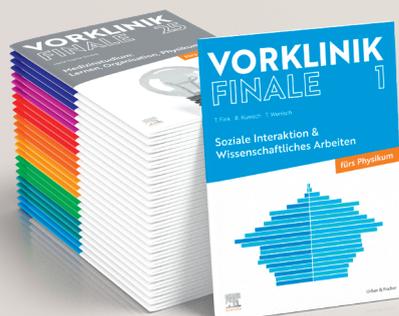
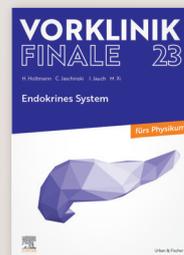
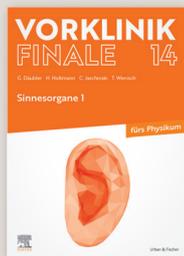


VORKLINIK FINALE

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 Organsystemen 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:

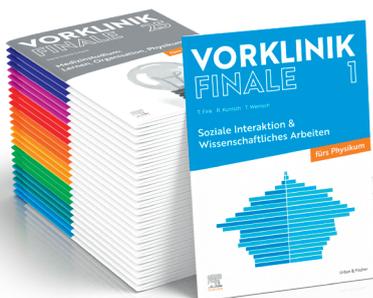
- Zur Vorbereitung auf das Physikum findest du in Heft 1–24 alle relevanten Inhalte inkl. Lernhilfen.
- Kleine Lerneinheiten in Heften, die du rasch abhaken kannst. Das hält die Motivation oben!
- Heft 25 gibt dir Tipps für den Start ins Medizinstudium und fürs Lernen, und enthält Lern- und Kreuzpläne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

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

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 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 6 Molekularbiologie, Meiose & Embryologie		
1	Enzyme	Biochemie
2	DNA-Replikation und -Transkription	Biochemie
3	Translation und Proteinprozessierung	Biochemie
4	Biochemische Verfahren	Biochemie
5	Vererbungslehre	Biologie

6	Meiose und Entwicklung der Gameten	Biologie, Biochemie, Anatomie
7	Embryologie	Anatomie

Heft 7 Bewegungsapparat 1		
1	Allgemeine Anatomie	Anatomie
2	Binde- und Stützgewebe	Biochemie, Histologie
3	Obere Extremität	Anatomie

Heft 8 Bewegungsapparat 2		
1	Untere Extremität	Anatomie
2	Leibeswand	Anatomie

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 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	Somato-viszerale 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 Hautanhangsgebilde

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 Hypothalamus-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 Somatoviszzerale 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 Hypothalamus-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 Spurenelemente
- 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 einzuordnen.
- 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:

 **Physik, Physiologie**

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.

Franziska Breidt, Henrik Holtmann, Christoph Jaschinski,
Fabian Rengier

Vorklinik Finale 18

Blut und Immunsystem

1. Auflage

Unter Verwendung von Inhalten von:
Fabian Bock, Björn Jacobi



Inhaltsverzeichnis

1	Blut und Blutplasma	1	3	Thrombozyten, Hämostase und Fibrinolyse ...	15
1.1	Knochenmark	1	3.1	Thrombozyten	15
1.2	Blutzellbildung	2	3.2	Hämostase	16
1.3	Blut	3	3.3	Fibrinolyse	18
1.4	Blutplasma	4			
2	Erythrozyten, Hämoglobin und Sauerstofftransport	7	4	Leukozyten und Immunsystem	21
2.1	Erythrozyten	7	4.1	Immunsystem	21
2.2	Hämoglobin und Sauerstofftransport	11	4.2	Unspezifische Abwehrmechanismen	25
			4.3	Primäre lymphatische Organe	27
			4.4	Sekundäre lymphatische Organe	29
			4.5	Spezifische Abwehrmechanismen	33
				Register	40

1

Blut und Blutplasma

1.1 Knochenmark

Henrik Holtmann

Histologie, Physiologie

Das Knochenmark füllt die inneren Hohlräume aller Knochen des menschlichen Körpers aus und steht über **Aa. nutriciae** mit dem Blutkreislauf in Verbindung. Das Grundgerüst des Knochenmarks ist aus Retikulumzellen aufgebaut, die in retikuläres Bindegewebe eingebettet sind. Bei den **Retikulumzellen** wird zwischen fibroblastischen und fettbeladenen Zellen unterschieden. In den weiten Räumen des hämatopoetisch aktiven **roten Knochenmarks** findet zwischen den **fibroblastischen Retikulumzellen**, eingebettet in das Stroma aus retikulärem Bindegewebe, die Hämatopoese statt. **Fettbeladene Retikulumzellen** dienen als Platzhalter und schaffen bei erhöhtem Bedarf an Blutzellen durch Abgabe des Speichersfettes Raum für die Hämatopoese. Sie dominieren im **gelben Mark**, das nicht in die Blutzellbildung involviert ist. Fettbeladene Retikulumzellen sind **keine** Adipozyten!

MERKE

Phasen der Hämatopoese: In den ersten 12 EW findet sie im Dottersackmesenchym statt (**mesoblastische Periode**). Ab der 8. EW wird die Blutzellbildung zunehmend in die Leber verlagert (**hepatische Periode**), ab der 16. EW findet sie parallel zur Leber auch in Milz und Thymus statt (hepatolineale Periode). Ab der 24. EW findet sie dann fast ausschließlich nur noch in Knochenmark und Milz statt (**lienomyelo-poetische Periode**) und schließlich nur noch im Knochenmark (**myelo-poetische Phase**; mit Ausnahme der T-Lymphozyten).

Die Verteilung von rotem und gelbem Mark ist altersabhängig verschieden. Beim Kind füllt das rote Mark alle Knochen aus, mit zunehmendem Alter nur noch bestimmte Knochen, z.B. Beckenkamm, Brustbein sowie proximaler Oberarm- und Oberschenkelknochen.

Weitere generelle Bestandteile des Knochenmarks sind **Sinus**. Dabei handelt es sich um Kapillaren mit Endothel vom diskontinuierlichen Typ mit bis zu 3 µm großen Fenstern. Die Kapillaren speisen sich aus den versorgenden Blutgefäßen und transportieren – im Fall des roten Knochenmarks – reife, neu gebildete Blutzellen wie auch die **Knochenmarkmakrophagen**, die durch Apoptose untergegangenen Blutvorläuferzellen phagozytieren und eine stimulierende Funktion bei der Erythropoese haben.

Jetzt bist du dran!

Überblick gewinnen

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

1.2 Blutzellbildung

Henrik Holtmann

Histologie, Physiologie

Ursprung der Blutzellbildung ist die **hämatopoetische Stammzelle** des Knochenmarks. Diese multipotente, dem Endost anliegende Zelle hat lebenslang die Potenz, sich selbst zu erneuern und zu differenzieren. Allerdings hat sie selbst nur eine geringe mitotische Aktivität. Jedoch entwickeln sich aus ihr stärker mitotisch aktive **multipotente Progenitorzellen**, die lymphatische und myeloische Progenitorzellen hervorbringen.

Lymphatische Progenitorzelle Hieraus entwickeln sich T- und B-Lymphozyten. T-Lymphozyten wandern bereits auf einer frühen Entwicklungsstufe aus dem Knochenmark aus und in die **Thymusrinde** ein.

B-Lymphozyten hingegen bleiben im Knochenmark und reifen hier antigenunabhängig heran. Erst dann besiedeln sie die sekundären lymphatischen Organe. Da B-Lymphozyten bei Vögeln in der **Bursa fabricii** heranreifen, werden diese Zellen auch beim Menschen als B-Lymphozyten bezeichnet.

NK-Zellen scheinen sowohl im Knochenmark als auch im Thymus heranzureifen.

Myeloische Progenitorzelle Aus ihr gehen **Colony forming units** (CFU) hervor, und daraus entwickeln sich reife Erythrozyten, Granulozyten, Monozyten, Thrombozyten, aber auch Mastzellen.

Steuerung der Blutzellbildung Die Entwicklung der einzelnen Blutzellen steht unter dem Einfluss von **Zytokinen**. Jene, die Einfluss auf die CFU haben, werden auch als **Colony stimulating factors** (CSF) bezeichnet. Der Ursprung der Zytokine liegt überwiegend in den Retikulumzellen und den Knochenmarkmakrophagen. Die Stammzelle erhält darüber hinaus Überlebenssignale von nahe liegenden Osteoblasten.

Erythropoetin, das überwiegend aus der Niere stammt, wirkt außerdem stimulierend auf die Erythropoese (Bildung roter Blutkörperchen).

Die Thrombozytopoese wird durch das von Hepatozyten gebildete **Thrombopoetin** gefördert.

KLINIK

In Rahmen einer gesteigerten Hämatopoese, z. B. nach einer stärkeren Blutung, tauchen vermehrt **Retikulozyten**, die Vorläuferzellen der Erythrozyten (normal < 1 % aller zirkulierenden Erythrozyten) im peripheren Blut auf. Sie enthalten Reste von Polyribosomen (**Substantia granulofilamentosa**).

KLINIK

Als **reaktive Linksverschiebung** wird ein vermehrtes Auftreten stabkerniger Granulozyten im peripheren Blut bezeichnet, die auf einen erhöhten Bedarf an Phagozyten hindeutet und Ausdruck einer bakteriellen Infektion sein kann.

Jetzt bist du dran!

Überblick gewinnen

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

1.3 Blut

Fabian Rengier, Voraufgabe: Björn Jacobi

Histologie, Physiologie

1.3.1 Funktionen des Bluts

Das Blut erfüllt eine **Transportfunktion** für:

- O₂ und CO₂
- Nährstoffe und Abbauprodukte
- Wärme
- Hormone und andere Signalstoffe

Daneben hat das Blut weitere wichtige Aufgaben:

- **Homöostase:** Aufrechterhaltung des inneren Milieus mit Isonomie und Isotonie sowie Pufferfunktion mit Stabilisierung des pH-Werts
- **Reparaturfunktion:** Blutstillung und -gerinnung, Fibrinolyse, Einleitung der Wundheilung
- **Abwehrfunktion:** gegen Infektionen und körperfremde Substanzen.

1.3.2 Blutvolumen

Das **Blutvolumen** macht beim erwachsenen Menschen ca. 7–8 % des Körpergewichts aus. Das entspricht einem Blutvolumen von etwa 70 ml/kg KG beim Mann und 65 ml/kg KG bei der Frau. Absolut hat somit ein 70 kg schwerer Mann ein Blutvolumen von ca. 5 l. Bei Neugeborenen ist der Anteil des Bluts am Körpergewicht mit bis zu 100 ml/kg höher, im hohen Alter mit ca. 50 ml/kg niedriger. Das Blutvolumen kann mit dem Indikator-Verdünnungsverfahren gemessen werden.

KLINIK

Normovolämie bezeichnet das normale Blutvolumen. Ein pathologisch erhöhtes Blutvolumen, **Hypervolämie**, findet man z. B. bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Ein pathologisch vermindertes Blutvolumen, **Hypovolämie**, entsteht z. B. durch Blutverlust.

1.3.3 Blutbestandteile

Das Blut besteht aus:

- **Blutzelle:** Erythrozyten, Leukozyten und Thrombozyten, Konzentrationen > Tab. 1.1
- **Blutplasma:** Wasser, Plasmaproteine, niedermolekulare Stoffe und Elektrolyte

Tab. 1.1 Blutzellen, Konzentrationen

Blutzellen	Durchschnittliche Konzentration [μ l Blut]	Normbereich [μ l Blut]
Erythrozyten	5 Mio.	<ul style="list-style-type: none"> • ♀: 4,0–5,2 Mio. • ♂: 4,3–6,1 Mio.
Leukozyten	7000	4000–10.000
Thrombozyten	250.000	150.000–440.000

CHECK - UP

- Welche Funktionen erfüllt das Blut?
- Wie groß ist das normale Blutvolumen und wie verändert es sich mit dem Alter?

Jetzt bist du dran!

Überblick gewinnen

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

1.4 Blutplasma

Fabian Rengier, Voraufgabe: Björn Jacobi

Histologie, Physiologie

Wasser macht zu ca. 90 % das Volumen des Blutplasmas aus. 10 % sind im Wasser gelöste Substanzen, dazu gehören:

- Plasmaproteine: 70 %
- Niedermolekulare Stoffe (Glucose, Harnstoff, Kreatinin): 20 %
- Elektrolyte: 10 %

MERKE

Blutserum Der flüssige Anteil des Bluts nach abgeschlossener Gerinnung. **Blutserum ist im Gegensatz zum Blutplasma frei vom Plasmaprotein Fibrinogen.**

1.4.1 Elektrolyte und niedermolekulare Stoffe

Glucose hat im Blut eine Konzentration von 3,6–6,1 mmol/l (= 65–110 mg/dl). > Tab. 1.2 fasst die wichtigsten Elektrolytkonzentrationen zusammen. Gemeinsam haben alle Elektrolyte eine **osmolare Konzentration** von ca. 290 mosmol/l. Dies entspricht einem **osmotischen Druck** von ca. 5700 mmHg (= 750 kPa) und der osmotischen Wirksamkeit einer 0,9-prozentigen Kochsalzlösung.

Tab. 1.2 Wichtigste Elektrolytkonzentrationen im erwachsenen Blutplasma

Elektrolyt	Konzentration im Plasma [mmol/l]
Natrium	135–145
Kalium	3,5–5
Calcium (frei und gebunden)	2,1–2,7
Chlorid	95–110
Bicarbonat	21–26

1.4.2 Plasmaproteine

Die normale Proteinkonzentration beträgt 60–80 g/l Plasma. Der von den Plasmaproteinen erzeugte osmotische Druck heißt **kolloidosmotischer Druck** oder auch **onkotischer Druck**. Er beträgt ca. 25 mmHg (= 3,3 kPa), macht also weniger als 1 % des gesamten osmotischen Drucks des Plasmas aus. In den Kapillaren jedoch ist das Endothel gut durchlässig für Ionen, aber schlecht durchlässig für Proteine. Dadurch ist hier der kolloidosmotische Druck für die Wasserretention entscheidend. Daneben erfüllen die Plasmaproteine weitere Funktionen wie den Transport wasserunlöslicher Stoffe, die Blutgerinnung, die humorale Immunabwehr und die Blutpufferung.

Es gibt mehr als 1000 verschiedene Plasmaproteine. Sie werden in **fünf Fraktionen** eingeteilt (> Tab. 1.3): Albumin sowie α_1 -, α_2 -, β - und γ -Globuline. Die Serumelektrophorese liefert **fünf Banden**, wobei jede Bande einer **Proteinfraktion** entspricht. Wertet man die Banden fotometrisch aus, kann man die Menge der Proteinfraktion relativ zu einem Referenzwert bestimmen. Die großen, negativ geladenen Albumine wandern bei der Gelelektrophorese in Richtung Pluspol (> Abb. 1.1).

KLINIK

Hypoproteinämie Bezeichnet eine verminderte Plasmaproteinkonzentration. Die häufigste Form ist die Hypalbuminämie. Der durch die verminderte Proteinkonzentration verursachte Abfall des kolloidosmotischen Drucks führt zu einer erhöhten Plasmafiltration und somit zu interstitiellen Ödemen, Hypovolämie und Blutdruckabfall.

Albuminfraktion **Albumin** ist mit einer Konzentration von 30–50 g/l die größte Plasmaproteinfraktion. Gleichzeitig macht es ca. 80 % des kolloidosmotischen Drucks aus. Es transportiert apolare Substanzen wie **Fettsäuren** und **Bilirubin** sowie viele Medikamente. Albumin wird ausschließlich in der Leber synthetisiert, ist aber kein Glykoprotein und wird deshalb nicht über Glykoproteinrezeptoren in der Leber abgebaut.

Tab. 1.3 Fraktionen der Plasmaproteine mit wichtigen Vertretern sowie deren Funktion

Fraktion	Konzentration [g/l]	Anteil an Plasmaproteinen [%]	Wichtige Vertreter	Funktion
Albumin	30–50	60	Präalbumin Albumin	Thyroxinbindung Kolloidosmotischer Druck, Stofftransport (u. a. Calcium, Fettsäuren, Bilirubin), Reserveeiweiß
α_1 -Globuline	7–12	4	α_1 -Lipoprotein (HDL) Transcortin	Lipidtransport Glukokortikoid-Transport
α_2 -Globuline	3–6	8	α_2 -Makroglobulin α_2 -Haptoglobin α_2 -Antithrombin Coeruloplasmin	Proteinasehemmung Hämoglobintransport Thrombinhemmung Kupfertransport
β -Globuline	7–15	12	Transferrin β -Lipoprotein (LDL) Fibrinogen	Eisentransport Lipidtransport Blutgerinnung
γ -Globuline	7–17	16	IgA IgD IgE IgG IgM	Antikörper, Schleimhäute Antikörper, B-Zell-Aktivierung Antikörper, Allergien, Parasitenabwehr Antikörper, späte Reaktion Antikörper, frühe Reaktion

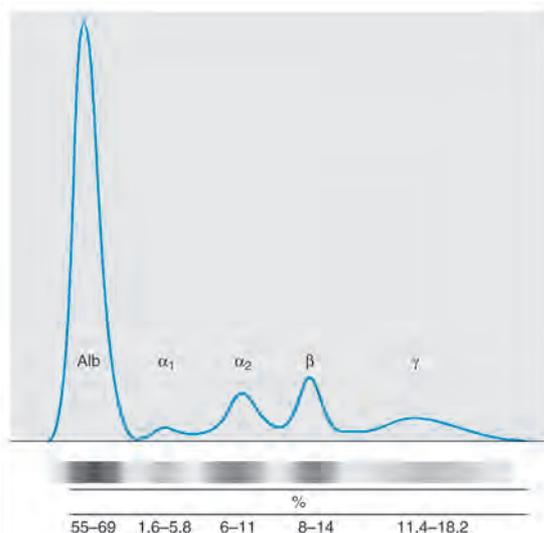


Abb. 1.1 Serumelektrophorese; Alb: Albuminfraktion und α_1 - γ -Fraktionen mit relativen Anteilen in Prozent) [O523]

Auf der Höhe des **Albumins** läuft im Gel zu einem geringen Teil auch **Präalbumin**. Präalbumin wird auch als **Transthyretin** bezeichnet und transportiert Thyroxin.

KLINIK

Da Albumin in der Leber synthetisiert wird, ist die Albuminkonzentration im Plasma ein Indikator für die Syntheseleistung und den **Funktionszustand der Leber**. Bei einer **Leberzirrhose** vermindert sich deshalb die Albuminkonzentration.

Aufgrund seines Molekulargewichts von 69 kD und seiner negativen Ladung kann Albumin nicht die glomeruläre Filtrationsbarriere in den Nieren passieren. Kommt es beim **nephrotischen Syndrom** oder bei **diabetischen Spätschäden** der Niere zu Durchlässigkeit des Filters, kann Albumin im Urin ausgeschieden und diagnostiziert werden. Es kommt zur **Albuminurie**.

α_1 -Globuline Bei den α_1 -Globulinen spielt das α_1 -Antitrypsin mengenmäßig die größte Rolle. α_1 -Antitrypsin ist ein **Serinprotease-Inhibitor** und hemmt die im Blut und an Entzündungsorten vorkommenden Serinproteasen. Ein Mangel an α_1 -Antitrypsin zeigt sich in einer schwächeren Bande in der Serumelektrophorese. Beim α_1 -Antitrypsin-Mangel kommt es zum Abbau von gesundem Gewebe, v. a. in der Lunge und Leber. Die Folge ist ein **Lungenemphysem** bzw. eine **Leberzirrhose**.

KLINIK

Substanzen im **Tabakrauch** können **Methionin** im aktiven Zentrum des α_1 -Antitrypsins oxidieren. Damit ist die Bindung der Protease **Elastase** im Lungengewebe an α_1 -Antitrypsin gehemmt. Elastase kann ungehindert Lungengewebe abbauen und es kommt zum Lungenemphysem.

α_2 -Globuline Zu den α_2 -Globulinen gehören α_2 -Makroglobulin, **Haptoglobin** und Antithrombin. Haptoglobin bindet freies Hämoglobin im Blut und verhindert so den Verlust von Eisen bei Hämolyse. Antithrombin hemmt den Blutgerinnungsfaktor Thrombin.

β -Globuline Die wichtigsten Vertreter sind Transferrin, **Fibrinogen** und die **Lipoproteine** LDL und VLDL. Fibrinogen ist nur Bestandteil des Blutplasmas, nicht des Blutserums.

γ -Globuline γ -Globuline sind die Immunglobuline. Als eine der wenigen Ausnahmen werden sie nicht in der Leber, sondern in Plasmazellen gebildet. Den Hauptanteil stellt das IgG.

KLINIK

Das **Plasmozytom** ist ein bösartiger Tumor der Plasmazellen, bei dem es zur krankhaft erhöhten Bildung von Immunglobulinen wie IgG kommt. In der Elektrophorese ist dann ein großer Ausschlag im Bereich der γ -Globuline zu sehen.

1.4.3 Akute-Phase-Proteine

Während eines Entzündungsprozesses kommt es zum Anstieg von Akute-Phase-Proteinen im Plasma, darunter **Fibrinogen**, **C-reaktives Protein**, Haptoglobin und α_1 -Antitrypsin.

Produziert die Leber vermehrt Akute-Phase-Proteine, geht das auf Kosten anderer Proteine. Proteine, deren Konzentration bei der akuten Entzündungsantwort im Plasma sinken, nennt man negative Akute-Phase-Proteine oder **Anti-Akute-Phase-Proteine**. Die wichtigsten sind **Albumin** und **Transferrin**.

1.4.4 Leber und Plasmaproteine

Die Leber ist mit einem speziellen Abbaumechanismus für Glykoproteine ausgerüstet. Es sind die Zuckerketten der Glykoproteine, die endständig mit dem Zucker N-Acetyl-Neuraminsäure, der **Sialinsäure**, verknüpft sind. Kommt es mit zunehmender Alterung der Plasmaproteine zur Abspaltung der Sialinsäuren, wird die in der Zuckerkette folgende Galaktose freigelegt. Die Leber besitzt **Asialoglykoprotein-Rezeptoren**, die die sialinsäurefreien Glykoproteine erkennen. So wird sichergestellt, dass gealterte Plasmaglykoproteine rasch erkannt und abgebaut werden.

MERKE

Mit Ausnahme von Albumin sind fast alle Plasmaproteine **Glykoproteine** mit endständigen Sialinsäuren, die in der Leber abgebaut werden.

CHECK - UP

- Welche Konzentrationen haben Natrium, Kalium, Calcium, Chlorid und Bicarbonat im Blutplasma?
- Welche ungefähren prozentualen Anteile an der Plasmaproteinkonzentration haben die einzelnen Plasmaproteinfraktionen?
- Was ist der kolloidosmotische Druck und welche Funktion erfüllt er?

Jetzt bist du dran!

Überblick gewinnen

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

2

Erythrozyten, Hämoglobin und Sauerstofftransport

2.1 Erythrozyten

Fabian Rengier, Voraufgabe: Björn Jacobi



2.1.1 Lebenszyklus der Erythrozyten

Erythropoese

Erythrozyten entwickeln sich wie alle Blutzellen aus den **multi-potenten hämatopoetischen Stammzellen**, die sich beim Erwachsenen im roten Knochenmark befinden. Aus diesen undeterminierten Stammzellen entstehen schließlich spezialisierte Vorläuferzellen der einzelnen Blutzellen. Diese werden auch als **Colony forming units (CFU)** bezeichnet.

Die Entwicklung der erythroiden Vorläuferzelle (CFU-E, > Abb. 2.1) wird durch **Erythropoetin (EPO)** reguliert. EPO verstärkt zunächst die Proliferation und Differenzierung, anschließend steigert es die Hämoglobinbildung. Proliferation und Differenzierung sind abhängig von Cobalamin (Vitamin B₁₂) und Folsäure, die Hämoglobinbildung von Eisen.

Im letzten Entwicklungsschritt im Knochenmark wird der Kern ausgestoßen, und es entsteht der Retikulozyt. Dieser enthält noch Reste von Kernchromatin. Nachdem er in die Blutbahn ausgewandert ist, verliert der Retikulozyt innerhalb eines Tages Ribosomen und Mitochondrien und wird so zum reifen Erythrozyten.

EPO wird in der Nierenrinde von peritubulär gelegenen fibroblastenähnlichen Zellen produziert, vermehrt bei niedrigem Sauerstoffpartialdruck (Hypoxie). Hypoxie stabilisiert den Transkriptionsfaktor HIF-1α. Dieser induziert die EPO-Produktion.

MERKE

Das bei Hypoxie vermehrt in der Nierenrinde gebildete EPO kann die Erythropoese um das 5- bis 10fache steigern.

KLINIK

Erythropoetin kann bei bestimmten Anämien als Medikament eingesetzt werden. Außerdem kann Erythropoetin missbräuchlich als Dopingmittel zur Verbesserung der Sauerstofftransportkapazität und damit der Ausdauerleistungsfähigkeit verwendet werden. Als Nebenwirkung kann es durch die Erhöhung der Blutviskosität zu Blutgerinnseln und somit thromboembolischen Ereignissen wie Herzinfarkt oder Schlaganfall kommen.

Leben und Abbau

Die mittlere **Lebensdauer** eines Erythrozyten beträgt 120 Tage. Damit haben sie die **längste Verweildauer aller Blutzellen im Blutkreislauf**. Der Abbau erfolgt im mononukleären Phagozyten-System (MPS), vor allem in Milz und Knochenmark. Aufgrund ihrer geringeren Verformbarkeit können überalterte Erythrozyten die engen Schlitze der Milzsinus nicht mehr passieren und werden so herausgefiltriert. Das beim **Abbau** durch Makrophagen gewonnene Eisen wird im Blut, an Transferrin gebunden, transportiert und dem Knochenmark für die Neusynthese von Hämoglobin zugeführt. Das ebenfalls frei werdende unkonjugierte („indirekte“) Bilirubin wird im Blut, an Albumin gebunden, zur Leber transportiert.

KLINIK

Pathologische Hämolyse Neben der geschilderten physiologischen Hämolyse kann es durch frühzeitigen Abbau von Erythrozyten zu einer pathologischen Hämolyse kommen. Gründe hierfür sind u. a.:

- Zellmembrandefekte des Erythrozyten
- Hämoglobinopathien, z. B. Sichelzellanämie
- Enzymdefekte, z. B. Glucose-6-Phosphat-Dehydrogenase-Mangel
- Toxische oder andere, die Erythrozytenmembran schädigende Substanzen im Plasma, z. B. Toxine von bestimmten Streptokokken
- Mechanische Hindernisse, z. B. künstliche Herzklappen.

Das Plasmaprotein Haptoglobin bindet v. a. bei intravasaler Hämolyse, d. h. Hämolyse im Gefäßlumen, das frei werdende Hämoglobin.

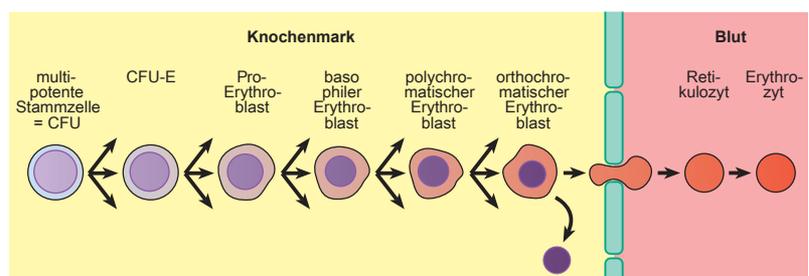


Abb. 2.1 Erythropoese im Knochenmark [L106]

Die Bände der Reihe „Vorklinik Finale“

