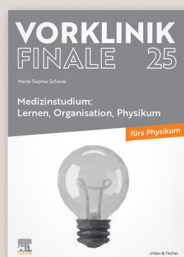
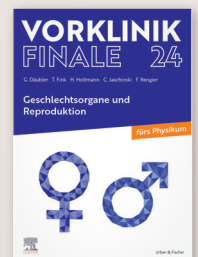
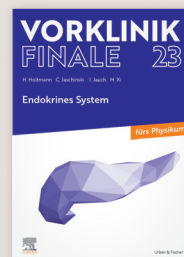
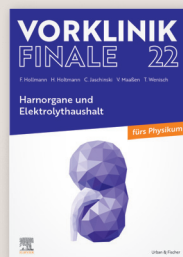
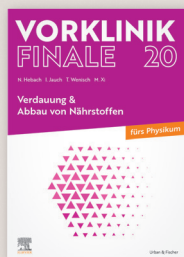
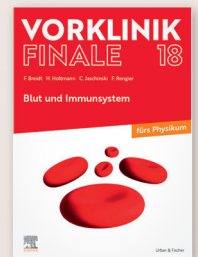
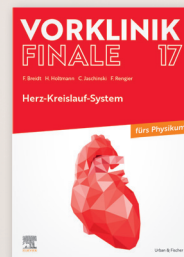
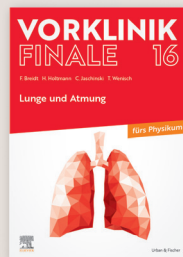
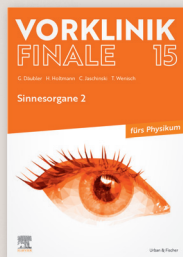
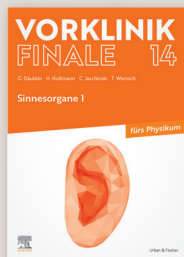
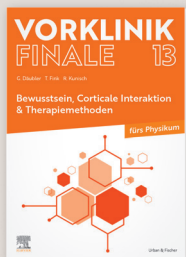
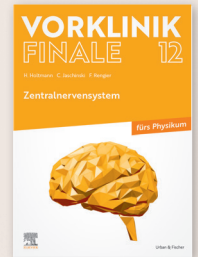
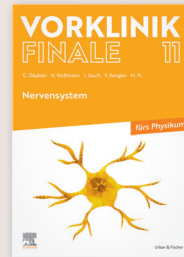
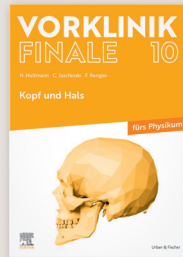
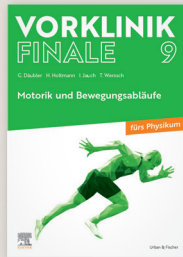
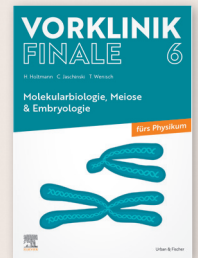
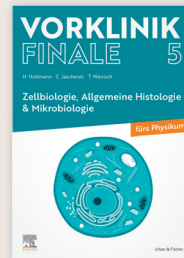
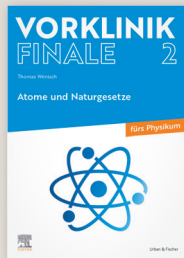


# VORKLINIK FINALE

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.



Nils Hebach, Vanessa Maaßen, Michelle Xi

Vorklinik Finale 21

# Energiestoffwechsel & Anabole Stoffwechselwege

1. Auflage

Unter Verwendung von Inhalten von:  
Fabian Bock, Maximilian Pfau



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Citratzyklus und Atmungskette</b> .....	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>Nukleotidstoffwechsel</b> .....	<b>27</b>
1.1	Pyruvatdehydrogenasekomplex .....	1	4.1	Purinstoffwechsel .....	27
1.2	Citratzyklus .....	3	4.2	Pyrimidinstoffwechsel .....	31
1.3	Atmungskette und oxidative Phosphorylierung ...	6	4.3	Synthese der Desoxyribose-Formen .....	33
<b>2</b>	<b>Gluconeogenese und Glykogenstoffwechsel</b> .....	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>Stoffwechsel der Leber</b> .....	<b>35</b>
2.1	Gluconeogenese .....	11	5.1	Funktion und Anatomie der Leber .....	35
2.2	Glykogenstoffwechsel .....	14	5.2	Biotransformation .....	37
<b>3</b>	<b>Lipidsynthese</b> .....	<b>17</b>	5.3	Alkoholstoffwechsel .....	38
3.1	Fettsäuresynthese .....	17	5.4	Galle und Gallensäuren .....	40
3.2	Lipogenese .....	18	5.5	Bilirubinstoffwechsel .....	42
3.3	Cholesterinsynthese .....	19	<b>6</b>	<b>Fettgewebe</b> .....	<b>45</b>
3.4	Lipoproteinstoffwechsel .....	20	6.1	Braunes und weißes Fettgewebe .....	45
3.5	Synthese der Membranlipide .....	24	6.2	Hormone und Fettgewebe .....	46
			6.3	Lipidhaushalt .....	47
				<b>Register</b> .....	<b>49</b>

# 1

## Citratzyklus und Atmungskette

### 1.1 Pyruvatdehydrogenasekomplex

Nils Hebach, Voraufgabe: Maximilian Pfau



Das Pyruvat aus der Glykolyse gelangt mittels eines **Pyruvat-/H<sup>+</sup>-Symporters** in die **mitochondriale Matrix**. Damit Pyruvat in den Citratzyklus eingeschleust werden kann, muss es dort in Acetyl-CoA umgewandelt werden (> Abb. 1.1). Diese Reaktion wird von einem **Multienzymkomplex** namens **Pyruvatdehydrogenasekomplex** katalysiert. Da es sich um eine stark exergone Reaktion handelt, ist dieser Schritt **irreversibel**.

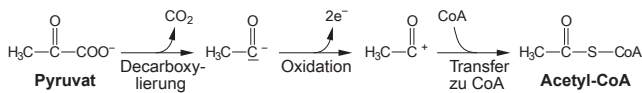


Abb. 1.1 Die Gesamtreaktion des Pyruvatdehydrogenasekomplexes [0523]

#### 1.1.1 Reaktionsschritte

Der Pyruvatdehydrogenasekomplex besteht aus mehreren Kopien dreier Enzym-Untereinheiten (E1–E3), die jede für sich eine Teilreaktion katalysieren.

#### Pyruvatdehydrogenase (E1)

Die erste Enzymuntereinheit enthält aktiviertes **Thiaminpyrophosphat** (Vitamin B<sub>1</sub>) als Co-Enzym. Das sehr reaktive C2-Atom des Thiazolrings bildet eine kovalente Bindung mit der Ketogruppe des Pyruvats aus.

Durch Mesomeriestabilisierung wird der Pyruvatrest anschließend unter Freisetzung von CO<sub>2</sub> **decarboxyliert** (> Abb. 1.2). Es entsteht ein Hydroxyethyl-Rest.

#### Dihydrolipoyl-Transacetylase (E2)

Im nächsten Schritt wird der C<sub>2</sub>-Körper auf den Co-Faktor **Liponamid** übertragen und dabei **oxidiert**. Es entsteht S-Acetyl-Hydroliponamid (> Abb. 1.2).

Nun wird der Acetyl-Rest auf CoA übertragen und es entsteht der **energiereiche Thioester Acetyl-CoA**.

#### Dihydrolipoyl-Dehydrogenase (E3)

Das **Dihydroliponamid** muss wieder zu **Liponamid oxidiert** werden. Dabei wird FAD<sup>+</sup> zu FADH<sub>2</sub> reduziert (> Abb. 1.2). FADH<sub>2</sub> gibt anschließend seine Elektronen an NAD<sup>+</sup> weiter. So entsteht letztendlich NADH + H<sup>+</sup>.

#### 1.1.2 Regulation

##### Produktthemmung

Der Pyruvatdehydrogenasekomplex wird durch seine Produkte gehemmt, also durch Acetyl-CoA und NADH/H<sup>+</sup> (> Abb. 1.3).

##### Interkonvertierung

Im Pyruvatdehydrogenasekomplex ist sowohl eine **Kinase** als auch eine **Phosphatase** enthalten, sodass er sich selbst ATP-abhängig phosphorylieren und auch dephosphorylieren kann. Der Komplex ist dephosphoryliert aktiv und phosphoryliert inaktiv (> Abb. 1.3). Aktivatoren der Pyruvatdehydrogenasekomplex-Kinase sind Acetyl-CoA und NADH/H<sup>+</sup>.

#### MERKE

Da sich der Pyruvatdehydrogenasekomplex in der mitochondrialen Matrix befindet, ist er nicht cAMP-gesteuert.

#### CHECK-UP

- Nenne die fünf Co-Faktoren des Pyruvatdehydrogenasekomplexes?
- Wann liegt der Pyruvatdehydrogenasekomplex phosphoryliert und somit inaktiv vor?

#### Jetzt bist du dran!

##### Überblick gewinnen

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

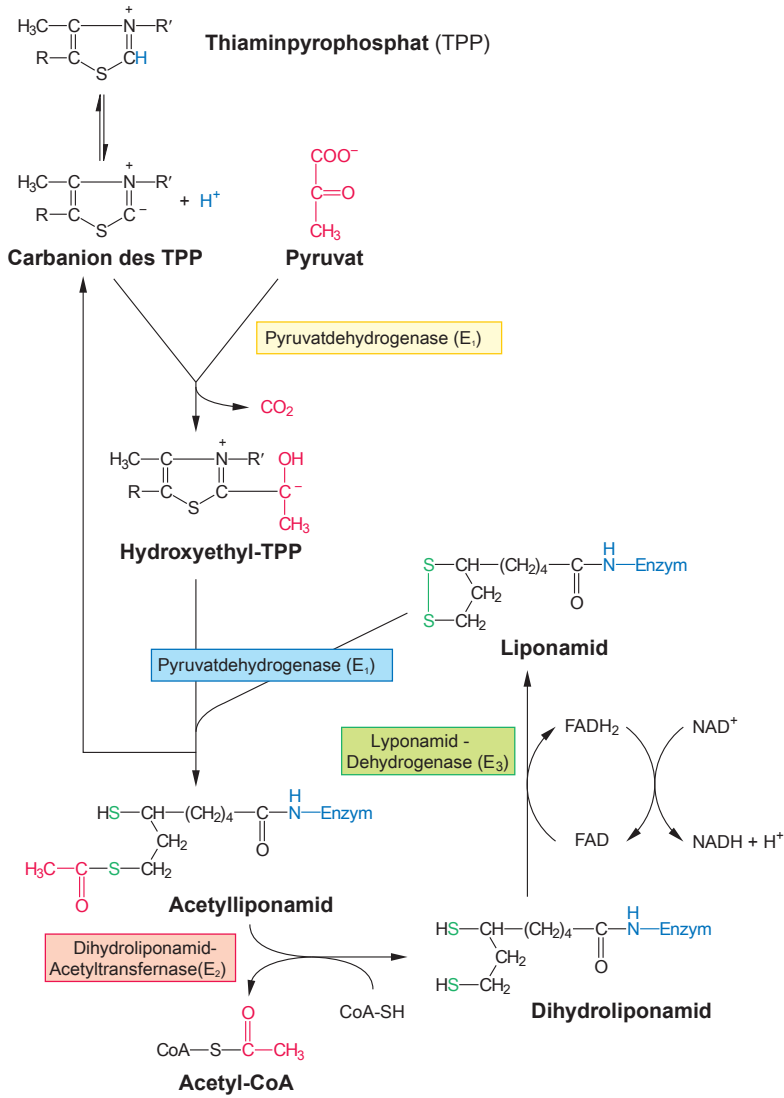


Abb. 1.2 Die einzelnen Reaktionsschritte des Pyruvatdehydrogenasekomplexes im Detail [0523]

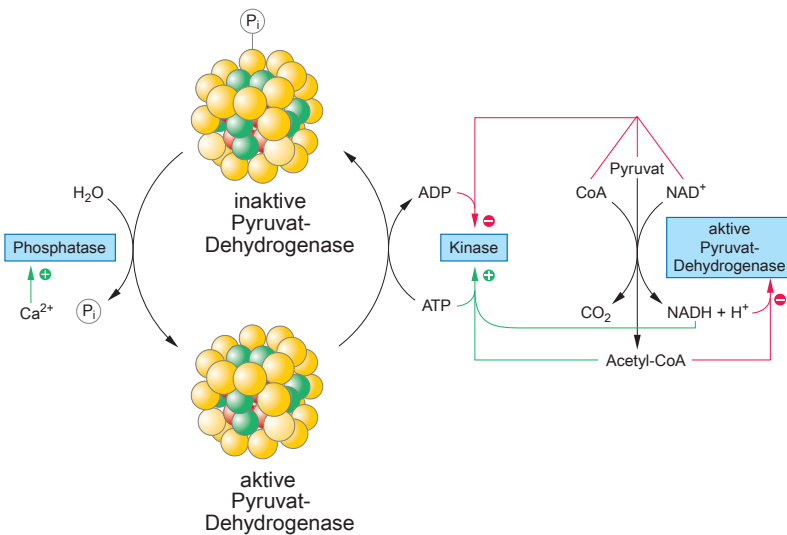


Abb. 1.3 Regulation des Pyruvatdehydrogenasekomplexes [0523]

## 1.2 Citratzyklus

Nils Hebach, Voraufgabe: Maximilian Pfau



Die Aufgabe des Citratzyklus ist es, **Acetyl-CoA** oxidativ vollständig zu  $\text{CO}_2$  abzubauen. Die bei den Oxidationsschritten frei werdenden Elektronen werden in Form von  $\text{NADH} + \text{H}^+$  und  $\text{FADH}_2$  fixiert. Zusätzlich wird durch Substratkettenphosphorylierung ein **GTP** gebildet. Der Citratzyklus findet in der **mitochondrialen Matrix** statt.

Kohlenhydrate werden in der Glykolyse in Pyruvat und über den Pyruvatdehydrogenasekomplex in Acetyl-CoA umgewandelt und dann in den Citratzyklus eingespeist. Fette können direkt als Acetyl-CoA in den Citratzyklus einfließen, während Aminosäuren an verschiedenen Stellen einfließen können.

### 1.2.1 Reaktionen des Citratzyklus

Zum besseren Verständnis kann man sich den Citratzyklus in zwei Teile gliedern:

- **Oxidativer Acetyl-CoA-Abbau:** Alle Reaktionen bis zum Succinat dienen dem oxidativen Abbau des  $\text{C}_2$ -Körpers Acetyl-CoA. Insgesamt entstehen in diesem Teil 2  $\text{CO}_2$ , 2  $\text{NADH} + \text{H}^+$  und 1 **GTP**.
- **Oxalacetat-Regeneration:** Succinat wird durch Oxidation, Hydratisierung und erneute Oxidation wieder in Oxalacetat umgewandelt. Dabei entstehen 1  $\text{FADH}_2$  und 1  $\text{NADH} + \text{H}^+$ .

#### Oxidativer Acetyl-CoA-Abbau

- Im ersten Schritt reagiert Acetyl-CoA mit Oxalacetat und  $\text{H}_2\text{O}$  zu Citrat ( $\text{>}$  Abb. 1.4). Citrat ist ein tertiärer Alkohol und lässt

sich nicht oxidieren. Die Reaktion wird durch die **Citrat synthase** katalysiert.

- Da sich Citrat als tertiärer Alkohol nicht oxidieren lässt, wird es mithilfe der **Aconitase** durch Wasserumlagerung in cis-Aconitat und anschließend in Isocitrat umgewandelt. Isocitrat ist ein sekundärer Alkohol.
- $\text{NAD}^+$ -abhängig wird Isocitrat durch die **Isocitrat-Dehydrogenase** zu dem Keton Oxalsuccinat oxidiert. Oxalsuccinat zerfällt anschließend unter Abgabe von  $\text{CO}_2$  zu  $\alpha$ -Ketoglutarat. Bei dieser Reaktion entsteht das erste  $\text{NADH} + \text{H}^+$ .
- $\alpha$ -Ketoglutarat wird schließlich mithilfe der  **$\alpha$ -Ketoglutarat-Dehydrogenase** durch dehydrierende Decarboxylierung zu Succinyl-CoA oxidiert. Bei dieser Reaktion wird das zweite  $\text{CO}_2$  frei und es entsteht ein weiteres  $\text{NADH} + \text{H}^+$ . Der  $\alpha$ -Ketoglutarat-Dehydrogenasekomplex (OGDC) weist sowohl strukturell als auch funktionell große Ähnlichkeiten mit dem Pyruvatdehydrogenasekomplex (PDC) auf ( $\text{>}$  Tab. 1.1).

Tab. 1.1 Vergleich OGDC und PDC

Untereinheiten OGDC	Untereinheiten PDC
$\alpha$ -Ketoglutarat-Dehydrogenase ( $E_1$ )	Pyruvatdehydrogenase ( $E_1$ )
Dihydroliipoamid-Succinyltransferase ( $E_2$ )	Dihydroliipo-Transacetylase ( $E_2$ )
Dihydroliipoamid-Dehydrogenase ( $E_3$ )	Dihydroliipo-Dehydrogenase ( $E_3$ )

#### Regeneration von Oxalacetat

- Die Energie der Thioesterbindung, die bei der Abspaltung von CoA von Succinyl-CoA frei wird, wird durch Substratkettenphosphorylierung in **GTP** fixiert. Übrig bleibt neben **GTP**, CoA-SH und Succinat ( $\text{>}$  Abb. 1.5). Die Reaktion wird durch die **Succinyl-CoA-Synthetase** katalysiert.

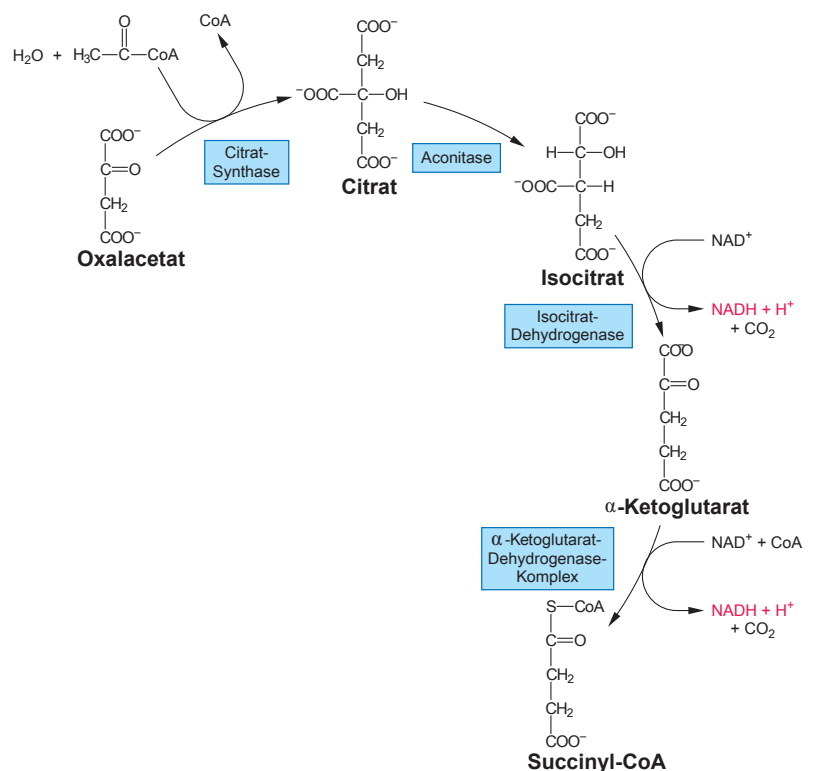


Abb. 1.4 1. Teil des Citratzyklus: Oxidativer Abbau des Acetyl-CoA [0523]

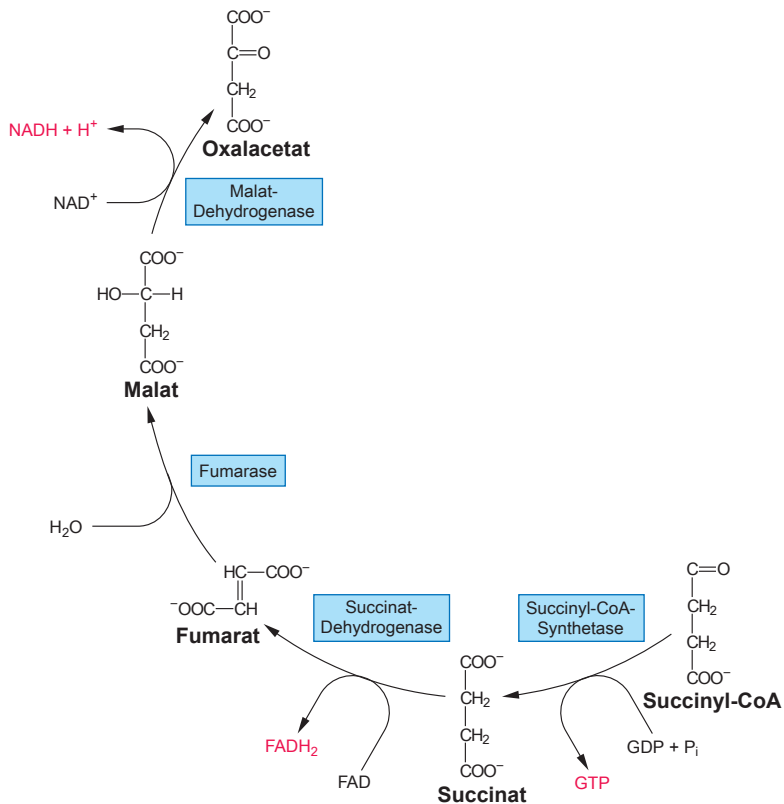


Abb. 1.5 2. Teil des Citratzyklus: Regeneration von Oxalacetat [0523]

- Die **Succinat-Dehydrogenase**, die auch ein Teil der Atmungskette ist, oxidiert Succinat FAD-abhängig zu Fumarat. Dabei entsteht ein **FADH<sub>2</sub>**.
- Nun wird Fumarat durch die **Fumarase** hydratisiert. Es bildet sich Malat.
- Malat wird im letzten Schritt durch die **Malat-Dehydrogenase** NAD<sup>+</sup>-abhängig oxidiert. Dabei entstehen das letzte **NADH + H<sup>+</sup>** und Oxalacetat. Der Zyklus kann dann wieder von vorne beginnen.

### KLINIK

Folgende Reaktionen des Citratzyklus laufen nach diesem Prinzip ab:

- **1. Oxidation:** Es kommt zur Einführung einer Doppelbindung. Hierbei wird ein Reduktionsäquivalent gewonnen (NADH/H<sup>+</sup> oder FADH<sub>2</sub>).
- **Hydratisierung:** Eine Hydratisierung führt zur Bildung einer Alkoholgruppe.
- **2. Oxidation:** Die Alkoholgruppe wird zu einer Carbonylgruppe oxidiert. Ein weiteres Reduktionsäquivalent wird gewonnen.

Das Muster dieser aufeinanderfolgenden Reaktion findet sich sowohl im **Citratzyklus** als auch bei der **β-Oxidation**. In umgekehrter Form findet sich das Muster bei der Fettsäure-Biosynthese.

## 1.2.2 Bilanz des Citratzyklus

Im Citratzyklus wird ein Acetylrest vollständig oxidiert:

In folgenden Schritten wird Energie fixiert:

- 3 NADH + H<sup>+</sup>
  - **Isocitrat-Dehydrogenase**
  - **α-Ketoglutarat-Dehydrogenase**
  - **Malat-Dehydrogenase**
- 1 FADH<sub>2</sub>
  - **Succinat-Dehydrogenase**

- 1 GTP

– **Succinyl-CoA-Synthetase**

Pro NADH + H<sup>+</sup> werden in der Atmungskette ca. 2,3 ATP gewonnen, pro FADH<sub>2</sub> sind es 1,5 ATP. Es werden somit pro Citratzyklus 9 ATP und 1 GTP gewonnen, also insgesamt **10 energiereiche Triphosphate**.

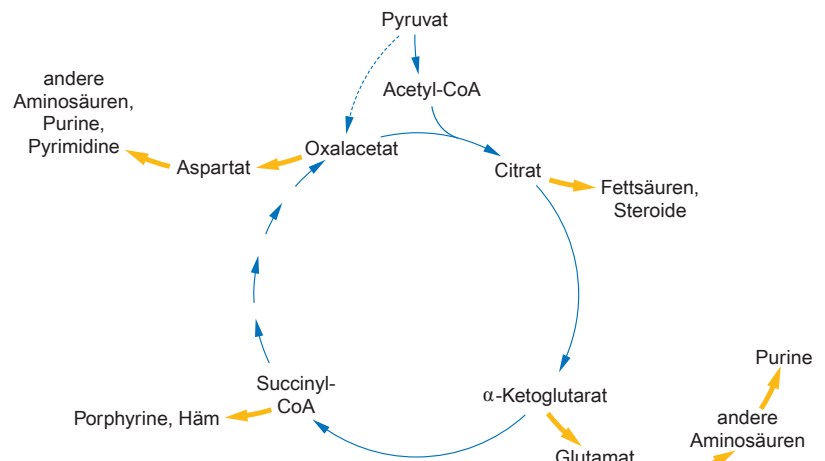
## 1.2.3 Regulation des Citratzyklus

Besonders die stark exergonen Teilschritte des Citratzyklus werden reguliert. Dazu zählen die Reaktionen, die durch die **Citrat-synthase**, die **Isocitrat-Dehydrogenase** und die **α-Ketoglutarat-Dehydrogenase** katalysiert werden. Auch die Succinat-Dehydrogenase wird stark reguliert. Die Regulation erfolgt über drei Mechanismen:

- **Produktthemung:** Die Citratsynthase wird durch Citrat gehemmt, die **Isocitrat-Dehydrogenase** und die **α-Ketoglutarat-Dehydrogenase** durch NADH.
- **Aktivatoren:** ADP, Mg<sup>2+</sup> und Mn<sup>2+</sup> sind allosterische Aktivatoren der Isocitrat-Dehydrogenase.
- **Inhibitoren (Rückkopplung):** Neben der direkten Produktinhibition hemmen auch später folgende Stoffwechselintermediate manche Enzyme. Die meisten Enzyme des Citratzyklus lassen sich durch ATP hemmen. Die Succinat-Dehydrogenase wird durch Oxalacetat gehemmt.

## 1.2.4 Zentrale Rolle des Citratzyklus

Im Citratzyklus werden nicht nur Reduktionsäquivalente für die Atmungskette gewonnen, die Intermediate des Citratzyklus gehen auch in andere Stoffwechselwege ein (➤ Abb. 1.6).



**Abb. 1.6** Anabole Synthesen ausgehend vom Citratzyklus [0523]

## Anabole Reaktionen

- **Citrat:** Da Acetyl-CoA die mitochondriale Matrix nicht verlassen kann, reagiert es zusammen mit Oxalacetat zu Citrat. Dieses Citrat kann anschließend ins Zytosol. Dort wird es wieder in Oxalacetat und Acetyl-CoA gespalten und bildet die Grundlage für die Synthese von Fettsäuren und Cholesterin.
- **α-Ketoglutarat:** α-Ketoglutarat bildet die Grundlage für die Aminosäuren Glutamat, Glutamin und Prolin. Außerdem wird aus Glutamat der Neurotransmitter GABA synthetisiert.
- **Succinyl-CoA:** Zusammen mit Glycin kondensiert Succinyl-CoA zu δ-Aminolävulinat und bildet so die Grundlage für die Häm-Biosynthese.
- **Oxalacetat:** Durch Transaminierung entsteht aus der α-Ketosäure Oxalacetat die Aminosäure Aspartat. Oxalacetat verbindet den Citratzyklus also mit dem Harnstoffzyklus.

## Katabole Reaktionen

Neben zahlreichen anabolen Reaktionen enden auch einige katabole Reaktionen im Citratzyklus, deshalb ist der Citratzyklus **amphibol**. Zu diesen katabolen Reaktionen gehört beispielsweise der Aminosäureabbau.

## Anaplerotische Reaktionen

Da dem Citratzyklus ständig Intermediate für anabole Reaktionen entnommen werden, muss er wieder aufgefüllt werden. Diese Auf-

füllreaktionen werden auch **anaplerotische Reaktionen** genannt. Vor allem das Enzym **Pyruvatcarboxylase** spielt dabei eine wichtige Rolle:

Pyruvat kann mittels Glykolyse fast beliebig nachgeliefert werden. Weitere wichtige Enzyme sind die Aminotransferasen und das Malatenzym. Außerdem fließen Kohlehydratgerüste aus dem Aminosäureabbau in den Citratzyklus ein.

## CHECK-UP

- Nenne alle Schritte des Citratzyklus, bei denen  $\text{CO}_2$  frei, ein Reduktionsäquivalent oder ein energiereiches Triphosphat gewonnen wird.
- Wie wird der Citratzyklus reguliert?
- Was versteht man unter anaplerotischen Reaktionen?

## Jetzt bist du dran!

### Überblick gewinnen

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

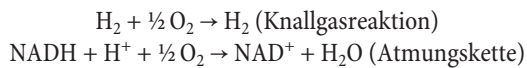
## 1.3 Atmungskette und oxidative Phosphorylierung

Nils Hebach, Voraufgabe: Maximilian Pfau

### Biochemie

Nur ein sehr kleiner Teil der im Stoffwechsel frei werdenden Energie wird direkt durch Substratkettenphosphorylierung in Triphosphaten fixiert. Der Großteil der Energie, der in der Glykolyse,  $\beta$ -Oxidation und dem Citratzyklus frei wird, wird in Co-Enzymen wie NADH oder FADH<sub>2</sub> fixiert.

Die Redoxreaktion der Co-Enzyme mit Sauerstoff ähnelt der Knallgasreaktion:



Die Energiebeträge, die bei dieser Oxidation von NADH und FADH<sub>2</sub> und der Reduktion des Sauerstoffs frei werden, sind weit aus höher als die  $-32,3 \text{ kJ/mol}$  der ATP-Hydrolyse.

### MERKE

Die Aufgabe der Atmungskette besteht darin, die Energie von NADH und FADH<sub>2</sub> in kleinere Stücke aufzuteilen. Dies geschieht, indem die bei der Oxidation der Co-Enzyme frei werdende Energie in der **oxidativen Phosphorylierung** zur ATP-Gewinnung genutzt wird.

### 1.3.1 Atmungskette

Die Atmungskette selbst besteht aus den Proteinkomplexen I–IV. Diese Enzyme sind in die innere Mitochondrienmembran eingelagert und katalysieren die Redoxreaktionen der Atmungskette (> Abb. 1.7).

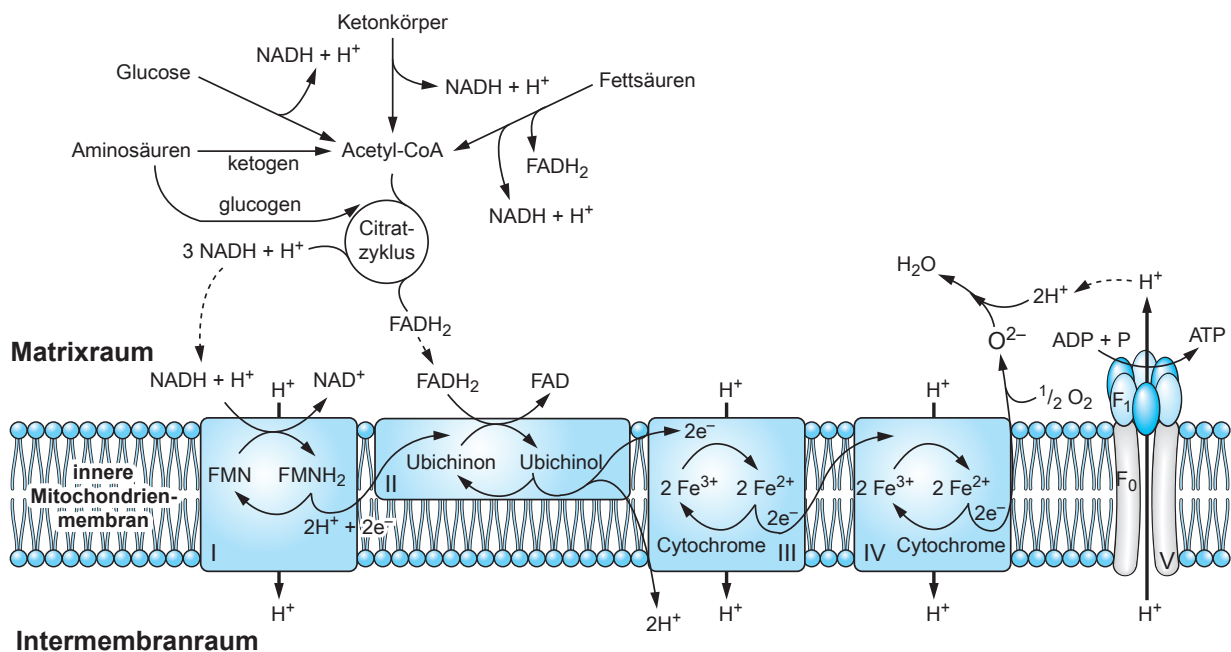


Abb. 1.7 Die Atmungskette und die oxidative Phosphorylierung [0523]

### Komplex I: NADH-Ubichinon-Oxidoreduktase

Der Komplex I überträgt von NADH/H<sup>+</sup> 2 Protonen und 2 Elektronen auf Ubichinon (Co-Enzym Q), das dabei zu Ubichinol reduziert wird.

Die prosthetische Gruppe von Komplex I ist Flavinmononucleotid (FMN), das zunächst die Elektronen von NADH/H<sup>+</sup> aufnimmt und dabei zu FMNH<sub>2</sub> reduziert wird. Die Elektronen werden anschließend an Eisen-Schwefel-Cluster weitergegeben und zuletzt auf Ubichinon übertragen. Gleichzeitig werden 4 Protonen in den Intermembranraum gepumpt.

### Komplex II: Succinat-Ubichinon-Oxidoreduktase

Komplex II ist auch Teil des Citratzyklus und wird auch Succinat-Dehydrogenase genannt. Bei der Oxidation von Succinat werden die Elektronen zunächst auf FAD übertragen, welches so zu FADH<sub>2</sub> reduziert wird. Danach durchlaufen die Elektronen wiederum Eisen-Schwefel-Cluster und werden zusammen mit 2 Protonen in Form von Ubichinol fixiert.

### MERKE

Als einziger Proteinkomplex der Atmungskette befördert der Komplex II keine Protonen in den Intermembranraum und ist somit nicht direkt am Aufbau des Protonengradienten beteiligt.

### Ubichinol als Sammelpool

Ubichinon kann nicht nur in der Atmungskette zu Ubichinol reduziert werden:

- **Glycerophosphatzyklus:** Zytosolisches NADH/H<sup>+</sup> aus der Glykolyse reduziert Dihydroxyacetonphosphat zu Glycerophosphat. Diese Reaktion wird von der Glycerophosphatdehydrogenase katalysiert. Anschließend wird das Glycerophosphat an



# Die Bände der Reihe „Vorklinik Finale“

