

# Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der wichtigsten verwendeten Symbole für Formelgrößen, Einheiten und sonstige Begriffe ..... XXIII

0. Entwicklung der physikalischen Chemie und ihre Aufgaben .....	XXXI
1. Atomtheorie und Atombau .....	1
1.1. Die Anfänge der Atomtheorie .....	1
1.1.1. Allgemeine chemische Grundgesetze .....	1
1.1.2. Die DALTONSche Atomhypothese .....	5
1.1.3. Die Gesetze von GAY-LUSSAC und AVOGADRO .....	6
1.1.4. Die Definition des Mols .....	7
1.1.5. Versuche zur Ordnung der Elemente .....	8
1.1.6. MENDELEJEWS Periodensystem .....	10
1.2. Das Elektron .....	14
1.2.1. Beziehungen zwischen Stoffen und Elektrizität .....	14
1.2.2. Die Entdeckung des Elektrons .....	15
1.2.3. Die Ladung des Elektrons .....	17
1.3. Natürliche Radioaktivität .....	21
1.3.1. Die Entdeckung der Radioaktivität .....	21
1.3.2. Die Natur der radioaktiven Strahlung .....	22
1.3.3. Spontane Atomumwandlungen und radioaktive Zerfallsreihen .....	26
1.4. Die Isotopie .....	30
1.4.1. Das Verschiebungsgesetz .....	30
1.4.2. Die Massenspektroskopie .....	31
1.4.3. Spektroskopische Methoden zum Nachweis von Isotopen .....	38
1.4.4. Die Kohlenstoff-12-Skala der Atomgewichte .....	39
1.4.5. Die natürlichen Nuklide .....	42
1.4.6. Packungsanteil und Massendefekt .....	43
1.4.7. Die Anreicherung von Isotopen .....	47
1.4.8. Deuterium .....	49
1.5. Der Atomkern .....	50
1.5.1. Die Streuung von $\alpha$ -Teilchen .....	50
1.5.2. Das MOSELEYSche Gesetz .....	52
1.5.3. Kernreaktionen .....	55
1.5.4. Künstliche Radioaktivität .....	60
1.5.5. Die verschiedenen Typen der Kernreaktionen .....	63
1.5.6. Die Uranspaltung .....	67
1.5.7. Kernreaktoren .....	69
1.5.8. Thermonukleare Reaktionen .....	70
1.5.9. Weitere Elementarteilchen .....	72
1.6. Der quantenhafte Energieaustausch der Atome mit der Umgebung .....	79
1.6.1. Das Planetenmodell des Atoms .....	79
1.6.2. Strahlungsgesetze .....	81

1.6.3. Die Grundlagen der Quantentheorie	84
1.6.4. Photonen	86
1.6.5. Die Atomspektren	89
1.6.6. Die BOHRschen Postulate	90
1.6.7. Das BOHRsche Modell des Wasserstoffatoms	92
1.6.8. Die Spektralserien des ionisierten Heliums	98
1.7. Der Aufbau der Elektronenhüllen	99
1.7.1. Die Röntgenspektren	99
1.7.2. Die optischen Spektren der Alkalimetalle	102
1.7.3. Erweiterungen der BOHRschen Theorie	105
1.7.4. Die Nebenquantenzahl	106
1.7.5. Die magnetische Quantenzahl	110
1.7.6. Der Elektronenspin	112
1.7.7. Der Kernspin	115
1.7.8. Das PAULI-Prinzip	115
1.7.9. Der periodische Aufbau der Elektronenhüllen	116
1.7.10. Die Multiplizität der Terme und ihre Symbolik	119
1.7.11. Die Periodizität der Ionisierungsenergien	122
1.7.12. Die Elektronenaffinität	124
1.8. Grundzüge der Wellenmechanik	124
1.8.1. Der Welle-Korpuskel-Dualismus	124
1.8.2. Die SCHRÖDINGER-Gleichung	127
1.8.3. Die kräftefreie Bewegung eines Teilchens in einem begrenzten Raum	129
1.8.4. Die kräftefreie Bewegung eines Teilchens auf einer Kugeloberfläche	132
1.8.5. Der lineare harmonische Oszillator	137
1.8.6. Das Wasserstoffatom	141
1.8.7. Atome mit mehreren Elektronen; die Einelektronen-Näherung	149
2. Die chemische Bindung	153
2.0.1. Einleitung	153
2.1. Die verschiedenen Arten der Bindung	154
2.1.1. Die Elektrovalenz (heteropolare Bindung)	154
2.1.2. Die Kovalenz (homöopolare Bindung)	155
2.1.3. Die Polarität der kovalenten Bindung	157
2.1.4. Die koordinative Bindung	160
2.1.5. Wasserstoffbrücken	163
2.2. Intramolekulare Elektronenverschiebungen	167
2.2.1. Übersicht	167
2.2.2. Der induktive Effekt	167
2.2.3. Der induktomere Effekt	169
2.2.4. Der elektromere Effekt	169
2.2.5. Der mesomere Effekt	170
2.3. Die wellenmechanische Deutung der chemischen Bindung	175
2.3.1. Das Wasserstoffmolekül	175
2.3.2. Die Bindungen in komplizierteren Molekülen	183
2.3.3. Die chemische Bindung in Kristallen	187
3. Die Aggregatzustände der Stoffe	192
3.0.1. Charakteristik der einzelnen Aggregatzustände	192
3.1. Ideale Gase	193
3.1.1. Die Zustandsgleichung der idealen Gase	193

3.1.2. Molmasse und Gasdichte	199
3.1.3. Die Bestimmung der Molmasse von Flüssigkeiten	200
3.1.4. Anomale Dichten	203
3.1.5. Das DALTONSche Gesetz	205
3.1.6. Die mittlere Molmasse einer Gasmischung	207
3.1.7. Das GRAHAMsche Gesetz	207
3.2. Der 1. Hauptsatz der Thermodynamik	208
3.2.1. Die innere Energie	208
3.2.2. Die Abhängigkeit der inneren Energie eines idealen Gases vom Volumen und vom Druck	211
3.2.3. Reversible isotherme Zustandsänderungen eines idealen Gases	213
3.2.4. Die Abhängigkeit der inneren Energie eines idealen Gases von der Temperatur	214
3.2.5. Die Enthalpie	217
3.2.6. Adiabatische Zustandsänderungen eines idealen Gases	218
3.3. Die kinetische Theorie der idealen Gase	220
3.3.1. Die Grundgleichung der kinetischen Theorie	220
3.3.2. Die Gleichverteilung der Energie und die Molwärmen der Gase	224
3.3.3. Das MAXWELLSche Geschwindigkeitsverteilungsgesetz	228
3.3.4. Die Anzahl der Zusammenstöße und die mittlere freie Weglänge der Moleküle	234
3.3.5. Von der mittleren freien Weglänge der Moleküle abhängige Eigenschaften	236
3.4. Reale Gase	242
3.4.1. Abweichungen vom BOYLE-MARIOTTESchen Gesetz	242
3.4.2. Der JOULE-THOMSON-Effekt	244
3.4.3. Die VAN-DER-WAALSSche Gleichung	245
3.4.4. Die Verflüssigung der Gase	249
3.4.5. Die Bestimmung der kritischen Konstanten	251
3.4.6. Der Zusammenhang der kritischen und der VAN-DER-WAALSSchen Konstanten	253
3.4.7. Die reduzierte VAN-DER-WAALSSche Gleichung	255
3.4.8. Methoden zur Verflüssigung von Gasen	256
3.5. Die Verdampfung von Flüssigkeiten	259
3.5.1. Der Dampfdruck	259
3.5.2. Die Messung von Dampfdrücken	260
3.5.3. Die Temperaturabhängigkeit des Dampfdrucks und das Theorem der übereinstimmenden Zustände	261
3.5.4. Die Verdampfungsenthalpie	266
3.5.5. Die CLAUDIUS-CLAPEYRONsche Gleichung	268
3.6. Weitere Eigenschaften der Flüssigkeiten	270
3.6.1. Die Oberflächenspannung	270
3.6.2. Die Messung der Oberflächenspannung	271
3.6.3. Die Temperaturabhängigkeit der Oberflächenspannung	273
3.6.4. Viskosität und Fluidität	275
3.6.5. Die Messung der Viskosität	277
3.7. Kristalline Stoffe und Kristallstruktur	279
3.7.1. Merkmale des festen Zustands	279
3.7.2. Flüssige Kristalle	279
3.7.3. Die Struktur der Kristalle	281
3.7.4. Die Strukturanalyse von Kristallen mittels Röntgenstrahlen	284

3.7.5. Die Gitterebenen der kubischen Gitter	28.
3.7.6. Die Grundgittertypen des kubischen Systems	289
3.7.7. Der Abstand der Gitterebenen	289
3.7.8. Weitere Methoden zur Untersuchung der Kristallstruktur	290
3.7.9. Verschiedene Gittertypen	295
3.7.10. Polymorphie und Allotropie	299
3.7.11. Isomorphie	299
3.8. Thermodynamische Eigenschaften fester Stoffe	300
3.8.1. Schmelzen und Sublimieren	300
3.8.2. Die Molwärmen der Elemente	303
3.8.3. Die mittlere Energie eines linearen Oszillators	306
3.8.4. Die EINSTEINSche Gleichung	309
3.8.5. Die DEBYESche Gleichung	311
4. Mischungen und Lösungen	315
4.1. Allgemeines über die Eigenschaften von Mischungen	315
4.1.1. Definitionen; Konzentrationsmaße	315
4.1.2. Extensive und intensive Eigenschaften von Mischungen	317
4.1.3. Partielle molare Größen und die GIBBS-DUHEMSche Gleichung	318
4.1.4. Das partielle Molvolumen	320
4.1.5. Das RAOULTSche Gesetz	322
4.2. Eigenschaften verdünnter Lösungen nicht flüchtiger Stoffe	323
4.2.1. Die Dampfdruckerniedrigung	323
4.2.2. Die Siedepunkterhöhung	325
4.2.3. Die Gefrierpunkterniedrigung	327
4.2.4. Der osmotische Druck	330
4.2.5. Die kinetische Deutung des osmotischen Drucks	333
4.2.6. Osmotischer Druck und Dampfdruckerniedrigung	334
4.2.7. Die anomalen osmotischen Effekte von Elektrolyten	337
4.3. Diffusion in Lösungen	340
4.3.1. Das erste FICKSche Gesetz	340
4.3.2. Das zweite FICKSche Gesetz	342
5. Chemische Energetik	346
5.1. Reaktionsenergien und -enthalpien	346
5.1.1. Thermochemische Gleichungen	346
5.1.2. Thermochemische Gesetze	349
5.1.3. Molare Bildungsenthalpien	351
5.1.4. Molare Verbrennungsenthalpien	354
5.1.5. Lösungs- und Verdünnungsenthalpien	357
5.1.6. Weitere spezielle Reaktionsenthalpien	359
5.1.7. Das KIRCHHOFFSche Gesetz	361
5.1.8. Der Temperaturkoeffizient der molaren Verdampfungsenthalpie	365
5.2. Der II. Hauptsatz der Thermodynamik und die Entropie	366
5.2.1. Die Umwandlung von Wärme in Arbeit	366
5.2.2. Der CARNORSche Kreisprozeß	367
5.2.3. Der II. Hauptsatz der Thermodynamik	369
5.2.4. Die thermodynamische Definition der Temperatur	371
5.2.5. Die Degradation der Wärme	373
5.2.6. Die Definition der Entropie	374

5.2.7. Irreversible Vorgänge .....	376
5.2.8. Die statistische Deutung der Entropie .....	378
5.3. Weitere thermodynamische Funktionen und Beziehungen .....	380
5.3.1. Die freie Energie .....	380
5.3.2. Die freie Enthalpie .....	382
5.3.3. Die GIBBS-HELMHOLTZschen Gleichungen .....	383
5.3.4. Entropieänderungen bei isothermen physikalischen Vorgängen .....	385
5.3.5. Die molare Entropie als Temperaturfunktion .....	386
5.3.6. Die absolute Entropie .....	388
5.3.7. Die Abhängigkeit der Entropie vom Volumen und vom Druck .....	391
5.3.8. Die thermodynamischen Zustandsgleichungen .....	393
5.3.9. Molare freie Standardbildungsenthalpien .....	394
5.3.10. Die Temperaturabhängigkeit der Größen $\Delta_R F$ und $\Delta_R G$ .....	395
5.4. Der III. Hauptsatz der Thermodynamik .....	397
5.4.1. Das NERNSTsche Wärmethorem .....	397
5.4.2. Folgen des NERNSTschen Wärmethorems .....	399
5.5. Grundzüge der statistischen Thermodynamik .....	402
5.5.1. Das BOLTZMANN-Theorem .....	402
5.5.2. Statistisches Gewicht und Verteilungsfunktionen .....	406
5.5.3. Die Verteilungsfunktionen der einzelnen Energiearten .....	408
5.5.4. Die Berechnung der thermodynamischen Funktionen aus den Verteilungsfunktionen .....	411
5.5.5. Die Berechnung von Gleichgewichtskonstanten aus den Verteilungsfunktionen .....	415
6. Gleichgewichte .....	418
6.0.1. Übersicht .....	418
6.1. Das Massenwirkungsgesetz und seine Anwendung .....	418
6.1.1. Der Begriff des chemischen Gleichgewichts .....	418
6.1.2. Das Massenwirkungsgesetz .....	420
6.1.3. Die Berechnung von Gleichgewichtskonzentrationen .....	422
6.1.4. Chemische Gleichgewichte in Gasen .....	424
6.1.5. Das Prinzip der Aktion und Reaktion .....	426
6.1.6. Der Einfluß der Zusammensetzung eines gasförmigen Systems auf die Lage des Gleichgewichts .....	430
6.1.7. Zusammengesetzte Gleichgewichte .....	433
6.1.8. Die VAN'T-HOFFsche Reaktionsisotherme .....	434
6.1.9. Die Affinität der chemischen Reaktionen .....	438
6.2. Das chemische Potential .....	444
6.2.1. Das chemische Potential eines idealen Gases .....	444
6.2.2. Das chemische Potential eines realen Gases; die Fugazität .....	445
6.2.3. Das chemische Potential einer Komponente einer idealen Mischphase .....	448
6.2.4. Das chemische Potential einer Komponente einer realen Mischphase; die Aktivität .....	450
6.2.5. Die thermodynamischen Funktionen bei Mischphasen .....	452
6.3. Das chemische Gleichgewicht .....	455
6.3.1. Nochmals: die Reaktionsisotherme .....	455
6.3.2. Die Temperaturabhängigkeit der Gleichgewichtskonstanten .....	457
6.3.3. Heterogene chemische Gleichgewichte .....	465
6.3.4. Zersetzungs-gleichgewichte kristalliner Hydrate und Ammoniak-Additionsverbindungen .....	467

6.3.5. Zersetzungsgleichgewichte von Ammoniumsalzen .....	470
6.3.6. Andere Reaktionen zwischen festen Stoffen und Gasen .....	471
6.4. Phasengleichgewichte .....	473
6.4.1. Allgemeines über Phasengleichgewichte .....	473
6.4.2. Die CLAUDIUS-CLAPEYRONsche Gleichung .....	474
6.4.3. Der Dampfdruck kleiner Tröpfchen .....	477
6.4.4. Das RAOULTsche Gesetz .....	480
6.4.5. Siedepunktserhöhung und Gefrierpunktserniedrigung .....	481
6.4.6. Der osmotische Druck .....	482
6.4.7. Das Löslichkeitsgleichgewicht .....	482
6.4.8. Das HENRYsche Gesetz .....	485
6.4.9. Das Phasengesetz .....	486
6.5. Systeme I. Ordnung .....	490
6.5.1. Das Phasendiagramm des Wassers .....	490
6.5.2. Das Phasendiagramm des Schwefels .....	491
6.5.3. Die Ermittlung von Umwandlungspunkten .....	492
6.6. Systeme II. Ordnung ohne Beteiligung fester Phasen .....	494
6.6.1. Allgemeines über Systeme II. Ordnung .....	494
6.6.2. Unbegrenzt mischbare Flüssigkeiten .....	494
6.6.3. Fraktionierte Destillation bei konstanter Temperatur .....	497
6.6.4. Fraktionierte Destillation bei konstantem Druck .....	498
6.6.5. Die praktische Durchführung von fraktionierten Destillationen .....	501
6.6.6. Begrenzt mischbare Flüssigkeiten .....	502
6.6.7. Dampfdruck und Siedetemperatur begrenzt mischbarer Flüssigkeiten .....	505
6.6.8. Wasserdampfdestillation .....	506
6.7. Systeme II. Ordnung mit Beteiligung fester Phasen .....	508
6.7.1. Zersetzungsgleichgewichte von Hydraten .....	508
6.7.2. Gleichgewichte zwischen festen und flüssigen Phasen .....	511
6.7.3. Das System Wasser—Natriumchlorid .....	513
6.7.4. Andere Systeme, in denen die Komponenten weder eine Verbindung noch Mischkristalle bilden .....	514
6.7.5. Thermische Analyse .....	516
6.7.6. Systeme mit Verbindungsbildung: a) kongruent schmelzende Ver- bindungen .....	518
6.7.7. Systeme mit Verbindungsbildung: b) inkongruent schmelzende Ver- bindungen .....	520
6.7.8. Systeme mit Mischkristallbildung: a) unbegrenzte Mischbarkeit in der festen Phase .....	522
6.7.9. Systeme mit Mischkristallbildung: b) begrenzte Mischbarkeit in der festen Phase .....	525
6.8. Systeme III. Ordnung .....	527
6.8.1. Dreieckskoordinaten .....	527
6.8.2. Systeme aus drei Flüssigkeiten .....	528
6.8.3. Das Verteilungsgleichgewicht .....	530
6.8.4. Gleichgewichte zwischen reinen festen Phasen und einer flüssigen Mischphase .....	534
6.8.5. Wäßrige Lösungen von zwei Salzen .....	536
6.9. Gleichgewichte an Phasengrenzflächen .....	539
6.9.1. Phasengrenzgebiete und Wesen der Adsorption .....	539
6.9.2. Das Adsorptionsgleichgewicht .....	542
6.9.3. Die Adsorptionsisothermen von FREUNDLICH und LANGMUIR .....	543
6.9.4. Die Adsorptionsisotherme von BRUNAUER, EMMETT und TELLER .....	546

6.9.5. Die Adsorptionsisotherme von DUBININ und RADUSCHKEWITSCH . . . . .	549
6.9.6. Adsorption und Kapillarkondensation . . . . .	551
6.9.7. Die Adsorption gelöster Stoffe an der Oberfläche der Lösung . . . . .	553
6.9.8. Beziehungen für die Oberflächenadsorption gelöster Stoffe . . . . .	555
6.9.9. Chromatographie . . . . .	556
6.10. Oberflächenfilme . . . . .	561
6.10.1. Die Herstellung von Oberflächenfilmen und Untersuchung ihrer Eigenschaften . . . . .	561
6.10.2. Ideale gasanaloge Oberflächenfilme . . . . .	562
6.10.3. Reale gasanaloge Oberflächenfilme . . . . .	564
6.10.4. Kondensierte Oberflächenfilme . . . . .	565
7. Elektrochemie I: Elektrolyte . . . . .	567
7.1. Die Anfänge der Theorie der elektrolytischen Dissoziation . . . . .	567
7.1.1. Die Entdeckung der Elektrolyse . . . . .	567
7.1.2. Die FARADAYSchen Gesetze . . . . .	568
7.1.3. Die Frage der Bildung der Ionen . . . . .	569
7.2. Die Leitfähigkeit der Elektrolyte . . . . .	570
7.2.1. Die spezifische Leitfähigkeit und ihre Messung . . . . .	570
7.2.2. Der Mechanismus der Stromleitung . . . . .	573
7.2.3. Die Konzentrationsabhängigkeit der Leitfähigkeit . . . . .	575
7.2.4. Das Gesetz der unabhängigen Ionenwanderung . . . . .	577
7.2.5. Die Theorie der elektrolytischen Dissoziation von ARRHENIUS . . . . .	578
7.2.6. Die HITTORFSchen Überführungszahlen . . . . .	579
7.2.7. Die wahren Überführungszahlen . . . . .	583
7.2.8. Anomale Überführungszahlen . . . . .	584
7.2.9. Die Ionenleitvermögen . . . . .	585
7.2.10. Nichtwäßrige Lösungen . . . . .	588
7.2.11. Die Leitfähigkeit von Schmelzen . . . . .	589
7.2.12. Die Leitfähigkeit fester Elektrolyte . . . . .	590
7.3. Anwendungen von Leitfähigkeitsmessungen . . . . .	590
7.3.1. Die Ermittlung der Löslichkeit von Salzen durch Leitfähigkeits- messungen . . . . .	590
7.3.2. Die konduktometrische Titration . . . . .	591
7.4. Schwache Elektrolyte . . . . .	593
7.4.1. Die Dissoziationskonstante . . . . .	593
7.4.2. Das OSTWALDSche Verdünnungsgesetz . . . . .	595
7.4.3. Schwache Säuren und Basen . . . . .	596
7.4.4. Das Ionenprodukt des Wassers . . . . .	599
7.4.5. Der pH-Wert . . . . .	602
7.4.6. Die Hydrolyse von Salzen . . . . .	603
7.4.7. Pufferlösungen . . . . .	607
7.4.8. Die Pufferkapazität . . . . .	611
7.4.9. Amphotere Elektrolyte . . . . .	613
7.4.10. Die Tautomerie . . . . .	617
7.4.11. Tautomerengleichgewichte in Lösungen . . . . .	618
7.4.12. Säure—Basen-Indikatoren . . . . .	621
7.5. Starke Elektrolyte . . . . .	625
7.5.1. Die Löslichkeitskonstante und ihre Temperaturabhängigkeit . . . . .	625
7.5.2. Das Löslichkeitsprodukt . . . . .	627

7.5.3. Komplexe Ionen .....	629
7.5.4. Der Aktivitätskoeffizient und die Ionenstärke .....	631
7.5.5. Der mittlere Aktivitätskoeffizient bei verschiedenen Formeltypen der Elektrolyte .....	635
7.5.6. Der osmotische Koeffizient .....	637
7.5.7. Der Leitfähigkeitskoeffizient .....	638
7.6. Die Theorie der starken Elektrolyte .....	639
7.6.1. Die Grundgedanken der Theorie; die Ionenwolke .....	639
7.6.2. Die elektrische Arbeit bei der reversiblen Überführung der Ionen auf eine gegebene Konzentration .....	645
7.6.3. Die Berechnung des Aktivitätskoeffizienten .....	646
7.6.4. Der Einfluß des Ionendurchmessers auf den Aktivitätskoeffizienten .....	648
7.6.5. Der Aktivitätskoeffizient bei schwachen Elektrolyten .....	649
7.6.6. Die Berechnung des osmotischen Koeffizienten .....	653
7.6.7. Das Ionenleitvermögen bei unendlicher Verdünnung .....	656
7.6.8. Die Berechnung des Leitfähigkeitskoeffizienten .....	658
<b>8. Elektrochemie II: Elektromotorische Kräfte und elektrolytische Erscheinungen</b> .....	<b>663</b>
8.1. Die chemische und energetische Seite der Elektrolyse .....	663
8.1.1. Die Arten der Elektrodenvorgänge .....	663
8.1.2. Die elektrochemischen Äquivalente .....	664
8.1.3. Die elektrische Energie .....	667
8.2. Galvanische Ketten .....	668
8.2.1. Die elektromotorische Kraft einer Kette .....	668
8.2.2. Die Messung der EMK von Ketten .....	672
8.2.3. Die Arten der reversiblen Elektroden .....	675
8.2.4. Die NERNSTSCHE Deutung des Elektrodenpotentials .....	676
8.2.5. Die thermodynamische Deutung des Einzelpotentials .....	678
8.2.6. Die kinetische Deutung des Elektrodenpotentials .....	679
8.2.7. Elektrodenpotentiale gegenüber der Standardwasserstoffelektrode; Standardpotentiale .....	682
8.2.8. Konzentrationsketten ohne Überführung .....	686
8.2.9. Konzentrationsketten mit Überführung .....	689
8.2.10. Das Diffusionspotential .....	690
8.2.11. Die Elimination des Diffusionspotentials .....	694
8.2.12. Die Temperaturabhängigkeit der EMK .....	695
8.3. Elektroden I. und II. Art .....	696
8.3.1. Die Wasserstoffelektrode .....	696
8.3.2. Die Standardwasserstoffelektrode; Ermittlung von Standardpotentialen .....	699
8.3.3. Bezugs Elektroden .....	701
8.3.4. Die Bestimmung des pH-Werts mit der Wasserstoffelektrode .....	702
8.3.5. Das Ionenprodukt des Wassers .....	704
8.3.6. Amalgam-Elektroden .....	705
8.3.7. Die Sauerstoffelektrode .....	706
8.3.8. Die Halogenelektroden .....	708
8.3.9. Elektroden II. Art .....	710
8.3.10. Das WESTON-Normalelement .....	713
8.4. Redoxelektroden .....	714
8.4.1. Die Entstehung des Redoxpotentials .....	714
8.4.2. Die PETERSSCHE Gleichung .....	717
8.4.3. Die FREDENHAGENSCHEN Deutung des Redoxpotentials .....	718



8.4.4. Die CLARKSchen Exponenten $r_H$ und $r_O$ .....	722
8.4.5. Die CLARKSche Deutung des Redoxpotentials .....	724
8.4.6. Die LUTHERSche Gleichung .....	725
8.4.7. Mischungen verschiedener Redoxsysteme .....	728
8.4.8. Die Oxydations-Reduktions-Titrationsen .....	729
8.4.9. Organische Redoxsysteme .....	732
8.4.10. Die Chinhydronelektrode .....	737
8.5. Spezielle Elektroden .....	739
8.5.1. Die Glaselektrode .....	739
8.5.2. Oxidelektroden .....	740
8.6. Elektrochemische Stromquellen .....	741
8.6.1. Galvanische Elemente .....	741
8.6.2. Akkumulatoren .....	742
8.7. Elektrolytische Vorgänge und Überspannung .....	746
8.7.1. Begriff und Arten der Überspannung .....	746
8.7.2. Die Diffusionsüberspannung .....	747
8.7.3. Die Durchtrittsüberspannung .....	750
8.7.4. Die Wasserstoff- und Sauerstoffabscheidung .....	753
8.7.5. Die Abscheidung von Metallen .....	756
8.8. Die Polarographie .....	758
8.8.1. Die Elektrokapillarität .....	758
8.8.2. Die polarographische Methode .....	760
8.8.3. Der Diffusionsstrom .....	762
8.8.4. Das Halbstufenpotential; die Gestalt der polarographischen Kurve ...	764
8.8.5. Die kinetischen Ströme .....	766
8.8.6. Katalysierte Vorgänge .....	767
8.8.7. Die Strommaxima .....	769
8.8.8. Die polarographische Analyse .....	771
8.9. Die anodische Auflösung von Metallen; Passivität, Korrosion .....	771
8.9.1. Die anodische Metallauflösung .....	771
8.9.2. Die anodische Passivität .....	772
8.9.3. Korrosion und Lokalelemente .....	774
8.9.4. Korrosion in Gegenwart eines Depolarisators .....	775
9. Reaktionskinetik .....	778
9.1. Die kinetischen Grundgleichungen .....	778
9.1.1. Grundbegriffe .....	778
9.1.2. Reaktionen erster Ordnung .....	780
9.1.3. Radioaktive Umwandlungen .....	783
9.1.4. Das radioaktive Gleichgewicht .....	784
9.1.5. Nichtstationäre radioaktive Umwandlungsprozesse .....	787
9.1.6. Reaktionen zweiter Ordnung .....	789
9.1.7. Reaktionen dritter Ordnung .....	791
9.1.8. Reaktionen höherer Ordnung .....	794
9.2. Simultanreaktionen .....	795
9.2.1. Umkehrbare Reaktionen .....	795
9.2.2. Nebenreaktionen .....	797
9.2.3. Folgereaktionen .....	798
9.2.4. Kettenreaktionen .....	801
9.2.5. Der Mechanismus der Kettenreaktionen .....	803
9.2.6. Polymerisationsreaktionen .....	805

9.3. Die Theorie der Reaktionsgeschwindigkeit . . . . .	806
9.3.1. Die Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit . . . . .	806
9.3.2. Die Deutung der Reaktionsgeschwindigkeit auf Grund der Stoßtheorie . . . . .	808
9.3.3. Der Mechanismus der monomolekularen Reaktionen . . . . .	810
9.3.4. Die Theorie des Übergangszustands . . . . .	811
9.3.5. Der Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeitskonstanten und der Aktivierungsentropie . . . . .	817
9.3.6. Die Berechnung der Aktivierungsenergie . . . . .	818
9.4. Heterogene Reaktionen . . . . .	820
9.4.1. Die Auflösungsgeschwindigkeit . . . . .	820
9.4.2. Chemische Reaktionen an Grenzflächen zwischen festen und gasförmigen Phasen . . . . .	822
9.4.3. Die Kinetik des Verdampfungsvorgangs . . . . .	824
9.5. Homogene Katalyse . . . . .	825
9.5.1. Das Wesen der Katalyse . . . . .	825
9.5.2. Die Säure—Basen-Katalyse . . . . .	826
9.5.3. Der Mechanismus der Säure—Basen-Katalyse . . . . .	828
9.5.4. Weitere Beispiele homogener Katalyse in Lösungen und Gasen . . . . .	831
9.5.5. Die Autokatalyse . . . . .	834
9.5.6. Der primäre Salzeffekt . . . . .	836
9.5.7. Der sekundäre Salzeffekt . . . . .	839
9.6. Heterogene Katalyse . . . . .	840
9.6.1. Allgemeines . . . . .	840
9.6.2. Katalytische Redox-Reaktionen . . . . .	842
9.6.3. Katalytische Säure—Basen-Reaktionen . . . . .	844
9.6.4. Reaktionsgeschwindigkeit und Kinetik heterogener katalytischer Reaktionen . . . . .	846
9.6.5. Enzymatische Reaktionen . . . . .	853
10. Kolloide Systeme . . . . .	855
10.0.1. Allgemeine Merkmale des kolloiden Zustands . . . . .	855
10.1. Kolloide Lösungen . . . . .	857
10.1.1. Die Darstellung von Solen . . . . .	857
10.1.2. Dialyse, Elektrodialyse, Ultrafiltration . . . . .	859
10.1.3. Die optischen Eigenschaften der Sole . . . . .	860
10.1.4. Sedimentation und Brownsche Bewegung . . . . .	862
10.1.5. Die Bestimmung der Molmasse von Kolloidteilchen durch Sedimentation . . . . .	866
10.2. Lyophobe und lyophile Sole . . . . .	869
10.2.1. Kennzeichen lyophober und lyophiler Sole . . . . .	869
10.2.2. Die Struktur der lyophoben Teilchen . . . . .	870
10.2.3. Die Ausflockung lyophober Sole durch Elektrolyte . . . . .	871
10.2.4. Eigenschaften lyophiler Sole . . . . .	872
10.2.5. Die Elektrophorese der Eiweißstoffe . . . . .	874
10.2.6. Optische Methoden für elektrophoretische Messungen . . . . .	875
10.3. Elektrische Doppelschichten . . . . .	878
10.3.1. Die HELMHOLTZsche Doppelschicht . . . . .	878
10.3.2. Die diffuse Doppelschicht . . . . .	879
10.3.3. Die STERNsche Doppelschicht . . . . .	882
10.4. Elektrokinetische Erscheinungen . . . . .	885
10.4.1. Das elektrokinetische Potential . . . . .	885

10.4.2. Die Elektroosmose .....	886
10.4.3. Die Elektrophorese .....	888
10.4.4. Das Strömungspotential .....	891
10.4.5. Das elektrophoretische Potential .....	892
10.5. Membrangleichgewichte .....	893
10.5.1. Die DONNANSche Gleichgewichtsbedingung .....	893
10.5.2. Der osmotische Druck kolloider Lösungen .....	895
10.5.3. Die Membranhydrolyse .....	898
10.5.4. Das Membranpotential .....	899
10.6. Gele, Emulsionen und Schäume .....	900
10.6.1. Gele .....	900
10.6.2. Emulsionen .....	902
10.6.3. Schäume; Flotation .....	904
11. Wechselwirkungen zwischen Stoffen und Strahlung .....	905
11.1. Die dielektrische Polarisation .....	905
11.1.1. Der Brechungsindex .....	905
11.1.2. Die Verschiebungspolarisation .....	906
11.1.3. Der Zusammenhang zwischen dem Verschiebungsanteil der molekularen Polarisierbarkeit und der Dielektrizitätskonstanten .....	909
11.1.4. Die Orientierungspolarisation .....	911
11.1.5. Molrefraktion und chemische Struktur .....	915
11.1.6. Die Ionendeformierbarkeit .....	918
11.1.7. Polarisierbarkeit und chemische Bindung .....	920
11.1.8. Permanentes Dipolmoment und Molekülstruktur .....	922
11.1.9. Dipolmomente einzelner Bindungen .....	923
11.1.10. Die freie Drehbarkeit der C—C-Bindung .....	927
11.1.11. Die Anisotropie der Polarisierbarkeit .....	929
11.2. Die optische Aktivität .....	930
11.2.1. Die Messung des optischen Drehwinkels .....	930
11.2.2. Spezifisches und molares Drehvermögen .....	933
11.2.3. Die temporäre optische Aktivität .....	934
11.2.4. Die permanente optische Aktivität .....	935
11.3. Die Lichtabsorption .....	937
11.3.1. Die Gesetze der Lichtabsorption .....	937
11.3.2. Absorptionsspektren .....	939
11.3.3. Infrarot-Absorptionsspektren .....	941
11.3.4. Magnetische Kern- und Elektronenresonanz .....	945
11.3.5. Absorption und chemische Struktur .....	949
11.4. Molekülspektren .....	952
11.4.1. Entstehung und Einteilung der Molekülspektren .....	952
11.4.2. Die Rotationsspektren .....	955
11.4.3. Die Rotationsschwingungsspektren .....	957
11.4.4. Die Elektronenspektren .....	963
11.4.5. Wellenmechanische Behandlung der Bewegungsmöglichkeiten der Kerne eines zweiatomigen Moleküls .....	970
11.5. Die sekundäre Lichtstrahlung .....	974
11.5.1. Fluoreszenz und Phosphoreszenz .....	974
11.5.2. Der RAMAN-Effekt .....	978
11.6. Zusammenhänge zwischen elektromagnetischer Strahlung und chemischen Reaktionen .....	980

11.6.1. Das photochemische Äquivalenzgesetz .....	980
11.6.2. Durch Photodissoziation hervorgerufene Reaktionen .....	982
11.6.3. Andere Reaktionen photoaktivierter Moleküle .....	983
11.6.4. Der photographische Prozeß .....	985
11.6.5. Die Assimilation des Kohlendioxids .....	986
11.6.6. Die Chemilumineszenz .....	987
11.7. Strahlenchemie .....	988
11.7.1. Chemische Wirkungen der ionisierenden Strahlung .....	988
11.7.2. Die einzelnen Phasen der strahlungschemischen Reaktionen .....	990
11.7.3. Die Ausbeute strahlungschemischer Reaktionen .....	991
11.7.4. Beispiele für strahlungschemische Reaktionen .....	992
11.7.5. Die Wirkung ionisierender Strahlung auf feste Stoffe .....	993
Anhang .....	995
1. Größengleichungen .....	995
2. Einheiten .....	996
3. Die Molzahl und das Mol .....	996
4. Elektrostatische und elektromagnetische Größen und Einheiten .....	997
4.1. Vorbemerkungen .....	997
4.2. Elektrostatische Größen und Einheiten .....	997
4.3. Elektromagnetische Größen und Einheiten .....	998
4.4. Das GAUSSsche Einheitensystem .....	1000
5. Logarithmen in Größengleichungen .....	1001
Literaturverzeichnis .....	1003
Namen- und Sachverzeichnis .....	1016