



OTTO VON GUERICKE
UNIVERSITÄT
MAGDEBURG

MED

MEDIZINISCHE
FAKULTÄT

Skript zur Vorlesung

Physik für Mediziner

Sechste, überarbeitete Auflage 2015

Martin Böckmann-Barthel

Jesko L. Verhey

Inhaltsverzeichnis

1. Mathematische Grundlagen	1
1.1. Funktionen	1
1.1.1. Begriff der Funktion	1
1.1.2. Potenz-, Exponential- und Logarithmusfunktionen	2
1.1.3. Trigonometrie und Winkelfunktionen	2
1.2. Differentiation und Integration	3
1.2.1. Differentiation	3
1.2.2. Integration	4
2. Grundlagen des Messens und Modellbildung in der Physik	5
2.1. Physikalische Beschreibung der Natur	5
2.1.1. Axiomatik der Physik	5
2.1.2. Physikalische Methoden in den Lebenswissenschaften	5
2.2. Physikalische Größen und Einheiten	6
2.2.1. Basisgrößen	6
2.2.2. Maßzahlen	8
2.3. Messstatistik und Fehlerrechnung	8
2.3.1. Arten von Messfehlern	8
2.3.2. Fehlergrößen	9
2.3.3. Fehlerfortpflanzung	10
2.3.4. Korrelation, statistische Tests	10
2.3.5. Grafische Darstellung abhängiger Größen	11
3. Mechanik starrer Körper	13
3.1. Kinematik – Bewegungslehre	13
3.1.1. Translation	15
3.1.2. Kreisförmige Bewegung	16
3.2. Dynamik – Lehre von den Kräften	17
3.2.1. Newtonsche Axiome	17
3.2.2. Verschiedene Kräfte	17
3.2.3. Trägheitskräfte, Kräftegleichgewicht	19
3.2.4. Arbeit, Energie	19
3.2.5. Leistung, Kraftstoß, Impuls	20
3.3. Erhaltungssätze der Mechanik	20
3.3.1. Energieerhaltungssatz	20
3.3.2. Impulserhaltungssatz	20
3.4. Rotation ausgedehnter Körper	21
3.4.1. Freiheitsgrade, Schwerpunkt, Gleichgewicht	21
3.4.2. Drehmoment und Hebel	22
3.4.3. Trägheitsmoment, Drehimpuls	23
3.4.4. Analogien physikalischer Größen bei Translation und Rotation	24
4. Mechanik deformierbarer Körper, Fluidmechanik	25
4.1. Aufbau der Materie	25
4.1.1. Bausteine der Materie	25
4.1.2. Makroskopische Beschreibung	25
4.2. Stoffmengenbezogene Größen	26
4.3. Elastische Verformung von Festkörpern	27

4.4. Flüssigkeiten und Gase, statische Prozesse	28
4.4.1. Druck	28
4.4.2. Grenzflächen, Oberflächenspannung	30
4.5. Dynamik von Flüssigkeiten und Gasen	31
4.5.1. Inkompressible Flüssigkeit, Kontinuitätsgleichung	31
4.5.2. Ideale Flüssigkeit, Bernoulli-Gleichung	32
4.5.3. Viskosität	33
4.5.4. Strömungswiderstand, Volumenarbeit	34
4.5.5. Laminare und turbulente Strömung	35
4.5.6. Gesetz von Hagen-Poiseuille	35
4.5.7. Messung von Strömungsgrößen	36
5. Schwingungen und Wellen	37
5.1. Schwingungen	37
5.1.1. Beschreibung von Schwingungen	37
5.1.2. Erzwungene Schwingungen, Resonanz	39
5.1.3. Überlagerung von Schwingungen	39
5.2. Wellen	40
5.2.1. Kennwerte	40
5.2.2. Ausbreitung von Wellen	41
5.2.3. Dopplereffekt	42
5.3. Schall, Schallfeldgrößen	42
5.4. Gehör und Stimme	44
5.4.1. Das menschliche Gehör	44
5.4.2. Hörakustik	45
5.4.3. Hörstörungen	45
5.4.4. Phonation der Stimme	46
5.5. Ultraschall	46
5.5.1. Erzeugung und Nachweis von Ultraschall	46
5.5.2. Ausbreitung im Gewebe	47
5.5.3. Ultraschall in Diagnostik und Therapie	47
5.5.4. Wechselwirkung von Ultraschall mit Materie, biologische Wirkung	48
6. Wärmelehre	51
6.1. Temperatur als Zustandsgröße	51
6.1.1. Temperaturskalen	51
6.1.2. Thermische Ausdehnung	52
6.2. Gase	53
6.2.1. Zustandsgleichung idealer Gase	53
6.2.2. Gasgemische	54
6.2.3. Reale Gase	54
6.2.4. Kinetische Gastheorie	54
6.3. Wärme als Energie	55
6.3.1. Wärmemenge, Wärmekapazität	55
6.3.2. Kalorimetrie	56
6.3.3. Adiabatische Zustandsänderungen	57
6.3.4. Die Hauptsätze der Wärmelehre	57
6.4. Transportvorgänge, Stoffgemische	58
6.4.1. Wärmetransportprozesse	59
6.4.2. Diffusion	60
6.4.3. Osmose	60
6.5. Phasen und Phasenübergänge	61
6.5.1. Phasenübergänge	62
6.5.2. Dampfdruck	63
6.5.3. Luftfeuchtigkeit	63
6.5.4. Dampfdruckerniedrigung bei Lösungen	64
6.5.5. Absorption von Gasen	64

6.6.	Einige Anwendungen in der Medizin	64
6.6.1.	Zur Wärmebilanz des Körpers	64
6.6.2.	Gasvolumina in der Lungenfunktionsdiagnostik	65
6.6.3.	Wirkung tiefer Temperaturen auf biologisches Gewebe	65
7.	Elektrizitätslehre	67
7.1.	Elektrostatik	67
7.1.1.	Elektrisches Feld	67
7.1.2.	Potential und Spannung	68
7.1.3.	Dipol	68
7.1.4.	Geladener Kondensator	69
7.1.5.	Polarisation und Influenz	70
7.1.6.	Auf- und Entladung von Kondensatoren	70
7.2.	Membranpotentiale	71
7.2.1.	Nernst-Gleichung	71
7.2.2.	Membranpotential an Zellen	71
7.3.	Gleichstromkreis	72
7.3.1.	Elektrische Leitung, Widerstand	72
7.3.2.	Kirchhoffsche Gesetze, Reihen und Parallelschaltung	74
7.3.3.	Innenwiderstand von Spannungsquellen	75
7.4.	Wechselstromkreis	76
7.4.1.	Wechselspannung	76
7.4.2.	Widerstand bei Wechselstrom	77
7.4.3.	Elektrische Filter	77
7.5.	Magnetismus	78
7.5.1.	Magnetisches Feld	78
7.5.2.	Lorentz-Kraft	79
7.5.3.	Stromdurchflossene Leiter	80
7.5.4.	Selbstinduktion, Induktivität	80
7.5.5.	Transformator	81
7.5.6.	Elektromagnetische Schwingungen	81
7.6.	Elektrische Leitung in Festkörpern, Gasen, Flüssigkeiten	82
7.6.1.	Austrittsarbeit in Metallen	82
7.6.2.	Glühemission und Photoeffekt	82
7.6.3.	Metalle und Halbleiter	82
7.6.4.	Gasentladung	83
7.6.5.	Elektrolyte	83
7.6.6.	Galvanische Elemente	84
7.7.	Organische Wirkung und Gefährdung	85
8.	Mess- und Regelprozesse	87
8.1.	Messwertaufnahme und -verarbeitung	87
8.1.1.	Messwertaufnehmer (Sensoren)	87
8.1.2.	Signal und Information	88
8.2.	Regelprozesse	89
8.2.1.	Steuerung und Regelung	89
8.2.2.	Biologische Regelkreise	89
9.	Optik	91
9.1.	Natur von Licht	91
9.2.	Brechung und Reflexion	92
9.2.1.	Lichtstrahlen	92
9.2.2.	Reflexion	92
9.2.3.	Optische Dichte, Brechung	94
9.2.4.	Dispersion	95
9.3.	Optische Abbildungen	95
9.3.1.	Brennweite und Brechkraft	95

9.3.2.	Abbildung an dünnen Linsen	96
9.3.3.	Bildkonstruktion für dicke Linsen und Linsensysteme, Kardinalpunkte	98
9.3.4.	Optische Vergrößerung einer Linse	98
9.3.5.	Abbildungsfehler	99
9.4.	Wellenoptik	99
9.4.1.	Polarisation	99
9.4.2.	Interferenz, Beugung, Kohärenz	100
9.5.	Mikroskop	101
9.5.1.	Lichtmikroskop	101
9.5.2.	Hochauflösende Mikroskopie	103
9.6.	Das Auge	104
9.6.1.	Optische Abbildung im Auge (Dioptrik)	104
9.6.2.	Funktion des Auges	104
9.6.3.	Augenfehler	105
9.7.	Emission und Absorption von Strahlung	106
9.7.1.	Strahlungsmessgrößen	106
9.7.2.	Lichtmessung (Photometrie)	107
9.7.3.	Absorption von Strahlung, Extinktion von Licht	107
9.7.4.	Wärmestrahlung	109
10.	Atom- und Kernphysik	111
10.1.	Grundannahmen der Atomphysik	111
10.1.1.	Licht und Quanten, Photoeffekt	111
10.1.2.	Atomarer Aufbau, Bohrsches Atommodell	111
10.2.	Entstehung von elektromagnetischer Strahlung	113
10.2.1.	Energieübergänge	113
10.2.2.	Spektren	114
10.2.3.	Laser	115
10.2.4.	Röntgenstrahlung	115
10.3.	Atomkern	117
10.3.1.	Aufbau des Atomkerns	117
10.3.2.	Radioaktivität	118
10.3.3.	Gesetz des radioaktiven Zerfalls	119
10.3.4.	Natürliche und künstliche Radioaktivität	120
10.4.	Wechselwirkungen zwischen Strahlung und Materie	121
10.4.1.	Wechselwirkungsprozesse	121
10.4.2.	Schwächungsgesetz	122
10.5.	Dosimetrie	123
10.5.1.	Dosimetrische Größen	123
10.5.2.	Nachweis ionisierender Strahlung	124
11.	Radiologie	127
11.1.	Biologische Wirkung ionisierender Strahlen	127
11.1.1.	Wirkprozesse	127
11.1.2.	Strahlenrisiko	127
11.2.	Strahlenschutz	130
11.3.	Strahlentherapie	131
11.3.1.	Strahlenarten, Strahlenquellen	131
11.3.2.	Verteilung der Dosis im Körper	132
11.4.	Diagnostik mit bildgebenden Verfahren	133
11.4.1.	Planare Abbildung	133
11.4.2.	Digitale Bildaufnahme	134
11.4.3.	Transmissions-Tomographie	134
11.5.	Röntgendiagnostik	135
11.5.1.	Planare Radiographie	135
11.5.2.	Computer-Tomographie (CT)	137

11.6. Nuklearmedizin	138
11.6.1. Offene Radionuklide	138
11.6.2. Szintigraphie, Anger-Kamera	139
11.6.3. Emissions-Computer-Tomographie, SPECT	139
11.6.4. Positronen-Emissions-Tomographie (PET)	140
11.7. Verfahren ohne Einsatz ionisierender Strahlung	140
11.7.1. Magnetresonanztomographie	140
A. Anhang: Wichtige Größen und Konstanten	143