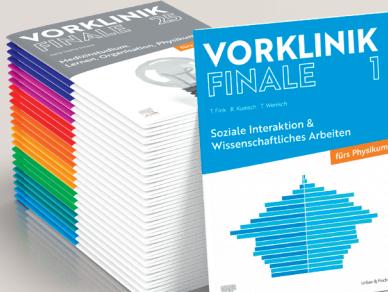
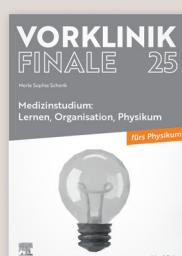
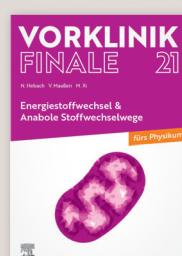


VORKLINIK FINALE

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:

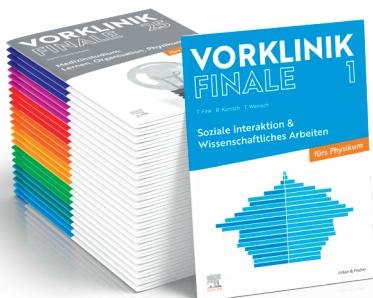
- Zur Vorbereitung auf das Physikum findest du in Heft 1–24 alle relevanten Inhalte inkl. Lernhilfen.
- Kleine Lerneinheiten in Heften, die du rasch abhaken kannst. Das hält die Motivation oben!
- Heft 25 gibt dir Tipps für den Start ins Medizinstudium und fürs Lernen, und enthält Lern- und Kreuzpläne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

Henrik Holtmann, Christoph Jaschinski, Thomas Wenisch

Vorklinik Finale 5

Zellbiologie, Allgemeine Histologie & Mikrobiologie

1. Auflage

Unter Verwendung von Inhalten von:
Björn Jacobi



Inhaltsverzeichnis

1	Zellen, Organellen	1	4	Zellzyklus, Zellteilung, Zelltod	29
1.1	Die Zelle	1	4.1	Zellzyklus und Zellteilung	29
1.2	Die Zellmembran	3	4.2	Mitose	30
1.3	Der Zellkern	5	4.3	Apoptose	32
1.4	Zytoplasma, Zytosol	7			
1.5	Die Ribosomen	7	5	Histologische Methoden und allgemeine Gewebelehre	35
1.6	Das endoplasmatische Retikulum	8		Mikroskopie	35
1.7	Der Golgi-Apparat	9	5.1		
1.8	Lysosomen	10	6	Gewebe	39
1.9	Peroxisomen	10	6.1	Allgemeine Gewebelehre	39
1.10	Mitochondrien	11	6.2	Epithelgewebe	40
1.11	Das Zytoskelett	12	6.3	Exokrine und endokrine Drüsen	42
1.12	Übersicht der Zellorganellen menschlicher Zellen	15			
2	Transportprozesse	17	7	Mikrobiologie	47
2.1	Stoffmenge und Konzentration	17	7.1	Morphologische Grundformen der Bakterien	47
2.2	Osmose	17	7.2	Die Bakterienzelle	47
2.3	Stofftransport	18	7.3	Bakterienwachstum	50
2.4	Exo- und Endozytose	22	7.4	Pilze	51
2.5	Intrazellulärer Transport	23	7.5	Viren	51
			7.6	Prionen	52
3	Signaltransduktion	25		Register	54
3.1	Signalmoleküle	25			
3.2	Signalrezeptoren	25			
3.3	Signalkaskaden	26			

1

Zellen, Organellen

1.1 Die Zelle

Thomas Wenisch



Die Zelle ist das kleinste selbstständig reproduktionsfähige biologische System.

Im Laufe der Evolution haben sich einzelne Zellen zu größeren Organismen zusammengeschlossen. In höheren Organismen nehmen die Zellen jeweils spezialisierte Aufgaben wahr. Entsprechend ihren Funktionen differenzieren sie sich zu den Zellen spezieller Gewebe und Organe.

1.1.1 Pro- und Eukaryoten

MERKE

Es existieren zwei grundsätzlich verschiedenen aufgebaute Zellformen, nach denen alle Organismen in zwei Gruppen eingeteilt werden (> Tab. 1.1):

- Prokaryoten
- Eukaryoten

Pro- bzw. Eukaryot leitet sich vom griechischen „**karyon**“ für **Kern** ab. Das „Pro“ in Prokaryont steht für vor. Das griechische „Eu“ steht für echt, d. h., die Eukaryoten besitzen einen „echten“ Zellkern.

In der Literatur werden auch die Bezeichnungen **Eukaryonten** und **Prokaryonten** verwendet. Die Zellen dieser Organismen werden als **Eukaryozyten** oder kurz **Euzyten** bzw. als **Prokaryozyten** oder auch **Prozyten** bezeichnet.

Merkmale der Eukaryozyten sind:

- Ein von einer Membran umschlossener Zellkern.
- Das Innere der Zelle ist durch die Membranen des endoplasmatischen Retikulums in Kompartimente aufgeteilt.
- Charakteristische Zellorganellen, z. B. Mitochondrien, sind vorhanden.

Prokaryozyten sind einfacher aufgebaut:

- Sie besitzen keinen Zellkern.
- Das Innere der Zelle ist weniger unterteilt.
- Endoplasmatisches Retikulum und Zellorganellen sind nicht vorhanden.

Zu den Eukaryoten gehören alle höheren mehrzelligen Lebewesen, Pflanzen sowie Pilze. Somit handelt es sich bei allen menschlichen Zellen um Euzyten. Der Durchmesser der Euzyten liegt zwischen 5 und 100 µm.

Die Prokaryoten umfassen im weiteren Sinne alle Arten von Bakterien. Der Durchmesser von Bakterien liegt in der Regel zwischen 1 und 5 µm. Euzyten sind damit etwa 10-mal größer als Prozyten und besitzen das 1000-fache Volumen.

Endosymbiontentheorie Zunächst entwickelten sich in der Evolution die Prokaryoten. Dann sind aus diesen die Eukaryoten entstanden. Nach der Endosymbiontentheorie haben einige Prokaryoten andere Einzeller angegriffen, umschlossen und in ihr Inneres aufgenommen. Einige der aufgenommenen Zellen haben als Symbionten im Zellinneren weiterexistiert und sich dort zu an spezifische Aufgaben angepassten Zellorganellen entwickelt.

> Abb. 1.1 zeigt eine verallgemeinerte Darstellung einer Eukaryotenzelle. Nicht alle der gezeigten Strukturelemente sind in jeder Zelle vorhanden. In einem höheren Organismus haben sich die Zellen entsprechend ihren Aufgaben differenziert und unterscheiden sich oft stark in ihrer äußereren Gestalt. Die Größe der Zellen kann deshalb stark von den in > Tab. 1.1 angegeben Werten abweichen.

Nachfolgend einige Beispiele für den in > Abb. 1.1 gezeigten Zelltyp:

- Die Zellen der Leber sind relativ groß, etwa 20–30 µm.
- Besonders stoffwechselaktive Zellen sind häufig polyploid, d. h. sie besitzen ein Mehrfaches des kompletten Chromosomensatzes. Etwa die Hälfte der Hepatozyten ist polyploid.
- Die Erythrozyten (roten Blutkörperchen) besitzen keinen Zellkern. Sie haben die bikonkavé äußere Form einer abgeflachten und in der Mitte etwas eingedellten Scheibe. Ihr Durchmesser beträgt 7,5 µm.
- Muskelzellen haben eine lang gestreckte, spindelförmige Gestalt. Die Fasern der glatten Muskulatur haben eine Länge von etwa 0,05–0,5 mm und jeweils einen Zellkern pro Muskelzelle. Die Fasern der quer gestreiften Muskulatur erreichen eine Länge bis zu 15 cm und besitzen mehrere Zellkerne.
- Die Gestalt der Neuronen ist besonders auffällig: Aus dem Zellkörper der Nervenzelle gehen zahlreiche baumartige Verzweigungen hervor, die Dendriten und eine lange, fortleitende Faser, das Axon. Die Axone können eine Länge von über einem Meter erreichen.

Tab. 1.1 Unterschiede zwischen prokaryotischer und eukaryotischer Zelle

	Prozyte	Euzyte
Zellkern	Keiner	Durch Kernmembran von der übrigen Zelle abgegrenzter Zellkern
Chromosomen	Ein ringförmiges „Bakterienchromosom“	Mehr als ein Chromosom im Zellkern
Zellorganellen	Keine	Vorhanden
Durchmesser	~ 1–5 µm	~ 5–100 µm

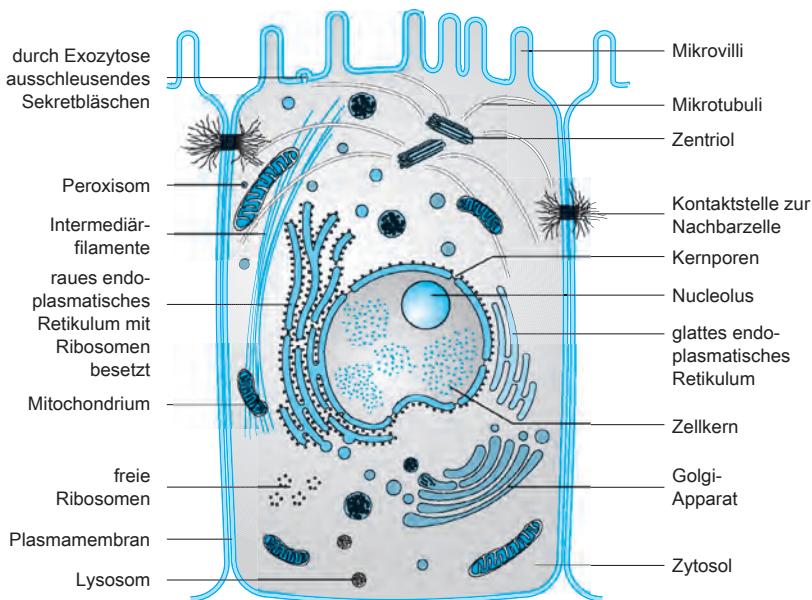


Abb. 1.1 Die Eukaryotenzelle [L253]

1.1.2 Strukturelemente der Zelle

Die Zelle wird durch eine **Zellmembran** umhüllt, die den Zellleib, das sog. **Zytosom**, gegen die äußere Umgebung abgrenzt. Die Zellmembran ist selektiv für einzelne Stoffe durchlässig und ermöglicht somit den ständigen Stoffaustausch zwischen der Zelle und ihrer Umgebung.

Der Bereich zwischen der Zellmembran und dem Zellkern wird vom Zytoplasma ausgefüllt. Das Verhältnis der Volumina von Zellkern und Zytoplasma wird als **Kern-Plasma-Relation** bezeichnet. Die Kern-Plasma-Relation ist abhängig vom jeweiligen Zelltyp, sie liegt meist zwischen 1 : 7 und 1 : 10.

Das Zytoplasma enthält weitere Strukturelemente, die Organellen genannt werden. Sie erfüllen spezielle Funktionen. Systeme von Membranen grenzen einzelne Kompartimente des Zytoplasmas gegeneinander ab, sodass verschiedene Stoffwechselprozesse gleichzeitig ablaufen können.

In der Zytologie ist folgende Nomenklatur üblich: Der Zellleib, das Zytosom, ohne äußere Membran und unter Ausschluss extrazellulärer Produkte wie Knochen oder Knorpelsubstanz wird **Protoplasm** genannt. Wird daraus der Zellkern entfernt, bleibt das **Zytoplasma** übrig, das noch die Zellorganellen enthält. Ohne die Zellorganellen verbleibt als Grundsubstanz das **Zytosol**. Die Strukturelemente der Zelle lassen sich einteilen in:

- Zellkern
- Membranöse Organellen
 - Zellmembran
 - Endoplasmatisches Retikulum
 - Mitochondrien
 - Lysosomen
 - Peroxisomen
 - Golgi-Apparat

- Nichtmembranöse Organellen
 - Ribosomen
 - Mikrofilamente
 - Mikrotubuli
 - Zentriolen
- Fakultative Organellen
 - Zilien
 - Geißeln (Flagellen)

C H E C K - U P

- Worin unterscheiden sich Prozyten und Euzyten?
- Was besagt die Endosymbiotentheorie?
- Erkläre die Begriffe Protoplasm, Zytoplasma und Zytosol.
- In welche Klassen lassen sich die Strukturelemente einer Zelle einteilen?

Jetzt bist du dran!

Überblick gewinnen

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

1.2 Die Zellmembran

Thomas Wenisch



1.2.1 Aufbau

Die Zellmembran (Plasmamembran, Plasmalemma) grenzt die Zelle nach außen ab. Sie ist eine selektive Barriere, die die Zelle schützt, die Ausbildung eines Ionengradienten zwischen dem Inter- und Extrazellularraum ermöglicht sowie die Aufnahme von Nährstoffen und Abgabe von Stoffwechselprodukten erlaubt.

MERKE

Die Grundstruktur der Zellmembran bildet eine Doppelschicht aus amphiphatischen Lipidmolekülen, den **Phospholipiden** und **Glykolipiden**.

Den Hauptanteil bilden die **Phospholipide**. Ihr Verhalten ist amphiphatisch. Sie besitzen eine hydrophile Kopfgruppe, bestehend aus Phosphat und Cholin, und zwei hydrophobe, durch Kohlenwasserstoffketten gebildete Schwänze.

In wässrigem Milieu lagern sich die Phospholipide mit einander zugewandten hydrophoben Schwänzen zu einer Doppelschicht zusammen (► Abb. 1.2). Die hydrophilen Kopfregionen zeigen zu beiden Seiten in das wässrige Milieu. Die Dicke dieses Bilayers beträgt etwa 6–10 nm.

Eingelagert in die Membran sind **Glykolipide**, bestehend aus Fettsäureketten und hydrophilen Oligosaccharidketten mit 1–15 Zuckern.

MERKE

Die Zellmembran ist asymmetrisch aufgebaut: Die Glykolipide sind nur in die äußere Schicht der Membran eingelagert und die Zuckerstrukturen sind immer zur Außenseite der Zelle gerichtet.

Die Moleküle der Plasmamembran sind gegeneinander verschieblich. Die Membran verhält sich ähnlich wie eine zähe Flüssigkeit. Dies wird mit dem Begriff **Fluid-Mosaic-Model** beschrieben.

In die Plasmamembran sind **Membranproteine** eingelagert, die in die Membran eintauchen oder sie ganz durchringen können. Die Membranproteine sind innerhalb der Membran verschiebbar. Auf der extrazellulären Seite sind die Membranproteine häufig glykoliert.

Membranen eukaryotischer Zellen enthalten einen hohen Anteil an **Cholesterin**. Die zwischen den Phospholipidmolekülen eingelagerten Cholesterinmoleküle sind für die Stabilisierung der Membranfluidität verantwortlich.

Die Membranlipide und -proteine werden im **endoplasmatischen Retikulum** synthetisiert und im **Golgi-Apparat** modifiziert.

1.2.2 Glykokalix

Die Glykokalix bildet eine Schicht verschiedener Polysaccharide, die die **Außenseite der Zelle** überzieht (► Abb. 1.3). Sie ist art- und zellspezifisch.

Die Bestandteile der Glykokalix wirken als Antigene. Ein Beispiel für die Zellerkennung aufgrund der Merkmale der Glykokalix sind die Blutgruppenantigene.

1.2.3 Membranproteine

Spezielle Aufgaben der Zellmembran werden durch die darin eingelagerten Proteine bestimmt (► Abb. 1.3). **Periphere Proteine** lagern sich an der Innen- oder Außenseite der Membran meist an andere Membranproteine an. **Integrale Proteine**, die in die Membran eingelagert sind, besitzen hydrophobe Bereiche, mit denen sie in die Membran eintauchen und hydrophile Regionen, die an einer oder zu beiden Seiten aus der Membran herausragen.

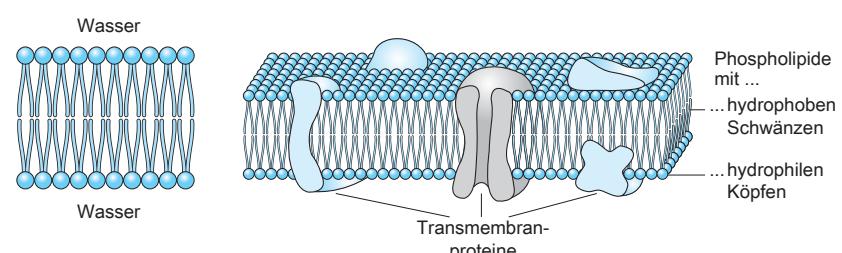


Abb. 1.2 Künstliche Lipiddoppelschicht (li.) und das Fluid-Mosaic-Modell einer Biomembran mit in die Doppelschicht eingelagerten Membranproteinen (re.) [L253]

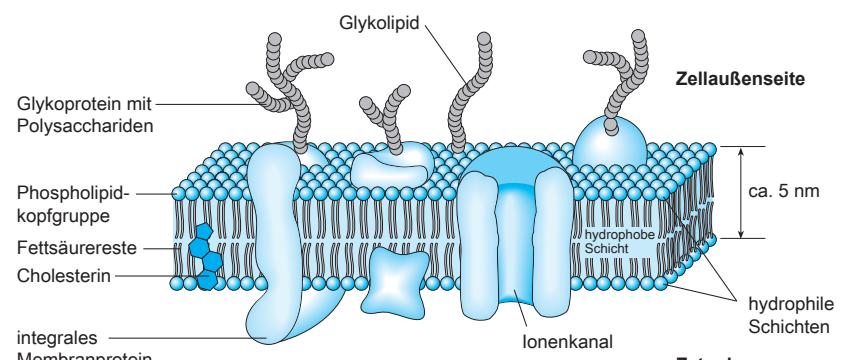


Abb. 1.3 Feinstruktur der Plasmamembran einer tierischen Zelle [L106]

Funktionen der Membranproteine sind:

- **Verbindung** zu Zytoskelett und extrazellulärer Matrix.
- **Transport:** Ein Transmembranprotein kann einen hydrophil Kanal durch die Membran bilden. Der Kanal ist selektiv für bestimmte Substanzen durchlässig.
- **Enzymaktivität:** Membranproteine können als Enzyme fungieren. Das aktive Zentrum des Proteins ist zum benachbarten wässrigen Milieu hin gerichtet. Häufig fungieren unterschiedliche, nahe beieinanderliegende Membranenzyme als Multienzymkomplex, der mehrere aufeinanderfolgende Schritte eines Stoffwechselwegs katalysiert.
- **Signalübertragung:** Einige Proteine fungieren als ligandenabhängige Rezeptoren, z. B. für Hormone.
- **Zellerkennung:** Glykoproteine dienen als spezifische Merkmale, die von anderen Zellen erkannt werden.
- **Zellverbindung:** Verbindungen der Membranproteine benachbarter Zelle stellen verschiedene Arten von Zellkontakte her.

1.2.4 Membrankontakte

In mehrzelligen Organismen verbinden sich Zellen zu größeren funktionsfähigen Komplexen. Es werden die in > Abb. 1.4 schematisch dargestellten Zellverbindungen unterschieden:

- **Tight Junction** dienen zur Abdichtung der Zellen des Epithelgewebes.
- **Gap Junction** ermöglichen über kleine Kanäle interzelluläre Kommunikation.
- **Desmosomen** stellen eine punktförmige Haftverbindung zwischen Zellen dar.

Intrzellulärer Spalt Normalerweise sind die Zellen eines Gewebeverbands durch einen etwa 10–20 nm breiten interzellulären Spalt voneinander getrennt.

Zonula adhaerens Als Zonula adhaerens wird ein Bereich bezeichnet, in dem die Zellen über eine klebstoffartige Wirkung der interzellulären Substanz mechanisch fest miteinander verbunden sind, aber trotzdem ein kleiner interzellulärer Spalt verbleibt.

Tight Junction Tight Junctions (Zonulae occludentes, Verschlusskontakt) sind gürtelförmige Nähte um die Zelle, an denen die Membranen benachbarter Zellen sozusagen „verschmelzen“.

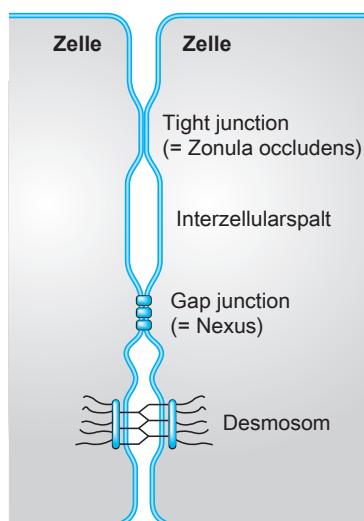


Abb. 1.4 Zell-Zell-Kontakte tierischer Zellen: Tight Junction, Gap Junction und Desmosom [L253]

Epithelzellen von Dünndarm, Blase, Niere und der Gehirngefäße sind auf diese Weise miteinander verbunden. Die Abdichtung verhindert, dass Extrazellulärflüssigkeit zwischen den Zellen hindurch an die Oberfläche des Epithels austritt. Tight Junctions werden durch Transmembranproteine wie **Claudine** oder **Occulin** gebildet.

Gap Junction Gap Junctions (Nexus, Kommunikationskontakt) koppeln die Zellen elektrisch und metabolisch. Durch die direkte Kommunikation werden Signale zwischen den Zellen besonders schnell übertragen. Das Membranprotein **Connexin** bildet einen innen hohlen, transmembranen Zylinder. Diese röhrenförmigen Poren erlauben den Durchtritt von Salzen, Zuckern, Aminosäuren und anderen kleinen Molekülen bis zu einem Molekulargewicht von etwa 2000 Dalton.

Desmosomen Desmosomen (Maculae adhaerens) sind punktförmige Haftverbindungen in Geweben, die stärkerer mechanischer Beanspruchung ausgesetzt sind. Der Interzellulärspalt ist an diesen Stellen mit 25 nm etwas verbreitert und die Zellmembran beinhaltet transmembranöse Proteine: **Desmogleine** und **Desmocolline**. An den Desmosomen sind mittels des Proteins **Desmoplakin** Intermediärfilamente aus Keratin verankert, die eine Verbindung zum Zytoskelett herstellen.

Hemidesmosomen Hemidesmosomen haben die äußere Form eines halben Desmosoms, sie sind aber aus anderen Proteinen aufgebaut. Hemidesmosomen heften die Zellen an eine extrazelluläre Matrix, z. B. die **Zellen eines Epithels an die Basalmembran**.

1.2.5 Transportmechanismen

Bei der **Diffusion** durchdringen Moleküle die Zellmembran entlang eines Konzentrationsgefälles. Die Lipiddoppelschicht der Zellmembran ist durchlässig für kleine ungeladene Moleküle wie H_2O oder CO_2 , aber auch für hydrophobe fettlösliche Moleküle, z. B. Steroidhormone.

Bei der **gerichteten Diffusion** sind die Moleküle an einen Carrier gebunden und werden zusammen mit diesem durch die Membran transportiert. Dieser Vorgang tritt in der Zelle mit oder ohne ATP-Verbrauch auf.

Für geladene Moleküle oder Makromoleküle ist die Zellmembran dagegen undurchlässig. Hier sind für den Transport spezielle **Membrantransportproteine** notwendig:

- Im einfachsten Fall bildet ein Kanalprotein eine Art Tunnel.
- Carrier-Moleküle binden Ionen oder Moleküle und transportieren sie durch die Membran.

Passiver Transport Beim passiven Transport diffundieren niedermolekulare Verbindungen wie Zucker und Aminosäuren ohne Energieverbrauch durch einen Transportkanal.

Aktiver Transport Der aktive Transport erfolgt gegen einen Konzentrationsgradienten und erfordert daher Energie. Die notwendige Energie wird durch Hydrolyse von ATP oder auch durch Co-Transport entlang eines Gradienten gewonnen. Beispiel für den aktiven Transport ist die Na^+/K^+ -Pumpe. Die Energie der ATP-Hydrolyse wird benutzt, um Na^+ gegen das Konzentrationsgefälle aus der Zelle heraus- und K^+ hineinzubefördern.

C H E C K - U P

- Beschreibe den Aufbau der Zellmembran.
- Was beschreibt das Fluid-Mosaic-Model?
- Was ist die Glykokalix?
- Welche Funktionen erfüllen die Membranproteine?
- Welche Arten von Zell-Zell-Kontakten kennst du? Welche Funktionen erfüllen sie und wie sind die Kontaktstellen aufgebaut?
- Welche Transportmechanismen kennst du?

Jetzt bist du dran!**Überblick gewinnen**

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

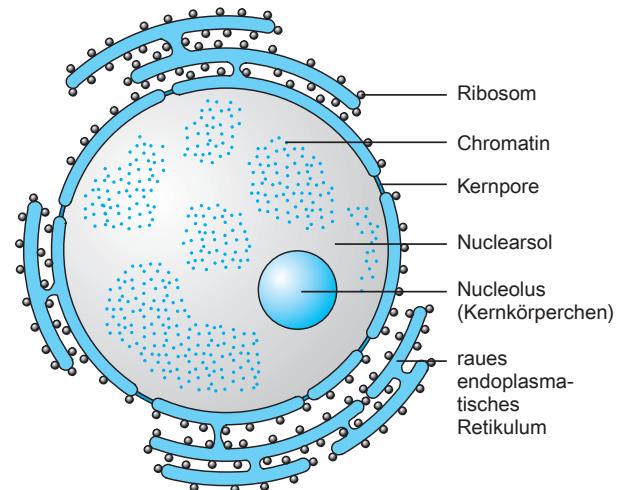


Abb. 1.5 Der Zellkern mit dem endoplasmatischen Retikulum [L253]

plasmatischen Retikulums (ER) über. Sie ist wie die Membran des rauen endoplasmatischen Retikulums (rER) mit Ribosomen besetzt.

Der Raum zwischen beiden Membranen der Kernhülle beträgt etwa 20–40 nm. Er wird als **Perinuklearzisterne** bezeichnet und steht direkt mit den Hohlräumen des endoplasmatischen Retikulums in Verbindung.

Die Kernhülle weist **Kernporen** mit einem Durchmesser von etwa 100 nm auf. Die Kernporen werden von Proteinkomplexen gebildet. Innere und äußere Kernmembran gehen an den Rändern der Kernporen ineinander über. Der Durchmesser der zentralen Pore beträgt etwa 40 nm. Die Innenseite der Kernhülle ist von der **Kernlamina**, einem netzartigen Geflecht von Proteinfasern bedeckt.

Über die Poren der Kernhülle können kleine wasserlösliche Moleküle zwischen Zytoplasma und dem Karyoplasma diffundieren. Für Makromoleküle existieren selektive, aktive Transportmechanismen.

Die Proteine des Karyoplasmas stammen alle aus dem Zytoplasma. Die direkte Verbindung zwischen dem Kern und den Kanälen des endoplasmatischen Retikulums ermöglicht den schnellen Transport von am ER synthetisierten Proteinen in den Kern. Enzyme zur Nukleinbiosynthese wie DNA- und RNA-Polymerasen sowie Histone zur Strukturierung neusynthetisierter DNA werden in den Kern transportiert. Aus dem Kern heraus werden RNA und neugebildete Ribosomenuntereinheiten transportiert.

1.3 Der Zellkern

Thomas Wenisch



1.3.1 Lokalisation und Funktion

M E R K E

Im **Nucleus** (Zellkern, > Abb. 1.5) befindet sich die genetische Information der Zelle. Dort ist die Hauptmenge der DNA lokalisiert. Außerhalb des Zellkerns ist DNA nur noch in den Mitochondrien, bei Pflanzen in den Chloroplasten zu finden.

Im Zellkern finden die Replikation und die Transkription der DNA statt.

Der Durchmesser des Zellkerns der Eukaryontenzelle beträgt **etwa 5 µm**. In der Regel hat jede Zelle einen Zellkern. Eine Ausnahme bilden die reifen Erythrozyten, die keinen Zellkern mehr aufweisen. Einige Zellen sind mehrkernig, das betrifft Leberzellen, manche Nervenzellen sowie die Fasern der Skelettmuskulatur und die knochenabbauenden Osteoklasten. Durch Fusion von Einzelzellen entstandene mehrkernige Einheiten werden als **Synzytium** bezeichnet.

Der Inhalt des Zellkerns wird als **Karyoplasma** bezeichnet. Das Kerninnere ist vom Zytoplasma durch eine **Kernhülle** getrennt.

1.3.2 Die Kernhülle

Die Kernhülle ist eine Doppelmembran. Jede Membran besteht aus einer Lipiddoppelschicht mit darin eingelagerten Proteinen. Die äußere Kernmembran geht in das Membransystem des endo-

M E R K E

Die Kernhülle trennt die aufeinanderfolgenden Prozesse Transkription und Translation der Proteinbiosynthese räumlich voneinander. Diese Trennung ermöglicht eine posttranskriptionelle Modifizierung der angefertigten RNA.

Kernlokalisierungssignale Kernlokalisierungssignale sind Aminosäuresequenzen in Proteinen, die den aktiven Transport des Proteins in den Zellkern vermitteln. Modifikationen dieser Kernlokalisierungssignale, etwa durch Phosphorylierung, können den aktiven Kerntransport unterbinden. Die Proteine verbleiben dann im Zytoplasma, wo sie unter Umständen andere Funktionen ausüben. Durch die unterschiedliche Lokalisationen und Funktionen einiger Proteine findet eine Signalübermittlung zwischen Zytoplasma und dem Zellkern statt.

1.3.3 Der Nucleolus

Der Nucleolus (Kernkörperchen) ist ein Bereich im Zellkern, der große DNA-Schleifen enthält. Er besitzt keine eigene Membranhülle. Nach Färbung ist er im Lichtmikroskop im Inneren des Zellkerns erkennbar.

Im Nucleolus wird ribosomale RNA mit hoher Geschwindigkeit transkribiert. Die gebildete rRNA assoziiert mit aus dem Zytosplasma kommenden ribosomalen Proteinen zu Vorstufen der Ribosomen-Untereinheiten.

Der Nucleolus bildet sich an charakteristischen Stellen der Chromosomen, den sog. **Nucleolus Organizer Regions** (NOR), die Cluster von Genen ribosomaler RNA enthalten.

Es können, abhängig von der Organismenart und dem Entwicklungsstadium der Zelle, mehrere Nucleoli existieren. Die Nucleoli werden während der Zellteilung aufgelöst und danach wieder neu gebildet. In der Mitose sind die **Nucleolus Organizer Regions** als sekundäre Einschnürungen an den Chromosomen zu erkennen. Sie finden sich an den **akrozentrischen Chromosomen** 13, 14, 15, 21 und 22.

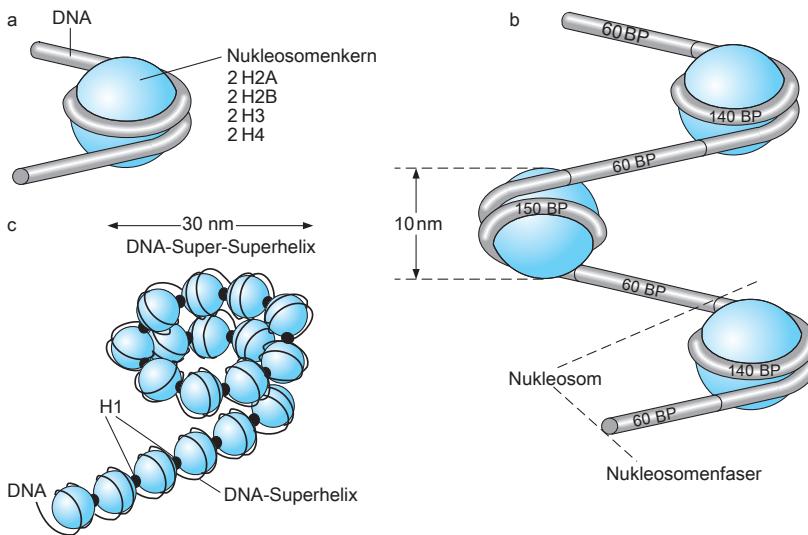
1.3.4 Das Chromatin

Die DNA ist in Form von Chromatin organisiert. Nur während der Zellteilung verdichtet sich das Chromatin, sodass getrennte Strukturen, die Chromosomen, unterscheidbar werden.

Das Chromatin besteht aus der DNA und darin eingelagerten basischen Proteinen, den **Histonen**.

Es werden 5 Histonarten unterschieden: H1, H2A, H2B, H3 und H4. Je zwei Untereinheiten H2A, H2B, H3 und H4 bilden ein Oktamer, dessen kugelförmige Quartärstruktur zwei umlaufende Rillen aufweist. In diese Rillen legt sich ein DNA-Strang von 140 Basenpaaren (bp) Länge. Der Faden läuft dann 60 bp weiter, bevor er auf die nächste Histonkugel aufgespult wird (> Abb. 1.6a).

So entsteht ein perlschnurartiges Gebilde. Seine kleinste Einheit ist das Nukleosom, das aus einem DNA-Faden von insgesamt 200 bp Länge und den Histonen H2A, H2B, H3 und H4 besteht (> Abb. 1.6b). Zwischen den Nukleosomen lagern sich die H1-Histone an.



Durch nochmalige Spiralisierung entsteht eine **DNA-Superhelix** und daraus eine Super-Superhelix (> Abb. 1.6c).

Man unterscheidet zwischen Euchromatin und Heterochromatin. Das locker verteile **Euchromatin** ist weitgehend entspiralisiert. An diesen aktiven Bereichen des Genoms wird die Erbinformation transkribiert. Das dichter gepackte **Heterochromatin** kann nicht abgelesen werden und wird deshalb als inaktives Genmaterial bezeichnet.

CHECK-UP

- Beschreibe den Aufbau des Zellkerns und der Kernlamina.
- Welche Funktion haben die Kernporen?
- Was geschieht im Nucleolus?
- Was versteht man unter NOR, an welchen Chromosomen sind sie zu finden?
- Beschreibe den Aufbau des Chromatins.
- Was sind Histone?

Jetzt bist du dran!

Überblick gewinnen

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

Abb. 1.6 a Aufbau des Chromatins: Nukleosom mit Histontkugel und herumgewundenem DNA-Strang, b perlschnurartige Nukleosomenkette, c DNA-Superhelix und Super-Superhelix [L253]

Die Bände der Reihe „Vorklinik Finale“

