

# Inhaltsverzeichnis

## Vorwort

v

1	Kristallstruktur	1
1.1	Periodische Strukturen – Grundbegriffe und Definitionen .....	3
1.1.1	Das Bravais-Gitter .....	3
1.1.2	Klassifizierung von Kristallgittern .....	7
1.1.3	Richtungen und Ebenen in Kristallen .....	20
1.1.4	Quasikristalle .....	21
1.2	Einfache Kristallstrukturen .....	24
1.2.1	Die sc-Struktur .....	25
1.2.2	Die fcc-Struktur .....	25
1.2.3	Die bcc-Struktur .....	26
1.2.4	Die hcp-Struktur .....	27
1.2.5	Die dhcp-Struktur .....	28
1.2.6	Die Natriumchloridstruktur .....	28
1.2.7	Die Cäsiumchloridstruktur .....	29
1.2.8	Die Diamantstruktur .....	30
1.2.9	Die Zinkblende- und Wurtzit-Struktur .....	31
1.2.10	Die Graphitstruktur .....	33
1.3	Festkörperoberflächen .....	35
1.4	Reale Kristalle .....	37
1.4.1	Strukturelle Fehlordnung .....	37
1.4.2	Chemische Fehlordnung .....	43
1.5	Nicht-kristalline Festkörper .....	44
1.5.1	Die radiale Verteilungsfunktion .....	44
1.5.2	Flüssigkristalle .....	46
1.6	Vertiefungsthema: Direkte Abbildung von Kristallstrukturen .....	49
1.6.1	Elektronenmikroskopie .....	49
1.6.2	Rastersondentechniken .....	51
	Literatur .....	52
	Übungsaufgaben .....	53

<b>2</b>	<b>Strukturanalyse</b>	<b>57</b>
2.1	Das reziproke Gitter .....	58
2.1.1	Definition des reziproken Gitters .....	58
2.1.2	Fourier-Analyse .....	59
2.1.3	Die reziproken Gittervektoren .....	59
2.1.4	Die erste Brillouin-Zone .....	63
2.1.5	Gitterebenen und Millersche Indizes .....	64
2.1.6	Gegenüberstellung von direktem und reziprokem Raum .....	66
2.2	Beugung .....	67
2.2.1	Die Bragg-Bedingung .....	68
2.2.2	Die von Laue Bedingung .....	69
2.2.3	Zusammenhang zwischen Bragg und von Laue Bedingung .....	72
2.2.4	Allgemeine Beugungstheorie .....	73
2.2.5	Beispiele für Strukturfaktoren .....	79
2.2.6	Inelastische Streuung .....	80
2.2.7	Der Debye-Waller Faktor .....	83
2.2.8	Vertiefungsthema: Der Mößbauer-Effekt .....	86
2.3	Experimentelle Methoden .....	89
2.3.1	Wellentypen .....	89
2.3.2	Methoden der Röntgendiffraktometrie .....	93
Literatur .....	96	
Übungsaufgaben .....	96	
<b>3</b>	<b>Bindungskräfte</b>	<b>101</b>
3.1	Grundlagen .....	102
3.1.1	Bindungsenergie und Schmelztemperatur .....	102
3.1.2	Elektronische Struktur der Atome .....	103
3.2	Die Van der Waals Bindung .....	108
3.2.1	Wechselwirkung zwischen fluktuierenden Dipolen .....	109
3.2.2	Abstoßende Wechselwirkung .....	111
3.2.3	Gleichgewichtsgitterkonstante .....	113
3.2.4	Kompressibilität .....	115
3.3	Die ionische Bindung .....	116
3.3.1	Madelungenergie .....	117
3.3.2	Gleichgewichtsgitterkonstante .....	121
3.3.3	Kompressibilität .....	121
3.4	Die kovalente Bindung .....	122
3.4.1	Das $H_2^+$ -Molekülion .....	123
3.4.2	Das $H_2$ -Molekül .....	127
3.4.3	Vertiefungsthema: Hybridisierung .....	134

3.5	Die metallische Bindung .....	141
3.5.1	Bindungsenergie .....	142
3.6	Die Wasserstoffbrückenbindung .....	145
3.7	Atom- und Ionenradien .....	146
3.7.1	Atomradien .....	147
3.7.2	Ionenradien .....	147
Literatur	.....	148
Übungsaufgaben	.....	149
<b>4</b>	<b>Elastische Eigenschaften</b>	<b>153</b>
4.1	Grundlagen .....	154
4.2	Spannung und Dehnung .....	154
4.2.1	Der Spannungstensor .....	154
4.2.2	Die Dehnungskomponenten .....	157
4.3	Der Elastizitätstensor .....	159
4.3.1	Elastische Energiedichte .....	160
4.3.2	Kristallsymmetrie und Elastizitätsmodul .....	161
4.4	Vertiefungsthema: Verspannungseffekte in epitaktischen Schichten .....	164
4.5	Technische Größen .....	167
4.6	Elastische Wellen .....	170
4.6.1	Elastische Wellen in kubischen Kristallen .....	171
4.6.2	Experimentelle Methoden .....	174
Literatur	.....	175
Übungsaufgaben	.....	176
<b>5</b>	<b>Gitterdynamik</b>	<b>177</b>
5.1	Grundlegendes .....	178
5.1.1	Die adiabatische Näherung .....	178
5.1.2	Die harmonische Näherung .....	182
5.2	Klassische Theorie .....	184
5.2.1	Bewegungsgleichungen .....	184
5.2.2	Kristallgitter mit einatomiger Basis .....	186
5.2.3	Kristallgitter mit zweiatomiger Basis .....	191
5.2.4	Gitterschwingungen – dreidimensionaler Fall .....	197
5.3	Zustandsdichte im Phononenspektrum .....	199
5.3.1	Randbedingungen .....	200
5.3.2	Zustandsdichte im Impulsraum .....	203
5.3.3	Zustandsdichte im Frequenzraum .....	204

5.4	Quantisierung der Gitterschwingungen .....	207
5.4.1	Das Quantenkonzept .....	207
5.4.2	Phononen .....	208
5.4.3	Der Impuls von Phononen .....	210
5.5	Experimentelle Methoden .....	211
5.5.1	Inelastische Neutronenstreuung .....	214
5.5.2	Inelastische Lichtstreuung .....	215
Literatur .....		220
Übungsaufgaben .....		220
<b>6</b>	<b>Thermische Eigenschaften</b>	<b>225</b>
6.1	Spezifische Wärme .....	226
6.1.1	Definition der spezifischen Wärme .....	226
6.1.2	Klassische Betrachtung .....	227
6.1.3	Quantenmechanische Betrachtung .....	231
6.1.4	Temperaturverlauf der spezifischen Wärme .....	234
6.1.5	Debye- und Einstein-Näherung .....	236
6.1.6	Phononenanzahl und Nullpunktsenergie .....	242
6.1.7	Vertiefungsthema: Analogie zwischen Phononen- und Photonengas .....	243
6.2	Anharmonische Effekte .....	245
6.2.1	Anharmonisches Potenzial .....	246
6.3	Thermische Ausdehnung .....	249
6.3.1	Mittlere Auslenkung .....	249
6.3.2	Vertiefungsthema: Zustandsgleichung und thermische Ausdehnung .....	251
6.4	Wärmeleitfähigkeit .....	256
6.4.1	Definition der Wärmeleitfähigkeit .....	256
6.4.2	Transporttheorie .....	256
6.4.3	Temperaturabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit .....	259
6.4.4	Spontaner Zerfall von Phononen .....	264
6.4.5	Vertiefungsthema: Wärmetransport in amorphen Festkörpern .....	265
6.4.6	Vertiefungsthema: Wärmetransport in niederdimensionalen Systemen .....	266
Literatur .....		269
Übungsaufgaben .....		269
<b>7</b>	<b>Das freie Elektronengas</b>	<b>273</b>
7.1	Modell des freien Elektronengases .....	275
7.1.1	Grundzustand .....	275
7.1.2	Fermi-Gas bei endlicher Temperatur .....	283
7.1.3	Das chemische Potenzial .....	285

7.2	Spezifische Wärme .....	288
7.2.1	Theorie .....	288
7.2.2	Experimentelle Ergebnisse .....	290
7.3	Transporteigenschaften .....	292
7.3.1	Elektrische Leitfähigkeit .....	293
7.3.2	Thermische Leitfähigkeit .....	300
7.3.3	Thermokraft .....	303
7.3.4	Bewegung im Magnetfeld .....	305
7.4	Niedrigdimensionale Elektronengassysteme .....	315
7.4.1	Zweidimensionales Elektronengas .....	315
7.4.2	Eindimensionales Elektronengas .....	318
7.4.3	Nulldimensionales Elektronengas .....	319
7.5	Transporteigenschaften von niederdimensionalen Elektronengasen .....	319
7.5.1	Eindimensionales Elektronengas: Leitwertquantisierung .....	320
7.5.2	Vertiefungsthema: Nulldimensionales Elektronengas: Coulomb-Blockade ..	322
Literatur .....	327	
Übungsaufgaben .....	328	
<b>8</b>	<b>Energiebänder</b>	<b>333</b>
8.1	Bloch-Elektronen .....	335
8.1.1	Bloch-Wellen im Ortsraum .....	338
8.1.2	Bloch-Wellen im $\mathbf{k}$ -Raum .....	339
8.1.3	Der Kristallimpuls .....	340
8.1.4	Dispersionsrelation und Bandstruktur .....	341
8.1.5	Reduziertes Zonenschema .....	343
8.2	Die Näherung fast freier Elektronen .....	345
8.2.1	Qualitative Diskussion .....	346
8.2.2	Quantitative Diskussion .....	348
8.3	Die Näherung stark gebundener Elektronen .....	353
8.3.1	Beispiele: kubische Gitter .....	357
8.3.2	Weitere Methoden zur Bandstrukturberechnung .....	360
8.3.3	Vertiefungsthema: Spin-Bahn-Kopplung .....	361
8.4	Metalle, Halbmetalle, Halbleiter, Isolatoren .....	362
8.4.1	Anzahl der Zustände pro Band .....	364
8.5	Zustandsdichte und Bandstrukturen .....	366
8.5.1	Zustandsdichte .....	366
8.5.2	Beispiele für Bandstrukturen .....	368
8.5.3	Experimentelle Bestimmung der Bandstruktur .....	370

8.6	Fermi-Flächen von Metallen .....	373
8.6.1	Quadratisches Gitter .....	374
Literatur .....	379	
Übungsaufgaben .....	379	
<b>9</b>	<b>Dynamik</b>	<b>381</b>
9.1	Semiklassisches Modell .....	383
9.1.1	Grundlagen des semiklassischen Modells .....	386
9.1.2	Gültigkeitsbereich des semiklassischen Modells .....	389
9.2	Bewegung von Kristallelektronen .....	390
9.2.1	Gefüllte Bänder .....	390
9.2.2	Teilweise gefüllte Bänder .....	391
9.2.3	Elektronen und Löcher .....	394
9.2.4	Semiklassische Bewegung im homogenen Magnetfeld .....	398
9.2.5	Semiklassische Bewegung in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern .....	402
9.2.6	Hall-Effekt und Magnetwiderstand im Hochfeldgrenzfall .....	403
9.3	Streuprozesse .....	407
9.3.1	Beschreibung von Streuprozessen .....	407
9.3.2	Streuquerschnitte .....	410
9.4	Boltzmann-Transportgleichung .....	417
9.4.1	Boltzmann-Gleichung und Relaxationszeit .....	418
9.4.2	Linearisierte Boltzmann-Gleichung .....	421
9.4.3	Relaxationszeit-Ansatz .....	421
9.5	Vertiefungsthema: Allgemeine Transportkoeffizienten .....	423
9.5.1	Elektrische Leitfähigkeit .....	428
9.5.2	Wärmeleitfähigkeit .....	429
9.5.3	Thermokraft .....	430
9.5.4	Peltier-Effekt .....	433
9.5.5	Thermomagnetische Effekte .....	434
9.5.6	Phononen-Mitführung .....	437
9.5.7	Quanteninterferenzeffekte .....	438
9.6	Vertiefungsthema: Magnetwiderstand .....	441
9.6.1	Magnetwiderstand und Hall-Effekt im Einband-Modell .....	442
9.6.2	Magnetwiderstand und Hall-Effekt im Zweiband-Modell .....	444
9.6.3	Hochfeld-Magnetwiderstand .....	447
9.7	Quantisierung der Bahnen .....	454
9.7.1	Freie Ladungsträger .....	454
9.7.2	Zustandsdichte im Magnetfeld .....	459

9.7.3	Kristallelektronen .....	460
9.7.4	Vertiefungsthema: Magnetischer Durchbruch .....	464
9.8	Experimentelle Bestimmung der Fermi-Flächen .....	466
9.8.1	De Haas-van Alphen-Effekt .....	466
9.8.2	Shubnikov-de Haas-Effekt .....	472
9.8.3	Vertiefungsthema: Zyklotronresonanz .....	473
9.8.4	Vertiefungsthema: Anomaler Skin-Effekt .....	475
	Literatur .....	475
	Übungsaufgaben .....	476
10	<b>Halbleiter</b>	481
10.1	Grundlegende Eigenschaften .....	483
10.1.1	Klassifizierung von Halbleitern .....	483
10.1.2	Intrinsische Halbleiter .....	487
10.1.3	Dotierte Halbleiter .....	499
10.1.4	Elektrische Leitfähigkeit .....	506
10.1.5	Hall-Effekt .....	509
10.1.6	Vertiefungsthema: Seebeck- und Peltier-Effekt .....	511
10.2	Inhomogene Halbleiter .....	512
10.2.1	$p$ - $n$ Übergang im thermischen Gleichgewicht .....	513
10.2.2	$p$ - $n$ Übergang mit angelegter Spannung .....	519
10.2.3	Schottky-Kontakt .....	525
10.2.4	Schottky-Kontakt mit angelegter Spannung .....	527
10.3	Halbleiter-Bauelemente .....	529
10.3.1	Zener-Diode .....	530
10.3.2	Esaki- oder Tunneldiode .....	532
10.3.3	Solarzelle .....	533
10.3.4	Bipolarer Transistor .....	540
10.4	Realisierung von niedrigdimensionalen Elektronengassystemen .....	543
10.4.1	Zweidimensionale Elektronengase .....	544
10.4.2	Vertiefungsthema: Halbleiter-Laser .....	551
10.5	Zweidimensionales Elektronengas: Quanten-Hall-Effekt .....	553
10.5.1	Zweidimensionales Elektronengas im Magnetfeld .....	553
10.5.2	Transporteigenschaften des zweidimensionalen Elektronengases .....	555
10.5.3	Ganzahligter Quanten-Hall-Effekt .....	557
10.5.4	Vertiefungsthema: Fraktionaler Quanten-Hall-Effekt .....	566
	Literatur .....	568
	Übungsaufgaben .....	570

---

11	Dielektrische Eigenschaften	573
11.1	Makroskopische Elektrodynamik .....	575
11.1.1	Die dielektrische Funktion .....	575
11.1.2	Kramers-Kronig-Relationen .....	578
11.1.3	Absorption, Transmission und Reflexion von elektromagnetischer Strahlung .....	579
11.1.4	Das lokale elektrische Feld .....	581
11.2	Mikroskopische Theorie .....	584
11.3	Elektronische Polarisation .....	586
11.3.1	Lorentzsches Oszillator-Modell .....	586
11.3.2	Vertiefungsthema: Quantenmechanische Beschreibung der elektronischen Polarisation .....	590
11.4	Ionische Polarisation .....	595
11.4.1	Eigenschwingungen von Ionenkristallen .....	597
11.4.2	Erzwungene Schwingungen von Ionenkristallen .....	599
11.5	Orientierungspolarisation .....	606
11.5.1	Statische Polarisation .....	606
11.5.2	Frequenzabhängige Polarisation .....	607
11.6	Dielektrische Eigenschaften von Metallen und Halbleitern .....	609
11.6.1	Dielektrische Funktion eines freien Elektronengases .....	610
11.6.2	Longitudinale Plasmaschwingungen: Plasmonen .....	614
11.6.3	Erzwungene transversale Plasmaschwingungen: Plasmon-Polaritonen .....	616
11.6.4	Interband-Übergänge .....	617
11.6.5	Exzitonen .....	619
11.7	Elektron-Elektron-Wechselwirkung und Abschirmung in Metallen .....	621
11.7.1	Statische Abschirmung .....	621
11.7.2	Vertiefungsthema: Lindhard Theorie .....	628
11.7.3	Vertiefungsthema: Abschirmung von Phononen in Metallen .....	632
11.7.4	Vertiefungsthema: Metall-Isolator-Übergang .....	635
11.7.5	Elektron-Elektron-Wechselwirkung und Theorie der Fermi-Flüssigkeit .....	636
11.8	Ferroelektrizität .....	638
11.8.1	Landau-Theorie der Phasenübergänge .....	641
11.8.2	Klassifizierung von Ferroelektrika .....	645
11.8.3	Ferroelektrische Domänen .....	648
11.8.4	Piezoelektrizität .....	649
	Literatur .....	651
	Übungsaufgaben .....	652

12	Magnetismus	655
12.1	Makroskopische Größen .....	657
12.1.1	Die magnetische Suszeptibilität .....	657
12.1.2	Lokales magnetisches Feld .....	659
12.1.3	Entmagnetisierungs- und Streufelder .....	659
12.1.4	Magnetostatische Selbstenergie .....	661
12.2	Mikroskopische Theorie .....	662
12.2.1	Dia-, Para- und Ferromagnetismus .....	662
12.3	Atomarer Dia- und Paramagnetismus .....	665
12.3.1	Atome im homogenen Magnetfeld .....	665
12.3.2	Statistische Betrachtung .....	667
12.3.3	Larmor-Diamagnetismus .....	670
12.3.4	Magnetische Momente in Festkörpern .....	671
12.3.5	Langevin-Paramagnetismus .....	677
12.3.6	Vertiefungsthema: Van Vleck Paramagnetismus .....	682
12.3.7	Kühlung durch adiabatische Entmagnetisierung .....	683
12.4	Para- und Diamagnetismus von Metallen .....	685
12.4.1	Pauli-Paramagnetismus .....	686
12.4.2	Landau-Diamagnetismus .....	689
12.5	Kooperativer Magnetismus .....	690
12.5.1	Dipol-Dipol-Wechselwirkung .....	691
12.5.2	Austauschwechselwirkung zwischen lokalisierten Elektronen .....	691
12.5.3	Spin-Bahn-Wechselwirkung .....	698
12.5.4	Zeeman-Wechselwirkung .....	700
12.5.5	Austauschwechselwirkung zwischen itineranten Elektronen .....	701
12.6	Magnetische Ordnungsphänomene .....	708
12.6.1	Magnetische Ordnungsstrukturen .....	709
12.6.2	Ferromagnetismus .....	710
12.6.3	Ferrimagnetismus .....	716
12.6.4	Antiferromagnetismus .....	720
12.7	Magnetische Anisotropie .....	723
12.7.1	Magnetische freie Energiedichte .....	725
12.7.2	Magnetokristalline Anisotropie .....	727
12.7.3	Formanisotropie .....	728
12.7.4	Induzierte Anisotropie .....	728
12.8	Magnetische Domänen .....	729
12.8.1	Ferromagnetische Domänen .....	729
12.8.2	Antiferromagnetische Domänen .....	731
12.8.3	Domänenwände .....	732

12.8.4	Magnetisierungskurve .....	734
12.8.5	Magnetische Speichermedien .....	735
12.9	Spin-Wellen .....	737
12.9.1	Austauschmoden .....	738
12.9.2	Dipolare Moden .....	745
12.9.3	Vertiefungsthema: Antiferromagnetische Spin-Wellen .....	746
Literatur .....	748	
Übungsaufgaben .....	749	
<b>13</b>	<b>Supraleitung</b>	<b>753</b>
13.1	Geschichte und grundlegende Eigenschaften .....	756
13.1.1	Geschichte der Supraleitung .....	756
13.1.2	Supraleitende Materialien .....	764
13.1.3	Sprungtemperaturen .....	767
13.1.4	Grundlegende Eigenschaften .....	767
13.2	Thermodynamische Eigenschaften von Supraleitern .....	774
13.2.1	Typ-I Supraleiter im Magnetfeld .....	774
13.2.2	Typ-II Supraleiter im Magnetfeld .....	779
13.3	Phänomenologische Modelle .....	780
13.3.1	London-Gleichungen .....	780
13.3.2	Verallgemeinerte London Theorie – Supraleitung als makroskopisches Quantenphänomen .....	783
13.3.3	Die Ginzburg-Landau-Theorie .....	795
13.4	Typ-I und Typ-II Supraleiter .....	807
13.4.1	Mischzustand und kritische Felder .....	807
13.4.2	Supraleiter-Normalleiter Grenzflächenenergie .....	808
13.4.3	Vertiefungsthema: Zwischenzustand und Entmagnetisierungseffekte .....	810
13.4.4	Kritische Felder .....	812
13.4.5	Vertiefungsthema: Nukleation an Oberflächen .....	816
13.4.6	Vertiefungsthema: Shubnikov-Phase und Flussliniengitter .....	817
13.4.7	Vertiefungsthema: Flusslinien in Typ-II Supraleitern .....	820
13.4.8	Kritische Stromdichte .....	825
13.5	Mikroskopische Theorie .....	829
13.5.1	Attraktive Elektron-Elektron-Wechselwirkung und Cooper-Paare .....	830
13.5.2	Der BCS-Grundzustand .....	839
13.5.3	Quasiteilchentunneln .....	853
13.5.4	Thermodynamische Größen .....	858
13.6	Josephson-Effekt .....	861
13.6.1	Die Josephson-Gleichungen .....	863
13.6.2	Josephson-Kontakt im Magnetfeld .....	867
13.6.3	Supraleitende Quanteninterferometer .....	871

13.7	Kritische Ströme in Typ-II Supraleitern .....	873
13.7.1	Stromtransport im Mischzustand .....	874
13.7.2	Lorentz-Kraft .....	876
13.7.3	Reibungskraft .....	878
13.7.4	Haftkraft .....	879
13.8	Kuprat-Supraleiter .....	881
13.8.1	Strukturelle Eigenschaften .....	882
13.8.2	Elektronische Eigenschaften .....	884
13.8.3	Supraleitende Eigenschaften .....	888
	Literatur .....	897
	Übungsaufgaben .....	903
<b>A</b>	<b>Quantentheorie des Gitters</b>	<b>907</b>
A.1	Der harmonische Oszillator .....	907
A.2	Quantisierung von Gitterschwingungen .....	908
A.2.1	Lineare Kette .....	908
A.2.2	Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren .....	911
<b>B</b>	<b>Quantenstatistik</b>	<b>913</b>
B.1	Identische Teilchen .....	913
B.1.1	Klassischer Fall: Maxwell-Boltzmann-Statistik .....	914
B.1.2	Quantenmechanischer Fall .....	914
B.2	Die quantenmechanischen Verteilungsfunktionen .....	916
B.2.1	Quantenstatistische Beschreibung .....	916
B.2.2	Photonen-Statistik .....	919
B.2.3	Die Fermi-Dirac-Statistik .....	920
B.2.4	Die Bose-Einstein-Statistik .....	922
B.2.5	Quantenstatistik im klassischen Grenzfall .....	923
<b>C</b>	<b>Sommerfeld-Entwicklung</b>	<b>927</b>
<b>D</b>	<b>Geladenes Teilchen in elektromagnetischem Feld</b>	<b>929</b>
D.1	Der verallgemeinerte Impuls .....	929
D.2	Lagrange-Funktion .....	929
D.3	Hamilton-Funktion .....	931
<b>E</b>	<b>Dipolnäherung</b>	<b>933</b>

---

<b>F</b>	<b>Thermodynamik</b>	935
F.1	Thermodynamische Potenziale .....	935
F.2	Innere Energie .....	936
F.2.1	Arbeit an Systemen in elektrischen und magnetischen Feldern .....	937
F.2.2	Zusammenhang zwischen innerer Energie und elektromagnetischer Arbeit	944
F.3	Freie Energie .....	945
F.4	Freie Enthalpie .....	946
F.5	Verwendung der thermodynamischen Potenziale .....	947
F.6	Spezifische Wärme .....	949
Literatur	.....	949
<b>G</b>	<b>SI-Einheiten</b>	951
G.1	Geschichte des SI-Systems .....	951
G.2	Die SI-Basiseinheiten .....	952
G.2.1	Einige von den SI-Einheiten abgeleitete Einheiten .....	953
G.3	Vorsätze .....	954
G.4	Abgeleitete Einheiten und Umrechnungsfaktoren .....	954
G.4.1	Länge, Fläche, Volumen .....	954
G.4.2	Masse .....	955
G.4.3	Zeit, Frequenz .....	955
G.4.4	Temperatur .....	955
G.4.5	Winkel .....	956
G.4.6	Kraft, Druck, Viskosität .....	956
G.4.7	Energie, Leistung, Wärmemenge .....	956
G.4.8	Elektromagnetische Einheiten .....	957
<b>H</b>	<b>Physikalische Konstanten</b>	959
Literatur	.....	963
Abbildungsnachweis	.....	967
<b>Index</b>	.....	969