

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	26
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	53

2	Strukturanalyse	55
2.1	Das reziproke Gitter	56
2.1.1	Definition des reziproken Gitters	56
2.1.2	Fourier-Analyse	57
2.1.3	Die reziproken Gittervektoren	57
2.1.4	Die erste Brillouin-Zone	61
2.1.5	Gitterebenen und Millersche Indizes	62
2.1.6	Gegenüberstellung von direktem und reziprokem Raum	65
2.2	Beugung von Wellen an periodischen Strukturen	65
2.2.1	Die Bragg-Bedingung	66
2.2.2	Die von Laue Bedingung	67
2.2.3	Zusammenhang zwischen Bragg und von Laue Bedingung	70
2.2.4	Allgemeine Beugungstheorie	71
2.2.5	Beispiele für Strukturfaktoren	77
2.2.6	Inelastische Streuung	78
2.2.7	Der Debye-Waller Faktor	81
2.2.8	Vertiefungsthema: Der Mößbauer-Effekt	84
2.3	Experimentelle Methoden	87
2.3.1	Wellentypen	87
2.3.2	Methoden der Röntgendiffraktometrie	91
Literatur	.....	94
3	Bindungskräfte	95
3.1	Grundlagen	96
3.1.1	Bindungsenergie und Schmelztemperatur	96
3.1.2	Elektronische Struktur der Atome	97
3.2	Die Van der Waals Bindung	102
3.2.1	Wechselwirkung zwischen fluktuierenden Dipolen	103
3.2.2	Abstoßende Wechselwirkung	105
3.2.3	Gleichgewichtsgitterkonstante	107
3.2.4	Kompressibilität	109
3.3	Die ionische Bindung	110
3.3.1	Madelungenergie	111
3.3.2	Gleichgewichtsgitterkonstante	115
3.3.3	Kompressibilität	116
3.4	Die kovalente Bindung	117
3.4.1	Das H_2^+ -Molekülion	118
3.4.2	Das H_2 -Molekül	122
3.4.3	Vertiefungsthema: Hybridisierung	129
3.5	Die metallische Bindung	136
3.5.1	Bindungsenergie	137

3.6	Die Wasserstoffbrückenbindung	140
3.7	Atom- und Ionenradien	141
3.7.1	Atomradien	142
3.7.2	Ionenradien	142
Literatur	.....	143
4	Elastische Eigenschaften	145
4.1	Grundlagen	146
4.2	Spannung und Dehnung	146
4.2.1	Der Spannungstensor	146
4.2.2	Die Dehnungskomponenten	149
4.3	Der Elastizitätstensor	151
4.3.1	Elastische Energiedichte	153
4.3.2	Kristallsymmetrie und Elastizitätsmodul	154
4.4	Vertiefungsthema: Verspannungseffekte in epitaktischen Schichten	157
4.5	Technische Größen.....	160
4.6	Elastische Wellen.....	163
4.6.1	Elastische Wellen in kubischen Kristallen.....	164
4.6.2	Experimentelle Methoden	167
Literatur	.....	168
5	Gitterdynamik	171
5.1	Grundlegendes	172
5.1.1	Die adiabatische Näherung	172
5.1.2	Die harmonische Näherung.....	176
5.2	Klassische Theorie.....	178
5.2.1	Bewegungsgleichungen	178
5.2.2	Kristallgitter mit einatomiger Basis	180
5.2.3	Kristallgitter mit zweiatomiger Basis.....	185
5.2.4	Gitterschwingungen – dreidimensionaler Fall	191
5.3	Zustandsdichte im Phononenspektrum.....	193
5.3.1	Randbedingungen.....	194
5.3.2	Zustandsdichte im Impulsraum	196
5.3.3	Zustandsdichte im Frequenzraum	196
5.4	Quantisierung der Gitterschwingungen	200
5.4.1	Das Quantenkonzept.....	200
5.4.2	Quasiteilchen.....	200
5.4.3	Phononen	201
5.4.4	Der Impuls von Phononen	203

5.5	Experimentelle Methoden	205
5.5.1	Inelastische Neutronenstreuung	207
5.5.2	Inelastische Lichtstreuung	209
Literatur	.....	213
6	Thermische Eigenschaften	215
6.1	Spezifische Wärme	216
6.1.1	Definition der spezifischen Wärme	216
6.1.2	Klassische Betrachtung	217
6.1.3	Quantenmechanische Betrachtung	221
6.1.4	Temperaturverlauf der spezifischen Wärme	224
6.1.5	Debye- und Einstein-Näherung	226
6.1.6	Phononenzahl und Nullpunktsenergie	232
6.1.7	Vertiefungsthema: Analogie zwischen Phononen- und Photonengas	233
6.2	Anharmonische Effekte	235
6.2.1	Anharmonisches Potenzial	236
6.3	Thermische Ausdehnung	239
6.3.1	Mittlere Auslenkung	239
6.3.2	Vertiefungsthema: Zustandsgleichung und thermische Ausdehnung	241
6.4	Wärmeleitfähigkeit	245
6.4.1	Definition der Wärmeleitfähigkeit	246
6.4.2	Transporttheorie	246
6.4.3	Temperaturabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit	249
6.4.4	Spontaner Zerfall von Phononen	254
6.4.5	Vertiefungsthema: Wärmetransport in amorphen Festkörpern	254
6.4.6	Vertiefungsthema: Wärmetransport in niederdimensionalen Systemen	256
Literatur	.....	259
7	Das freie Elektronengas	261
7.1	Modell des freien Elektronengases	263
7.1.1	Grundzustand	263
7.1.2	Fermi-Gas bei endlicher Temperatur	272
7.1.3	Das chemische Potenzial	274
7.2	Spezifische Wärme	276
7.2.1	Theorie	276
7.2.2	Experimentelle Ergebnisse	278
7.3	Transporteigenschaften	281
7.3.1	Elektrische Leitfähigkeit	281
7.3.2	Thermische Leitfähigkeit	289
7.3.3	Thermokraft	292
7.3.4	Bewegung im Magnetfeld	294

7.4 Niedrigdimensionale Elektronengassysteme 304

7.4.1 Zweidimensionales Elektronengas 304

7.4.2 Eindimensionales Elektronengas 307

7.4.3 Nulldimensionales Elektronengas 308

7.5 Transporteigenschaften von niederdimensionalen Elektronengasen 308

7.5.1 Eindimensionales Elektronengas: Leitwertquantisierung 308

7.5.2 Vertiefungsthema: Nulldimensionales Elektronengas: Coulomb-Blockade . 311

Literatur 315

8 Energiebänder 317

8.1 Bloch-Elektronen 319

8.1.1 Bloch-Wellen im Ortsraum 322

8.1.2 Bloch-Wellen im **k**-Raum 323

8.1.3 Der Kristallimpuls 324

8.1.4 Dispersionsrelation und Bandstruktur 325

8.1.5 Reduziertes Zonenschema 327

8.2 Die Näherung fast freier Elektronen 330

8.2.1 Qualitative Diskussion 330

8.2.2 Quantitative Diskussion 332

8.3 Die Näherung stark gebundener Elektronen 337

8.3.1 Beispiele: kubische Gitter 341

8.3.2 Weitere Methoden zur Bandstrukturberechnung 344

8.3.3 Vertiefungsthema: Spin-Bahn-Kopplung 345

8.4 Metalle, Halbmetalle, Halbleiter, Isolatoren 347

8.4.1 Anzahl der Zustände pro Band 348

8.4.2 Halbmetalle 350

8.4.3 Isolatoren 350

8.5 Zustandsdichte und Bandstrukturen 352

8.5.1 Zustandsdichte 352

8.5.2 Beispiele für Bandstrukturen 354

8.5.3 Experimentelle Bestimmung der Bandstruktur 356

8.6 Fermi-Flächen von Metallen 360

8.6.1 Quadratisches Gitter 360

8.7 Wechselwirkende Elektronensysteme 365

8.7.1 Hartree-Fock-Methode 366

8.7.2 Dichtefunktionaltheorie 367

8.7.3 Hubbard-Modell 367

Literatur 369

9	Dynamik von Kristallelektronen	371
9.1	Semiklassisches Modell	373
9.1.1	Grundlagen des semiklassischen Modells	376
9.1.2	Gültigkeitsbereich des semiklassischen Modells	379
9.2	Bewegung von Kristallelektronen	380
9.2.1	Gefüllte Bänder	380
9.2.2	Teilweise gefüllte Bänder	382
9.2.3	Elektronen und Löcher	384
9.2.4	Semiklassische Bewegung im homogenen Magnetfeld	388
9.2.5	Semiklassische Bewegung in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern	392
9.2.6	Hall-Effekt und Magnetwiderstand im Hochfeldgrenzfall	393
9.3	Streuprozesse	397
9.3.1	Beschreibung von Streuprozessen	397
9.3.2	Streuquerschnitte	400
9.4	Boltzmann-Transportgleichung	407
9.4.1	Boltzmann-Gleichung und Relaxationszeit	408
9.4.2	Linearisierte Boltzmann-Gleichung	411
9.4.3	Relaxationszeit-Ansatz	411
9.5	Thermoelektrische und thermomagnetische Effekte	415
9.5.1	Thermoelektrische Effekte	416
9.5.2	Thermomagnetische Effekte	427
9.6	Spin-Transport	430
9.6.1	Allgemeines Klassifizierungsschema	430
9.6.2	Spin-Ströme	434
9.7	Vertiefungsthema: Relativistische und topologische Effekte	436
9.7.1	Anomaler Hall- Effekt	437
9.7.2	Anomaler Nernst-Effekt	447
9.7.3	Spin-Hall- und Spin-Nernst-Effekt	448
9.8	Vertiefungsthema: Quanteninterferenzeffekte	451
9.8.1	Mesoskopische Systeme	453
9.9	Vertiefungsthema: Magnetwiderstand	455
9.9.1	Magnetwiderstand und Hall-Effekt im Einband-Modell	455
9.9.2	Magnetwiderstand und Hall-Effekt im Zweiband-Modell	457
9.10	Quantisierung der Bahnen	461
9.10.1	Freie Ladungsträger	461
9.10.2	Zustandsdichte im Magnetfeld	466
9.10.3	Kristallelektronen	467
9.10.4	Vertiefungsthema: Magnetischer Durchbruch	471
9.11	Experimentelle Bestimmung der Fermi-Flächen	473

9.11.1	De Haas-van Alphen-Effekt	474
9.11.2	Shubnikov-de Haas-Effekt	479
9.11.3	Vertiefungsthema: Zyklotronresonanz	480
9.11.4	Vertiefungsthema: Anomaler Skin-Effekt	482
Literatur	.....	482
10	Halbleiter	485
10.1	Grundlegende Eigenschaften	487
10.1.1	Klassifizierung von Halbleitern	487
10.1.2	Intrinsische Halbleiter	491
10.1.3	Dotierte Halbleiter	503
10.1.4	Elektrische Leitfähigkeit	510
10.1.5	Hall-Effekt	513
10.1.6	Vertiefungsthema: Seebeck- und Peltier-Effekt	515
10.2	Inhomogene Halbleiter	516
10.2.1	p - n Übergang im thermischen Gleichgewicht	517
10.2.2	p - n Übergang mit angelegter Spannung	524
10.2.3	Schottky-Kontakt	529
10.2.4	Schottky-Kontakt mit angelegter Spannung	531
10.3	Halbleiter-Bauelemente	534
10.3.1	Zener-Diode	534
10.3.2	Esaki- oder Tunnelodiode	536
10.3.3	Solarzelle	538
10.3.4	Bipolarer Transistor	544
10.4	Realisierung von niedrigdimensionalen Elektronengassystemen	548
10.4.1	Zweidimensionale Elektronengase	548
10.4.2	Vertiefungsthema: Halbleiter-Laser	556
10.5	Zweidimensionales Elektronengas: Quanten-Hall-Effekt	557
10.5.1	Zweidimensionales Elektronengas im Magnetfeld	558
10.5.2	Transporteigenschaften des zweidimensionalen Elektronengases	560
10.5.3	Ganzzahliger Quanten-Hall-Effekt	562
10.5.4	Vertiefungsthema: Fraktionaler Quanten-Hall-Effekt	571
Literatur	.....	573
11	Dielektrische Eigenschaften	575
11.1	Makroskopische Elektrodynamik	577
11.1.1	Die dielektrische Funktion	577
11.1.2	Kramers-Kronig-Relationen	580
11.1.3	Absorption, Transmission und Reflexion von elektromagn. Strahlung	581
11.1.4	Das lokale elektrische Feld	583
11.2	Mikroskopische Theorie	587

11.3	Elektronische Polarisation	589
11.3.1	Lorentzsches Oszillator-Modell	590
11.3.2	Vertiefungsthema: Quantenmechanische Beschreibung der elektronischen Polarisation	593
11.4	Ionische Polarisation	599
11.4.1	Eigenschwingungen von Ionenkristallen	600
11.4.2	Erzwungene Schwingungen von Ionenkristallen	603
11.5	Orientierungspolarisation.....	609
11.5.1	Statische Polarisation.....	609
11.5.2	Frequenzabhängige Polarisation	611
11.6	Dielektrische Eigenschaften von Metallen und Halbleitern	613
11.6.1	Dielektrische Funktion eines freien Elektronengases	613
11.6.2	Longitudinale Plasmaschwingungen: Plasmonen	617
11.6.3	Erzwungene transversale Plasmaschwingungen: Plasmon-Polaritonen	620
11.6.4	Interband-Übergänge	621
11.6.5	Exzitonen	623
11.7	Elektron-Elektron-Wechselwirkung und Abschirmung in Metallen	625
11.7.1	Statische Abschirmung.....	626
11.7.2	Vertiefungsthema: Lindhard Theorie	632
11.7.3	Vertiefungsthema: Abschirmung von Phononen in Metallen	636
11.7.4	Polaronen	640
11.7.5	Vertiefungsthema: Metall-Isolator-Übergang	643
11.7.6	Elektron-Elektron-Wechselwirkung und Theorie der Fermi-Flüssigkeit	644
11.8	Ferroelektrizität	646
11.8.1	Landau-Theorie der Phasenübergänge	649
11.8.2	Klassifizierung von Ferroelektrika	652
11.8.3	Ferroelektrische Domänen	656
11.8.4	Piezoelektrizität	656
Literatur	.....	659
12	Magnetismus	661
12.1	Makroskopische Größen	664
12.1.1	Die magnetische Suszeptibilität	664
12.1.2	Magnetische Feldstärke und Flussdichte	666
12.1.3	Entmagnetisierungs- und Streufelder	667
12.1.4	Lokales magnetisches Feld	669
12.1.5	Magnetostatische Selbstenergie	669
12.2	Mikroskopische Theorie	671
12.2.1	Dia-, Para- und Ferromagnetismus	671
12.3	Atomarer Dia- und Paramagnetismus	674
12.3.1	Atome im homogenen Magnetfeld.....	674

12.3.2	Statistische Betrachtung	676
12.3.3	Larmor-Diamagnetismus	679
12.3.4	Magnetische Momente in Festkörpern.....	680
12.3.5	Langevin-Paramagnetismus.....	686
12.3.6	Vertiefungsthema: Van Vleck Paramagnetismus.....	691
12.3.7	Kühlung durch adiabatische Entmagnetisierung	692
12.4	Para- und Diamagnetismus von Metallen	694
12.4.1	Pauli-Paramagnetismus	695
12.4.2	Landau-Diamagnetismus	698
12.5	Kooperativer Magnetismus	699
12.5.1	Dipol-Dipol-Wechselwirkung.....	700
12.5.2	Austauschwechselwirkung zwischen lokalisierten Elektronen	700
12.5.3	Dzyaloshinskii-Moriya Wechselwirkung	707
12.5.4	Spin-Bahn-Wechselwirkung	709
12.5.5	Zeeman-Wechselwirkung	713
12.5.6	Austauschwechselwirkung zwischen itineranten Elektronen	714
12.6	Magnetische Ordnungsphänomene	721
12.6.1	Magnetische Ordnungsstrukturen	721
12.6.2	Ferromagnetismus	723
12.6.3	Ferrimagnetismus	729
12.6.4	Antiferromagnetismus	732
12.7	Magnetische Anisotropie	737
12.7.1	Magnetische freie Energiedichte	738
12.7.2	Magnetokristalline Anisotropie	739
12.7.3	Formanisotropie	742
12.7.4	Induzierte Anisotropie	743
12.8	Magnetische Domänen	744
12.8.1	Ferromagnetische Domänen	745
12.8.2	Antiferromagnetische Domänen	746
12.8.3	Domänenwände.....	747
12.8.4	Abbildung der Domänenstruktur	749
12.8.5	Magnetisierungskurve	750
12.8.6	Magnetische Speichermedien	751
12.9	Magnetisierungsdynamik	753
12.9.1	Ferromagnetische Resonanz	756
12.9.2	Antiferromagnetische Resonanz	757
12.10	Spin-Wellen	758
12.10.1	Austauschmoden.....	759
12.10.2	Dipolare Moden.....	766
12.10.3	Vertiefungsthema: Antiferromagnetische Spin-Wellen	767
Literatur	.....	769

13	Supraleitung	771
13.1	Geschichte und grundlegende Eigenschaften	774
13.1.1	Geschichte der Supraleitung	774
13.1.2	Supraleitende Materialien	782
13.1.3	Sprungtemperaturen	785
13.1.4	Grundlegende Eigenschaften	786
13.2	Thermodynamische Eigenschaften von Supraleitern	794
13.2.1	Typ-I Supraleiter im Magnetfeld	794
13.2.2	Typ-II Supraleiter im Magnetfeld	799
13.3	Phänomenologische Modelle	800
13.3.1	London-Gleichungen	800
13.3.2	Verallgemeinerte London Theorie – Supraleitung als makroskopisches Quantenphänomen	803
13.3.3	Die Ginzburg-Landau-Theorie	815
13.4	Typ-I und Typ-II Supraleiter	827
13.4.1	Mischzustand und kritische Felder	828
13.4.2	Supraleiter-Normalleiter Grenzflächenenergie	829
13.4.3	Vertiefungsthema: Zwischenzustand und Entmagnetisierungseffekte	831
13.4.4	Kritische Felder	833
13.4.5	Vertiefungsthema: Nukleation an Oberflächen	837
13.4.6	Shubnikov-Phase und Flussliniengitter	837
13.4.7	Vertiefungsthema: Flusslinien in Typ-II Supraleitern	840
13.4.8	Kritische Stromdichte	846
13.5	Mikroskopische Theorie	850
13.5.1	Attraktive Elektron-Elektron-Wechselwirkung und Cooper-Paare	852
13.5.2	Der BCS-Grundzustand	861
13.5.3	Die Bogoliubov-Valatin Transformation	872
13.5.4	Energielücke und Anregungsspektrum	875
13.5.5	Quasiteilchentunneln	881
13.5.6	Thermodynamische Größen	886
13.6	Josephson-Effekt	888
13.6.1	Die Josephson-Gleichungen	888
13.6.2	Josephson-Kontakt mit Wechselspannung	894
13.6.3	Josephson-Kontakt im Magnetfeld	895
13.6.4	Supraleitende Quanteninterferometer	899
13.7	Kritische Ströme in Typ-II Supraleitern	901
13.7.1	Stromtransport im Mischzustand	902
13.7.2	Lorentz-Kraft	903
13.7.3	Reibungskraft	905
13.7.4	Haftkraft	907
13.8	Unkonventionelle Supraleitung	909

13.9	Kuprat-Supraleiter	911
13.9.1	Strukturelle Eigenschaften	912
13.9.2	Elektronische Eigenschaften	913
13.9.3	Supraleitende Eigenschaften	918
Literatur	.....	927
14	Topologische Quantenmaterie	935
14.1	Klassifizierung von Materiephasen	936
14.2	Symmetrien in der Physik	939
14.2.1	Spontane Symmetriebrechung	940
14.3	Topologie und Bandstruktur	945
14.3.1	Klassifizierung von geometrischen Körpern	945
14.3.2	Elektronische Bandstruktur und topologische Invarianten	947
14.4	Berry-Phase und Chern-Zahl	948
14.4.1	Berry-Phase	948
14.4.2	Chern-Zahl	950
14.4.3	Beispiel Spin-1/2-System	953
14.4.4	Beispiel Aharonov-Bohm-Effekt	954
14.5	Topologische Phasen und Phasenübergänge	955
14.5.1	Kosterlitz-Thouless-Übergang	956
14.5.2	Klassifizierung von topologischen Phasen	959
14.5.3	Oberflächen und Grenzflächen	961
14.6	Zweidimensionale Topologische Isolatoren	963
14.6.1	TI mit gebrochener Zeitumkehrsymmetrie	963
14.6.2	TI ohne gebrochene Zeitumkehrsymmetrie	964
14.6.3	Quanten-Hall-Effekte	967
14.7	Dreidimensionale Topologische Isolatoren	967
14.8	Weitere topologische Materialsysteme	968
14.8.1	Topologische Supraleiter	969
14.8.2	Photonische, akustische und magnonische topologische Materialien	970
14.9	Zukunftsperspektiven	970
Literatur	.....	971
A	Quantentheorie des Gitters	973
A.1	Der harmonische Oszillator	973
A.2	Quantisierung von Gitterschwingungen	974
A.2.1	Lineare Kette	974
A.2.2	Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren	977

B	Quantenstatistik	979
B.1	Identische Teilchen	979
B.1.1	Klassischer Fall: Maxwell-Boltzmann-Statistik	980
B.1.2	Quantenmechanischer Fall	980
B.2	Die quantenmechanischen Verteilungsfunktionen	982
B.2.1	Quantenstatistische Beschreibung	982
B.2.2	Photonen-Statistik	985
B.2.3	Die Fermi-Dirac-Statistik	986
B.2.4	Die Bose-Einstein-Statistik	988
B.2.5	Quantenstatistik im klassischen Grenzfall	989
C	Sommerfeld-Entwicklung	993
D	Geladenes Teilchen in elektromagnetischem Feld	995
D.1	Der verallgemeinerte Impuls	995
D.2	Lagrange-Funktion	995
D.3	Hamilton-Funktion	997
E	Symmetrietransformationen	999
E.1	Permutationssymmetrie	999
E.2	Zeitumkehrsymmetrie	1000
E.3	Teilchen-Loch-Symmetrie	1005
E.4	Chirale Symmetrie	1006
E.5	Inversionssymmetrie	1007
F	Dipolnäherung	1009
G	Thermodynamische Eigenschaften von Festkörpern	1011
G.1	Thermodynamische Potenziale	1011
G.2	Innere Energie	1012
G.2.1	Arbeit an Systemen in elektrischen und magnetischen Feldern	1013
G.2.2	Zusammenhang zwischen innerer Energie und elektromagnetischer Arbeit	1020
G.3	Freie Energie	1021
G.4	Freie Enthalpie	1022
G.5	Verwendung der thermodynamischen Potenziale	1024
G.6	Spezifische Wärme	1025
	Literatur	1026

H	Herleitungen zur Supraleitung	1027
H.1	Madelung-Transformation	1027
H.2	BCS Hamilton-Operator	1030
H.3	Grundzustandsenergie	1031
H.4	Josephson-Gleichungen	1032
I	SI-Einheiten	1035
I.1	Geschichte des SI-Systems	1035
I.2	Die SI-Basiseinheiten	1036
I.2.1	Einige von den SI-Einheiten abgeleitete Einheiten	1037
I.3	Vorsätze	1038
I.4	Abgeleitete Einheiten und Umrechnungsfaktoren	1039
I.4.1	Länge, Fläche, Volumen	1039
I.4.2	Masse	1039
I.4.3	Zeit, Frequenz	1040
I.4.4	Temperatur	1040
I.4.5	Winkel	1040
I.4.6	Kraft, Druck, Viskosität	1040
I.4.7	Energie, Leistung, Wärmemenge	1041
I.4.8	Elektromagnetische Einheiten	1041
J	Physikalische Konstanten	1043
Literatur		1047
Abbildungsnachweis		1051
Index		1053