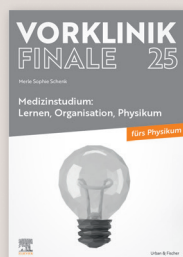


VORKLINIK FINALE

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:

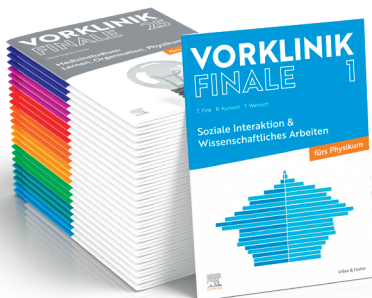
- Zur Vorbereitung auf das Physikum findest du in Heft 1–24 alle relevanten Inhalte inkl. Lernhilfen.
- Kleine Lerneinheiten in Heften, die du rasch abhaken kannst. Das hält die Motivation oben!
- Heft 25 gibt dir Tipps für den Start ins Medizinstudium und fürs Lernen, und enthält Lern- und Kreuzpläne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



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.

Nils Hebach, Isa Jauch, Thomas Wenisch, Michelle Xi

Vorklinik Finale 20

Verdauung & Abbau von Nährstoffen

1. Auflage

Unter Verwendung von Inhalten von:

Fabian Bock, Björn Jacobi, Maximilian Pfau, Ludwig Schlemm



Inhaltsverzeichnis

1	Ökologie, Energie- und Wärmehaushalt	1	3	Abbau der Kohlenhydrate	23
1.1	Ökologie	1	3.1	Glykolyse	23
1.2	Energiehaushalt	3	3.2	Pentosephosphatweg	27
1.3	Wärmehaushalt und Temperaturregulation	5	3.3	Stoffwechsel anderer Monosaccharide	29
1.4	Übersicht des Stoffwechsels	9			
2	Nahrungsaufnahme	13	4	Fettsäureabbau und Ketonkörperstoffwechsel	33
2.1	Ernährung	13	4.1	Fettsäureabbau	33
2.2	Prinzipien der Verdauung und Resorption	14	4.2	Ketonkörperstoffwechsel	37
2.3	Wasser und Elektrolyte	14			
2.4	Kohlenhydrate	15	5	Aminosäurestoffwechsel und Harnstoffzyklus	39
2.5	Proteine	17	5.1	Reaktionen der Aminosäuren	39
2.6	Lipide	19	5.2	Stoffwechsel ausgewählter Aminosäuren	41
2.7	Aufnahme der Mineralstoffe, Spurenelemente und Vitamine	20	5.3	Abbau von Aminosäuren	43
2.8	Intestinale Bakterienflora	21	5.4	Harnstoffzyklus	44
				Register	47

1

Ökologie, Energie- und Wärmehaushalt

1.1 Ökologie

Thomas Wenisch



1.1.1 Stoffkreisläufe

Die Gesamtheit aller Organismen in einem Biotop (Biozönose) einschließlich der abiotischen Faktoren der Umgebung wie Rohstoff- und Energiequellen bilden ein **Ökosystem**.

Innerhalb eines Ökosystems stehen die einzelnen Lebensformen in gegenseitigen Wechselbeziehungen.

Die **abiotische Umwelt** stellt anorganische Grundstoffe und die Versorgung mit Primärenergie zur Verfügung.

Produzenten erzeugen aus anorganischen Stoffen organische Verbindungen. Sie sind **autotrophe** Organismen, Grundlage ihres Stoffwechsels ist meist die Fotosynthese. Produzenten sind alle Pflanzen und Algen.

Konsumenten sind **heterotrophe** Organismen. Sie sind von der Syntheseleistung der Produzenten abhängig:

- **Primärkonsumenten** sind alle Herbivoren (Pflanzenfresser). Sie ernähren sich von den Produzenten.
- **Sekundärkonsumenten** sind Carnivoren (Fleischfresser). Ihre Nahrungsquelle bilden die Primärkonsumenten.

Destruenten sind ebenfalls heterotrophe Organismen. Ihre Energiequelle sind organische Abfälle, die sie wieder in ihre anorganischen Grundstoffe zerlegen.

In jedem Ökosystem finden ständig Energie- und Stoffumwandlungen statt. Die chemischen Elemente befinden sich in einem Kreislauf, sie werden ständig recycelt.

KLINIK

Für jedes biologisch bedeutende Element, z. B. Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Mineralien und Spurenelemente, besteht ein **Stoffkreislauf**.

1.1.2 Nahrungskette

Im Stoffkreislauf eines Ökosystems wird Biomasse in mehreren Stufen aufgebaut. Es bildet sich eine **Nahrungskette**: (pflanzlicher) Produzent → (herbivorer) Primärkonsument → (carnivorer) Sekundärkonsument.

Die Nahrungskette kann sich noch weiter fortsetzen, mit ebenfalls carnivoren Tertiär- oder Quartärkonsumenten. Die Ernährungsstufen einer Nahrungskette werden auch **trophische Stufen** genannt.

Entlang der Nahrungskette findet ein Energiefluss statt. Beim Übergang von jeder Stufe auf die nächstfolgende wird Energie umgewandelt. Dabei wird der Energieinhalt der aufgenommenen Nah-

rung auf der jeweils nächsten trophischen Stufe nur zu etwa 10 % wieder in Biomasse umgewandelt. Aufgrund der Energieverluste zwischen den trophischen Stufen haben Nahrungsketten nicht mehr als 4–5 Stufen.

Die Bilanz einer Nahrungskette lässt sich in Form einer ökologischen Pyramide darstellen. An der Basis der Pyramide stehen die Primärproduzenten und mit jeder weiteren Stufe verjüngt sich die Pyramide nach oben.

Die **Produktionseffizienz** eines Organismus ist das Verhältnis der in Biomasse umgesetzten Energie zur insgesamt assimilierten Energie. Sie ist abhängig vom Stoffwechseltyp, dem Verhältnis zwischen Körpermasse und Körperoberfläche sowie den Umgebungsbedingungen. So muss ein Kolibri im Verhältnis zu seiner Masse wesentlich mehr Nahrung aufnehmen als ein Elefant.

1.1.3 Populationsdynamik

Individuen der gleichen Spezies, die sich in einem gemeinsamen Lebensraum fortpflanzen bilden eine **Population**. Die Größe einer Population bleibt im zeitlichen Verlauf nicht konstant. Sie wächst durch Geburten oder Einwanderung weiterer Individuen in den gemeinsamen Lebensraum. Todesfälle oder Abwanderung reduzieren die Populationsgröße.

Die Populationsdichte wird durch verschiedene Faktoren begrenzt. **Dichteunabhängige Faktoren** sind externe Faktoren, die nicht von der Zahl der Individuen beeinflusst werden:

- Umweltbedingungen wie Klima und Bodenbeschaffenheit
- Konkurrenz mit fremden Spezies um Nahrung und Lebensraum
- Plötzlich auftretende Naturkatastrophen wie Überschwemmungen, Vulkanausbrüche etc.

Dichteabhängige Faktoren werden durch den gegenwärtigen Zustand der Population bestimmt:

- Intraspezifische Konkurrenz um Nahrung und Lebensraum
- Sozialer Stress
- Parasitenbefall und Verbreitung von Infektionskrankheiten
- Vermehrung von spezifischen Fressfeinden durch erhöhtes Beuteangebot

Es entsteht ein **Regelkreis**, bei dem die dichtebegrenzenden Faktoren dem weiteren Anwachsen der Population immer stärker entgegenwirken. So stellt sich ein **dynamisches Gleichgewicht** zwischen wachstumsfördernden und wachstumshemmenden Einflüssen ein und die Populationsdichte ändert sich nur noch geringfügig.

1.1.4 Wechselbeziehungen zwischen artverschiedenen Organismen

In jedem Ökosystem leben die verschiedenen Arten nicht voneinander isoliert, sondern sie teilen sich den gemeinsamen Lebens-

raum und befinden sich untereinander in ständiger Wechselwirkung. Eine solche Lebensgemeinschaft wird als **Biozönose** bezeichnet.

Das Zusammenleben der Organismen kann unterschiedliche Formen annehmen:

Konkurrenz Konkurrenz ist der Wettbewerb um einen Faktor wie Nahrung oder Lebensraum.

Symbiose Symbiose bezeichnet das Zusammenleben zweier Arten mit gegenseitigem Nutzen. Sie haben sich durch lange Prozesse gegenseitiger Anpassung und Selektion entwickelt. Die Veränderung eines Symbiosepartners beeinflusst auch die Überlebenschancen des anderen.

Kommensalismus Kommensalismus bedeutet in etwa Mitesser. Der Kommensale erhält oder nimmt sich Nahrung von seinem Wirt, ohne diesem zu nutzen. Er schädigt den Wirt aber auch nicht.

Parasitismus Parasitismus ist die Nutzung eines Wirtsorganismus, bei der der Wirt geschädigt wird. Im Extremfall führt der Parasitenbefall zum Tod des Wirts. Ein Beispiel hierfür ist die lytische Vermehrung der Viren. Milben, Zecken, Flöhe und Läuse sind **Ektoparasiten**, sie leben auf der Oberfläche ihrer Wirte. **Endoparasiten** leben im Inneren des Wirtsorganismus, z. B. Würmer und Protozoen.

C H E C K - U P

- Wie ist eine Nahrungskette aufgebaut?
- Welche Faktoren begrenzen das Wachstum einer Population?
- Nenne vier Formen des Zusammenlebens verschiedener Organismen.

Jetzt bist du dran!

Überblick gewinnen

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

1.2 Energiehaushalt

Isa Jauch, Voraufgabe: Ludwig Schlemm, Fabian Bock



1.2.1 Grundlagen

Die Einheit der Energie (Arbeit) ist Joule (J), Kalorie (cal) oder Wattsekunde (Ws). Eine Kalorie entspricht ungefähr 4,2 J oder 4,2 Ws. Häufig verwendet wird auch die Einheit Kilokalorie (1 kcal = 1000 cal). Ein gesunder Erwachsener verbraucht pro Stunde ca. 420 kJ. Die Energie wird im menschlichen Körper (insb. in Fettzellen) in Form von Triacylglyceriden gespeichert. Bei der Nutzbarmachung der gespeicherten Energie wird intermediär ATP gebildet. Die Phosphorylierung von ADP zu ATP geschieht vorrangig in den Mitochondrien. Dabei wird O_2 zu H_2O reduziert.

1.2.2 Energieumsatz

Der gesamte Energieumsatz im menschlichen Körper setzt sich aus verschiedenen Komponenten zusammen (➤ Tab. 1.1).

Der Körper verbraucht im Ruhezustand zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur, also zur Wärmeproduktion, und zur Aufrechterhaltung der basalen Stoffwechselfunktionen ständig Energie. Der **Grundumsatz** ist der benötigte Energiebedarf, um die Homöostase unter thermoneutralen Bedingungen, nach 12-stündiger Nahrungskarenz und bei vollkommener körperlicher und mentaler Ruhe aufrechtzuerhalten. Dieser beträgt bei Männern ca. 7000 kJ/d. Der **Ruheumsatz** beinhaltet außerdem die Energie, welche durch Verdauungstätigkeit und leichte Bewegung wie z. B. Gehen benötigt wird. Er beträgt etwa 8000 kJ/d. Ruhe- und Grundumsatz werden stark beeinflusst von

- Fettfreier Körpermasse: Umsatz ↑
- Zunehmendes Alter: Umsatz ↓
- Geschlecht, männlich: Umsatz ↑
- **Schilddrüsenhormonen: Umsatz ↑**

Der Anteil einzelner Organe am gesamten Ruheumsatz findet sich in ➤ Tab. 1.2. Der Energieumsatz erhöht sich nicht nur bei körperlicher, sondern auch bei geistiger Arbeit. Allerdings wird dies auf eine gleichzeitige unbewusste Erhöhung der Muskelaktivität zurückgeführt.

Tab. 1.1 Komponenten des Energieumsatzes

	Anteil [%]	Kommentar
Ruheenergieverbrauch	50–75	Sichert Zell- und Organfunktion
Aktivitätsabhängiger Energieverbrauch	15–40	Abhängig vom Lebenswandel
Nahrungsinduzierte Thermogenese	bis zu 10	Abhängig von der Ernährung

Der **Gesamtenergieumsatz** des Körpers kann mithilfe zweier Methoden quantifiziert werden:

- **Direkte Kalorimetrie:** Die vom Körper abgegebene Wärme wird direkt bestimmt.
- **Indirekte Kalorimetrie:** Nach Bestimmung des O_2 -Verbrauchs kann unter Zuhilfenahme der kalorischen Äquivalente (s. u.), die für die Hauptnahrungsbestandteile fast identisch sind, der Energieverbrauch wie folgt angenähert werden:

$$\text{Energieverbrauch [kJ/h]} = 20,2 \times O_2 - \text{Verbrauch [l/h]}$$

1.2.3 Energiequellen

Der menschliche Körper nimmt Energie in Form verschiedener Substrate zu sich. Diese lassen sich im Wesentlichen in vier große Gruppen einteilen: **Kohlenhydrate, Fette, Proteine** und **Alkohole** (Ethanol). Die Stoffgruppen besitzen einen unterschiedlichen physikalischen und physiologischen Brennwert (➤ Tab. 1.3).

Brennwerte Man unterscheidet zwischen dem physikalischen und dem physiologischen Brennwert. Der **physikalische Brennwert** ist der Energiegehalt, der in einem Nährstoff steckt, wenn er vollständig verbrannt wird. Der **physiologische Brennwert** hingegen ist der biologische Brennwert, also der Energiegehalt, der aus einem Nährstoff gewonnen wird, wenn er im lebenden Organismus verbrannt wird. Der physikalische und der physiologische Brennwert eines Nährstoffs sind identisch, wenn der Nährstoff im Körper vollständig verbrannt wird. Für Kohlenhydrate, Fette und Alkohol trifft das zu, denn sie können vollständig zu CO_2 und Wasser abgebaut werden. Der physiologische Brennwert spiegelt die brutto in der Zelle entstehende Energie wider und berücksichtigt nicht die zum Abbau nötige, vom Körper aufzubringende Energie.

MERKE

Bei Proteinen entspricht der physiologische nicht dem physikalischen Brennwert. Denn die Aminogruppe lässt sich nur in Form von toxischem Ammoniak energieaufwendig entsorgen. Das endgültige Abbauprodukt **Harnstoff** ist zwar noch energiehaltig, wird aber ausgeschieden. Proteine werden also nicht vollständig zu CO_2 und Wasser abgebaut. Aus diesem Grund liegt der physikalische Brennwert mit 23 kJ/g über dem physiologischen Brennwert von 17 kJ/g.

Tab. 1.2 Ruheenergieverbrauch einzelner Organe (Mittelwert von Männern und Frauen)

Organ	Beteiligung [%]
Muskel	23
Gehirn	23
Herz	10
Leber	21
Nieren	10
Fettgewebe	6

Tab. 1.3 Stoffwechselkennwerte der Makronährstoffe

Substrat	Physikalischer Brennwert [kJ/g]	Physiologischer Brennwert [kJ/g]	Kalorisches Äquivalent [kJ/l O_2]	RQ	Anteil an Gesamtnahrung (Soll in %)
Kohlenhydrate	17	17	21	1,0	55
Fette	39	39	19	0,7	30
Proteine	23	17	19	0,8	15

KLINIK

Rechenbeispiel: Ein Patient in der Adipositas-therapie soll sich fettfrei ernähren und täglich 130 g Proteine zu sich nehmen. Das ist eine sog. High-Protein-Ernährung. Er nimmt damit $130 \text{ g} \times 17 \text{ kJ/g} = 2210 \text{ kJ}$ auf. Um auf seinen täglichen Grundumsatz von 7100 kJ/g zu kommen, muss er aber noch $7100 \text{ kJ} - 2210 \text{ kJ} = 4890 \text{ kJ}$ an Kohlenhydraten aufnehmen. 4890 kJ entsprechen $4890 \text{ kJ} \div 17 \text{ kJ/g} \approx 290 \text{ g}$ Kohlenhydraten, die er aufnehmen muss, um seinen basalen Energiebedarf zu decken. Interessanterweise konnte in einer Studie gezeigt werden, dass sich die Erfolge einer High-Protein-, einer Low-Carb- und einer Low-Fat-Diät kaum unterscheiden.

Kalorisches Äquivalent und respiratorischer Quotient Bei der Energiegewinnung aus Nahrungsbestandteilen wird O_2 verbraucht, und es entsteht CO_2 . Ohne O_2 -Verbrauch können Makromoleküle dem nicht oxidativen Substratstoffwechsel zugeführt werden (Speicherung, Synthesen). Das **kalorische** (oder auch energetische) **Äquivalent** eines Nahrungsstoffs [kJ/l O_2] beschreibt, wie viel Energie im Körper entsteht, wenn ein Liter Sauerstoff verbraucht wird und die jeweilige Stoffgruppe das einzige Substrat darstellt. Der **respiratorische Quotient** (RQ) ist definiert als CO_2 -Produktion/ O_2 -Verbrauch. Die leichte Messbarkeit dieser Größen macht man sich bei der indirekten Kalorimetrie (> Kap. 1.2.2) zunutze. Aufgrund der Stöchiometrie des Abbaus der verschiedenen Stoffe unterscheiden sich die Werte in den einzelnen Stoffklassen (> Tab. 1.3). Ebenfalls unterschiedlich ist die für die Verwertung der Nahrungsbestandteile von dem Organismus aufzubringende Energie. Diese ist besonders hoch für Proteine, weshalb der Energieumsatz nach einer eiweißreichen Mahlzeit besonders stark zunimmt.

Alkohol Der Brennwert von Alkohol ist mit **30 kJ/g** sehr hoch und muss bei Diätplänen berücksichtigt werden.

FOKUS

Alkoholabusus Wird aufgrund eines hohen Alkoholkonsums und der damit verbundenen hohen Energiezufuhr nicht ausreichend Nahrung zugeführt, kann es zu einem Mangel an Vitamin B_1 (Thiamin) kommen. Dieses wird als Co-Faktor im Stoffwechsel benötigt, bei einem Mangel kommt es zu einer Enzephalopathie und Amnesien (**Wernicke-Korsakow-Syndrom**).

Parenterale Ernährung Parenterale Ernährung ist eine Form der künstlichen Ernährung, bei der der Magen-Darm-Trakt umgangen wird. In der Regel werden flüssige Nahrungsbestandteile über eine Vene infundiert.

KLINIK

In der parenteralen Ernährung werden einzelne Aminosäuren zugeführt und keine Proteine. Die Infusion von Proteinen würde Antikörperbildung und immunologische Reaktionen auslösen.

KLINIK

Eine 5 % Glukoselösung enthält 5 g Glukose pro 100 ml also 50 g Glukose pro Liter. Das heißt in einem Liter der Glukoselösung stecken $50 \text{ g} \times 17 \text{ kJ/g} = 850 \text{ kJ}$ Energie.

CHECK-UP

- Was ist der durchschnittliche Grundumsatz eines Erwachsenen und wovon hängt er ab?
- Aus welchen vier großen Stoffgruppen setzt sich die menschliche Nahrung zusammen?
- Wie ist das kalorische Äquivalent definiert und wozu wird es verwendet?
- Welche Organe tragen prozentual am meisten und am wenigsten zum Ruheumsatz bei?
- Wie viel Gramm Kohlenhydrate müssen einem Patienten zugeführt werden, der sich von 120 g Proteinen und fettfrei ernährt, um seinen täglichen Energiebedarf von 9000 kJ zu decken?
- Wie hoch ist der Energiegehalt von 2 Liter einer 10 % Glukoselösung?

Jetzt bist du dran!**Überblick gewinnen**

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

1.3 Wärmehaushalt und Temperaturregulation

Isa Jauch, Voraufflage: Ludwig Schlemm



1.3.1 Körpertemperatur

Allgemeines und Definitionen

Der Mensch ist im Gegensatz zu Reptilien und Fischen ein gleichwarmes (**homoiothermes**) Lebewesen, d. h. er besitzt eine von äußeren Einflüssen weitgehend unabhängige Körperkerntemperatur. Während die Temperatur der Körperschale (Extremitäten und Haut) bei sich verändernder Umgebungstemperatur variiert, behält der Körperkern (v. a. Herz, Gehirn und Leber) stets die Normaltemperatur. Diese liegt beim Menschen zwischen 36,4 °C und 37,4 °C. Liegt die Körperkerntemperatur unter 35,5 °C spricht man von Unterkühlung (**Hypothermie**), bei Werten von über 37,5 °C ohne eine Veränderung im Sollwert von Überwärmung (**Hyperthermie**). Ist der Sollwert im Hypothalamus nach oben verstellt, handelt es sich um Fieber.

Die Körperkerntemperatur unterliegt rhythmischen Schwankungen:

- Sie ist am niedrigsten in der zweiten Nachthälfte und am höchsten am späten Nachmittag.
- Sie liegt bei Frauen post-ovulatorisch (Lutealphase, zweite Hälfte des Zyklus), durch Progesteron vermittelt, ca. 0,5 °C höher als präovulatorisch.

Die Körpertemperatur kann auf verschiedene Weisen bestimmt werden:

- **Rektal:** Verzögerte Veränderung bei dynamischen Prozessen
- **Tympanal:** Schnelle Durchführung, ungenau
- **Sublingual, axillär:** Häufigste Methoden in der klinischen Praxis, größte Ungenauigkeit
- **Zentral:** Über Katheter in Aorta, Goldstandard, sehr invasiv, selten angewandt.

Für die gemessenen Temperaturen gilt die Reihenfolge: axillär (am niedrigsten), sublingual, tympanal, rektal, zentral (am höchsten).

Der Begriff der **thermischen Neutralzone** ist definiert als der Bereich der Umgebungstemperatur, in dem durch Anpassung der Hautdurchblutung eine ausgeglichene Wärmebilanz erzielt werden kann. Dieser Bereich liegt bei etwa 25–30 °C. Sowohl bei höheren als auch bei niedrigeren Temperaturen steigt der Grundumsatz merklich an. Die **Indifferenztemperatur** ist die als behaglich

empfundene Temperatur und hängt ab von Bekleidung, Grundumsatz, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit. Bei hoher Windgeschwindigkeit wird vermehrt die den Körper umgebende Warmluft konvektiv abgeführt, was die Verdunstungsrate erhöht und zu subjektivem Kälteempfinden führt.

Hyperthermie

Eine nicht fieberbedingte erhöhte Körperkerntemperatur (> 37,5 °C) wird durch ein Missverhältnis zwischen Wärmeproduktion und -aufnahme einerseits, und Wärmeabgabe andererseits verursacht, und kann Werte von bis zu 41 °C erreichen. Sie ist nach Beseitigung der Ursache reversibel. Es kommen externe oder interne Gründe infrage:

- **Exogene Hyperthermie** ist Folge großer Hitzeexposition und führt klinisch zu Sonnenbrand, Hitzekrämpfen, Hitzekollaps, Hitzerschöpfung und Hitzschlag
- **Endogene Hyperthermie** in Form von **maligner Hyperthermie** kann bei Patienten mit seltenen Erbkrankheiten beim Verabreichen von Muskelrelaxanzien auftreten. Mutationen im RyR führen bei diesen Patienten zu einer unkontrollierten Ca^{2+} -Freisetzung aus dem SR ins Zytosol quergestreifter Muskelzellen. Eine andere Ursache ist das maligne Neuroleptika-Syndrom (MNS) nach Gabe potenter antipsychotisch wirkender Medikamente.

KLINIK

Therapie der Hyperthermie Für die **exogene Hyperthermie**: Beendigung der Hitzeexposition (z. B. Lagern im Schatten), Flüssigkeitszufuhr und Sicherung der Vitalparameter. Bei **endogener Hyperthermie** ist oftmals aktives Kühlen mit Eisbeuteln nötig. Bei der Behandlung der **malignen Hyperthermie** kommt der RyR₁-Antagonist Dantrolen zum Einsatz.

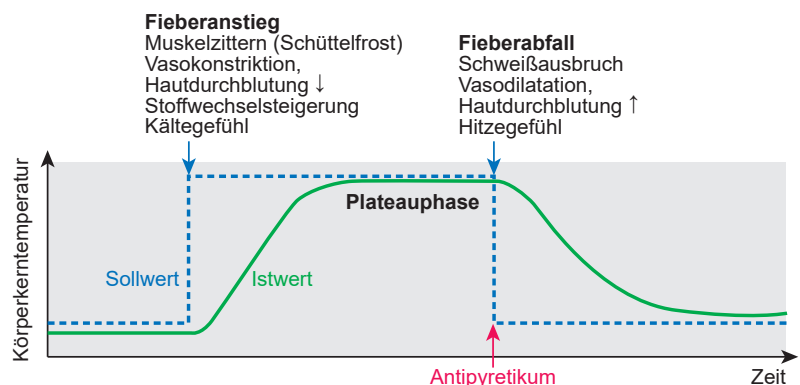
Fieber

Fieber ist durch eine **Erhöhung des Temperatur-Sollwerts** in der Area praeoptica des Hypothalamus gekennzeichnet. Dies kann geschehen durch exogene und endogene Pyrogene:

- **Exogene Pyrogene:** Bestandteile von Viren und Bakterien
 - **Endogene Pyrogene:** von Granulozyten als Antwort auf Eindringlinge gebildete Signalstoffe (IL-1, IL-6, TNF- α , Interferon).
- Neben Infektionen kann Fieber auch verursacht werden durch maligne Neoplasien, Autoimmunerkrankungen Gewebeerstörungen, Thromboembolien, metabolische Störungen u. a. Findet sich keine Ursache, spricht man von Fieber unbekannter Ursache (FUO).

Abb. 1.1 Typischer dreiphasiger Fieberverlauf.

Dargestellt sind die zeitliche Veränderung des Sollwerts (blau) und der tatsächlichen Temperatur (grün), sowie die physiologischen Mechanismen, die der Körper verwendet, um die tatsächliche Temperatur dem Sollwert anzupassen. [L231]



Im Fieberverlauf (> Abb. 1.1) tritt zuerst ein Temperaturanstieg ein, gekennzeichnet durch Kälteempfinden, Schüttelfrost und periphere Vasokonstriktion zum Anpassen der Ist- an die Solltemperatur (**Stadium incrementi**). Es folgt eine Plateauphase unterschiedlicher Länge und schließlich der Fieberabfall, bei dem der Sollwert wieder unter die aktuelle Körperkerntemperatur fällt. Dies führt dazu, dass der Organismus beginnt, Wärme abzugeben, was sich klinisch durch Schwitzen und gesteigerte Hautdurchblutung (Röte) äußert (**Stadium decrementi**).

KLINIK

Antipyretika Zur Fiebersenkung können auch Medikamente gegeben werden, diese nennt man Antipyretika. Prominente Vertreter sind ASS, Paracetamol und Metamizol. Sie wirken z. T. über eine Hemmung der Prostaglandinsynthese im Hypothalamus, womit der Effekt der Pyrogene aufgehoben wird und es schneller zur Entfieberung kommt.

Hypothermie

Ein Absinken der Körperkerntemperatur unter 35,5°C tritt ein, wenn die Wärmeverluste die Wärmeproduktion über längere Zeit übersteigen. Ursachen können sein:

- **Kälteexposition:** Begünstigt durch alkoholinduzierte verminderte Kälteempfindung (plus zusätzliche Vasodilatation)
 - **Krankheit und Medikamente:** Urämie, Neuroleptika
- O₂-Mangel kann über einer Herabsetzung des Sollwerts im Hypothalamus zu **Anapnoe** (Gegenteil des Fiebers) führen. Dies ist im strengen Sinne keine Hypothermie.

KLINIK

Therapeutische Wiedererwärmung Hierbei ist zu beachten, dass es bei ausschließlich externer Wärmezufuhr zu einem Wiedererwärmungsschock (After drop) kommen kann. Dieser wird verursacht durch die periphere Vasodilatation, wodurch das kalte azidotische Blut der Peripherie den Körperkern erreicht. Oftmals besser ist interne Wiedererwärmung mit Blasenspülung, Beatmung mit erwärmter Luft oder Hämodialyse. Letztere erlaubt auch eine Korrektur von ursächlichen Elektrolytstörungen und des Säure-Basen-Haushalts.

1.3.2 Wärmebildung

Um eine konstante Körperkerntemperatur zu gewährleisten, muss der Organismus Wärme produzieren. Dies erfolgt unter Ruhebedingungen in erster Linie durch die Stoffwechselprozesse der zentral gelegenen Organe. Bei physischer Arbeit können bis zu 90 % der Wärmeproduktion von der Skelettmuskulatur stammen. Bei niedriger Umgebungstemperatur verfügt der Organismus über verschiedene Mechanismen, um die Wärmeproduktion zu steigern und/oder die Wärmeabgabe zu verringern:

- **Periphere Vasokonstriktion** zur Minderung der Wärmeabgabe
- **Kältezittern:** unwillkürlich, erst tonische, dann phasische motorische Einheiten.
- **Verhaltensanpassung:** Bekleidung, physische Aktivität

Dem Neugeborenen fehlt die Möglichkeit, über Kältezittern Wärme zu produzieren. Jedoch kann es, anders als Erwachsene, zitterfrei Wärme aus dem **braunen Fettgewebe** generieren. Dabei bewirkt **Thermogenin** (Uncoupling Protein 1, UCP1) eine mechanische Entkopplung von mitochondrialer Aktivität und ATP-Bildung, in-

dem es den Protonengradienten der inneren Mitochondrienmembran kurzschließt.

1.3.3 Wärmeabgabe und -aufnahme

Die an der Wärmeabgabe beteiligten Mechanismen lassen sich in den äußeren und inneren Wärmestrom untergliedern. Der **innere Wärmestrom** führt die Wärme vom Ort ihrer Entstehung an die Körperoberfläche ab. Dies erfolgt mit dem Blutstrom (**Konvektion**). Ist eine verstärkte Wärmeabgabe nötig, wird über einen verminderten Sympathikotonus die Durchblutung der Akren gesteigert, bei kalter Umgebung erfolgt eine Vasokonstriktion. Dies kann in Extremfällen zu einem Abfall bzw. Anstieg des arteriellen Blutdrucks führen. Das in den Extremitäten etablierte **Gegenstromprinzip** erlaubt es, einen Temperaturgradienten zwischen dem Körperkern und den Akren aufrechtzuerhalten. Dies schützt vor Wärmeverlust bei Kälte und verhindert ein Aufheizen des Kerns bei Hitze. Von der Körperoberfläche wird die Wärme mit dem **äußeren Wärmestrom** an die Umgebung abgegeben. Dies erfolgt über drei Mechanismen:

- **Konduktion (Leitung):** direkter Kontakt zweier Medien, Wärmeaustausch proportional zur Temperaturdifferenz der Medien, direkter konvektiver Abtransport im Luftstrom
- **Radiatio (Strahlung):** ca. 50–60 % der gesamten Wärmeabgabe bei Ruhebedingungen
- **Evaporation (Verdunstung):** limitiert durch hohen Wasserdampfdruck; aufgeteilt in Perspiratio insensibilis (passiv, 500 ml/d) und Perspiratio sensibilis (Schwitzen, sympathisch-

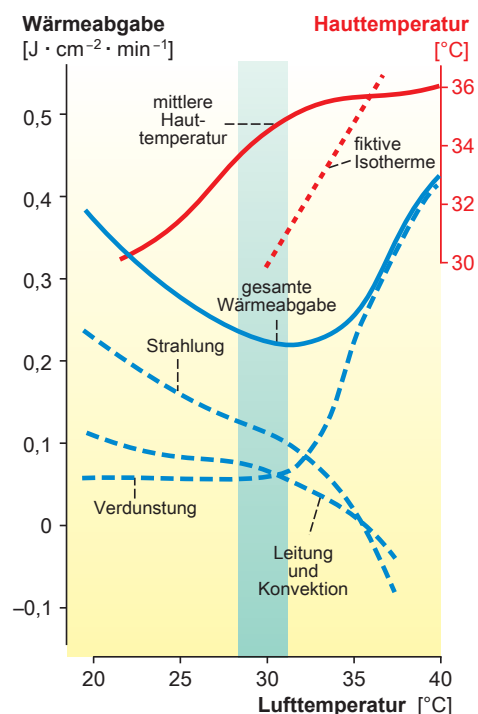


Abb. 1.2 Gesamtwärmeabgabe und ihre Teilkomponenten sowie mittlere Hauttemperatur bei verschiedenen Lufttemperaturen (Windgeschwindigkeit 0,1 m/s, relative Feuchtigkeit 50 %) für den unbedeckten Erwachsenen unter Ruhebedingungen. Gesamtwärmeabgabe und Teilkomponenten (blaue durchgezogene und gestrichelte Kurven, linke Ordinate), mittlere Hauttemperatur (rote durchgezogene Kurve, rechte Ordinate), Indifferenzbereich (grün), fiktive Isotherme von Haut und Lufttemperatur (gepunktete rote Linie). [L106]

cholinerg gesteuert); wichtig bei schwerer körperlicher Arbeit und in der Sauna

Die Anteile der verschiedenen Mechanismen bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen sind in > Abb. 1.2 dargestellt.

1.3.4 Temperaturregulation

Der Mensch ist darauf angewiesen, seine Kerntemperatur in einem Bereich zwischen 36,4 und 37,4°C zu halten. Dazu steht ihm ein ausgeklügeltes **Regulationssystem** zu Verfügung, das die Wärme-produktion, -aufnahme und -abgabe anpasst. Gelingt ihm dies nicht, können Hyper- oder Hypothermie die Folge sein. Umgebungseinflüsse, die das Regulationssystem überfordern, sind z. B. extreme Hitze oder Kälte, der schnelle Wärmeverlust in kaltem Wasser, oder die Wärmeaufnahme nach Strahlung bei Reaktorunfällen.

Die **Körperkerntemperatur** wird konstant von zentralen und dermalen Thermosensoren überwacht und in der Area praeoptica im frontalen **Hypothalamus** verarbeitet. Die Information wird dort mit einem Sollwert verglichen, der Normaltemperatur. Ist die gemessene Temperatur zu hoch, werden Mechanismen zur Wärmeabgabe eingeleitet, andererseits zur Wärmekonservierung und -erzeugung. Folgende Mechanismen spielen eine Rolle (> Abb. 1.3):

- Eine vermehrte oder verminderte **Durchblutung** der Extremitäten und der Haut, vermittelt durch den sympathisch gesteuerten Gefäßtonus.
- Vermehrte oder verminderte Aktivierung der ekkrinen **Schweißdrüsen**, welche cholinerg sympathisch innerviert werden: ACh bindet an postsynaptische muskarinerge Rezeptoren (v. a. M3).
- **Kältezittern**.
- Kognitiv gesteuerte **Verhaltensanpassung**.

Bei Kleinkindern und älteren Menschen ist das Risiko einer Temperaturentgleisung, insbesondere einer Unterkühlung, aber auch einer Überwärmung erhöht. Dies liegt bei Neugeborenen und Kleinkindern an der relativ zum Körpergewicht vergrößerten Körperoberfläche, den geringen Energiereserven und dem kaum vorhandenen Unterhautfettgewebe, welche das braune Fettgewebe nicht ausgleichen kann. Beim älteren Menschen spielen eine herabgesetzte Stoffwechselrate und verminderte Vasomotorik eine Rolle.

1.3.5 Akklimatisation

Der menschliche Organismus kann sich in begrenzter Weise an das Klima in seiner Umgebung **adaptieren**. Die größte Bedeutung haben hier **Verhaltensänderungen** (Bekleidung, Behausung,

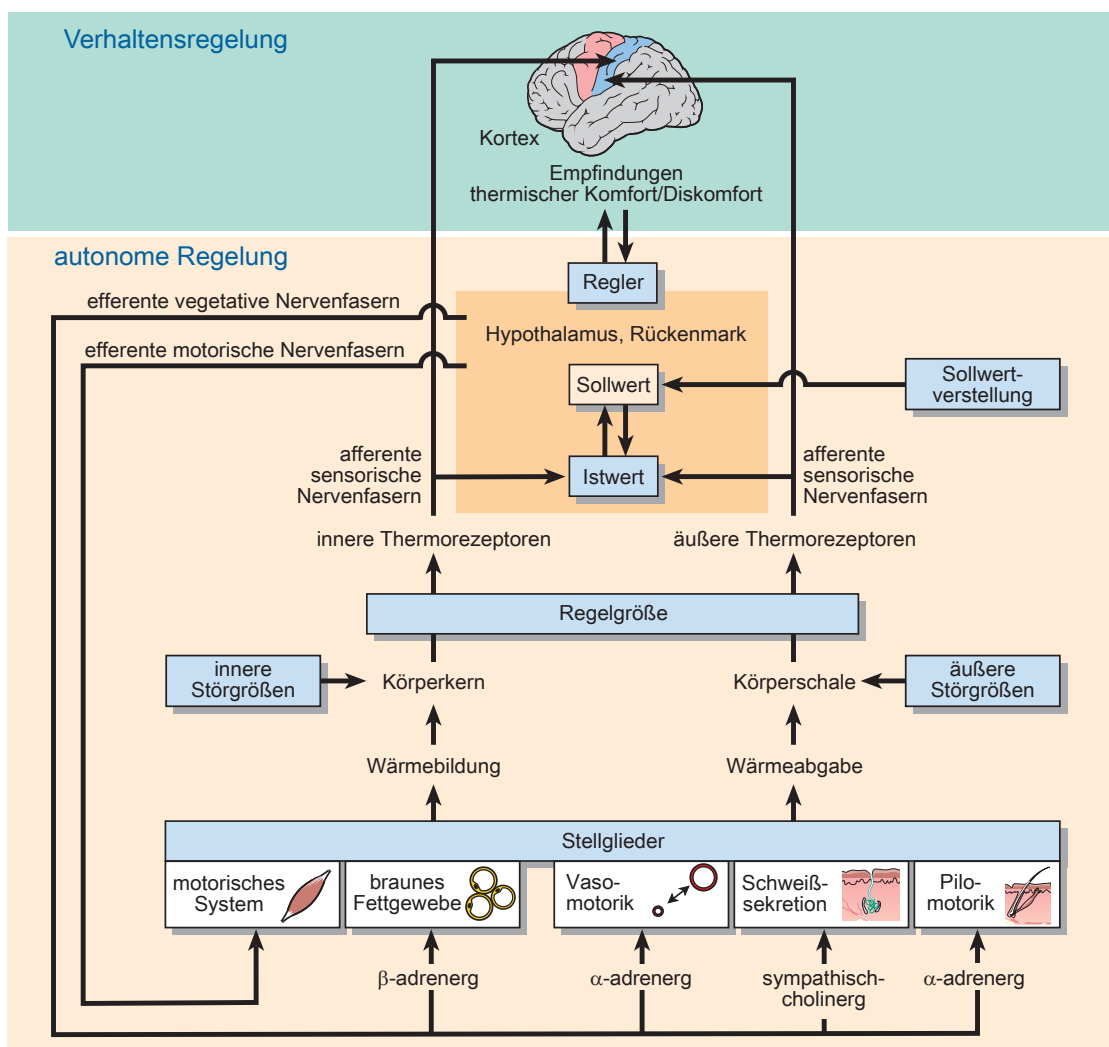


Abb. 1.3 Temperaturregulation [L106]

Die Bände der Reihe „Vorklinik Finale“

