



# Modulhandbuch

1. Semester | WS 2022/23

Modul 4 **Signal- und  
Informationssysteme**

## Impressum

**Herausgeber:**

Charité - Universitätsmedizin Berlin  
Prodekanat für Studium und Lehre  
Semesterkoordination Modellstudiengang Medizin  
Charitéplatz 1, 10117 Berlin  
Tel.: 030 / 450 - 528 384  
Fax: 030 / 450 - 576 924  
eMail: semesterkoordination-msm@charite.de

**Konzept:**

Charité - Universitätsmedizin Berlin  
Prodekanat für Studium und Lehre  
Projektsteuerung Modellstudiengang Medizin  
Charitéplatz 1, 10117 Berlin

**Datum der Veröffentlichung:**

26.09.2022

**Grafik:**

Christine Voigts ZMD Charité

**Foto:**

Sebastian Kaulitzki - fotolia

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Überblick über das Modul</b>	6
<b>2. Semesterplan</b>	7
<b>3. Modul-Rahmencurriculum</b>	8
<b>4. Modulplan</b>	9
<b>5. Übersicht über die Unterrichtsveranstaltungen</b>	10
5.1. Ionen als Botenstoffe	10
5.2. Intra- und interzelluläre Signalwege	11
5.3. Systemische Signalwege	12
<b>6. Beschreibung der Unterrichtsveranstaltungen</b>	13
6.1. Warum Lernziele?	13
6.2. Erläuterung zum Beschreibungskonzept	14
<b>7. Unterrichtsveranstaltungen</b>	15
<b>8. Vorbereitung auf das Folgemodul - Modul 5</b>	60
<b>9. Veranstaltungsorte - Lagepläne der Charité-Campi</b>	61

## Modul "Signal- und Informationssysteme"

### Einführung

Datum Freitag, 20. Januar 2023

Zeit 12:00 bis 12:30 Uhr

Ort Kopsch-Hörsaal (Waldeyer-Haus), Philippstr. 11

### Abschluss

Datum Freitag, 10. Februar 2023

Zeit 14:15 bis 15:30 Uhr

Ort Hörsaal Innere Medizin (Südflügel), Sauerbruchweg 2

### Modulverantwortliche:

#### **Prof. Dr. Jörg Geiger**

Institut für Neurophysiologie

Tel: 450 - 539 730, Sekretariat: 450 - 528 152

eMail: joerg.geiger@charite.de

#### **Prof. Dr. Martin Holtkamp**

Klinik für Neurologie CCM

Tel: 450 - 660 256

eMail: martin.holtkamp@charite.de

#### **Prof. Dr. Lutz Schomburg**

Institut für Experimentelle Endokrinologie

Tel: 450 - 524 289

eMail: lutz.schomburg@charite.de

#### **Simon Sperl**

Studierende der Charité

eMail: simon-filip.sperl@charite.de

**Modulsekretariat:****Margret Kretschmer**

Institut für Biochemie

*Tel:* 450 - 528 012

*eMail:* margarete.kretschmer@charite.de

*Sprechzeiten:* Mittwoch, 12:00 – 15:00 Uhr

**Semesterkoordinator\*in:****Dr. Axel Schunk**

Abteilung für Curriculumsorganisation

*Tel:* 450 - 528 384

*eMail:* axel.schunk@charite.de

**Studentische Ansprechpartner\*innen Medienerstellung/Lehrplattform:****Marlen Soika-Weiß & Nicole Piaskowski**

Studierende der Charité

*Tel:* 450 - 676 164

*eMail:* medien-lehre@charite.de

## 1. Überblick über das Modul

Liebe Studierende des 1. Semesters,

im Mittelpunkt dieses Moduls stehen die biophysikalischen und biochemischen Mechanismen, die der intra- und interzellulären Signal- und Informationsübertragung zugrunde liegen. Der Mensch ist ein multizellulärer Organismus mit verschiedenen Zelltypen und Geweben, die spezifische Funktionen bei der Aufrechterhaltung des Organismus erfüllen und seiner Interaktion mit der Umwelt dienen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, bedarf es spezieller Signal- und Informationssysteme wie z.B. des Nervensystems und des Hormonsystems. Die Grundkonzepte dieser Informationssysteme werden in diesem Modul eingeführt. Der Schwerpunkt liegt dabei – aufbauend auf den Modulen 2 und 3 – auf den zellulären Signalprozessen.

Viele Erkrankungen sind auf Störungen der Signalverarbeitung zurückzuführen. Gleichzeitig erlaubt das Verständnis der Mechanismen der Signalverarbeitung und ihrer molekularen Komponenten die Entwicklung und den Einsatz therapeutischer Strategien. Störungen von Signalprozessen als Krankheitsursache und deren pharmakologische Beeinflussung werden an ausgewählten Beispielen vorgestellt.

Das Modul 4 gliedert sich in drei aufeinander aufbauende Modulwochen:

Das Motto der 1. Modulwoche lautet „**Ionen als Botenstoffe**“. Hier wird in die Entstehung und Weiterleitung elektrischer Signale an biologischen Membranen innerhalb einer Zelle eingeführt. Schwerpunkte sind die biophysikalischen Prinzipien der elektrischen Signalprozesse, die Bedeutung und Aufrechterhaltung von Ionenmilieus und die beteiligten Ionenkanäle und Transportproteine.

Das Motto der 2. Modulwoche lautet „**Intra- und interzelluläre Signalwege**“. Hier wird in die biochemische und elektrische Signalverarbeitung von Zellen und zwischen Zellen eingeführt. Schwerpunkte sind die Wirkung von Signalmolekülen (z. B. Hormone und Neurotransmitter) an spezifischen Rezeptoren in der Zellmembran oder innerhalb der Zelle, die Grundprinzipien der dadurch ausgelösten intrazellulären Signalverarbeitung und die pharmakologische Beeinflussung der Signalverarbeitung.

Das Motto der 3. Modulwoche lautet „**Systemische Signalwege**“. Hier werden die strukturellen und funktionellen Grundlagen von Zell-Zell-Interaktionen aus Woche 2 aufgegriffen und vertieft. Die intra- und interzellulären Signalverarbeitungsprinzipien werden in den Kontext der Funktion für den Gesamtorganismus gestellt, insbesondere am Beispiel endokriner Signalwege. Schwerpunkte der dritten Woche sind die Aufrechterhaltung der organismischen Homöostase und die Hierarchie endokriner Gewebe.

Dieses Modul führt Sie somit mit zunehmender Komplexität in das Thema Signal- und Informationssysteme ein. Es bildet den ersten Baustein für dieses Thema in der Lernspirale. Zumindest als Aspekt wird diese Thematik in fast jedem weiterführenden Modul vertreten sein.

## 2. Semesterplan

Wintersemester 2022/23							
Monat	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Wochenrhythmus	Zyklus
Oktober	17	18	19	20	21	1. Woche	A
Oktober	24	25	26	27	28	2. Woche	B
November	31	1	2	3	4	3. Woche	A
November	7	8	9	10	11	4. Woche	B
November	14	15	16	17	18	5. Woche	A
November	21	22	23	24	25	6. Woche	B
Nov./Dez.	28	29	30	1	2	7. Woche	A
Dezember	5	6	7	8	9	8. Woche	B
Dezember	12	13	14	15	16	9. Woche	A
	19	20	21	22	23		B
	26	27	28	29	30		A
Januar	2	3	4	5	6	10. Woche	B
Januar	9	10	11	12	13	11. Woche	A
Januar	16	17	18	19	20	12. Woche	B
Januar	23	24	25	26	27	13. Woche	A
Jan./Feb.	30	31	1	2	3	14. Woche	B
Februar	6	7	8	9	10	15. Woche	A
Februar	13	14	15	16	17	Prüfungswoche	B
Februar	20	21	22	23	24	Prüfungswoche	A

### 3. Modul-Rahmencurriculum

Die übergeordneten Rahmen-Lernziele des Moduls „Signal- und Informationssysteme“ lauten entsprechend der Studienordnung für den Modellstudiengang Medizin der Charité:

Die Studierenden sollen:

- Bedeutung von Ladungsträgern (Ionen) und Ionenmilieus für Informationsprozesse erläutern können,
- Prinzipien der intrazellulären Signaltransduktion erläutern können,
- Grundkonzepte der inter-zellulären Informationsübertragung erläutern können (direkter Zellkontakt, Botenstoffe, elektrische Signalübertragung),
- Bedeutung humoraler und nervaler Zellkommunikation für die Homöostase des menschlichen Organismus erläutern können,
- Störungen von Signalprozessen als Krankheitsursache und deren pharmakologische Beeinflussung beispielhaft erläutern können.



## 4. Modulplan

	Semesterwoche 1-4				Semesterwoche 5-8				Semesterwoche 9-12				Semesterwoche 13-16				
S10	Blockpraktikum Allgemeinmedizin, Notfallmedizin, „Paperwork“, Schnittstellen				Blockpraktika Innere Medizin, Chirurgie, Kinder-, Frauenheilkunde				Repetitorium I + II								S10
S9	Schwangerschaft, Geburt, Neugeborene, Säuglinge		Erkrankungen des Kindesalters u. d. Adoleszenz		Geschlechtsspezifische Erkrankungen		Intensivmedizin, Palliativmedizin, Recht, Alter, Sterben und Tod		Wissenschaftliches Arbeiten III		Prüfungen				S9		
KIT • Modulunterstützende Vorlesungen																	
S8	Erkrankungen des Kopfes, Halses und endokrinen Systems		Neurologische Erkrankungen		Psychiatrische Erkrankungen		VL 4 Block		Vertiefung/Wahlpflicht III		Prüfungen				S8		
KIT • Modulunterstützende Vorlesungen																	
S7	Erkrankungen des Thorax		Erkrankungen des Abdomens		Erkrankungen der Extremitäten		VL 3 Block		Vertiefung/Wahlpflicht II		Prüfungen				S7		
GäDH • Modulunterstützende Vorlesungen																	
S6	Abschlussmodul 1. Abschnitt		Sexualität und endokrines System		Wissenschaftliches Arbeiten II		Vertiefung/Wahlpflicht I		Prüfungen				S6				
KIT • Modulunterstützende Vorlesungen																	
S5	Systemische Störungen als Krankheitsmodell		Infektion als Krankheitsmodell		Neoplasie als Krankheitsmodell		Psyche und Schmerz als Krankheitsmodell		VL 2 Block		Prüfungen				S5		
POL • KIT • Modulunterstützende Vorlesungen																	
S4	Atmung		Niere, Elektrolyte		Nervensystem		Sinnesorgane		Prüfungen				S4				
POL • KIT • Modulunterstützende Vorlesungen																	
S3	Haut		Bewegung		VL 1 Block		Herz und Kreislaufsystem		Ernährung, Verdauung, Stoffwechsel		Prüfungen				S3		
POL • GäDH • Modulunterstützende Vorlesungen																	
S2	Wachstum, Gewebe, Organ		Gesundheit und Gesellschaft		Wissenschaftliches Arbeiten I		Blut und Immunsystem		Prüfungen				S2				
POL • KIT • Untersuchungskurs • Modulunterstützende Vorlesungen																	
S1	Einführung		Bausteine des Lebens		Biologie der Zelle		Signal- und Informationssysteme		Prüfungen				S1				
POL • KIT • Untersuchungskurs • Modulunterstützende Vorlesungen																	

Abbildung: Übersicht Modulplan Modellstudiengang Medizin

Abkürzungen:

S: Semester; POL: Problemorientiertes Lernen; KIT: Kommunikation, Interaktion, Teamarbeit; GäDH: Grundlagen ärztlichen Denkens und Handelns

## 5. Übersicht über die Unterrichtsveranstaltungen

### 5.1. Ionen als Botenstoffe

In dieser Woche werden den Studierenden verschiedene Ionen vorgestellt, wobei besonders auf Calcium eingegangen wird. Ein weiterer Schwerpunkt der Woche liegt auf der Erläuterung des Aktionspotenzial und die verschiedenen Parameter die auf die Leitungsgeschwindigkeit Einfluss nehmen.

Veranstaltung	Titel	Lehrformat	UE	Seite
Einführung	Organisatorische Einführung in Modul 4	Moduleinführung	1.00	15
POL	POL M04-1	POL	4.00	15
Vorlesung	Einführung in das Modul „Signal- und Informationssysteme“	Fachvorlesung	1.00	15
Vorlesung	Einführung Neurophysiologie	Fachvorlesung	1.00	16
Vorlesung	Analoge elektrische Signale und Aktionspotenziale	Fachvorlesung	2.00	17
Patientenvorstellung	Elektrodiagnostik von Polyneuropathien	Patientenvorstellung (Vorlesung)	1.00	18
Vorlesung	Calcium als intrazellulärer Botenstoff	Fachvorlesung	2.00	19
Seminar 1	Physiologie von Ionenkanälen	Fachseminar	2.00	21
Seminar 2	Varianten und Determinanten elektrischer Signalausbreitung	Fachseminar	2.00	23
Seminar 3	Kanäle und Carrier: Toxine als Aktivatoren und Inhibitoren	Fachseminar	2.00	25
Praktikum	Physikalische und physiologische Prinzipien der Signalweiterleitung an Nervenzellen	Praktikum (Kleingruppe)	4.00	26
KIT	Anamnesegespräch	KIT	3.00	27
Untersuchungskurs	Patientenuntersuchung: Schwerpunkt Kopf/Hals	Untersuchungskurs	2.50	28

UE: Unterrichtseinheiten

## 5.2. Intra- und interzelluläre Signalwege

Der Schwerpunkt der Woche liegt auf der Funktionsweise des Signalaustausch zwischen Zellen und die intrazelluläre Verarbeitung einkommender Signale auf molekularer Ebene.

Veranstaltung	Titel	Lehrformat	UE	Seite
Vorlesung	Grundprinzipien intrazellulärer Signalverarbeitung; GPCR- Signalwege	Fachvorlesung	2.00	29
Vorlesung	Synaptische Erregung und Hemmung in neuronalen Netzwerken	Fachvorlesung	1.00	31
Patientenvorstellung	Patient*in mit fokaler Epilepsie	Patientenvorstellung (Vorlesung)	1.00	32
Vorlesung	Grundprinzipien der intrazellulären Signalverarbeitung (II); TKR- und NR Signalwege	Fachvorlesung	2.00	33
Vorlesung	Erregungsleitung im Herzen und deren Störungen	Interdisziplinäre Vorlesung	2.00	35
Seminar 1	Funktionsprinzipien von Membranrezeptoren	Fachseminar	2.00	36
Seminar 2	Beeinflussung zellulärer Signalübertragung als pharmakologisches Konzept	Fachseminar	2.00	38
Seminar 3	Synaptische Signalverarbeitung	Fachseminar	2.00	39
Seminar 4	Zell-Zell-Kommunikation, Zell-Substrat-Interaktion und ihr Einfluss auf das Zellverhalten	Integriertes Seminar	2.00	40

UE: Unterrichtseinheiten

### 5.3. Systemische Signalwege

Die letzte Woche des Moduls beschäftigt sich mit Hormonen. Hier werden die verschiedenen Klassen vorgestellt und die wichtigsten Regelkreise in Grundzügen erläutert.

Veranstaltung	Titel	Lehrformat	UE	Seite
Vorlesung	Einführung Endokrinologie	Fachvorlesung	1.00	42
Vorlesung	Synthese, Freisetzung von Mediatoren/Hormonen	Interdisziplinäre Vorlesung	2.00	43
Vorlesung	Molekulare und zelluläre Wirkmechanismen von Steroidhormonrezeptoren und deren Bedeutung für die Entstehung von Geschlechterunterschieden bei Krankheiten	Interdisziplinäre Vorlesung	2.00	45
Vorlesung	Homöostase von Plasmakomponenten als Ziel	Interdisziplinäre Vorlesung	2.00	47
Vorlesung	Die Hypothalamus - Hypophysen - Nebennierenrinden - Achse	Fachvorlesung	1.00	49
Patientenvorstellung	Patient*in mit Cushing Syndrom	Patientenvorstellung (Vorlesung)	1.00	51
Seminar 1	Zelluläre Wirkungsweise und Abbau von Mediatoren / Hormonen	Integriertes Seminar	2.00	52
Seminar 2	Homöostase als Regulationsprinzip biologischer Systeme	Seminar mit klinischem Bezug	2.00	54
Seminar 3	Zelluläre Verarbeitung von Stress-Signalen	Fachseminar	2.00	55
Praktikum	Elektronenmikroskopie der Zell-Zell-Kontakte	Histologiekurs	2.00	57
Praktikum	Lichtmikroskopie der Zell-Zell-Kontakte	Histologiekurs	2.00	58
Nachbesprechung	Abschlussbesprechung Modul 4	Nachbesprechung	2.00	59

UE: Unterrichtseinheiten

## 6. Beschreibung der Unterrichtsveranstaltungen

### 6.1. Warum Lernziele?

Unterrichtsveranstaltungen und Curriculum müssen systematisch geplant werden, damit eine zuverlässig hohe Ausbildungsqualität erreicht werden kann. Dazu müssen zunächst die Ziele der Ausbildung definiert werden. Diese Lernziele sind hilfreich, um Lernprozesse näher beschreiben und überprüfen zu können. Sie haben im Modellstudiengang die Funktion, das Studium inhaltlich sinnvoll und für alle Beteiligten nachvollziehbar zu gestalten. Darüber hinaus bilden sie die Grundlage für die Inhalte und Formate der jeweiligen Semesterabschlussprüfungen.

Mithilfe der Lernziele können folgende Fragen beantwortet werden:

- Auf welche Anforderungen sollen die Studierenden vorbereitet werden?
- Über welche Kompetenzen sollen sie verfügen?
- Welche Kenntnisse und Fertigkeiten sollen sie erworben haben?

Und daraus leiten sich für die zeitlich und thematisch begrenzten curricularen Einheiten des Modellstudiengangs - die Module - weitere Fragen ab:

- Welche Inhalte müssen dazu vermittelt werden?
- Welche Lehr- und Lernmethoden sind am besten geeignet, um die Lernziele zu erreichen?

Angesichts der Forderung der Approbationsordnung, das Medizinstudium an der ärztlichen Praxis zu orientieren, muss auch darüber nachgedacht werden, wie sich ärztliche Kernkompetenzen definieren, vermitteln und prüfen lassen.

*"Wer nicht genau weiß, wohin er will,  
braucht sich nicht zu wundern,  
wenn er ganz woanders ankommt."*

Robert Mager (1977)

## 6.2. Erläuterung zum Beschreibungskonzept

### Titel der Veranstaltung

Unterrichtsformat (Dauer der Unterrichtsveranstaltung in Minuten)

#### Einrichtung

Die für die Veranstaltung verantwortliche/n Einrichtung/en (Ansprechpartner/innen der Einrichtungen finden Sie in der LLP).

#### Kurzbeschreibung

Inhaltsangabe, worum es in dieser Unterrichtsveranstaltung geht.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Das Wissen, das von den Dozierenden vorausgesetzt wird und der Hinweis, was in Vorbereitung auf die Unterrichtsveranstaltung erarbeitet werden soll (z.B. Praktikumsskript, 1-2 konkrete Seiten aus einem gängigen Lehrbuch, eine Pro & Contra-Diskussion zu einem bestimmten Thema) sowie Materialien, die mitgebracht werden sollen (z.B. Kittel).



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Kompetenzen, über die Studierende am Ende verfügen sollen bzw. die Kenntnisse und Fertigkeiten, die sie erworben haben sollen.



#### Lernziele

Die für die Veranstaltung festgelegten Lernziele - die den Kern dessen bilden, was die Veranstaltung vermittelt bzw. was prüfungsrelevant sein wird - aufgeteilt in 4 Kategorien.

Die unterschiedlichen Aufzählungssymbole zeigen die Kategorie der Lernziele an.

- Wissen/Kenntnisse (kognitiv)
- ▶ Fertigkeiten (psychomotorisch, praktische Fertigkeiten gem. PO)
- ◆ Einstellungen (emotional/reflektiv)
- ♣ Mini-Professional Activity (Mini-PA., praktische Fertigkeiten gem. PO)

Professional Activities sind in sich abgeschlossene klinische Tätigkeiten, die sich möglichst authentisch im späteren ärztlichen Arbeitsfeld wiederfinden lassen. Sie integrieren die für diese Tätigkeit relevanten Kenntnisse, Fertigkeiten und Einstellungen und bilden das für den jeweiligen Ausbildungszeitpunkt angestrebte Kompetenzniveau ab.

#### Lernspirale

Der Bezug der Unterrichtsveranstaltung zum Gesamtcurriculum (auf welche andere Unterrichtsveranstaltung aus diesem oder anderen Modulen baut die aktuelle Veranstaltung auf; wo wird das Thema in folgenden Modulen weiter vertieft); der kumulative Aufbau von Wissen, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kompetenzen über das Studium wird verdeutlicht.

#### Empfehlungen

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

- Ausgewählte Seiten aus einem Lehrbuch, in denen das Thema der Veranstaltung nachgelesen werden kann.

Empfehlung zur Vertiefung

- Für besonders interessierte Studierende, die sich über den Lerninhalt/die Lernziele der Unterrichtsveranstaltung hinaus mit dem Thema beschäftigen wollen.

## 7. Unterrichtsveranstaltungen

### Organisatorische Einführung in Modul 4 Moduleinführung (45 Minuten)

### POL M04-1 POL (180 Minuten)

**POL-Fall-Titel**  
Süßsaures Lächeln

### Einführung in das Modul „Signal- und Informationssysteme“ Fachvorlesung (45 Minuten)

#### **Einrichtung**

CC02 - Institut für Neurophysiologie - CCM

#### **Kurzbeschreibung**

In der Vorlesung wird in das Thema „Signal- und Informationssysteme“ eingeführt und ein Ausblick auf das Modul 4 gegeben. Es wird ein Überblick über die verschiedenen Ebenen und Systeme der Signal- und Informationsverarbeitung gegeben und erläutert, wie diese in den 3 Wochenthemen des Moduls zugeordnet sind.

#### **Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung**

Allgemeines Abiturwissen zu den Themen Biologie/Neurobiologie und Hormone.



#### **Übergeordnetes Lernziel**

Die Studierenden sollen die grundlegenden physiologischen Signalsysteme des menschlichen Organismus kennen lernen und einordnen können.

#### **Empfehlungen**

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

*E-Book:*

- [Christen: Biochemie \(1 .Aufl\)](#): S. 76

## Einführung Neurophysiologie

### Fachvorlesung (45 Minuten)

#### Einrichtung

CC02 - Institut für Neurophysiologie - CCM

#### Kurzbeschreibung

Diese auf Modul 4 vorbereitende Vorlesung findet in einem gemeinsamen Rahmen mit einer modulunterstützenden Vorlesung der Biophysik statt. Die gemeinsame Vorlesung gibt zur Motivation einen Überblick über die Neurophysiologie und die Anwendungen der in Modul 4 zum Thema Neurophysiologie vermittelten Inhalte im Medizinstudium und in der praktischen Medizin. Außerdem werden die Lehrveranstaltungen der Neurophysiologie und Biophysik in ihrem logischen Zusammenhang vorgestellt. Anschließend werden die physikalischen Begriffe „elektrischer Leitwert“ und „elektrische Kapazität“ biologischen Strukturen zugeordnet und diskutiert. Betont werden Gemeinsamkeiten und wichtige Unterschiede bei den Voraussetzungen und Umsetzungen technischer Elektrik und strukturell-funktionellen Bedingungen und Umsetzungen elektrischer Vorgänge in unserem Organismus. Hierbei spielen die Begriffe des ohmschen bzw. kapazitiven, transmembranären Stroms eine wichtige Rolle, die sowohl an Beispielen der technischen Elektrik als auch an biologischen Strukturen veranschaulicht werden.



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen die Zusammenhänge zwischen funktionellen Anforderungen, strukturellen Bedingungen und biologischen Lösungen schneller Signal- und Informationsübermittlung im Nervensystem und anderen erregbaren Geweben darlegen und erklären können. Insbesondere sollen sie Begriffe und Vorgänge erklären können, die bei elektrischen Erregungsvorgängen im menschlichen Organismus (Nervensystem, Herzmuskel, Skelettmuskel) zum Verständnis erforderlich sind.

#### Lernspirale

Diese Vorlesung baut auf Inhalte der Vorlesung „Ströme als Funktionsprinzip des Lebens“, und des Seminars „... wieso, weshalb, warum?“ in Modul 1 auf, und bereitet ergänzend auf folgende Themengebiete vor: Modul 9 „Haut“, 10 „Bewegung“, 11 „Herz & Kreislaufsystem“, 14 „Niere & Elektrolyte“, 15 „Nervensystem“, 16 „Sinnesorgane“; die besprochenen Themengebiete stellen wesentliche Verständnisgrundlagen für Inhalte späterer Module entsprechender klinischer Fächer wie z.B. Kardiologie, Nephrologie, Neurologie, Psychiatrie, Anästhesie und Intensivmedizin dar.



## Analoge elektrische Signale und Aktionspotenziale

### Fachvorlesung (90 Minuten)

#### Einrichtung

CC02 - Institut für Neurophysiologie - CCM

#### Kurzbeschreibung

In der Vorlesung soll grundsätzlich in das Thema „elektrische Signale an Zellmembranen“ eingeführt werden, denn an allen Zellen bzw. deren Membranen finden elektrische Signalprozesse statt. Anhand ausgewählter Zelltypen soll zunächst gezeigt werden, durch welche Mechanismen das Membranpotenzial verändert werden kann und welche biophysikalischen Prinzipien zu beachten sind. Zentral sind hier die Anwendungen des Ohmschen Gesetzes in der Zellphysiologie für die Generierung von Transmembranströmen und daraus resultierenden Membranpotenzialänderungen. Die prinzipiellen Varianten der analogen Signalentstehung sowie die Vorzüge und Grenzen dieser Signalform werden besprochen, insbesondere im Vergleich zu Aktionspotenzialen.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Voraussetzung sind folgende Lerninhalte aus Modul 3 „Biologie der Zelle“: Nernst-Gleichung, Membranpotenzial, elektromotorische Triebkraft, Ionenkanäle, Natrium-Kalium-ATPase, Synapse, Aktionspotential, Ohmsches Gesetz, Spannung, Strom, Widerstand, Leitfähigkeit.



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen in der Zusammenschau der Vorlesungen „Analoge Signale“ und „Aktionspotenziale“ die zwei Grundtypen transmembranärer elektrischer Signale und deren Vor- und Nachteile für die Signal- und Informationsverarbeitung erläutern können.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- Änderungen des Membranpotenzials (in positive oder negative Richtung) qualitativ vorhersagen können, in Abhängigkeit vom Öffnen bzw. Schließen gegebener Ionenkanäle und von Änderungen der Ionenmilieus.
- die Unterschiede der verschiedenen elektrischen Signalformen und deren physiologische Funktionen (analoge Signale und Aktionspotenziale) benennen können.
- die Funktionen der Inaktivierung spannungsgesteuerter Natriumkanäle erklären können.

#### Lernspirale

Aufbauend auf den Veranstaltungen in Modul 3 „Biologie der Zelle“ schafft diese Vorlesung eine erste Grundlage für ein prinzipielles Verständnis zur Entstehung elektrischer Signale auf zellulärer Ebene, der verschiedenen Signaltypen und der zelltypspezifischen und subzellulären Variabilität. Es werden Kenntnisse vermittelt, die in darauf aufbauenden Lehrveranstaltungen in Woche 1 und 2 des Moduls 4 „Signal- und Informationssysteme“ vorausgesetzt werden. Diese Kenntnisse werden in den Modulen 10 „Bewegung“, 15 „Nervensystem“ und 16 „Sinnesorgane“ vertieft.

## Elektrodiagnostik von Polyneuropathien

### Patientenvorstellung (Vorlesung) (45 Minuten)

#### Einrichtung

CC15 - Klinik für Neurologie mit Experimenteller Neurologie - CBF/CCM/CVK

#### Kurzbeschreibung

Anhand eines Patienten-Beispiels einer Polyneuropathie sollen die Studierenden einen ersten Eindruck motorischer und sensibler Störungen gewinnen und einen Einblick in die Technik der motorischen und sensiblen Neurographie erhalten.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Aufbau und Erregungsleitung der peripheren Nerven.  
Kapitel peripherer Nerv in Lehrbüchern der Neuroanatomie.



#### Übergeordnetes Lernziel

Unterschiede motorische versus sensible Neurographie, Beurteilungsparameter in der Neurographie, neurographische Unterschiede einer axonalen versus einer demyelinisierenden Nervenläsion.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- die elektrodiagnostischen Grundparameter der motorischen und sensiblen Neurographie (sensibles und motorisches Nervenaktionspotential, distal motorische Latenz, Nervenleitgeschwindigkeit) erläutern können.
- die motorische neurographische Ableitung am Beispiel eines Nerven (z.B. des N.medianus) erläutern können.
- die sensible neurographische Ableitung in ortho- oder antidromer Technik am Beispiel eines Nerven (z.B. des N.medianus) erläutern können.

## Calcium als intrazellulärer Botenstoff

### Fachvorlesung (90 Minuten)

#### Einrichtung

CC02 - Institut für Physiologie - CCM

CC02 - Institut für Translationale Physiologie - CCM

#### Kurzbeschreibung

Die Studierenden sollen ein Verständnis für die Bedeutung von Calcium als intrazellulärem Botenstoff entwickeln. Dazu soll exemplarisch die Rolle von Calciumionen bei der elektromechanischen Kopplung im Herzmuskel dargestellt werden und Unterschiede zum Skelettmuskel herausgearbeitet werden. Zunächst werden die verschiedenen Calciumtransportmechanismen (Ionenkanäle, Calciumpumpen, Natrium-Calcium-Austauscher) einer Herzmuskelzelle vorgestellt und deren Zusammenwirken bei der Regulation der intrazellulären Calciumkonzentration aufgezeigt. Insbesondere wird die Bedeutung von Calciumionen für die Regulation der myokardialen Kontraktilität dargelegt. Im Anschluss werden die Mechanismen der Tonusregulation der glatten Muskelzelle einerseits über die intrazelluläre Calciumkonzentration und andererseits über Modulation der Calciumsensitivität besprochen. Zuletzt wird noch auf die Bedeutung von Calcium für die präsynaptische Transmitterfreisetzung aus Nervenzellen eingegangen.

Ein klinischer Bezug wird im 2. Teil der Vorlesung hergestellt durch Vorstellung der Rolle einer gestörten Calcium-Homöostase im Rahmen kardialer Erkrankungen. Darüber hinaus werden die verschiedenen Möglichkeiten aufgezeigt, das intrazelluläre Calcium-signaling pharmakologisch zu beeinflussen (z.B. Ca-Antagonisten, Digitalisglykoside, Levosimendan).

Stichworte zum Vorlesungsinhalt: Spannungsabhängige und ligandengesteuerte Calciumkanäle, Calciumpumpen, Natrium-Calcium-Austauscher, intrazelluläre Calciumspeicher, elektromechanische Kopplung, pharmakologische Beeinflussung der Calcium-Homöostase.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Schmidt; Lang: Physiologie des Menschen, 30. Auflage, Springer Verlag, 26.1 Aufgaben, Bau, Form und Lage des Herzens, 26.2 Kontraktion des Herzens.



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen die prinzipielle Bedeutung von Calciumionen als Second Messenger in verschiedenen Zelltypen, insbesondere Skelett- und Herzmuskel, glatte Muskelzellen und Nervenzellen kennenlernen.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Mechanismen des Calciumeinstroms und der Calciumfreisetzung aus intrazellulären Speichern zwischen Skelettmuskel, Herzmuskel und Glattem Muskel benennen können.
- die unterschiedlichen intrazellulären Calciumrezeptoren in Herzmuskel (RyR, TnC), glattem Muskel (Calmodulin) und der Präsynapse (Synaptotagmin) benennen und ihre Auswirkung auf die Kinetik der zellulären Reaktionen erläutern können.

#### Lernspirale

In vorangegangenen Modulen wurden bereits Membrantransportvorgänge sowie die Grundlagen der elektrischen Erregung und der Muskelkontraktion behandelt. Auf diese Vorkenntnisse aufbauend soll in der integrierten Lehrveranstaltung am Beispiel der elektromechanischen Kopplung des Herzens die Bedeutung von Calciumionen als intrazellulärer Botenstoff aufgezeigt werden. In späteren Modulen (z.B. Modul 11 „Herz und Kreislaufsystem“) können diese Inhalte weiterentwickelt werden.

## Empfehlungen

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

*E-Book:*

- [Silbernagl: Physiologie \(7. Aufl.\): 5.2, 5.6, 5.7](#)

*Buch:*

- [Silbernagl: Physiologie \(7. Aufl.\): 5.2, 5.6, 5.7](#)

Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

*Buch:*

- [Schmidt/Lang: Physiologie des Menschen \(31. Aufl.\): 26.1 Aufgaben, Bau, Form und Lage des Herzens; 26.2 Kontraktion des Herzens](#)

## Physiologie von Ionenkanälen

### Fachseminar (90 Minuten)

#### Einrichtung

CC02 - Institut für Neurophysiologie - CCM

#### Kurzbeschreibung

In dieser Seminarveranstaltung wird in das Thema „Ionenkanäle“ eingeführt bzw. vertieft. Zunächst wird eine Übersicht über wichtige Ionenkanalfamilien gegeben. Aus funktioneller Perspektive wird dargestellt, dass Ionenkanäle sich durch zwei Merkmale klassifizieren lassen: zum einen sind das die Mechanismen der Aktivierung (konstitutiv geöffnet, spannungsgesteuert, liganden-gesteuert usw.) und zum anderen die Permeabilitätseigenschaften der Ionenkanäle (selektiv-permeabel, nicht-selektiv permeabel). Dabei wird der für einen Ionenkanal charakteristische Begriff des (Strom-) Umkehrpotentials an Beispielen vertieft. Um die Wirkung der Aktivierung bzw. der Blockade eines Ionenkanals vorhersagen zu können, werden die Größen Strom, elektrischer Leitwert und Permeabilität gegeneinander abgegrenzt.

Insgesamt soll ein Grundverständnis erworben werden, dass sich Ionenkanäle durch eine große strukturelle und funktionelle Vielfalt auszeichnen und die primären, molekularen Ansatzpunkte zur Regulation des Membranpotentials und der Erregbarkeit nicht zuletzt für therapeutische Interventionen sind. Es soll die Kompetenz erworben werden, die Folgen für das Membranpotential und die zelluläre Erregbarkeit bei Aktivierung bzw. Blockade eines gegebenen Ionenkanals einschätzen zu können. Durch das differenzierte Verständnis von Fachbegriffen soll das Selbststudium über Ionenkanäle und Erkrankungen, die auf Ionenkanaldysfunktionen basieren, erleichtert werden.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Elektrizitätslehre/Ohmsches Gesetz, Spannung, Strom, Widerstand, Leitfähigkeit. Weitere Voraussetzungen sind die folgenden Lerninhalte aus Modul 3 „Biologie der Zelle“: Nernst-Gleichung, Membranpotential, elektromotorische Triebkraft, Ionenkanäle.



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen wichtige Ionenkanäle und Ionenkanalfamilien menschlicher Zellen klassifizieren und ihre Funktion für das Membranpotenzial darlegen können. Sie sollen wichtige Eigenschaften von Ionenkanälen (Selektivität, Permeabilität, Leitwert, Umkehrpotenzial) erläutern können. Sie sollen an Beispielen das Umkehrpotenzial des durch den Ionenkanal vermittelten Stroms in Bezug zu dessen Permeationseigenschaften setzen können.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- den Begriff des Umkehrpotentials eines Ionenkanals anhand von Beispielen erläutern und in Bezug zu den jeweiligen Permeationseigenschaften des betreffenden Ionenkanals setzen können.
- die Begriffe Selektivität, Permeabilität und Leitwert eines Ionenkanals gegeneinander abgrenzen können.
- Ionenkanäle nach ihren Aktivierungsmechanismen, Selektivitätseigenschaften und Umkehrpotenzialen klassifizieren können.
- Die wichtigsten Ionenkanalfamilien (insbesondere Kaliumkanäle, Natriumkanäle, Kalziumkanäle, Glutamatrezeptoren, GABA-Rezeptoren, Glyzinrezeptoren, Acetylcholinrezeptoren) in den jeweiligen Klassen (konstitutiv offen, spannungsgesteuert, ligandengesteuert) benennen können.

#### Lernspirale

Aufbauend auf den Vorlesungen „Analoge Signale“ und „Aktionspotentiale“ in Modul 4 „Signal- und Informationssysteme“ gibt dieses Seminar den Studierenden eine Einführung und Übersicht in die

komplexe Welt der Ionenkanäle, die in der jeweils spezifischen Komposition in allen Zellen exprimiert werden und durch genetisch bedingte Fehlfunktionen die Ursache zahlreicher Erkrankungen bilden. Es werden Kenntnisse vermittelt, die die Voraussetzung für aufbauende Lehrveranstaltungen in Woche 2 des Moduls 4 bilden. Darüber hinaus wird auf diesen Kenntnissen letztlich in allen Modulen mit erregungsphysiologischen, aber auch transportphysiologischen Inhalten aufgebaut.

## Varianten und Determinanten elektrischer Signalausbreitung

### Fachseminar (90 Minuten)

#### Einrichtung

CC02 - Institut für Neurophysiologie - CCM

#### Kurzbeschreibung

In dieser Seminarveranstaltung soll die Aktionspotenzialausbreitung in verschiedenen Strukturen vergleichend besprochen werden. Dabei soll die kontinuierliche Erregungsausbreitung in nicht-myelinisierten Axonen und anderen Strukturen wie der Muskelfaser in Bezug auf Leitungsgeschwindigkeit, Energieverbrauch und Volumenbedarf mit der Erregungsausbreitung in myelinisierten Axonen verglichen werden. Dabei werden die Determinanten der Leitungsgeschwindigkeit wie Durchmesser, Myelinisierungsgrad und Länge von Internodien behandelt. Die Klassifizierungssysteme für periphere Nervenfasern werden vorgestellt. Die Studierenden erhalten eine Übersicht über die Bandbreite von Leitungsgeschwindigkeiten im menschlichen Organismus.

Es soll die grundlegende Bedeutung von Messungen der Leitungsgeschwindigkeit bzw. Leitungsdauer an Nerven für die Diagnose von Erkrankungen erkannt werden, und es soll grundsätzlich verstanden werden, dass Abweichungen der Leitungsgeschwindigkeit für die Diagnose von Demyelinisierungserkrankungen grundlegend sind.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Saltatorische Erregungsleitung, Elektrizitätslehre: Ohmsches Gesetz, Spannung, Strom, Widerstand, Kapazität.

Weitere Voraussetzungen sind aus Modul 4: Spannungsgesteuerte Ionenkanäle, Aktionspotentialentstehung.



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen die Ausbreitung von Aktionspotentialen in Nervenzellen in Abhängigkeit der dafür wichtigsten Eigenschaften der Axone erläutern können. Sie sollen Axone klassifizieren und Leitungsgeschwindigkeiten vergleichend zuordnen können.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- die wesentlichen Determinanten der Leitungsgeschwindigkeit von Aktionspotentialen erläutern können.
- die Klassifizierungen von Axonen im peripheren Nervensystem (inkl. Gesamtdurchmesser bzw. Myelinisierungsdicke) und deren Leitungsgeschwindigkeiten wiedergeben und mit den entsprechenden Größenordnungen bei zentralen Axonen und bei Muskelfasern vergleichen können.
- den Verlauf der Potentialausbreitung in einem myelinisierten Axon und in einem nicht-myelinisierten Axon in einem Weg-Zeit-Diagramm der aktiven und passiven Signalausbreitung zuordnen können.
- ▶ den Verlauf der Potentialausbreitung in einem myelinisierten Axon und in einem nicht-myelinisierten Axon in einem Weg-Zeit-Diagramm auftragen und daraus die mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit bestimmen können.

#### Lernspirale

Aufbauend auf der Vorlesung „Analoge Signale und Aktionspotentiale“ in Modul 4 „Signal- und Informationssysteme“ gibt dieses Seminar den Studierenden eine Übersicht über die verschiedenen Aspekte der Aktionspotentialfortleitung. Es werden Kenntnisse vermittelt, die die Voraussetzung für aufbauende Lehrveranstaltungen in Woche 2 des Moduls 4 bilden. Die hier vermittelten Kenntnisse bilden die Grundlage für das Verständnis und die Diagnostik von Demyelinisierungserkrankungen in der

Neurologie (Modul 30 „Neurologische Erkrankungen“) und Leitungsblockaden in der Anästhesiologie.



## Kanäle und Carrier: Toxine als Aktivatoren und Inhibitoren

### Fachseminar (90 Minuten)

#### Einrichtung

CC13 - Arbeitsbereich Ernährungsmedizin - CBF

#### Kurzbeschreibung

In dem Seminar wird die physiologische Rolle von Ionenkanälen (Beispiel: ACh-Rezeptor) und Carriern (Beispiel: Glucose-Uniport) bei zellulären Transportvorgängen dargestellt. Dabei werden grundlegende Unterschiede zwischen freier und Transporter-vermittelter Diffusion bezüglich ihrer Kinetik erläutert.

Durch Arzneimittel kann das biochemische Verhalten von Transportproteinen beeinflusst und damit eine therapeutische Wirkung erzeugt werden. So können pharmakologische Interventionen zur Therapie, z.B. von Herzrhythmusstörungen oder Schmerzzuständen, durchgeführt werden.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Lehrinhalte der Vorlesungen „Das Membranpotential“ und „Stofftransport durch Membranen“ des Moduls 3 „Biologie der Zelle“.



#### Übergeordnetes Lernziel

Das Seminar erklärt exemplarisch die Wirkung ausgewählter Toxine/Pharmaka auf Ionenkanäle und Transporter. Hierbei wird die Bedeutung dieser Substanzen zur Klassifizierung von Kanal- bzw. Rezeptorfamilien aufgezeigt und die Verwendung einzelner Substanzen in Forschung und Therapie illustriert.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- am Beispiel von Protonenpumpeninhibitoren, Benzodiazepinen und Lokalanästhetika darstellen können, auf welche Weise Ionentransportmechanismen beeinflusst werden können.
- Transportmechanismen am Beispiel von Lipidphasen-, Carrier- und Kanalvermittelter Diffusion darstellen können.
- erläutern können, wie Agonisten und Antagonisten von Acetylcholinrezeptoren benutzt werden, um die Funktion von Kanälen zu charakterisieren.

#### Lernspirale

Zusammen mit der Vorlesung „Stofftransport durch Membranen“ schafft dieses Seminar die Grundlagen für das Verständnis der physiologischen Bedeutung von Ionenkanälen und -transportern sowie der Möglichkeiten und Konsequenzen ihrer pharmakologischen Modulation. Diese Grundkenntnisse werden in den Modulen 4 „Signal- und Informationssysteme“ und 5 „Wachstum, Gewebe, Organ“ vertieft und sind essentiell für das Verständnis der Transportvorgänge in den Modulen 11 „Herz und Kreislaufsystem“, 12 „Ernährung, Verdauung, Stoffwechsel“, 14 „Niere, Elektrolyte“, 15 „Nervensystem“, 16 „Sinnesorgane“ und weiteren höheren Modulen.

#### Empfehlungen

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

*Bücher:*

- [Aktories/Förstermann: allg. & spez. Pharmakologie \(10. Aufl.\): S. 245-251, 286-287.](#)
- [Schmidt/Lang: Physiologie des Menschen \(31. Aufl.\): Kapitel 3](#)

## Physikalische und physiologische Prinzipien der Signalweiterleitung an Nervenzellen Praktikum (Kleingruppe) (180 Minuten)

### Einrichtung

CC02 - Institut für Medizinische Physik und Biophysik - CCM

CC02 - Institut für Neurophysiologie - CCM

### Kurzbeschreibung

In diesem interdisziplinären Praktikum, das gemeinsam mit je einem Dozierenden der Physik und Physiologie veranstaltet wird, sollen die Studierenden die physikalischen und physiologischen Grundprinzipien der elektrischen Signalausbreitung durch experimentelle Praxis kennen lernen. Die physikalischen Grundlagen der Signalweiterleitung an Nerven und Muskeln sollen zunächst anhand eines elektrischen Modells der Zellmembran, welches von den Studierenden Schritt für Schritt zusammengesetzt wird, erlernt bzw. gefestigt werden. Dabei soll die Abhängigkeit der Signalweiterleitung von physikalischen Grundgrößen erfahren werden. Die sensorische Neurographie und die Chronaximetrie sind Verfahren aus der klinischen Neurophysiologie, die eingesetzt werden können, um Nervendefekte und Funktionsstörungen von Nerven-Muskel-Strukturen nachzuweisen. Im Rahmen des Praktikums sollen die Studierenden eine sensorische Neurographie am Nervus ulnaris und eine Chronaximetrie am Musculus abductor pollicis brevis gegenseitig an sich durchführen. Die Studierenden sollen durch das Erlernte einen Bezug zu Anwendungen in der klinischen Neurophysiologie herstellen können.

### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Voraussetzungen sind allgemeines Abiturwissen in Physik, Chemie und Biologie; insbesondere elektrische Grundgrößen, Aufbau von Atomen, Ionen, Elektrolyte, elektrische Spannungsreihe, grundlegender Aufbau der Zelle und der Zellmembran sowie die Vorlesung „Das Membranpotential“ in Modul 3 „Biologie der Zelle“.

Bitte beachten Sie die Kittelpflicht für Praktika!



### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen eine sensorische Neurographie und motorische Chronaximetrie durchführen, die Ergebnisse einordnen und mögliche Fehlerquellen diskutieren können. Sie sollen Grundgrößen der elektrischen Signalweiterleitung von Axonen erläutern können.



### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- mögliche Fehlerquellen der Messwerte der Chronaximetrie und der Neurographie diskutieren können.
- die elektrischen Grundgrößen (Ladung, Potenzial, Strom, Leitwert, Widerstand, Kapazität) beschreiben und untereinander in Beziehung setzen können.
- ▶ die Leitungsgeschwindigkeit eines peripheren Nerven, Chronaxie und Rheobase eines Muskels experimentell bestimmen können.
- ▶ grundlegenden Umgang mit elektrischer Stimulations- und Messtechnologie demonstrieren können.

### Lernspirale

Inhaltlich ergänzt dieses interdisziplinäre Praktikum die Lerninhalte der 1. Woche des Moduls 4 „Signal- und Informationssysteme“. Es legt die Grundlagen für den Erwerb praktischer Fertigkeiten in späteren Untersuchungskursen im Bereich der klinischen Neurophysiologie. Beispielhaft wird in dieser Lehrveranstaltung die Verzahnung von naturwissenschaftlichen Grundlagen und klinischer Anwendungspraxis demonstriert, was als Vorlage ähnlicher Veranstaltungen mit steigender Komplexität in späteren Modulen dienen kann.

## Anamnesegespräch KIT (135 Minuten)

### Einrichtung

Diverse Einrichtungen

### Kurzbeschreibung

In diesem Termin werden die Kompetenzen zur Anamneseerhebung trainiert. Ziel ist es, dass die Studierenden selbständig den Ablauf einer Gesamtanamnese (Gesprächsbeginn, Beziehungsaufbau, Eingrenzung der Beschwerden, Konsultationsende etc.) strukturieren und die Anamneseerhebung als persönliches Gespräch gestalten können. Dazu werden Rollenspiele und ein Simulationspatientengespräch eingesetzt.



### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen in einem Anamnesegespräch relevante Informationen erfragen können.



### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- ▶ bei der Gesamtanamnese geeignete Gesprächstechniken gezielt einsetzen können.
- ▶ den Cambridge Calgary Observation Guide (CCOG) zur Beobachtung und Auswertung von Anamnesegesprächen anwenden können.
- ▶ ausgewählte anamnestische Daten eindeutig und logisch strukturiert erheben können.

## Patientenuntersuchung: Schwerpunkt Kopf/Hals

### Untersuchungskurs (113 Minuten)

#### Einrichtung

Diverse Einrichtungen

#### Kurzbeschreibung

In diesem Untersuchungskurs steht die klinische Untersuchung von Kopf und Hals (Oberflächenstrukturen, Symmetrie) im Vordergrund. Hierzu gehören die Oberflächenstrukturen und ihre Symmetrie bei Inspektion, Palpation und Perkussion. Bei den praktischen Fertigkeiten sollen die Untersuchungsmethoden der Pupillenreaktionen geübt werden.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Die Inhalte der modulunterstützende Vorlesung "Untersuchung des Kopfes und Halses" werden vorausgesetzt.

Mitzubringen sind: weißer Kittel, Namensschild und U-Kurs-Untersuchungsinstrumente.



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen bei Patient\*innen Kopf und Hals inspizieren, palpieren und perkutieren sowie die Pupillenreaktion untersuchen und Normalbefunde bestätigen können.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- ♣ die Oberflächenstrukturen und einsehbaren Bereiche des Kopfes und Hals inspizieren, palpieren und perkutieren sowie den Befund dokumentieren und hinsichtlich eines Normalbefunds einordnen können.
- ♣ die Symmetrie der Strukturen des Kopfes und Halses eines gegebenen Patienten, einer gegebenen Patientin beschreiben, den Befund dokumentieren und hinsichtlich eines Normalbefunds einordnen können.
- ♣ bei einem gegebenen Patienten, einer gegebenen Patientin die Pupillen-Reaktionen untersuchen, den Befund dokumentieren und hinsichtlich eines Normalbefunds einordnen können.

#### Lernspirale

Der U-Kurs ist Teil des Allgemeinen Untersuchungskurses, ihm folgt der Vertiefende Untersuchungskurs im 3. und 4. Semester. Allgemeiner und Vertiefender Untersuchungskurs werden durch eine praktische Prüfung am Ende des 4. Semesters abgeschlossen. Es folgt der Unterricht am Patienten (5. - 10. Semester).

## Grundprinzipien intrazellulärer Signalverarbeitung; GPCR- Signalwege

### Fachvorlesung (90 Minuten)

#### Einrichtung

CC02 - Institut für Biochemie - CCM

#### Kurzbeschreibung

Es werden die molekularen Grundlagen der Aktivierung von G-Protein-gekoppelten Rezeptoren (GPCR) dargestellt. Zudem wird die Generierung der „second Messenger“ cAMP durch die Adenylatzyklase bzw. DAG und IP<sub>3</sub> durch die Phospholipase C und die angeschlossenen (Effektor-) Signalwege vorgestellt. Die aktivierten alpha-G-Proteine bestimmen die Qualität und Quantität der second Messenger. Es handelt sich hierbei um einen reversiblen Prozess, durch den zell- bzw. gewebespezifische Prozesse reguliert werden.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Wiederholung aus Modul 3 „Biologie der Zelle“: Grundlagen der Aktivität von Kinasen und Phosphatasen (Enzymatik), Beeinflussung von Proteineigenschaften durch Phosphorylierung, Struktur von Membranen, Aufbau von Phospholipiden, Struktur und Funktion von ATP.

Vorbereitendes Selbststudium: Aufbau und Lokalisation von 7TM-Rezeptoren (G-Protein-gekoppelte Rezeptoren; Prinzipien der Signaltransduktion von Membranrezeptoren; second Messenger-Systeme).



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen molekulare Funktionsprinzipien G-Protein-gekoppelter Rezeptoren (GPCR) und nachgeschalteter Signaltransduktionsvorgänge sowie deren Wirkungen auf Stoffwechsel und Genexpression beschreiben können.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- den Funktionszyklus von heterotrimeren G-Proteinen und die Funktionen der verschiedenen G-alpha-Untereinheiten als Mittler der Signalwandlung beschreiben können.
- die Reaktionen der Adenylatzyklase, der Phospholipase C (PLC) und der Phosphodiesterase (PDE) erläutern können.
- die wichtigsten direkten und indirekten Wirkungen der zweiten Botenstoffe cAMP, DAG- und IP<sub>3</sub> erklären können.
- am Beispiel der Wirkung des Cholera-toxins beschreiben können, welche physiologischen Konsequenzen eine Erhöhung des zellulären cAMP-Spiegels hat.

#### Lernspirale

Die Strukturen und Eigenschaften von Proteinen und Lipiden sowie der Aufbau und die Barrierefunktion von Membranen sind aus Modul 3 „Biologie der Zelle“ bekannt. Weiterhin ist bereits in der ersten Woche des Moduls 4 „Signal- und Informationssysteme“ besprochen worden, wie selektive und regulierte Transportvorgänge an Zellmembranen ablaufen. Die hier vorgestellten Rezeptor-vermittelten Signaltransduktionen, die über G-Proteine vermittelt werden, stellen eine wichtige Grundlage für das Verständnis der Hormon- und Zytokinwirkung dar, die in Woche 3 und 4 des Moduls behandelt werden. Das Verständnis dieser grundlegenden Mechanismen der Rezeptor-vermittelten Signaltransduktion wird in vielen der folgenden Module vorausgesetzt: Modul 5 „Wachstum, Gewebe, Organ“; 8 „Blut und Immunsystem“; 10 „Bewegung“; 11 „Herz und Kreislaufsystem“; 12 „Ernährung, Verdauung, Stoffwechsel“; 14 „Niere, Elektrolyte“; 15 „Nervensystem“; 16 „Sinnesorgane“; 18 „Infektion als Krankheitsmodell“; 19 „Neoplasie als Krankheitsmodell“, 20 „Psyche und Schmerz als Krankheitsmodell“; 22 „Sexualität und endokrines System“; 29 „Erkrankungen des Kopfes, Halses und endokrines System“; 30 „Neurologische Erkrankungen“.

## Empfehlungen

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

*E-Book:*

- [Rassow: Biochemie \(3., vollst. überarb. u. erw. Aufl. \)](#): Kapitel 19: Mechanismen der Signaltransduktion.

*Bücher:*

- [Püschel: Taschenlehrbuch Biochemie \(1. Aufl.\)](#): S. 542-550.
- [Rassow: Biochemie \(2. Aufl.\)](#): Kapitel 19: Mechanismen der Signaltransduktion.

Empfehlung zur Vertiefung

*E-Book:*

- [Löffler/Petrides: Biochemie & Pathobioch. \(8. Aufl.\)](#): 25.3.3; 25.4.4; 25.6

*Buch:*

- [Löffler/Petrides: Biochemie & Pathobioch. \(8. Aufl.\)](#): 25.3.3; 25.4.4; 25.6

## Synaptische Erregung und Hemmung in neuronalen Netzwerken

### Fachvorlesung (45 Minuten)

#### Einrichtung

CC02 - Institut für Neurophysiologie - CCM

#### Kurzbeschreibung

In dieser Vorlesung wird die Physiologie synaptischer Übertragung an chemischen Synapsen besprochen - basierend auf vorbereitende Lehrveranstaltungen des Moduls 4 „Signal- und Informationssysteme“. Es wird definiert, was in der Physiologie unter einer Synapse verstanden wird und der Ablauf vom präsynaptischen Aktionspotenzial bis zur Generierung eines postsynaptischen Potenzials beschrieben. Auf der postsynaptischen Seite werden dann die Definitionen für eine erregende und hemmende Synapse herausgearbeitet. Es werden hauptsächlich glutamaterge und GABAerge Synapsen in der Hirnrinde besprochen, aber auch glyzinerge Synapsen im Hirnstamm/Rückenmark und acetylcholinerge Synapsen zwischen Nerv und Muskel. Es soll auf die Konvergenz-Divergenz-Verhältnisse synaptischer Verschaltungen und die relativen Anteile hemmender und erregender Nervenzellen hingewiesen werden. Die Bedeutung der Balance zwischen Erregung und Hemmung wird besprochen - Störungen dieser Balance bilden die Grundlage für neurologische und psychiatrische Erkrankungen - und einige pharmakologische Einflussmöglichkeiten diskutiert.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Voraussetzungen sind folgende Lerninhalte aus Modul 4 „Signal- und Informationssysteme“: Ligandengesteuerte Ionenkanäle, Umkehrpotential; Aktionspotential, desweiteren die dieser VL in Woche 2 vorangehende modulunterstützende Vorlesung "Erregung und Hemmung in Netzwerken erregbarer Zellen".

Allgemeines Abiturwissen zu den Themen Biologie / Synapse.



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen Ablauf der synaptischen Signalübertragung und Wirkungsweise wichtiger Neurotransmittersysteme (Neurotransmitter plus Rezeptoren) erläutern können. Sie sollen Neurotransmittersysteme einer erregenden oder hemmenden Wirkung in neuronalen Netzwerken zuordnen können und die prinzipielle Beeinflussbarkeit der Balance von Erregung und Hemmung darlegen können.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- den prinzipiellen Ablauf der physiologischen Prozesse an zentralen, chemischen Synapsen bei der synaptischen Übertragung beschreiben können.
- die wichtigen Neurotransmitter (Glutamat, GABA, Acetylcholin, Glyzin) und die zugehörigen liganden-gesteuerten Ionenkanäle (= ionotrope Rezeptoren) in zentralen neuronalen Netzwerken benennen und biophysikalisch begründet der Erregung bzw. Hemmung zuordnen können.
- prinzipiell darlegen können, durch welche pharmakologischen Interventionen die Balance von Erregung und Hemmung in neuronalen Netzwerken beeinflusst werden kann.

#### Lernspirale

Aufbauend auf den Lehrveranstaltungen der Woche 1 in Modul 4 „Signal- und Informationssysteme“ führt diese Vorlesung in die Physiologie der chemischen Synapse und die Balance von Erregung und Hemmung ein. Dieses Thema ist zentral für das Verständnis von Erkrankungen und Symptomen in der Neurologie und der Psychiatrie und sollte in den Modulen 15 „Nervensystem“, 30 „Neurologische Erkrankungen“ und 31 „Psychiatrische Erkrankungen“ wieder aufgegriffen werden. Weitere Aspekte können in den Querschnittsfächern Anästhesiologie und Pharmakologie vertieft werden.

## Patient\*in mit fokaler Epilepsie

### Patientenvorstellung (Vorlesung) (45 Minuten)

#### Einrichtung

CC15 - Klinik für Neurologie mit Experimenteller Neurologie - CBF/CCM/CVK

#### Kurzbeschreibung

Exemplarisch wird ein\*e Patient\*in mit fokaler Epilepsie vorgestellt, der/die das rezidivierend und paroxysmal auftretende Symptom der chronischen Erkrankung, den epileptischen Anfall, in seiner/ihrer subjektiven (Aura) und objektivierbaren (Bewusstseinsstörung) Komponente schildert. Anhand diese\*r Patient\*in wird die Störung des Gleichgewichts von neuronaler Erregung und Hemmung über den fokalen epileptischen Anfall dargestellt. Ferner wird das Phänomen der neuronalen Synchronisation als pathophysiologische Basis eines epileptischen Anfalls anhand des interiktalen und iktalen EEGs dargestellt. Letztlich wird eine Assoziation zwischen pathophysiologischen Grundlagen und klinischer Symptomatik des epileptischen Anfalls hergestellt.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Verständnis von synaptischer Erregung und Hemmung in neuronalen Netzwerken, wie in der Vorlesung „Synaptische Erregung und Hemmung in neuronalen Netzwerken“ dargestellt wird.



#### Übergeordnetes Lernziel

Störung von Gleichgewicht der Erregung und Hemmung neuronaler Netzwerke als Basis der Iktogenese, Darstellung Synchronisation des EEGs als pathophysiologisches Korrelat eines epileptischen Anfalls, Assoziation zwischen Pathophysiologie und klinischer Symptomatik.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- die Verstärkung der GABAergen Inhibition als ein pharmakotherapeutisches Konzept zur Behandlung fokaler Epilepsien beschreiben können.
- die klinischen Zeichen eines fokalen epileptischen Anfalls sowie seine pathophysiologischen Grundlagen erläutern können.
- den fokalen epileptischen Anfall als klinisches Beispiel für eine gestörte neuronale Erregung und Hemmung beschreiben können.

#### Lernspirale

Fokale Epilepsie als Modellkrankheit für gestörte Signaltransduktion; Grundverständnis der Pathophysiologie der Anfallsentstehung und Ausbreitung (Vorlesungen zur Neurophysiologie im gleichen Modul) und klinische Neurologie im 8. Semester.

#### Empfehlungen

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

Artikel:

- [Bauer: Der erste epileptische Anfall im Erwachsenenalter](#): Dtsch Ärztebl 2001; 98(20): A-1331 / B-1134 / C-1062.

Empfehlung zur Vertiefung

Artikel:

- [Duncan: Adult epilepsy](#): Lancet. 2006; 367(9516): 1087-1100.



## Grundprinzipien der intrazellulären Signalverarbeitung (II); TKR- und NR Signalwege Fachvorlesung (90 Minuten)

### Einrichtung

CC02 - Institut für Biochemie - CCM

### Kurzbeschreibung

Es werden der allgemeine Aufbau und die Funktionsprinzipien von Rezeptorkinasen (Tyrosinkinase-Rezeptor, TKR), enzymgekoppelten Rezeptoren (Ser/Thr-Kinase gekoppelte Rezeptoren) und nukleären Rezeptoren (NR) dargestellt, anhand von Beispielen erläutert und miteinander verglichen. Dabei wird neben der hormonellen auch auf die Zytokin-vermittelte Aktivierung von Zellen eingegangen.

### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Wiederholung aus Modul 3 „Biologie der Zelle“: Transkriptionsregulation, Funktion von Kinasen und Phosphatasen, Protein-Protein-Interaktion (Proteinstruktur).

Vorbereitendes Selbststudium: Hormonelle Kontrolle der Genexpression durch Steroidhormone und deren Bindungsproteine (Transkriptionsaktivatoren) und über Tyrosinrezeptorkinasen (Aktivierung von Transkriptionsfaktoren).



### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen den prinzipiellen Aufbau und die Wirkungsweise von Rezeptortyrosinkinasen, sowie der nachgeschalteten intrazellulären Signalwege erläutern können. Des Weiteren sollen sie die Funktionsprinzipien nukleärer Rezeptoren am Beispiel des Glukokortikoidrezeptors und des Retinsäurerezeptors beschreiben können.



### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- am Beispiel der Rezeptoren für Glukokortikoide und Retinsäure den prinzipiellen Aufbau und die Wirkungsweise nukleärer Rezeptoren erklären können.
- am Beispiel des Insulinrezeptors die prinzipielle Wirkungsweise von Rezeptor-Tyrosinkinasen beschreiben können.
- den prinzipiellen Aufbau und die Funktion von Signalerkennungsdomänen (SH2-Domäne, PH-Domäne) erläutern können.

### Lernspirale

Die Aktivierung und biologische Wirkung der nukleären Hormon-Rezeptoren und der Rezeptoren mit assoziierten Kinasen ergänzt das Wissen zu Hormonrezeptoren. Es wird auf das Modul 3 (Transkription/Transkriptionsaktivierung) aufgebaut. Gleichzeitig ist der vermittelte Lehrstoff Grundlage für das Verständnis von Wachstum und Differenzierung durch Wachstumsfaktoren und -hormone in den folgenden Modulen: Modul 5 „Wachstum, Gewebe, Organ“; 8 „Blut und Immunsystem“; 9 „Haut“; 12 „Ernährung, Verdauung, Stoffwechsel“; 17 „Systemische Störungen als Krankheitsmodell“; 18 „Infektion als Krankheitsmodell“; 19 „Neoplasie als Krankheitsmodell“; 22 „Sexualität und endokrines System“.

### Empfehlungen

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

*E-Book:*

- [Rassow: Biochemie \(3., vollst. überarb. u. erw. Aufl.\)](#): Kapitel 19.1, 19.1.3, 19.2

*Bücher:*

- [Püschel: Taschenlehrbuch Biochemie \(1. Aufl.\)](#): S. 553-563, 565-771.
- [Rassow: Biochemie \(2. Aufl.\)](#): Kapitel 19.1, 19.1.3, 19.2

Empfehlung zur Vertiefung

*E-Book:*

- [Löffler/Petrides: Biochemie & Pathobioch. \(8. Aufl.\)](#): Kapitel: 8.5.2; 25.3.3; 25.4; 25.7

*Buch:*

- [Löffler/Petrides: Biochemie & Pathobioch. \(8. Aufl.\)](#): Kapitel: 8.5.2; 25.3.3; 25.4; 25.7

## Erregungsleitung im Herzen und deren Störungen

### Interdisziplinäre Vorlesung (90 Minuten)

#### Einrichtung

CC02 - Institut für Physiologie - CCM

CC02 - Institut für Translationale Physiologie - CCM

CC11 - Medizinische Klinik m.S. Kardiologie und Angiologie - CCM

#### Kurzbeschreibung

Die Studierenden sollen die Grundlagen der Erregungsbildung und Erregungsleitung im Herzen kennen lernen. Weiterhin sollen ihnen ausgewählte Beispiele von Störungen der Erregungsbildung/-leitung vorgestellt werden. Dazu werden zunächst die Strukturen des Reizbildungs-/-leitungssystems aufgezeigt und in ihrer normalen Funktion beschrieben. Es werden Unterschiede im Aktionspotential einer Herzmuskelzelle und einer Nervenfaser dargestellt und die zugrunde liegenden Ionenmechanismen erläutert. Anschließend werden exemplarisch Störungen der Reizbildung/-leitung des Herzens vorgestellt. Dabei wird auch auf mögliche Ursachen und Folgen von Herzrhythmusstörungen eingegangen. Das Prinzip des Elektrokardiogramms als extrazelluläre Ableitungsmethode der Herzerregung wird in Grundzügen erläutert.

Stichworte zum Vorlesungsinhalt: Primärer, sekundärer, tertiärer Schrittmacher, Aktionspotential des Herzens, Refraktärzeit, Elektrokardiogramm, supraventrikuläre und ventrikuläre Herzrhythmusstörungen, atrio-ventrikuläre Überleitungsstörungen.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Ionenmechanismen des Ruhe- und Aktionspotentials einer Nervenfaser, Grundlagen des Membrantransports. Vorbereitung durch regelmäßigen Besuch der Lehrveranstaltungen der Module 1-3 und Lektüre geeigneter Lehrbücher der Physiologie.



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen die Strukturen des Erregungsbildungs- und Leitungssystems des Herzens, deren Funktionsprinzipien und die diagnostischen Möglichkeiten zum Nachweis von Herzrhythmusstörungen kennen.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- die Strukturen des Erregungsbildungs- und Leitungssystems des Herzens beschreiben können.

#### Lernspirale

In vorangegangenen Modulen wurden bereits Membrantransportvorgänge sowie die Grundlagen des Ruhemembranpotentials und Aktionspotentials behandelt. Auf diese Vorkenntnisse aufbauend sollen in der integrierten Lehrveranstaltung Besonderheiten der Erregungsbildung und -leitung im Herzen sowie Beispiele klinisch relevanter Störungen dargestellt werden. In späteren Modulen (z.B. Modul 11 „Herz und Kreislaufsystem“) können diese Inhalte aufgegriffen und weiterentwickelt werden.

## Funktionsprinzipien von Membranrezeptoren

### Fachseminar (90 Minuten)

#### Einrichtung

CC02 - Institut für Biochemie - CCM

#### Kurzbeschreibung

Im Mittelpunkt der Veranstaltung steht die Diskussion von Grundprinzipien der Ligand-Rezeptor-vermittelten Signaltransduktion sowie die vergleichende Betrachtung genereller Funktionsmechanismen von membranständigen Rezeptoren. Es sollen Effekte spezifischer Parameter und Faktoren auf die rezeptorvermittelte Signalübertragung erarbeitet und diskutiert werden. Darüber hinaus soll das Wissen über die molekulare Funktionsweise der einzelnen Rezeptortypen anhand von Beispielen erarbeitet werden.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Wiederholung (Modul 3 „Biologie der Zelle“): Aktivierung und Funktion von Proteinkinasen, Beeinflussung von Enzymen durch Interkonversion, Protein-Protein-Wechselwirkungen.

Vorbereitendes Selbststudium: Aufbau und Aktivierung von Tyrosinkinaserzeptoren nach Hormonbindung, Rolle von Adapterproteinen und von Kinasen in der Signalwandlung.



#### Übergeordnetes Lernziel

Es soll das Verständnis für die Grundprinzipien der rezeptorvermittelten Signalübertragung, vermittelt werden. Durch vergleichende Betrachtung verschiedener Rezeptorklassen, sollen sowohl Gemeinsamkeiten als auch Besonderheiten der verschiedenen Funktionsprinzipien diskutiert und vertieft werden.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- an ausgewählten Beispielen (Glukagonrezeptor, Insulinrezeptor, Erythropoetinrezeptor) die Wirkungsweise von unterschiedlichen membranständigen Rezeptoren erläutern können.

#### Lernspirale

Die metabolischen Wirkungen von Glukagon und Insulin wurde im Modul 3 im Rahmen des Glukose-Metabolismus besprochen. Das Verständnis der molekularen Funktion unterschiedlicher Rezeptortypen wird auch in nachfolgenden Modulen vorausgesetzt und weiter ausgebaut: Modul 5 „Wachstum, Gewebe, Organ“; 8 „Blut und Immunsystem“; 12 „Ernährung, Verdauung, Stoffwechsel“; 16 „Sinnesorgane“; 17 „Systemische Störungen als Krankheitsmodell“; 18 „Infektion als Krankheitsmodell“; 19 „Neoplasie als Krankheitsmodell“.

#### Empfehlungen

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

*E-Book:*

- [Löffler: Basiswissen Biochemie \(7. Aufl.\): S. 324-333.](#)

*Bücher:*

- [Löffler: Basiswissen Biochemie \(7. Aufl.\): S. 324-333.](#)
- [Püschel: Taschenlehrbuch Biochemie \(1. Aufl.\): S. 541-542.](#)

Empfehlung zur Vertiefung

*E-Book:*

- [Löffler/Petrides: Biochemie & Pathobioch. \(8. Aufl.\): S. 763-800.](#)

*Bücher:*

- [Lodish: Molekulare Zellbiologie \(4. Aufl.\): S. 918-973.](#)
- [Löffler/Petrides: Biochemie & Pathobioch. \(8. Aufl.\): S. 763-800.](#)

## Beeinflussung zellulärer Signalübertragung als pharmakologisches Konzept

### Fachseminar (90 Minuten)

#### Einrichtung

CC05 - Institut für Pharmakologie - CCM

#### Kurzbeschreibung

Die Veranstaltung soll den Studierenden erste Kenntnisse der Pharmakodynamik (wie wirkt ein Arzneimittel?) bieten. Hierfür sollen biochemische Prozesse - aufgrund derer Pharmaka durch Bindung an Zielstrukturen ihre Wirkung entfalten - erläutert sowie die Arzneistoff-Rezeptor-Interaktionen, pharmakologische Möglichkeiten zur Beeinflussung von Rezeptoren (Agonisten und Antagonisten („Blocker“)) und die Beeinflussung intrazellulärer Signalwege erklärt werden.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Das Seminar baut inhaltlich auf Mechanismen auf, die in vorhergehenden Lehrveranstaltungen des Moduls 4 „Signal- und Informationssysteme“ vorgestellt wurden, insbesondere in den Vorlesungen „Grundprinzipien intrazellulärer Signalverarbeitung I/II“ und den Seminaren „Physiologie von Ionenkanälen“ und „Funktionsprinzipien von Membranrezeptoren“.



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen die Grundprinzipien der allgemeinen Pharmakodynamik verstehen und die wichtigsten pharmakodynamischen Begriffe kennen (z.B. Agonist, Antagonist, intrinsische Aktivität). Sie sollen Rezeptoren und intrazelluläre Signalwege als Zielstrukturen der Pharmakotherapie begreifen und pharmakodynamische Mechanismen von Arzneimittelinteraktionen erklären können.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- Beispiele von Wirkstoffen, die Rezeptortypen beeinflussen, nennen können (Beta-Blocker, Beta-Agonisten, Insulin, Corticoide).
- die Rezeptortypen (ligandenaktivierte Ionenkanäle, G-Protein-gekoppelte Rezeptoren, Rezeptor-Tyrosinkinasen, intrazelluläre Rezeptoren) und deren Bedeutung als pharmakologische Zielstrukturen beschreiben können.
- die Begriffe Rezeptoren, Ligand, Ligand-Rezeptor Komplex, Affinität, intrinsische Aktivität, Agonist, Antagonist (kompetitiv, nicht-kompetitiv), inverser Agonist definieren können.
- die Begriffe 'Pharmakodynamik' und 'Pharmakokinetik' definieren können.

#### Lernspirale

Die Grundprinzipien der intrazellulären Signalverarbeitung, die die Studierenden durch die Biochemie, Physiologie und Biologie (siehe oben) durch Selbststudium und eLearning zum Wochenanfang erlernt haben, sollen hier im Kontext der Arzneimittelwirkung vertieft werden.

#### Empfehlungen

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

*Bücher:*

- [Aktories/Förstermann: allg. & spez. Pharmakologie \(10. Aufl.\)](#): Kapitel 1.1, 1.2
- [Herdegen: Kurzlehrbuch Pharmakologie und Toxikologie](#): Kapitel 3

## Synaptische Signalverarbeitung

### Fachseminar (90 Minuten)

#### Einrichtung

CC02 - Institut für Neurophysiologie - CCM

#### Kurzbeschreibung

In diesem Seminar soll herausgearbeitet werden, dass die synaptische Übertragungsstärke einer dynamischen Regulation unterliegt und dadurch zur Informationsverarbeitung beitragen kann. Eine Veränderung der synaptischen Übertragungsstärke kann durch eine Veränderung der Zahl der Freisetzungstellen für Vesikel mit Neurotransmitter, der Freisetzungswahrscheinlichkeit pro Freisetzungsstelle und der Anzahl der postsynaptischen Rezeptoren pro Freisetzungsstelle ausgelöst werden. Zunächst sollen diese Determinanten prinzipiell dargestellt und am Beispiel der präsynaptischen Hemmung der Freisetzungswahrscheinlichkeit genauer besprochen werden.

Einige dieser Regulationsmechanismen sind pharmakologisch zugänglich und können therapeutisch genutzt werden. Dann sollen neuro-neuronale Synapsen mit der neuro-muskulären Endplatte verglichen und die besonderen Regulationsmöglichkeiten an der neuromuskulären Synapse durch Acetylcholinesterase-Hemmer besprochen werden.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Neuro-muskuläre Synapse und folgende Lerninhalte aus Modul 4 „Signal- und Informationssysteme“: Vorlesung „Synaptische Erregung und Hemmung in neuronalen Netzwerken“, Vorlesung „Analoge elektrische Signale und Aktionspotentiale“, Seminar „Physiologie der Ionenkanäle“.



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen darlegen können, wodurch die synaptische Übertragungsstärke an zentralen neuro-neuronalen Synapsen und an der motorischen Endplatte bestimmt wird und wie diese physiologisch und pharmakologisch beeinflussbar ist.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- die primären Determinanten der synaptischen Übertragungsstärke aufzählen und Beispiele für Regulationsmechanismen beschreiben können.
- im Vergleich mit zentralen, neuro-neuronalen Synapsen die Besonderheiten der neuromuskulären Synapsen benennen können.

#### Lernspirale

Aufbauend auf Lehrveranstaltungen der Woche 1 in Modul 4 „Signal- und Informationssysteme“ setzt dieses Seminar die Einführung in das Thema „Physiologie der Synapsen“ fort. Die hier eingeführten Regulationsmechanismen müssen um das Thema synaptische Plastizität, Lernen und Gedächtnis im Modul 15 „Nervensystem“ erweitert werden. Von dort weiterführend tangiert dieses Thema die Pharmakologie, die Module 30 „Neurologische Erkrankungen“ und 31 „Psychiatrische Erkrankungen“.

## Zell-Zell-Kommunikation, Zell-Substrat-Interaktion und ihr Einfluss auf das Zellverhalten

### Integriertes Seminar (90 Minuten)

#### Einrichtung

CC02 - Centrum für Anatomie - CCM

CC17 - Institut für Medizinische Genetik und Humangenetik - CVK

#### Kurzbeschreibung

Eine Grundvoraussetzung für die Entwicklung, Erhaltung und koordinierte Funktionsweise eines vielzelligen Organismus ist die Verständigung der einzelnen Zellen miteinander. In diesem Seminar erhalten die Studierenden einen Überblick, wie Zellen Signale über kontaktabhängige, synaptische, parakrine und endokrine Kommunikationsformen austauschen können und wie die Einzelzelle mit dem sie umgebenden Substrat (Matrix) interagieren kann. Die Bedeutung der Zell-Zell-Kommunikation soll exemplarisch vertieft werden. Dazu erfahren die Studierenden, wie sich eine einzelne Zelle über Gradienten von Botenstoffen (wie SHH, WNT, FGF) in einem dreidimensionalen Raum orientieren kann. Aufbauend auf Vorkenntnissen zur Zellmotilität aus Modul 3 „Biologie der Zelle“ wird erörtert, wie sich die Zelle durch äußere chemische Reize (Chemotaxis) angeregt (beispielsweise nach einer Knochenfraktur) in einem Matrixgerüst durch Zell-Substrat-Interaktion fortbewegen kann (Migration). Weitere durch Zell-Zell-Kommunikation gesteuerte zelluläre Verhaltensformen wie Reifen, Differenzieren, Überleben und Sterben werden in übersichtlicher Form dargestellt.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Voraussetzung sind folgende Lerninhalte:

Aus Modul 1 „Einführung“: Bestandteile des Knochens, aus Modul 3 „Biologie der Zelle“: Grundlagen des Zytoskeletts, der Zellpolarität und der Zellmotilität und aus Modul 4 „Signal- und Informationssysteme“: Freisetzung von Mediatoren/Hormonen; Grundprinzipien der intrazellulären Signalverarbeitung.



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen grundlegende Formen der Zell-Zell-Kommunikation klassifizieren und deren Funktion beschreiben können.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- die verschiedenen Formen der Zell-Zell-Kommunikation (kontaktabhängig, parakrin, synaptisch, endokrin) benennen und folgende Botenstoffe (Ionen, SHH, GABA, Testosteron) der entsprechenden Zell-Zell-Kommunikationsform zuordnen können.
- den Aufbau und die Funktion von gap junction (Nexus) erläutern können.
- beispielhaft darstellen können, welche Wirkungen Signalgradienten auf eine Zelle haben (Chemokinese versus Chemotaxis, Polarisierung, koordinierte Differenzierung).

#### Lernspirale

Aufbauend auf Vorkenntnissen zu der inneren Organisation der Zelle (Modul 3 „Biologie der Zelle“) und der intrazellulären Signalverarbeitung (Modul 4) soll in diesem Seminar das Grundprinzip und die Bedeutung der Zell-Zell-Kommunikation und der Zell-Substrat-Interaktion vermittelt werden, um auf die „organismische Signalverarbeitung“ und das Modul 5 „Wachstum, Gewebe und Organe“ vorzubereiten.

#### Empfehlungen

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

*Bücher:*

- [Alberts: Lehrbuch der molekularen Zellbiologie \(3. Aufl.\): S. 565-572.](#)
- [Benninghoff/Drenckhahn: Anatomie Band 1 \(17. Aufl.\): 2.3.1. Interzellularkontakte, 2.3.2 Zell-Substrat-Kontakte.](#)



- [Lodish: Molekulare Zellbiologie \(4. Aufl.\): S. 1053-1059.](#)

## Einführung Endokrinologie

### Fachvorlesung (45 Minuten)

#### Einrichtung

CC13 - Institut für Experimentelle Endokrinologie - CVK

#### Kurzbeschreibung

In dieser einführenden Vorlesung werden Grundbegriffe und Konzepte der biologischen Informationsübertragung im menschlichen Körper durch Hormone und ihre Rezeptoren erläutert. An Beispielen werden verschiedene Hormonklassen und die entsprechenden Rezeptoren vorgestellt sowie nachgeschaltete Signalübertragungswege erläutert. Die essentiellen Komponenten für eine endokrine Feedbackregulation werden besprochen. Die drei wichtigsten Mechanismen der Freisetzung hormonell aktiver Moleküle werden eingeführt: neuronale, hormonelle und humorale Stimulation. Endokrine Regulation wird im Kontext der neuronalen, immunologischen und nutritiven Signalübertragung eingeordnet.



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen erläutern können, wie biologische Informationsübertragung mit hormonell aktiven Molekülen funktioniert und in Vernetzung mit anderen Signalsystemen gesteuert und reguliert wird.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- Grundprinzipien der Hormonwirkung (z.B. Aktivierung von Signalkaskaden vs. Transkriptionsmodulation) erläutern können.
- Beispiele für exogene, endogene, nutritive und immunologische Stimulatoren der Hormonfreisetzung nennen können
- beispielhaft drei Hormonklassen (Aminosäurederivate, Peptid- & Proteohormone, Cholesterol- & Fettsäurederivate) und die subzelluläre Lokalisation der entsprechenden Hormonrezeptoren (Zellmembran, Cytosol, Zellkern) beschreiben können.
- Unterschiede und Gemeinsamkeiten endokriner und neuronaler Steuerung physiologischer Prozesse beschreiben können.

#### Lernspirale

Diese Vorlesung baut auf Inhalten der vorhergehenden Module 2 „Bausteine des Lebens“ und 3 „Biologie der Zelle“ auf. Sie bereitet die endokrinen Inhalte des Moduls 4 „Signal- und Informationssysteme“ vor. Wichtige Konzepte für die Module „Ernährung, Verdauung und Stoffwechsel“, 15 „Nervensystem“, sowie 22 „Sexualität und endokrines System“ werden eingeführt, die ein besseres Verständnis der klinischen Inhalte späterer Module zur Kardiologie, Neurologie oder Endokrinologie ermöglichen sollen.

#### Empfehlungen

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

*Buch:*

- Loeffler & Petrides „Biochemie und Pathobiochemie“ ; Springer Verlag; 9.Aufl. 2014;: Kapitel 33.1, pp. 395-398; Kapitel 34.1, pp. 407-408; Kapitel 39.1.3, pp. 487-489

## Synthese, Freisetzung von Mediatoren/Hormonen

### Interdisziplinäre Vorlesung (90 Minuten)

#### Einrichtung

CC02 - Institut für Biochemie - CCM

CC13 - Institut für Experimentelle Endokrinologie - CVK

#### Kurzbeschreibung

Es soll eine Einteilung von Hormonen und Mediatoren, d.h. para- oder autokrin wirkende Moleküle wie Wachstumsfaktoren, Zytokine, Eikosanoide und biogene Amine, nach verschiedenen Gesichtspunkten (Struktur, Eigenschaften und Funktion) erfolgen. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Stoffklasse, den Syntheseort, die Art der Freisetzung (endo-, auto-, para und intrakrin) und die entsprechenden Rezeptorklassen gelegt, welche die Wirkung vermitteln.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Wiederholung: Proteine, Aminosäuren, Cholesterin, Fettsäuren (Modul 3 „Biologie der Zelle“); Wissen, welche Rezeptorklassen durch welche Hormone oder Mediatoren aktiviert werden (Modul 4 „Signal- und Informationssysteme“).

Vorbereitendes Selbststudium: Transport von Hormonen und Mediatoren in Blut und Gewebe, z.B. anhand der angegebenen Lehrbuchabschnitte, die auch für andere hormonbezogene Lehrveranstaltungen dieses Moduls als Grundlage dienen.



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen grundlegend Synthese, Speicherung, Freisetzung und Abbau von Hormonen und Mediatoren unterschiedlicher Stoffklassen darlegen können. Sie sollen exemplarisch die Synthese von Hormonen aus Tyrosin und die molekulare Grundlage der Wirkungsgeschwindigkeit von Adrenalin im Vergleich zu Schilddrüsenhormonen erläutern können und den Mangel oder Überschuss dieser Hormone als Ursache der Entstehung von Krankheiten beschreiben können.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- am Beispiel von Adrenalin und Schilddrüsenhormonen die molekulare Grundlage der unterschiedlichen Wirkgeschwindigkeit erklären können.
- Orte und Syntheseprozesse von Hormonen beschreiben können, die aus der Aminosäure Tyrosin entstehen.
- 3 Stoffklassen mit Beispielen benennen können, aus denen Hormone gebildet werden (Aminosäuren, Peptide/ Proteine, Lipide).
- Stimulationsprinzipien für die Ausschüttung von Botenstoffen beschreiben können (endokrin, humoral und neuronal).

#### Lernspirale

Mit dieser Vorlesung wird eine Grundlage geschaffen, die biologischen Effekte dieser Substanzen auf einzelne Zellen, Organsysteme und den gesamten Organismus zu verstehen. Die Studierenden sollen einen ersten Eindruck der systemischen Regulation von Lebensvorgängen und Stoffwechsel durch Hormone und Mediatoren gewinnen, die in den folgenden Modulen vertieft werden: Modul 5 „Wachstum, Gewebe, Organ“; 8 „Blut und Immunsystem“; 11 „Herz und Kreislaufsystem“; 12 „Ernährung, Verdauung, Stoffwechsel“; 14 „Niere, Elektrolyte“; 15 „Nervensystem“; 17 „Systemische Störungen als Krankheitsmodell“; 18 „Infektion als Krankheitsmodell“; 19 „Neoplasie als Krankheitsmodell“; 20 „Psyche und Schmerz als Krankheitsmodell“; 22 „Sexualität und endokrines System“; 29 „Erkrankungen des Kopfes, Halses und endokrinen Systems“; 30 „Neurologische Erkrankungen“.

## Empfehlungen

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

*E-Book:*

- [Löffler/Petrides: Biochemie & Pathobioch. \(8. Aufl.\)](#): S. 757-769; S. 810-816 und 826-829; S. 847-861

*Buch:*

- [Löffler/Petrides: Biochemie & Pathobioch. \(8. Aufl.\)](#): S. 757-769; S. 810-816 und 826-829; S. 847-861

Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

*E-Book:*

- [Rassow: Biochemie \(3., vollst. überarb. u. erw. Aufl. \)](#): Kapitel: 18.2 Hormone und Zytokine; 20 Hormone (20.1, 20.2, 20.3, 20.4, 20.5, 20.6 und 20.7: jeweils

*Buch:*

- [Rassow: Biochemie \(2. Aufl.\)](#): Kapitel: 18.2 Hormone und Zytokine; 20 Hormone (20.1, 20.2, 20.3, 20.4, 20.5, 20.6 und 20.7: jeweils

## Molekulare und zelluläre Wirkmechanismen von Steroidhormonrezeptoren und deren Bedeutung für die Entstehung von Geschlechterunterschieden bei Krankheiten

Interdisziplinäre Vorlesung (90 Minuten)

### Einrichtung

CC01 - Institut für Geschlechterforschung in der Medizin (GiM) - CCM

CC13 - Institut für Experimentelle Endokrinologie - CVK

### Kurzbeschreibung

Die Studierenden sollen die allgemeine Bedeutung von Sexualsteroidhormonen (Östrogenen/Androgenen) und deren jeweiligen Rezeptoren a) für die Reproduktionsfunktionen, b) für den sexuellen Dimorphismus ausgewählter Organe und Stoffwechselfunktionen und c) bei der Entstehung von Geschlechterunterschieden bei weit verbreiteten Krankheiten, vertieft am Beispiel von Herz-Kreislauf Erkrankungen, verstehen lernen.

Hierzu werden zunächst die Sexualsteroidhormone und das Grundprinzip der Wirkweise der Steroidhormonrezeptoren vorgestellt. Sexualsteroidhormone werden u. a. von spezialisierten Zellen im Ovar (Theka interna) oder im Hoden (Leydig-Zwischenzellen) bzw. in der Nebennierenrinde gebildet und ohne zwischenzeitliche Speicherung sezerniert.

Veränderungen der Konzentration und zellulären Wirkung von Östrogenen/Androgenen sowie deren Rezeptoren können bei Frauen und Männern zu unterschiedlichen Krankheitsverläufen führen (z. B. kardiovaskuläres System, Lipidstoffwechsel). Dies wird durch die Vorstellung experimentell erhobener Befunde aus verschiedenen Tiermodellen weiter vertieft und detaillierter dargestellt.

### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Grundlagen der Zellbiologie und Biochemie auf Oberstufenniveau: : z.B. Aufbau der eukaryontischen Zelle, Transkription und Translation, Cholesterin als Vorläufer der Steroidhormone, Rezeptorbegriff.



### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen grundlegend die Steroidhormone als Substanzklasse kennen, die Synthesewege und -orte von Sexualsteroidhormonen und deren Signaltransduktion über Kernrezeptoren und Kinasekaskaden erläutern können. Sie sollen Steroidhormone als Regulatoren geschlechtsspezifischer Organfunktion beschreiben können, Steroidhormone und ihre Rezeptoren als Ursache für Geschlechterunterschiede bei Krankheiten kennen.



### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- Sexualsteroidhormon-abhängige Funktionen (Menstruationszyklus) sowie Steroidhormone und ihre Rezeptoren als Ursache für Geschlechterunterschiede bei Krankheiten in Grundzügen erläutern können.
- Ausgangssubstanz (Cholesterin), Orte (Nebennierenrinde und Gonaden) und Grundzüge der Steroidsynthese (ohne zelluläre Speicherung) beschreiben können.
- die Wirkung von Steroidhormonen über Kernrezeptoren (Transkriptionsmodulation, 'langsam') und cytosolische Kinasekaskaden ('schnell') erklären können.

### Lernspirale

Eine erste Vorstellung des Themas „Genderbezogene Medizin“ findet im Einführungsmodul (OE) statt. Der Mechanismus der Signal- und Informationsübertragung durch Steroidhormonrezeptoren wird als Beispiel für die nukleären Hormonrezeptoren in dieser Veranstaltung vorgestellt. Die Rolle von Sexualsteroidhormonen auf Aspekte der Reproduktionsfunktion und des Stoffwechsels bei beiden Geschlechtern wird erstmals erläutert. Die Bedeutung der Sexualsteroidhormone für die Entstehung von sexuell dimorphen Strukturen wird im Kontext des genetischen und chromosomalen Geschlechts herausgestellt. Erste Hinweise werden auf mögliche dadurch entstehende geschlechtsspezifische

Krankheitsmechanismen gegeben. Im Detail sollen diese dann in den Modulen 11 „Herz und Kreislaufsystem“, 12 „Ernährung, Verdauung, Stoffwechsel“, 25 „Erkrankungen des Thorax“ und 33 „Schwangerschaft, Geburt, Neugeborene, Säuglinge“ vertieft werden.

### Empfehlungen

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

*E-Book:*

- [Löffler/Petrides: Biochemie & Pathobioch. \(8. Aufl.\): Kapitel 25 und 27](#)

*Buch:*

- [Löffler/Petrides: Biochemie & Pathobioch. \(8. Aufl.\): Kapitel 25 und 27](#)

## Homöostase von Plasmakomponenten als Ziel

### Interdisziplinäre Vorlesung (90 Minuten)

#### Einrichtung

CC02 - Institut für Biochemie - CCM

CC02 - Institut für Physiologie - CCM

CC02 - Institut für Translationale Physiologie - CCM

#### Kurzbeschreibung

Es soll am Beispiel der Kalzium-Homöostase gezeigt werden, wie die Plasma-Kalzium-Konzentration durch das Zusammenspiel der Hormone Parathormon (PTH), Calcitonin und Calcitriol konstant gehalten wird. An einem zweiten Beispiel soll dargestellt werden, dass der Blut-Glukose-Spiegel durch die Hormone Insulin, Glucagon und Cortisol kontrolliert wird.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Wiederholung: Ionentransporte (Modul 4 „Signal- und Informationssysteme“); Glucose-Auf- und -abbau (Modul 3 „Biologie der Zelle“); G-Protein-gekoppelte Rezeptoren und Rezeptor-Tyrosinkinase und Steroidhormonwirkung und Synthese und Transport von Calcitriol und Proteohormonen (Modul 4 „Signal- und Informationssysteme“).



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen exemplarisch für die Homöostase von Plasmakomponenten die Hormone der extrazellulären Kalziumhomöostase und deren prinzipielle Wirkungsweisen sowie den Aufbau und die Funktion des Glukosesensors im Pankreas für die Glucosehomöostase darlegen können. Sie sollen die Wirkung von Glukokortikoiden auf die Glucosehomöostase erläutern können.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- den Aufbau und die prinzipielle Funktionsweise des Glukosesensors der beta-Zellen des Pankreas erläutern können.
- die Hormone der extrazellulären Kalziumhomöostase und deren prinzipielle Wirkungsweisen beschreiben können.
- die metabolische Wirkung von Glukokortikoiden auf den Blutzuckerspiegel erklären können.

#### Lernspirale

Es wird auf die in vorangegangenen Lehrveranstaltungen vermittelten Prinzipien der Synthese, der Ausschüttung und des Transports von verschiedenen Hormonen/Mediatoren sowie deren rezeptorvermittelten zellulären Wirkungen aufgebaut und deren Zusammenwirken bei der Regulation der Homöostase bestimmter Plasmakomponenten erarbeitet. Die hier vermittelten Grundlagen spielen in den folgenden Modulen eine Rolle: Modul 8 „Blut und Immunsystem“; 10 „Bewegung“; 11 „Herz und Kreislaufsystem“; 12 „Ernährung, Verdauung, Stoffwechsel“; 14 „Niere, Elektrolyte“; 15 „Nervensystem“; 18 „Infektion als Krankheitsmodell“; 22 „Sexualität und endokrines System“.

#### Empfehlungen

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

*E-Book:*

- [Rassow: Biochemie \(3., vollst. überarb. u. erw. Aufl. \)](#): 20.10.3 Hormonelle Regulation des Kalziumhaushalts, 20.10.4 Hormone mit Wirkung auf den Calcium- und

*Bücher:*

- [Püschel: Taschenlehrbuch Biochemie \(1. Aufl.\)](#): S. 574-585, 621-625.
- [Rassow: Biochemie \(2. Aufl.\)](#): 20.10.3 Hormonelle Regulation des Kalziumhaushalts, 20.10.4 Hormone mit Wirkung auf den Calcium- und

## Empfehlung zur Vertiefung

*E-Books:*

- [Löffler/Petrides: Biochemie & Pathobioch. \(8. Aufl.\)](#): 26 Die schnelle Stoffwechselregulation, 28.6.3 Hormonelle Regulation des Calcium- und Phosphatstoffw
- [Schmidt/Lang: Physiologie des Menschen \(31. Aufl.\)](#): 2.4 Calcium-vermittelte Signale, 21.4 Pankreashormone, 31 Calcium- und Phosphat-Haushalt.
- [Silbernagl: Physiologie \(7. Aufl.\)](#): 11.7 Die Calcium- und Phosphatbilanz, 14.7 Der Inselapparat des Pankreas: Insulin und Glukagon.

*Bücher:*

- [Löffler/Petrides: Biochemie & Pathobioch. \(8. Aufl.\)](#): 26 Die schnelle Stoffwechselregulation, 28.6.3 Hormonelle Regulation des Calcium- und Phosphatstoffw
- [Schmidt/Lang: Physiologie des Menschen \(31. Aufl.\)](#): 2.4 Calcium-vermittelte Signale, 21.4 Pankreashormone, 31 Calcium- und Phosphat-Haushalt.
- [Silbernagl: Physiologie \(7. Aufl.\)](#): 11.7 Die Calcium- und Phosphatbilanz, 14.7 Der Inselapparat des Pankreas: Insulin und Glukagon.



## Die Hypothalamus - Hypophysen - Nebennierenrinden - Achse

### Fachvorlesung (45 Minuten)

#### Einrichtung

CC13 - Institut für Experimentelle Endokrinologie - CVK

CC13 - Medizinische Klinik für Endokrinologie und Stoffwechselforschung - CBF/CCM

#### Kurzbeschreibung

Exemplarische Darstellung eines hormonellen Regelkreises und endokriner Informationsübertragung am Beispiel der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse (HPA-Achse), der Cortisol Synthese, Freisetzung und Wirkung, mit Ableitung relevanter klinischer Störungen (z.B. M. Cushing).

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Vorlesungen und Seminare aus Modul 4 „Signal- und Informationssysteme“ (allgemeine Prinzipien der zellulären Hormonsynthese, Freisetzung und Wirkung über substanzklassen-typische Rezeptoren, hier Proteo- und Steroidhormone).



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen grundlegend die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse (HPA-Achse) als endokrinologischen Regelkreis erläutern und wichtige exogene und endogene Einflussfaktoren benennen können.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- endogene und exogene Einflüsse auf die HPA-Achse z.B. Stress, Ernährung, Genetik, Adenome nennen können.
- die hierarchische Organisation einer endokrinen Achse am Beispiel der CRH-ACTH-Cortisol-Achse darstellen und deren Steuerung und Rückkopplung erklären können.

#### Lernspirale

Diese Veranstaltung vermittelt Hormone als eines von vier Systemen der biologischen Informationsübertragung, die HPA Achse als ein Beispiel einer hierarchisch organisierten Hormonachse.

In späteren Veranstaltungen soll detailliert aufgezeigt werden:

Die HPA Achse als Verbindung zwischen Stoffwechsel, Ernährung und Stress, die HPA Achse in der Wechselwirkung mit dem Immunsystem, pathophysiologisch relevante Veränderungen der HPA Achse (z.B. Setpoint, perinatale Programmierung, Depression).

In zukünftigen Lehrveranstaltungen ist dann eine Vertiefung erforderlich unter Einbeziehung biochemischer, (patho-)physiologischer und pharmakologischer Kenntnisse. Darauf aufbauend können diagnostische (Labor, Bildgebung) und therapeutische Maßnahmen geplant und angewendet werden.

Ziel: Hormone als zentrale Integrioren adaptiver Lebensvorgänge.

Modul 5 „Wachstum, Gewebe, Organ“; 8 „Blut und Immunsystem“; 12 „Ernährung, Verdauung, Stoffwechsel“; 14 „Niere, Elektrolyte“; 15 „Nervensystem“; 17 „Systemische Störungen als Krankheitsmodell“; 18 „Infektion als Krankheitsmodell“; 19 „Neoplasie als Krankheitsmodell“; 22 „Sexualität und endokrines System“; 29 „Erkrankungen des Kopfes, Halses und endokrinen Systems“; 30 „Neurologische Erkrankungen“.

#### Empfehlungen

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

*E-Book:*

- [Löffler/Petrides: Biochemie & Pathobioch. \(8. Aufl.\): Kapitel 25 Interzelluläre Kommunikation: Hormone, Zytokine, Signaltransduktion](#)

*Buch:*

- [Löffler/Petrides: Biochemie & Pathobioch. \(8. Aufl.\): Kapitel 25 Interzelluläre Kommunikation: Hormone, Zytokine, Signaltransduktion](#)

Empfehlung zur Vertiefung

*Artikel:*

- [Drouin: "Of old and new diseases: genetics of pituitary ACTH excess \(Cushing\) and deficiency": Clin Genet 2007; 72: 175-182](#)

## Patient\*in mit Cushing Syndrom

### Patientenvorstellung (Vorlesung) (45 Minuten)

#### Einrichtung

CC13 - Medizinische Klinik für Endokrinologie und Stoffwechselmedizin - CBF/CCM

#### Kurzbeschreibung

Den Studierenden soll ein\*e Patient\*in mit den physiognomischen Folgen eines Glukokortikoid-Exzess vorgestellt werden. Anhand der Krankengeschichte und Symptomatik sollen die Wirkungen des Hormons Kortisol auf verschiedene Organsysteme des Körpers vermittelt und die bereits dargestellte Regulation der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenachse veranschaulicht werden.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Das Cushing Syndrom (Arlt, Allolio), Kapitel 9.5 in: Gerok; Huber; Meinertz; Zeidler: Die Innere Medizin, Schattauer, 11. Auflage 2007, S. 1012-1016.



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen am Beispiel des Cushing-Syndroms grundlegend die Wirkung von erhöhten Glukokortikoidspiegeln auf die Organsysteme des menschlichen Körpers und wichtige klinische Manifestationszeichen beschreiben und bei der Patienten-Anamnese und der symptomorientierten Untersuchung anwenden können.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- chirurgische Therapieansätze basierend auf dem hormonellen Regelkreis der HPA-Achse prinzipiell begründen können.
- die drei wichtigsten klinischen Zeichen eines Cushing-Syndroms (Stammfettsucht, Vollmond-Gesicht, Striae rubrae) beschreiben können.
- den Einfluss des Glukokortikoid-Exzesses auf verschiedene Organsysteme benennen können.
- ◆ Betroffenheit und Leidensempfinden von Patienten/Patientinnen durch die Symptome des Glukokortikoid-Exzess erfassen können.

#### Lernspirale

Die Patientenvorstellung vertieft die zuvor gelernten Grundlagenkenntnisse über Synthese und Freisetzung von Hormonen, dem hormonellen Regelkreis und der Hormonwirkung auf den Organismus am praktischen Beispiel (Patient\*in). Die Thematik taucht in der Inneren Medizin, Pädiatrie und Pharmakologie in verschiedener Weise erneut auf. Die Vorlesung vermittelt zudem exemplarisch die Anamneseerhebung und symptomorientierte Untersuchung und bildet damit einen Grundbaustein für die späteren klinischen Module.

#### Empfehlungen

Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

*Buch:*

- Gerok: Die Innere Medizin (11. Aufl.): Kapitel 9.5, S. 1012-1016.

## Zelluläre Wirkungsweise und Abbau von Mediatoren / Hormonen

### Integriertes Seminar (90 Minuten)

#### Einrichtung

CC02 - Institut für Biochemie - CCM

CC13 - Institut für Experimentelle Endokrinologie - CVK

#### Kurzbeschreibung

Es wird die zelluläre Wirkung von Mediatoren und Hormonen über Rezeptoren der Zellmembran und nukleäre Rezeptoren unter Berücksichtigung der Stoffklassen der Mediatoren und Hormone vertieft. Beispielhaft werden Synthese und Abbau der Schilddrüsenhormone und die Regulation der Freisetzung dieser Hormone durch TRH (Hypothalamus) und TSH (Hypophyse) diskutiert. Dabei werden auch Grundprinzipien der intrazellulären Signalübertragung exemplarisch angesprochen (z.B. cAMP und  $\text{Ca}^{2+}$ ). Die regulierte (zelluläre) Inaktivierung von Hormonen und Mediatoren (Proteolyse, Oxidation/Reduktion, Konjugation) wird unter Berücksichtigung der Stoffklassen an diesen Beispielen vorgestellt.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Wiederholung: Stoffklassen und Eigenschaften der Proteine, Aminosäuren, Fettsäuren und von Cholesterin (Modul 2 „Bausteine des Lebens“ und 3 „Biologie der Zelle“). Vorbereitendes Selbststudium: Transport von Hormonen und Mediatoren in Blut und Gewebe.



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen grundlegend die Hypothalamus-Hypophysen-Schilddrüsen-Achse als endokrinologischen Regelkreis und vergleichend die intrazelluläre Wirkung von Thyrotropin (TSH) und von Trijodthyronin (T3), den Transport und die Umwandlung von Thyroxin in Trijodthyronin sowie die Wirkung TSH-Rezeptor stimulierender Autoantikörper erläutern können. Sie sollen grundlegend die Inaktivierung von Katecholaminen, Schilddrüsen-, Proteo- und Steroidhormonen beschreiben können.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- die Mechanismen der intrazellulären Wirkung von Thyrotropin (TSH) und die von Trijodthyronin (T3) an/in ihren jeweiligen Zielzellen unterscheiden können.
- die Wirkung TSH-Rezeptor stimulierender Autoantikörper auf die Schilddrüse und bei der Entstehung des M. Basedow erläutern können.
- den Transport und die Umwandlung von Hormonformen am Beispiel von Thyroxin (T4) und Trijodthyronin (T3) erklären können.
- Prinzipien der Inaktivierung von ausgewählten Hormonen und Mediatoren (Schilddrüsenhormone, Katecholamine, Proteohormone, Steroidhormone) erläutern können.
- grundlegend die Hypothalamus-Hypophysen-Schilddrüsen-Achse als endokrinologischen Regelkreis erläutern können.

#### Lernspirale

Die Studierenden kennen verschiedene biochemische Stoffklassen und das Prinzip des Zellaufbaus. Sie erfahren hier die hormonelle Regulation als eine systemische Form der biologischen Informationsübertragung und Steuerung neben der neuronalen, immunologischen und nutritiven Regulation. Sie erkennen die Liganden-Rezeptor-Wechselwirkung als zentrales biologisches Prinzip, das in weiteren Bereichen (z.B. Pharmakologie, Neurobiologie, Immunologie) wieder vorkommen wird. Sie erfahren an ersten Beispielen, wie Synthese, Freisetzung, Wirkung und Abbau von Hormonen nach homöostatischem Prinzip gesteuert wird und wie daraus Krankheiten entstehen können, die später spezifisch erklärt und erfasst werden. In diesem Seminar werden die Grundlagen für die folgenden Module erarbeitet: Modul 5 „Wachstum, Gewebe, Organ“; 8 „Blut und Immunsystem“; 11 „Herz und

Kreislaufsystem“; 12 „Ernährung, Verdauung, Stoffwechsel“; 19 „Neoplasie als Krankheitsmodell“; 20 „Psyche und Schmerz als Krankheitsmodell“; 22 „Sexualität und endokrines System“; 29 „Erkrankungen des Kopfes, Halses und endokrinen Systems“.

### Empfehlungen

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

*E-Book:*

- [Löffler/Petrides: Biochemie & Pathobioch. \(8. Aufl.\)](#): Kapitel: 25 Kommunikation zwischen Zellen, 27.2 Hypothalamus-Hypophysen-Schilddrüsenhormonachse.

*Bücher:*

- [Löffler/Petrides: Biochemie & Pathobioch. \(8. Aufl.\)](#): Kapitel: 25 Kommunikation zwischen Zellen, 27.2 Hypothalamus-Hypophysen-Schilddrüsenhormonachse.
- [Püschel: Taschenlehrbuch Biochemie \(1. Aufl.\)](#): S. 574-602.

Empfehlung zur Vertiefung

*E-Book:*

- [Rassow: Biochemie \(3., vollst. überarb. u. erw. Aufl. \)](#): Kapitel: 20.3 Hormone des hypothalamisch-hypophysären Systems, 20.4 Schilddrüsenhormone.

*Buch:*

- [Rassow: Biochemie \(2. Aufl.\)](#): Kapitel: 20.3 Hormone des hypothalamisch-hypophysären Systems, 20.4 Schilddrüsenhormone.

## Homöostase als Regulationsprinzip biologischer Systeme

Seminar mit klinischem Bezug (90 Minuten)

### Einrichtung

CC02 - Institut für Biochemie - CCM

### Kurzbeschreibung

Die Homöostase stellt ein zentrales Regulationsprinzip dar, mit dem sich biologische Systeme durch geeignete Reaktionsmuster an Umwelteinflüsse anpassen können. Anhand eines technischen Schaltbildes zur Kontrolle der Raumtemperatur soll mit den Studierenden der Regelkreis zur Kontrolle der Körpertemperatur erarbeitet werden. Am Beispiel Fieber wird mit den Studierenden diskutiert, wie Regelkreise einerseits zu einer Konstant-Haltung, andererseits einer kontrollierten Veränderung dienen können. Der mit den Studierenden erarbeitete Regelkreis der Körpertemperatur (als physiologischem Parameter) soll nun auf den Regelkreis der Blutzuckerhomöostase übertragen werden. Wichtige Rückkopplungsmechanismen werden vorgestellt und das komplexe Zusammenspiel verschiedener Regelkreise wird am Beispiel der intrazellulären Proteinhomeostase (Proteostase) veranschaulicht.

### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Seminar „Zelluläre Verarbeitung von Stress-Signalen“, Vorlesung „Homöostase von Plasmakomponenten als Ziel“.



### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen das Prinzip der Homöostase als zentrales Regulationsprinzip biologischer Systeme kennen und auf dessen Grundlage Regulationsmechanismen für die Körpertemperatur und die zelluläre Proteinhomeostase beschreiben können. Darüber hinaus sollen sie in der Lage sein Störungen dieser Systeme im Kontext ihrer physiologischen Ursachen und Auswirkungen zu diskutieren.



### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- den Zustand der Homöostase und die zu ihrer Aufrechterhaltung erforderlichen Mechanismen beschreiben können.
- die Grundlagen der Temperaturregulation beim Menschen erläutern können.
- Ursachen erhöhter und erniedrigter Körperkerntemperatur nennen können.
- das Zusammenwirken grundlegender Prozesse bei der zellulären Proteinhomeostase (Synthese, Modifikation, Faltung, Transport und Abbau) erläutern können.

### Lernspirale

Aufbauend auf das Seminar „Zelluläre Verarbeitung von Stresssignalen“ sollen die organismische Verarbeitung von äußeren Einflussgrößen eingeführt werden (Modul 5 „Wachstum, Gewebe, Organ“, Woche 1).

### Empfehlungen

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

*E-Books:*

- Behrends: Physiologie
- Rassow: Biochemie (3., vollst. überarb. u. erw. Aufl. )

## Zelluläre Verarbeitung von Stress-Signalen

### Fachseminar (90 Minuten)

#### Einrichtung

CC17 - Institut für Medizinische Genetik und Humangenetik - CVK

#### Kurzbeschreibung

In dieser Seminarveranstaltung erhalten die Studierenden einen Überblick über Stressreize, die auf Zellen einwirken können. Am Beispiel verschiedener Formen von Stressreizen (mechanischer Stress, oxidativer Stress, Temperatur, Osmolarität, Substratmangel) soll erarbeitet werden, welche zellulären bzw. intrazellulären Veränderungen Stressreize bewirken können (Störung der zellulären Integrität, DNA-Schädigung, Proteinfehlfaltung, Anstieg von reaktiven Sauerstoffspezies). Die Verarbeitungsmechanismen, die dabei in der Zelle in Gang gesetzt werden (u.a. Transkription und Translation), sowie die sich daraus ergebenden Folgen für das Zellverhalten bzw. das Zellschicksal (Überleben, Teilen, Differenzieren und Sterben) werden diskutiert.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Voraussetzung sind folgende Lerninhalte aus Modul 2 „Bausteine des Lebens“: „Proteinfehlfaltung“ und „DNA-Schädigung“; aus Modul 3 „Biologie der Zelle“: „Die innere Organisation der Zelle“ und „Regulation der Genexpression“ und aus Modul 4 „Signal- und Informationssysteme“: „Grundprinzipien der intrazellulären Signalverarbeitung“ und „Molekulare Grundlagen des Ionentransports“.



#### Übergeordnetes Lernziel

Nach dem Seminar sollen die Studierenden einen Überblick über unterschiedliche Stressreize auf Zellen und deren Verarbeitung gewonnen haben. Sie sollen die Rolle der zellbiologischen Effekte, die sich aus Stressreizen ergeben und deren klinische Relevanz - z.B. bei Heilungsprozessen nach Verbrennungen - einschätzen können.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- den Ablauf der intrazellulären Verarbeitung von Stressreizen (Sensor, Vermittler, Effektor, Sofortantwort, verzögerte Antwort) beschreiben können.
- verschiedene Stressreize, die auf Zellen wirken (z.B. ionisierende Strahlung, Hitze, osmotischer Stress, mechanischer Stress), benennen und den Stressreizen zelluläre Auswirkungen (DNA-Doppelstrangbrüche, Störung der Proteinfunktion, Verschiebung geladener Moleküle) zuordnen können.
- verschiedene Formen des Zellverhaltens bzw. Zellschicksals, die aus Stressreizen resultieren (Überleben, Teilen, Differenzieren, Sterben), darstellen können.

#### Lernspirale

Aufbauend auf den bereits vermittelten Kenntnissen über Proteinfehlfaltung, DNA-Schädigung (Modul 2 „Bausteine des Lebens“), die innere Organisation der Zelle und der Regulation der Genexpression (Modul 3 „Biologie der Zelle“) sowie im direkten Anschluss an die Vorlesung „Grundprinzipien der intrazellulären Signalverarbeitung“ und das Seminar „Molekulare Grundlagen des Ionentransports“ gibt dieses Seminar den Studierenden eine Übersicht über die zelluläre Verarbeitung von Stress-Signalen. Als Grundlage für die nachfolgenden Seminare „Zell-Zell-Kommunikation“ und „Homöostase als Regulationsprinzip biologischer Systeme“ werden die zellbiologischen Effekte (Überleben, Teilen, Differenzieren und Sterben) eingeführt.

#### Empfehlungen

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

*Buch:*

- [Alberts: Lehrbuch der molekularen Zellbiologie \(3. Aufl.\): S. 569-571.](#)

*Artikel:*

- [Gülow/Haas: Zellulärer Stressabbau – Alles eine Frage der Regulation \(04/2001\): BIoSpektrum, 7:321-323.](#)



## Elektronenmikroskopie der Zell-Zell-Kontakte

### Histologiekurs (90 Minuten)

#### Einrichtung

CC02 - Centrum für Anatomie - CCM

#### Kurzbeschreibung

Erlernen der Grundprinzipien der Transmissions-Elektronenmikroskopie sowie der Raster-Elektronenmikroskopie, Demonstration und Erläuterung der Probenvorbereitung und deren Bedeutung für die Qualität und das Auflösungsvermögen der Elektronenmikroskopie, Darstellung und Beobachtung der verschiedenen Zell-Zell-Kontakte in elektronenmikroskopischen Präparaten und Darstellungen, Demonstration der Bedeutung der verschiedenen Zell-Zell-Kontakte für Zellen im Gewebeverbund.

#### Vorausgesetztes Wissen/ Vorbereitung

Den prinzipiellen Aufbau der Verschlusskontakte (Zonula occludens), der Adhärenskontakte (Zonula adherens, Punktum adherens, Fascia adherens) sowie der Kommunikationskontakte (Nexus) kennen, Komponenten des Membranzytoskeletts kennen (Verankerungsstellen für Junktionale Komplexe).

Modul 3 „Biologie der Zelle“: Zellulärer Transport & Zytoskelett.

Bitte beachten Sie die Kittelpflicht für Praktika!



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen Zell-Zell-Junktionen in elektronenmikroskopischen Darstellungen identifizieren und zuordnen können. Sie sollen deren Bedeutung für die Verankerung des Zytoskeletts sowie deren Funktion erläutern können.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- den strukturellen Aufbau und die Funktion folgender Strukturen erläutern und in elektronenmikroskopischen Darstellungen identifizieren können: Verschlusskontakte (Zonula occludens), Adhärenskontakte (Zonula adherens, Fascia adherens) sowie Kommunikationskontakte (Nexus).
- die Mechanismen und die Bedeutung der Verankerung von Zell-Zell-Junktionen mit Komponenten des Zytoskeletts beschreiben können.

#### Lernspirale

Dieses Praktikum ist die zweite Lehrveranstaltung (nach dem Fachpraktikum „Zytologie und Mikrobiologie“ in Modul 3 „Biologie der Zelle“), die sich mit einem Schwerpunkt der Darstellung von subzellulären Strukturen widmet. Sehr gute Kenntnisse auf dem Gebiet der Zellbiologie sind eine Grundvoraussetzung, um in nachfolgenden Modulen physiologische, pathologische, dysplastische Vorgänge und Veränderungen sowie pharmakologische Angriffspunkte und Wirkungsweisen zu verstehen. Ultrastrukturelle Darstellungen werden in zahlreichen kommenden Modulen immer wieder aufgenommen.

#### Empfehlungen

Empfehlung zur Vor- und Nachbereitung

*Buch:*

- [Benninghoff/Drenckhahn: Anatomie Band 1 \(17. Aufl.\): 2.3.1 Interzellularkontakte.](#)

## Lichtmikroskopie der Zell-Zell-Kontakte

### Histologiekurs (90 Minuten)

#### Einrichtung

CC02 - Centrum für Anatomie - CCM

#### Kurzbeschreibung

Darstellung und Beobachtung der verschiedenen Zell-Zell-Kontakte in lichtmikroskopischen Präparaten und Darstellungen, Demonstration der Bedeutung der verschiedenen Zell-Zell-Kontakte für Zellen im Gewebeverbund.



#### Übergeordnetes Lernziel

Die Studierenden sollen Zell-Zell-Junktionen in lichtmikroskopischen Präparaten identifizieren und zuordnen können. Sie sollen deren Bedeutung für die Verankerung des Zytoskeletts sowie deren Funktion erläutern können.



#### Lernziele

Die Studierenden sollen...

- den strukturellen Aufbau und die Funktion folgender Strukturen erläutern und in lichtmikroskopischen Darstellungen identifizieren können: Verschlusskontakte (Zonula occludens), Adhärenskontakte (Zonula adherens, Fascia adherens) sowie Kommunikationskontakte (Nexus).
- die Funktion der verschiedenen Zell-Zell-Junktionen an ausgewählten Beispielen (Schlußleistenkomplex, Schlitzdiaphragma, kontinuierliches Endothel, Glanzstreifen) erläutern können.

## **Abschlussbesprechung Modul 4**

### Nachbesprechung (90 Minuten)

#### **Einrichtung**

PDL - Prodekanat für Studium und Lehre

#### **Kurzbeschreibung**

Abschlußbesprechung mit den Studierenden

## 8. Vorbereitung auf das Folgemodul - Modul 5

Nach Abschluss des Moduls 4 „Signal- und Informationssysteme“ werden Sie sich im fünften Modul mit Geweben, zellulärer Differenzierung und allgemeiner Embryologie beschäftigen. Für dieses Modul werden - neben dem bereits in den vorigen Modulen erworbenen Wissen - grundlegende Kenntnisse der Bereiche Biologie und Physik aus Ihrer Schulzeit vorausgesetzt. Andere Inhalte werden aufgegriffen und vertieft. An dieser Stelle möchten wir Sie wieder auf die betreffenden vorausgesetzten und vertieften Themengebiete aufmerksam machen. Nutzen Sie bitte die Gelegenheit einer frühzeitigen und gezielten Vorbereitung.

### Vorausgesetztes Wissen für Modul 5

#### Biologie:

Voraussetzung für die Lehrveranstaltungen des Bereichs Biologie/Anatomie sind die im Rahmen der Sekundarstufe I und II erworbenen Kenntnisse über folgende Themen:

**Meiose:** Begriffe haploid, diploid, Gamete, Spermatogenese, Oogenese, Zygote. Prinzipieller Ablauf der Meiose (Reduktionsteilung, Äquationsteilung), Chiasmata, Rekombination, Non-disjunction als Störung.

**Stofftransport:** Definition Diffusion, Osmose

#### Physik:

Voraussetzung für die Lehrveranstaltungen des Bereichs Physik sind die im Rahmen der Sekundarstufe I und II erworbenen Kenntnisse über folgende Themen:

**Schwingungen/Wellen:** Definition von Schwingungen und Wellen, Amplitude, Periodendauer, Frequenz; Zusammenhang Wellenlänge, Frequenz, Ausbreitungsgeschwindigkeit

### Platz für Aufzeichnungen

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 9. Veranstaltungsorte - Lagepläne der Charité-Campi



Campus Charité Mitte  
Charitéplatz 1  
10117 Berlin



- 1 Cohn-Hörsaal (HS), Axhausen-HS, Schröder-HS, Miller-HS, Mikroskopier-, Kleingruppen- und Seminarräume, Virchowweg 24
- 2 Kleingruppen- und Seminarräume, Virchowweg 23
- 3 Hoffmann-HS, Seminarraum, Hautklinik, Rahel-Hirsch-Weg 4
- 4 Westphal-HS, Nervenklinik, Bonhoefferweg 3
- 4a Kleingruppenräume Nervenklinik, Virchowweg 19
- 5 Pathologie-HS, Virchowweg 14
- 6 Seminarraum 03.021, Hufelandweg 9
- 7 Seminarraum 04.030, Hufelandweg 5
- 8 Hertwig-HS, Anatomie, Medizinische Bibliothek (Oskar Hertwig-Haus), Philippstraße 11
- 9 Kopsch-HS, H. Virchow-HS, Präpöle, Histologiesaal, Sternsaal, Studienkabinett und Seminarräume, Anatomie (Wilhelm Waldeyer-Haus), Philippstraße 11
- 10 Sauerbruch-HS, Hufelandweg 6
- 11 Seminarräume, Luisenstr. 57
- 12 Rahel Hirsch-HS, Poliklinik, Luisenstr. 13
- 13 HS Innere Medizin, Sauerbruchweg 2
- 14 Seminarräume 1-4, Innere Medizin, Virchowweg 9
- 15 Praktikumsräume CharitéCrossOver (CCO), Virchowweg 6
- 16a Lernzentrum, CIPom, Virchowweg 5
- 16b Lernzentrum, Virchowweg 3
- 16c Kleingruppenräume, Virchowweg 6
- 17 Paul Ehrlich-HS, Virchowweg 4
- 18 Turnhalle, Luisenstraße 13
- 19 Kossel-HS, Seminarraum 1, Hessische Str. 3
- 20 Referat für Studienangelegenheiten, Hannoversche Str. 19, 10115 Berlin
- 21 Seminarräume, Bettenhochhaus, Luisenstraße 64

HS = Hörsaal

Campus Virchow-Klinikum  
Augustenburger Platz 1  
13353 Berlin

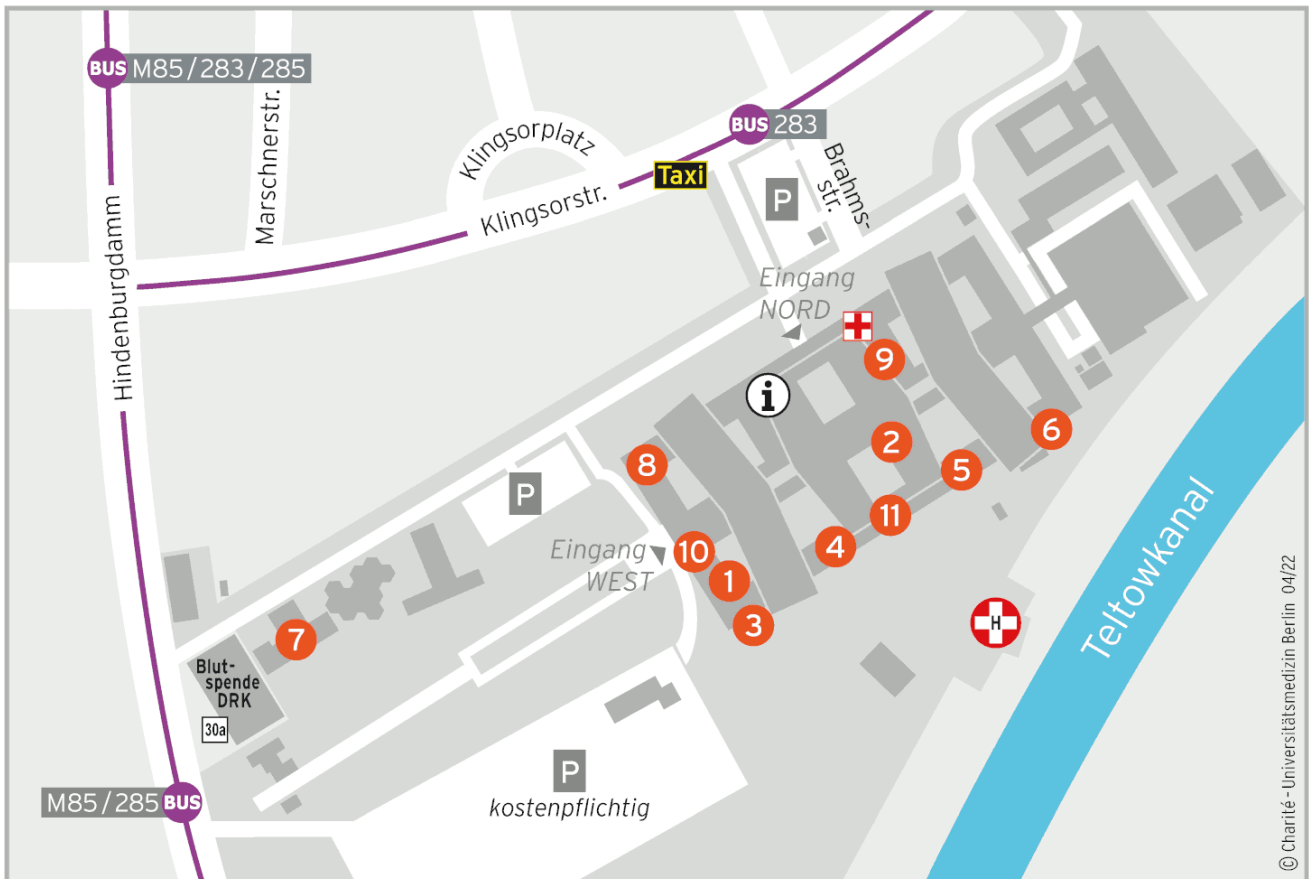


© Charité - Universitätsmedizin Berlin 08/22

- 1 Hörsaal (ehem. Dermatologie), Ostring 1
- 2 Hörsaal 6, Kursräume 5 und 6, Mittelallee 10; Seminarraum 1.2854
- 3 Forschungsgebäude: Hörsaal Pathologie, Forum 4
- 4 Kurs- und Seminarräume, Lehrgebäude, Forum 3
- 5 Gustav Bucky Hörsaal, (Zugang über die Radiologie-Anmeldung), Mittelallee 3
- 6 Praktikumsräume 1. OG, Forum 4
- 7 Demonstrationsraum O1 4040, 1. Kellergeschoss, Kinderklinik, Mittelallee 8



Campus Benjamin Franklin  
Hindenburgdamm 30  
12200 Berlin



© Charité - Universitätsmedizin Berlin 04/22

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><b>1</b> Notfallkursräume 1, 2<br/>Kursräume 1, 4, 5   EG</li> <li><b>2</b> „Blaue Grotte“, Kursraum 6,<br/>Notfallkursräume 3, 4   EG</li> <li><b>3</b> Kleingruppenraum 1303,<br/>Kursräume 7, 8, 9   1. OG</li> <li><b>4</b> Hörsaal West</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>5</b> Hörsaal Ost</li> <li><b>6</b> Hörsaal Pathologie   1. UG</li> <li><b>7</b> Kleingruppenräume E05 + E06   Haus I</li> <li><b>8</b> Kleingruppenräume 1207 - 1281   1. OG</li> <li><b>9</b> Untersuchungsraum + Turnhalle   2. UG</li> <li><b>10</b> Kleingruppenräume U106a + U106b   1. UG</li> <li><b>11</b> Studentencafé   EG</li> </ul> |
|--|---|

[www.charite.de](http://www.charite.de)