

Vorwort 10



Auge und Ohr 11

1 Auge 12

1.1 Einführung: Biologie und Physik 12

1.2 Überblick über verschiedene Augentypen 12

1.3 Lochkamera-Auge 13

1.4 Bildentstehung auf der Netzhaut 13

1.5 Abbildung durch Sammellinsen 14

1.5.1 Berechnungen zur optischen Abbildung 14

1.5.2 Reelle und virtuelle Bilder 15

1.5.3 Brechkraft einer Linse 16

1.6 Akkommodation 16

1.7 Fehlsichtigkeiten und ihre Korrektur 17

1.7.1 Kurzsichtigkeit 17

1.7.2 Weitsichtigkeit 18

1.7.3 Stabsichtigkeit (Astigmatismus) 19

1.8 Sehen unter Wasser 19

1.8.1 Brechungsgesetz von Snellius 19

1.8.2 Das Fischauge 20

1.8.3 Oberflächenfische und Tauchvögel 21

Aufgaben 22

2 Aufbau des menschlichen Auges 28

2.1 Aufbau der Netzhaut 28

2.2 Räumliches Sehen* 30

2.3 Tageslicht- und Nachtsehen 31

2.4 Farbsehen 34

2.5 Ultraviolett-Sehen* 36

2.6 Infrarot-Wahrnehmung* 37

Aufgaben 38

3 Grenzen unserer Sehleistung 40

3.1 Sehschärfe und Sehzellendichte 40

3.2 Interferenz von Licht am Doppelspalt 41

3.3 Die Entstehung des Interferenzmusters am Doppelspalt 42

3.4 Beugung und Interferenz am Einfachspalt 44

3.5 Auflösungsvermögen des menschlichen Auges 46

3.6 Insektenaugen* 47

3.7 Optisches Gitter 50

3.7.1 Prinzip* 50

3.7.2 Optische Spektroskopie 50

3.7.3 Gitter in der Natur* 51

Aufgaben 52

4	Grundlagen der Akustik	54
4.1	Was ist Schall?	54
4.2	Welleneigenschaften des Schalls	54
4.2.1	Reflexion	55
4.2.2	Beugung	55
4.2.3	Brechung.....	55
4.2.4	Interferenz	56
4.3	Mathematische Beschreibung von Schallwellen.....	56
4.3.1	Die physikalische Größe „Druck“	56
4.3.2	Physikalische Beschreibung reiner Töne.....	57
4.3.3	Die Physik des Klangs.....	58
4.3.4	Geräusche.....	60
4.4	Lautstärkemessung	60
4.4.1	Schallintensität	60
4.4.2	Schallpegel.....	61
4.5	Die Hörkurve des Menschen*	63
	Aufgaben	64
5	Ohr und Gehör	66
5.1	Das Außenohr	66
5.1.1	Richtungshören.....	66
5.1.2	Verstärkung bestimmter Frequenzen	67
5.2	Das Mittelohr	68
5.2.1	Schall an Grenzflächen	68
5.2.2	Schallintensität und Impedanz	69
5.2.3	Die Notwendigkeit eines Impedanzwandlers	69
5.2.4	Das Mittelohr als Impedanzwandler.....	71
5.3	Das Innenohr	72
5.3.1	Resonanz.....	73
5.3.2	Wahrnehmung von Frequenzen	74
5.3.3	Wahrnehmung von Amplituden	75
	Aufgaben	76



Untersuchungsmethoden der Biophysik	79
6 Elektrische Felder	80
6.1 Elektrische Sinnesorgane*	80
6.2 Beschreibung elektrischer Felder	81
6.3 Physikalische Größen	83
6.3.1 Ladung	83
6.3.2 Potential	84
6.3.3 Feldstärke	84
6.3.4 Kapazität	86
6.3.5 Energie eines Kondensators	86
6.4 Muskelfunktion und Elektrizität*	87
6.4.1 Historisches	87
6.4.2 Aufbau von Muskeln	87
6.4.3 Muskelkontraktion	88
6.4.4 Herzmuskel und Pulsmessung	88
Aufgaben	89
7 Elektrische Erregung des Herzens*	91
7.1 Zelluläre Grundlagen	91
7.2 Erregungsleitung im Herzen	91
7.3 Elektrokardiogramm (EKG)	93
7.4 Anwendungen	97
Aufgaben	97
8 Magnetische Felder	99
8.1 Magnetische Sinnesorgane*	99
8.2 Beschreibung magnetischer Felder	99
8.3 Die magnetische Flussdichte	100
8.4 Kräfte im Magnetfeld	100
8.4.1 Die Lorentzkraft	100
8.4.2 Das Fadenstrahlrohr-Experiment	101
8.5 Massenspektrometer	102
8.5.1 Prinzipieller Aufbau	103
8.5.2 Medizinische Anwendung	104
8.6 Das Erdmagnetfeld*	104
8.7 Zugvögel*	105
Aufgaben	106

9	Mikroskopie.....	108
9.1	Vergrößerung eines optischen Instruments.....	108
9.1.1	Sehwinkel und Vergrößerung.....	108
9.1.2	Vergrößerung einer Lupe.....	109
9.2	Optisches Mikroskop.....	110
9.2.1	Aufbau eines Mikroskops.....	110
9.2.2	Vergrößerung eines Mikroskops.....	110
9.2.3	Das Auflösungsvermögen.....	111
9.3	Materiewellen.....	112
9.3.1	De-Broglie-Wellenlänge.....	113
9.3.2	Beschleunigung der Elektronen.....	113
9.3.3	Nachweis der Materiewellen.....	114
9.3.4	Elektronenbeugungsröhre*.....	114
9.3.5	Relativistische Energie.....	115
9.4	Elektronenmikroskop.....	116
9.4.1	Einsatzbereich.....	116
9.4.2	Prinzipieller Aufbau.....	117
9.4.3	Technische Ausführung.....	118
9.4.4	Magnetische Linsen.....	118
9.5	Weitere Mikroskope.....	120
9.5.1	Rasterelektronenmikroskop.....	120
9.5.2	Rasterkraftmikroskop.....	121
	Aufgaben.....	122
10	Bildgebende Verfahren in der Medizin*.....	124
10.1	Elektromagnetische Wellen*.....	124
10.2	Röntgenstrahlung.....	125
10.2.1	Erzeugung von Röntgenstrahlung.....	125
10.2.2	Messung der Wellenlänge von Röntgenstrahlung.....	126
10.2.3	Spektrum der Röntgenstrahlung.....	126
10.3	Medizinische Anwendung.....	127
10.3.1	Röntgenröhre in der Medizin.....	127
10.3.2	Computertomographie.....	128
10.4	Magnetresonanztomographie.....	129
10.4.1	Resonanz im Magnetfeld.....	129
10.4.2	Resonanzbedingung.....	130
10.4.3	Medizinische Anwendung.....	130
10.5	Positronen-Emissions-Tomographie.....	131
10.5.1	Grundprinzip.....	131
10.5.2	Anwendungen.....	131
10.5.3	Erzeugung der radioaktiven Strahlung.....	132
	Aufgaben.....	133

11 Therapien mit ionisierender Strahlung*	135
11.1 Teilchenbeschleuniger in der Medizin	135
11.1.1 Grundprinzip	135
11.1.2 Linearbeschleuniger.....	135
11.1.3 Kreisbeschleuniger	137
11.2 Biologische Wirkung ionisierender Strahlung.....	137
11.2.1 Ionisierende Wirkung	137
11.2.2 Messgrößen, Grenzwerte.....	138
11.2.3 Biologische Wirkung	140
11.3 Tumorbekämpfung durch Bestrahlung	143
11.3.1 Tiefendosisprofile	143
11.3.2 Herkömmliche Bestrahlungstechniken.....	144
11.3.3 Bestrahlung mit Protonen und Schwerionen	145
Aufgaben	147



Neuronale Signalleitung und Informationsverarbeitung **149**

12 Nervenzellen	150
12.1 Grundsätzlicher Aufbau	150
12.2 Membranpotential	151
12.3 Genauere Betrachtung*	152
12.4 Aktionspotential.....	154
Aufgaben	155
13 Modell eines Neurons	156
13.1 Elektrischer Schaltkreis.....	156
13.2 Aufladen eines Kondensators	157
13.3 Entladen eines Kondensators	158
13.4 Mathematik am Kondensator*	158
13.5 Kompletter Ersatzschaltkreis	159
Aufgaben	161
14 Erregungsleitung im Axon	162
14.1 Nervenleitgeschwindigkeit.....	162
14.2 Elektrische Größen.....	164
14.2.1 Axialwiderstand	164
14.2.2 Membranwiderstand	165
14.2.3 Membrankapazität.....	166
14.3 Passive und aktive Erregungsleitung	166
14.4 Räumliche Ausbreitung	167
14.4.1 Grundsätzlicher Spannungsverlauf.....	167
14.4.2 Berechnung der Halbwertslänge.....	170
14.5 Zeitliche Ausbreitung.....	171
14.6 Biologische Schlussfolgerung.....	172
Aufgaben	173

15	Nervensystem	177
15.1	Synapsen	177
15.1.1	Elektrische Synapsen	177
15.1.2	Chemische Synapsen	177
15.1.3	Signalverrechnung	178
15.2	Modell eines neuronalen Netzes*	179
15.3	Signalverarbeitung in der Netzhaut*	180
15.4	Verschaltungsprinzipien im Gehirn*	181
15.5	Synchronisation von Zellen*	182
	Aufgaben	183



Grundlagen der Biomechanik* 185

16	Biostatik*	186
16.1	Kräfte und Drehmomente	186
16.1.1	Kräftegleichgewicht	186
16.1.2	Drehmoment und Hebelgesetz	187
16.1.3	Das statische Gleichgewicht	189
16.1.4	Anwendung: Belastung der Wirbelsäule	189
16.2	Problemlösung in der Biostatik	192
16.2.1	Allgemeines Vorgehen	192
16.2.2	Anwendung: Schmerzen in der Achillessehne	192
16.3	Dehnung und Elastizität	193
16.3.1	Spannung	193
16.3.2	Dehnung	194
16.3.3	Der Zusammenhang von Spannung und Dehnung	194
16.3.4	Arten der Belastung	195
16.4	Knochen	197
16.4.1	Aufbau und Funktion	197
16.4.2	Knochenbrüche	198
16.5	Bänder und Sehnen	198
16.5.1	Aufbau und Funktion	198
16.5.2	Verletzungen der Bänder	198
	Aufgaben	200

17	Bewegungen*	202
17.1	Beschreibung von Bewegungen: Kinematik	202
17.1.1	Videoanalyse	202
17.1.2	Koordinatensysteme	202
17.1.3	Translationen und Rotationen	203
17.1.4	Bewegung des Arms	204
17.1.5	Kinematische Grundgrößen	204
17.1.6	Zusammenhang der kinematischen Größen	206
17.2	Ursache von Bewegungen: Dynamik	206
17.3	Bewegungserfassung mit Sensoren	207
17.3.1	Videoanalyse beim Handballsprungwurf	207
17.3.2	Die Kraftmessplatte	208
17.3.3	Der Beschleunigungsmesser	209
17.3.4	Beschleunigungsmesser in der Bewegungsanalyse	209
17.4	Wie nimmt der Mensch Beschleunigungen wahr?	210
17.5	Modellierung von Bewegungsabläufen	210
17.5.1	Die Kniebeuge	210
17.5.2	Der Sprung aus dem Stand senkrecht nach oben	211
17.5.3	Der Sprung aus der Hocke senkrecht nach oben	212
	Aufgaben	212
18	Strömungsmechanik*	215
18.1	Der Blutkreislauf beim Menschen	215
18.2	Kontinuitätsgleichung und Strömungsgeschwindigkeit	216
18.3	Der Zusammenhang zwischen Druck und Geschwindigkeit: das Gesetz von BERNOULLI	216
18.4	Stromlinienbilder und stationäre Strömungen	217
18.5	Anwendung der Bernoulli-Gleichung auf Stenose, Thrombose und Aneurysma	218
	Aufgaben	220
19	Vortrieb im Wasser*	221
19.1	Vortrieb durch Rückstoß	221
19.2	Vortrieb durch Rudern	222
19.3	Vortrieb durch Flossenschlag	222
19.4	Vortrieb durch Wellenbewegung	224
	Aufgaben	225
	Anhang	227
	Stichwortverzeichnis	227
	Bildnachweis	232

Die Behandlung der mit * gekennzeichneten Kapitel ist fakultativ.