

Inhaltsverzeichnis

0. **Physikalische Größen und Einheiten.....11**

0.1 Messen heißt vergleichen! 11

0.2 Internationale Einheitensystem 11

0.3 Arbeiten mit Messgrößen 12

0.4 Skalare und vektorielle Größen 12

0.5 Naturkonstanten..... 13

1. **Mechanik: Bewegung von Körpern.....15**

1.1 **Einfache Bewegungen15**

1.1.1 Grundtypen der Bewegung 15

1.1.2 Geradlinige gleichförmige Bewegung 15

1.1.3 Gleichmäßig beschleunigte Bewegung, freier Fall 16

1.1.4 Diagramme und Gesetze (Translation) 17

1.1.5 Gleichförmige Kreisbewegung 17

1.1.6 Ungleichförmige Kreisbewegung 19

1.2 **Kräfte19**

1.2.1 Newton'sche Axiome 19

1.2.2 Schwerkraft als Sonderform der Gravitationskraft 19

1.2.3 Auftrieb 20

1.2.4 Reibung 21

1.2.5 Sedimentation 22

1.2.6 Zentrifugalkraft als Trägheitskraft 23

1.2.7 Zentrifugation 24

1.2.8 Drehmoment 25

1.2.9 Drehmomentengleichgewichte 26

1.3 **Erhaltungsgrößen der Mechanik27**

1.3.1 Arbeit und Energie 27

1.3.2 Leistung 29

1.3.3 Energieerhaltungssatz 29

1.3.4 Impuls, Impulserhaltungssatz 29

1.3.5 Elastischer und inelastischer Stoß 30

1.3.6 Drehimpuls, Drehimpulserhaltungssatz 31

1.4 **Übersicht Translation vs. Rotation32**

2. **Mechanik: Deformation von Körpern33**

2.1 **Grundlagen33**

2.1.1 Elastische versus plastische Deformation 33

2.1.2 Feder als elastisches Element 33

2.2 **Grundtypen der elastischen Verformung34**

2.2.1 Dehnung und Stauchung 34

2.2.2 Allseitige Kompression 35

2.2.3	Biegung	35
2.2.4	Scherung.....	36
2.2.5	Verdrillung	37
2.3	Plastische Deformation	37
2.3.1	Definitionen	37
2.3.2	Elastisches und viskoses Verhalten als Grenzfälle	38
2.3.3	Viskoelastizität	39
2.4	Materialeigenschaften und Schutzstrategien gegenüber Deformationen	39
2.4.1	Hohlzylinder	39
2.4.2	Innere Struktur von Röhrenknochen	39
2.4.3	Viskoelastische Elemente der Gelenke.....	40
2.4.4	Das System Hyaluronsäure-Wasser als effizienter Stoßdämpfer	40
2.4.5	Plastische Materialien in der Zahnheilkunde	40
3.	Mechanik: Drücke und Strömungen	41
3.1	Druck als mechanische Größe	41
3.1.1	Molekulares Bild des Druckes.....	41
3.1.2	Luftdruck und barometrische Höhenformel	41
3.1.3	Luft als Gasgemisch	42
3.1.4	Schweredruck	42
3.1.5	Stempeldruck	43
3.1.6	Druckmessung	43
3.2	Strömungen	44
3.2.1	Grundgesetz der Hydrodynamik	44
3.2.2	Kontinuitätsgleichung	45
3.2.3	Laminare und turbulente Strömung	45
3.2.4	Gesetz von Hagen-Poiseuille	46
3.2.5	Strömungswiderstand in parallel geschalteten Gefäßen	46
3.2.6	Gleichung von Bernoulli	47
3.3	Blutkreislauf	48
3.3.1	Herz als Pumpe.....	48
3.3.2	Windkesselfunktion	48
3.3.3	Auftreten von Turbulenzen	49
3.3.4	Durchblutung von Organen und Geweben	49
3.3.5	Blut als nicht-Newton'sche Flüssigkeit	50
3.3.6	Stenosen und Aneurysmen	50
3.4	Weitere Anwendungen der Strömungsgesetze	50
3.4.1	Funktion von Ventilen und Klappen	50
3.4.2	Ausströmphänomene	51
3.4.3	Erzeugung von Unterdruck	51
3.4.4	Dynamischer Auftrieb	52

4.	Mechanik: Grenzflächenphänomene	53
4.1	Grundlagen	53
4.1.1	Grenzflächen	53
4.1.2	Kohäsion versus Adhäsion, Benetzung	53
4.1.3	Oberflächenenergie	54
4.1.4	Kohäsionsdruck	54
4.2	Verfahren zur Bestimmung der Oberflächenspannung	55
4.2.1	Sprenzung von Flüssigkeitslamellen	55
4.2.2	Abreißmethode	55
4.2.3	Tropfengröße	56
4.2.4	Kapillare Steighöhe	56
4.3	Anwendungen	57
4.3.1	Oberflächenaktive Substanzen	57
4.3.2	Grenzfläche Wasser/Luft in den Lungenalveolen.....	57
4.3.3	Wasserabweisende Beschichtung	58
4.3.4	Strukturbildung durch amphiphile Stoffe in biologischen Systemen	58
5.	Elektrik: Elektrische Felder	59
5.1	Kenngößen eines elektrischen Feldes	59
5.1.1	Elektrische Ladung	59
5.1.2	Elektrische Kraft	59
5.1.3	Homogene und inhomogene elektrische Felder	59
5.1.4	Ladungen im elektrischen Feld	60
5.2	Elektrischer Dipol	61
5.2.1	Dipolmoment	61
5.2.2	Elektrisches Feld eines Dipols	62
5.2.3	Elektrokardiogramm (EKG)	62
5.2.4	Dipol-Dipol-Wechselwirkungen	63
6.	Elektrik: Elektrische Ströme	65
6.1	Grundlagen	65
6.1.1	Ohm'sche Gesetz	65
6.1.2	Elektrischer Widerstand und Leitwert	65
6.1.3	Stromfluss und Wirkungen des elektrischen Stromes	66
6.2	Ionen und geladene Teilchen in Lösung	66
6.2.1	Elektrolytische Leitfähigkeit	66
6.2.2	Kolloidale Teilchen im elektrischen Feld	66
6.2.3	Elektrophorese	67
6.3	Gleichstromkreis	68
6.3.1	Elektrische Energie und Leistung	68
6.3.2	Kirchhoffsche Regeln	69
6.3.3	Reihen- und Parallelschaltung elektrischer Widerstände	69
6.3.4	Widerstandsmessung	70
6.3.5	Innenwiderstand einer Spannungsquelle	71
6.3.6	Plattenkondensator	72

6.4	Magnetische Wirkung elektrischer Ströme	73
6.4.1	Magnetfelder (elektrische Leiter, Spule)	73
6.4.2	Magnetfelder (Erde, Permanentmagnet)	74
6.4.3	Lorentzkraft	75
6.4.4	Magnetische Flussdichte und magnetischer Fluss	76
6.4.5	Dia-, Para- und Ferromagnetismus	76
6.4.6	Selbstinduktion	77
6.5	Wechselstromkreis	77
6.5.1	Kenngrößen einer sinusförmigen Wechselspannung	77
6.5.2	Ohmscher und kapazitiver Widerstand im Wechselstromkreis	78
6.5.3	Kombination von ohmschen und kapazitiven Widerstand	79
6.5.4	Induktiver Widerstand im Wechselstromkreis	79
6.5.5	Elektrische Leistung im Wechselstromkreis	80
6.5.6	Schwingkreise	80
6.5.7	Elektromagnetische Induktion	81
6.6	Anwendungen von Wechselströmen	82
6.6.1	Elektrische Eigenschaften von Geweben	82
6.6.2	Niederfrequente elektrische Ströme	82
6.6.3	Hochfrequenztherapie und -anwendungen	83
6.7	Komplexe periodische Signale	84
6.7.1	Fourier-Analyse anharmonischer Schwingungen	84
6.7.2	Grundlagen der Registrierung von Signalen	85
6.7.3	Oszilloskop	85
7.	Magnetische Kernresonanz	87
7.1	Kernspin und Magnetfelder	87
7.1.1	Interaktion magnetischer Dipole mit starken Magnetfeldern	87
7.1.2	Kernresonanz	88
7.1.3	Technische Anforderungen	89
7.2	Kernresonanzspektroskopie	90
7.2.1	Eindimensionale Kernresonanzspektroskopie	90
7.2.2	Zwei- und mehrdimensionale Kernresonanzspektroskopie	90
7.3	Kernspintomographie	90
7.3.1	Ortsauflösung	90
7.3.2	Impulstechniken zur Kontrastverbesserung	91
7.3.3	Darstellungsarten	92
8.	Wärmelehre	93
8.1	Wärme als Energieform	93
8.1.1	Absolute Temperatur	93
8.1.2	Temperaturskalen	93
8.1.3	Grundgleichung der Kalorik	94
8.1.4	Phasenübergänge	94
8.1.5	Wärmeausgleichprozesse	95

8.2	Temperaturmessung	95
8.2.1	Ausdehnung von Festkörpern und Flüssigkeiten	95
8.2.2	Widerstandsthermometer	96
8.2.3	Thermoelement	97
8.2.4	Weitere Verfahren	97
8.3	Gasgesetze	98
8.3.1	Zustandsgleichung idealer Gase	98
8.3.2	Zustandsänderungen idealer Gase	98
8.3.3	Atmung	99
8.4	Hauptsätze der Wärmelehre	100
8.4.1	Erster Hauptsatz	100
8.4.2	Zweiter Hauptsatz	101
8.4.3	Grundzüge der Thermodynamik offener Systeme	101
8.5	Wärmetransportmechanismen	102
8.5.1	Wärmebilanz in höheren Organismen	102
8.5.2	Wärmeleitung	102
8.5.3	Konvektion	103
8.5.4	Verdunstung	103
8.5.5	Wärmestrahlung	103
9.	Transportphänomene und Membranpotenziale	105
9.1	Brown'sche Bewegung	105
9.2	Diffusion	106
9.2.1	Diffusion als Verteilungsphänomen	106
9.2.2	Diffusionsgesetz	106
9.2.3	Diffusion von gelösten Gasen	107
9.2.4	Permeation von Stoffen durch biologische Membranen	108
9.2.5	Passiver und aktiver Transport	108
9.3	Osmose	110
9.3.1	Semipermeabilität	110
9.3.2	Pfeffer'sche Zelle	110
9.3.3	Gleichung von van't Hoff	111
9.3.4	Isotonie, Hypotonie und Hypertonie	111
9.3.5	Zellwanddruck pflanzlicher Zellen.....	112
9.4	Membranpotenziale	113
9.4.1	Diffusionsspannung	113
9.4.2	Kolloidosmotischer Druck und Donnan-Potenzial	113
9.4.3	Ionen in Zellen	114
9.4.4	Ruhepotenzial	115
9.4.5	Aktionspotenzial	115

10.	Erzeugung und Anwendung von Röntgenstrahlung	117
10.1	Röntgenstrahlen als elektromagnetische Welle	117
10.2	Erzeugung von Röntgenstrahlen	118
10.2.1	Aufbau einer Röntgenröhre	118
10.2.2	Spektrum der Strahlung einer Röntgenröhre	119
10.3	Wechselwirkung von Röntgenstrahlung mit Materie	120
10.3.1	Absorption von Röntgenstrahlen	120
10.3.2	Mechanismen der Absorption von Röntgenstrahlen	121
10.3.3	Schwächung von Röntgenstrahlung im Organismus	122
10.4	Durchleuchtung	123
10.5	Computertomographie	124
10.6	Röntgenkleinwinkelstreuung	125
11.	Radioaktivität	127
11.1	Atomkerne	127
11.1.1	Bau der Atomkerne	127
11.1.2	Massendefekt	127
11.1.3	Kernspaltung und -fusion	127
11.1.4	Nuklidkarte	128
11.1.5	Natürliche und künstliche Radionuklide	129
11.2	Zerfall instabiler Kerne	129
11.2.1	α -Zerfall	129
11.2.2	β^- -Zerfall	130
11.2.3	β^+ -Zerfall	130
11.2.4	K-Einfang	131
11.2.5.	Zerfallsreihen.....	131
11.3	Eigenschaften radioaktiver Strahlung	131
11.3.1	α -Strahlung	131
11.3.2	β -Strahlung	131
11.3.3	γ -Strahlung	132
11.3.4	Metastabile Radionuklide	132
11.4	Kenngrößen des radioaktiven Zerfalls	132
11.4.1	Aktivität eines radioaktiven Präparates	132
11.4.2	Zerfallsgesetz	133
11.4.3	Physikalische Halbwertszeit	133
11.4.4	Mittlere Lebensdauer	134
11.5	Wichtige Nachweisverfahren für radioaktive Strahlung	134
11.5.1	Autoradiographie	134
11.5.2	Zählrohre	135
11.5.3	Szintillationszähler	136

11.6	Anwendungen radioaktiver Strahlung	137
11.6.1	Markierung biologisch wichtiger Moleküle	137
11.6.2	Altersbestimmungen	137
11.6.3	Strahlentherapie	137
11.6.4	Szintigraphie	138
11.6.5	Einzelphotonen-Emissions-Computertomographie	139
11.6.6	Positronen-Emissions-Tomographie	139
12.	Strahlenschutz und Dosimetrie	141
12.1	Generelle Maßnahmen des Strahlenschutzes	141
12.2	Dosimetrie	142
12.2.1	Grundgrößen der Dosimetrie	142
12.2.2	Strahlungsmessgeräte	143
12.3	Strahlenbelastung	143
12.3.1	Natürliche und künstliche Strahlenbelastung	143
12.3.2	Strahlenbelastung durch medizinische Untersuchungstechniken	144
12.3.3	Schäden durch Strahlung, Strahlenkrankheit	144
13.	Akustik	145
13.1	Schallwellen	145
13.1.1	Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Schallwelle	145
13.1.2	Wellenlänge und Frequenz	145
13.2	Schallfeldgrößen	146
13.2.1	Schallwechseldruck	146
13.2.2	Schallschnelle	146
13.2.3	Schallwellenwiderstand	147
13.2.4	Schallintensität	147
13.3	Hörschall	148
13.3.1	Aufbau des menschlichen Ohres	148
13.3.2	Lautstärke	149
13.3.3	Hörfeld des Menschen	149
13.3.4	Erzeugung von Hörschall	150
13.4	Ultraschall	151
13.4.1	Erzeugung und Nachweis von Ultraschall	151
13.4.2	Kontinuierlicher und Impuls-Betrieb	151
13.4.3	Reflexion von Ultraschall	152
13.4.4	Absorption von Ultraschall	153
13.4.5	Grundlagen der Sonographie	153
13.4.6	Applikationsformen der Sonografie	154
13.4.7	Doppler-Effekt	154
13.4.8	Sonografische Anwendungen des Doppler-Effekts	155
13.4.9	Wirkungen und weitere Anwendungen von Ultraschall.....	156

14.	Optik: Ausbreitung und Detektion von Licht	157
14.1	Spektrale Zerlegung von Licht	157
14.1.1	Licht als elektromagnetische Welle	157
14.1.2	Dispersion der Brechzahl	157
14.1.3	Erzeugung von monochromatischem Licht durch Brechung	157
14.1.4	Erzeugung von monochromatischem Licht durch Beugung	158
14.1.5	Laser	159
14.2	Nachweis von Licht	159
14.3	Schwächung von Licht	160
14.3.1	Maße für die Schwächung von Licht	160
14.3.2	Lambert-Beer'sches Gesetz.....	161
14.3.3	Aufbau von Photometer und Spektrometer	161
14.4	Mechanismen von Absorption und Emission von Licht	161
14.4.1	Absorption	161
14.4.2	Lumineszenz	162
14.4.3	Fluoreszenz	162
14.4.4	Fluoreszenzlöschung	164
14.5	Polarisation von Licht	165
14.5.1	Erzeugung von polarisiertem Licht	165
14.5.2	Optische Aktivität	166
14.6	Phänomene der Ausbreitung von Licht	167
14.6.1	Reflexion	167
14.6.2	Brechung	167
14.6.3	Totalreflexion	168
14.6.4	Polarisation von Licht bei Reflexion und Brechung	169
14.6.5	Doppelbrechung	169
14.6.6	Circulardichroismus	170
15.	Optik: Abbildung von Gegenständen	171
15.1	Optische Abbildung	171
15.2	Spiegel	171
15.3	Linsen	172
15.3.1	Allgemeine Eigenschaften von Linsen	172
15.3.2	Kenngößen einer Linse	173
15.3.3	Brechwert einer Linse	174
15.3.4	Abbildungsgleichung	174
15.3.5	Zusammengesetzte Linsensysteme	175
15.3.6	Bildkonstruktion an dünnen Linsen	175
15.3.7	Abbildungsfehler	176
15.4	Auge	178
15.4.1	Brechende Systeme des Auges	178
15.4.2	Akkommodation	178
15.4.3	Modell des reduzierten Auges	179
15.4.4	Fehlsichtigkeiten und ihre Korrektur	179

15.4.5	Sinneswahrnehmung	180
15.4.6	Auflösungsvermögen.....	181
15.5	Lupe	182
15.6	Mikroskop	183
15.6.1	Strahlenverlauf am Mikroskop	183
15.6.2	Auflösungsvermögen	184
15.6.3	Förderliche Vergrößerung	185
15.4.4	Amplituden- und Phasenkontrast	185
15.7	Ausgewählte Verfahren der Lichtmikroskopie	186
15.7.1	Phasenkontrastmikroskopie	186
15.7.2	Dunkelfeldmikroskopie	186
15.7.3	Polarisationsmikroskopie	187
15.7.4	Interferenzkontrastmikroskopie	187
15.7.5	Fluoreszenzmikroskopie	188
15.7.6	Konfokale Mikroskopie	188
15.8	Elektronenmikroskop	189
15.8.1	Welleneigenschaften von Elektronen	189
15.8.2	Auflösungsvermögen	190
15.8.3	Transmissionselektronenmikroskopie	190
15.8.4	Rasterelektronenmikroskopie	190