

# Inhaltsverzeichnis

Verwendete physikalische Symbole .....	XVII
--	------

## 1 Einführung

1.1 Physikalischer Erkenntnisprozess .....	3
1.2 Bereiche der physikalischen Erkenntnis .....	5
1.3 Physikalische Größen. ....	8
1.3.1 Definition und Maßeinheit .....	8
1.3.2 Messgenauigkeit .....	14
1.3.3 Fehlerfortpflanzung .....	18
1.3.4 Kurvenanpassung .....	18
1.3.5 Ausgleichsgeradenkonstruktion .....	21
1.3.6 Korrelationsanalyse .....	22

## 2 Mechanik

2.1 Einführung .....	29
2.2 Kinematik des Punktes .....	29
2.2.1 Eindimensionale Kinematik. ....	30
2.2.2 Dreidimensionale Kinematik. ....	36
2.2.3 Kreisbewegungen .....	39
2.3 Grundgesetze der klassischen Mechanik .....	43
2.3.1 Konzept der klassischen Dynamik. ....	43
2.3.2 Die Newton'schen Axiome .....	43
2.3.3 Masse. ....	44
2.3.4 Kraft. ....	45
2.4 Dynamik in bewegten Bezugssystemen. ....	50
2.4.1 Relativ zueinander geradlinig bewegte Bezugssysteme. ....	50
2.4.2 Gleichförmig rotierende Bezugssysteme. ....	52
2.5 Impuls. ....	56
2.5.1 Impuls eines materiellen Punktes .....	56
2.5.2 Impuls eines Systems materieller Punkte .....	58
2.5.3 Raketengleichung .....	60
2.6 Arbeit und Energie .....	62
2.6.1 Arbeit. ....	62
2.6.2 Leistung, Wirkungsgrad .....	64
2.6.3 Energie .....	66
2.6.4 Energieerhaltungssatz. ....	67
2.7 Stoßprozesse .....	68
2.7.1 Übersicht und Grundbegriffe. ....	68
2.7.2 Gerader, zentraler, elastischer Stoß .....	69
2.7.3 Gerader, zentraler, unelastischer Stoß .....	71
2.7.4 Schiefe, zentrale Stöße .....	73

2.8	<b>Drehbewegungen</b> .....	75
2.8.1	Drehmoment .....	75
2.8.2	Newton'sches Aktionsgesetz der Drehbewegung .....	75
2.8.3	Arbeit, Leistung und Energie bei der Drehbewegung .....	77
2.8.4	Drehbewegungen von Systemen materieller Punkte .....	78
2.8.5	Analogie Translation und Rotation .....	79
2.9	<b>Mechanik starrer Körper</b> .....	80
2.9.1	Freiheitsgrade und Kinematik .....	80
2.9.2	Kräfte am starren Körper .....	82
2.9.3	Schwerpunkt und potentielle Energie eines starren Körpers .....	85
2.9.4	Kinetische Energie eines starren Körpers .....	86
2.9.5	Massenträgheitsmomente starrer Körper .....	88
2.9.6	Kreisel .....	95
2.10	<b>Gravitation</b> .....	101
2.10.1	Beobachtungen .....	101
2.10.2	Newton'sches Gravitationsgesetz .....	103
2.10.3	Hubarbeit und potentielle Energie .....	104
2.10.4	Satellitenbahnen .....	106
2.11	<b>Mechanik deformierbarer fester Körper – Elastomechanik</b> .....	108
2.11.1	Elastische Verformung .....	108
2.11.2	Plastische Verformung .....	117
2.11.3	Härte fester Körper .....	119
2.12	<b>Mechanik der Flüssigkeiten und Gase-, Hydro- und Aeromechanik</b> .....	121
2.12.1	Ruhende Flüssigkeiten (Hydrostatik) und ruhende Gase (Aerostatik) .....	123
2.12.2	Fluide – strömende Flüssigkeiten (Hydrodynamik) und Gase (Aerodynamik) .....	135
<b>3</b>	<b>Thermodynamik</b>	
3.1	<b>Grundlagen</b> .....	175
3.1.1	Einführung .....	175
3.1.2	Thermodynamische Grundbegriffe .....	177
3.1.3	Temperatur .....	179
3.1.4	Thermische Ausdehnung .....	181
3.1.5	Allgemeine Zustandsgleichung idealer Gase .....	185
3.2	<b>Kinetische Gastheorie</b> .....	188
3.2.1	Gasdruck .....	188
3.2.2	Thermische Energie und Temperatur .....	190
3.2.3	Geschwindigkeitsverteilung der Gasmoleküle .....	192
3.3	<b>Hauptsätze der Thermodynamik</b> .....	194
3.3.1	Wärme .....	194
3.3.2	Erster Hauptsatz der Thermodynamik .....	197
3.3.3	Berechnung der Wärmekapazitäten .....	201
3.3.4	Spezielle Zustandsänderungen idealer Gase .....	204
3.3.5	Kreisprozesse .....	212

3.3.6	Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik . . . . .	222
3.3.7	Thermodynamische Potentiale . . . . .	229
3.3.8	Dritter Hauptsatz der Thermodynamik . . . . .	231
<b>3.4</b>	<b>Zustandsänderungen realer Gase . . . . .</b>	<b>232</b>
3.4.1	Van-der-Waals'sche Zustandsgleichung . . . . .	233
3.4.2	Gasverflüssigung (Joule-Thomson-Effekt) . . . . .	236
3.4.3	Phasenumwandlungen . . . . .	237
3.4.4	Dämpfe und Luftfeuchtigkeit . . . . .	245
<b>3.5</b>	<b>Wärmeübertragung . . . . .</b>	<b>248</b>
3.5.1	Wärmeleitung . . . . .	248
3.5.2	Konvektion . . . . .	254
3.5.3	Wärmestrahlung . . . . .	258
3.5.4	Wärmedurchgang . . . . .	264
<b>4</b>	<b>Elektrizität und Magnetismus . . . . .</b>	<b>270</b>
<b>4.1</b>	<b>Physikalische Gesetze und Definitionen . . . . .</b>	<b>270</b>
4.1.1	Ladung . . . . .	271
4.1.2	Stromstärke . . . . .	273
4.1.3	Spannung . . . . .	273
4.1.4	Widerstand und Leitwert . . . . .	275
4.1.5	Ohm'sches Gesetz . . . . .	278
4.1.6	Kirchhoff'sche Regeln im verzweigten Stromkreis . . . . .	278
4.1.7	Schaltung von Widerständen . . . . .	281
4.1.8	Messbereichserweiterung . . . . .	283
4.1.9	Ausgewählte Messanordnungen . . . . .	285
4.1.10	Klemmenspannung und innerer Widerstand . . . . .	287
4.1.11	Schaltung von Spannungsquellen . . . . .	288
4.1.12	Elektrische Leistung und elektrische Arbeit . . . . .	290
<b>4.2</b>	<b>Ladungstransport in Flüssigkeiten und Gasen . . . . .</b>	<b>292</b>
4.2.1	Ladungstransport in Flüssigkeiten . . . . .	292
4.2.2	Ladungstransport im Vakuum und in Gasen . . . . .	308
4.2.3	Plasmaströme . . . . .	317
<b>4.3</b>	<b>Elektrisches Feld . . . . .</b>	<b>317</b>
4.3.1	Allgemeiner Feldbegriff . . . . .	317
4.3.2	Beschreibung des elektrischen Feldes . . . . .	318
4.3.3	Elektrische Feldstärke und Kraft . . . . .	319
4.3.4	Elektrische Feldstärke und elektrostatisches Potential . . . . .	321
4.3.5	Bewegung geladener Teilchen im elektrischen Feld . . . . .	326
4.3.6	Leiter im elektrischen Feld . . . . .	331
4.3.7	Nichtleiter im elektrischen Feld, elektrische Polarisation und Permittivitätszahl . . . . .	340
4.3.8	Energieinhalt des elektrischen Feldes . . . . .	350
<b>4.4</b>	<b>Magnetisches Feld . . . . .</b>	<b>351</b>
4.4.1	Beschreibung des magnetischen Feldes . . . . .	351

4.4.2	Magnetische Feldstärke und Durchflutungsgesetz . . . . .	352
4.4.3	Magnetische Flussdichte und Kraftwirkungen im Magnetfeld . . . . .	357
4.4.4	Materie im Magnetfeld . . . . .	368
<b>4.5</b>	<b>Instationäre Felder</b> . . . . .	<b>383</b>
4.5.1	Elektromagnetische Induktion . . . . .	383
4.5.2	Periodische Felder (Wechselstromkreis) . . . . .	390
4.5.3	Ein- und Ausschaltvorgänge in Stromkreisen . . . . .	404
4.5.4	Messgeräte . . . . .	408
4.5.5	Zusammenhang elektrischer und magnetischer Größen – Maxwell'sche Gleichungen . . . . .	412
<b>5</b>	<b>Schwingungen und Wellen</b>	
<b>5.1</b>	<b>Schwingungen</b> . . . . .	<b>419</b>
5.1.1	Physikalische Grundlagen schwingungsfähiger Systeme . . . . .	419
5.1.2	Freie Schwingung . . . . .	423
5.1.3	Erzwungene Schwingung . . . . .	443
5.1.4	Überlagerung von Schwingungen . . . . .	450
5.1.5	Schwingungen mit mehreren Freiheitsgraden (gekoppeltes Schwingungssystem) . . . . .	459
5.1.6	Nichtlineare Schwinger . . . . .	463
5.1.7	Parametrisch erregte Schwingungen . . . . .	463
<b>5.2</b>	<b>Wellen</b> . . . . .	<b>464</b>
5.2.1	Physikalische Grundlagen der Wellenausbreitung . . . . .	464
5.2.2	Harmonische Wellen . . . . .	468
5.2.3	Doppler-Effekt . . . . .	474
5.2.4	Interferenz . . . . .	477
<b>6</b>	<b>Optik</b>	
<b>6.1</b>	<b>Einführung</b> . . . . .	<b>491</b>
<b>6.2</b>	<b>Geometrische Optik</b> . . . . .	<b>492</b>
6.2.1	Lichtstrahlen . . . . .	492
6.2.2	Reflexion des Lichtes . . . . .	493
6.2.3	Brechung des Lichtes . . . . .	499
6.2.4	Abbildung durch Linsen . . . . .	510
6.2.5	Blenden im Strahlengang . . . . .	522
6.2.6	Abbildungsfehler . . . . .	523
6.2.7	Optische Instrumente . . . . .	523
<b>6.3</b>	<b>Radio- und Fotometrie</b> . . . . .	<b>534</b>
6.3.1	Einführung . . . . .	534
6.3.2	Strahlungsphysikalische Größen . . . . .	534
6.3.3	Lichttechnische Größen . . . . .	542
6.3.4	Farbmetrik . . . . .	545
<b>6.4</b>	<b>Wellenoptik</b> . . . . .	<b>549</b>
6.4.1	Interferenz und Beugung . . . . .	549
6.4.2	Polarisation des Lichtes . . . . .	578

6.5	<b>Quantenoptik</b> .....	588
6.5.1	Lichtquanten .....	588
6.5.2	Dualismus Teilchen–Welle .....	592
6.5.3	Wärmestrahlung .....	593
6.5.4	Laser .....	596
6.5.5	Materiewellen .....	600
6.6	<b>Abbildung mikroskopischer Objekte</b> .....	603
6.6.1	Beugungsbegrenzte Abbildung .....	603
6.6.2	Überwindung der Beugungsbegrenzung .....	606
<b>7</b>	<b>Akustik</b>	
7.1	<b>Einführung</b> .....	613
7.2	<b>Schallwellen</b> .....	614
7.2.1	Schallausbreitung .....	614
7.2.2	Schallwandler .....	619
7.2.3	Schallwellen an Grenzflächen .....	624
7.3	<b>Schallempfindung</b> .....	630
7.3.1	Physiologische Akustik .....	630
7.3.2	Musikalische Akustik .....	634
7.4	<b>Technische Akustik</b> .....	638
7.4.1	Raumakustik .....	638
7.4.2	Luftschalldämmung .....	641
7.4.3	Körperschalldämmung .....	642
7.4.4	Strömungsgeräusche .....	645
7.4.5	Ultraschall .....	647
7.4.6	Schalleinsatz .....	649
<b>8</b>	<b>Atom- und Kernphysik</b>	
8.1	<b>Bohr'sches Atommodell</b> .....	654
8.1.1	Optisches Spektrum des Wasserstoffatoms .....	654
8.1.2	Bohr'sche Postulate .....	657
8.1.3	Quantenbedingungen nach Bohr/Sommerfeld .....	659
8.2	<b>Quantentheorie</b> .....	659
8.2.1	Hamilton-Operator .....	662
8.2.2	Schrödinger-Gleichung .....	664
8.2.3	Unschärferelation .....	669
8.2.4	Quantenmechanik des Wasserstoffatoms .....	673
8.2.5	Quanten-Hall-Effekt .....	677
8.2.6	Tunneleffekt .....	684
8.3	<b>Bahn- und Spinmagnetismus</b> .....	686
8.3.1	Zeeman- und Stark-Effekt .....	690
8.3.2	Elektronen- und Kernspinresonanz .....	690
8.4	<b>Systematik des Atombaus</b> .....	692

8.4.1	Periodensystem der Elemente . . . . .	692
8.4.2	Aufbau der Elektronenhülle . . . . .	693
<b>8.5</b>	<b>Röntgenstrahlung</b> . . . . .	<b>694</b>
8.5.1	Bremsstrahlung und charakteristische Strahlung . . . . .	694
8.5.2	Absorption von Röntgenstrahlung, Computertomographie . . . . .	695
<b>8.6</b>	<b>Molekülspektren</b> . . . . .	<b>698</b>
8.6.1	Potentialkurve . . . . .	698
8.6.2	Rotations-Schwingungs-Spektrum . . . . .	700
8.6.3	Raman-Effekt . . . . .	703
<b>8.7</b>	<b>Aufbau der Atomkerne</b> . . . . .	<b>703</b>
8.7.1	Größe und Ladungsverteilung . . . . .	703
8.7.2	Kernmodelle . . . . .	706
<b>8.8</b>	<b>Kernumwandlung</b> . . . . .	<b>714</b>
8.8.1	Radioaktiver Zerfall . . . . .	715
8.8.2	Kernreaktionen . . . . .	730
8.8.3	Kernspaltung und Kernreaktoren . . . . .	733
8.8.4	Kernfusion . . . . .	741
<b>8.9</b>	<b>Elementarteilchen</b> . . . . .	<b>746</b>
8.9.1	Einteilung . . . . .	748
8.9.2	Erhaltungssätze . . . . .	752
8.9.3	Fundamentale Wechselwirkungen . . . . .	754
<b>8.10</b>	<b>Strahlenschutz</b> . . . . .	<b>756</b>
8.10.1	Wechselwirkung der Strahlung mit Materie . . . . .	757
8.10.2	Dosisgrößen . . . . .	765
8.10.3	Biologische Wirkung der Strahlung . . . . .	770
8.10.4	Dosismessung . . . . .	773
8.10.5	Strahlenschutzmaßnahmen . . . . .	776
<b>9</b>	<b>Festkörperphysik</b>	
<b>9.1</b>	<b>Struktur fester Körper</b> . . . . .	<b>785</b>
9.1.1	Kristallbindungsarten . . . . .	785
9.1.2	Kristalline Strukturen . . . . .	788
9.1.3	Gitterfehler . . . . .	792
9.1.4	Amorphe Werkstoffe . . . . .	794
9.1.5	Makromolekulare Festkörper . . . . .	796
9.1.6	Ausgewählte Werkstoffe . . . . .	800
9.1.7	Flüssigkristalle . . . . .	806
<b>9.2</b>	<b>Elektronen in Festkörpern</b> . . . . .	<b>809</b>
9.2.1	Energiebänder-Modell . . . . .	809
9.2.2	Metalle . . . . .	812
9.2.3	Halbleiter . . . . .	818
9.2.4	Supraleitung . . . . .	832
<b>9.3</b>	<b>Thermodynamik fester Körper</b> . . . . .	<b>837</b>

9.3.1	Gitterschwingungen .....	837
9.3.2	Effekte im Zusammenhang mit Wärmefluss und elektrischem Strom .....	845
9.3.3	Piezoelektrizität .....	847
9.4	<b>Optoelektronische Halbleiter-Bauelemente .....</b>	<b>850</b>
9.4.1	Strahlungsquellen .....	850
9.4.2	Empfänger .....	854
<b>10</b>	<b>Spezielle Relativitätstheorie</b>	
10.1	Relativität des Bezugssystems .....	867
10.2	Lorentz-Transformation .....	870
10.3	Relativistische Effekte .....	872
10.3.1	Längenkontraktion .....	872
10.3.2	Zeitdilatation .....	872
10.3.3	Relativistische Addition der Geschwindigkeiten .....	874
10.4	Relativistische Dynamik .....	875
10.5	Spezielle Relativitätstheorie in der Elektrodynamik .....	878
10.5.1	Elektrodynamische Kraft .....	878
10.5.2	Doppler-Effekt des Lichtes .....	880
<b>11</b>	<b>Anhang</b>	<b>885</b>
11.1	Lösungen der Übungsaufgaben .....	885
11.2	Nobelpreisträger der Physik .....	973
<b>12</b>	<b>Namen- und Sachverzeichnis</b>	<b>987</b>