinnen

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

Die Bände der Reihe „Vorklinik Finale“

