

# imppp

**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 „Physik für Mediziner“**

**Auflage von  
Mai 2014**



## Vorwort zur Auflage von Mai 2014

In dieser aktualisierten Auflage des Teilkatalogs „Physik für Mediziner“ 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 Herbst 2015 den Prüfungen ausschließlich die vorhergehende Auflage von Februar 2005 zugrunde gelegt. Die Prüfung Frühjahr 2016 berücksichtigt beide Auflagen. Ab Herbst 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 Prüfungsstoffkatalog 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

Physiol. = Physiologie

Chemie/Bioch. = Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie

Biol. = Biologie für Mediziner

Anat. = Anatomie

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

## „Physik für Mediziner“ (Inhaltsübersicht)

- 1 Grundbegriffe des Messens und der quantitativen Beschreibung**
  - 1.1 Physikalische Größen und Einheiten
  - 1.2 Mengengrößen, bezogene Größen
  - 1.3 Messen und Unsicherheiten beim Messen
  - 1.4 Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen
- 2 Mechanik**
  - 2.1 Bewegungen
  - 2.2 Impuls, Kraft
  - 2.3 Drehmoment, Trägheitsmoment, Drehimpuls
  - 2.4 Arbeit, Energie; Leistung
  - 2.5 Verformung fester Körper
  - 2.6 Druck
  - 2.7 Kräfte an Grenzflächen
  - 2.8 Strömung von Flüssigkeiten und Gasen
- 3 Struktur der Materie**
  - 3.1 Aufbau der Atome und Atomkerne
  - 3.2 Festkörper, Flüssigkeiten, Gase
- 4 Wärmelehre**
  - 4.1 Temperatur
  - 4.2 Wärme, Wärmekapazität
  - 4.3 Gaszustand
  - 4.4 Änderung des Aggregatzustands
  - 4.5 Wärmetransport, Transportphänomene
  - 4.6 Stoffgemische
- 5 Elektrizitätslehre**
  - 5.1 Elektrische Stromstärke, elektrische Ladung
  - 5.2 Elektrische Feldstärke
  - 5.3 Elektrisches Potential, elektrische Spannung
  - 5.4 Elektrischer Widerstand
  - 5.5 Elektrischer Stromkreis
  - 5.6 Elektrische Kapazität
  - 5.7 Elektrizitätsleitung
  - 5.8 Elektrische Spannungen an Grenzflächen, Diffusionsspannungen
  - 5.9 Magnetische Größen, elektromagnetische Induktion
  - 5.10 Wechselspannung, Wechselstrom
- 6 Schwingungen und Wellen**
  - 6.1 Schwingungen
  - 6.2 Wellen
  - 6.3 Schallwellen
  - 6.4 Elektromagnetische Wellen
- 7 Optik**
  - 7.1 Licht
  - 7.2 Geometrische Optik
  - 7.3 Wellenoptik
  - 7.4 Optische Instrumente
- 8 Ionisierende Strahlung**
  - 8.1 Röntgenstrahlung
  - 8.2 Radioaktivität
  - 8.3 Nachweis ionisierender Strahlen
  - 8.4 Strahlenwirkungen
- Anhang Zahlen- und Größenwerte**

„Physik für Mediziner“

<b>1 Grundbegriffe des Messens und der quantitativen Beschreibung</b>		
<b>1.1</b>	<b>Physikalische Größen und Einheiten</b>	
	<p>Begriff der physikalischen Größe, Darstellung durch Zahl mal Einheit, Größengleichungen</p> <p>Basisgrößen und Basiseinheiten des Internationalen Einheitensystems, Herleitung abgeleiteter Einheiten aus den Basiseinheiten mit Hilfe der Definitionsgleichungen für die abgeleiteten Größen, dezimale Vielfache und Teile von Einheiten durch Vorsilben</p> <p>Bedeutung von Differenzenquotient, Differentialquotient, Differential und Integral für die Definition physikalischer Größen</p> <p>Längen, Flächen, Volumina, Definition und Einheit von ebenem Winkel und Raumwinkel</p> <p>skalare und vektorielle Größen, Addition und Subtraktion von Vektorgrößen, Komponentenzersetzung</p>	<p>Konventionen zum Austausch in der Forschung zwischen Naturwissenschaften und Medizin sowie in der ärztlichen Praxis z. B. bei Laborwerten, Befunden der bildgebenden Diagnostik und strahlentherapeutischen Parametern</p> <p>Basis für die Beschreibung aller zeitabhängigen Vorgänge in der Physiologie</p> <p>Oberflächen-Volumen-Relationen bei Zellen, Positionsangaben von anatomischen Merkmalen</p> <p>Vektorkardiographie, stellungsabhängige Skelettmuskelwirkungen</p>
<b>1.2</b>	<b>Mengengrößen, bezogene Größen</b>	
	<p>Mengengrößen: Volumen, Masse, Teilchenzahl, Stoffmenge</p> <p>Definition und Einheit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- von volumenbezogenen Größen (Dichten): Massendichte (Dichte), Teilchenzahldichte, Ladungsdichte</li> <li>- von massebezogenen Größen (spezifischen Größen): spezifisches Volumen, spezifische Wärmekapazität, spezifische Umwandlungswärme</li> <li>- von stoffmengenbezogenen Größen (molaren Größen): molare Masse, molares Volumen</li> </ul> <p>Stoffgemische: Definition und Einheit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- von Stoffmengenanteil (Molenbruch), Massenanteil, Volumenanteil,</li> <li>- von Konzentrationen der Komponenten im Gemisch (Teilmenge durch Gesamtvolumen): Massenkonzentration (Partialdichte), Stoffmengenkonzentration</li> </ul>	<p>quantitative Beschreibung von Reaktionen in Chemie/Biochemie, Labordiagnostik, Gasaustausch</p>
<b>1.3</b>	<b>Messen und Unsicherheiten beim Messen</b>	
	<p>Messung: Vergleich der zu messenden Größe mit einer zugehörigen Einheit</p> <p>Messunsicherheit bei Messgeräten mit Ziffernanzeige, Anzahl von Dezimalstellen bei der Angabe eines Ergebnisses unter Berücksichtigung der Messunsicherheit, absolute und relative Messunsicherheiten, Messgeräte (Gebrauch, analog und digital)</p>	<p>medizinische Diagnostik ist häufig verbunden mit der Messung physikalischer Größen</p> <p>Ohr-Fieberthermometer, Körperwaage, Blutdruckmessgerät, Blutzuckermessgerät</p>

## „Physik für Mediziner“

	<p>Ergebnis einer einmaligen Messung: Messwert und Abschätzung der Messunsicherheiten</p> <p>wiederholt gleichartige Messung: Gaußsche Normalverteilung (Glockenkurve), arithmetischer Mittelwert als Näherungswert für den Erwartungswert, Standardabweichung einer Messreihe (mittlere Messunsicherheit der Einzelmessung), Standardabweichung des arithmetischen Mittelwerts</p> <p>Fortpflanzung von Messunsicherheiten bei einfachen Größengleichungen (Summe, Differenz, Produkt, Quotient und Potenz)</p>	<p>Beurteilung der Zuverlässigkeit und Relevanz eigener Messdaten</p> <p>Beurteilung der Zuverlässigkeit und Relevanz von Messdaten aus externen Quellen (Laborwerte, Reihenuntersuchungen etc.)</p> <p>Laboruntersuchungen, Allometrie</p>
<b>1.4</b>	<b>Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen</b>	
	<p>lineare Funktion, Potenzfunktion, Exponentialfunktion, natürliche und dekadische Logarithmusfunktion, trigonometrische Funktionen</p> <p>graphische Darstellung funktionaler Zusammenhänge in Koordinatensystemen mit linear und logarithmisch geteilten Achsen, Übergang von einer Geraden zu einer Funktionsgleichung, Auswertung von Messungen mit Hilfe von Ausgleichskurven</p> <p>Bestimmung der Steigung einer Geraden und einer Kurve (mittlere Steigung, Steigung in einem Punkt, graphische Differentiation)</p> <p>Bestimmung der Fläche unter einer Kurve (graphische Integration)</p>	<p>Krankheitsverläufe, Entwicklungsverläufe, Graphiken in wissenschaftlichen Publikationen</p> <p>Abhängigkeiten medizinischer Größen (Körpergröße, Körperoberfläche, Körpervolumen), Allometrie</p> <p>Somatogramme, Graphiken in wissenschaftlichen Publikationen</p> <p>Arbeit als Wegintegral der Kraft, AUC in der Pharmakokinetik</p>
<b>2</b>	<b>Mechanik</b>	
<b>2.1</b>	<b>Bewegungen</b>	
	<p>Definition und Einheit von Geschwindigkeit und Beschleunigung, Mittelwert und Momentanwert, geradlinige Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit (gleichförmig) und mit konstanter Beschleunigung (gleichmäßig beschleunigt), Weg-Zeit-Diagramm, Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm, Beschleunigung-Zeit-Diagramm, freier Fall</p> <p>periodische Bewegungen, Definition und Einheit von Periodendauer, Frequenz und Kreisfrequenz</p> <p>Definition und Einheit von Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung, Mittelwert und Momentanwert</p> <p>gleichförmige Kreisbewegung, Zusammenhang zwischen Bahn- und Winkelgeschwindigkeit, Zentripetalbeschleunigung</p>	<p>Biomechanik, Sportmedizin, Physiotherapie, Prothetik, Strömungsgeschwindigkeit von Blut, Nervenleitgeschwindigkeit, Längenwachstum und Wachstumsgeschwindigkeit beim Menschen</p> <p>Herzfrequenz, Atemfrequenz, biologische Rhythmen, Gehirnaktivität (Gehirn„wellen“)</p> <p>Biomechanik, Sportmedizin, Bogengangsorgane</p> <p>Zentrifugieren, Sportmedizin, Arbeitsmedizin</p>

## „Physik für Mediziner“

<b>2.2</b>	<b>Impuls, Kraft</b>	
	<p>Newtonsche Axiome, Definition und Einheit von Impuls, Kraft und Kraftstoß, Impulserhaltungssatz, Gewichtskraft, Auftriebskraft (Schwimmen, Schweben, Sinken), Federkraft, Trägheitskräfte, Zentripetalkraft, Zentrifugalkraft, Reibungskraft zwischen festen Körpern: Haft-, Gleit- und Rollreibung, Reibungskoeffizienten, Schmiermittel</p> <p>Geschwindigkeitsproportionale Reibungskraft auf einen in einer Flüssigkeit fallenden Körper, Definition und Einheit der dynamischen Viskosität (Koeffizient der inneren Reibung), Sedimentationsgeschwindigkeit, Viskosimeter, Temperaturabhängigkeit der dynamischen Viskosität</p> <p>Sedimentation mit Hilfe einer Zentrifuge/Ultra-zentrifuge, Sedimentationskonstante (Verhältnis aus Sedimentationsgeschwindigkeit und Zentrifugalbeschleunigung)</p>	<p>Bewegungsapparat, Biomechanik, Sportmedizin, Unfallchirurgie, Physiotherapie, Rehabilitation, Prothetik</p> <p>Blutsenkung</p> <p>Bestimmung der molaren Masse medizinisch wichtiger Makromoleküle und ihre Charakterisierung durch die Sedimentationskonstante (Svedberg-Einheit), Trennung von Proteinen, Aufbereitung von Blutproben</p>
<b>2.3</b>	<b>Drehmoment, Trägheitsmoment, Drehimpuls</b>	
	<p>Massenmittelpunkt, Schwerpunkt, Lage des Schwerpunkts beim menschlichen Körper in verschiedenen Haltungen, stabiles, labiles und indifferentes Gleichgewicht</p> <p>Definition und Einheit von Drehmoment, Hebelgesetz</p> <p>Definition und Einheit von Trägheitsmoment und Drehimpuls, Drehimpulserhaltung</p>	<p>Statik des Menschen, Rehabilitation, Sportmedizin</p> <p>Knochen als Hebel, Gelenke als Hebelauflagepunkte/Drehpunkte, Muskelkräfte</p> <p>Biomechanik, Sportmedizin, Unfallchirurgie, Physiotherapie, Rehabilitation, Prothetik, Impuls und Drehimpuls als Grundlage des atomaren Aufbaus</p>
<b>2.4</b>	<b>Arbeit, Energie; Leistung</b>	
	<p>Definition und Einheit der Arbeit als Prozessgröße auch bei wegabhängiger Kraft, Hubarbeit, Beschleunigungsarbeit, Druck-Volumen-Arbeit, Energie, potentielle Energie, kinetische Energie, Energieerhaltungssatz, Pendel</p> <p>Definition und Einheit der Leistung, Mittelwert und Momentanwert</p> <p>zentraler Stoß, unelastischer und elastischer Stoß</p>	<p>Arbeitsmedizin, Sportmedizin, Herzarbeit, Belastungs-EKG, Spiroergometrie, Diätetik</p> <p>Energieumsatz, Energiebereitstellung im Stoffwechsel, funktionsabhängige Anpassung, Wirkungsgrad äußerer Arbeit, Leistungsfähigkeit</p> <p>Arbeitsmedizin, Sportmedizin, Unfallmedizin</p>

## „Physik für Mediziner“

<b>2.5</b>	<b>Verformung fester Körper</b>	
	<p>Definition und Einheit von Dehnung (Stauchung), Spannung (Zug und Druck), Elastizitätsmodul, Querkontraktion, Volumenänderung</p> <p>allseitige Kompression, Definition und Einheit von Kompressibilität, Kompressionsmodul (Volumenelastizitätsmodul)</p> <p>Verformungsbereiche (Spannung-Dehnung-Diagramm): Proportionalität (Hooke'sches Gesetz), reversible Verformung und irreversible Verformung (Plastizität, Fließen, Bruch)</p> <p>Scherung: Schubspannung, Scherwinkel, Verdrillung, Torsion: Torsionswinkel, Definition und Einheit von Scher- und Torsionsmodul, Biegung, neutrale Faser, Knickung, Isotropie und Anisotropie</p> <p>Viskoelastizität, Zeitverhalten der Deformation: bei reinelastischer, reinviskoser und visko-elastischer Verformung während und nach Einwirkung einer konstanten Kraft und eines Kraftstoßes</p>	<p>Charakterisierung von Knochengewebe, kompakter und spongioser Knochen</p> <p>Sportmedizin (Tauchen)</p> <p>mechanische Eigenschaften von Blutgefäßen, Bandscheiben, Knochen, Sehnen, Prothesen</p> <p>Scherfraktur, Schubfraktur, Abrissfraktur, Richtungsabhängigkeit von Materialgrößen verschiedener Gewebe, Biegebeanspruchung der Wirbelsäule, elastische Eigenschaften der Bandscheibe und des Nucleus pulposus</p> <p>viskoelastisches Verhalten bei Knorpeln, Sehnen und Bändern, Dämpfung kurzzeitiger Krafteinwirkungen, Sportmedizin/Traumatologie, Eigenschaften von Gel, Creme, Salbe und Paste: dilatant, pseudoplastisch, thixotrop, rheopex, Bingham- und Casson-Fluide</p>
<b>2.6</b>	<b>Druck</b>	
	<p>Definition und Einheit des Drucks, Druckmessung, Manometer, atmosphärischer Luftdruck (Normdruck, exponentielle Abnahme in Abhängigkeit von der Höhe über dem Erdboden, Halbwertshöhe), Boyle-Mariotte-Gesetz</p> <p>Schweredruck in Flüssigkeiten, Abhängigkeit von der Eintauchtiefe, Entstehung des Auftriebs, archimedisches Prinzip</p> <p>Druckerzeugung durch Stempel/Kolben (hydraulische Presse), Druck in elastisch gedehnten Gefäßen, Beziehung zwischen Druck und mechanischer Spannung bei Hohlorganen (s.a. GK Physiol. 3.4.1, 4.1.1 und 5.4.1)</p>	<p>Druck im Blutkreislauf, direkte Druckmessung mit Kathetertipmanometer, Höhenphysiologie, Höhenkrankheit, Atmung, Spirometrie, hyperbare Sauerstofftherapie</p> <p>Taucherkrankheit, Wassergymnastik</p> <p>Nucleus pulposus, Infusomat, Blutdruckmessung nach Riva-Rocci, Mechanik des Herzens, Alveole</p>
<b>2.7</b>	<b>Kräfte an Grenzflächen</b>	
	<p>zwischenmolekulare Kräfte: Kohäsion und Adhäsion, Benetzung, Kapillarwirkung (Aszension, Depression), Grenzflächenspannung, Definition und Einheit der Oberflächenspannung, Wirkungsweise oberflächenaktiver Stoffe</p>	<p>Blut- und Lymphkapillaren, Oberflächenfilme, Mizellen, Lipiddoppelschichten (Membranstruktur), Arzneimittelbeschaffenheit, Bedeutung der Surfactants für die Atmung</p>

## „Physik für Mediziner“

<b>2.8</b>	<b>Strömung von Flüssigkeiten und Gasen</b>	
	<p>Definition und Einheit des Volumenstroms (der Volumenstromstärke), Kontinuitätsgleichung, Definition und Einheit des Strömungswiderstands und Strömungsleitwerts, Darstellung des Strömungsfeldes durch Stromlinien, stationäre Strömung, laminare und turbulente Strömung</p> <p>Modell einer inkompressiblen und einer idealen (reibungsfreien) Flüssigkeit</p> <p>Bernoulli-Gleichung</p> <p>Volumenstromstärke-Druckdifferenz-Diagramm, Kennlinie, newtonsche und nicht-newtonsche Flüssigkeit, Hagen-Poiseuille-Gesetz und dessen Voraussetzungen, Reihen- und Parallelschaltung von Kapillaren, Kirchhoff-Gesetze</p>	<p>Blutkreislauf als regulierbares Konvektionssystem, Strömung durch Rohre als Modell für den Blutkreislauf Luftströmung im Atemtrakt, Atemstromstärke, Atemwegswiderstand Regelung der Durchblutung durch Änderung des Arterienradius</p> <p>Druckabfall längs der Blutströmung</p> <p>Druckabfall an Stenosen, Aneurysma, Inhalation, Düsenvernebelung, Stimmbildung</p> <p>Blut als nicht-newtonsche Flüssigkeit, Organdurchblutung</p>
<b>3</b>	<b>Struktur der Materie</b>	
<b>3.1</b>	<b>Aufbau der Atome und Atomkerne</b>	
	<p>Bausteine der Atome und der Atomkerne: Proton, Neutron, Elektron, Masse und Ladung der Teilchen, Elementarladung, Größenordnung von Hülle- und Kerndurchmesser, Aufbau der Atomkerne aus Nukleonen, Protonenzahl (Ordnungszahl im Periodensystem der Elemente), Nuklid, Isotop, relative Atommasse, atomare Masseneinheit, Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie</p> <p>Bohr'sches Atommodell, Orbitalmodell, diskrete Energiewerte, Aufbau des H-Atoms, Schalenaufbau der Atome, Pauli-Prinzip, Bedeutung der äußeren Schale, Edelgaskonfiguration, Valenzelektronen, Ion, Ionisierungsenergie</p>	<p>Periodensystem der Elemente, Radiagnostik, Radiotherapie und Nuklearmedizin</p> <p>Wasserstoffbrücken, hydrophobe Wechselwirkungen, Struktur von Wasser, Einfluss gelöster Stoffe, Hydratisierung, Linienstrahlung der Elemente, Spektroskopie, charakteristische Röntgenstrahlung</p>

## „Physik für Mediziner“

<b>3.2</b>	<b>Festkörper, Flüssigkeiten, Gase</b>	
	<p>atomistisches bzw. molekulares Bild vom Aufbau der Materie, Charakterisierung der Aggregatzustände durch Anordnung und Beweglichkeit der Teilchen sowie nach Form und Volumen, zwischenmolekulare Kräfte</p> <p>thermische Molekularbewegung (Schwingung, Rotation, Translation), mikroskopisches Bild der Wärme, kinetische Gastheorie, Gasdruck als Folge der Molekularbewegung</p>	<p>chemische Bindung, Stofftransport, thermische Eigenschaften, Schallausbreitung</p> <p>Stofftransport, Atmung, Anästhesie, Pharmakologie, Labordiagnostik, Spektroskopie</p>
<b>4</b>	<b>Wärmelehre</b>	
<b>4.1</b>	<b>Temperatur</b>	
	<p>Temperatur als Zustandsgröße und als Basisgröße Definition der Kelvinskala, absoluter Nullpunkt der Temperatur, Fixpunkte der Celsius-Skala, Proportionalität zwischen Druck des idealen Gases, der mittleren kinetischen Energie seiner Teilchen und der absoluten Temperatur</p> <p>thermische Ausdehnung, Längen- und Volumenausdehnungskoeffizient, Änderung weiterer Stoffeigenschaften mit der Temperatur (Druck, Schallgeschwindigkeit, elektrischer Widerstand, Kontaktspannung)</p>	<p>Atmung, Spirometrie, Anästhesie</p> <p>Bimetall-, Flüssigkeits-, Gas- und Widerstandsthermometer, Thermoelemente</p>
<b>4.2</b>	<b>Wärme, Wärmekapazität</b>	
	<p>Wärme als die einem System zu- oder abgeführte Energie, die die Temperatur und/oder den Aggregatzustand des Systems ändert, Grundlagen der Thermochemie, Definition und Einheit der Wärmekapazität eines Körpers sowie der spezifischen Wärmekapazität und der molaren Wärmekapazität eines Stoffes, spezifische Wärmekapazität des Wassers, Kalorimeter, Definition und Einheit von Wärmeleistung und Wärmestromdichte</p> <p>innere Energie als Zustandsgröße, 1. Hauptsatz der Wärmelehre</p> <p>reversible und irreversible Prozesse, Entropie als Zustandsgröße, 2. Hauptsatz der Wärmelehre</p> <p>offene Systeme</p>	<p>Temperaturregulation des menschlichen Körpers, Ergometrie, Diätetik, Mikrokalorimetrie</p> <p>exotherme und endotherme chemische Reaktionen</p> <p>Wärme als Nebenprodukt des Stoffwechsels, Wirkungsgrad des Muskels</p> <p>Energiehaushalt des Menschen, Energiehaushalt der Zelle</p>

## „Physik für Mediziner“

<b>4.3</b>	<b>Gaszustand</b>	
	<p>thermische Zustandsgrößen (Druck, Volumen, Temperatur), Modell des idealen Gases, allgemeine Zustandsgleichung, universelle Gaskonstante, Boltzmann-Konstante, spezielle Zustandsänderungen (isotherm, isobar, isochor, adiabatisch), Normbedingungen: Normtemperatur, Normdruck, Molvolumen des idealen Gases unter Normbedingungen</p> <p>Gasgemische: allgemeine Zustandsgleichung idealer Gasgemische, Partialdrücke der Komponenten, Gesetz von Dalton</p> <p>Zusammensetzung der atmosphärischen Luft: <math>N_2</math>, <math>O_2</math>, <math>CO_2</math>, Partialdruck unter Normbedingungen und bei trockener Luft, Luftfeuchtigkeit (Dampfdruck von Wasser), Hygrometer, reale Gase im molekularen Bild</p> <p>gasgefüllte Hohlräume im Körper</p>	<p>Atmung, Spirometrie, Thermo-, Hydro- und Kryotherapie,</p> <p>Kryochirurgie, Kryokonservierung</p> <p>Atmung, Spirometrie, Sportmedizin, Sauerstofftherapie</p> <p>Partialdrücke von <math>O_2</math> und <math>CO_2</math> in Alveolar- und Expirationsgas, Respiration, in Alveolen <math>H_2O</math>-Partialdruck als Sättigungsdruck bei <math>37\text{ }^\circ\text{C}</math>, Anästhesiegase</p> <p>Barotrauma</p>
<b>4.4</b>	<b>Änderung des Aggregatzustands</b>	
	<p>Phasendiagramm am Beispiel von <math>H_2O</math>, Phasenübergänge, Tripelpunkt von <math>H_2O</math>, Anomalie des Wassers</p> <p>Phasengleichgewichte: Verdampfen, Dampfdruck und Sättigungsdampfdruck (Temperaturabhängigkeit), Sieden, Siedeverzug und Unterkühlung</p> <p>Umwandlungswärmen</p>	<p>Wärmehaushalt des Menschen, Gefriertrocknung bei der Herstellung von Gewebeschnitten</p> <p>Kältemischungen, örtliche Betäubung durch Abkühlung, Evaporation, Respiration</p>
<b>4.5</b>	<b>Wärmetransport, Transportphänomene</b>	
	<p>Wärmeleitung, Definition und Einheit der Wärmeleitfähigkeit</p> <p>Wärmetransport durch Stofftransport, Thermokonvektion, erzwungene Konvektion (Blutströmung)</p> <p>Wärmestrahlung, Temperaturstrahlung, Stefan-Boltzmann-Gesetz</p> <p>Wärmetransport durch Verdunstung</p>	<p>Temperaturempfindung (Metall vs. Holz), Konstanthaltung der Körpertemperatur, Schutz vor Auskühlung</p> <p>Konstanthaltung der Körpertemperatur, Rolle von Kleidung für den Wärmehaushalt</p> <p>Konstanthaltung der Körpertemperatur, Thermographie, Ohr-Fieberthermometer</p> <p>Konstanthaltung der Körpertemperatur, örtliche Betäubung</p>

## „Physik für Mediziner“

<b>4.6</b>	<b>Stoffgemische</b>	
	<p>Gas in einer Flüssigkeit: Zusammenhang zwischen den Teilchenzahldichten des Gases über und in der Flüssigkeit (Henry-Dalton-Gesetz), Bunsen-Löslichkeitskoeffizient, Temperaturabhängigkeit</p> <p>fester Stoff in einer Flüssigkeit: Dampfdruckerniedrigung verbunden mit Siedepunktserhöhung und Gefrierpunktserniedrigung, Dampfdruck-Temperatur-Diagramm, Raoult-Gesetz</p> <p>Diffusion (infolge ungeordneter thermischer Bewegung der Moleküle), Diffusionsgesetz, Definition und Einheit der Diffusionskonstanten, Zusammenhang mit Reibungskoeffizient, Diffusion durch Membranen, Permeabilitätskoeffizient, Diffusionsdauer</p> <p>Osiose: osmotischer Druck einer Lösung, van't-Hoff-Gesetz, semipermeable Membran, Nachweis des osmotischen Drucks</p>	<p>Löslichkeit von O<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> im Blut</p> <p>Bestimmung relativer Molekülmassen, Kältemischungen</p> <p>intrazellulärer Stofftransport, Gap junctions, Fluidmodell für Membranen, Transport von Ionen und Molekülen durch Membranen, Membranpotential, Nervenleitung, Gasaustausch in der Lunge, Diffusionskapazität, Hämolyse, Filtration an Kapillaren, Dialyse</p> <p>isotonische Lösungen, Infusionen</p>
<b>5 Elektrizitätslehre</b>		
<b>5.1</b>	<b>Elektrische Stromstärke, elektrische Ladung</b>	
	<p>Coulombkraft, elektrische Feldkonstante, Ladungserhaltung, elektrischer Dipol</p> <p>elektrische Stromstärke als Basisgröße, Definition und Einheit von Stromdichte und Ladung, Elementarladung, elektrischer Strom als bewegte Ladung (Ladungsträger: Elektronen, Ionen)</p> <p>grundlegende Wirkungen des elektrischen Stroms, Stromstärke-Zeit-Diagramm für Gleich- und Wechselstrom</p>	<p>Rolle der Coulombkraft für den Aufbau der Elektronenhülle der Atome, molekularer elektrischer Dipol, Wassermolekül</p> <p>Ionen transport, Ionenkanäle, Membranpotential, Aktionspotential</p> <p>Ionen transport, Elektronenfall, Reizstromtherapie, TENS</p>
<b>5.2</b>	<b>Elektrische Feldstärke</b>	
	<p>Definition und Einheit der elektrischen Feldstärke, Darstellung durch elektrische Feldlinien (Punktladung, elektrischer Dipol, Plattenkondensator), elektrische Feldstärke einer Punktladung</p> <p>Isolator im elektrischen Feld, elektrische Polarisation (Verschiebungs- und Orientierungspolarisation), Kraft und Drehmoment auf elektrischen Dipol im elektrischen Feld</p> <p>Leiter im elektrischen Feld, Influenz,</p>	<p>Ionen transport, molekulares Dipolmoment, Wasserstoffbrückenbindung</p> <p>Wassermolekül, piezoelektrischer Effekt in Knorpel und Knochen</p> <p>störfeldfreie Diagnostik</p>

## „Physik für Mediziner“

	Faradaykäfig	
<b>5.3</b>	<b>Elektrisches Potential, elektrische Spannung</b>	
	<p>Definition und Einheit des elektrischen Potentials, Definition der elektrischen Spannung als Potentialdifferenz, Spannungsquellen für Gleichspannung</p> <p>Darstellung durch Äquipotentialflächen/Äquipotentiallinien, Zusammenhang mit den elektrischen Feldlinien</p> <p>Spannung-Zeit-Diagramm für Gleich- und Wechselspannung, Darstellung von Spannung-Zeit-Verläufen</p>	<p>Membranpotential, Erregungsausbreitung am Herz, EKG-Ableitungen, Einthoven-Dreieck</p> <p>Beschreibung des sich bildenden elektrischen Stromdipols und des Potentialfeldes bei der kardialen Erregungsausbreitung und -rückbildung</p> <p>EEG- und EKG-Aufzeichnungen</p>
<b>5.4</b>	<b>Elektrischer Widerstand</b>	
	<p>Definition und Einheit des elektrischen Widerstands und elektrischen Leitwerts sowie der Resistivität und elektrischen Leitfähigkeit Temperaturabhängigkeit, Leiter, Halbleiter, Isolator, freie und gebundene Ladungsträger</p> <p>Amperemeter, Voltmeter, Ohmmeter, Strom-Spannung-Kennlinie, Ohmsches Gesetz</p> <p>Serien- und Parallelschaltung von Widerständen, Potentiometerschaltung, Kompensationsschaltung, Wheatstonesche Brücke als Grundbausteine moderner Messtechnik</p>	<p>sichere Handhabung elektrischer Geräte, Resistivität von Fettgewebe, Lipidstrukturen und Elektrolyten, Ionentransport, Membranwiderstand</p> <p>Reizstromtherapie, TENS, Elektrounfall</p> <p>Hautelektroden</p> <p>technische Sensorik</p>
<b>5.5</b>	<b>Elektrischer Stromkreis</b>	
	<p>Strom- und Spannungsmessung, Bedeutung des Innenwiderstands der Messinstrumente, Spannungsquellen (Leerlaufspannung, Innenwiderstand, Klemmenspannung, Kurzschlussstrom)</p> <p>Kirchhoff'sche Gesetze</p> <p>elektrische Energie, joulesche Wärme, elektrische Leistung, Abhängigkeit von Stromstärke und Spannung, von Stromstärke und Widerstand, von Spannung und Widerstand</p>	<p>Messung bioelektrischer Spannungen, Bedeutung des Innenwiderstands der Spannungsquelle und des Messgeräts</p> <p>Ionentransport, Elektrounfall, Reizstromtherapie, TENS, Hautelektroden</p> <p>sichere Handhabung elektrischer Geräte elektrische Heizungen, Tauchsieder, Wärmedecken, Brutkasten</p>
<b>5.6</b>	<b>Elektrische Kapazität</b>	
	<p>Definition und Einheit der elektrischen Kapazität, Kondensator als Ladungs- und Energiespeicher, Energieinhalt</p> <p>Kapazität des Plattenkondensators in Abhängigkeit von Plattenfläche, Plattenabstand, Dielektrikum, Definition der Permittivitätszahl</p> <p>Parallel- und Serienschaltung von Kondensatoren</p>	<p>Feldstärke in der Zellmembran, Membrandurchschlag (Elektroporation – Gentechnik), Speichern von Ladung</p> <p>Kapazität der Zellmembran, Membranspannung, Membran als Dielektrikum</p> <p>elektrisches Ersatzschaltbild der Zellmembran</p>

## „Physik für Mediziner“

	Auf- und Entladen eines Kondensators über einen Widerstand, zeitlicher Verlauf von Stromstärke und Spannung, Zeitkonstante	neuronale Erregungsfortleitung
<b>5.7</b>	<b>Elektrizitätsleitung</b>	
	<p>Ladungstransport in Festkörpern: freie Elektronen in Metallen und in Halbleitern, bei konstanter elektrischer Feldstärke konstante Driftgeschwindigkeit</p> <p>Ladungstransport in Flüssigkeiten: Ionen in Flüssigkeiten durch Dissoziation von Molekülen, Elektrolyte, gleichförmige Bewegung der Ionen unter dem Einfluss von elektrischer Kraft und Reibungskraft, Faraday-Gesetze der Elektrolyse, Faraday-Konstante, Temperaturabhängigkeit, Vorgänge an den Elektroden, elektrische Polarisation</p> <p>Ladungstransport in Gasen: Ionen in Gasen durch thermische Ionisation der Gasmoleküle oder durch energiereiche Strahlung, Gasentladungsröhre, Ionisationskammer, Geiger-Müller-Zähler</p> <p>Ladungstransport im Vakuum: Elektronen im Vakuum durch Glühemission (glühelastischer Effekt) und Photoemission (Photoeffekt), beschleunigte Bewegung der Elektronen zwischen Kathode und Anode, Röntgenröhre</p>	<p>Chemie: metallische Bindung, Betrieb elektrischer Geräte</p> <p>Dissoziation von Makromolekülen und ihre Wanderung im elektrischen Feld, Iontophorese: Transport dissoziierter Pharmaka, z. B. lokale Behandlung durch die Haut, Zellelektrophorese, Papier- und Gelelektrophorese, Trennung von Makromolekülen, Zelltrennung, elektrische Synapsen, Gap junction, Reizleitung</p> <p>UV-Lampen, Radiologie, Strahlentherapie</p> <p>Röntgendiagnostik, Röntgentherapie</p>
<b>5.8</b>	<b>Elektrische Spannungen an Grenzflächen, Diffusionsspannungen</b>	
	<p>Kontaktspannung an der Grenzfläche Metall-Metall, Temperaturabhängigkeit, Thermospannung, Thermoelement</p> <p>Diffusionsspannung an der Grenzfläche Elektrolyt-Elektrolyt, ionenselektive Membran, Membranspannung, Gleichgewichtspotential, Nernst-Gleichung</p> <p>Diffusionsspannung an der Grenzfläche Metall-Elektrolyt, nichtpolarisierbare Elektroden</p>	<p>technische Sensorik</p> <p>Potential einer Zelle, Goldman-Hodgkin-Katz-Gleichung, Ruhepotential, Aktionspotential</p> <p>Prothetik, Zahnprothetik, Messung von Membranspannungen</p>

## „Physik für Mediziner“

<b>5.9</b>	<b>Magnetische Größen, elektromagnetische Induktion</b>	
	<p>Darstellung der magnetischen Feldstärke durch Feldlinien, Elektromagnetismus, Feldlinien um Stabmagneten, um langen, geraden Draht und in langer Zylinderspule, Magnetfeld der Erde, Abschirmung</p> <p>Permeabilitätszahl, Definition und Einheit der magnetischen Feldgrößen H und B und des magnetischen Flusses</p> <p>Lorentzkraft auf ein bewegtes geladenes Teilchen im Magnetfeld und auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld</p> <p>magnetischer Dipol, Drehmoment im Magnetfeld, Definition und Einheit des magnetischen Dipolmoments, Definition und Einheit der Magnetisierung, Magnetisierungsarten, Drehimpuls und magnetisches Moment von Elektron, Kernen und Molekülen, magnetische Eigenschaften von Geweben, Kernspintomographie (Magnetresonanztomographie)</p> <p>elektromagnetische Induktion, induzierte Spannung, Induktionsgesetz, Selbstinduktion, Definition und Einheit der Induktivität, Prinzip des Transformators</p>	<p>Herzmagnetismus, Magnetokardiographie, Neuromagnetismus, Magnetoenzephalographie</p> <p>Kernspintomographiegeräte</p> <p>Einfluss magnetischer Felder auf menschliches Gewebe</p> <p>Kernspintomographie: Tumordarstellung, In-vivo-Spektroskopie, Gewebeanalyse (Wassergehalt verschiedener Gewebe), Stoffwechseluntersuchungen</p> <p>Elektronenfälle, Haushaltselektrizität</p>
<b>5.10</b>	<b>Wechselspannung, Wechselstrom</b>	
	<p>harmonische Wechselspannung, harmonische Wechselstromstärke, graphische und analytische Darstellung in Abhängigkeit von der Zeit (Phase, Phasenwinkel, Momentanwert, Scheitelwert = Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Kreisfrequenz), zeitlicher Mittelwert der Wechselstromleistung (Wirkleistung), Effektivwert von Spannung und Stromstärke</p> <p>Definition des Wechselstromwiderstands (elektrische Impedanz), ohmscher, kapazitiver und induktiver Widerstand, Frequenzabhängigkeit, Phasenverschiebung zwischen Spannung und Stromstärke, Blindleistung, Parallelschaltung von ohmschem und kapazitivem Widerstand</p> <p>elektromagnetischer Schwingkreis, Eigenfrequenz, Resonanz, Hertz'scher Dipol</p>	<p>Therapie durch Gleichspannung und niederfrequente Wechselspannung: Reizstromtherapie, TENS, Herzschrittmacher, Defibrillation</p> <p>Verformung bioelektrischer Signale, Biomassebestimmung, passives elektrisches Verhalten von Zellsuspensionen und Geweben, Impedanztomographie</p> <p>Hochfrequenztherapie: klassische Diathermie und Elektrochirurgie (endoskopische Chirurgie), Kondensatorfeldmethode, Spulenfeldmethode, Strahlenfeldmethode, dielektrische Hyperthermie als Tumorbehandlungsmethode</p>

## „Physik für Mediziner“

	<p>menschlicher Körper im elektrischen Stromkreis, Schutzmaßnahmen: Schutzkontaktsteckdose, Fehlerstrom-Schutzschalter, Erdung, Stromwirkungen, Bedeutung von Stromdichte und Einwirkungsdauer, Innenwiderstand der Spannungsquelle, Übergangswiderstand, Stromwege im Körper</p>	<p>Elektroschock, Schutz vor Elektrounfällen, sachgerechter Umgang mit elektrischen Geräten</p>
<b>6</b>	<b>Schwingungen und Wellen</b>	
<b>6.1</b>	<b>Schwingungen</b>	
	<p>schwingungsfähige Systeme: Fadenpendel, Federpendel, elektromagnetischer Schwingkreis (Kenngrößen, energetische Verhältnisse)</p> <p>graphische und analytische Darstellung ungedämpfter harmonischer und gedämpfter Schwingungen</p> <p>Eigenfrequenz eines Oszillators, erzwungene Schwingung, Amplitude und Phase in Abhängigkeit von der Erregerfrequenz, Resonanz</p> <p>periodische anharmonische Vorgänge, Kippschwingung, Bedeutung von Fourieranalyse und -synthese</p>	<p>Bewegungsapparat, Körperresonanzen, Arbeitsmedizin, auditorisches System</p> <p>Registriergeräte, Monitore</p> <p>Mikrowellenheizung, Diathermie</p> <p>Funktion der Cochlea, EKG-Diagnostik, verzerrungsfreie Registrierung periodischer Signale</p>
<b>6.2</b>	<b>Wellen</b>	
	<p>Ausbreitung von Schwingungen, Entstehung transversaler und longitudinaler Wellen, Definition der Wellenlänge, eindimensionale Wellengleichung, Phasengeschwindigkeit (Ausbreitungsgeschwindigkeit), Zusammenhang von Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge und Frequenz, Wellenflächen, ebene Wellen, Kugelwellen</p> <p>Überlagerung von Wellen, Interferenz, Kohärenz, Huygens'sches Prinzip, stehende Wellen</p> <p>Welle als Energietransport, Definition und Einheit der Intensität (Energiestromdichte), quadratisches Abstandsgesetz</p> <p>Reflexion, Brechung, Dispersion, Beugung, Streuung, Polarisation</p>	<p>Pulswellengeschwindigkeit, arterielle Blutdruckamplitude, auditorisches System, visuelles System</p> <p>auditorisches System, Stimme, Laser</p> <p>Diathermie, Mikrowellenofen, Lithotripsie, Ultraschalldiagnostik</p> <p>Ultraschalldiagnostik, sachgerechter Umgang mit optischen Geräten wie Lupe, Projektor, Kamera, Mikroskop, Spektrometer, Photometer und Polarimeter</p>

## „Physik für Mediziner“

<b>6.3</b>	<b>Schallwellen</b>	
	<p>Erzeugung und Nachweis von Schall (Hörschall, Ton, Klang, Geräusch, Ultraschall, Infraschall), schwingende Saite, Platte, Luftsäule, Bedeutung der Resonanz, Piezoscheiben als Ultraschallgeber und Ultraschallempfänger</p> <p>Schallausbreitung in Materie, Schallgeschwindigkeit in Luft und in Wasser, Absorptionsgesetz, Definition und Einheit von Absorptionskoeffizient und Halbwertstiefe, Frequenzabhängigkeit</p> <p>Kenngrößen des Schallfeldes: Schallamplitude = maximale Teilchenauslenkung, Schall(wechsel)druck, Schallintensität, Schallpegelmaß (objektiv, in Dezibel), Lautstärke (subjektiv, d. h. unter Berücksichtigung der frequenzabhängigen Empfindlichkeit des Ohrs, in Phon), Weber-Fechner-Gesetz</p> <p>Reflexion bei senkrechtem Auftreffen auf die Grenze zwischen zwei Medien, Definition und Einheit von Schallimpedanz und Reflexionskoeffizient, Impuls-Echo-Verfahren</p> <p>Dopplereffekt</p>	<p>Stimme, Stimmbänder, Ohr, Trommelfell, Rachenraum als Resonanzraum für die Schwingung der Stimmbänder, Herztöne, Herzgeräusche</p> <p>Ultraschalldiagnostik/-therapie: Erwärmung des Gewebes, Mikromassage, Aktivierung des Stoffwechsels, bei hohen Intensitäten: emulgierende Wirkung, Kavitation, Vernebelung von Flüssigkeiten, Aufschluss von Zellen, Zertrümmerung von Steinen, Sterilisation, Desinfektion und Reinigung von Biomaterialien</p> <p>Audiometrie, Hörfläche, Hörgeräte, Schallbelastung</p> <p>Ultraschallbildverfahren, Ankopplung des Schalls an das zu untersuchende Gewebe (Koppelgel) bei der Sonographie</p> <p>Strömungsgeschwindigkeit des Blutes (Dopplersonographie)</p>
<b>6.4</b>	<b>Elektromagnetische Wellen</b>	
	<p>elektromagnetische Wellen im freien Raum, Geschwindigkeit im Vakuum und Luft</p> <p>Spektrum: NF-Bereich (technische Wechselströme), HF-Bereich, Mikrowellen, infrarote Strahlung, sichtbares Licht, ultraviolette Strahlung, Röntgenstrahlung, Gammastrahlung</p>	<p>Diagnostik und Therapie mit elektromagnetischen Wellen (nichtionisierende und ionisierende Strahlung)</p>
<b>7</b>	<b>Optik</b>	
<b>7.1</b>	<b>Licht</b>	
	<p>Dualismus Welle-Teilchen, Licht als elektromagnetische Welle bzw. als Strom von Teilchen/Lichtquanten/Photonen, Wellenlängen- und Energiebereiche des sichtbaren, des ultravioletten und des infraroten Lichts, Photonenenergie, Plancksches Wirkungsquantum, lichtelektrischer Effekt (Photoeffekt)</p> <p>Lichtentstehung, Lichtquellen: Temperaturstrahlung, Gasentladung, Szintillation, Lumineszenz (Fluoreszenz, Phosphoreszenz), spontane und stimulierte Emission von Strahlung,</p>	<p>UV-Therapie bzw. Photochemotherapie, Chemolumineszenz, Photorezeptoren</p> <p>Gefäßchirurgie: Abtragen von Plaques,</p> <p>Ophthalmologie: optisches Skalpell,</p>

## „Physik für Mediziner“

	<p>inkohärente und kohärente Strahlungsquellen, Laser, Eigenschaften von Laserstrahlung</p> <p>Lichtmessung (Photometrie): Lichtstärke als Basisgröße, Definition und Einheit von Lichtstrom, Leuchtdichte, Beleuchtungsstärke (Luxmeter), Photozelle, Photowiderstand, Sekundärelektronenvervielfacher, Film</p>	<p>Photokoagulation der Retina</p> <p>visuelles System, Retina-Implantate, Arbeitsmedizin, technische Sensorik</p>
<b>7.2</b>	<b>Geometrische Optik</b>	
	<p>Lichtbündel, Lichtstrahl, Definition der Brechzahl, Reflexion, Brechung, Totalreflexion, Lichtleitung, Dispersion</p> <p>Abbildung durch Reflexion, ebene und sphärische Spiegel, reelle und virtuelle Bilder</p> <p>Abbildung durch Brechung an Kugelflächen, dicke und dünne Linsen, Kardinalpunkte (Hauptpunkte, Brennpunkte, Knotenpunkte), Definition der Brennweite, Definition des Brechwertes, Dioptrie, zeichnerische Bildkonstruktionen, Abbildungsgleichung, Abbildungsmaßstab (Lateralvergrößerung)</p> <p>Linsenarten (Konkav- und Konvexlinsen, Zylinderlinsen), reelle und virtuelle Bilder, Linsenkombination, Linsenfehler (sphärisch, chromatisch), Auge (optischer Apparat, Akkommodation), deutliche Sehweite, Sehwinkel, Sehwinkelvergrößerung</p>	<p>Lichtleiter, Endoskopie</p> <p>Augenspiegel, Strahlengang im Auge</p> <p>sachgerechter Umgang mit optischen Geräten wie Lupe, Projektor, Kamera, Mikroskop, Spektrometer, Photometer und Polarimeter</p> <p>Fehlsichtigkeiten und ihre Korrektur, physiologischer Astigmatismus</p>
<b>7.3</b>	<b>Wellenoptik</b>	
	<p>Licht als elektromagnetische Welle, Stoffabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit, Zusammenhang zwischen Lichtgeschwindigkeit und Brechzahl, Beugung an Spalt und Gitter, Wellenlängenabhängigkeit des Beugungswinkels</p> <p>Polarisation, optische Asymmetrie, optische Aktivität, Rotationsdispersion</p>	<p>Beugung am Rand der Pupille, Auflösungsvermögen des Mikroskops, Struktur- und Konzentrationsänderungen bei Makromolekülen (z. B. Kanalproteine, ATPase-Struktur), Untersuchungen an kolloidalen Systemen, Teilchengröße und Teilchenkonzentration</p> <p>Nachweis und Konzentrationsbestimmung von Enantiomeren eines chiralen Moleküls in Chemie und Biochemie</p>

## „Physik für Mediziner“

<b>7.4</b>	<b>Optische Instrumente</b>	
	<p>Kamera, Projektionsapparat, Lupe, Lichtmikroskop (Vergrößerung, numerische Apertur, Auflösungsvermögen als Kehrwert des kleinsten auflösbaren Abstands)</p> <p>Photometer, Definition der Extinktion, Lambert-Beer-Gesetz, Definition des Extinktionskoeffizienten Monochromator (Prisma, Gitter, Filter), Prismen- und Gitterspektrometer (Aufbau, spektrale Zerlegung), kontinuierliche Spektren, Linienspektren, Emissions- und Absorptionsspektren, Spektralanalyse</p>	<p>Anatomie (Histologie), Rechtsmedizin, Struktur von Zellen und Geweben</p> <p>Labormedizin: qualitative und quantitative Analysen</p>
<b>8</b>	<b>Ionisierende Strahlung</b>	
<b>8.1</b>	<b>Röntgenstrahlung</b>	
	<p>Röntgenröhre, Aufbau und Funktion, Größenordnung der Anodenspannung, Entstehung von Bremsstrahlung und Röntgen-Linienstrahlung, Röntgenspektrum, maximale Quantenenergie, Elektronvolt, Strahlungsleistung in Abhängigkeit von Heizstromstärke und Anodenspannung der Röntgenröhre, Wirkungsgrad</p> <p>Bildentstehung mit Röntgenstrahlen, Kontrastbildung, Zentralprojektion, Grundprinzip der Computertomographie</p>	<p>Röntgendiagnostik, Röntgentherapie</p> <p>Röntgenaufnahme, Röntgentomographie</p>
<b>8.2</b>	<b>Radioaktivität</b>	
	<p>Definition und Einheit von</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aktivität,</li> <li>- Zerfallskonstante,</li> <li>- Halbwertszeit,</li> <li>- mittlerer Lebensdauer,</li> </ul> <p>Zerfallsgesetz (Zeitabhängigkeit für die Zahl der radioaktiven Kerne und für die Aktivität), analytisch und graphisch (linear und halblogarithmisch)</p> <p>In der Natur vorkommende radioaktive Nuklide (z. B. <math>^{226}\text{Ra}</math>, <math>^{222}\text{Rn}</math>, <math>^{40}\text{K}</math>), Zerfallsreihen, Möglichkeit zur Herstellung künstlich radioaktiver Nuklide, Nuklidgeneratoren</p> <p>Arten der radioaktiven Strahlung: <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung; Übergang vom Mutterkern zum Tochterkern, Darstellung in der Nuklidtafel, Paarvernichtung, Grundprinzip der Positronenemissionstomographie</p>	<p>Radiologie, Nuklearmedizin, Strahlentherapie</p> <p>natürliche Strahlenbelastung durch <math>^{40}\text{K}</math>, in der Atmosphäre <math>^{14}\text{C}</math> aus <math>^{14}\text{N}</math>: Einlagerung in Gallensteine, Haare, Technetium-Generator (Technetium-„Kuh“)</p> <p>Funktionsdiagnostik (Tracermethode): Schilddrüse, Niere, Lokalisationsdiagnostik mit Szintigrammen, Autoradiographie, Single Photon Emission Computer Tomographie (SPECT), Positronenemissionstomographie (PET)</p>

## „Physik für Mediziner“

<b>8.3</b>	<b>Nachweis ionisierender Strahlen</b>	
	Definition und Einheit von - Ionendosis, - Energiedosis, - Äquivalentdosis und der jeweiligen Dosisleistung (Dosisrate)  Ionisationsdetektoren: Ionisationskammer, Proportionalzähler (Teilchenenergie), Auslösezähler, Szintillationsdetektoren (Szintillator mit Sekundärelektronenvervielfacher), Filmdosimeter	Strahlenschutz, Dosimeter, personelle Dosimetrie  Nuklearmedizinische Messgeräte, Bohrlochmessplatz

<b>8.4</b>	<b>Strahlenwirkungen</b>	
	Wechselwirkung energiereicher Photonen mit Materie: Schwächung, Streuung, Absorption, Schwächungsgesetz, Absorptionsgesetz, Halbwertsdicke, Definition und Einheit des Schwächungs-, Streuungs- und Absorptionskoeffizienten, Abhängigkeit vom Material und von der Photonenenergie der Strahlung, Photoeffekt, Comptoneffekt, Paarbildung, Äquivalenz von Masse und Energie  Wechselwirkung energiereicher geladener Teilchen mit Materie: Bremsung durch mechanische Stöße, Anregung, Ionisation, Reichweite von $\alpha$ - und $\beta$ -Teilchen	äußere und innere Strahlentherapie, Sterilisation von Biomaterialien, Zerstörung von Bakterien und Mikroorganismen, Aufhärtung von Röntgenstrahlen, Szintigraphien wie Technetium-Myokardszintigraphie SPECT, PET, Strahlenschutz, Grenzwerte der Strahlenbelastung, angiographische Kontrastmittel  Elektronenbestrahlung, Brachytherapie

### Anhang

#### Zahlen- und Größenwert

Im Allgemeinen werden Werte von Konstanten in den Prüfungsaufgaben mit der für die Rechnung erforderlichen Genauigkeit angegeben. Einige sollten aber bekannt sein. Sie sind in der folgenden Liste zusammengestellt. Soweit im Aufgabentext nicht ausdrücklich anders angegeben, ist die Genauigkeit der gerundeten Werte hinreichend.

<b>A</b>	<b>Zahlenwerte</b>	
	$\pi \approx 3,14$ $e \approx 2,7$ $\sqrt{2} \approx 1,4$	
<b>B</b>	<b>Größenwerte</b>	
	Fallbeschleunigung an der Erdoberfläche Dichte von Wasser Lichtgeschwindigkeit im Vakuum und in Luft Schallgeschwindigkeit in Luft Avogadro-Konstante Molares Gasvolumen (Normbedingungen) Brechzahl von Luft	$\approx 10 \text{ m/s}^2$ $\approx 1 \text{ g/cm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3$ $\approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ $\approx 330 \text{ m/s}$ $\approx 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ $\approx 22,4 \text{ L/mol}$ $\approx 1$