

IMPP

Institut für
medizinische und pharmazeutische
Prüfungsfragen

Rechtsfähige Anstalt des öffentlichen Rechts

GEGENSTANDSKATALOG
für den schriftlichen Teil der
ÄRZTLICHEN VORPRÜFUNG
(GK 1)
Teilkatalog "PHYSIK FÜR MEDIZINER"

4. Auflage
Januar 2001

Die Neuauflage des Gegenstandskatalogs (GK) für den schriftlichen Teil der Ärztlichen Vorprüfung war seit langem überfällig. Die Aktualisierung wurde wiederholt zurückgestellt, weil eine Reform der Approbationsordnung für Ärzte (ÄAppO) mit veränderten Anforderungen an Struktur und Inhalte der GK mehrfach unmittelbar bevorzustehen schien. Weiteres Zuwarten war nun nicht länger vertretbar, weil einerseits die wissenschaftlichen Fortschritte, aber auch veränderte inhaltliche Akzente in manchen Stoffgebieten sich nun auch im GK wiederfinden sollen.

Zur Funktion des Katalogs ist klarzustellen, dass Grundlage für den schriftlichen Teil der Ärztlichen Vorprüfung allein der in der jeweils gültigen Approbationsordnung für Ärzte festgelegte Prüfungsstoff (vgl. Anlage 10 zur ÄAppO) ist. Der GK 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 Prüfungsthemen.

Die Herleitung der Stoffsammlung aus den Bestimmungen der derzeit gültigen ÄAppO wirkt sich in mehrfacher Weise auf Struktur und Inhalte des Katalogs aus. So konnten sich Konzepte einer „horizontalen Integration“ nicht in der vielfach gewünschten Weise niederschlagen, denn die ÄAppO sieht (noch?) fächerorientierte Prüfungen vor. Auch Ansätze zu einer „vertikalen Integration“, die der vorliegende Entwurf für eine Reform der ÄAppO durch eine teilweise Neugestaltung des ersten Prüfungsabschnittes in Aussicht stellt, können sich in diesem GK nur zu einem geringen Teil abbilden. Teilweise wurde die Hoffnung zum Ausdruck gebracht, der GK könne die humanbiologischen Grundlagen der Medizin ganzheitlich und gestützt auf eine oder wenige „mächtige Theorien“ beschreiben. Dass ein solches Anliegen nicht nur von hohem intellektuellem Reiz wäre, sondern auch wichtige didaktische Perspektiven eröffnen könnte, ist unbestritten. Da der GK jedoch als pragmatisches Werkzeug für die berufszugangsregelnden schriftlichen Prüfungen nach ÄAppO verstanden werden muss, sieht er sich durch solche anspruchsvollen Erwartungen wenigstens derzeit noch überfordert.

Erstmals wurde der Katalog durch eine vierte (rechte) Spalte ergänzt. Sie enthält 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 des GK für den schriftlichen Teil der Ärztlichen Vorprüfung in den vorderen Spalten aufgeführt sein und somit beim dortigen Item zum Prüfungsstoff gehören.

Um jeglichem Missverständnis vorzubeugen, sei daher wiederholt: ***Der in Betracht kommende Prüfungsstoff findet sich in den Spalten eins bis drei.***

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 zuzuordnen sind, im GK aber noch nicht aufgeführt werden.

Im Sinne einer angemessenen Übergangszeit wird beim schriftlichen Teil der Ärztlichen Vorprüfung bis einschließlich Frühjahr 2002 noch der GK in der Fassung der 3. Auflage berücksichtigt.

An dieser Stelle möchten wir uns sehr herzlich bei allen Hochschullehrerinnen und Hochschullehrern bedanken, die (auch durch ihre Bereitschaft, nicht durchweg schmerzlose Kompromisse zu schließen) zum Gelingen dieses GK beigetragen haben.

"PHYSIK FÜR MEDIZINER" (Inhaltsübersicht)

- 1 Grundbegriffe des Messens und der quantitativen Beschreibung**
 - 1.1 Physikalische Größen und Einheiten
 - 1.2 Messen und Unsicherheiten beim Messen
 - 1.3 Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen
- 2 Mechanik**
 - 2.1 Bewegungen
 - 2.2 Impuls, Kraft; Kräfte
 - 2.3 Drehmoment, Trägheitsmoment, Drehimpuls
 - 2.4 Arbeit, Energie; Leistung
 - 2.5 Mengengrößen, bezogene Größen
 - 2.6 Verformung fester Körper
 - 2.7 Druck
 - 2.8 Kräfte an Grenzflächen
 - 2.9 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 Radioaktivität
 - 8.2 Röntgenstrahlung
 - 8.3 Nachweis ionisierender Strahlen
 - 8.4 Strahlenwirkungen
- Anhang Zahlen- und Größenwerte**

"PHYSIK FÜR MEDIZINER"

1	Grundbegriffe des Messens und der quantitativen Beschreibung	
1.1	Physikalische Größen und Einheiten	
		<p>Begriff der physikalischen Größe, Darstellung durch Zahl mal Einheit. Größengleichungen.</p> <p>Skalare und vektorielle Größen. Addition und Subtraktion von Vektorgrößen, Komponentenzerlegung.</p> <p>Basisgrößen und Basiseinheiten des Internationalen Einheitensystems. Herleitung abgeleiteter Einheiten aus den Basiseinheiten mit Hilfe der Definitionsgleichungen für die abgeleiteten Größen.</p> <p>Bedeutung von Differenzenquotient, Differentialquotient, Differential und Integral für die Definition physikalischer Größen.</p> <p>Dezimale Vielfache und Teile von Einheiten durch Vorsilben.</p> <p>Längen, Flächen, Volumina. Definition und Einheit von ebenem Winkel und Raumwinkel.</p>
1.2	Messen und Unsicherheiten beim Messen	
		<p>Messung: Vergleich der zu messenden Größe mit einer zugehörigen Einheit.</p> <p>Ergebnis einer einmaligen Messung: Messwert und absolute maximale Messunsicherheit, gewonnen durch lineare Addition der bekannten bzw. geschätzten systematischen und der zufälligen Messunsicherheiten.</p> <p>Relative Messunsicherheit.</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>Messunsicherheit bei Messgeräten mit Ziffernanzeige. Anzahl von Dezimalstellen bei der Angabe eines Ergebnisses unter Berücksichtigung der Messunsicherheit.</p> <p>Messgeräte (Gebrauch, analog und digital; Messunsicherheit, Güteklasse, Empfindlichkeit).</p>

1.3	Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen	
		<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.</p> <p>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), Bestimmung der Fläche unter einer Kurve (graphische Integration).</p>
2	<u>Mechanik</u>	
2.1	Bewegungen	
		<p>Definition und Einheit von Geschwindigkeit und Beschleunigung, Mittelwert und Momentanwert.</p> <p>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>
2.2	Impuls, Kraft; Kräfte	
		<p>Newtonsche Axiome. Definition und Einheit von Impuls, Kraft und Kraftstoß. Impulserhaltungssatz.</p> <p>Gravitationskraft. Coulombkraft (elektrische Feldkonstante, Permittivitätszahl) s. 5.1. Lorentzkraft s. 5.9.</p> <p>Gewichtskraft, Auftriebskraft (Schwimmen, Schweben, Sinken). Federkraft.</p> <p>Zentripetalkraft.</p> <p>Trägheitskräfte. Zentrifugalkraft.</p>

	<p>Reibungskraft zwischen festen Körpern: Haft-, Gleit- und Rollreibung, Reibungskoeffizienten. Schmiermittel.</p> <p>Geschwindigkeitsproportionale Reibungskraft auf einen in einer Flüssigkeit fallenden Körper.</p> <p>Definition und Einheit der dynamischen Viskosität (Koeffizient der inneren Reibung). Fall einer Kugel in zäher Flüssigkeit, Sedimentationsgeschwindigkeit. Viskosimeter. Temperaturabhängigkeit der dynamischen Viskosität.</p> <p>Sedimentation mit Hilfe einer Zentrifuge/Ultrazentrifuge, Sedimentationskonstante (Verhältnis aus Sedimentationsgeschwindigkeit und Zentrifugalbeschleunigung).</p>	<p>Reibung zwischen Knochen in Gelenken, Schmierung durch Synovialflüssigkeit.</p> <p>Viskosität der Synovialflüssigkeit.</p> <p>Bestimmung der molaren Masse medizinisch wichtiger Makromoleküle und ihre Charakterisierung durch die Sedimentationskonstante (Svedberg-Einheit). Trennung von Proteinen. Abtrennung von Zellen aus Blut, Herstellung von Blutkonserven.</p>
2.3	Drehmoment, Trägheitsmoment, Drehimpuls	
	<p>Massenmittelpunkt, Schwerpunkt. Lage des Schwerpunkts beim menschlichen Körper in verschiedenen Haltungen. Stabiles, labiles und indifferentes Gleichgewicht.</p> <p>Definition und Einheit von Drehmoment, Trägheitsmoment und Drehimpuls.</p> <p>Gegenüberstellung: Kraft, Drehmoment; Masse, Trägheitsmoment; Impuls, Drehimpuls (als Erhaltungsgrößen).</p> <p>Hebelgesetz.</p> <p>Drehimpuls und magnetisches Moment von Elektron, Kernen und Molekülen.</p>	<p>Sportmedizin.</p> <p>Stütz- und Bewegungsapparat. Knochen als Hebel, Gelenke als Hebelauflagepunkte/Drehpunkte, Muskelkräfte.</p> <p>Magnetische Eigenschaften von Geweben. Kernspintomographie.</p>
2.4	Arbeit, Energie; Leistung	
	<p>Definition und Einheit der Arbeit als Prozessgröße, auch bei wegabhängiger Kraft.</p> <p>Hubarbeit, Beschleunigungsarbeit, Druck-Volumen-Arbeit.</p> <p>Energie, potentielle Energie, kinetische Energie.</p> <p>Energieerhaltungssatz, Anwendung auf freien Fall, schiefe Ebene, Pendel.</p> <p>Definition und Einheit der Leistung, Mittelwert und Momentanwert.</p> <p>Zentraler Stoß, unelastisch und elastisch.</p>	<p>Physiologie.</p> <p>Arbeitsmedizin.</p> <p>Sportmedizin.</p> <p>Herzarbeit, Ergometrie, Belastungs-EKG.</p> <p>Spiroergometrie.</p> <p>Energieumsatz.</p> <p>Energiebereitstellung im Stoffwechsel.</p> <p>Funktionsabhängige Anpassung, Wirkungsgrad äußerer Arbeit.</p> <p>Leistungsfähigkeit.</p>
2.5	Mengengrößen, bezogene Größen	
	<p>Mengengrößen: Volumen, Masse, Teilchenzahl, Stoffmenge.</p> <p>Definition und Einheit von volumenbezogenen Größen (Dichten): Massendichte (Dichte), Teilchenzahldichte, Ladungsdichte; von massebezogenen Größen (spezifischen Größen): spezifisches Volumen, spezifische Wärmeka-</p>	

		<p>pazität, spezifische Umwandlungswärmen; von stoffmengenbezogenen Größen (molaren Größen): molare Masse, molares Volumen.</p> <p>Stoffgemische: Definition und Einheit von Stoffmengenanteil (Molenbruch), Massenanteil, Volumenanteil; von Konzentration der Komponenten im Gemisch (Teilmenge durch Gesamtvolumen): Massenkonzentration (Partialdichte), Stoffmengenkonzentration.</p>	
2.6	Verformung fester Körper		
		<p>Definition und Einheit von Dehnung (Stauchung), Spannung (Zug und Druck), Elastizitätsmodul. Hookesches Gesetz. Querkontraktion. Volumenänderung.</p> <p>Knickung.</p> <p>Biegung, neutrale Faser.</p> <p>Scherung: Schubspannung, Scherwinkel; Verdrillung, Torsion: Torsionswinkel; Definition und Einheit von Torsionsmodul (Schermodul).</p> <p>Isotropie und Anisotropie.</p> <p>Allseitige Kompression; Definition und Einheit von Kompressibilität, Kompressionsmodul (Volumenelastizitätsmodul).</p> <p>Verformungsbereiche (Spannung-Dehnungs-Diagramm): Proportionalität (hookesches Gesetz), reversible Verformung und irreversible Verformung (Plastizität, Fließen, Bruch).</p> <p>Viskoelastizität. Zeitverhalten der Deformation bei reinelastischer, reinviskoser und viskoelastischer Verformung während und nach Einwirkung einer konstanten Kraft und eines Kraftstoßes.</p>	<p>Charakterisierung von Knochengewebe, kompakter und spongiöser Knochen.</p> <p>Festigkeit.</p> <p>Scherfraktur, Schubfraktur, Abrissfraktur.</p> <p>Richtungsabhängigkeit von Materialgrößen verschiedener Gewebe.</p> <p>Biegebeanspruchung der Wirbelsäule. Spannung-Dehnungs-Diagramm der Blutgefäße.</p> <p>Viskoelastisches Verhalten bei Knorpel, Sehnen und Bändern.</p> <p>Dämpfung kurzzeitiger Kräfteinwirkungen.</p>
2.7	Druck		
		<p>Definition und Einheit des Drucks. Druckmessung, Manometer.</p> <p>Atmosphärischer Luftdruck (Normdruck, exponentielle Abnahme in Abhängigkeit von der Höhe über dem Erdboden, Halbwertshöhe).</p> <p>Schweredruck in Flüssigkeiten, Abhängigkeit von der Eintauchtiefe. Entstehung des Auftriebs, Archimedisches Prinzip.</p> <p>Druckerzeugung durch Stempel/Kolben (hydraulische Presse).</p> <p>Druck in elastisch gedehnten Gefäßen (Gummiblase, Gummischlauch).</p> <p>Boyle-Mariotte-Gesetz.</p>	<p>Druck im Blutkreislauf.</p> <p>Elastischer Schlauch als Modell für Arterien, elastische Kugel als Modell für das Herz. Laplacesche Formel.</p> <p>Blutdruckmessung nach Riva-Rocci, direkte Druckmessung mit Kathetertipmanometer (Intensivmedizin).</p> <p>Hyper- und hypobare Therapie.</p>

2.8	Kräfte an Grenzflächen	
	<p>Zwischenmolekulare Kräfte: Kohäsion und Adhäsion, Benetzung.</p> <p>Definition und Einheit der Oberflächenspannung, Grenzflächenspannung.</p> <p>Überdruck in einer Gasblase in Flüssigkeit.</p> <p>Kapillarwirkung (Aszension, Depression).</p> <p>Wirkungsweise oberflächenaktiver Stoffe.</p>	<p>Bedeutung der Surfactants für die Atmung (Atemnot-Syndrom bei Frühgeborenen).</p> <p>Oberflächenaktive Stoffe und Strukturbildung im Wasser: Oberflächenfilme, Mizellen, Lipiddoppelschichten (Membranstruktur), Liposomen als Modellzellen. Arzneimitteltransport.</p>
2.9	Strömung von Flüssigkeiten und Gasen	
	<p>Darstellung des Strömungsfeldes durch Stromlinien. Stationäre Strömung. Laminare und turbulente Strömung.</p> <p>Definition und Einheit der Volumenstromstärke. Kontinuitätsgleichung.</p> <p>Modell einer inkompressiblen und einer idealen (reibungsfreien) Flüssigkeit.</p> <p>Bernoullische Gleichung.</p> <p>Definition und Einheit des Strömungswiderstands.</p> <p>Volumenstromstärke-Druckdifferenz-Diagramm, Kennlinie, ohmsches Gesetz, newtonsche und nichtnewtonsche Flüssigkeit.</p> <p>Hagen-Poiseuillesches Gesetz, Voraussetzungen. Reihen- und Parallelschaltung von Kapillaren, Kirchhoffsche Gesetze.</p>	<p>Blutkreislauf als regulierbares Konvektionssystem, Organdurchblutung.</p> <p>Druckabfall an Stenosen, Aneurysma.</p> <p>Stimmbildung.</p> <p>Inhalation, Düsenvernebelung.</p> <p>Viskosität des Blutes.</p> <p>Blut als nichtnewtonsche Flüssigkeit.</p> <p>Einfluss der Teilchenzahl, Plasma-viskosität.</p> <p>Druckabfall längs der Blutströmung, Regelung der Durchblutung (Änderung des Kapillarradius).</p> <p>Luftströmung im Atemtrakt, Atemstromstärke, Atemwegswiderstand.</p>
3	Struktur der Materie	
3.1	Aufbau der Atome und Atomkerne	
	<p>Bausteine der Atome und der Atomkerne: Proton, Neutron, Elektron; Masse und Ladung der Teilchen, Elementarladung. Größenordnung von Hülle- und Kerndurchmesser.</p> <p>Aufbau der Atomkerne aus Nukleonen, Protonenzahl (Ordnungszahl im Periodensystem der Elemente).</p> <p>Bohrsches Atommodell, diskrete Energiewerte. Aufbau des H-Atoms und des He-Atoms.</p> <p>Schalenaufbau der Atome, Pauli-Prinzip, Bedeutung der äußeren Schale, Edelgaskonfiguration, Valenzelektronen.</p> <p>Nuklid, Isotop. Relative Atommasse, atomare Masseneinheit, Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie.</p> <p>Ion, Ionisierungsenergie.</p>	<p>Radiologie: Radiodiagnostik, Radiotherapie und Nuklearmedizin.</p> <p>Chemie/Biochemie: Periodensystem der Elemente, chemische Bindung.</p> <p>Wasserstoffbrücken, hydrophobe Wechselwirkungen. Struktur von Wasser, Einfluss gelöster Stoffe, Hydratisierung.</p>
3.2	Festkörper, Flüssigkeiten, Gase	
	<p>Atomistisches bzw. molekulares Bild vom Aufbau der Materie. Charakterisierung der</p>	

		<p>Aggregatzustände durch Anordnung und Beweglichkeit der Teilchen sowie nach Form und Volumen.</p> <p>Beispiele für die Massendichten von Festkörpern, Flüssigkeiten (Wasser) und Gasen (Luft unter Normbedingungen).</p> <p>Zwischenmolekulare Kräfte.</p> <p>Thermische Molekularbewegung (Schwingung, Rotation, Translation). Kinetische Gastheorie, Gasdruck auf die Gefäßwand als Folge der Molekularbewegung.</p>	
4	Wärmelehre		
4.1	Temperatur		
		<p>Temperatur als Zustandsgröße und als Basisgröße (Definition des Kelvin, absoluter Nullpunkt der Temperatur). Fixpunkte der Celsius-Skala.</p> <p>Proportionalität zwischen Druck des idealen Gases, der mittleren kinetischen Energie seiner Teilchen und der absoluten Temperatur.</p> <p>Größen, die von der Temperatur abhängen und zur Temperaturmessung geeignet sind (Länge, Volumen, Druck, Schallgeschwindigkeit, elektrischer Widerstand, Kontaktspannung). Thermische Ausdehnung, linearer und kubischer Ausdehnungskoeffizient.</p> <p>Thermometer, Thermographie.</p>	<p>Fortlaufende Temperaturmessung.</p> <p>Temperaturregulation.</p> <p>Temperaturverteilung im menschlichen Körper.</p>
4.2	Wärme, Wärmekapazität		
		<p>Wärme (Wärmemenge) als die einem System zu- oder abgeführte Energie, die die Temperatur und/oder den Aggregatzustand des Systems ändert.</p> <p>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>Phasenübergänge an biologisch interessanten Makromolekülen.</p> <p>Mikrokalorimetrie.</p> <p>Thermochemie.</p> <p>Chemische Reaktionen.</p>
4.3	Gaszustand		
		<p>Thermische Zustandsgrößen (Druck, Volumen, Temperatur). Modell des idealen Gases, allgemeine Zustandsgleichung, universelle</p>	<p>Atmung, Spirometrie.</p>

		<p>Gaskonstante, Boltzmann-Konstante, spezielle Zustandsänderungen (isotherm, isobar, isochor; adiabatisch).</p> <p>Reale Gase im molekularen Bild.</p> <p>Gasgemische: Allgemeine Zustandsgleichung idealer Gasgemische, Berechnung des Partialdrucks einer Komponente, Gesetz von Dalton.</p> <p>Normbedingungen: Normtemperatur, Normdruck. Molvolumen des idealen Gases unter Normbedingungen.</p> <p>Zusammensetzung der atmosphärischen Luft: N_2, O_2, CO_2. Partialdruck unter Normbedingungen und bei trockener Luft. Luftfeuchtigkeit (Dampfdruck von Wasser), Hygrometer.</p>	<p>Partialdrücke von O_2 und CO_2 in Alveolar- und Expirationsgas.</p> <p>In Alveolen H_2O-Partialdruck als Sättigungsdruck bei $37^\circ C$.</p>
4.4	Änderung des Aggregatzustands		
		<p>Phasendiagramm am Beispiel von H_2O.</p> <p>Phasenübergänge. Tripelpunkt von H_2O, Anomalie.</p> <p>Phasengleichgewichte: Verdampfen, Dampfdruck und Sättigungsdampfdruck (Temperaturabhängigkeit). Sieden, Siedeverzug und Unterkühlung.</p> <p>Umwandlungswärmen.</p>	<p>Örtliche Betäubung durch Abkühlung.</p> <p>Wärmehaushalt des Menschen.</p> <p>Gefriertrocknung bei der Herstellung von Gewebeschnitten.</p>
4.5	Wärmetransport, Transportphänomene		
		<p>Wärmetransport durch Stofftransport. Thermokonvektion, erzwungene Konvektion (Blutströmung).</p> <p>Wärmeleitung. Definition und Einheit der Wärmeleitfähigkeit.</p> <p>Wärmestrahlung. Temperaturstrahlung, Stefan-Boltzmann-Gesetz.</p> <p>Wärmetransport durch Verdunstung.</p> <p>Einheitliche und vergleichende Beschreibung der Transportphänomene Diffusion, Wärmeleitung, elektrische Leitung.</p>	<p>Wärme als Nebenprodukt des Stoffwechsels.</p> <p>Wirkungsgrad des Muskels.</p> <p>Konstanthaltung der Körpertemperatur.</p> <p>Thermo-, Hydro- und Kryotherapie.</p> <p>Örtliche Betäubung.</p> <p>Kryochirurgie, Kryokonservierung.</p>
4.6	Stoffgemische		
		<p>Gas in einer Flüssigkeit: Zusammenhang zwischen den Teilchenzahldichten des Gases über und in der Flüssigkeit (Henry-Dalton-Gesetz). Bunsenscher 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 Diffusionskonstan-</p>	<p>Löslichkeit von O_2 und CO_2 im Blut, O_2-Transport mit Erythrozyten.</p> <p>Bestimmung relativer Molekülmassen.</p> <p>Intrazellulärer Stofftransport, Gap Junctions, Membranpotential, Nervenleitung.</p> <p>Transport von Ionen und Molekülen durch Membranen.</p> <p>Gasaustausch in der Lunge.</p> <p>Diffusionskapazität.</p>

		<p>ten, Zusammenhang mit Reibungskoeffizient. Diffusion durch Membranen, Permeabilitätskoeffizient. Diffusionsdauer.</p> <p>Osmose: Osmotischer Druck einer Lösung, van't Hoff-Gesetz (Vergleich mit allgemeiner Zustandsgleichung des idealen Gases). Semi-permeable Membran, Nachweis des osmotischen Drucks.</p>	<p>Hämolyse.</p> <p>Filtration an Kapillaren (Wasseraustausch zwischen Kapillaren und Gewebe).</p> <p>Dialyse (künstliche Niere).</p> <p>Fluidmodell für Membranen.</p>
5	<u>Elektrizitätslehre</u>		
5.1	Elektrische Stromstärke, elektrische Ladung		
		<p>Elektrische Stromstärke als Basisgröße, Definition und Einheit von Stromdichte und Ladung, Elementarladung. Elektrischer Strom als bewegte Ladung (Ladungsträger: Elektronen, Ionen).</p> <p>Coulombkraft, elektrische Feldkonstante, Permittivitätszahl (bisher: Dielektrizitätszahl). Ladungserhaltung. Elektrischer Dipol.</p> <p>Grundlegende Wirkungen des elektrischen Stroms. Stromstärke-Zeit-Diagramm für Gleich- und Wechselstrom.</p>	<p>Molekularer elektrischer Dipol, Wassermolekül.</p>
5.2	Elektrische Feldstärke		
		<p>Definition und Einheit der elektrischen Feldstärke.</p> <p>Darstellung durch elektrische Feldlinien (Punktladung, elektrischer Dipol, Plattenkondensator).</p> <p>Elektrische Feldstärke einer Punktladung.</p> <p>Leiter im elektrischen Feld, Influenz, Faradaykäfig.</p> <p>Isolator im elektrischen Feld, elektrische Polarisation (Verschiebungs- und Orientierungspolarisation). Kraft und Drehmoment auf elektrischen Dipol im elektrischen Feld.</p>	<p>Störfeldfreie Diagnostik.</p> <p>Elektrischer Dipol als Modell für die Ladungsverteilung des Herzens, Zeitabhängigkeit des sich bildenden elektrischen Dipols und des Potentialfeldes. EKG, Erregungsausbreitung am Herz, unipolare EKG-Ableitung. Einthoven-Dreieck.</p> <p>Dielektrische Hyperthermie als Tumorbehandlungsmethode.</p>
5.3	Elektrisches Potential, elektrische Spannung		
		<p>Definition und Einheit des elektrischen Potentials.</p> <p>Darstellung durch Äquipotentialflächen/Äquipotentiallinien. Zusammenhang mit den elektrischen Feldlinien.</p> <p>Definition der elektrischen Spannung als Potentialdifferenz, Einheit. Spannungsquellen für Gleichspannung.</p> <p>Spannung-Zeit-Diagramm für Gleich- und Wechselspannung. Darstellung von Spannung-Zeit-Verläufen, Spannungsmessung und Messung kurzer Zeiten (Periodendauer) mit dem Oszilloskop.</p>	

5.4	Elektrischer Widerstand	
	<p>Elektrischer Widerstand, elektrischer Leitwert, Resistivität, elektrische Leitfähigkeit - Definition und Einheit, Temperaturabhängigkeit.</p> <p>Leiter, Halbleiter, Isolator; freie und gebundene Ladungsträger.</p> <p>Strom-Spannung-Kennlinie, ohmsches Gesetz.</p> <p>Serien- und Parallelschaltung von Widerständen. Potentiometerschaltung. Kompensationschaltung. Wheatstonesche Brücke.</p>	<p>Membranwiderstand.</p> <p>Resistivität von Fettgewebe, Lipidstrukturen und Elektrolyten.</p>
5.5	Elektrischer Stromkreis	
	<p>Strom- und Spannungsmessung, Bedeutung des Innenwiderstands der Messinstrumente.</p> <p>Spannungsquellen (Leerlaufspannung, Innenwiderstand, Klemmenspannung, Kurzschlussstrom).</p> <p>Kirchhoffsche 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>
5.6	Elektrische Kapazität	
	<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>Auf- und Entladen eines Kondensators über einen Widerstand, zeitlicher Verlauf von Stromstärke und Spannung, Zeitkonstante.</p>	<p>Kapazität der Zellmembran, Speichern von Ladung, Membranspannung, Membran als Dielektrikum, Permittivitätszahl. Feldstärke in der Zellmembran, Membrandurchschlag (Elektroporation - Gentechnik).</p> <p>Elektrisches Ersatzschaltbild der Zellmembran. Erregungsfortleitung auf Nerven.</p> <p>Modell für Aufnahme von Pharmaka in Organen und Ausscheidung.</p>
5.7	Elektrizitätsleitung	
	<p>Elektrizitätsleitung in Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen sowie im Vakuum.</p> <p>Freie Elektronen in Metallen und in Halbleitern; bei konstanter elektrischer Feldstärke konstante Driftgeschwindigkeit. Temperaturabhängigkeit.</p> <p>Ionen in Flüssigkeiten durch Dissoziation von Molekülen, Elektrolyte.</p> <p>Gleichförmige Bewegung der Ionen unter dem Einfluss von elektrischer Kraft und Reibungskraft. Faradaysche Gesetze der Elektrolyse, Faraday-Konstante. Vorgänge an den Elektroden, elektrische Polarisierung.</p>	<p>Dissoziation von Makromolekülen und ihre Wanderung im elektrischen Feld. Zellelektrophorese, Papier- und Gelelektrophorese, Trennung von Makromolekülen, Zelltrennung. Elektrische Synapsen, Gap-Junctions.</p> <p>Iontophorese: Transport dissoziierter Pharmaka, z.B. lokale Behandlung durch die Haut.</p>

		<p>Ionen in Gasen durch thermische Ionisation der Gasmoleküle oder durch energiereiche Strahlung. Gasentladungsröhre, Ionisationskammer, Geiger-Müller-Zähler.</p> <p>Elektronen im Vakuum durch Glühemission und Photoemission. Glühelktrischer Effekt, Photoeffekt. Beschleunigte Bewegung der Elektronen zwischen Kathode und Anode. Braunsche Röhre und Röntgenröhre.</p>	
5.8	Elektrische Spannungen an Grenzflächen, Diffusionsspannungen		
		<p>Diffusionsspannung, 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, Messung von Membranspannungen.</p>	<p>Potential einer Zelle, Goldman-Hodgkin-Katz-Gleichung, Ruhepotential.</p> <p>Änderung der Membranpermeabilität, Aktionspotential.</p>
5.9	Magnetische Größen, elektromagnetische Induktion		
		<p>Lorentzkraft (Kraft zwischen parallelen stromdurchflossenen Leitern), magnetische Feldkonstante, 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>Darstellung der magnetischen Feldstärke durch Feldlinien. Feldlinien um Stabmagneten, um langen geraden Draht und in langer Zylinderspule. Magnetfeld der Erde, Abschirmung.</p> <p>Magnetischer Dipol, Drehmoment im Magnetfeld, Definition und Einheit des magnetischen Dipolmoments. Definition und Einheit der Magnetisierung, Magnetisierungsarten.</p> <p>Kernspin- und Elektronenspinmagnetismus, Resonanznachweis von Kernen und Elektronen.</p> <p>Elektromagnetische Induktion, induzierte Spannung, Faraday-Gesetze.</p> <p>Selbstinduktion, Definition und Einheit der Induktivität.</p> <p>Prinzip des Transformators.</p> <p>Amperemeter, Voltmeter, Ohmmeter.</p>	<p>Sauerstoffbestimmung in Flüssigkeiten.</p> <p>Kernspintomographie: Tumordarstellung, In-vivo-Spektroskopie, Gewebeanalyse (Wassergehalt verschiedener Gewebe), Stoffwechselluntersuchungen.</p> <p>Nachweis freier Radikale.</p> <p>Herzmagnetismus, Magnetokardiographie.</p> <p>Neuromagnetismus, Magnetoencephalographie.</p>
5.10	Wechselspannung, Wechselstrom		
		Harmonische Wechselspannung, harmonische	Passives elektrisches Verhalten von

	<p>Wechselstromstärke, graphische und analytische Darstellung in Abhängigkeit von der Zeit (Phase, Phasenwinkel, Momentanwert, Scheitelwert = Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Kreisfrequenz).</p> <p>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. Hertzscher Dipol.</p> <p>Menschlicher Körper im elektrischen Stromkreis. Schutzmaßnahmen: Schutzkontaktsteckdose, Erdung.</p> <p>Stromwirkungen, Bedeutung von Stromdichte und Einwirkungsdauer, Innenwiderstand der Spannungsquelle, Übergangswiderstand, Stromwege im Körper.</p>	<p>Zellsuspensionen und Geweben.</p> <p>Verformung bioelektrischer Signale. Biomassebestimmung. Impedanztomographie.</p> <p>Therapie durch Gleichspannung und niederfrequente Wechselspannung: Reizstromtherapie, Herzschrittmacher, Defibrillation, Elektroschock.</p> <p>Hochfrequenztherapie: klassische Diathermie und Elektrochirurgie (endoskopische Chirurgie), Kondensatorfeldmethode, Spulenfeldmethode, Strahlenfeldmethode.</p>
6	Schwingungen und Wellen	
6.1	Schwingungen	
	<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, Kipp-schwingung. Bedeutung von Fourieranalyse und -synthese.</p>	<p>Verzerrungsfreie Registrierung periodischer Signale.</p> <p>Registriergeräte, Monitore.</p>
6.2	Wellen	
	<p>Ausbreitung von Schwingungen, Entstehung transversaler und longitudinaler Wellen, Definition der Wellenlänge.</p> <p>Eindimensionale Wellengleichung, Phasengeschwindigkeit (Ausbreitungsgeschwindigkeit). Zusammenhang von Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge und Frequenz.</p> <p>Wellenflächen, ebene Wellen, Kugelwellen.</p>	<p>Pulswellengeschwindigkeit, arterielle Blutdruckamplitude.</p>

		<p>Überlagerung von Wellen, Interferenz, Kohärenz. Huygenssches 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>	
6.3	Schallwellen		
		<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, Schallwechseldruck, 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.</p> <p>Impuls-Echo-Verfahren.</p> <p>Dopplereffekt.</p>	<p>Stimme, Ohr, Stimmbänder, Trommelfell, Rachenraum als Resonanzraum für die Schwingung der Stimmbänder. Herztöne, Herzgeräusche.</p> <p>Ultraschalltherapie: Erwärmung des Gewebes, Mikromassage, Aktivierung des Stoffwechsels.</p> <p>Bei hohen Intensitäten: Emulgierende Wirkung, Kavitation, Vernebelung von Flüssigkeiten. Aufschluss von Zellen. Zertrümmerung von Steinen.</p> <p>Sterilisation, Desinfektion und Reinigung von Biomaterialien.</p> <p>Audiometrie, Hörfläche, Hörgeräte, Schallbelastung.</p> <p>Sonographie, Ankopplung des Schalls an das zu untersuchende Gewebe (Koppelgel).</p> <p>Ultraschallbildverfahren, Ultraschalldiagnostik.</p> <p>Strömungsgeschwindigkeit des Blutes (Dopplersonographie).</p>
6.4	Elektromagnetische Wellen		
		<p>Elektromagnetische Wellen im freien Raum. Geschwindigkeit im Vakuum und Luft.</p> <p>Spektrum: NF-Bereich (technische Wechselströme), HF-Bereich (LW, MW, KW, UKW), Mikrowellen (dm-, cm-, mm-Wellen), infrarote Strahlung, sichtbares Licht, ultraviolette Strahlung, Röntgenstrahlung, Gammastrahlung.</p>	<p>Medizin nichtionisierender und ionisierender Strahlung.</p>
7	Optik		
7.1	Licht		
		<p>Dualismus Welle-Teilchen. Licht als elektromagnetische Welle bzw. als Strom von Teilchen/Lichtquanten/Photonen. Wellenlängenbereich des sichtbaren, des ultravioletten und des ultraroten Lichts. Quantenenergie, plancksches Wirkungsquantum. Lichtelektrischer Ef-</p>	<p>UV-Therapie (Photochemotherapie): Behandlung von Hautkrankheiten wie Psoriasis und Vitiligo (UVA). Tumorbehandlung. Photochemische Prozesse: Chemolumineszenz. Photorezeptoren.</p>

		<p>fekt (Photoeffekt).</p> <p>Lichtentstehung, Lichtquellen: Temperaturstrahlung, Gasentladung, Szintillation, Lumineszenz (Fluoreszenz, Phosphoreszenz). Spontane und stimulierte Emission von Strahlung, 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>Ophthalmologie: Optisches Skalpell, Zerstörung der Linsenkapsel, Photo-koagulation der Retina.</p> <p>Gefäßchirurgie: Abtragen von Plaques. Laser-Doppler-Anemometrie.</p>
7.2	Geometrische Optik		
		<p>Stoffabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit. Definition der Brechzahl.</p> <p>Lichtbündel, Lichtstrahl.</p> <p>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 und Einheit des Brechwertes, Dioptrie. Zeichnerische Bildkonstruktionen. Abbildungsgleichung, Abbildungsmaßstab (Lateralvergrößerung).</p> <p>Linsearten (Konkav- und Konvexlinsen, Zylinderlinsen), reelle und virtuelle Bilder. Linsenkombination. Linsenfehler (sphärisch, chromatisch). Auge (optischer Apparat, reduziertes Auge, Akkommodation), deutliche Sehweite, Sehwinkel, Sehwinkelvergrößerung.</p>	<p>Lichtleiter, Endoskopie.</p> <p>Augenspiegel. Strahlengang im Auge.</p> <p>Fehlsichtigkeiten und ihre Korrektur. Physiologischer Astigmatismus.</p>
7.3	Wellenoptik		
		<p>Beugung an Spalt und Gitter. Wellenlängenabhängigkeit des Beugungswinkels.</p> <p>Polarisation, Erzeugung linear polarisierten Lichts durch Reflexion, Streuung, Dichroismus, Doppelbrechung. Optische Asymmetrie, optische Aktivität, Rotationsdispersion.</p>	<p>Beugung am Rand der Pupille. Struktur- und Konzentrationsänderungen bei Makromolekülen (z.B. Kanalproteine, ATPase-Struktur). Untersuchungen an kolloidalen Systemen, Teilchengröße und Teilchenkonzentration.</p>
7.4	Optische Instrumente		
		<p>Kamera. Projektionsapparat.</p> <p>Monochromator (Prisma, Gitter, Filter).</p> <p>Prismen- und Gitterspektrometer (Aufbau, spektrale Zerlegung). Kontinuierliche Spektren, Linienspektren. Emissions- und Absorptionsspektren. Spektralanalyse.</p>	<p>Labormedizin.</p>

	<p>Photometer, Definition der Extinktion, Lambert-Beer-Gesetz, Definition des Extinktionskoeffizienten.</p> <p>Refraktometer (Bestimmung der Brechzahl).</p> <p>Polarimeter, optische Aktivität.</p> <p>Lupe, Lichtmikroskop (Vergrößerung, numerische Apertur, Auflösungsvermögen als Kehrwert des kleinsten auflösbaren Abstands).</p> <p>Phasenkontrast-, Dunkelfeld-, Polarisations-, Fluoreszenz-, Rastertunnelmikroskop. Röntgenmikroskop. Elektronen-, Rasterelektronenmikroskop.</p>	<p>Qualitative und quantitative Analysen.</p> <p>Anatomie (Histologie), Rechtsmedizin.</p> <p>Struktur von Zellen und Geweben.</p>
8	<u>Ionisierende Strahlung</u>	
8.1	<u>Radioaktivität</u>	
	<p>In der Natur vorkommende radioaktive Nuklide (z.B. ^{226}Ra, ^{40}K), Zerfallreihen. Möglichkeit zur Herstellung künstlich radioaktiver Nuklide, Nuklidgeneratoren.</p> <p>Definition und Einheit von Aktivität, Zerfallskonstante, Halbwertszeit, mittlerer Lebensdauer. Zerfallsgesetz (Zeitabhängigkeit für die Zahl der radioaktiven Kerne und für die Aktivität), analytisch und graphisch (linear und halblogarithmisch).</p> <p>Arten der radioaktiven Strahlung: α-, β-, γ-Strahlung; Übergang vom Mutterkern zum Tochterkern, Darstellung in der Nuklidtafel.</p> <p>Paarvernichtung, Grundprinzip der Positronenemissionstomographie.</p>	<p>Natürliche Strahlenbelastung durch ^{40}K.</p> <p>In der Atmosphäre ^{14}C aus ^{14}N: Einlagerung in Gallensteine, Haare.</p> <p>Nuklearmedizin. Funktionsdiagnostik (Tracermethode): Schilddrüse, Niere.</p> <p>Lokalisationsdiagnostik mit Szintigrammen. Autoradiographie.</p> <p>Positronenemissionstomographie (PET), Single Photon Emission Computer Tomographie (SPECT).</p> <p>Äußere und innere Strahlentherapie.</p> <p>Sterilisation von Biomaterialien, Zerstörung von Bakterien und Mikroorganismen.</p>
8.2	<u>Röntgenstrahlung</u>	
	<p>Röntgenröhre, Aufbau und Funktion, Größenordnung der Anodenspannung. Entstehung von Bremsstrahlung und Röntgen-Linienstrahlung, Röntgenspektrum, maximale Quantenenergie. Elektronvolt.</p> <p>Strahlungsleistung in Abhängigkeit von Heizstromstärke und Anodenspannung der Röntgenröhre, Wirkungsgrad.</p> <p>Bildentstehung mit Röntgenstrahlen, Kontrastbildung. Zentralprojektion, Grundprinzip der Computertomographie.</p>	<p>Röntgendiagnostik: Röntgenaufnahme, Röntgentomographie.</p> <p>Röntgentherapie.</p>
8.3	<u>Nachweis ionisierender Strahlen</u>	
	<p>Ionisationsdetektoren: Ionisationskammer, Proportionalzähler (Teilchenenergie), Auslösezähler. Szintillationsdetektoren (Szintillator mit Sekundärelektronenvervielfacher). Film-dosimeter.</p> <p>Definition und Einheit von Ionendosis, Enger-</p>	<p>Dosimeter, personelle Dosimetrie. Strahlenschutz. Nuklearmedizinische Messgeräte. Bohrlochmessplatz (bei geringer Aktivität).</p>

		giedosis, Äquivalentdosis und der jeweiligen Dosisleistung (Dosisrate).	
8.4	Strahlenwirkungen		
		<p>Wechselwirkung energiereicher Photonen mit Materie: Absorptionsgesetz, Halbwertsdicke, Definition und Einheit des Absorptionskoeffizienten, Abhängigkeit vom Material und von der Quantenenergie der Strahlung, Photoeffekt, Comptoneffekt, Paarbildung. Äquivalenz von Masse und Energie.</p> <p>Wechselwirkung energiereicher geladener Teilchen mit Materie: Bremsung durch mechanische Stöße, Anregung, Ionisation. Reichweite von α – und β – Teilchen.</p>	<p>Aufhärtung von Röntgenstrahlen. Strahlenschutz, Grenzwerte der Strahlenbelastung.</p> <p>Kollimation in der Nuklearmedizin. Kontrastmittel (Angiographie).</p>
Anhang	Zahlen- und Größenwerte		
<p>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.</p>			
A.	Zahlenwerte		
		$\pi \approx 3,14$	
		$e \approx 2,7$	
		$\sqrt{2} \approx 1,4$	
B.	Größenwerte		
	Fallbeschleunigung an der Erdoberfläche:	etwa	$10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
	Dichte von Wasser:	$1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3} = 10^3$	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
	Lichtgeschwindigkeit im Vakuum und in Luft:	$3 \cdot 10^8$	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
	Schallgeschwindigkeit in Luft:	330	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
	Avogadro-Konstante:	$6 \cdot 10^{23}$	mol^{-1}
	Molares Gasvolumen (Normbedingungen):	22,4	$\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$
	Brechzahl von Luft:	1	