

**Physik A3**  
**WS 2007 / 08**

Dieter Suter

5. Februar 2008

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>7</b>
1.1	Organisatorisches . . . . .	7
1.1.1	Inhaltsübersicht . . . . .	7
1.1.2	Übungen . . . . .	7
1.1.3	Klausur . . . . .	7
1.1.4	Literaturangaben . . . . .	7
1.2	Was ist Physik ? . . . . .	8
1.2.1	Physikalische Fragestellungen . . . . .	8
1.2.2	Erkenntnisprozess . . . . .	8
1.2.3	Experimente . . . . .	9
1.2.4	Messgeräte . . . . .	10
1.2.5	Abschätzungen . . . . .	10
1.2.6	Bedeutung für den Alltag . . . . .	11
1.2.7	Bedeutung für Ingenieure . . . . .	11
1.3	Physik in Dortmund . . . . .	11
1.3.1	Struktur des Fachbereichs . . . . .	11
1.3.2	Festkörperphysik . . . . .	12
1.3.3	Teilchenphysik . . . . .	13
1.3.4	Didaktik der Physik . . . . .	13
1.3.5	Beschleunigerphysik / DELTA . . . . .	13
1.4	Physikalische Größen, Maßeinheiten . . . . .	14
1.4.1	Grundlagen und Definitionen . . . . .	14
1.4.2	Grundgrößen im SI-System . . . . .	14
1.4.3	Zehnerpotenzen: Vorsilben und Abkürzungen . . . . .	16
1.4.4	Abgeleitete Größen . . . . .	16
1.4.5	Naturkonstanten . . . . .	17
1.5	Messfehler . . . . .	17
1.5.1	Systematische Fehler . . . . .	17
1.5.2	Statistische Fehler . . . . .	17
1.5.3	Verteilungsfunktion . . . . .	18
1.5.4	Fehlerfortpflanzung . . . . .	19
1.5.5	Differenzmessungen . . . . .	20
1.5.6	Fitten . . . . .	21
<b>2</b>	<b>Mechanik</b>	<b>22</b>
2.1	Kinematik . . . . .	22
2.1.1	Grundbegriffe . . . . .	22
2.1.2	Eindimensionale Kinematik . . . . .	22
2.1.3	Konstante Beschleunigung . . . . .	23

2.1.4	Kinematik in zwei und drei Dimensionen . . . . .	25
2.1.5	Wurfparabel . . . . .	25
2.1.6	Unabhängigkeitsprinzip . . . . .	27
2.2	Dynamik von Massenpunkten . . . . .	28
2.2.1	Definitionen . . . . .	28
2.2.2	Newton'sche Axiome . . . . .	29
2.2.3	Kräfte . . . . .	30
2.2.4	Reibungskräfte . . . . .	31
2.2.5	Raketengleichung . . . . .	32
2.3	Arbeit und Energie . . . . .	34
2.3.1	Motivation und Definition . . . . .	34
2.3.2	Beispiele . . . . .	35
2.3.3	Energie . . . . .	36
2.3.4	Potenzielle Energie . . . . .	37
2.3.5	Kraft und Gleichgewicht . . . . .	38
2.3.6	Umwandlung und Erhaltung von Energie . . . . .	38
2.3.7	Anwendungen . . . . .	39
2.4	Stoßprozesse . . . . .	40
2.4.1	Definition und Motivation . . . . .	40
2.4.2	Klassifikation von Stoßprozessen . . . . .	41
2.4.3	Elastischer 2-Körperstoß . . . . .	41
2.4.4	Unelastischer 2-Körperstoß . . . . .	43
2.4.5	Elastischer Stoß in zwei Dimensionen . . . . .	43
2.5	Dynamik der Drehbewegung . . . . .	44
2.5.1	Drehimpuls . . . . .	44
2.5.2	Drehmoment . . . . .	46
2.5.3	Pirouette . . . . .	46
2.5.4	Planetenbahnen: Die Kepler'schen Gesetze . . . . .	47
2.5.5	Theorie der Gravitation . . . . .	49
2.6	Mechanik in bewegten Bezugssystemen . . . . .	49
2.6.1	Galilei'sche Relativität . . . . .	49
2.6.2	Relativgeschwindigkeit . . . . .	50
2.6.3	Gleichförmig beschleunigte Bezugssysteme . . . . .	50
2.6.4	Schwerelosigkeit . . . . .	51
2.6.5	Kreisbewegung . . . . .	52
2.6.6	Bewegungsgleichung im rotierenden Bezugssystem . . . . .	53
2.6.7	Scheinkräfte im rotierenden Koordinatensystem . . . . .	53
2.6.8	Zentrifugalkraft . . . . .	54
2.6.9	Corioliskraft . . . . .	55
2.7	Hydrostatik . . . . .	57
2.7.1	Aggregatzustände . . . . .	57
2.7.2	Spannung . . . . .	57
2.7.3	Hydrostatischer Druck und Kompressibilität . . . . .	58
2.7.4	Hydraulische Kraftübertragung . . . . .	58
2.7.5	Schweredruck . . . . .	59
2.7.6	Hydrostatischer Druck in Gasen . . . . .	60
2.7.7	Auftrieb . . . . .	61

2.8	Grenzflächeneffekte . . . . .	63
2.8.1	Oberflächenspannung . . . . .	63
2.8.2	Minimalflächen . . . . .	64
2.8.3	Benetzung . . . . .	65
2.8.4	Kapillarkräfte . . . . .	66
2.9	Hydrodynamik und Aerodynamik . . . . .	67
2.9.1	Stromlinien und Geschwindigkeitsfelder . . . . .	67
2.9.2	Kontinuitätsgleichung . . . . .	68
2.9.3	Bernoullische Gleichung . . . . .	69
2.9.4	Druckänderung in einer Strömung . . . . .	70
2.9.5	Demonstrationen zur Bernoulli-Gleichung . . . . .	71
2.9.6	Viskosität . . . . .	71
2.9.7	Die Reynolds-Zahl . . . . .	72
2.9.8	Strömungswiderstand . . . . .	73
2.9.9	Rohrdurchfluss . . . . .	73
2.9.10	Das Gesetz von Hagen-Poiseuille . . . . .	74
2.9.11	Strömende Gase (Ärodynamik) . . . . .	75
<b>3</b>	<b>Elektrizität und Magnetismus</b>	<b>77</b>
3.1	Ladung und Feld . . . . .	77
3.1.1	Übersicht . . . . .	77
3.1.2	Elektrostatische Wechselwirkung . . . . .	78
3.1.3	Elektrisches Feld . . . . .	79
3.1.4	Feldlinien . . . . .	81
3.1.5	Elektrostatisches Potenzial . . . . .	81
3.1.6	Äquipotenzialflächen . . . . .	83
3.1.7	Feldgleichung . . . . .	84
3.1.8	Ladungsverteilungen und Felder . . . . .	85
3.1.9	Elektrische Dipole . . . . .	86
3.1.10	Bewegung geladener Teilchen im elektrischen Feld . . . . .	87
3.2	Materie im elektrischen Feld . . . . .	88
3.2.1	Felder und elektrische Leiter . . . . .	89
3.2.2	Feldfreie Räume . . . . .	90
3.2.3	Influenzladung . . . . .	90
3.2.4	Dipole in einem äußeren Feld . . . . .	91
3.2.5	Dipol im inhomogenen Feld . . . . .	92
3.2.6	Kondensatoren . . . . .	93
3.2.7	Kugelkondensator . . . . .	94
3.2.8	Elektrisches Feld und Verschiebungsdichte im Plattenkondensator . . . . .	95
3.2.9	Mikroskopisches Modell . . . . .	96
3.2.10	Depolarisationsfeld . . . . .	97
3.2.11	Energie des elektrischen Feldes . . . . .	97
3.2.12	Kräfte auf Dielektrika in Feldrichtung . . . . .	98
3.2.13	Kräfte auf Dielektrika senkrecht zur Feldrichtung . . . . .	99
3.3	Stationäre Ströme . . . . .	100
3.3.1	Ladungstransport . . . . .	100
3.3.2	Phänomenologie . . . . .	101

3.3.3	Definitionen . . . . .	102
3.3.4	Spezifischer Widerstand in Ohm'schen Leitern . . . . .	103
3.3.5	Driftgeschwindigkeit . . . . .	104
3.3.6	Modelle für die Leitfähigkeit . . . . .	105
3.3.7	Supraleiter . . . . .	105
3.3.8	Halbleiter . . . . .	106
3.3.9	Ladungstransport in Gasen und Flüssigkeiten . . . . .	106
3.3.10	Elektrische Leistung . . . . .	108
3.3.11	Elektrische Schaltelemente . . . . .	108
3.3.12	Kirchhoff'sche Gesetze . . . . .	108
3.3.13	Einfache Schaltungen . . . . .	109
3.3.14	Wheatstone'sche Brückenschaltung . . . . .	110
3.4	Magnetfelder . . . . .	111
3.4.1	Grundlagen . . . . .	111
3.4.2	Dipole im Magnetfeld . . . . .	111
3.4.3	Feldlinien, Pole . . . . .	112
3.4.4	Durchflutungsgesetz . . . . .	113
3.4.5	Magnetfelder stromdurchflossener Leiter . . . . .	113
3.4.6	Biot-Savart Gesetz . . . . .	114
3.4.7	Magnetfeld ringförmiger Spulen . . . . .	115
3.4.8	Flussdichte und magnetische Feldenergie . . . . .	116
3.5	Bewegte Ladungen im Magnetfeld . . . . .	116
3.5.1	Lorentzkraft . . . . .	116
3.5.2	Spezifische Ladung . . . . .	117
3.5.3	Bahnen im Magnetfeld . . . . .	118
3.5.4	Geladene Teilchen im Erdmagnetfeld . . . . .	118
3.5.5	Gekreuzte E- und B-Felder . . . . .	120
3.5.6	Hall Effekt . . . . .	120
3.5.7	Stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld . . . . .	122
3.5.8	Parallele stromdurchflossene Leiter . . . . .	122
3.5.9	Drehmoment auf Leiterschleife . . . . .	123
3.5.10	Elektromagnetische Bezugssysteme . . . . .	124
3.6	Materie im Magnetfeld . . . . .	126
3.6.1	Magnetisches Moment . . . . .	126
3.6.2	Magnetische Eigenschaften . . . . .	127
3.6.3	Klassifikation magnetischen Verhaltens . . . . .	128
3.6.4	Ferromagnetismus . . . . .	129
3.6.5	Magnetische Hysterese . . . . .	132
3.6.6	Magnetische Eigenschaften von Supraleitern . . . . .	133
3.7	Zeitabhängige Felder und Ströme . . . . .	134
3.7.1	Magnetischer Fluss, magnetische Flussdichte . . . . .	134
3.7.2	Induktionsgesetz . . . . .	135
3.7.3	Wechselstromgenerator . . . . .	136
3.7.4	Lenz'sche Regel . . . . .	137
3.7.5	Wirbelströme . . . . .	137
3.7.6	Selbstinduktion . . . . .	138
3.7.7	Periodische Ströme und Felder . . . . .	139

3.7.8	Komplexe Schreibweise . . . . .	140
3.7.9	Impedanz . . . . .	141
3.7.10	Transformatoren . . . . .	142
3.7.11	Aperiodische Ströme . . . . .	143