

Inhalt

Symbole für Größen, Zustände und Prozesse	XXI
1 Dimensionen und Definitionen	1
1.1 Physikalische Größen und Definitionen	1
1.2 Die Definition weiterer SI-Basiseinheiten	3
1.3 Die Stoffmenge	4
1.4 Dezimale Vielfache und Bruchteile von Einheiten	5
1.5 Der Druck	6
1.6 Dimensionsanalyse	7
1.7 Physikalische Gleichungen	7
1.8 Chemische Reaktionen	8
1.9 Systeme	9
1.10 Gleichgewichtszustände	10
1.11 Zustandsfunktionen	10
2 Aggregatzustände	13
2.1 Zustandsgleichungen	14
2.2 Die ideale Gasgleichung	14
2.3 Gase bei niedrigem Druck	16
2.4 Gasmischungen	18
2.5 Das molekulare Modell des idealen Gases	19
2.6 Die Geschwindigkeit von Molekülen	21
2.7 Die Kondensation von Gasen – der kritische Punkt	22
2.8 Reale Gase – Virialgleichungen	23
2.9 Korrespondierende Zustände	26
2.10 Die Van-der-Waals-Gleichung	28
2.11 Flüssigkeiten	29
2.12 Kompressibilität und Volumenausdehnungskoeffizient	30
2.13 Der feste Zustand	31
2.14 Phasen	32
2.15 Phasengleichgewichte	33
2.16 Komponenten	34
2.17 Freiheitsgrade	35
2.18 Das Phasengesetz	35
3 Molekülenergien	37
3.1 Die Interpretation der Thermodynamik auf molekularer Grundlage	37

3.2	Energieerhaltung	38
3.3	Die Energie von Molekülen: Translation, Rotation und Schwingung.....	41
3.4	Die Energie eines Moleküls: Translation	43
3.5	Die Energie eines Moleküls: Rotation.....	44
3.6	Die Energie eines Moleküls: Schwingung	48
3.7	Normalschwingungen.....	51
3.8	Die klassische Gleichverteilung der Energie.....	52
3.9	Die Wärmekapazität bei konstantem Volumen: experimentelle Bestimmung der mittleren Molekülenergie	53
3.10	Experimentelle Wärmekapazitäten von Gasen	55
4	Quantenniveaus in Molekülen.....	59
4.1	Elektromagnetische Strahlung: Teilchen und Wellen	59
4.2	Spektroskopie: das experimentelle Fenster zu den Energieniveaus.....	61
4.3	Ein Beispiel: das Spektrum von CO.....	62
4.4	Welleneigenschaften der Materie.....	63
4.5	Translationsenergie.....	65
4.6	Die Wellenzahl.....	69
4.7	Rotationsenergie	69
4.8	Schwingungsenergie	71
4.9	Die Infrarotspektroskopie liefert ein Abbild der Schwingungs- und Rotationsniveaus im CO-Molekül	73
4.10	Elektronenenergie	76
5	Boltzmann-Verteilung und Temperatur	79
5.1	Die Boltzmann-Verteilung.....	79
5.2	Die Barometerformel – eine einfache Ableitung einer Boltzmann-Verteilung	81
5.3	Das Sedimentationsgleichgewicht	83
5.4	Eine allgemeinere Ableitung der Boltzmann-Verteilung	85
5.5	Die relative Besetzung von Molekülenergieniveaus	88
5.6	Eine molekulare Interpretation der Temperatur	92
5.7	Wärmekapazitäten aus molekularer Sicht	95
5.8	Die Geschwindigkeitsverteilung von Molekülen	96
5.9	Die Beziehung zwischen der Maxwell-Gleichung und der Gauß-Dichtefunktion.....	97
5.10	Die Berechnung von Mittelwerten	99
5.11	Die dreidimensionale Geschwindigkeitsverteilung	100

6 Der erste Hauptsatz der Thermodynamik – Energie	103
6.1 Die Arbeit	103
6.2 Volumenarbeit	104
6.3 Gleichgewichtswege und reversible Prozesse	106
6.4 Isotherme reversible Kompression eines idealen Gases	108
6.5 Eine umfassende Definition der Arbeit	109
6.6 Der Wärmebegriff	110
6.7 Der erste Hauptsatz der Thermodynamik für ein geschlossenes System	111
6.8 Vollständige Differentiale und Zustandsfunktionen	112
6.9 Die Enthalpie	113
6.10 Die Differenz $C_p - C_v$	115
6.11 Die Enthalpieänderung bei Phasenumwandlungen	116
6.12 Die Änderung der inneren Energie bei chemischen Reaktionen	117
6.13 Die Bestimmung der Reaktionsenergie	118
6.14 Die Berechnung der Reaktionsenthalpie aus der Reaktionsenergie	120
6.15 Der Satz von Heß	121
6.16 Standardzustände	122
6.17 Die Bildungsenthalpie von Verbindungen	122
6.18 Die Reaktionsenthalpie in wäßrigen Lösungen	123
6.19 Die Bildungsenthalpie von Ionen	124
6.20 Die Temperaturabhängigkeit der Reaktionsenthalpie	125
6.21 Bindungsenthalpien	127
6.22 Thermochemie und chemisches Gleichgewicht	130
7 Der zweite und der dritte Hauptsatz der Thermodynamik – Entropie	133
7.1 Entropie und reversible Wärme	134
7.2 Das molekulare Bild der Wärme und der Arbeit	135
7.3 Die Entropieänderung eines idealen Gases	136
7.4 Die Entropieänderung bei Phasenumwandlungen	138
7.5 Die Entropieänderung bei einem irreversiblen Prozeß: Wärmeleitung	140
7.6 Die Entropieänderung beim Erstarren von unterkühlten Flüssigkeiten	142
7.7 Wärmekraftmaschinen	143
7.8 Der Carnotsche Kreisprozeß	145
7.9 Können wir Energie aus dem Ozean gewinnen?	147
7.10 Die Entropie und der Pfeil der Zeit	148
7.11 Die Mischungsentropie	149
7.12 Die Wahrscheinlichkeit von Mischungen	151

7.13	Unordnung, Wahrscheinlichkeit und Entropie	153
7.14	Die Berechnung der Entropie chemischer Verbindungen aus ihrer Wärmekapazität	155
7.15	Der dritte Hauptsatz der Thermodynamik.....	157
7.16	Absolute Entropien	158
7.17	Die Entropieänderung bei chemischen Reaktionen	159
8	Physikalisches und chemisches Gleichgewicht	161
8.1	Entropie und Gleichgewicht.....	161
8.2	Das dynamische Gleichgewicht.....	162
8.3	Freie Energie und freie Enthalpie.....	163
8.4	Die Interpretation der freien Energie.....	164
8.5	Die Ableitung einer Zustandsgleichung aus der freien Energie.....	166
8.6	Die Interpretation der freien Enthalpie.....	167
8.7	Phasengleichgewicht – die Gleichung von Clausius und Clapeyron.....	170
8.8	Die Temperaturabhängigkeit des Dampfdrucks	172
8.9	Standardzustände und die Änderung der freien Enthalpie bei chemischen Reaktionen	175
8.10	Die freie Enthalpie eines idealen Gases.....	177
8.11	Die Abhängigkeit der freien Enthalpie von der Umsatzvariablen	178
8.12	Freie Enthalpie und Gleichgewichtskonstante.....	180
8.13	Die Bestimmung der Gleichgewichtskonstanten K_p	182
8.14	Die Temperaturabhängigkeit der freien Enthalpie	183
8.15	Die Temperaturabhängigkeit der Gleichgewichtskonstanten K_p	185
8.16	Reaktionen zwischen Gasen und festen Stoffen	188
8.17	Die Druckabhängigkeit von Gleichgewichtskonstanten	188
8.18	Das chemische Potential	190
8.19	Chemisches Potential und chemisches Gleichgewicht	192
9	Ideale Lösungen und verdünnte Lösungen	193
9.1	Gehaltsangaben.....	193
9.2	Partielle molare Größen: das partielle molare Volumen	195
9.3	Andere partielle molare Größen	199
9.4	Die Bestimmung partieller molarer Größen.....	200
9.5	Ideale Lösungen: das Raoult'sche Gesetz	201
9.6	Die Thermodynamik idealer Lösungen.....	203
9.7	Die Löslichkeit von Gasen: das Henry'sche Gesetz	205
9.8	Der Mechanismus der Narkose.....	206

9.9	Die Abhängigkeit des Dampfdrucks von der Zusammensetzung – P, X -Diagramme	207
9.10	Die Abhängigkeit der Siede- und Kondensationstemperatur von der Zusammensetzung – T, X -Diagramme	209
9.11	Fraktionierte Destillation	210
9.12	Lösungen von festen Stoffen in Flüssigkeiten	212
9.13	Der osmotische Druck	215
9.14	Osmotischer Druck und Dampfdruck	216
9.15	Der osmotische Druck von Polymerlösungen	218
10	Reale Gase und Lösungen	221
10.1	Fugazität und Aktivität	221
10.2	Reale Gase – chemisches Potential und Fugazität	222
10.3	Die Berechnung der Fugazität von Gasen	223
10.4	Fugazität und korrespondierende Zustände	225
10.5	Verwendung der Fugazität in Gleichgewichtsberechnungen	226
10.6	Die Aktivität	229
10.7	Standardzustände für Komponenten in Lösungen	229
10.8	Bestimmung der Aktivität von Lösemitteln und nichtflüchtigen gelösten Stoffen aus dem Dampfdruck von Lösungen	232
10.9	Gleichgewichtskonstanten für Reaktionen in Lösungen	235
10.10	Freie Standardbildungsenthalpie biochemischer Verbindungen in wäßriger Lösung	237
10.11	Abweichungen vom idealen Verhalten von Lösungen	239
10.12	Siedediagramme	241
10.13	Gegenseitige Löslichkeit von Flüssigkeiten	243
10.14	Destillation von Systemen aus nicht mischbaren Flüssigkeiten	245
10.15	Mischungen aus Öl und Wasser	247
11	Phasenübergänge und Phasengleichgewichte	251
11.1	Bedingungen für Gleichgewicht zwischen Phasen	251
11.2	Reine Stoffe – Einkomponentensysteme	251
11.3	Thermodynamische Funktionen und Phasenübergänge	253
11.4	Schmelzen und Verdampfen	255
11.5	Flüssigkristalle	256
11.6	Untersuchungen bei hohen Drücken	258
11.7	Hochdrucksysteme	260
11.8	Annäherung an den absoluten Nullpunkt: Abkühlung durch Entmagnetisierung	261
11.9	Supraleitung und Supraflüssigkeit	263
11.10	Zweikomponentensysteme	266

11.11	Das Gleichgewicht flüssig-fest – einfache eutektische Diagramme	266
11.12	Systeme mit Verbindungsbildung	269
11.13	Feste Lösungen	271
11.14	Systeme mit teilweiser Mischbarkeit im festen Zustand	272
11.15	Das System Eisen/Kohlenstoff	274
12	Statistische Thermodynamik	277
12.1	Gesamtheiten	278
12.2	Mittelwerte über Gesamtheiten	280
12.3	Statistische Berechnung der thermodynamischen Energie	282
12.4	Statistische Berechnung der Entropie	282
12.5	Freie Energie und Zustandsgleichung	283
12.6	Bestimmung der Zustandssumme für wechselwirkungsfreie Teilchen	283
12.7	Zustandssumme der Translation	286
12.8	Thermodynamische Funktionen für ein einatomiges Gas	287
12.9	Zustandssumme für innere Molekülbewegungen (Rotationen und Schwingungen)	289
12.10	Zustandssumme der Rotation für starre lineare Moleküle	289
12.11	Rotationsenergie und -entropie linearer Moleküle	291
12.12	Berechnung von Trägheitsmomenten	292
12.13	Zustandssumme der Rotation für nichtlineare Moleküle	294
12.14	Zustandssumme für Schwingungen	295
12.15	Schwingungsenergie und -entropie	296
12.16	Wärmekapazitäten	299
12.17	Schwingungsenergie und Moleküldissoziation	300
12.18	Statistische Thermodynamik des kristallinen Zustands	302
12.19	Elektronische Zustandssumme	303
12.20	Der dritte Hauptsatz in der statistischen Thermodynamik	305
12.21	Gleichgewichtskonstanten	306
12.22	Die statistische Interpretation von K_p	308
12.23	Beispiele für die statistische Berechnung von K_p	310
13	Reaktionskinetik	313
13.1	Die Geschwindigkeit von chemischen Veränderungen	313
13.2	Experimentelle Methoden der Reaktionskinetik	315
13.3	Die Reaktionsordnung	316
13.4	Reduzierte Geschwindigkeitskonstanten	318
13.5	Reaktionsmolekularität und Reaktionsordnung	319
13.6	Reaktionsmechanismen	320
13.7	Reaktionen erster Ordnung	321
13.8	Reaktionen zweiter Ordnung	323

13.9	Die Bestimmung der Reaktionsordnung	325
13.10	Umkehrbare Reaktionen	326
13.11	Folgereaktionen	328
13.12	Parallelreaktionen	330
13.13	Chemische Relaxation	331
13.14	Reaktionen in strömenden Systemen	334
13.15	Stationäre Zustände und Dissipationsprozesse	337
13.16	Kettenreaktionen: die Bildung von Hydrogenbromid	339
13.17	Radikalketten	341
13.18	Kettenverzweigungen und Explosionen	342
13.19	Die Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	343
13.20	Beispiele für die Temperaturabhängigkeit von Reaktionsgeschwindigkeiten	346
14	Katalyse	349
14.1	Katalysatoren beeinflussen die Geschwindigkeit und nicht das Gleichgewicht von Reaktionen	349
14.2	Homogene Katalyse bei Gasreaktionen	350
14.3	Säure-Base-Katalyse	352
14.4	Allgemeine Säure-Base-Katalyse	354
14.5	Enzymatische Katalyse	355
14.6	Die Struktur eines Enzyms: Carboxypeptidase A	358
14.7	Grenzflächenkatalyse	360
14.8	Die Langmuirsche Adsorptionsisotherme	361
14.9	Adsorption an uneinheitlichen Oberflächen	363
14.10	Mechanismen von Grenzflächenreaktionen	365
15	Theorie der Reaktionsgeschwindigkeit	369
15.1	Stoßtheorie der Gasreaktionen: die Stoßhäufigkeit	369
15.2	Stoßtheorie der Gasreaktionen: die Geschwindigkeitskonstante	372
15.3	Moleküldurchmesser	374
15.4	Vergleich zwischen Stoßtheorie und Experiment	376
15.5	Potentialflächen: $D + H_2$	377
15.6	Die Theorie des aktivierten Komplexes	380
15.7	Thermodynamische Formulierung der Theorie des aktivierten Komplexes	383
15.8	Die Aktivierungsentropie	384
15.9	Chemische Dynamik	385
15.10	Reaktionen in Molekülstrahlen	386
15.11	Theorie der unimolekularen Reaktionen	388
15.12	Reaktionen in Lösung	391
15.13	Diffusionskontrollierte Reaktionen	393

16 Elektrochemie: Ionen in Lösung	395
16.1 Das elektrochemische Äquivalent	395
16.2 Die elektrische Leitfähigkeit von Lösungen	396
16.3 Die molare Leitfähigkeit	398
16.4 Die Arrheniussche Theorie der Dissoziation	400
16.5 Eine große Dielektrizitätszahl des Lösemittels erleichtert die Abtrennung von Ionen	402
16.6 Überföhrungszahlen und Beweglichkeiten	402
16.7 Bestimmung der Überföhrungszahlen nach Hittorf	403
16.8 Bestimmung der Überföhrungszahlen aus der Verschiebung von Grenzflächen	405
16.9 Ergebnisse von Überföhrungsmessungen	406
16.10 Die elektrolytische Dissoziation des Wassers	408
16.11 Die Beweglichkeiten der Wasserstoff- und Hydroxid-Ionen	409
16.12 Diffusion und Ionenbeweglichkeit	410
16.13 Aktivitäten und Standardzustände	412
16.14 Ionenaktivitäten	414
16.15 Experimentelle Aktivitätskoeffizienten von Elektrolyten	415
16.16 Die Ionenstärke	417
16.17 Die Debye-Hückel-Theorie	418
16.18 Die Ionenwolke	419
16.19 Das Grenzgesetz von Debye und Hückel	421
17 Elektrochemische Zellen	425
17.1 Metallelektroden	425
17.2 Das elektrochemische Potential	427
17.3 Kontakt zwischen zwei Metallen	428
17.4 Elektrodentypen	429
17.5 Einteilung elektrochemischer Zellen	430
17.6 Eine elektrochemische Zelle	431
17.7 Zellsymbol und Zellenreaktion	431
17.8 Gleichgewichtsbedingung in einer galvanischen Zelle	432
17.9 Die elektromotorische Kraft einer Zelle	433
17.10 Das Weston-Standardelement	434
17.11 Reversible Zellen	435
17.12 Thermodynamik von Zellenreaktionen	436
17.13 Die Standard-EMK von Zellen	438
17.14 Standardpotentiale	440
17.15 Berechnung der EMK	443
17.16 Berechnung von Löslichkeitsprodukten	444
17.17 Konzentrationszellen	445

17.18	pH-Wertmessung.....	446
17.19	Biologische Membranpotentiale	448
17.20	Nervenleitung.....	451
18	Grenzflächen und Kolloide.....	453
18.1	Oberflächenspannung.....	453
18.2	Die Gleichung von Young und Laplace	455
18.3	Kapillarwirkung	456
18.4	Erhöhter Dampfdruck kleiner Tröpfchen: die Kelvin-Gleichung	459
18.5	Die Oberflächenspannung von Lösungen	462
18.6	Unlösliche Oberflächenfilme.....	463
18.7	Die Struktur von Oberflächenfilmen	465
18.8	Oberflächenaktive Stoffe und Micellen	466
18.9	Zellmembranen	469
18.10	Kolloidlösungen: die Teilchengrößenverteilung.....	470
18.11	Stabilität von Kolloiden: die elektrische Doppelschicht	472
19	Elektrochemische Prozesse an Elektroden	475
19.1	Elektrodenkinetik	475
19.2	Polarisation	477
19.3	Wie das elektrische Feld die Geschwindigkeit einer Elektrodenreaktion steuert	478
19.4	Die Tafel-Gleichungen.....	481
19.5	Die Kinetik der Entladung von Wasserstoff-Ionen.....	483
19.6	Diffusionsüberspannung	484
19.7	Brennstoffzellen	486
20	Teilchen und Wellen	489
20.1	Wellenbewegung	490
20.2	Die klassische Wellengleichung	491
20.3	Die zeitunabhängige klassische Wellengleichung.....	492
20.4	Die Schrödinger-Gleichung	494
20.5	Translationsenergie.....	495
20.6	Die statistische Interpretation von Wellenfunktionen	497
20.7	Weitere Eigenschaften von Wellenfunktionen	499
20.8	Orthogonalität von Wellenfunktionen	500
20.9	Wellenfunktionen für die Translation	501
20.10	Die Quantelung der Energie.....	504
20.11	Nullpunktsenergie und Unschärferelation	505
20.12	Das freie Teilchen	505

20.13	Gewinnung weiterer Informationen aus Wellenfunktionen	506
20.14	Operatoren	508
20.15	Der Hamilton-Operator	509
20.16	Das Modell des freien Elektrons: Farbstoffe mit konjugierten Doppelbindungen	510
20.17	Das Teilchen im dreidimensionalen Kasten	512
20.18	Der Tunneffekt	513
21	Spektren und Struktur von Atomen	515
21.1	Atomsppektren	515
21.2	Bohrsche Bahnen und Ionisierungsenergien	516
21.3	Die Schrödinger-Gleichung für das Wasserstoffatom	520
21.4	Die Radialgleichung liefert die Energieniveaus	522
21.5	Die Winkelgleichung liefert die Bahndrehimpulse	523
21.6	Die Quantenzahlen	525
21.7	Die radialen Wellenfunktionen	527
21.8	Die Winkelabhängigkeit der Wasserstofforbitale	529
21.9	Der Elektronenspin	532
21.10	Das Pauli-Prinzip	533
21.11	Das Heliumatomsppektrum	534
21.12	Das Vektormodell des Atoms	538
21.13	Die Energie von Atomorbitalen: die Variationsmethode	540
21.14	Das Heliumatom	542
21.15	Schwerere Atome: das selbstkonsistente Feld	544
21.16	Energieniveaus in Atomen: das Periodensystem	544
22	Die chemische Bindung	549
22.1	Einleitung	549
22.2	Das Wasserstoffmolekül-Ion H_2^+	551
22.3	Die Born-Oppenheimer-Näherung	552
22.4	Die chemische Bindung im H_2^+ -Molekül	553
22.5	Der Drehimpuls des H_2^+ -Moleküls	554
22.6	Einfache Variationstheorie des H_2^+ -Moleküls	555
22.7	Die kovalente Bindung im H_2 -Molekül	557
22.8	Die Valenzbindungs-methode	563
22.9	Molekülorbitale für homonukleare zweiatomige Moleküle	564
22.10	Das Korrelationsdiagramm	567
22.11	Heteronukleare zweiatomige Moleküle	571
22.12	Die Elektronegativität	572
22.13	Die Ionenbindung	574
22.14	Mehratomige Moleküle: H_2O	577

22.15	Berechnung von Molekülgeometrien	579
22.16	Delokalisierte Molekülorbitale: Benzol	581
22.17	Photoelektronenspektroskopie	583
23	Elektrische und magnetische Eigenschaften von Molekülen	587
23.1	Die Dielektrizitätszahl	587
23.2	Die dielektrische Polarisierung – Dipolmomente	588
23.3	Die Polarisierbarkeit	590
23.4	Das lokale Feld	593
23.5	Die Orientierung von Dipolen in einem elektrischen Feld	594
23.6	Die Frequenzabhängigkeit der Dielektrizitätszahl	597
23.7	Dipolmoment und Molekülstruktur	599
23.8	Magnetische Eigenschaften von Molekülen	603
23.9	Diamagnetismus und temperaturunabhängiger Paramagnetismus	604
23.10	Temperaturabhängiger Paramagnetismus	605
24	Magnetische Resonanz	607
24.1	Elektrische und magnetische Kerneigenschaften	607
24.2	Kernspinresonanz	609
24.3	NMR-Spektrometer	611
24.4	Spin-Gitter-Relaxation	613
24.5	Spin-Spin-Relaxation	615
24.6	Die chemische Verschiebung	615
24.7	Spin-Spin-Kopplung	618
24.8	Dynamische NMR-Messungen – Bestimmung von Reaktionsgeschwindigkeiten	622
24.9	Fourier-Transform-NMR-Spektroskopie	623
24.10	Elektronenspinresonanz	626
24.11	Hyperfeinaufspaltung	628
24.12	Spektren von freien Radikalen	629
25	Symmetrie	631
25.1	Symmetrieoperationen	631
25.2	Definition einer Gruppe	633
25.3	Weitere Symmetrieoperationen	634
25.4	Bezeichnung von Punktgruppen	636
25.5	Punktgruppen und Moleküleigenschaften	638
25.6	Transformation von Vektoren bei Symmetrieoperationen	639
25.7	Matrixdarstellung der Punktgruppe C_{3v}	642
25.8	Irreduzible Darstellungen	643

25.9	Charaktere von irreduziblen Darstellungen	645
25.10	Chemische Anwendungen der Gruppentheorie	647
	Kapitelanhang: Charaktertafeln einiger Punktgruppen	649
26	Rotations- und Schwingungsspektren:	
	Mikrowellen-, Infrarot- und Raman-Spektren	653
26.1	Typen von Molekülspektren	653
26.2	Emission und Absorption von Licht	656
26.3	Reine Rotationspektren – starre Rotatoren	658
26.4	Mikrowellenspektroskopie	660
26.5	Rotationspektren mehratomiger Moleküle	661
26.6	Inversion und innere Rotation	662
26.7	Der harmonische Oszillator	664
26.8	Der anharmonische Oszillator	666
26.9	Rotations-schwingungsspektren zweiatomiger Moleküle	668
26.10	Das Infrarotspektrum von Kohlenstoffdioxid	671
26.11	Laser	672
26.12	Raman-Spektren	673
26.13	Berechnung von Molekülparametern aus spektroskopischen Daten	676
26.14	Normalschwingungen	677
26.15	Symmetrie und Normalschwingungen	678
27	Elektronenspektren und Photochemie	681
27.1	Lichtabsorption	681
27.2	Elektronenübergänge und Bandenspektren	684
27.3	Das Franck-Condon-Prinzip	686
27.4	Angeregte Zustände von Sauerstoff	688
27.5	Angeregte Zustände mehratomiger Moleküle	690
27.6	Grundlagen der Photochemie	691
27.7	Abbau der Anregungsenergie in Molekülen	694
27.8	Fluoreszenz	695
27.9	Dissoziation und Prädissoziation	697
27.10	Photochemische Sekundärprozesse	699
27.11	Blitzlichtphotolyse	700
27.12	Energieübertragung in kondensierten Systemen	701
28	Kristallographie	703
28.1	Kristallflächen und Kristallebenen	703
28.2	Kristallsysteme	705

28.3	Gitter und Elementarzellen.....	706
28.4	Symmetrieeigenschaften und Kristallklassen	709
28.5	Kristallstrukturen	710
28.6	Raumgruppen	711
28.7	Röntgenkristallographie	712
28.8	Die Braggsche Analyse der Röntgenbeugung	713
28.9	Die Struktur von NaCl und KCl	715
28.10	Die Pulvermethode.....	721
28.11	Drehkristallverfahren.....	723
28.12	Der Strukturfaktor.....	723
28.13	Fourier-Synthese einer Kristallstruktur.....	727
28.14	Neutronenbeugung.....	730
29	Der feste Zustand	733
29.1	Bindungen in Festkörpern	733
29.2	Dichteste Kugelpackungen.....	737
29.3	Elektronengastheorie der Metalle.....	739
29.4	Quantenstatistik	740
29.5	Die Bindungsenergie in Metallen	742
29.6	Eigenhalbleiter.....	744
29.7	Fremdhalbleiter.....	746
29.8	Ionenkristalle	747
29.9	Die Bindungsenergie in Ionenkristallen.....	748
29.10	Die Gitterenergie.....	751
29.11	Punktdefekte	752
29.12	Lineare Defekte – Versetzungen	754
29.13	Durch Versetzungen bewirkte Effekte	756
30	Der flüssige Zustand und intermolekulare Kräfte.....	759
30.1	Unordnung im flüssigen Zustand	759
30.2	Röntgenbeugung an Flüssigkeiten	762
30.3	Flüssiges Wasser	763
30.4	Kohäsionskräfte in Flüssigkeiten – der Binnendruck	766
30.5	Intermolekulare Kräfte	767
30.6	Der Ursprung der intermolekularen Kräfte.....	769
30.7	Zustandsgleichung und intermolekulare Kräfte	773
30.8	Theorie der Flüssigkeiten	776
30.9	Viskosität von Flüssigkeiten.....	778
30.10	Das Gesetz von Hagen und Poiseuille.....	779
30.11	Viskosität von Polymerlösungen.....	783

XX Inhalt

Tabellenanhang 785

Register 793