

impp

**INSTITUT FÜR MEDIZINISCHE UND
PHARMAZEUTISCHE PRÜFUNGSFRAGEN**

Rechtsfähige Anstalt des öffentlichen Rechts • Mainz

IMPP-GEGENSTANDSKATALOG (IMPP-GK-1)

für den schriftlichen Teil des

ERSTEN ABSCHNITTS DER ÄRZTLICHEN PRÜFUNG

(ÄAppO vom 27. Juni 2002)

Teilkatalog

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

**Auflage von
Januar 2014**



Vorwort zur Auflage von Januar 2014

In dieser aktualisierten Auflage des Teilkatalogs „Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“ im IMPP-Gegenstandskatalog für den schriftlichen Teil des Ersten Abschnitts der Ärztlichen Prüfung (IMPP-GK-1) wurden - unter Beibehaltung der allgemeinen Struktur - eine Vielzahl von Begriffen aktualisiert und präzisiert sowie einige Themengebiete an besser geeigneter Stelle abgehandelt.

Formal wird bis einschließlich Frühjahr 2015 den Prüfungen ausschließlich die vorhergehende Auflage von Februar 2005 zugrunde gelegt. Die Prüfung Herbst 2015 berücksichtigt beide Auflagen. Ab Frühjahr 2016 gilt nur noch die neue Auflage.

Dessen ungeachtet können besonders wichtige Entwicklungen, wie sie in der lebendigen Wissenschaft ständig vor sich gehen, auch dann schon Prüfungsstoff sein, wenn sie dem Prüfungstoffkatalog der Approbationsordnung für Ärzte (ÄAppO) zuzuordnen sind, im IMPP-GK aber noch nicht aufgeführt werden. Es sei deutlich darauf hingewiesen, dass Grundlage für den schriftlichen Teil des Ersten Abschnitts der Ärztlichen Prüfung allein der in der ÄAppO festgelegte Prüfungsstoff ist (§ 22 und Anlage 10 der ÄAppO). Der IMPP-GK-1 ist als Erläuterung und Konkretisierung der dort in allgemeiner Form festgelegten Prüfungsthemen zu verstehen. Er ist damit als Hilfestellung sowohl bei der Prüfungsvorbereitung als auch bei der Gestaltung von Ausbildungsinhalten anzusehen und dient selbstverständlich auch als Richtschnur bei der Auswahl der schriftlichen Prüfungsthemen.

Die Prüfungen schließen Aspekte ein, die die Verknüpfung des medizinischen Grundlagenwissens über die Körperfunktionen mit klinischen Anteilen sichern (vgl. Anlage 10 der ÄAppO). Zum einen ist somit bestimmtes klinisches Basiswissen bereits Prüfungsstoff. Zum anderen können klinische Bezüge auch einer anwendungsorientierten Prüfungsfragestellung dienen, ohne selbst zum Prüfungsstoff zu gehören. Im letzteren Fall wird das Anwendungsbeispiel mit den nötigen Informationen in der Aufgabenstellung mitgeliefert. Der IMPP-GK-1 enthält in der vierten (rechten) Spalte stichwortartig „Anwendungsbeispiele“, mit denen der in Spalte 3 detaillierte Prüfungsstoff in Beziehung steht. Es kann sich hierbei im engeren Sinn um Bezüge handeln, die hohe klinische Relevanz besitzen oder denen wegen ihres Modellcharakters besonderer didaktischer Wert zukommt. Die rechte Spalte folgt weder einer eigenen Systematik, noch wird Vollständigkeit angestrebt. Stattdessen könnte sie als Anregung dafür dienen, noch mehr als bisher über sinnvolle Schnittstellen zwischen den grundlagenwissenschaftlichen und späteren Ausbildungsabschnitten nachzudenken. Ein Eintrag in der rechten Spalte erweitert also nicht den Prüfungsstoff des entsprechenden Items. Der Sachverhalt kann aber an anderer Stelle in einem der Teile dieses IMPP-GK-1 in den vorderen Spalten aufgeführt sein und somit beim dortigen Item zum Prüfungsstoff gehören.

Um jeglichem Missverständnis vorzubeugen: **Der in Betracht kommende Prüfungsstoff findet sich in den Spalten eins bis drei des IMPP-Gegenstandskatalogs.**

Auch die Querverweise innerhalb des IMPP-GK-1 erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Wird in einen anderen Teilkatalog des IMPP-GK-1 verwiesen, werden folgende Abkürzungen verwendet:

GK = Teilkatalog des IMPP-GK-1

Physik = Physik für Mediziner

Physiol. = Physiologie

Biol. = Biologie für Mediziner

Anat. = Anatomie

Psych./Soz. = Grundlagen der Medizinische Psychologie und Medizinische Soziologie

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“ (Inhaltsübersicht)

- 1 Aufbau der Materie**
 - 1.1 Atome, chemische Elemente
 - 1.2 Moleküle, chemische Bindungen
 - 1.3 Heterogene Stoffgemische
- 2 Chemisch-analytische Verfahren in der Biochemie und Medizin**
 - 2.1 Elektromagnetische Strahlung
 - 2.2 Begriffe
 - 2.3 NMR-Spektroskopie
 - 2.4 Infrarotspektroskopie
 - 2.5 UV/VIS-Spektroskopie
 - 2.6 Massenspektrometrie
- 3 Chemische Reaktionen**
 - 3.1 Chemische Gleichungen
 - 3.2 Thermodynamische Grundlagen
 - 3.3 Grundlagen der Kinetik
 - 3.4 Säure-Base-Reaktionen, Puffer
 - 3.5 Redox-Reaktionen
 - 3.6 Reaktionen von Salzen
 - 3.7 Reaktionen von Metallkomplexen
- 4 Reaktionen einfacher und substituierter Kohlenstoffverbindungen**
 - 4.1 Bindungsverhältnisse
 - 4.2 Reaktionstypen
- 5 Grundstrukturen**
 - 5.1 Offenkettige Kohlenwasserstoffe
 - 5.2 Alicyclische Verbindungen
 - 5.3 Aromaten
 - 5.4 Heterocyclen
- 6 Funktionelle Gruppen**
 - 6.1 Alkohole, Phenole, Chinone, Ether
 - 6.2 Verbindungen mit N
 - 6.3 Verbindungen mit S
 - 6.4 Aldehyde und Ketone
 - 6.5 Carbonsäuren, Carbonsäurederivate
 - 6.6 Hydroxy- und Oxocarbonsäuren
 - 6.7 „Anorganische“ Säuren und ihre Derivate
- 7 Stereochemie**
 - 7.1 Isomerien
 - 7.2 Enantiomere
- 8 Medizinisch relevante Werkstoffe/Biomaterialien**
 - 8.1 Metalle
 - 8.2 Keramische Materialien
 - 8.3 Polymere
 - 8.4 Anwendungen
- 9 Struktur und Eigenschaften von Aminosäuren, Peptiden und Proteinen**
 - 9.1 Aminosäuren
 - 9.2 Peptide und Proteine
- 10 Struktur und Eigenschaften von Kohlenhydraten**
 - 10.1 Monosaccharide
 - 10.2 Disaccharide
 - 10.3 Oligo- und Polysaccharide

- 11 Struktur und Eigenschaften von Lipiden**
 - 11.1 Klassifizierung, Struktur und Eigenschaften
 - 11.2 Speicherlipide
 - 11.3 Membranlipide
- 12 Struktur und Eigenschaften von Nucleotiden und Derivaten, Nucleinsäuren**
 - 12.1 Nucleoside, Nucleotide und Nucleotidderivate
 - 12.2 Nucleinsäuren
- 13 Vitamine und Vitaminderivate**
 - 13.1 Definition und Klassifikation
 - 13.2 Strukturprinzipien
 - 13.3 Herkunft, Stabilität
 - 13.4 Funktion
 - 13.5 Stoffwechsel
- 14 Energetik und Kinetik biochemischer Reaktionen**
 - 14.1 Fließgleichgewicht
 - 14.2 Gekoppelte Reaktionen
 - 14.3 „Energiereiche“ Verbindungen
 - 14.4 Biokatalyse
 - 14.5 Cofaktoren
 - 14.6 Enzymkinetik
 - 14.7 Hemmung von Enzymen
 - 14.8 Abhängigkeit der Enzymaktivität
- 15 Prinzipien der Enzymregulation**
 - 15.1 Abhängigkeit der Enzymaktivität von der Substratkonzentration
 - 15.2 Negative Rückkopplung
 - 15.3 Allosterische Regulation
 - 15.4 Enzymgesteuerte chemische Modifikation von Enzymen
 - 15.5 Veränderung der Enzymkonzentration
 - 15.6 Limitierte Proteolyse
 - 15.7 Protein-Protein-Interaktion
 - 15.8 Kontrollierte räumliche Trennung von Enzym und Substrat
- 16 Kataboler Stoffwechsel und Energiegewinnung**
 - 16.1 Kohlenhydratabbau
 - 16.2 Triacylglycerol-(Triglycerid-) und Fettsäureabbau
 - 16.3 Ketonkörpersynthese und -abbau
 - 16.4 Aminosäureabbau
 - 16.5 Ethanolabbau
 - 16.6 Pyruvat-Dehydrogenase, Citrat-Zyklus
 - 16.7 Atmungskette und oxidative Phosphorylierung
- 17 Anaboler Stoffwechsel und Aufbau von Energiespeichern**
 - 17.1 Kohlenhydrate
 - 17.2 Lipide
- 18 Regulation des Energiestoffwechsels**
 - 18.1 Begriffe und Grundlagen
 - 18.2 Bildung von Energiespeichern
 - 18.3 Speicherverwertung
 - 18.4 Regulation des Glucoseabbaus und des Citrat-Zyklus
- 19 Speicherung, Übertragung und Expression genetischer Information**
 - 19.1 Nucleotide
 - 19.2 Nucleinsäuren
 - 19.3 Co- und posttranslationale Faltung und Modifikation von Proteinen, Proteome
 - 19.4 Proteolyse
 - 19.5 Tumorbiochemie

- 20 Molekulare Zellbiologie**
 - 20.1 Eukaryontische Zellen
 - 20.2 Membranen
 - 20.3 Zellkern
 - 20.4 Mitochondrien
 - 20.5 Lysosomen
 - 20.6 Peroxisomen
 - 20.7 Endoplasmatisches Retikulum (ER)
 - 20.8 Golgi-Apparat
 - 20.9 Zytoskelett
 - 20.10 Extrazelluläre Matrix
 - 20.11 Zellzyklus
- 21 Säure-Basen-Haushalt, Wasser- und Elektrolythaushalt, Spurenelemente und Schwefel**
 - 21.1 Säure-Basen-Haushalt
 - 21.2 Wasser- und Elektrolythaushalt
 - 21.3 Spurenelemente
 - 21.4 Schwefel
- 22 Bewegung**
 - 22.1 Kontraktile Systeme
 - 22.2 Motile Systeme
- 23 Hormone, hormonähnliche Signalstoffe und Cytokine**
 - 23.1 Grundlagen
 - 23.2 Biochemie von Hormonen
 - 23.3 Biochemie der Cytokine
- 24 Immunsystem**
 - 24.1 Zellen des Immunsystems
 - 24.2 Begriffe
 - 24.3 Immunglobuline
 - 24.4 Histokompatibilitätsantigene, Antigenpräsentation
 - 24.5 T-Zellrezeptor, T-Zell-Antigenerkennung
 - 24.6 Unspezifische Immunantwort
 - 24.7 Spezifische Immunantwort
 - 24.8 Immunologische Abwehrmechanismen
- 25 Blut**
 - 25.1 Erythropoiese und Erythrozyten
 - 25.2 Granulozyten, Makrophagen
 - 25.3 Lymphozyten
 - 25.4 Blutstillung, Blutgerinnung und Fibrinolyse
 - 25.5 Blutplasma
- 26 Leber**
 - 26.1 Energiestoffwechsel
 - 26.2 Serviceleistungen
 - 26.3 Cholesterin (Cholesterin)
 - 26.4 Gallenflüssigkeit und Gallensäuren
 - 26.5 Biotransformation
 - 26.6 Endokrine Funktionen
 - 26.7 Leberfunktionsstörungen
- 27 Magen-Darm-Trakt**
 - 27.1 Grundlagen der Ernährung
 - 27.2 Verdauung und Resorption
 - 27.3 Endokrine Funktionen
- 28 Fettgewebe**
 - 28.1 Stoffwechsellleistungen
 - 28.2 Endokrine Funktionen

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

- 29 Niere**
 - 29.1 Stoffwechsel
 - 29.2 Endokrine Funktionen
 - 29.3 Grundlagen der Harnbildung
 - 29.4 Ausscheidung von Säuren und Ammoniak
- 30 Muskulatur**
 - 30.1 Energiestoffwechsel
 - 30.2 Kontraktion, Relaxation
 - 30.3 Endokrine Funktionen
- 31 Aufbau des Stützgewebes**
 - 31.1 Extrazelluläre Matrix
 - 31.2 Knorpelgewebe
 - 31.3 Knochen, Zahnhartsubstanz
- 32 Nervensystem**
 - 32.1 Stoffwechsel
 - 32.2 Blut-Hirn-Schranke, Liquor cereobrospinalis
 - 32.3 Myelin
 - 32.4 Erregungsleitung und -übertragung durch Neurotransmitter
- 33 Sinnesbiochemie**
 - 33.1 Sehen
 - 33.2 Riechen

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

1	Aufbau der Materie		
1.1	Atome, chemische Elemente		
1.1.1	Begriffe	chemische Elemente, Elementarteilchen (Protonen, Neutronen, Elektronen)	
1.1.2	Atomkern (s. a. GK Physik 3.1)	Ordnungszahl, Kernladungszahl, Massenzahl, Elementsymbole, Isotope, Nuklide	
1.1.3	Radioaktivität (s. a. GK Physik Kap. 8)	α -, β^- -, β^+ -, γ -Strahlung und ihre Wirkung auf Materie; medizinisch relevante Radioisotope (z. B. ^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{18}F , ^{60}Co)	Schilddrüsen-Szintigraphie, PET
1.1.4	Elektronenhülle	Atomorbitale (s, p, d), Elektronenkonfiguration, Elektronenspin	
1.1.5	Periodensystem	Ordnungsprinzipien (Perioden 1-7, Gruppen 1-18), periodische Eigenschaften (Atomradien, Ionisierungsenergien, Elektronegativität, Metallcharakter); medizinisch relevante Elemente, Spurenelemente (s. a. 21.3)	
1.2	Moleküle, chemische Bindungen		
1.2.1	Ionenbindung	Edelgaskonfiguration, Bildung von Kationen und Anionen, Ionenradien, Salze	
1.2.2	Atombindung	Molekülorbitale, Bindigkeit, bindende und freie Elektronenpaare; Bindungsverhältnisse bei den biochemisch wichtigen Grundelementen anhand einfacher Beispiele (H: H_2 ; C: CH_4 , C_2H_4 , C_2H_2 , CO , CO_2 ; N: NH_3 , N_2 , N_2O , NO , CN^- ; O: H_2O , H_2O_2 , O_2 , O_3 , biologisch reaktive Sauerstoffradikale; S: H_2S)	reaktive Sauerstoffspezies (ROS, s. 16.7.3), Gase mit Transmitterfunktion
1.2.3	Polarität von Molekülen	Dipolmoment, Anomalien des Wassers (Siedepunkt, Schmelzpunkt, Dichte von Eis), Wasser als Lösungsmittel, Hydratisierung	
1.2.4	schwache Wechselwirkungen	Assoziation durch H-Brücken, Van-der-Waals-Kräfte, hydrophobe Wechselwirkungen, Ion/Dipol-Interaktionen	Bedeutung für die Struktur von Proteinen und Nucleinsäuren, Ligand-Rezeptor-Wechselwirkungen
1.2.5	Metallkomplexe	Zentralatome, Liganden, Lewis-Konzept, Koordinationszahl, Nomenklatur einfacher Komplexe, Farbe und magnetische Eigenschaften; biochemisch und medizinisch wichtige Metallkomplexe (z. B. Eisen-Schwefel-Cluster, Häm-Gruppen, Corrin-Ringsystem), Chelatkomplexe	Farbe von Blut, bildgebende Verfahren, Zytostatika, Blutgerinnung,
1.2.6	metallische Bindung	elektrische Leitfähigkeit, Legierungen	Prothesen, Implantate, Amalgame
1.2.7	Bindungstypen in biochemisch relevanten Verbindungen	Erkennen von Wechselwirkungen anhand einfacher Beispiele; Bindigkeit von H, C, N, O, P, S, Cl	
1.3	Heterogene Stoffgemische		
1.3.1	Aggregatzustände (s. a. GK Physik 4.4 und 4.6)	Phasen, allgemeines Gasgesetz, Phasendiagramm des Wassers (inkl. Siedepunktserhöhung und Gefrierpunktniedrigung durch Verunreinigungen), Phasenumwandlungen (Verdunstungskälte)	Narkosegase; Gefriertrocknung
1.3.2	Begriffe	gesättigte Lösung, Suspension, Emulsion, Aerosol, Gel	Galenik, Nanopartikel
1.3.3	heterogene Gleichgewichte (s. a. GK Physik 4.6)	Verteilungsgleichgewichte (auch an Membranen): Nernst-Verteilungssatz; Adsorption, Diffusion, Dialyse, Osmose	Blut-Hirn-Schranke, glomeruläre Filtration, Bestimmung der Osmolarität von Urin, Laxantien

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

1.3.4	Trennverfahren	Prinzipien von Destillation, Extraktion, Filtration, Chromatographie und Elektrophorese	
2	Chemisch-analytische Verfahren in der Biochemie und Medizin		
2.1	Elektromagnetische Strahlung (s. a. GK Physik 6.4)		
		Wechselwirkungen mit Materie für medizinisch relevante Analytik, Energiewerte	
2.2	Begriffe (s.a. GK Physik 7.4)		
		Absorptions- und Emissionsspektren, Fluoreszenz, Phosphoreszenz, Lumineszenz	Fluoreszenzmikroskopie, Atomabsorptionsspektrometrie, chemiluminometrische Methoden, GFP (green fluorescent protein)
2.3	NMR-Spektroskopie (s. a. GK Physik 5.9)		
		Prinzip und medizinisch wichtige Anwendungen, z. B. Magnetresonanztomographie (MRT), funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)	
2.4	Infrarotspektroskopie		
		Prinzip	Nierensteinanalytik
2.5	UV/VIS-Spektroskopie (s.a. GK Physik 7.4)		
		Farbigkeit chemischer Verbindungen, Chromophore, Photometrie, Lambert-Beer-Gesetz; UV-Spektren von NAD/NADH, Proteinen und Nucleinsäuren	klinisch-chemische Enzymdiagnostik
2.6	Massenspektrometrie		
		Prinzip (s. a. 9.2.5)	C13-Atemtest
3	Chemische Reaktionen		
3.1	Chemische Gleichungen		
3.1.1	Begriffe, Definitionen	Unterschied zwischen Summen- und Strukturformeln, Definition der Begriffe atomare Masseneinheit, relative molare Masse, Stoffmenge, Avogadro-Konstante, Molmasse, Molvolumen	
3.1.2	Stöchiometrie	Aufstellen einfacher Reaktionsgleichungen, Massenbilanzen einfacher chemischer Reaktionen, wichtige Konzentrationsmaße (Stoffmengen- und Massenkonzentration, Volumen- und Massenanteil, Stoffmengenanteil), Umrechnung zwischen Massen- und Stoffmengenkonzentration, Anwendungen in der Medizin	
3.2	Thermodynamische Grundlagen		
3.2.1	Begriffe, Definitionen	Reaktionsenthalpie (ΔH), Reaktionsentropie (ΔS), Gibbs-Energie (Freie Reaktionsenthalpie, ΔG), endergon/exergon, endotherm/exotherm	Brennwerte von Nahrungsmitteln (s. 27.1.2)
3.2.2	Energetik chemischer Reaktionen	Hauptsätze der Thermodynamik, Bedeutung des Satzes von Hess und der Gibbs-Helmholtz-Gleichung ($\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$)	
3.2.3	chemisches Gleichgewicht	Massenwirkungsgesetz, Zusammenhang zwischen ΔG und Gleichgewichtskonstante ($\Delta G^0 = -R \cdot T \cdot \ln K$) bzw. Potentialdifferenz ($\Delta G = -z \cdot F \cdot \Delta E$); gekoppelte Reaktionen; Konzentrationsabhängigkeit von ΔG (Definition von ΔG^0 und $\Delta G^{0'}$)	gekoppelte enzymatische Reaktionen

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

3.3	Grundlagen der Kinetik		
3.3.1	Begriffe, Definitionen	Reaktionsgeschwindigkeit, Reaktionsordnung, geschwindigkeitsbestimmender Schritt, Molekularität	
3.3.2	Energieprofil	Erkennen von Übergangszustand (aktivierter Komplex, Unterschied zum Enzymsubstratkomplex), Aktivierungsenergie (ΔG^\ddagger) und Reaktionsenergie (ΔG)	
3.3.3	Katalyse	Wirkungsweise eines Katalysators bezüglich Reaktionsgeschwindigkeit, Aktivierungsenergie, Gleichgewichtslage	
3.3.4	Zeitgesetze	Erkennen der Reaktionsordnung (0., 1., 2. sowie pseudonulle und pseudoerste Ordnung), Molekularität einer Reaktion	radioaktiver Zerfall, Michaelis-Menten-Gleichung (s. 14.6)
3.4	Säure-Base-Reaktionen, Puffer (s. a. 21.1 und GK Physiol. 5.10)		
3.4.1	Begriffe, Definitionen	Brønsted- sowie Lewis-Säuren/Basen, pH-Wert, pK_S -Wert, pK_B -Wert, konjugierte Säure/Base-Paare, Ampholyte, Indikatoren	Alkalose, Azidose, Karies, Löslichkeit und Resorption von Arzneistoffen
3.4.2	dissoziationsabhängige Größen	Dissoziationsgrad von Wasser, pH-Wert von Wasser (Temperaturabhängigkeit), Stärke medizinisch relevanter Säuren und Basen, Messung von pH-Werten	
3.4.3	Säure-Base-Reaktionen	Titrationenkurven, Äquivalenzpunkt, Neutralpunkt	
3.4.4	Puffersysteme	Pufferlösungen, pH-Wert von Puffern (Anwendung der Henderson-Hasselbalch-Gleichung), pH-Optimum, Pufferkapazität	
3.4.5	Beispiele	Dissoziation von HCl, H ₂ SO ₄ , „Kohlensäure“, Phosphor- und Zitronensäure sowie NaOH und NH ₃ in Wasser (Reaktionsgleichungen); Erkennen konjugierter Säure/Base-Paare; Berechnung von pH-Werten starker und schwacher Säuren bzw. Basen, pH-Wert von Salzlösungen; typische pH-Werte in Zellorganellen und von Körperflüssigkeiten; Puffergleichungen des Phosphatpuffers und des Hydrogencarbonat/CO ₂ -Puffers bei physiologischem pH	
3.5	Redox-Reaktionen		
3.5.1	Begriffe, Definitionen	Oxidationszahl, Oxidation, Reduktion, Oxidations- und Reduktionsmittel, korrespondierendes Redox-Paar	Atmungskette (s. 16.7)
3.5.2	Redox-Gleichungen	Berechnung der Oxidationszahl (auch in organischen Verbindungen), Erkennen von Redox-Reaktionen, Aufstellen einfacher Gleichungen	
3.5.3	elektrochemische Zellen	Beschreibung einfacher elektrochemischer Zellen, Elektrodenpotential, elektromotorische Kraft, Standardwasserstoffelektrode, Spannungsreihe, Nernst-Gleichung	
3.5.4	Beispiele	Redox-Elektroden, Redox-Indikatoren; pH-Abhängigkeit des Redox-Potentials bei biochemisch relevanten Reaktionen	Methylenblau-Färbung
3.6	Reaktionen von Salzen		
3.6.1	Salzlösungen	Bildung von Salzen, Dissoziation, Hydratation (Größe hydratisierter und nicht hydratisierter K ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ - und Cl ⁻ -Ionen, Vergleich mit den Atomen), Lösungsenthalpie, elektrische Leitfähigkeit, Elektrolyse, Löslichkeit, Löslichkeitsprodukt	Wasser- und Elektrolyt-haushalt (s. 21.2)

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

3.6.2	Beispiele	medizinisch wichtige Kationen und Anionen und die Löslichkeit ihrer Salze (z. B. Apatite, Urate, Phosphate, Oxalate)	Knochenbildung, Nieren- und Gallensteine, Gicht, Röntgenkontrastmittel
3.7	Reaktionen von Metallkomplexen		
3.7.1	Eigenschaften	Stabilität und Reaktivität (Komplekonstante, Chelatkomplexe), Veränderungen der Eigenschaften von Metallionen durch Komplexierung (z. B. Ionenradius, Redox-Potential, Farbe, magnetische Eigenschaften)	Blockierung der Atmungskette z. B. durch Cyanid (s. 16.7.2)
3.7.2	typische Reaktionen	Ligandenaustausch-Reaktionen, Auflösung von schwerlöslichen Salzen	Chelatbildner als Antidote
4	Reaktionen einfacher und substituierter Kohlenstoffverbindungen		
4.1	Bindungsverhältnisse		
		σ - und π -Bindungen, konjugierte Doppelbindungen, aromatische Systeme	
4.2	Reaktionstypen		
		Grundreaktionen (Addition, Eliminierung, Substitution), induktive (I) und mesomere (M) Effekte, radikalische Substitution (z. B. an Alkanen), elektrophile Addition (z. B. an Alkenen), elektrophile Erstsitution an Benzol, nukleophile Substitution (z. B. bei Aminen), nukleophile Addition (z. B. bei Aldehyden), Umlagerungen (z. B. Keto-Enol-Tautomerie), Reaktionen CH-azider Verbindungen (z. B. Aldol-Kondensation)	Reaktionen der β -Oxidation (s. 16.2), Citrat-Zyklus (s. 16.6)
5	Grundstrukturen		
5.1	Offenkettige Kohlenwasserstoffe		
		Alkane, Alkene, Alkine (Strukturformeln, allgemeine Prinzipien der Nomenklatur, typische Reaktionen), wichtige physikalische Eigenschaften im Vergleich (Siedepunkt, Löslichkeit in Wasser oder Kohlenwasserstoffen), medizinisch wichtige Verbindungen (z. B. Halogenalkane, Isopren, Terpene, cis/trans- bzw. E/Z-Isomere von Alkenen)	
5.2	Alicyclische Verbindungen		
		Cyclohexan (Stabilität von Konformeren und Derivaten), Decalin (Stabilität der Konfigurationsisomere), Erkennen des Sterangerüsts (Verknüpfung der Ringe, Benennung medizinisch wichtiger Derivate: Cholesterol (Cholesterin), Estradiol, Gallensäuren)	Steroidhormone
5.3	Aromaten		
		Benzol (Strukturformel, aromatischer Charakter), kondensierte Ringsysteme (Naphthalin, Anthracen, Benzopyren)	Synthese der Schilddrüsenhormone (s. 23.2.6), Biotransformation von Arzneistoffen (s. 26.5)
5.4	Heterocyclen		
		Erkennen der nichtaromatischen und aromatischen Grundstrukturen (Pyrrol, Indol, Imidazol, Thiazol, Pyridin, Pyrimidin, Purin, Pteridin, Isoalloxazin, Furan, Pyran) in biochemisch wichtigen Verbindungen	Vitamine, Nucleobasen, Aminosäuren

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

6	Funktionelle Gruppen		
6.1	Alkohole, Phenole, Chinone, Ether		
		Erkennen von Alkoholen, Phenolen, Chinonen und Ethern; wichtige physikalische Eigenschaften im Vergleich (Siedepunkt, Löslichkeit in Wasser); typische Reaktionen	
6.2	Verbindungen mit N		
		Erkennen von Amininen, Nitro-, Guanidino- und Azoverbindungen, Basizität und typische Reaktionen von Amininen	biogene Amine, Opiode, Cholinesterasehemmer
6.3	Verbindungen mit S		
		Erkennen von Thiolen, Thioethern, Sulfoxiden, Disulfiden, Sulfensäuren, Sulfinsäuren, Sulfonsäuren und Sulfoniumsalzen, Oxidation von Thiolen zu Disulfiden bzw. Sulfonsäuren und von Methionin zu Methionin-Sulfoxid	
6.4	Aldehyde und Ketone		
		Erkennen von Aldehyden und Ketonen, typische Reaktionen (z. B. Keto-Enol-Tautomerie, Addition von Nukleophilen, Unterschiede zwischen Aldehyden und Ketonen, Aldehyde als histologische Fixationsmittel)	PAS-Reaktion
6.5	Carbonsäuren, Carbonsäurederivate		
		Erkennen von Carbonsäuren und funktionellen Carbonsäurederivaten (Acyl-Verbindungen, Anhydride, Ester, Thioester, Amide); Nomenklatur (Monocarbonsäuren bis C ₄ , essentielle und andere medizinisch wichtige Fettsäuren, ω-Nomenklatur, biochemisch wichtige Dicarbonsäuren, Zitronensäure); Säurestärke von Carbonsäuren (I-Effekte); Fettsäuren: essentielle, geradzahlig - ungeradzahlig, gesättigt - ungesättigt, cis/trans bzw. E/Z-Konfiguration, Schmelzpunkt, Fetthärtung, Oxidation von ungesättigten Fettsäuren; amphipathische Eigenschaften von Salzen der Fettsäuren, Seifen, Bildung von Mizellen; Reaktivität und typische Reaktionen von Carbonsäurederivaten; Veresterung/Verseifung	
6.6	Hydroxy- und Oxocarbonsäuren		
		Erkennen biochemisch wichtiger Hydroxy- und Oxocarbonsäuren (Ketocarbonsäuren), typische Reaktionen	
6.7	„Anorganische“ Säuren und ihre Derivate		
		Schwefelsäure, Kohlensäure, Phosphorsäure und Salpetersäure; Erkennen ihrer medizinisch wichtigen Derivate; „energiereiche“ Verbindungen	Biotransformation, Signaltransduktion
7	Stereochemie		
7.1	Isomeren		
7.1.1	Begriffe, Definitionen	Konstitutionsisomere; Stereoisomere: Konfigurations- und Konformationsisomere, Enantiomere und Diastereomere; Erkennung von Chiralitätszentren	

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

7.1.2	Anwendungen	Beispiele für Stereoisomere: geometrische Isomere (cis/trans- bzw. E/Z-Definition), Cyclohexanderivate (axiale bzw. äquatoriale Substituenten), Konformere (z. B. Sessel- und Wannenform)	Retinal/Sehvorgang, Steroide, Saccharide
7.2	Enantiomere		
7.2.1	Eigenschaften	Vergleich der chemischen, physikalischen und biologischen Eigenschaften von Enantiomerenpaaren, Racemate	Strukturen von Aminosäuren, Sacchariden und Pharmaka
7.2.2	Nomenklatur	D/L-Nomenklatur (Fischer-Projektion, Stereoformeln), R/S-Nomenklatur (Prioritätsregeln, Stereoformeln), Zuordnung einfacher Strukturen in beiden Systemen	
7.2.3	Anwendungen	Stereoselektivität bzw. Stereospezifität von Enzymen	
8	Medizinisch relevante Werkstoffe/Biomaterialien		
8.1	Metalle		
		Edelstähle, Titan	ferromagnetische Eigenschaften, Gelenkersatz
8.2	Keramische Materialien		
		Calciumphosphate, Zirkonkeramiken, Biogläser	Zahnersatz
8.3	Polymere		
		z. B. Silikon, Polylactide, Polyethylen, Hydrogele	weiche Kontaktlinsen
8.4	Anwendungen		
		bioinerte, bioaktive sowie resorbierbare Materialien	Prothesen, Knochenzement, Implantate, Zahnkronen, künstliche Blutgefäße und Augenlinsen, Stents, Herzklappen, chirurgisches Nahtmaterial
9	Struktur und Eigenschaften von Aminosäuren, Peptiden und Proteinen		
9.1	Aminosäuren		
9.1.1	Klassifizierung, Struktur	L-Reihe (Fischer-Projektion, Stereoformel, α -Aminogruppe), $\alpha\beta\gamma$ -Nomenklatur; Erkennen und Eigenschaften der proteinogenen Aminosäuren; Prinzip der Ein- und Dreibuchstabennomenklatur; essentiell - bedingt und nicht essentiell; Selenocystein; Beispiele für modifizierte und für nicht-proteinogene Aminosäuren, D-Aminosäuren im bakteriellen Murein	
9.1.2	Eigenschaften	Säure-Base-Eigenschaften (Ladung in Abhängigkeit vom pH-Wert/Ampholyte, Berechnung des isoelektrischen Punkts, Pufferbereiche, ionisierbare Gruppen), saure, basische, neutrale Aminosäuren, hydrophobe/hydrophile Reste, Verhalten an Ionenaustauschern, Redoxverhalten (Cystein - Cystin)	

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

9.1.3	Reaktionen	Aminogruppe: Bildung von Schiff-Basen, Amiden und 2-Oxosäuren (α -Ketosäuren), Isopeptidbindungen, Desaminierung; Carboxylgruppe: Bildung von Estern, Amiden, Säureanhydriden, Transglutaminierung, Decarboxylierung; Seitenketten: Disulfidbrücken (Cys), N- und O-Glykoside (Asn, Ser/Thr), Schiff-Basen (Lys), Phosphorsäureester (Ser, Thr, Tyr); Nachweis mit Ninhydrin	Konjugationsreaktionen von Arzneistoffen mit Glycin und Glutamin
9.2	Peptide und Proteine		
9.2.1	Begriffe	Oligopeptide, Polypeptide, Proteine, Proteom, prosthetische Gruppe	Gliadine
9.2.2	Peptidbindung	Bildung durch Kondensation (Aktivierung), Erkennen in vorgegebenen Verbindungen, partieller Doppelbindungscharakter, neutraler Charakter der Amidbindung, cis/trans-Konfiguration von Peptidyl-Prolyl-Bindungen	
9.2.3	Strukturen	Sequenz, N- und C-Terminus, Primär-, Sekundärstruktur (α -Helix, Schleife, β -Faltblatt), Rückgrat einer Peptidkette, Tertiär- und Quartärstruktur (z. B. β -barrel, Kollagen-Tripelhelix); Bindungsarten zur Stabilisierung der Proteinstruktur; Proteindomänen, Struktur motive und Untereinheiten, native und denaturierte Proteine	Protein-Missfaltungserkrankungen (z. B. Prionerkrankungen)
9.2.4	Eigenschaften	Ampholyte, Puffer, hydrophile und hydrophobe Proteine; Beeinflussung der Löslichkeit (Temperatur, Salze, organische Lösungsmittel, pH-Wert)	
9.2.5	Proteinanalytik	analytische und präparative Trennung nach Ladung, Molmasse bzw. Affinität; Immundetektion (Westernblot, ELISA); Prinzip von Sequenzierung, Kristallisation, Röntgenstruktur- und NMR-Analyse; Proteom-Analyse (SDS-Gelelektrophorese, Massenspektrometrie); subzelluläre Lokalisierung von Proteinen (Antikörper, green fluorescent protein GFP)	
10	Struktur und Eigenschaften von Kohlenhydraten		
10.1	Monosaccharide		
10.1.1	Klassifizierung, Struktur	Triosen, Pentosen, Hexosen, Aldosen, 2-Desoxyaldosen, Ketosen, Pyranosen, Furanosen, Aminozucker	
10.1.2	Stereochemie	Darstellung der Glucose in Fischer-Projektion, Haworth-Projektion und Sesselform-Schreibweise, Erkennen von vorgegebenen Verbindungen in der Haworth-Formel, D- und L-Reihe, α - und β -Anomere, Mutarotation, Epimere, β -D-Glucopyranose als thermodynamisch besonders stabile Hexose	

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

10.1.3	Reaktionen	Prinzip der Umsetzung mit: alkoholischen OH-Gruppen (Halbacetale, Acetale, O-glykosidische Bindungen), Aminen/Amiden (N-glykosidische Bindungen), Oxidationsmitteln (-onsäurelactone, -onsäuren, -uronsäuren), Reduktionsmitteln (Zuckeralkohole); Unterschiede von Glykosiden und freien Monosacchariden	
10.1.4	Beispiele	Glycerinaldehyd (Glyceral), Glycerat, Ribose, Desoxyribose, Glucose und ihre Derivate (6-Phosphogluconolacton, D-Glucuronsäure, Vitamin C, Sorbitol), Mannose, L-Fucose, Galactose, Fructose sowie N- und O-Glykoside	herzwirksame Glykoside, Glucuronidierung von Arzneistoffen
10.2	Disaccharide		
10.2.1	Klassifizierung, Struktur	reduzierende (Typ I) und nicht-reduzierende (Typ II) Disaccharide, α - und β -glykosidische Bindung, 1,2-, 1,4- und 1,6-Verknüpfung	
10.2.2	Eigenschaften	Bildung durch Kondensation, Unterschied von Typ-I- und Typ-II-Disacchariden (Redoxverhalten, Mutarotation), säure- oder enzymkatalysierte Hydrolyse zu Monosacchariden	
10.2.3	Beispiele	Saccharose, Lactose, Maltose, Isomaltose	Lactoseintoleranz (s. 27.2.2)
10.3	Oligo- und Polysaccharide		
10.3.1	Klassifizierung, Struktur	α - und β -Verknüpfung, Oligosaccharide, Polysaccharide (helikale bzw. lineare Strukturen), Homo- und Heteroglykane	
10.3.2	Beispiele	Cellulose, Amylose, Amylopektin, Glykogen, Dextran, Glykosaminoglykane (z. B. Heparin); Einteilung und Bausteine der Glykokonjugate (Glykoproteine, Glykolipide, Proteoglykane, Peptidoglykane, Mucine); Glykolipide (z. B. ABH-Antigene)	Inulin-Clearance, Glykokalix, Zelladhäsion, Zellkommunikation, biologische Halbwertszeit von Glykoproteinen
11	Struktur und Eigenschaften von Lipiden		
11.1	Klassifizierung, Struktur und Eigenschaften		
		hydrophobe Strukturen, Löslichkeit in apolaren Lösungsmitteln; hydrolysierbare/verseifbare - nicht hydrolysierbare Lipide; Speicherlipide, Membranlipide, Isoprenoide/Terpene, Steroide, Fettsäuren, Eicosanoide, Detergentien, Mizellen	
11.2	Speicherlipide		
11.2.1	Klassifizierung, Struktur	Triacylglycerole (Triglyceride), Fettsäureester, Cholesterolester (Cholesterinester)	
11.2.2	Eigenschaften, Reaktionen	neutral, hydrolysierbar; Bildung von Diacyl- und Monoacylglycerolen, Fetthärtung	
11.2.3	Beispiele	Fette, Öle, Wachse	Bedeutung für die Ernährung
11.3	Membranlipide		
11.3.1	Klassifizierung, Struktur	Glycerophospholipide, Lysoglycerophospholipide, Sphingolipide, Ceramid, Cholesterol (Cholesterin)	

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

11.3.2	Eigenschaften, Reaktionen	neutrale und saure Kopfgruppen, amphipatische Strukturen, Lipid-Doppelschichten und Liposomen; Hydrolysierbarkeit, Vorstufen für Signalmoleküle, Reaktionen mit reaktiven Sauerstoffspezies	
12	Struktur und Eigenschaften von Nucleotiden und Derivaten, Nucleinsäuren		
12.1	Nucleoside, Nucleotide und Nucleotidderivate		
12.1.1	Klassifizierung, Struktur	Purin- und Pyrimidinbasen, Pentosen, Nucleoside sowie deren Mono-, Di- und Triphosphate (Nucleotide); Keto-Enol-Tautomerie	
12.1.2	Reaktionen	Unterschiede zwischen Ribose- und Desoxyribose-Reihe, Hydrolyse von Ester-, Anhydrid- und N-glykosidischer Bindung	
12.1.3	Beispiele	Erkennen folgender biochemisch wichtiger Strukturen als Nucleotidderivate: cAMP, cGMP, PAPS, SAM, NAD ⁺ , NADP ⁺ , FAD, Coenzym A, Coenzym B ₁₂ , Coffein als methyliertes Purin, UDP-Glucose, CDP-Cholin, Carbonsäureadenylate	
12.2	Nucleinsäuren		
12.2.1	Klassifizierung, Struktur	DNA, RNA; Erkennen der 5'- und 3'-Enden, Phosphodiesterbindung; Gesetzmäßigkeiten der Basenpaarung, Wasserstoffbrücken, hydrophobe Wechselwirkungen; Primär- und Sekundärstruktur, A- und B-Form der DNA-Doppelhelix, große und kleine Furche; Supercoil, Palindrome	Nucleosidderivate und -analoge (z. B. 5-Fluor-Uracil, Aciclovir, Puromycin; s. 19.1.1)
12.2.2	Reaktionen	unterschiedliche Stabilität gegenüber Alkali, thermische Denaturierung (Änderung der UV-Absorption und der Viskosität), Hybridisierung, Alkylierung; spontane Desaminierung, Verlust von Nucleobasen	synthetische Oligonucleotide, Ribozyme, siRNA
13	Vitamine und Vitaminderivate		
13.1	Definition und Klassifikation		
		Vitaminbegriff, Namen und Buchstabenkurzform, Einteilung in wasser- und lipidlöslich	
13.2	Strukturprinzipien		
		Cholecalciferol (Calciol), Phylochinone, Tocopherole, Retinol u. a. Retinoide, Thiamin, Riboflavin, Niacin (Nicotinsäure und Nicotinsäureamid), Pantothersäure, Pyridoxin, Biotin, Cobalamin, Folsäure, Ascorbinsäure	
13.3	Herkunft, Stabilität		
		Vorkommen in wichtigen Nahrungsmitteln (s. a. 27.1.1), Stabilität (Erhitzen, Licht- und Sauerstoffeinwirkung)	
13.4	Funktion		
		(Vorstufen von) Cofaktoren (s. a. 14.5), Signaltransduktion, Transkriptionssteuerung und Antioxidation; Hypo- und Hypervitaminosen (s. a. 27.2.6)	Folsäuremangel, Neuralrohrdefekt, Wernicke-Korsakow-Syndrom, megaloblastäre und perniziöse Anämie, Skorbut, Rachitis, Osteomalazie, Gerinnungsstörungen; biochemische Tests auf Vitaminmangel

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

13.5	Stoffwechsel	Bildung der aktiven Vitaminformen, z. B. Vitamin A (Retinol, Retinal, Retinsäure), Vitamin D (s. a. 23.2.18), Niacin, Riboflavin, Folsäure	
14	Energetik und Kinetik biochemischer Reaktionen		
14.1	Fließgleichgewicht	dynamisches Gleichgewicht, steady state, Bedeutung in offenen Systemen	
14.2	Gekoppelte Reaktionen	Ablauf einer endergonen Reaktion durch energetische Kopplung mit einer exergonen Reaktion	
14.3	„Energereiche“ Verbindungen	Gruppenübertragungspotential, Größenordnung (kJ/mol) der freien Energie der Hydrolyse „energiereicher“ Verbindungen (z. B. ATP, GTP, Creatinphosphat, Acetyl-CoA, PEP), strukturelle Grundlagen	
14.4	Biokatalyse	Enzyme als Biokatalysatoren, Proteinnatur von Enzymen, Isoenzyme, Ribozyme (z. B. Peptidyltransferase); Definition der Begriffe: Substratspezifität, Stereoselektivität - Stereospezifität, „aktives Zentrum“ und „prothetische Gruppe“, Apoenzym und Holoenzym; Klassifizierung von Enzymen aufgrund der Reaktion, Enzymdiagnostik, biotechnologischer Einsatz von Enzymen	Prinzip der EC-Nummern
14.5	Cofaktoren	Coenzyme, Cosubstrate, prosthetische Gruppen; prinzipieller Aufbau und Funktion von: Thiamindiphosphat, FMN, FAD, NAD(P) ⁺ , Pyridoxalphosphat, Biotin, Cobalamin, S-Adenosylmethionin, Liponamid, Tetrahydrofolat und seine Derivate, Coenzym A, Ascorbat, Phyllochinone, Tetrahydrobiopterin, Metall-Cofaktoren; Erkennen der funktionellen Gruppe, Beteiligung an Enzymreaktionen	
14.6	Enzymkinetik	Michaelis-Menten-Beziehung, kinetische Größen zur Kennzeichnung eines Enzyms (Definition, graphische Darstellung einer Enzymkinetik): Substratsättigung, Enzymaktivität, Enzymmenge, Halbsättigungskonzentration, Unit (μmol/min), Volumenaktivität (U/ml), spezifische Aktivität (U/mg Enzymprotein), k_{cat} = Turnover number (min^{-1}), K_M -Wert, v_{max} ; allosterische Enzyme	
14.7	Hemmung von Enzymen	kompetitive und nichtkompetitive Hemmung, Beispiele, Erkennen des Hemmtyps in graphischer Darstellung; irreversible Hemmung (z. B. ACE-Hemmer, Cyclooxygenasehemmer); Suizidinhibition (z. B. Penicillin, Allopurinol)	Übergangszustandsanaloga

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

14.8	Abhängigkeit der Enzymaktivität	
	Temperatur, pH-Wert, Ionen, Substratkonzentration, Produkte, Effektoren	Hyperthermie, Verdauungsenzyme, lysosomale Enzyme
15	Prinzipien der Enzymregulation	
15.1	Abhängigkeit der Enzymaktivität von der Substratkonzentration	
	z. B. Glucokinase, Hexokinase (s. a. 26.2)	
15.2	Negative Rückkopplung	
	kompetitive Produkthemmung (z. B. Hexokinase)	Porphyrien
15.3	Allosterische Regulation	
	Endprodukthemmung (z. B. PRPP-Amidotransferase), durch Effektoren geregelte Enzyme (z. B. Phosphofruktokinase-1), Signalmetabolite (z. B. Fructose-2,6-bisphosphat)	
15.4	Enzymgesteuerte chemische Modifikation von Enzymen	
	Beeinflussung von Enzymaffinität und/oder -aktivität z. B. durch De-/Phosphorylierung; Bedeutung interkonvertierbarer Enzyme bzw. von Enzymkaskaden, z. B. Glykogen-Synthese; ADP-Ribosylierung z. B. von G-Proteinen durch Pertussis- und Cholera-toxin	
15.5	Veränderung der Enzymkonzentration	
	Steigerung/Drosselung der Enzymsynthese auf Transkriptions- und Translationsebene und/oder des Enzymabbaus	Induktion des Cytochrom-P-450-Systems durch Pharmaka, Steroid-Rezeptoren als pharmakologische Angriffspunkte
15.6	Limitierte Proteolyse	
	irreversible Bildung aktiver Enzyme aus inaktiven Vorstufen, z. B. Verdauungspoteasen, Gerinnungsfaktoren, Komplementfaktoren, Caspase-Kaskade	akute Pankreatitis
15.7	Protein-Protein-Interaktion	
	z. B. G-Proteine, Hitzeschockproteine, Steroidhormon-Rezeptoren, Adapterproteine der Signaltransduktion	
15.8	Kontrollierte räumliche Trennung von Enzym und Substrat	
	z. B. Sequestrierung von Glucokinase im Zellkern	
16	Kataboler Stoffwechsel und Energiegewinnung	
16.1	Kohlenhydratabbau	
	Glykogenolyse, aerobe und anaerobe Glykolyse, Zwischenprodukte, Cofaktoren, Prinzip der Energiegewinnung in der Glykolyse durch Substratketten-Phosphorylierung, intrazelluläre Lokalisation; Stoffwechsel von Fructose und Galactose; oxidativer Teil des Pentosephosphatwegs, Regulation, Energieausbeute; Anpassung des Kohlenhydratstoffwechsels an kurzzeitige und Dauerleistungen im Muskel; Glykogenosen (am Beispiel von Glucose-6-phosphatase-Mangel), Galactosämie, Fructose-Intoleranz, Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase-Mangel	Hungerstoffwechsel

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

16.2	Triacylglycerol-(Triglycerid-) und Fettsäureabbau		
	Lipolyse, ATGL (adipose triglyceride lipase), HSL (hormone-sensitive lipase), MGL (monoacylglycerol lipase), Verwertung von freien Fettsäuren, Bildung von Acyl-CoA, Transport in die Mitochondrien, β -Oxidation in Mitochondrien und Peroxisomen, Zwischenprodukte und Cofaktoren, Regulation der Lipolyse	Defekte von Acyl-CoA-Dehydrogenasen und Carnitin-Acyl-Transferasen	
16.3	Ketonkörpersynthese und -abbau		
	Synthese von Ketonkörpern in der Leber aus Acetyl-CoA, intrazelluläre Lokalisation, Ketonkörperbildung bei längerer Nahrungskarenz und bei Diabetes mellitus, Aktivierung und Abbau von Ketonkörpern in extrahepatischen Geweben, Adaptationsphase des ZNS; Aceton: nichtenzymatische Entstehung, Ausscheidung durch die Nieren und die Lunge	ketoazidotisches Coma diabeticum, Hungerstoffwechsel	
16.4	Aminosäureabbau		
16.4.1	Prinzipien des Aminosäurestoffwechsels	glucogene, ketogene Aminosäuren; PALP-abhängige Transaminasen (AST/GOT, ALT/GPT); Bildung und Abbau biogener Amine (PALP-abhängige Decarboxylasen, Monoaminoxidasen), Abbau von Isoleucin und Propionyl-CoA; Methioninstoffwechsel (SAM, Homocystein), Bezug zum Folsäurestoffwechsel; Mono- und Dioxygenasen (Phenylalaninhydroxylase), Glutamatdehydrogenase, Glutaminsynthetase, Glutaminase; Ahornsirupkrankheit, Homocysteinämie bei Folsäure- und Methylentetrahydrofolat-Reduktase-Mangel, Methylmalonacidämie bei Vitamin-B ₁₂ -Mangel, Phenylketonurie	Albinismus, Cystinurie, neuropathologische Effekte von Kynurensäure
16.4.2	Stoffwechselprodukte von Aminosäuren	z. B. NO, Creatin, Häm, Taurin, Catecholamine, biogene Amine, NAD ⁺ , Purine und Pyrimidine	
16.4.3	organbezogener Aminosäurestoffwechsel	Leber: Harnstoffzyklus; Muskel: Aspartat- und Purinnucleotid-Zyklus, Glucose-Alanin-Zyklus, Abbau von Isoleucin zur Energiegewinnung; Niere: Glutamin-Stoffwechsel; Darm: Aminosäure- und Peptidtransporter, bakterielle Ureasen; Gehirn: Glycin, Glutamat und GABA	Leberinsuffizienz, Hyperammoniämien, hepatische Enzephalopathie, hepatorenale Kompensation von Azidosen und Alkalosen, Gliadin-induzierte Sprue
16.5	Ethanolabbau		
	NAD ⁺ -abhängige Oxidation zu Acetyl-CoA; Mikrosomales Ethanol-oxidierendes System; Berechnung der Blutalkoholkonzentration	Ethanol-bedingte Hepatopathien, Alkoholkrankheit	
16.6	Pyruvat-Dehydrogenase, Citrat-Zyklus		
	Mechanismus und Stoffwechselbedeutung der Pyruvat-Dehydrogenase, Abbau von Acetyl-CoA zu CO ₂ , Zwischenprodukte, Cofaktoren, intrazelluläre Lokalisation, katabole und anabole Funktion des Citrat-Zyklus, Energieausbeute	primäre biliäre Zirrhose	

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

16.7	Atmungskette und oxidative Phosphorylierung		
16.7.1	Aufbau	Multienzymkomplexe in der inneren Mitochondrienmembran, Komplexe I-V: Strukturprinzip der Cytochrome, Eisen-Schwefel- und Flavo-Proteine sowie des Ubichinons	Störungen bei Substratmangel oder Hypoxie, Myopathien, Enzephalopathien
16.7.2	Arbeitsweise	Transport von Reduktionsäquivalenten durch die Mitochondrienmembran, mitochondriale Transportsysteme, Reoxidation von NADH und FADH ₂ , Kopplung zwischen Elektronentransport und Phosphorylierung, Protonen-Gradient, Aufbau und Mechanismus der ATP-Synthase, ADP/ATP-Transport, Atmungskontrolle durch ADP, Entkopplung bzw. Hemmung des Elektronentransports, Hemmung von Phosphorylierung und ATP-Transport, Entkopplungsproteine, Thermogenese im braunen Fettgewebe; Cyanidvergiftung	
16.7.3	Reaktive Sauerstoffspezies (ROS)	Bildung von O ₂ ⁻ , OH-Radikal, H ₂ O ₂ , Peroxid-Radikal; Antioxidantien (z. B. Glutathion, Vitamin E, Vitamin C), Superoxid-dismutase, Katalase, Peroxidasen	Alterungsprozesse
17	Anaboler Stoffwechsel und Aufbau von Energiespeichern		
17.1	Kohlenhydrate		
17.1.1	Verwertung von Glucose	Fluss und Verwertung von Glucose nach Nahrungsaufnahme, Glucosetransporter (GLUTs) und Na ⁺ -abhängige sekundär aktive Glucosetransporter (SGLTs), Insulinmangel	Homöostase der Blutglucose, Einfluss anaboler und kataboler Hormone (s. 23.2), Diabetes mellitus (s. 18.2)
17.1.2	Gluconeogenese	Bildung von Glucose aus Lactat, glucogenen Aminosäuren, Glycerol (Glycerin) und Propionat; Schlüsselenzyme der Gluconeogenese, Zwischenprodukte, Cofaktoren, intrazelluläre Lokalisation, Organbeteiligung, Energiebedarf, Regulation	
17.1.3	Glykogensynthese	Zwischenprodukte, Cofaktoren, Organbeteiligung, Regulation, Energiebedarf	
17.2	Lipide		
17.2.1	Stoffwechsel von Lipoproteinen und Fettsäuren	Eigenschaften und Stoffwechsel von Chylomikronen, HDL, IDL, VLDL, LDL sowie Fluss und Verwertung von Fettsäuren nach Nahrungsaufnahme; Lipide als Energiereserve; Pankreaslipase, Lipoproteinlipase, Apolipoproteine, Lecithin-Cholesterol-Acyltransferase (LCAT), Acyl-CoA-Cholesterol-Acyltransferase (ACAT)	Hyperlipoproteinämien, Atherosklerose, Adipositas
17.2.2	Fettsäuresynthese	Acetyl-CoA-Carboxylase, Malonyl-CoA, Fettsäuresynthese, Herkunft von Acetyl-CoA und NADPH, intrazelluläre Lokalisation, Hemmung der Carnitin-Palmitoyltransferase durch Malonyl-CoA, Synthese ungesättigter Fettsäuren	
17.2.3	Triacylglycerolsynthese (Triglyceridsynthese)	Zwischenprodukte, Cofaktoren, intrazelluläre Lokalisation, Bildung von Lipidtröpfchen, Perilipin	Fettleber infolge Alkoholabusus

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

18	Regulation des Energiestoffwechsels		
18.1	Begriffe und Grundlagen		
		Resorptions-, Postresorptions- und Hungerphase; Organbeitrag und hormonelle Kontrolle; Stoffwechseleleistungen einzelner Organe	
18.2	Bildung von Energiespeichern		
		Wirkung von Insulin auf den Glykogen- und Triacylglycerol-(Triglycerid-)Stoffwechsel, Regulation der Glykogensynthese sowie der Acetyl-CoA-Carboxylase, Wirkung von Insulin und Wachstumsfaktoren auf die Proteinsynthese, mTOR, Adiponectin, Leptin; Diabetes mellitus Typ I und II, Insulin-Resistenz, Adipositas; Metabolisches Syndrom	
18.3	Speicherverwertung		
		Wirkung von Glucagon, Catecholaminen und Glucocorticoiden auf Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel; Regulation der Glykogenphosphorylase, der Hormon-sensitiven Lipase; Schlüsselenzyme von Gluconeogenese und Glycolyse, intrazelluläre Signale für Energiebedarf (cAMP, AMP) und ihre Effektorenzyme Proteinkinase A und AMP-abhängige Proteinkinase; Stoffwechseleränderungen bei Nahrungskarenz; angeborene Störungen der Verwertung von Energiespeichern (z. B. Glykogenose Typ I, Lipoproteinlipase-Mangel)	bedarfsgesteuerte Kontrolle der zellulären Energieversorgung
18.4	Regulation des Glucoseabbaus und des Citrat-Zyklus		
		z. B. Glucokinase-, Hexokinase-, Phosphofruktokinase-, Pyruvat-Kinase-, Pyruvat-Dehydrogenase- sowie Isocitrat-Dehydrogenase-Reaktion	
19	Speicherung, Übertragung und Expression genetischer Information		
19.1	Nucleotide		
19.1.1	Synthese	Pyrimidin-Synthese, Grundzüge der Purinnucleotid-Synthese, Umwandlung von IMP in AMP/GMP, Bereitstellung von Pentosen (Pentosephosphatweg), Glutamin und Aspartat als hauptsächliche Stickstoffquellen, Regulation der Schrittmacherreaktionen, Beteiligung von Folsäure-Metaboliten, Methotrexat und Fluorouracil als Zytostatika; Sulfonamide als Antibiotika, Wiederverwertung von Purin- und Pyrimidinbasen, Ribonucleotidreduktase; Lesch-Nyhan-Syndrom	Hemmstoffe der Nucleotid-Synthese zur Tumorthherapie und Immunsuppression
19.1.2	Funktion	Cofaktoren, Energieträger, Bausteine von Nucleinsäuren, Signalsubstanzen (second messenger, Neurotransmitter, s. a. 32.4), Aktivierung von Zuckern und Lipidbausteinen	
19.1.3	Abbau	Bildung von Harnsäure aus Purinnucleotiden; Störungen des Stoffwechsels und der Ausscheidung von Purinen, Hyperurikämie und Gicht	SCID, Adenosin-Desaminase-Mangel; Pharmakotherapie, z. B. mit Allopurinol

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

19.2	Nucleinsäuren		
19.2.1	Grundbegriffe	Gen, Intron, Exon, Promotor; Größe und Organisation des menschlichen Genoms (kodierende, nichtkodierende, singuläre, repetitive Abschnitte); Replikation, Transkription, Translation, Rekombination, Transposition; Epigenetik	Aptamere
19.2.2	DNA-Replikation	Komponenten und Mechanismen der Replikation bei Eukaryonten, DNA-Helikasen, Topoisomerasen, DNA-Polymerasen α , δ und ϵ , SSB (single-strand-binding protein), Gleitring (PCNA), DNA-Ligase, Telomerase, Replikationsfehler; Polymerase-Kettenreaktion (PCR, s. a. 19.2.12), Prinzip der DNA-Sequenzierung	
19.2.3	DNA-Schädigung und Reparatur	chemische und physikalische Noxen und damit verbundene DNA-Mutationen, 8-Oxo-Guanosin, Pyrimidin-Dimere, Basenaddukte, Desaminierung; Mechanismen der Reparatur von Replikationsfehlern (Mismatchreparatur), Basenveränderungen (Basenexzisionsreparatur), Verzerrung der DNA-Struktur (Nucleotidexzisionsreparatur), Doppelstrangbrüchen (homologe Rekombination und nichthomologe Endverknüpfung); Signalwirkung von DNA-Schäden am Beispiel von ATM und p53, Defekte der DNA-Reparatur, Mutationen durch fehlerhafte Reparatur, Kanzerogenese (s. a. 19.5.1)	Trinucleotid-Repeat-Erkrankungen, Xeroderma pigmentosum, Teleangiectasie, HNPCC (hereditary non-polyposis carcinoma coli), erblicher Brustkrebs (BRCA1, BRCA2)
19.2.4	Transkription	Substrate und Mechanismen der RNA-Synthese, RNA-Polymerasen I, II, III und ihre Beziehung zur Synthese einzelner RNA-Typen, generelle Transkriptionsfaktoren (TFIID, TFIIIA, TFIIIC), Transkriptionskomplexe, Promotoren, Enhancer- und Silencer-Elemente, primäre Transkriptionsprodukte; Hemmstoffe der Transkription (z. B. α -Amanitin, Actinomycin, Rifampicin), Hemmstoffe von Topoisomerasen	Vergiftung mit Knollenblätterpilzen
19.2.5	Regulation der Transkription	Chromatinstruktur, Histone, Nukleosomen, Verpackung der DNA als genereller Repressionsmechanismus; CpG-Methylierung, reversible Acetylierung und Methylierung der Histone und ihre Bedeutung für die Transkription; Epigenetik; Chromatin-Remodellierung, spezifische Transkriptionsfaktoren, Zinkfinger-, Leucin-Zipper- und Helix-Loop-Helix-Proteine; Co-Aktivatoren, Mediator Komplexe, Signalkaskaden nach Aktivierung membranständiger Rezeptoren oder DNA-bindender Proteine, Inaktivierung des X-Chromosoms	Genregulation durch Steroidhormon-Rezeptoren, CREB, SREBP-1c, NF κ B, Sirtuine, Induktion des Cytochrom-P-450-Systems
19.2.6	posttranskriptionelle Veränderungen	hnRNA, snRNA, snoRNA, Capping, genereller Aufbau und Arbeitsweise des Spleißosoms, alternatives Spleißen, Polyadenylierung, RNA-Editierung, Modifikationen von rRNA und snRNA	Adenosindesaminierung: Glutaminrezeptor; Cytosindesaminierung: Apolipoprotein B

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

19.2.7	Translation	tRNA, rRNA, mRNA, Ablauf der Proteinsynthese bei Eukaryonten: Aktivierung von Aminosäuren, Initiation (eIF-2, eIF-4), Elongation (eEF-1, eEF-2, GTP-Hydrolyse, Peptidyltransferase), Termination; Ribosomenstruktur, A-, P- und E-Stelle, Exit tunnel (Proteinaustrittskanal), Polysomen, freie und ER-gebundene Ribosomen (signal recognition particle SRP, SRP-Rezeptor, Sec61-Kanal); genetischer Code (Degeneration, Universalität, offenes Leseraster, Wobble-Phänomen, Suppression von Stoppcodons), Einbau von Selenocystein	
19.2.8	Hemmstoffe der Translation	Eukaryonten: z. B. ADP-Ribosylierung des eEF2 durch Diphtherietoxin, Shiga-Toxin, Viscumin; Prokaryonten: z. B. Streptomycin, Tetracycline, Makrolid-Antibiotika, und ihre Angriffspunkte (s. a. GK Biol. 3.3.6)	
19.2.9	Regulation der Translation	z. B. durch Stress (eIF-2-Kinasen), Häm und Wachstumshormone (eIF-4E-Bindungsproteine, mTOR), RNA-Interferenz, miRNA, siRNA, Drosha, Dicer, RISC-Komplex, Hemmung von mTOR durch Rapamycin	immunsuppressive Wirkung von Rapamycin (bei Organtransplantation), Rapamycin-beschichtete Stents
19.2.10	Viren	Grundzüge der Struktur von DNA- und RNA-Viren, Tumoviren, Retroviren, Vermehrungszyklen, virale Onkogene, Inhibitoren der Virusvermehrung (Nucleosidanaloga, z. B. Azidothymidin, Aciclovir, Proteaseinhibitoren)	Influenza, Herpes, AIDS
19.2.11	Gentechnik	Restriktionsendonucleasen, reverse Transkriptase, cDNA, Vektoren (z. B. Plasmide), Klonierung von Genen, Genbanken, Expressionsvektoren, Knock-out- und transgene Tiere, Gentherapie, RNA-Interferenz	Synthese rekombinanter Proteine, z. B. von Insulin, Faktor VIII
19.2.12	Analyse von Nucleinsäuren	Hybridisierungstechniken (Array-Techniken, Southern-Blot, Northern-Blot), Polymerasekettenreaktion (PCR), Restriktionsfragment-Längen-Polymorphismus (RFLP), genetischer Fingerabdruck, single nucleotide polymorphism	HIV-Diagnostik, Gendiagnostik, Mutationscreening, Transkriptom-Analyse, Verwandtschaftsanalyse
19.3	Co- und posttranslationale Faltung und Modifikation von Proteinen, Proteome		
19.3.1	Proteinfaltung	Raumstruktur, Denaturierung und Renaturierung, hydrophober Kollaps, Wirkungsweise von Chaperonen (z. B. Hsp70), Protein-Disulfid-Isomerase und Prolyl-cis-trans-Isomerase, Fehlfaltung und Aggregation, Prionen	Alzheimer-Krankheit und andere neurodegenerative Erkrankungen
19.3.2	Proteinsortierung	Signalsequenzen, Mechanismen der subzellulären Proteinlokalisierung (ER, Mitochondrien, Zellkern, Lysosomen, Peroxisomen) und Proteinsekretion	Mukoviszidose
19.3.3	limitierte Proteolyse	Aktivierung von Verdauungsenzymen und Blutgerinnungsfaktoren sowie des Fibrinolyse- und Komplementsystems; Caspasen, Prohormon-Konvertasen	Apoptose, Hämophilien, Ehlers-Danlos-Syndrom
19.3.4	Proteinglykosylierung	Prinzip von N- und O-Glykosylierung; Dolicholpyrophosphat, Vorkommen von Glykoproteinen, Glykolipiden und Proteoglykanen, Asialoglykoprotein-Rezeptor	Proteine des Bindegewebes und des Blutplasmas

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

19.3.5	nichtenzymatische Glykierung	Bildung von „advanced glycation endproducts“ (AGE), HbA _{1c}	Diabetes mellitus, Vasculopathien
19.3.6	Verankerung von Proteinen an Membranen	Modifikation mit Lipiden, z. B. Acylierung, Isoprenylierung und GPI-Anker	
19.3.7	reversible Modifikationen von Proteinen	Phosphorylierung, Acetylierung, Methylierung, ADP-Ribosylierung, SUMOylierung, Ubiquitinierung, Glutathionylierung	Signalwirkung, Regulation
19.3.8	Proteome	Definition und Analyse (s. 9.2.5)	
19.4	Proteolyse		
19.4.1	Proteasen	Serin-, Aspartat-, Cystein-Proteasen, Metall-abhängige Proteasen, Intramembran-Proteolyse	bakterielle IgA-Proteasen, virale Proteasen (z. B. des HIV); Präsenilin (Alzheimer-Krankheit)
19.4.2	lysosomale Proteolyse	Autophagozytose; Cathepsine; Bedeutung für Antigenpräsentation mit MHC-II-Proteinen	spezifische Immunabwehr
19.4.3	zytosolische Proteolyse	Ubiquitinierung von Proteinen, Aufbau und Funktion von Proteasomen, Bedeutung für Antigenpräsentation mit MHC-I-Proteinen	
19.5	Tumorbiochemie		
19.5.1	Kanzerogenese	Mutationen: Aktivierung von Protoonkogenen zu Onkogenen (Einteilung, Funktionen, z. B. Ras); Inaktivierung von Tumorsuppressorgenen (z. B. Retinoblastom- und p53-Protein); DNA-Reparaturenzyme, Regulatoren der Apoptose, Mehrschrittprozess der Tumorentstehung, chromosomale Translokation; mutagene Wirkung von energiereicher Strahlung, reaktiven Sauerstoffspezies (ROS); Inhaltsstoffe des Tabakrauchs; spontane DNA-Schäden und deren unzureichende Reparatur (s. a. 19.2.3)	familiäre adenomatöse Polyposis, chronisch-myeloische Leukämie (CML), Asbest, Kernstrahlung, UV-Licht
19.5.2	Therapie	Zytostatika (Hemmung des DNA-Stoffwechsels, der DNA-Topologie, Auslösung von Apoptose, Resistenzentwicklung), Bestrahlung, Angiogenesehemmer, Tumor-spezifische monoklonale Antikörper; Hemmung tumorspezifischer Proteine	Chemotherapie, z. B. Cyclophosphamid, Busulfan, 5-Fluorouracil; Imatinib bei CML, HER2-Inhibitoren
19.5.3	Apoptose	Bedeutung und zellbiologische Veränderungen, Caspasen, Grundzüge der Signalkaskaden (s. a. GK Biol. 1.16.1)	Homöostase der Zellzahl, Zelldifferenzierung, Immuntoleranz, Beseitigung defekter oder infizierter Zellen
20	Molekulare Zellbiologie		
20.1	Eukaryontische Zellen		
20.1.1	Aufbau	Funktionen, Charakteristika (Leitenzyme) und Isolierung von Zellorganellen	
20.2	Membranen (s. a. GK Biol. 1.2)		
20.2.1	Membrankomponenten	Membran als Lipiddoppelschicht, Bausteine und Strukturprinzip von Glycerophospholipiden, Sphingolipiden, Glycolipiden, Cholesterol (Cholesterin); Membran-Mikrodomänen; Charakteristika von Membranproteinen (membrandurchspannende α -Helices, Poren-bildende β -barrels)	Zell-Zell-Kontakte

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

20.2.2	Bildung und Abbau von Membranen	Synthese von Membranlipiden am endoplasmatischen Retikulum, asymmetrische Lipidverteilung auf die Membranblätter (Flippasen, Floppasen, Scramblase), vesikulärer Transport, Vesikelfusion (z. B. SNARE); Wirkung von Tetanus- und Botulinumtoxin; Membranfluss durch Exo- und Endozytose, Rezeptor-vermittelte Endozytose (z. B. Clathrin, Dynamin); Abbau von Membranlipiden durch Phospholipasen und lysosomale Hydrolasen; Bedeutung von Membranlipiden bei der Erzeugung von Signalmolekülen (z. B. Eicosanoide und Inositoltrisphosphate)	Lipidosen, Entzündungsprozesse
20.2.3	Funktion	Kompartimentierung, transmembranärer Austausch (Kanäle, Carrier, Rezeptoren), Zell-Zell-Kontakte, Stoffwechsellleistungen, z. B. Cholesterolsynthese (Cholesterinsynthese) (s. a. GK Physiol. 1.3.2)	IgA-Sekretion, Biotransformation
20.3	Zellkern (s. a. GK Biol. 1.3)		
20.3.1	Chromatin	Aufbau aus DNA und Histonen, Struktur von Nukleosomen, Chromatin(de)kondensation	
20.3.2	Kernhülle	Aufbau, Kernporen, Lamine; Kerntransport	
20.3.3	Funktionen	DNA-Replikation (s. a. 19.2.2), RNA-Synthese und -Modifikationen, Assemblierung ribosomaler Untereinheiten im Nukleolus, Separierung von Enzymen zur Stoffwechselkontrolle (z. B. Glucokinase)	
20.4	Mitochondrien (s. a. GK Biol. 1.12)		
20.4.1	Entstehung, Aufbau	Mitochondrien als Endosymbionten, Biogenese durch Teilung, maternale Vererbung; äußere und innere Mitochondrienmembran, Cardiolipin, Intermembranraum, Matrixraum, Cristae; mitochondriale DNA	mitochondriale Erkrankungen (z. B. MELAS, Friedrich Ataxie)
20.4.2	Funktionen	Citrat-Zyklus, Atmungskette, oxidative Phosphorylierung, β -Oxidation, Ketonkörpersynthese und -Abbau, Harnstoff-Zyklus; Hämsynthese, PDH, Pyruvatcarboxylase; Rolle in der Auslösung von Apoptose sowie der Produktion reaktiver Sauerstoffspezies (ROS); Besonderheiten der mitochondrialen Translation; Speicherung von Calcium	
20.5	Lysosomen (s. a. GK Biol. 1.8)		
20.5.1	Entstehung, Aufbau	Biogenese, Zielsteuerung lysosomaler Hydrolasen (Mannose-6-phosphat-Rezeptor), V-Typ-ATPase	lysosomale Speicherkrankheiten, z. B. Glykogenosen, Lipidosen, Cystinose, Mucopolysaccharidosen
20.5.2	Funktionen	Fusion mit Phagosomen, Abbau von Makromolekülen, Beziehung zur Antigenpräsentation mit MHC-II-Proteinen	
20.6	Peroxisomen (s. a. GK Biol. 1.11)		
		Abbau methylverzweigter und überlanger Fettsäuren durch α - und β -Oxidation, Peroxidasen, Katalase; Gallensäure-Synthese, oxidativer Abbau von Fremdstoffen (z. B. Ethanol, Phenole, Ameisensäure, Formaldehyd),	Zellweger-Syndrom, Adrenoleukodystrophie, Refsum-Syndrom

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

20.7	Endoplasmatisches Retikulum (ER) (s. a. GK Biol. 1.6)		
20.7.1	glattes ER	Synthese von Membranlipiden, Biotransformation Phase I-Reaktionen, Calcium-Speicher, Cholesterol-(Cholesterin-) und Steroidhormon-Biosynthese	
20.7.2	raues ER	Synthese von Membran- oder Sekretproteinen, Sortierung von Proteinen (s. a. 19.3.2), N-Glykosylierung und Bildung von Disulfidbrücken in Proteinen, ERAD, ER-Stress (unfolded protein response)	Metabolisches Syndrom
20.8	Golgi-Apparat (s. a. GK Biol. 1.7)		
20.8.1	Aufbau	cis-, medialer- und trans-Golgi, trans-Golgi-Netzwerk, CURL, Vesikeltransport, Mechanismus	
20.8.2	Funktionen	Reifung N-glykosylierter Proteine sowie O-Glykosylierung und Sulfatierung von Proteinen, Rezyklisierung von Membranbestandteilen	AB0-System
20.9	Zytoskelett (s. a. GK Biol. 1.13)		
20.9.1	Aufbau und Funktion	Mikrotubuli, Actinfilamente und Intermediärfilamente; Motorproteine: Myosine, Kinesine, Dyneine, dynamische Instabilität; Wirkung von Colchicin, Vinca-Alkaloiden und Phalloidin (s. a. Kap. 22)	
20.10	Extrazelluläre Matrix		
20.10.1	Strukturprinzip, Vorkommen	Kollagene, Elastin, Proteoglykane, Glykosaminoglykane, Hyaluronat, Fibronectin	
20.10.2	Synthese, Abbau	Synthese von Kollagen einschl. post-translationaler Modifikation, extrazelluläre Vernetzung, Abbau durch extrazelluläre Proteasen, z. B. Matrixmetalloproteasen, Serinproteinasen (Plasmin, tPA, uPA) und lysosomale Hydrolasen	Osteogenesis imperfecta, Marfan-Syndrom, Ehlers-Danlos-Syndrom, Tumormetastasierung
20.10.3	Funktion	Funktion von Kollagenen, Elastin, Proteoglykanen, Hyaluronat und Fibronectin	
20.11	Zellzyklus (s. a. GK Biol. 1.14)		
20.11.1	Ablauf und Regulation	G ₀ , G ₁ , S-, G ₂ -, M-Phase des Zellzyklus, zeitlicher Ablauf und Vorgänge während der einzelnen Phasen, Regulation durch Cycline und Cyclin-abhängige Proteinkinasen; Retinoblastom-Protein, p53, Transkriptionsfaktor E2F; Regulation des Zellzyklus durch Wachstumsfaktoren; Mitosehemmstoffe	Entstehung von Malignomen, Li-Fraumeni-Syndrom
21	Säure-Basen-Haushalt, Wasser- und Elektrolythaushalt, Spurenelemente und Schwefel		
21.1	Säure-Basen-Haushalt (s. a. GK Physiol. 5.10)		
21.1.1	Protonenbilanz	Protonen-bildende (z. B. Ketogenese, Lactatbildung, Oxidation schwefelhaltiger Verbindungen) und Protonen verbrauchende (Ausscheidung von Ammoniak-Ionen) Prozesse	
21.1.2	pH-Homöostase	pH-Werte von Körperflüssigkeiten und Zellkompartimenten, Henderson-Hasselbalch-Gleichung, Puffersysteme des Bluts; Bedeutung von Lunge, Leber und Nieren für die pH-Regulation; Pufferkapazität im geschlossenen und offenen System am Beispiel des CO ₂ /Hydrogencarbonat-Puffers	Ursachen und Folgen von Azidosen und Alkalosen

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

21.2	Wasser- und Elektrolythaushalt		
21.2.1	Stoffwechsel des Wassers	Reaktionen der Bildung (z. B. Atmungskette, Monooxygenasen) und des Verbrauchs (z. B. Hydrolasen) von Wasser, Wassertransport, Aquaporine; Regulation des Wasserhaushalts durch ADH, Renin und ANP	
21.2.2	Biochemie der Elektrolyte	extra- und intrazelluläre Konzentrationen von Natrium und Kalium. Bedeutung für den Metabolittransport in Darm und Niere, Na ⁺ /K ⁺ -ATPase; extra- und intrazelluläre Rolle von Calcium: Stabilisator des Membranpotenzials, Gerinnungsfaktor, second messenger, Cofaktor von Enzymen; Calcium-Rezeptoren, Calcium-Konzentrationen, Calciumpumpen; Rolle des Magnesiums: Cofaktor von Enzymen, die mit ATP reagieren, Antagonist von Calcium an Ionenkanälen	arterielle Hypertonie, Herzinsuffizienz, Ödeme
21.3	Spurenelemente		
21.3.1	Eisen	Funktion von Eisenionen beim Elektronen- und Sauerstofftransport, Häm- und Fe/S-haltige Proteine, Eisenresorption und Eisenstoffwechsel, Bedeutung von Ferritin, Transferrin, Ferroportin, Hpcidin und Hephaestin, Grundzüge der Regulation des zellulären Eisenstoffwechsels, zytosolische Aconitase als Eisensensor, Fenton-Reaktion; Ursachen und Folgen von Hämosiderosen, Hämochromatosen und Eisenmangel	
21.3.2	Kupfer	Cofaktor von Oxidasen, Resorption und Transport im Blut, Kupfer-ATPasen, Superoxiddismutase	Morbus Wilson, Menkes-Erkrankung
21.3.3	Zink	Cofaktor von Enzymen, Zinkfinger, Insulin-Zinkkomplexe	
21.3.4	Iod	Vorkommen von Iodid in der Nahrung, Resorption, Transport im Blut, Aufnahme und Speicherung in der Schilddrüse (s. a. 23.2.6)	Iodmangelstruma
21.3.5	Selen	Selenocystein als Bestandteil von Enzymen (Glutathionperoxidase, Deiodasen, Thioredoxin-Reduktase)	Abwehr von oxidativem Stress
21.4	Schwefel		
		Stoffwechsel: Methionin und Cystein, Taurin, Sulfid, Sulfit, Sulfat, PAPS, Eisen/Schwefel-Cluster	
22	Bewegung		
22.1	Kontraktile Systeme (s. a. GK Physiol. Kap. 13)		
22.1.1	Actomyosin-System in Muskelzellen	Myosin, Actin, Tropomyosin und Troponin bzw. Calmodulin, Titin, Caldesmon; Quartärstruktur der dicken und dünnen Filamente, Aufbau des Sarkomers, Unterschiede zwischen glatter und quergestreifter Muskulatur; Energiebereitstellung, Kontraktion, Relaxation (s. a. 30.1 und 30.2); Myasthenia gravis als Rezeptordefekt, Muskeldystrophien als Folge von Mutationen im Dystrophin-Gen	Bedeutung des Troponins für die Herzinfarkt Diagnostik, Titin isoform shift bei Dilatativer Kardiomyopathie

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

22.2	Motile Systeme		
22.2.1	mikrotubuläres System	mitotischer Spindelapparat, Zilien, Flagellen, axonaler Transport, Wechselwirkung von Tubulin mit Kinesin und Dynein; Wirkung von Colchicin und Vinblastin	
22.2.2	Actin in Nichtmuskelzellen	Bedeutung von Actinfilamenten für die Struktur von Mikrovilli, Kraftentfaltung durch Actinpolymerisation, Zytokinese; Akrosomenreaktion von Spermien, Motilität von Fibroblasten	
23	Hormone, hormonähnliche Signalstoffe und Cytokine (s. a. GK Physiol. Kap. 10)		
23.1	Grundlagen		
23.1.1	Grundlagen der hormonellen Kommunikation	auto-, para- und endokrine Wirkungen, endokrine Drüsen, Hormon-produzierende Gewebe, Prinzip der neurohormonalen Kopplung, hormonelle Regelkreise, Hormonachsen, Transport, Rezeptoren, Inaktivierung	
23.1.2	Hormone, Cytokine und hormonähnliche Substanzen	Definition, Klassifizierung nach Bildungsort (glanduläre Hormone, Gewebshormone, Mediatoren, Cytokine, Morphogene), nach chemischer Struktur (Proteine, Peptide, Aminosäurederivate, Steroide, Fettsäurederivate, Isoprenoide, Purine und Pyrimidine), nach Funktion; vesikuläre Speicherung oder bedarfsgesteuerte Neusynthese, Transport im Blut, Grundzüge des Abbaus	
23.1.3	Hormon- und Cytokinrezeptoren	Liganden-aktivierte Transkriptionsfaktoren als intrazelluläre Hormonrezeptoren, Membran-assoziierte Rezeptoren z. B. heptahelikale G-Protein-gekoppelte Rezeptoren (GPCRs), Tyrosinkinase-Rezeptoren, Serin-, Threoninkinase-Rezeptoren (TGF- β), Rezeptoren mit Januskinasen (Interleukine), Toll-like-Rezeptoren, Hormonresistenz als Folge von Mutationen im Rezeptorgen	Antiestrogene, Antiprogestosterone, Antiandrogene
23.1.4	Signaltransduktion	heterotrimere und kleine G-Proteine als molekulare Schalter, cAMP, cGMP, Inositoltrisphosphat, Diacylglycerol (Diacylglycerin), Calcium, NO, CO als second messenger, Proteinkinasen A,B,C, cGMP-abhängige Kinasen, PI3-Kinase, PDK, MAPK-Kaskaden, Wnt-Signalweg, Phosphodiesterasen, Phospholipase C β und γ ; Signaltransduktion durch De-/Phosphorylierung von Rezeptoren und Signalproteinen und durch Protein-Protein-Wechselwirkungen, Adapterproteine, Signaltransduktionskaskaden	ErbB2 und Therapie bei Mamma-Karzinom, Cholera-, Pertussistoxin
23.1.5	Neurohormone	Neurosekretion am Beispiel von Releasing-Hormonen und Freisetzung-hemmenden Hormonen, z. B. CRH, TRH, GnRH, GHRH, Somatostatin	

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

23.2	Biochemie von Hormonen (s. a. GK Physiol. 10.2)		
23.2.1	Insulin	Struktur, Bildungsort, Synthese, Speicherung, Regulation der Sekretion unter Beteiligung von Inkretinen, Insulin-Rezeptor, Sulfonyl-Harnstoff-Rezeptor, Insulinverteilung, Inaktivierung, Abbau; organspezifische Wirkung (u. a. Stimulierung der Glucoseaufnahme durch GLUT4-Translokation, Senkung der cAMP-Konzentration, Stimulierung der Aminosäureaufnahme), Wirkung auf den Stoffwechsel der Kohlenhydrate, Proteine und Lipide; diabetische Stoffwechsellaage und Insulinresistenz; Signaltransduktionskaskade	Metabolisches Syndrom, Diabetes mellitus Typ 1 und 2
23.2.2	Glucagon	Struktur, Bildungsort, Synthese, Speicherung und Regulation der Sekretion, organspezifische Wirkung auf Glykogenstoffwechsel, Gluconeogenese, Lipid- und Proteinstoffwechsel	
23.2.3	Adrenalin und Noradrenalin	Struktur und Bildungsort, Biosynthese und beteiligte Cofaktoren, Regulation durch Glucocorticoide, organspezifische Wirkungen auf den Kohlenhydrat-, Triacylglycerol-(Triglycerid-) und Proteinstoffwechsel, Grundzüge der Einteilung und Signaltransduktion der Catecholamin-Rezeptoren, Inaktivierung (MAO, COMT) und Ausscheidungsprodukte	Phäochromozytom, α - und β -Blocker, Hemmstoffe von MAO und COMT als Neuropharmaka
23.2.4	Glucocorticoide	Synthese aus Cholesterol (Cholesterin) über Pregnenolon und Progesteron, Regulation von Neusynthese und Sekretion, Transport im Blut; organspezifische Wirkung auf Glucose-, Protein- und Lipidstoffwechsel, entzündungshemmende und immunsuppressive Wirkung, Glucocorticoid-Rezeptor, Inaktivierung in der Leber, Ausscheidungsformen, Regulation der Sekretion durch das hypothalamisch-hypophysäre System, Wirkung von ACTH und CRH, Proopiomelanocortin als Präkursor von u. a. ACTH; Adrenogenitales Syndrom (AGS)	Glucocorticoid-Therapie, Cushing-Syndrom, Morbus Addison
23.2.5	Somatotropin (STH, GH)	Bildungsort, Speicherung, Regulation durch GHRH (growth hormone releasing hormone, Somatoliberin) und Somatostatin, Induktion der Synthese insulinähnlicher Wachstumsfaktoren (IGF-1, IGF-2), Wirkung auf Proteinsynthese, Lipidstoffwechsel und Glucoseverwertung sowie die Produktion der extrazellulären Matrix durch die Chondrozyten der Epiphysenfuge	hypophysärer Klein- und Riesenwuchs, Akromegalie
23.2.6	Schilddrüsenhormone	Struktur von T ₃ und T ₄ , Synthese und Speicherung, Transport im Blut, Thyreoglobulin, Transthyretin, Regulation der Sekretion von T ₃ und T ₄ durch das hypothalamisch-hypophysäre System, Wirkungen auf Stoffwechsel und Differenzierung, molekularer Wirkmechanismus (Deiodierung von T ₄ zu T ₃ , T ₃ -Rezeptor, Regulation der Genexpression), Halbwertszeit, Abbau	Hyper- und Hypothyreose, Struma

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

23.2.7	Sexualhormone	Androgene, Estrogene und Gestagene: Bildungsort, Synthese einschl. Aromatase und 5 α -Reduktase, Transport im Blut, Regulation der Synthese und Freisetzung durch Gonadotropine, Bedeutung hypothalamischer Releasing-Hormone, Inhibine; Gonadotropine der Hypophyse: chemische Natur, Regulation der Sekretion und Wirkung von FSH und LH; Gonadotropine der Plazenta: chemische Natur und Wirkung des Chorion-Gonadotropins, Zyklus- und graviditätsabhängige Konzentrationsverläufe, Bedeutung für die Schwangerschaftsdiagnose; biologische Wirkungen von Androgenen, Estrogenen und Gestagenen, Prinzip des molekularen Wirkungsmechanismus, Inaktivierung in der Leber, Ausscheidung durch die Nieren und die Leber/Galle; Steroidhormon-Rezeptor-Antagonisten (Anti-Estrogene, -Gestagene, -Androgene)	Pubertät, Kisspeptin, Anabolika, Doping, testikuläre Feminisierung, steroid-sensitive Tumoren, Reduktasehemmer bei Prostataadenom, hormonelle Kontrazeptiva
23.2.8	Prolactin	chemische Natur, Bildungsort, Regulation der Sekretion, Wirkung	Hyperprolactinämie
23.2.9	Oxytocin	chemische Natur, Synthese, Bildungs- und Speicherort, Freisetzung nach neuralem Reiz, Wirkungen; therapeutische Anwendung zur Weheneinleitung/-Verstärkung	
23.2.10	gastrointestinale Hormone	Gastrin, Secretin, Cholecystokinin-Pankreozymin (CCK-PZ), Somatostatin, GIP (Gastroinhibitorisches Peptid), GLP-1 (glucagon-like peptide-1); Ghrelin: chemische Natur und Bildungsorte, Regulation der Sekretion, Wirkung; Einfluss von Gastrin, Histamin und Acetylcholin auf die HCl-Produktion des Magens	Verdauungsstörungen, pharmakologische Bedeutung von GLP-1 bei Diabetes mellitus Typ 2; Gastritis, Ulkus-Therapie
23.2.11	orexigen und anorexigen wirkende Hormone und Mediatoren	Regulation des Hungergefühls im Hypothalamus/Nucleus arcuatus unter Beteiligung von Leptin, Insulin, Ghrelin, α -MSH, NPY, AgRP	
23.2.12	Aldosteron	Prinzip der Synthese, Wirkungsort, Regulation der Sekretion durch das Renin-Angiotensin-System, Wirkung auf die Na ⁺ , K ⁺ und Protonenausscheidung durch die Nieren, Inaktivierung und Ausscheidung von Aldosteron	Conn-Syndrom, Morbus Addison, Hyperaldosteronismus (z. B. bei Konsum von Glycyrrhizinsäure in Lakritze)
23.2.13	Renin-Angiotensin-System	Bildungsort von Renin und Angiotensinogen, Angiotensin I und II, enzymatische Umwandlung von Angiotensin I und II, Angiotensin-converting-enzyme, Regulation der Synthese und Freisetzung, Wirkung auf den Wasser- und Elektrolythaushalt sowie den Blutdruck im Zusammenhang mit der Wirkung von Aldosteron, Abbau von Angiotensin II	arterielle Hypertonie, Therapie mit AT1-Rezeptorantagonisten und ACE-Hemmern
23.2.14	atriales natriuretisches Hormon (Atriopeptin, ANF)	Prinzip der Synthese, Bildungsort, Regulation der Sekretion, Wirkung auf die Sekretion von Aldosteron, die Reabsorption von Na ⁺ sowie auf die glatte Muskulatur	Herzinsuffizienz
23.2.15	Adiuretin (Vasopressin)	chemische Natur, Synthese, Bildungs- und Speicherort, Wirkungen, Aquaporine	Diabetes insipidus centralis

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

23.2.16	Parathormon	Bildungsort, Synthese und Regulation der Synthese, Strukturprinzip, Wirkung auf Calcium- und Phosphathaushalt, Wirkung auf den renalen Tubulusapparat, den Knochenstoffwechsel und die intestinale Calciumresorption, Rolle bei der Hydroxylierung von Calciferol	Hypoparathyreoidismus; primärer, sekundärer und tertiärer Hyperparathyreoidismus
23.2.17	Calcitonin	Bildungsort, Synthese und Regulation der Sekretion, Strukturprinzip, Wirkung auf den Knochenstoffwechsel	therapeutische Anwendung bei Osteoporose
23.2.18	Calciferole	D-Hormone/Vitamin D, Biosynthese von 1,25-Dihydroxycholecalciferol (Calcitriol) aus Squalen, Organbeteiligung, Rolle des UV-Lichts, Wirkungen des 1,25-Dihydroxycholecalciferols, Kontrolle der Hormonbiosynthese in der Niere durch Parathormon und Calcium	Rachitis, Osteomalazie, renale Osteopathie, Hypervitaminose
23.2.19	Histamin	Bildungsorte, Synthese, Speicherung, Freisetzung bei Entzündungen und allergischen Reaktionen, Wirkungen auf die glatte Muskulatur, die Kapillarpermeabilität sowie die Salzsäureproduktion des Magens, Funktion als Neurotransmitter im ZNS, Klassifizierung der Histaminrezeptoren, Abbau	allergische Sofortreaktion, Antihistaminika, Duodenalulzera
23.2.20	Serotonin	Bildungs- und Speicherorte, Biosynthese, Wirkungen, Inaktivierung, Ausscheidungsform	Karzinoid-Syndrom; pharmakologische Bedeutung für Antidepressiva, Antiemetika
23.2.21	Kinine (Bradykinin, Kallidin)	Bildungsort, Synthese, Wirkungen, Lebensdauer, Abbau	Entzündungsreaktion
23.2.22	Eicosanoide (Prostaglandine, Leukotriene, Thromboxane)	Synthese, Strukturprinzip, Wirkungen, Bedeutung bei Entzündungsprozessen, Schmerz, Fieber und Hämostase, Wirkung von Cyclooxygenase-Hemmern (z. B. Acetylsalicylsäure) und Glucocorticoiden	Acetylsalicylsäure als Prophylaxe bei koronarer Herzkrankheit
23.3	Biochemie der Cytokine		
23.3.1	proinflammatorische Cytokine	Funktion und Wirkungen von IL-1, IL-6, TNF- α (z. B. Akute-Phase-Reaktion)	Fieber, Kachexie, Sepsis, Adipositas
23.3.2	Chemokine	Funktion und Wirkung von z. B. IL-8	Immunabwehr in Schleimhäuten
23.3.3	Interleukine	Funktion und Wirkung von z. B. IL-2, IL-4	Asthma bronchiale
23.3.4	Wachstumsfaktoren	hämatopoietische Wachstumsfaktoren (z. B. GM-CSF), sonstige Wachstumsfaktoren (PDGF, EGF, IGF-1, TGF), Aufbau von Rezeptoren, Signaltransduktion	Agranulozytose
23.3.5	Cytokinmangel, -überschuss	Grundzüge von Störungen infolge von Mangel oder Überschuss von Cytokinen (z. B. hämatopoietische Wachstumsfaktoren, TNF- α)	Granulozytopenie, rheumatoide Arthritis, septischer Schock
24	Immunsystem		
24.1	Zellen des Immunsystems		
		B-Lymphozyten T _H 1-, T _H 2- und T _H 17-Zellen, regulatorische T-Zellen (T _{reg}), zytotoxische T-Lymphozyten, natürliche Killer-Zellen (NK-Zellen), dendritische Zellen, Monozyten, Makrophagen, Granulozyten, Mastzellen, Zelloberflächenstrukturen wie CD3, CD4 und CD8	Leukämien, Lymphome

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

24.2	Begriffe	Antigene, Haptene, Epitop, Sequenz- und Konformationsdeterminante, Blutgruppenantigene, Autoantigene	Allergien, Bakterien-, Viren-, Tumorantigene
24.3	Immunglobuline	struktureller Aufbau, schwere und leichte Ketten, J-Peptid, sekretorische Komponente, V- und C-Region, Antikörpervielfalt, somatische Genrekombination und Hypermutation, monoklonale Antikörper, Isotypen, Antigen-Antikörper-Reaktion, IgE-vermittelte Soforttypallergie	Gammopathien, Haut- und Nahrungsmittelallergien, bakterielle IgA-Proteasen
24.4	Histokompatibilitätsantigene, Antigenpräsentation	MHC-(HLA)-Klasse I- und -Klasse-II-Proteine, struktureller Aufbau, zelluläres Vorkommen, Prozessierung extrazellulärer und intrazellulärer Antigene, Immunproteasomen und Kathepsine, Antigenbeladung von MHC	Transplantatverträglichkeit, HLA-Assoziationen von Krankheiten
24.5	T-Zellrezeptor, T-Zell-Antigenerkennung	struktureller Aufbau des T-Zellrezeptor-CD3-Komplexes, T-Zellrezeptor-Genrekombination, Antigenerkennung, MHC-Restriktion	zelluläre Immunantwort, T-Zell-Toleranz
24.6	Unspezifische Immunantwort	Komplementsystem, Makrophagen-, Granulozyten- und NK-Zell-Funktion, Toll-like-Rezeptoren (TLR), Kooperation des TLR-4 mit CD14, Scavenger-Rezeptoren, NOD-Proteine und Inflammasomen, Defensine, C-reaktives Protein, Lysozym, Lactoferrin	Agranulozytose, Sepsis, Morbus Crohn
24.7	Spezifische Immunantwort	Strukturen und Zellen der humoralen Immunantwort, Antigenerkennung, Wechselwirkung von B-Lymphozyten und T-Helferzellen, Strukturen und Zellen der zellulären Immunantwort, Antigenerkennung und Aktivierung von T-Lymphozyten, Funktion des T-Zell-Rezeptor-Komplexes, von MHC-I- und MHC-II-Proteinen, CD4, CD8; Wechselwirkungen von HIV mit dem Immunsystem	Autoimmunerkrankungen
24.8	Immunologische Abwehrmechanismen	Agglutination, Phagozytose, Zytotoxizität, Zell-Lyse, reaktive Sauerstoff- und Stickstoff-Spezies, Fas/FasL-System	
25	Blut		
25.1	Erythropoese und Erythrozyten (s. a. GK Physiol. 2.2)		
25.1.1	Sauerstoffaufnahme und -versorgung	Kopplung des O ₂ - und H ⁺ -Transports (Bohr-Effekt), kooperative Bindung von O ₂ an Hämoglobin (Vgl. zu Myoglobin); Stoffwechsel und Funktion des 2,3-Bisphosphoglycerats (s. a. GK Physiol. 5.7.1); CO-Vergiftung	Angiogenese unter hypoxischer Kontrolle (VEGF)
25.1.2	CO ₂ -Transport	Transport von CO ₂ /Hydrogencarbonat und H ⁺ im Blut; Rolle der Carboanhydrase und des Chlorid-Hydrogencarbonat-Austauschs der Erythrozyten (s. a. GK Physiol. 5.7.2)	

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

25.1.3	Hämoglobin	Struktur fetaler und adulter Hämoglobine, Funktion des Hämoglobin-Systems, diagnostische Bedeutung glykierter Hämoglobine (z. B. HbA _{1c}); Hämoglobinopathien (z. B. Sichelzellanämie, Thalassämien)	Verlaufskontrolle von Diabetes mellitus
25.1.4	Erythropoiese und Erythrozytenabbau	Erythropoietin (chemische Natur, Bildungs-ort, Funktion), Prinzipien der Hämsynthese und des Hämabbaus, Regulation der δ -Aminolävulinsäure-Synthase in erythroiden und nicht-erythroiden Geweben, Hämoxygenase, Biliverdinreduktase; Löslichkeit, Konjugierung und Ausscheidung von Bilirubin; Formen des Ikterus; Prolyl-Hydroxylase als O ₂ -Sensor, HIF (hypoxia inducible factor)	Porphyrien, hämolytische Anämien, Phototherapie beim Neugeborenen
25.1.5	Stoffwechsel	Energiestoffwechsel, Bereitstellung von NADPH, Synthese und Bedeutung von Glutathion, Bildung und reduktive Reparatur von Methämoglobin, Superoxidradikal-Anionen und H ₂ O ₂ ; Enzymdefekte in Erythrozyten (Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase- und Pyruvat-Kinase-Mangel)	Favismus
25.2	Granulozyten, Makrophagen		
		Funktion neutrophiler Granulozyten und Makrophagen, lysosomale Hydrolyse von Phagozytose-Produkten; reaktive Sauerstoffspezies (ROS), Bedeutung von Superoxidradikalanionen, H ₂ O ₂ , Hydroxylradikalen und reaktiven Aldehyden, Superoxid-Dismutase, Katalase	septische Granulomatose, Gichtanfall
25.3	Lymphozyten		
		s. 24.1	
25.4	Blutstillung, Blutgerinnung und Fibrinolyse (s.a. GK Physiol. 2.4)		
25.4.1	Thrombozyten	Thrombozytenadhäsion und -aggregation, Rolle von z. B. ADP, Thromboxan, von-Willebrand-Faktor, Prostacyclin sowie Cyclooxygenase-Hemmern	Thrombasthenie Glanzmann, GP-IIb/IIIa-Thrombozytenaggregationshemmer; Purin-Rezeptor-Antagonisten
25.4.2	Blutgerinnung	Komponenten und Prinzip der Aktivierung und Hemmung des Gerinnungssystems, Bildungsort und Eigenschaften von Thrombin und Fibrinogen; Mechanismus der Bildung von unlöslichem Fibrin, Zusammenhang zwischen Gerinnung, Fibrinolyse und Kininsystem, Wirkungsweise von gerinnungshemmenden Substanzen (z. B. Calcium-Chelatoren in vitro, Heparin, Antithrombin III, Hirudin, Vitamin-K-Antagonisten); Hämophilien am Beispiel des Faktor-VIII-Mangels	Resistenz gegen aktiviertes Protein C (APC-Resistenz), Herzinfarkt, Schlaganfall
25.4.3	Fibrinolyse	Komponenten und Prinzip, Beeinflussung durch Plasminogen-Aktivator tPA und Urokinase	therapeutische Anwendung bei Herzinfarkt und Lungenembolie

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

25.5	Blutplasma (s.a. GK Physiol. 2.3)	Bildungsorte und Funktion von Albumin, Prothrombin, Plasminogen, Haptoglobin, Fibrinogen, Komplementfaktoren, Immunglobulinen, α_1 -Proteinase-Inhibitor, Akute-Phase-Proteine; Zusammensetzung, Bildungsorte, Funktion und Stoffwechsel von Lipoproteinen (Chylomikronen, VLDL, LDL, HDL, s. a. 17.2.1); spezialisierte Transportproteine (z. B. Thyroxin- und Geschlechtshormon-bindendes Globulin, Retinol- und Vitamin-D-bindendes Protein, Transferrin, Transcobalamin)	Leberinsuffizienz, nephrotisches Syndrom, Gammopathien, z. B. bei multiplem Myelom, Hyperlipoproteinämien
26	Leber		
26.1	Energiestoffwechsel	Abbau von Aminosäuren, Glucose und Fettsäuren (s. a. Kap. 16)	
26.2	Serviceleistungen	Beteiligung an der Glucosehomöostase (Glykogensynthese, Glykogenolyse, Gluconeogenese, Cori-Zyklus), am Lipidstoffwechsel (Triacylglycerol-(Triglycerid-) Synthese, Synthese von Lipoproteinen, Ketogenese) und am Säure-Basen-Haushalt; Synthese von Plasmaproteinen, Harnstoffzyklus	Hypoglykämie nach Alkoholabusus, Fettleber, akutes Leberversagen
26.3	Cholesterol (Cholesterin)	Grundzüge der Cholesterolbiosynthese (Schritte vom Acetyl-CoA zum aktiven Isopren, Prinzip der Polymerisierungsreaktionen, Geranyl- und Farnesyl-PP, Squalen), subzelluläre Lokalisation, Regulation der Synthese, Lokalisation und Regulation der HMG-CoA-Reduktase, Transport in Lipoproteinen, enterohepatischer Kreislauf, Cholesterinester, Funktionen, Ausscheidung	Atherosklerose, Mevalonat-Analoga (Statine)
26.4	Gallenflüssigkeit und Gallensäuren (s. a. GK Physiol. 7.3.5)	Prinzip der Bildung, Bestandteile und Funktionen der Gallenflüssigkeit, primäre und sekundäre Gallensäuren, konjugierte Gallensäuren, Gallesekretion und aktive Transportsysteme der kanalikulären Membran, Funktionen von Gallensäuren, enterohepatischer Kreislauf, Gallensteinbildung	Pharmakotherapie der Cholelithiasis mit Ursodesoxycholsäure
26.5	Biotransformation		
26.5.1	Prinzip und Bedeutung	Mechanismus der Umwandlung von lipophilen körpereigenen Verbindungen und Xenobiotika (z. B. Arzneistoffe) zu wasserlöslichen ausscheidbaren Metaboliten, Eliminationswege, Entgiftung und Giftung	Paracetamol, First-pass-Effekt von Medikamenten, Epoxidbildung des Benzpyrens des Tabakrauchs, Epoxidbildung der Aflatoxine
26.5.2	Phase 1	Einführung funktioneller Wirkgruppen durch Hydroxylierung, Oxidation, Reduktion und Hydrolyse; Cytochrom-P450-abhängige Monooxygenasen (Isoformen der CYP-Familie); typische Substrate: Xenobiotika (z. B. Pharmaka, Gifte, Ethanol) und körpereigene Stoffe (z. B. Steroide, Bilirubin)	Medikamentenwechselwirkung, genetisch bedingte Unterschiede in der Medikamenten-Metabolisierung

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

26.5.3	Phase 2	Konjugation körperfremder und endogener Wirkstoffe z. B. mit Glucuronat, Sulfat und Aminosäuren; Ikterus	
26.5.4	Phase 3	Transport der Konjugate	Cholestase
26.5.5	Induktion des Biotransformationssystems	Induktion der beteiligten Enzyme durch Pharmaka und Umweltgifte	constitutive androstane receptor (CAR), steroid and xenobiotic receptor (SXR), aryl hydrocarbon receptor (AHR)
26.6	Endokrine Funktionen		
		Bildung von IGF-1 und IGF-2I, Angiotensinogen, Inaktivierung bzw. Abbau von Hormonen, T ₄ /T ₃ -Konversion	Feminisierung bei Leberzirrhose
26.7	Leberfunktionsstörungen		
		Alkohol-Krankheit; Enzymdiagnostik bei Lebererkrankungen, AL(A)T, AS(A)T, γ -GT; Entzündungsmediatoren	
27	Magen-Darm-Trakt		
27.1	Grundlagen der Ernährung (s. a. GK Physiol. 7.1.1, 7.1.2 und 8.1.2)		
27.1.1	Nahrungsbestandteile	essentielle Aminosäuren und Fettsäuren, Vitamine, Spurenelemente, Elektrolyte, Ballaststoffe; täglicher Bedarf und biologische Wertigkeit von Proteinen	Mangelkrankheiten, fettfreie und kohlenhydratfreie Diäten, Nahrungsergänzungsmittel
27.1.2	Bilanz	Brennwerte von Kohlenhydraten, Lipiden, Proteinen und Ethanol; positive und negative Stickstoffbilanz, Eiweißminimum, Body-Mass-Index (BMI)	Unter- und Überernährung, parenterale Ernährung, Diäten
27.2	Verdauung und Resorption (s. a. GK Physiol. 7.3, 7.4 und 7.5)		
27.2.1	Verdauungssekrete	Bildungsorte, Zusammensetzung von Speichel, Magensaft, Pankreassekret, Dünndarmsekret und Gallenflüssigkeit, nervale und hormonelle Regulation der Sekretbildung, Aktivierung von Verdauungsproteasen und Pankreaslipase	Pankreatitis
27.2.2	Kohlenhydrate	Verdauung von Stärke, Glykogen, Saccharose und Lactose, Mechanismus der Resorption von Glucose und Fructose; Lactoseintoleranz	Malabsorption, Maldigestion, Pankreasinsuffizienz, Kurzdarmsyndrom, Steatorrhö, Cholestase, Hemmstoffe der Verdauung und Resorption von Nahrungsstoffen
27.2.3	Proteine	Abbau von Nahrungsproteinen und Verdauungsenzymen, Mechanismus der Resorption von Peptiden und Aminosäuren; Sprue	
27.2.4	Lipide	Verdauung von Triacylglycerolen (Triglyceriden), Phospholipiden und Cholesterolestern (Cholesterinestern), Funktion der Gallensäuren, Mizellen, Aufnahme in Enterozyten, Synthese von Triacylglycerolen (Triglyceriden) und Lipoproteinen in der Darmmukosa	
27.2.5	Vitamine	Resorption und Speicherung von wasser- und fettlöslichen Vitaminen, Bedeutung der Darmbakterien für die Vitaminversorgung; Vitamin B ₁₂ : extrinsischer und intrinsischer Faktor	
27.2.6	Hypo- und Hypervitaminosen (s. a. GK Physiol. 7.1.2)	B ₁₂ -Mangelzustand, Nachtblindheit, Skorbüt, Wernicke-Korsakow-Syndrom, Beri-Beri, Rachitis, Osteomalazie, Gerinnungsstörungen, megaloblastäre und perniziöse Anämie, Neuralrohr-Defekte; Überdosierung von Vitaminen	Bedeutung der Vitaminversorgung für Senioren, bei Schwangerschaft, bei Behandlung mit Antibiotika; B ₁ -Mangel bei Alkoholikern

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

27.2.7	Wasser, Elektrolyte und nicht verdaute Nahrungsbestandteile	Flüssigkeits- und Elektrolytbilanz der Verdauung, Resorption von Wasser, Na ⁺ , K ⁺ , Cl ⁻ , Phosphat, Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Eisen und CO ₂ , intestinale Ausscheidung von nicht-abbaubaren oder nicht-resorbierbaren Nahrungsbestandteilen, Elektrolyten und Wasser	Diarrhöen
27.3	Endokrine Funktionen		
		s. 23.2.10	
28	Fettgewebe		
28.1	Stoffwechselleistungen		
		weißes Fettgewebe: Energiespeicherung, Synthese von Triacylglycerolen (Triglyceriden) aus den Lipiden der Lipoproteine und Glucose; Lipolyse, hormonelle Regulation; braunes Fettgewebe: Thermogenese	Adipositas, Diabetes mellitus Typ 2, Metabolisches Syndrom
28.2	Endokrine Funktionen		
		Bildung und Sekretion von z. B. Leptin, Adiponectin, Estrogenen und TNF-α	
29	Niere		
29.1	Stoffwechsel		
		Deckung des Energiebedarfs durch Abbau von Fettsäuren und Ketonkörpern (proximaler Tubulus) und durch Glykolyse (Nierenmark); Aminosäure-Stoffwechsel (z. B. Gln, Glu, Arg) und Gluconeogenese	
29.2	Endokrine Funktionen		
		Bildung von Erythropoietin und 1,25-Dihydroxycholecalciferol (Calcitriol), Renin-Angiotensin-System	Niereninsuffizienz, renale Anämie, renale Osteopathie; therapeutische Gabe von EPO und Calcitriol
29.3	Grundlagen der Harnbildung (s. a. GK Physiol. 9.2)		
		Filtration, Sekretion und Rückresorption, renale Retention und Ausscheidung; Creatinin: Herkunft und Bedeutung für die klinische Chemie	Niereninsuffizienz als Folge von Diabetes mellitus und Bluthochdruck, Urämie; Cystinose, Harn- und Nierensteine, Proteinurie
29.4	Ausscheidung von Säuren und Ammoniak		
		Aktive Sekretion von Protonen mit Hilfe von V-Typ-ATPasen; Ausscheidung von Sulfat und Phosphat, Bildung und Ausscheidung von Ammoniak, Zusammenhang mit metabolischer Azidose	renale Azidose
30	Muskulatur (s. a. GK Physiol. Kap. 13)		
30.1	Energiestoffwechsel		
30.1.1	Skelettmuskel	Deckung des Energiebedarfs durch Abbau von Glucose, Glykogen, Fettsäuren und Ketonkörpern in Abhängigkeit von Muskelfaser-Typ, Stoffwechsellage und Leistung; Proteinsynthese und -abbau als Vorgänge der Energiespeicherung und -verwertung; Unterschiede zwischen roten und weißen Fasern: Gehalt an Mitochondrien, Myoglobin, Glykogenphosphorylase, Myosin, Bedeutung von Myoglobin und Creatinphosphat; Bedeutung für den Stoffwechsel verzweigtkettiger Aminosäuren	McArdle-Syndrom, mitochondriale Myopathien, Leistungssport und Ernährung; Muskeldystrophie

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

30.1.2	Herzmuskel	Oxidativer Energiestoffwechsel durch Abbau von Glucose, Glykogen, Lactat, Fettsäuren und Ketonkörpern; Enzymdiagnostik bei Herzinfarkt	Koronarinsuffizienz, myokardiale Ischämie
30.1.3	glatte Muskulatur	Deckung des Energiebedarfs durch Abbau von Glucose und Fettsäuren	
30.2	Kontraktion, Relaxation		
		Wechselwirkung zwischen dem globulären Anteil des Myosins und dem Actin in den verschiedenen Phasen der Kontraktion und Relaxation, Bedeutung von ATP und zytosolischer Ca ²⁺ -Konzentration, Rolle des sarkoplasmatischen Retikulums bzw. extrazellulären Ca ²⁺ , Unterschiede zwischen quergestreifter und glatter Muskulatur bezüglich der Auslösung des Kontraktionsvorganges, Wirkung von Catecholaminen auf die Kontraktion der glatten Muskulatur; Myosin-Leichte-Ketten-Kinase, Funktion von Titin im quergestreiften Muskel	Kardiomyopathien
30.3	Endokrine Funktion		
		Herzmuskel: atriales natriuretisches Hormon (s. a. 23.2.14)	Herzinsuffizienz
31	Aufbau des Stützgewebes		
		organische und mineralische Hauptbestandteile	
31.1	Extrazelluläre Matrix		
		s. 20.10 und GK Anat. 2.5	
31.2	Knorpelgewebe (s. a. GK Anat. 2.5.3)		
		Zusammensetzung	Arthrose, Marfan-Syndrom
31.3	Knochen, Zahnhartsubstanz (s. a. GK Anat. 2.5.4 und 2.5.5)		
		Aufbau der Knochengrundsubstanz und des anorganischen Knochenminerals, Bedeutung der Aktivität von Osteoblasten und -klasten für die Knochenstruktur, Bedeutung von Wachstumsfaktoren für das Knochenwachstum an der Epiphysenfuge, Bedeutung von Estrogenen für den Knochenhalt, Aufbau und Prinzip der Synthese der Zahnhartsubstanz, Fluoride in der Zahnpflege	Osteoporose, Morbus Paget, Osteogenesis imperfecta, Achondroplasie, Karies; Bisphosphonate
32	Nervensystem		
32.1	Stoffwechsel		
		Deckung des Energiebedarfs durch Abbau von Glucose, Verwertung von Ketonkörpern nach längerer Nahrungskarenz, Lactat als Energielieferant der Neurone, Bedeutung der Gliazellen für den Stoffwechsel des ZNS, Aminosäure-Stoffwechsel im ZNS	
32.2	Blut-Hirn-Schranke, Liquor cerebrospinalis (s. a. GK Anat. 9.11.2 und 9.9.4)		
		Bedeutung der Blut-Hirn-Schranke für den Stoffwechsel der Neuronen, Permeabilität für Gase und Elektrolyte, Transportsysteme für den Stofftransport, Sekretionsorte und Zusammensetzung des Liquor cerebrospinalis	Liquoranalyse zur Differentialdiagnose von neurologischen Erkrankungen
32.3	Myelin		
		Zusammensetzung des Myelins, Prinzip der Synthese des Myelins und der Myelinscheiden	Multiple Sklerose

„Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie“

32.4	Erregungsleitung und -übertragung durch Neurotransmitter (s. a. GK Physiol. 12.3 u. 12.4)		
32.4.1	Grundlagen der Erregungsübertragung	Synapse, Neurotransmitter, Membranpotential; Bedeutung von Transport-ATPasen und Ionenkanälen für die Entstehung des Membranpotentials; strukturelle Prinzipien tetramerer und pentamerer Ionenkanäle; SNARE- Proteine, Synaptotagmin	Myasthenia gravis, Anästhesie, Narkose, Rauschgifte, Parasympathomimetika und -lytika, Neurotoxine
32.4.2	Acetylcholin	Biosynthese, Abbau, Wirkungsmechanismen: nicotinerge und muscarinerge Rezeptoren, Atropin, Curare, chemische Kampfstoffe, Botulinumtoxin	
32.4.3	Catecholamine	Adrenalin, Noradrenalin, Dopamin: Biosynthese, Abbau (MAO, COMT), Rezeptoren	Morbus Parkinson, Amphetamine
32.4.4	Glutamat	Stoffwechsel im Nervensystem, ionotrope und metabotrope Rezeptoren, NMDA-, AMPA-, Kainat-Rezeptoren	
32.4.5	GABA	Stoffwechsel, Rezeptoren, Muskelrelaxanzien	Benzodiazepine
32.4.6	Glycin	Stoffwechsel, Rezeptoren, Strychnin, Tetanustoxin	
32.4.7	Serotonin	Stoffwechsel, Wirkungsbeendigung, Rezeptoren, Medikamente (s. a. 23.2.20)	Serotoninantagonisten und -wiederaufnahmehemmer, LSD
32.4.8	Stickstoffmonoxid (NO)	Biosynthese durch nNOS, Abbau, Wirkungsmechanismus	
32.4.9	Nucleotide und Nucleoside	ATP, Adenosin, Purin-Rezeptoren	
32.4.10	peptiderge Neurotransmitter	Enkephaline, Endorphine, Dynorphin, Opioid-Rezeptoren	Opiate
32.4.11	lipiderge Neurotransmitter	Fettsäure-Derivate und Endocannabinoide	
33	Sinnesbiochemie (s. a. GK Physiol. 17.2 und 19.3)		
33.1	Sehen	Helldunkelsehen, Farbsehen; Vitamin A, Retinal-Stoffwechsel, Rhodopsin, Transducin, Arrestin, PDE, cGMP	Nachtblindheit
33.2	Riechen	olfaktorische Rezeptoren, Genvielfalt	