

# Holleman · Wiberg

# Lehrbuch der Anorganischen Chemie

begründet von A. F. Holleman  
fortgeführt von Egon und Nils Wiberg

102., stark umgearbeitete und verbesserte Auflage von

# Nils Wiberg

## Erstellung des Sachregisters

Gerd Fischer

□ [View Details](#) [Edit](#) [Delete](#) [Print](#)

Walter de Gruyter



Walter de Gruyter  
Berlin · New York

# Inhalt

Seitenverweise im Inhaltsverzeichnis ohne besondere Kennzeichnung beziehen sich auf die Grundlagenchemie, diejenigen mit schwarzem, senkrechten Balken auf die Anorganische Chemie, Seitenzahlen mit Punkt auf die Metallorganische Chemie.

|                  |   |
|------------------|---|
| Einleitung ..... | 1 |
|------------------|---|

|  |          |
|--|----------|
| <b>Teil A Grundlagen der Chemie. Der Wasserstoff .....</b> | <b>3</b> |
|--|----------|

|   |          |
|---|----------|
| <b>Kapitel I Element und Verbindung .....</b> | <b>5</b> |
|---|----------|

|   |    |
|---|----|
| <b>1</b> Der reine Stoff .....  | 5  |
| <b>1.1</b> Homogene und heterogene Systeme .....  | 5  |
| <b>1.2</b> Zerlegung heterogener Systeme .....  | 6  |
| 1.2.1 Zerlegung auf Grund verschiedener Dichten .....   | 6  |
| 1.2.2 Zerlegung auf Grund verschiedener Teilchengrößen .....  | 7  |
| <b>1.3</b> Zerlegung homogener Systeme .....  | 8  |
| 1.3.1 Zerlegung auf physikalischem Wege .....   | 8  |
| Phasenscheidung durch Temperaturänderung (S. 8), Phasenscheidung durch Lösungsmittel (S. 10), Phasenscheidung durch Chromatographie (S. 10) |    |
| 1.3.2 Zerlegung auf chemischem Wege .....   | 11 |
| <b>2</b> Der Element- und Verbindungsbumpriff .....   | 12 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Kapitel II Atom und Molekül .....</b> | <b>15</b> |
|--|-----------|

|  |    |
|--|----|
| <b>1</b> Atom- und Molekularlehre .....  | 15 |
| <b>1.1</b> Massenverhältnisse bei chemischen Reaktionen. Der Atombegriff .....       | 15 |
| 1.1.1 Experimentalbefunde .....  | 15 |
| Gesetz von der Erhaltung der Masse (S. 15), Stöchiometrische Gesetze (S. 17)         |    |
| 1.1.2 Dalton'sche Atomhypothese .....  | 19 |
| <b>1.2</b> Volumenverhältnisse bei chemischen Reaktionen. Der Molekülbegriff .....   | 20 |
| 1.2.1 Experimentalbefunde .....  | 20 |
| 1.2.2 Avogadro'sche Molekülhypothese .....   | 21 |
| <b>1.3</b> Wahl einer Bezugsgröße für die relativen Atom- und Molekülmassen .....    | 24 |
| 1.3.1 Stoffmengen .....  | 24 |
| 1.3.2 Äquivalentmengen .....   | 26 |
| 1.3.3 Stoff- und Äquivalentkonzentrationen .....                                     | 27 |
| <b>2</b> Atom- und Molekülmassenbestimmung .....                                     | 28 |
| <b>2.1</b> Bestimmung relativer Molekülmassen .....                                  | 28 |
| 2.1.1 Gasförmige Stoffe .....  | 28 |
| Zustandsgleichung idealer Gase (S. 28), Methoden der Molekülmassenbestimmung (S. 32) |    |

|   |  |    |
|---|--|----|
| 2.1.2   | Gelöste Stoffe . . . . .   | 32 |
|   | Aggregatzustände der Materie (S. 32), Zustandsdiagramme von Stoffen (S. 33), Zustandsgleichung gelöster Stoffe (S. 35), Methoden der Molekülmassenbestimmung (S. 37)   |    |
| 2.2   | Bestimmung relativer Atommassen . . . . .  | 38 |
| 2.2.1   | Bestimmung über eine Massenanalyse von Verbindungen . . . . .  | 38 |
| 2.2.2   | Bestimmung über die spezifische Wärmekapazität von Verbindungen . . . . .<br>Gasförmige Stoffe (S. 40), Feste Stoffe (S. 41)   | 40 |
| 2.3   | Absolute Atom- und Molekülmassen . . . . .   | 42 |
| 3   | <b>Die chemische Reaktion, Teil I . . . . .</b>  | 44 |
| 3.1   | Der Materie-Umsatz bei chemischen Reaktionen . . . . .   | 44 |
| 3.1.1   | Chemische Reaktionsgleichungen . . . . .   | 44 |
| 3.1.2   | Einteilung chemischer Reaktionen . . . . .   | 45 |
| 3.2   | Der Energie-Umsatz bei chemischen Reaktionen . . . . .   | 47 |
| 3.2.1   | Gesamtumsatz an Energie . . . . .  | 47 |
| 3.2.2   | Umsatz an freier und gebundener Energie . . . . .  | 49 |
| <b>Kapitel III Atom- und Molekülion . . . . .</b>                   |  | 52 |
| 1   | Ionenlehre . . . . .   | 52 |
| 1.1   | Die elektrolytische Dissoziation. Der Ionenbegriff . . . . .   | 52 |
| 1.1.1   | Experimentalbefunde: Mengenverhältnisse bei der elektrolytischen Stoffauflösung . . . . .  | 52 |
| 1.1.2   | Arrhenius'sche Ionenhypothese . . . . .<br>Einteilung der Elektrolyte (S. 53), Stärke der Elektrolyte (S. 55), Reaktionen der Elektrolyte (S. 56)  | 53 |
| 1.2   | Die elektrolytische Zersetzung. Der Elektronen- und Protonenbegriff . . . . .  | 58 |
| 1.2.1   | Experimentalbefunde: Massenverhältnisse bei der elektrolytischen Stoffabscheidung . . . . .  | 58 |
| 1.2.2   | Stoney'sche Elektronen- und Rutherford'sche Protonenhypothese . . . . .  | 59 |
| 2   | Ionenmassenbestimmung . . . . .  | 62 |
| 2.1   | Die Massenspektrometrie . . . . .  | 62 |
| 2.2   | Bestimmung relativer Ionenmassen. Der Isotopenbegriff . . . . .  | 65 |
| 2.2.1   | Qualitative Untersuchungen . . . . .   | 65 |
| 2.2.2   | Quantitative Untersuchungen . . . . .  | 67 |
| 2.3   | Lebensdauer instabiler Moleküle . . . . .  | 68 |
| 3   | Ionisierungs-, Dissoziations-, Atomisierungsenergie . . . . .  | 69 |
| <b>Kapitel IV Das Periodensystem der Elemente, Teil I . . . . .</b> |  | 73 |
| 1   | Einordnung der Elemente in ein Periodensystem . . . . .<br>Gekürztes Periodensystem (S. 74), Ungekürztes Periodensystem (S. 76)  | 74 |
| 2   | Vergleichende Übersicht über die Elemente . . . . .<br>Entdeckung der chemischen Elemente (S. 77), Verbreitung der chemischen Elemente (S. 78), Aufbau der Erdkugel (S. 79), Aufbau der Biosphäre (S. 79), Eigenschaften der chemischen Elemente (S. 80) | 77 |
| <b>Kapitel V Der Atombau . . . . .</b>                              |  | 82 |
| 1   | Das Schalenmodell der Atome . . . . .  | 82 |
| 1.1   | Bausteine der Materie. Elementarteilchenbegriff . . . . .  | 82 |
| 1.1.1   | Die Nukleonen und andere Elementarteilchen . . . . .   | 82 |
| 1.1.2   | Die Quarks und andere Urbausteine . . . . .  | 84 |
| 1.2   | Der Atomkern . . . . .   | 86 |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 1.2.1   | Bauprinzip . . . . .  | 86  |
| 1.2.2   | Nukleonenzustände und Stabilität . . . . .  | 88  |
| 1.2.3   | Durchmesser und Dichte der Atomkerne . . . . .  | 89  |
| <b>1.3</b>  | Die Elektronenhülle . . . . .   | 90  |
| 1.3.1   | Bauprinzip . . . . .  | 90  |
| 1.3.2   | Elektronenkonfiguration und Stabilität . . . . .  | 92  |
|   | Einelektronenzustände (S. 92), Mehrelektronenzustände (S. 96)   |     |
| 1.3.3   | Durchmesser von Atomen und Atomionen . . . . .  | 99  |
| <b>2</b>  | Atomspektren . . . . .  | 100 |
| <b>2.1</b>  | Die Bausteine des Lichts. Der Photonenbegriff . . . . .   | 100 |
| <b>2.2</b>  | Elektronenspektren . . . . .  | 103 |
| 2.2.1   | Die optischen Spektren . . . . .  | 105 |
| 2.2.2   | Die Röntgen-Spektren . . . . .  | 107 |
| <b>2.3</b>  | Photoelektronenspektren . . . . .   | 109 |
| <b>Kapitel VI Der Molekülbau. Die chemische Bindung, Teil I . . . . .</b> |   | 112 |
| <b>1</b>  | Die Elektronentheorie der Valenz . . . . .  | 112 |
| <b>1.1</b>  | Verbindungen erster Ordnung . . . . .   | 113 |
| 1.1.1   | Die Metallbindung . . . . .   | 113 |
|   | Bindungsmechanismus und Eigenschaften der Metalle (S. 113), Metallwertigkeit, Metallgitterenergie und Metallatomradien (S. 114), Strukturen der Metalle (S. 115), Legierungen (S. 119)  |     |
| 1.1.2   | Die Ionenbindung . . . . .  | 120 |
|   | Bindungsmechanismus und Eigenschaften der Ionenverbindungen (S. 120), Ionenwertigkeit (S. 121), Gitterenergie von Ionenkristallen (S. 122), Strukturen einiger Ionenkristalle (S. 124), Kristallgitter von Salzen und anderen Festkörpern (S. 127), Ionenradien (S. 128), Mischkristallbildung (S. 130) |     |
| 1.1.3   | Die Atombindung . . . . .   | 131 |
|   | Bindungsmechanismus und Eigenschaften der Atomverbindungen (S. 131), Atomwertigkeit (S. 132), Bindungsgrad, Bindungslänge und Atomradien (S. 135), Molekülgestalt und Bindungswinkel (S. 139), Bindungsenergie (S. 141)   |     |
| 1.1.4   | Übergänge zwischen den Bindungsarten . . . . .  | 143 |
|   | Elektronegativität (S. 145), Dipolmoment der Moleküle (S. 147), Halbmetalle und Halbleiter (S. 148)   |     |
| 1.1.5   | Übergänge zwischen Verbindungen und Elementen. Clusterverbindungen . . . . .  | 149 |
| <b>1.2</b>  | Verbindungen höherer Ordnung . . . . .  | 150 |
| 1.2.1   | Die koordinative Bindung . . . . .  | 151 |
| 1.2.2   | Komplexbildung am Elektronendonator . . . . .   | 151 |
| 1.2.3   | Komplexbildung am Elektronendonatorakzeptor . . . . .   | 154 |
| 1.2.4   | Komplexbildung am Elektronenakzeptor . . . . .  | 155 |
| <b>1.3</b>  | Assoziate von Molekülen . . . . .   | 157 |
| 1.3.1   | Die zwischenmolekulare Bindung . . . . .  | 158 |
| 1.3.2   | Wasserstoffbrücken-Assoziate . . . . .  | 160 |
| 1.3.3   | Charge-Transfer-Komplexe . . . . .  | 165 |
| <b>1.4</b>  | Kolloiddisperse Systeme . . . . .   | 166 |
|   | Vergleich grob-, kolloid- und molekulardisperser Lösungen (S. 167), Beständigkeit kolloider Lösungen (S. 168)   |     |
| <b>2</b>  | Molekülspektren . . . . .   | 170 |
| <b>2.1</b>  | Überblick . . . . .   | 170 |
| <b>2.2</b>  | Farbe chemischer Stoffe . . . . .   | 171 |
| 2.2.1   | Allgemeines . . . . .   | 171 |

|   |  |            |
|---|--|------------|
| 2.2.2   | Spezielles .....   | 174        |
|   | Farbe von Atomen und Atomionen (S. 174), Farbe von Molekülen und Molekülionen (S. 175), Farbe von Komplexen (S. 176), Farbe von Festkörpern (S. 176)     |            |
| <b>3</b>  | <b>Laser und Anwendungen .....</b>   | <b>177</b> |
| <b>4</b>  | <b>Molekülsymmetrie .....</b>  | <b>180</b> |
| 4.1   | Symmetrieelemente und Symmetrieeoperationen .....  | 181        |
| 4.2   | Punktgruppen .....   | 182        |
| 4.3   | Anwendungen .....  | 184        |
| <b>Kapitel VII Die Molekulumwandlung. Die chemische Reaktion, Teil II .....</b> |  | <b>186</b> |
| <b>1</b>  | <b>Das chemische Gleichgewicht .....</b>   | <b>186</b> |
| 1.1   | Die Reaktionsgeschwindigkeit .....   | 187        |
| 1.1.1   | Die „Hin“-Reaktion .....   | 187        |
| 1.1.2   | Die „Rück“-Reaktion .....  | 189        |
| 1.1.3   | Die Gesamtreaktion .....   | 192        |
| 1.2   | Der Gleichgewichtszustand .....  | 193        |
| 1.2.1   | Das Massenwirkungsgesetz .....   | 193        |
| 1.2.2   | Das Verteilungsgesetz .....  | 195        |
| 1.2.3   | Die elektrolytische Dissoziation .....   | 196        |
|   | Allgemeines (S. 196), Dissoziation schwacher Säuren (S. 199)   |            |
| 1.3   | Die Beschleunigung der Gleichgewichtseinstellung .....   | 202        |
| 1.3.1   | Reaktionsbeschleunigung durch Katalysatoren .....  | 203        |
| 1.3.2   | Reaktionsbeschleunigung durch Temperaturerhöhung .....   | 204        |
| 1.4   | Die Verschiebung von Gleichgewichten .....   | 205        |
| 1.4.1   | Qualitative Beziehungen .....  | 205        |
|   | Das Prinzip von Le Chatelier (S. 205), Folgerungen des Prinzips von Le Chatelier (S. 205)  |            |
| 1.4.2   | Quantitative Anwendungsbeispiele .....   | 207        |
|   | Die Hydrolyse (S. 207), Die Neutralisation (S. 209)  |            |
| 1.5   | Heterogene Gleichgewichte .....  | 212        |
| 1.5.1   | Fest-gasförmige Systeme .....  | 213        |
| 1.5.2   | Fest-flüssige Systeme .....  | 214        |
| <b>2</b>  | <b>Die Oxidation und Reduktion .....</b>   | <b>217</b> |
| 2.1   | Ableitung eines neuen Oxidations- und Reduktionsbegriffs .....   | 217        |
| 2.1.1   | Das Redoxsystem .....  | 217        |
| 2.1.2   | Die Oxidationsstufe .....  | 219        |
| 2.2   | Die elektrochemische Spannungsreihe .....  | 220        |
| 2.2.1   | Das Normalpotential .....  | 220        |
|   | Allgemeines (S. 220), Normalpotentiale in saurer und basischer Lösung (S. 223), Relative Stärke gebräuchlicher Oxidations- und Reduktionsmittel (S. 227) |            |
| 2.2.2   | Die Konzentrationsabhängigkeit des Einzelpotentials .....  | 229        |
|   | Allgemeines (S. 229), Redoxkraft in saurer, neutraler und basischer Lösung (S. 232)  |            |
| 2.3   | Die elektrolytische Zersetzung .....   | 234        |
| 2.4   | Elektrische Batterien .....  | 237        |
| <b>3</b>  | <b>Die Acidität und Basizität .....</b>  | <b>240</b> |
| 3.1   | Ableitung neuer Säure- und Basebegriffe .....  | 240        |
| 3.1.1   | Brönsted-Säuren und -Basen .....   | 240        |
|   | Aquasystem (S. 240), Protonenhaltige und protonenfreie Systeme (S. 242)  |            |
| 3.1.2   | Lewis-Säuren und -Basen .....  | 244        |
| 3.2   | Stärke von Brönsted-Säuren und -Basen .....  | 245        |

|  |  |     |
|--|--|-----|
| 3.2.1  | Die protochemische Spannungsreihe .....  | 245 |
| 3.2.2  | Die Konzentrationsabhängigkeit der Brönsted'schen Acidität und Basizität<br>Allgemeines (S. 248), Sehr starke Säuren und Supersäuren (S. 250)                          | 248 |
| <b>3.3</b>   | Stärke und Weichheit von Lewis-Säuren und -Basen .....   | 253 |
| 3.3.1  | Das HSAB-Prinzip .....   | 253 |
|  | Allgemeines (S. 253), Anwendungen (S. 254)   |     |
| 3.3.2  | Schwach koordinierende Ionen .....   | 256 |
|  | Schwach koordinierende Anionen (S. 256), Schwach koordinierende Kationen (S. 257)  |     |
| <b>Kapitel VIII Der Wasserstoff und seine Verbindungen</b> .....       |  | 259 |
| <b>1</b>   | <b>Das Element Wasserstoff</b> .....   | 259 |
| 1.1  | Vorkommen .....  | 259 |
| 1.2  | Darstellung .....  | 260 |
|  | Wasserstoffgewinnung aus Wasser (S. 260), Wasserstoffgewinnung aus Kohlenwasserstoffen (S. 263), Reinigung und Transport von Wasserstoff (S. 263)                      |     |
| 1.3  | Physikalische Eigenschaften .....  | 264 |
| 1.4  | Chemische Eigenschaften .....  | 265 |
|  | Thermisches Verhalten (S. 265), Säure-Base-Verhalten (S. 266), Redox-Verhalten (S. 267)  |     |
| 1.5  | Verwendung, Brennstoffzellen .....   | 269 |
| 1.6  | Besondere Formen des Wasserstoffs .....  | 271 |
|  | Atomarer Wasserstoff (S. 271), Leichter, schwerer, superschwerer Wasserstoff (S. 273), Ortho- und Parawasserstoff (S. 274)   |     |
| <b>2</b>   | <b>Verbindungen des Wasserstoffs (Überblick)</b> .....   | 276 |
| 2.1  | Grundlagen .....   | 276 |
| 2.1.1  | Systematik .....   | 276 |
| 2.1.2  | Stöchiometrie .....  | 277 |
| 2.1.3  | Struktur und Bindung .....   | 280 |
|  | Salzartige Wasserstoffverbindungen (S. 280), Metallartige Wasserstoffverbindungen (S. 282), Kovalente Wasserstoffverbindungen (S. 283)                                 |     |
| 2.2  | Darstellung .....  | 285 |
|  | Elementwasserstoffgewinnung durch Hydrogenolyse (S. 285), Elementwasserstoffgewinnung durch Protolyse (S. 287), Elementwasserstoffgewinnung durch Hydridolyse (S. 288) |     |
| 2.3  | Physikalische Eigenschaften .....  | 288 |
| 2.4  | Chemische Eigenschaften .....  | 290 |
|  | Thermisches Verhalten (S. 290), Säure-Base-Verhalten (S. 292), Redox-Verhalten (S. 293)  |     |
| 2.5  | Verwendung, Metallhydrid-Nickel-Akkumulator .....  | 295 |
| <b>Teil B Hauptgruppenelemente</b> .....                               |  | 297 |
| <b>Kapitel IX Hauptgruppenelemente (Repräsentative Elemente)</b> ..... |  | 299 |
| <b>1</b>   | <b>Periodensystem (Teil II) der Hauptgruppenelemente</b> .....   | 299 |
| 1.1  | Elektronenkonfiguration der Hauptgruppenelemente .....   | 299 |
| 1.2  | Einordnung der Hauptgruppenelemente in das Periodensystem .....  | 301 |
| <b>2</b>   | <b>Trends einiger Eigenschaften der Hauptgruppenelemente</b> .....   | 301 |
|  | Metallischer und nichtmetallischer Charakter (S. 302), Wertigkeit (S. 304), Allgemeine Reaktivität (S. 305), Periodizitäten innerhalb des Hauptsystems (S. 307)        |     |

|                  |   |     |
|------------------|---|-----|
| <b>Kapitel X</b> | <b>Grundlagen der Molekülchemie</b>   | 312 |
| <b>1</b>         | <b>Strukturen der Moleküle</b>  | 313 |
| <b>1.1</b>       | Der räumliche Bau der Moleküle. Strukturvorhersagen mit dem VSEPR-Modell  | 313 |
| <b>1.1.1</b>     | VSEPR-Regeln<br>Ideale $(:)_m ZL_n$ -Strukturen (S. 314), Reale $(:)_m ZL_n$ -Strukturen (S. 315)   | 314 |
| <b>1.1.2</b>     | Anwendungen der VSEPR-Regeln  | 316 |
| <b>1.1.3</b>     | Ausnahmen der VSEPR-Regeln  | 323 |
| <b>1.2</b>       | Die Isomerie der Moleküle   | 325 |
| <b>2</b>         | <b>Bindungsmodelle der Moleküle. Die chemische Bindung, Teil II</b>   | 327 |
| <b>2.1</b>       | Die Atomorbitale (AO)   | 327 |
| <b>2.1.1</b>     | Das Wasserstoffatom<br>Aufenthaltswahrscheinlichkeiten des Wasserstoffelektrons (S. 330), Wellenfunktionen des Wasserstoffelektrons (S. 334)  | 328 |
| <b>2.1.2</b>     | Atome mit mehreren Elektronen   | 337 |
| <b>2.1.3</b>     | Mehratomige Systeme (Moleküle)  | 339 |
| <b>2.1.4</b>     | Relativistische Effekte   | 340 |
| <b>2.2</b>       | Die Molekülorbitale (MO). Strukturvorhersagen mit dem LCAO-Modell   | 343 |
| <b>2.2.1</b>     | Zweiatomige Moleküle<br>Allgemeines (S. 344), Lineare Kombination von Atomorbitalen zu Molekülorbitalen (S. 347)  | 344 |
| <b>2.2.2</b>     | Mehratomige Moleküle  | 355 |
| <b>2.3</b>       | Die Hybridorbitale (HO). Strukturvorhersagen mit dem HO-Modell  | 361 |
| <b>2.3.1</b>     | Allgemeines<br>Gestalt der Hybridorbitale (S. 361), Strukturvorhersage mithilfe von Hybridorbitalen (S. 363)  | 361 |
| <b>2.3.2</b>     | Struktur von Molekülen mit Einfachbindungen   | 364 |
| <b>2.3.3</b>     | Struktur von Molekülen mit Mehrfachbindungen  | 368 |
| <b>3</b>         | <b>Reaktionsmechanismen der Moleküle. Die chemische Reaktion, Teil III</b>  | 371 |
| <b>3.1</b>       | Die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen   | 372 |
| <b>3.1.1</b>     | Chemische Geschwindigkeitsgesetze   | 372 |
| <b>3.1.2</b>     | Geschwindigkeiten chemischer Reaktionen<br>Halbwertszeit chemischer Vorgänge (S. 374), Zeitmaßstab physikalischer und chemischer Vorgänge (S. 376)  | 373 |
| <b>3.2</b>       | Der Mechanismus chemischer Reaktionen   | 380 |
| <b>3.2.1</b>     | Isomerisierungen  | 382 |
| <b>3.2.2</b>     | Dissoziationen und Assoziationen<br>Dissoziationen und Rekombinationen (S. 384), Eliminierungen und Additionen (S. 387)   | 384 |
| <b>3.2.3</b>     | Substitutionen<br>Homolytische Substitutionsreaktionen (S. 389), Radikalkettenreaktionen (S. 390), Heterolytische Substitutionsreaktionen (S. 393), Nucleophile Substitutionsreaktionen (S. 394), Nucleophile Substitutionen an tetraedrischen und pseudo-tetraedrischen Zentren (S. 398) | 389 |
| <b>3.2.4</b>     | Die Erhaltung der Orbitalsymmetrie  | 402 |
| <b>4</b>         | <b>Stereochemie der Moleküle</b>  | 405 |
| <b>4.1</b>       | Stereochemische Isomerie (Stereoisomerie)   | 406 |
| <b>4.1.1</b>     | Enantiomerie<br>Moleküle mit <i>einem</i> Chiralitätszentrum (S. 408), Moleküle mit <i>mehreren</i> Chiralitätszentren (S. 409)   | 406 |

|  |  |            |
|--|--|------------|
| 4.1.2  | Diastereomerie . . . . .   | 411        |
|  | Isomere mit diastereomeren Konfigurationen (S. 412), Isomere mit diastereomeren Konformationen (S. 413)  |            |
| <b>4.2</b>   | <b>Stereochemische Dynamik . . . . .</b>   | <b>414</b> |
| 4.2.1  | Enantioselektive Reaktionen . . . . .  | 414        |
| 4.2.2  | Stereochemie chemischer Reaktionen . . . . .   | 416        |
| <b>Kapitel XI Die Gruppe der Edelgase . . . . .</b>  |  | <b>417</b> |
| <b>1</b>   | <b>Die Elemente Helium, Neon, Argon, Krypton, Xenon und Radon . . . . .</b>  | <b>417</b> |
|  | Vorkommen (S. 417), Gewinnung (S. 418), Physikalische Eigenschaften (S. 419), Verwendung (S. 420), Chemische Eigenschaften (S. 421), Edelgase in Verbindungen (S. 422) |            |
| <b>2</b>   | <b>Die Verbindungen der Edelgase . . . . .</b>   | <b>422</b> |
| 2.1  | Edelgashalogenide . . . . .  | 422        |
| 2.2  | Edelgasoxide und -fluoridoxide . . . . .   | 426        |
| 2.3  | Sonstige Edelgasverbindungen . . . . .   | 428        |
| <b>Kapitel XII Die Gruppe der Halogene . . . . .</b> |  | <b>430</b> |
| <b>1</b>   | <b>Die Elemente Fluor, Chlor, Brom, Iod und Astat . . . . .</b>  | <b>430</b> |
| 1.1  | Das Fluor . . . . .  | 430        |
| 1.2  | Das Chlor . . . . .  | 433        |
|  | Vorkommen (S. 433), Darstellung (S. 433), Physikalische Eigenschaften (S. 436), Chemische Eigenschaften (S. 437), Verwendung (S. 438)                                  |            |
| 1.3  | Das Brom . . . . .   | 438        |
| 1.4  | Das Iod . . . . .  | 440        |
| 1.5  | Das Astat . . . . .  | 443        |
| 1.6  | Halogen-Ionen sowie Assoziate . . . . .  | 443        |
|  | Halogen-Kationen (S. 443), Halogen-Anionen (Halogenide) (S. 446), Halogen-Assoziate (S. 446)   |            |
| 1.7  | Halogene in Verbindungen . . . . .   | 447        |
| <b>2</b>   | <b>Wasserstoffverbindungen der Halogene . . . . .</b>  | <b>448</b> |
|  | Fluorwasserstoff (S. 448), Chlorwasserstoff (S. 452), Bromwasserstoff (S. 454), Iodwasserstoff (S. 455)  |            |
| <b>3</b>   | <b>Interhalogene . . . . .</b>   | <b>457</b> |
|  | Zweiatomige Interhalogene (S. 457), Mehratomige Interhalogene (S. 459), Interhalogen-Kationen und -Anionen (S. 461)  |            |
| <b>4</b>   | <b>Sauerstoffsäuren der Halogene . . . . .</b>   | <b>463</b> |
| 4.1  | Überblick . . . . .  | 463        |
| 4.2  | Sauerstoffsäure des Fluors . . . . .   | 465        |
| 4.3  | Sauerstoffsäuren des Chlors . . . . .  | 466        |
|  | Hypochlorige Säure $\text{HClO}$ (S. 466), Chlorige Säure $\text{HClO}_2$ (S. 468), Chlorsäure $\text{HClO}_3$ (S. 469), Perchlorsäure $\text{HClO}_4$ (S. 471)        |            |
| 4.4  | Sauerstoffsäuren des Broms . . . . .   | 472        |
| 4.5  | Sauerstoffsäuren des Iods . . . . .  | 474        |
| <b>5</b>   | <b>Oxide und Fluoridoxide der Halogene . . . . .</b>   | <b>478</b> |
| 5.1  | Überblick . . . . .  | 478        |
| 5.2  | Sauerstoffverbindungen des Fluors . . . . .  | 479        |
| 5.3  | Oxide des Chlors . . . . .   | 482        |
|  | Dichloroxid $\text{Cl}_2\text{O}$ (S. 482), Chlordioxid $\text{ClO}_2$ (S. 482), Weitere Chloroxide (S. 485)   |            |
| 5.4  | Oxide des Broms . . . . .  | 487        |
| 5.5  | Oxide des Iods . . . . .   | 488        |

|   |  |            |
|---|--|------------|
| 5.6   | Fluoridoxide des Chlors, Broms und Iods .....  | 490        |
| 6   | Verbindungen der Halogene (Überblick) .....  | 492        |
| 6.1   | Grundlagen .....   | 492        |
| 6.1.1   | Systematik .....   | 492        |
| 6.1.2   | Strukturverhältnisse .....   | 493        |
| 6.1.3   | Bindungsverhältnisse .....   | 494        |
| 6.2   | Darstellung .....  | 494        |
| 6.3   | Eigenschaften und Verwendung .....   | 494        |
| <b>Kapitel XIII Die Gruppe der Chalkogene .....</b> |  | <b>497</b> |
| 1   | Der Sauerstoff .....   | 497        |
| 1.1   | Das Element Sauerstoff .....   | 498        |
| 1.1.1   | Sauerstoff (Dioxygen) .....  | 498        |
|   | Vorkommen (S. 498), Darstellung (S. 498), Physikalische Eigenschaften (S. 501), Chemische Eigenschaften (S. 501), Verwendung (S. 503)  |            |
| 1.1.2   | Ozon (Trioxygen) .....   | 504        |
|   | Darstellung (S. 504), Physikalische Eigenschaften (S. 505), Chemische Eigenschaften (S. 506), Verwendung (S. 507)  |            |
| 1.1.3   | Sauerstoff-Ionen. Oxide .....  | 507        |
|   | Sauerstoff-Kationen (S. 507), Sauerstoff-Anionen. Oxide (S. 508)   |            |
| 1.1.4   | Kurzlebige Sauerstoffspezies .....   | 509        |
|   | Singulett-Sauerstoff (S. 510), Farbe des Sauerstoffs (S. 511), Atomarer Sauerstoff (S. 513), Tetrasauerstoff (S. 513)  |            |
| 1.1.5   | Sauerstoff in Verbindungen .....   | 514        |
| 1.2   | Die Atmosphäre .....   | 514        |
| 1.2.1   | Bestandteile der Atmosphäre. Evolution der Erde .....  | 515        |
| 1.2.2   | Der Kreislauf des Ozons .....  | 516        |
|   | Bildung und Zerfall von Ozon in der mittleren und oberen Atmosphäre (S. 517), Bildung und Zerfall von Ozon in der unteren Atmosphäre (S. 518), Katalytischer Abbau von Ozon in der Atmosphäre (S. 519) |            |
| 1.2.3   | Chemie der Atmosphäre und ihre Umweltfolgen .....  | 520        |
| 1.3   | Wasserstoffverbindungen des Sauerstoffs .....  | 524        |
| 1.3.1   | Überblick .....  | 524        |
| 1.3.2   | Wasser und die Hydrosphäre .....   | 525        |
|   | Vorkommen (S. 525), Reinigung (S. 526), Physikalische Eigenschaften (S. 528), Strukturverhältnisse (S. 529), Chemische Eigenschaften (S. 530), Schweres und Superschweres Wasser (S. 533)              |            |
| 1.3.3   | Wasserstoffperoxid .....   | 534        |
|   | Darstellung (S. 534), Physikalische Eigenschaften und Struktur (S. 535), Chemische Eigenschaften (S. 535), Verwendung (S. 539), Salze von $\text{H}_2\text{O}_2$ (S. 539)                              |            |
| 2   | Der Schwefel .....   | 540        |
| 2.1   | Das Element Schwefel .....   | 540        |
| 2.1.1   | Vorkommen .....  | 540        |
| 2.1.2   | Gewinnung .....  | 541        |
| 2.1.3   | Physikalische Eigenschaften .....  | 543        |
|   | Aggregatzustände des Schwefels (S. 543), Zustandsdiagramm des Schwefels. Phasenübergänge (S. 545)  |            |
| 2.1.4   | Chemische Eigenschaften und Verwendung .....   | 547        |
| 2.1.5   | Schwefel-Allotrope .....   | 550        |
|   | Darstellung (S. 550), Strukturen (S. 551), Mechanistische Aspekte der $\text{S}_n$ -Modifikationsumwandlungen (S. 554)   |            |

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| 2.1.6      | Schwefel-Ionen. Sulfide . . . . .   | 554 |
|            | Schwefel-Kationen (S. 554), Schwefel-Anionen. Sulfide (S. 556)  |     |
| 2.1.7      | Schwefel in Verbindungen . . . . .  | 557 |
| <b>2.2</b> | Wasserstoffverbindungen des Schwefels . . . . .   | 557 |
| 2.2.1      | Schwefelwasserstoff (Sulfan) $H_2S$ . . . . .   | 557 |
| 2.2.2      | Höhere Schwefelwasserstoffe (Polysulfane) $H_2S_n$ . . . . .  | 561 |
| <b>2.3</b> | Halogenvverbindungen des Schwefels . . . . .  | 562 |
| 2.3.1      | Überblick . . . . .   | 562 |
| 2.3.2      | Schwefelfluoride . . . . .  | 564 |
| 2.3.3      | Schwefelchloride, -bromide, -iodide . . . . .   | 567 |
| <b>2.4</b> | Oxide des Schwefels . . . . .   | 569 |
| 2.4.1      | Überblick . . . . .   | 569 |
| 2.4.2      | Schwefeldioxid $SO_2$ . . . . .   | 570 |
| 2.4.3      | Schwefeltrioxid $SO_3$ . . . . .  | 573 |
| 2.4.4      | Niedere Schwefeloxide . . . . .   | 575 |
| <b>2.5</b> | Sauerstoffsäuren des Schwefels . . . . .  | 577 |
| 2.5.1      | Überblick . . . . .   | 577 |
| 2.5.2      | Schweflige Säure $H_2SO_3$ und Dischweflige Säure $H_2S_2O_5$ . . . . .   | 579 |
| 2.5.3      | Schwefelsäure $H_2SO_4$ und Dischwefelsäure $H_2S_2O_7$ . . . . .   | 583 |
|            | Darstellung (S. 583), Physikalische Eigenschaften (S. 586), Strukturen (S. 586), Chemische Eigenschaften (S. 587), Verwendung (S. 590), Derivate (S. 590) |     |
| 2.5.4      | Niedere Schwefelsäuren $H_2SO$ , $H_2SO_2$ , $H_2S_2O$ , $H_2S_2O_2$ . . . . .  | 593 |
| 2.5.5      | Dithionige Säure $H_2S_2O_4$ und Dithionsäure $H_2S_2O_6$ . . . . .   | 594 |
| 2.5.6      | Thioschwefelsäure $H_2S_2O_3$ . . . . .   | 595 |
| 2.5.7      | Polysulfanmonosulfosäuren $H_2S_nO_3$ und Polysulfandisulfosäuren (Polythionsäuren) $H_2S_nO_6$ . . . . .   | 598 |
| 2.5.8      | Peroxomonoschwefelsäure $H_2SO_5$ und Peroxodischwefelsäure $H_2S_2O_8$ . . . . .   | 600 |
| <b>2.6</b> | Stickstoffverbindungen des Schwefels . . . . .  | 601 |
| 2.6.1      | Schwefelnitride . . . . .   | 602 |
|            | Tetraschwefeltetranitrid („Schwefelstickstoff“) $S_4N_4$ (S. 603), Weitere Schwefelnitride (S. 606)   |     |
| 2.6.2      | Schwefelnitrid-Ionen . . . . .  | 609 |
|            | Schwefelnitrid-Kationen (S. 609), Schwefelnitrid-Anionen (S. 610)   |     |
| 2.6.3      | Schwefelnitridhalogenide und -oxide . . . . .   | 612 |
|            | Schwefel-Stickstoff-Halogen-Verbindungen (S. 612), Schwefel-Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen (S. 615)   |     |
| <b>3</b>   | Das Selen, Tellur und Polonium . . . . .  | 617 |
| <b>3.1</b> | Die Elemente Selen, Tellur, Polonium . . . . .  | 617 |
| 3.1.1      | Vorkommen . . . . .   | 617 |
| 3.1.2      | Darstellung . . . . .   | 618 |
| 3.1.3      | Physikalische Eigenschaften und Strukturen . . . . .  | 618 |
| 3.1.4      | Chemische Eigenschaften und Verwendung . . . . .  | 619 |
| 3.1.5      | Selen-, Tellur-, Polonium-Allotrope . . . . .   | 621 |
| 3.1.6      | Selen-, Tellur-, Polonium-Ionen. Chalkonide . . . . .   | 622 |
|            | Chalkogen-Kationen (S. 622), Chalkogen-Anionen. Chalkogenide (S. 624)   |     |
| 3.1.7      | Selen, Tellur, Polonium in Verbindungen . . . . .   | 626 |
| <b>3.2</b> | Wasserstoffverbindungen des Selens, Tellurs, Poloniums . . . . .  | 626 |
| <b>3.3</b> | Halogenvverbindungen des Selens, Tellurs, Poloniums . . . . .   | 627 |
| 3.3.1      | Überblick . . . . .   | 627 |
| 3.3.2      | Selenhalogenide . . . . .   | 629 |

|   |  |       |
|---|--|-------|
| 3.3.3   | Tellurhalogenide .....   | 631   |
| <b>3.4</b>  | Interchalkogene .....  | 634   |
| 3.4.1   | Überblick .....  | 634   |
| 3.4.2   | Selen-, Tellur-, Poloniumoxide .....   | 635   |
|   | Darstellung (S. 635), Eigenschaften (S. 636), Strukturen (S. 636)  |       |
| 3.4.3   | Selensulfide .....   | 637   |
| <b>3.5</b>  | Sauerstoffsäuren des Selens, Tellurs, Poloniums .....  | 638   |
| 3.5.1   | Überblick .....  | 638   |
| 3.5.2   | Sauerstoffsäuren des Selens .....  | 639   |
| 3.5.3   | Sauerstoffsäuren des Tellurs .....   | 642   |
| 3.5.4   | Sauerstoffsäure des Poloniums .....  | 643   |
| <b>3.6</b>  | Stickstoff- und Kohlenstoffverbindungen des Selens und Tellurs .....   | 643   |
| <b>3.7</b>  | Organische Verbindungen des Selens und Tellurs .....   | 645 • |
| <b>4</b>  | Verbindungen der Chalkogene (Überblick) .....  | 646   |
| <b>4.1</b>  | Grundlagen .....   | 646   |
| 4.1.1   | Systematik .....   | 646   |
| 4.1.2   | Strukturverhältnisse .....   | 647   |
| 4.1.3   | Bindungsverhältnisse .....   | 648   |
| <b>4.2</b>  | Darstellung .....  | 649   |
| <b>4.3</b>  | Eigenschaften und Verwendung .....   | 650   |
| <b>Kapitel XIV Die Stickstoffgruppe („Pentele“) .....</b> |  | 651   |
| <b>1</b>  | Der Stickstoff .....   | 651   |
| <b>1.1</b>  | Das Element Stickstoff .....   | 651   |
| 1.1.1   | Vorkommen .....  | 651   |
| 1.1.2   | Darstellung .....  | 652   |
| 1.1.3   | Physikalische Eigenschaften .....  | 652   |
| 1.1.4   | Chemische Eigenschaften und Verwendung .....   | 653   |
| 1.1.5   | Allotrope und ionogene Formen von Stickstoff. Nitride .....  | 655   |
|   | Stickstoff-Allotrope (S. 655), Stickstoff-Kationen (S. 657), Stickstoff-Anionen. Nitride (S. 658)  |       |
| 1.1.6   | Stickstoff in Verbindungen .....   | 659   |
| <b>1.2</b>  | Wasserstoffverbindungen des Stickstoffs .....  | 659   |
| 1.2.1   | Überblick .....  | 659   |
| 1.2.2   | Ammoniak $\text{NH}_3$ .....   | 661   |
|   | Darstellung (S. 661), Physikalische Eigenschaften (S. 665), Chemische Eigenschaften und Verwendung (S. 665), Ammoniumsalze und Düngemittel (S. 669), Inversion von Ammoniak und anderen Molekülen (S. 672) |       |
| 1.2.3   | Hydrazin $\text{N}_2\text{H}_4$ .....  | 675   |
|   | Darstellung (S. 675), Eigenschaften und Verwendung (S. 676), Innere Rotation von Hydrazin und anderen Molekülen (S. 678)   |       |
| 1.2.4   | Stickstoffwasserstoffsäure $\text{HN}_3$ .....   | 680   |
|   | Darstellung (S. 680), Physikalische Eigenschaften und Struktur (S. 681), Chemische Eigenschaften und Verwendung (S. 681), Azide (S. 683), Pseudoelemente, Paraelemente (S. 684)                            |       |
| 1.2.5   | Nitren $\text{NH}$ .....   | 686   |
| 1.2.6   | Diimin $\text{N}_2\text{H}_2$ .....  | 686   |
| 1.2.7   | Triazan $\text{N}_3\text{H}_5$ , Tetrazan $\text{N}_4\text{H}_6$ und Triazen $\text{N}_3\text{H}_3$ .....  | 690   |
| 1.2.8   | Tetrazen $\text{N}_4\text{H}_4$ .....  | 692   |
| <b>1.3</b>  | Halogenverbindungen des Stickstoffs .....  | 693   |
| 1.3.1   | Überblick .....  | 693   |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 1.3.2      | Halogenderivate des Ammoniaks . . . . .  | 695        |
|            | Überblick (S. 695), Fluoramine (S. 696), Chloramine (S. 697), Brom- und Iodamine (S. 701)  |            |
| 1.3.3      | Halogenderivate des Hydrazins und Diimins . . . . .  | 702        |
| 1.3.4      | Halogenderivate der Stickstoffwasserstoffssäure (Halogenazide) . . . . .   | 704        |
| <b>1.4</b> | <b>Oxide des Stickstoffs . . . . .</b>   | <b>704</b> |
| 1.4.1      | Überblick . . . . .  | 704        |
| 1.4.2      | Distickstoffmonoxid $N_2O$ . . . . .   | 705        |
| 1.4.3      | Stickstoffmonoxid $NO$ . Distickstoffdioxid $N_2O_2$ . . . . .   | 707        |
| 1.4.4      | Distickstofftrioxid $N_2O_3$ . . . . .   | 712        |
| 1.4.5      | Stickstoffdioxid $NO_2$ . Distickstofftetraoxid $N_2O_4$ . . . . .   | 713        |
| 1.4.6      | Sonstige Stickstoffoxide . . . . .   | 715        |
| <b>1.5</b> | <b>Sauerstoffsäuren des Stickstoffs . . . . .</b>  | <b>717</b> |
| 1.5.1      | Überblick . . . . .  | 717        |
| 1.5.2      | Hydroxylamin $NH_2OH$ . . . . .  | 719        |
| 1.5.3      | Nitrosowasserstoff $HNO$ . . . . .   | 721        |
| 1.5.4      | Salpetrige Säure $HNO_2$ . . . . .   | 723        |
|            | Darstellung und Struktur (S. 723), Eigenschaften und Verwendung (S. 724), Nitrosylverbindungen und Nitrosierungen (S. 726)   |            |
| 1.5.5      | Salpetersäure $HNO_3$ . . . . .  | 729        |
|            | Darstellung (S. 729), Physikalische Eigenschaften und Struktur (S. 731), Chemische Eigenschaften und Verwendung (S. 732), Salze (S. 733), Nitrylverbindungen und Nitrierungen (S. 734)   |            |
| 1.5.6      | Di- und Tristickstoffsauerstoffsäuren . . . . .  | 736        |
| 1.5.7      | Peroxosäuren des Stickstoffs . . . . .   | 739        |
| <b>1.6</b> | <b>Schwefelverbindungen des Stickstoffs . . . . .</b>  | <b>740</b> |
| <b>2</b>   | <b>Der Phosphor . . . . .</b>  | <b>743</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Das Element Phosphor . . . . .</b>  | <b>743</b> |
| 2.1.1      | Vorkommen . . . . .  | 743        |
| 2.1.2      | Darstellung . . . . .  | 744        |
| 2.1.3      | Physikalische Eigenschaften und Strukturen . . . . .   | 746        |
| 2.1.4      | Chemische Eigenschaften und Verwendung . . . . .   | 750        |
| 2.1.5      | Allotrope und ionogene Formen von Phosphor. Phosphide . . . . .  | 753        |
|            | Phosphor-Allotrope (S. 753), Phosphor-Kationen (S. 754), Phosphor-Anionen. Phosphide (S. 755)  |            |
| 2.1.6      | Phosphor in Verbindungen . . . . .   | 757        |
| <b>2.2</b> | <b>Wasserstoffverbindungen des Phosphors . . . . .</b>   | <b>758</b> |
| 2.2.1      | Überblick . . . . .  | 758        |
| 2.2.2      | Acyclische gesättigte Phosphane . . . . .  | 762        |
|            | Monophosphan $PH_3$ (S. 762), Höhere acyclische Phosphane $P_nH_{\bar{n}2}$ (S. 764)   |            |
| 2.2.3      | Cyclische gesättigte Phosphane . . . . .   | 768        |
|            | Monocyclische Phosphane $P_nH_n$ (S. 768), Bicyclische Phosphane $P_nH_{n-2}$ (S. 769), Oligocyclische (käfigartige) Phosphane $P_nH_{n+m}$ (S. 770)                                     |            |
| 2.2.4      | Ungesättigte Phosphane (Phosphene) . . . . .   | 773        |
| <b>2.3</b> | <b>Halogenverbindungen des Phosphors . . . . .</b>   | <b>775</b> |
|            | Überblick (S. 775), Phosphor(III)-halogenide (S. 777), Phosphor(<III)-halogenide (S. 779), Phosphor(V)-halogenide (S. 780), Pseudorotation und andere Ligandenaustauschprozesse (S. 782) |            |
| <b>2.4</b> | <b>Chalkogenverbindungen des Phosphors . . . . .</b>   | <b>783</b> |
|            | Überblick (S. 783), Phosphoroxide (S. 786), Phosphorsulfide und -selenide (S. 788)   |            |
| <b>2.5</b> | <b>Sauerstoffsäuren des Phosphors . . . . .</b>  | <b>789</b> |

|            |   |              |
|------------|---|--------------|
| 2.5.1      | Überblick .....   | 789          |
| 2.5.2      | Phosphinsäure $H_3PO_2$ .....   | 793          |
| 2.5.3      | Phosphonsäure $H_3PO_3$ .....   | 794          |
| 2.5.4      | Phosphorsäure $H_3PO_4$ .....   | 795          |
|            | Darstellung (S. 795), Physikalische Eigenschaften und Struktur (S. 796), Chemische Eigenschaften (S. 797), Salze und Phosphatdünger (S. 798), Derivate (S. 801)   |              |
| 2.5.5      | Kondensierte Phosphorsäuren .....   | 804          |
|            | Oligophosphorsäuren (S. 805), Polyphosphorsäuren (S. 807), Phosphate in der Natur (S. 808), Derivate kondensierter Phosphorsäuren (S. 809)  |              |
| 2.5.6      | Niedere Phosphorsäuren .....  | 809          |
| 2.5.7      | Peroxophosphorsäuren .....  | 811          |
| <b>2.6</b> | Stickstoffverbindungen des Phosphors .....  | 811          |
| 2.6.1      | Überblick .....   | 811          |
| 2.6.2      | Phosphornitride .....   | 812          |
| 2.6.3      | Imino- und Nitridophosphorane (Phosph(V)-azene, -azine) .....   | 814          |
| 2.6.4      | Iminophosphane (Phosph(III)-azene) .....  | 816          |
| 2.6.5      | Aminophosphane, -phosphorane (Phosph(III) und V)-azane) .....   | 816          |
| <b>2.7</b> | Organische Verbindungen des Phosphors .....   | 817 •        |
|            | Überblick (S. 817•), Organylphosphane und -phosphoniumsalze (S. 818•), Phosphaalkene und Phosphaalkine (S. 819•), Organylphosphorane (S. 821•)  |              |
| <b>3</b>   | <b>Das Arsen, Antimon und Bismut .....</b>  | <b>822</b>   |
| <b>3.1</b> | <b>Die Elemente Arsen, Antimon, Bismut .....</b>  | <b>822</b>   |
| 3.1.1      | Vorkommen .....   | 822          |
| 3.1.2      | Darstellung .....   | 823          |
| 3.1.3      | Physikalische Eigenschaften und Strukturen .....  | 824          |
| 3.1.4      | Chemische Eigenschaften und Verwendung .....  | 826          |
| 3.1.5      | Verwendung, Legierungen .....   | 827          |
| 3.1.6      | Allotrope und ionogene Formen von Arsen, Antimon, Bismut. Pentelide<br>Allotrope (S. 828), Kationen (S. 828), Anionen. Arsenide, Antimonide, Bismutide (S. 829)   | 828          |
| 3.1.7      | Arsen, Antimon und Bismut in Verbindungen .....   | 829          |
| <b>3.2</b> | <b>Wasserstoffverbindungen des Arsens, Antimons, Bismuts .....</b>  | <b>829</b>   |
| <b>3.3</b> | <b>Halogenverbindungen des Arsens, Antimons, Bismuts .....</b>  | <b>832</b>   |
| 3.3.1      | Überblick .....   | 832          |
| 3.3.2      | Trihalogenide $EX_3$ .....  | 834          |
| 3.3.3      | Pentahalogenide $EX_5$ .....  | 837          |
| 3.3.4      | Niedrigwertige Halogenide $EX_{<3}$ .....   | 838          |
| <b>3.4</b> | <b>Chalkogenverbindungen des Arsens, Antimons, Bismuts .....</b>  | <b>839</b>   |
| 3.4.1      | Überblick .....   | 839          |
| 3.4.2      | Oxide und Sauerstoffsäuren des Arsens .....   | 841          |
| 3.4.3      | Sulfide und Thiosäuren des Arsens .....   | 845          |
| 3.4.4      | Oxide und Sauerstoffsäuren des Antimons .....   | 847          |
| 3.4.5      | Sulfide und Thiosäuren des Antimons .....   | 849          |
| 3.4.6      | Oxide und Sulfide, Säuren und Basen des Bismuts .....   | 850          |
| <b>3.5</b> | <b>Interpentele .....</b>   | <b>852</b>   |
| <b>3.6</b> | <b>Organische Verbindungen des Arsens, Antimons, Bismuts .....</b>  | <b>853 •</b> |
| 3.6.1      | Überblick .....   | 853 •        |
|            | Organylarsane, -stibane, -bismutane und Derivate $R_nEX_{3-n}$ (S. 854•), Organylarsorane, -stiborane, -bismorane und Derivate $R_nEX_{5-n}$ (S. 855•), Höhere gesättigte Organylarsane, -stibane, -bismutane (S. 857•), Ungesättigte Organylarsane, -stibane, -bismutane (S. 859•) |              |

|   |       |
|---|-------|
| <b>Kapitel XV Die Kohlenstoffgruppe („Tetrale“) . . . . .</b>   | 861   |
| <b>1 Der Kohlenstoff . . . . .</b>  | 861   |
| <b>1.1 Das Element Kohlenstoff . . . . .</b>  | 862   |
| <b>1.1.1 Vorkommen . . . . .</b>  | 862   |
| <b>1.1.2 Gewinnung, Physikalische Eigenschaften, Strukturen, Verwendung . . . . .</b>   | 863   |
| Überblick (S. 863), Graphit und graphitischer Kohlenstoff (S. 864), Diamant (S. 868), Fullerene (S. 870), Kohlenstoff-Nanoröhren (S. 876)   |       |
| <b>1.1.3 Chemische Eigenschaften . . . . .</b>  | 877   |
| Allgemeines (S. 877), Graphitverbindungen (S. 879), Fullerenerbindungen (S. 881), Verbindungen der Kohlenstoff-Nanoröhren (S. 883)  |       |
| <b>1.1.4 Kohlenstoff-Ionen. Carbide . . . . .</b>   | 884   |
| Überblick (S. 884), Carbide (S. 884)  |       |
| <b>1.1.5 Kohlenstoff in Verbindungen . . . . .</b>  | 886   |
| <b>1.2 Wasserstoffverbindungen des Kohlenstoffs . . . . .</b>   | 887   |
| <b>1.3 Halogenverbindungen des Kohlenstoffs . . . . .</b>   | 890   |
| <b>1.4 Chalkogenverbindungen des Kohlenstoffs . . . . .</b>   | 892   |
| <b>1.4.1 Überblick . . . . .</b>  | 892   |
| <b>1.4.2 Kohlenstoffdioxid (Kohlendioxid) CO<sub>2</sub> . . . . .</b>  | 893   |
| <b>1.4.3 Kohlenstoffmonoxid (Kohlenmonoxid, Kohlenoxid) CO . . . . .</b>  | 896   |
| <b>1.4.4 Kohlenstoffdisulfid CS<sub>2</sub>, Kohlenstoffoxidsulfid COS . . . . .</b>  | 900   |
| <b>1.4.5 Sonstige Kohlenstoffoxide und -sulfide . . . . .</b>   | 901   |
| <b>1.4.6 Kohlenstoffselenide und -telluride . . . . .</b>   | 903   |
| <b>1.5 Chalkogensäuren des Kohlenstoffs . . . . .</b>   | 903   |
| <b>1.5.1 Überblick . . . . .</b>  | 903   |
| <b>1.5.2 Die Kohlensäure . . . . .</b>  | 906   |
| <b>1.5.3 Einige weitere Kohlenstoff-Chalkogensäuren . . . . .</b>   | 908   |
| <b>1.5.4 Fette und Kohlenhydrate . . . . .</b>  | 909   |
| <b>1.6 Stickstoffverbindungen des Kohlenstoffs . . . . .</b>  | 910   |
| <b>1.6.1 Überblick . . . . .</b>  | 910   |
| <b>1.6.2 Kohlenstoffnitride, Cyanverbindungen . . . . .</b>   | 911   |
| <b>1.6.3 <math>\alpha</math>-Aminosäuren, Proteine, Nucleobasen, Nucleotide . . . . .</b>   | 914   |
| <b>1.6.4 Evolution des Lebens . . . . .</b>   | 915   |
| <b>1.7 Metallorganische Verbindungen . . . . .</b>  | 916 • |
| Verbindungsbestandteile (S. 916•), Verbindungstypen (S. 917•)   |       |
| <b>2 Das Silicium . . . . .</b>   | 918   |
| <b>2.1 Das Element Silicium . . . . .</b>   | 918   |
| <b>2.1.1 Vorkommen . . . . .</b>  | 918   |
| <b>2.1.2 Darstellung . . . . .</b>  | 919   |
| <b>2.1.3 Physikalische Eigenschaften und Strukturen . . . . .</b>   | 921   |
| <b>2.1.4 Chemische Eigenschaften . . . . .</b>  | 922   |
| <b>2.1.5 Verwendung, Chips . . . . .</b>  | 923   |
| <b>2.1.6 Silicium-Ionen. Silicide . . . . .</b>   | 923   |
| Überblick (S. 923), Silicide (S. 924)   |       |
| <b>2.1.7 Zintl-Phasen . . . . .</b>   | 925   |
| <b>2.1.8 Silicium in Verbindungen . . . . .</b>   | 927   |
| Oxidationsstufen und Koordinationszahlen (S. 927), Vergleich von Silicium und Kohlenstoff (S. 928)  |       |
| <b>2.2 Wasserstoffverbindungen des Siliciums . . . . .</b>  | 936   |
| Überblick (S. 936), Monosilan SiH <sub>4</sub> (S. 937), Höhere gesättigte Silane Si <sub>n</sub> H <sub>2n+m</sub> (S. 940), Silylen SiH <sub>2</sub> (S. 942), Ungesättigte Silane (S. 942) |       |

|            |  |               |
|------------|--|---------------|
| <b>2.3</b> | <b>Halogenverbindungen des Siliciums</b> . . . . .   | <b>944</b>    |
|            | Überblick (S. 944), Siliciumtetrahalogenide (Tetrahalogensilane) $\text{SiX}_4$ (S. 945), Disiliciumhexahalogenide (Hexahalogendisilane) $\text{Si}_2\text{X}_6$ (S. 948), Höhere Siliciumhalogenide $\text{Si}_n\text{X}_{2n+m}$ (S. 948), Dihalogensilylene (Siliciumdihalogenide) $\text{SiX}_2$ (S. 949) |               |
| <b>2.4</b> | <b>Chalkogenverbindungen des Siliciums</b> . . . . .   | <b>949</b>    |
|            | Siliciumdioxid $\text{SiO}_2$ (S. 950), Siliciummonoxid $\text{SiO}$ (S. 953), Sonstige Siliciumchalkogenide (S. 954)  |               |
| <b>2.5</b> | <b>Sauerstoffsäuren des Siliciums. Silicate</b> . . . . .  | <b>955</b>    |
| 2.5.1      | Überblick . . . . .  | 955           |
| 2.5.2      | Kieselsäuren . . . . .   | 959           |
|            | Monokieselsäure $\text{H}_4\text{SiO}_4$ (S. 959), Polykieselsäuren (S. 961)   |               |
| 2.5.3      | Natürliche Silicate . . . . .  | 962           |
|            | Insel-, Gruppen- und Ringsilicate (S. 963), Ketten- und Bandsilicate („Inosilicate“) (S. 964), Schichtsilicate („Phyllosilicate“) (S. 965), Gerüstsilicate („Tectosilicate“) (S. 970)  |               |
| 2.5.4      | Technische Silicate . . . . .  | 973           |
|            | Alkalisisilicate (S. 974), Gläser (S. 974), Tonwaren (Tonkeramik) (S. 979)   |               |
| <b>2.6</b> | <b>Nitride und Carbide des Siliciums</b> . . . . .   | <b>982</b>    |
| <b>2.7</b> | <b>Organische Verbindungen des Siliciums</b> . . . . .   | <b>985 •</b>  |
|            | Überblick (S. 985•), Organylmonosilane und Derivate (S. 986•), Silicone (S. 992•), Höhere Organylsilane (Organyloligosilane) (S. 994•), Organylsilylene (S. 995•), Ungeättigte Organylsilane (S. 997•)   |               |
| <b>3</b>   | <b>Das Germanium, Zinn und Blei</b> . . . . .  | <b>1002</b>   |
| <b>3.1</b> | <b>Die Elemente Germanium, Zinn, Blei</b> . . . . .  | <b>1002</b>   |
| 3.1.1      | Vorkommen . . . . .  | 1003          |
| 3.1.2      | Darstellung . . . . .  | 1003          |
| 3.1.3      | Physikalische Eigenschaften und Strukturen . . . . .   | 1004          |
| 3.1.4      | Chemische Eigenschaften . . . . .  | 1005          |
| 3.1.5      | Verwendung, Legierungen . . . . .  | 1006          |
| 3.1.6      | Alltropen und ionogene Formen von Germanium, Zinn, Blei . . . . .  | 1007          |
|            | Überblick (S. 1007), Germanide, Stannide, Plumbide (S. 1007)   |               |
| 3.1.7      | Germanium, Zinn und Blei in Verbindungen . . . . .   | 1009          |
| <b>3.2</b> | <b>Wasserstoffverbindungen des Germaniums, Zinns, Bleis</b> . . . . .  | <b>1009</b>   |
| <b>3.3</b> | <b>Halogenverbindungen des Germaniums, Zinns, Bleis</b> . . . . .  | <b>1011</b>   |
| 3.3.1      | Überblick . . . . .  | 1011          |
| 3.3.2      | Dihalogenide $\text{EX}_2$ . . . . .   | 1013          |
| 3.3.3      | Tetrahalogenide $\text{EX}_4$ . . . . .  | 1015          |
| <b>3.4</b> | <b>Chalkogenverbindungen des Germaniums, Zinns, Bleis</b> . . . . .  | <b>1016</b>   |
| 3.4.1      | Überblick . . . . .  | 1016          |
| 3.4.2      | Oxide und Sulfide, Säuren und Basen des Germaniums . . . . .   | 1018          |
| 3.4.3      | Oxide und Sulfide, Säuren und Basen des Zinns . . . . .  | 1020          |
| 3.4.4      | Oxide und Sulfide, Säuren und Basen des Bleis . . . . .  | 1022          |
| 3.4.5      | Der Bleiakkumulator („Bleiakku“) . . . . .   | 1026          |
| <b>3.5</b> | <b>Organische Verbindungen des Germaniums, Zinns, Bleis</b> . . . . .  | <b>1028 •</b> |
|            | Überblick (S. 1028•), Organylgermane, -stannane, -plumbane und Derivate (S. 1029•), Höhere Organylgermane, -stannane und -plumbane (S. 1033•), Organylgermylene, -stannylene, -plumbylene und Derivate (S. 1035•), Ungeättigte Organylgermane, -stannane und -plumbane und Derivate (S. 1038•)               |               |

|  |        |
|--|--------|
| <b>Kapitel XVI Die Borgruppe („Triole“) . . . . .</b>  | 1042   |
| <b>1 Das Bor . . . . .</b>   | 1042   |
| <b>1.1 Das Element Bor . . . . .</b>   | 1042   |
| <b>1.1.1 Vorkommen . . . . .</b>   | 1042   |
| <b>1.1.2 Darstellung . . . . .</b>   | 1043   |
| <b>1.1.3 Physikalische Eigenschaften und Strukturen . . . . .</b>  | 1044   |
| Reine Bormodifikationen (S. 1044), Bormodifikationen mit Heteroatomen (S. 1046)  |        |
| <b>1.1.4 Chemische Eigenschaften . . . . .</b>   | 1047   |
| <b>1.1.5 Verwendung . . . . .</b>  | 1047   |
| <b>1.1.6 Bor-Ionen. Boride . . . . .</b>   | 1047   |
| Überblick (S. 1047), Boride (S. 1048)  |        |
| <b>1.1.7 Bor in Verbindungen . . . . .</b>   | 1051   |
| <b>1.2 Wasserstoffverbindungen des Bors . . . . .</b>  | 1054   |
| <b>1.2.1 Überblick . . . . .</b>   | 1054   |
| Systematik (S. 1054), Strukturen (S. 1055), Bindungsverhältnisse (S. 1060)   |        |
| <b>1.2.2 Diboran (6) <math>B_2H_6</math>, Tetrahydridoborat <math>BH_4^-</math> . . . . .</b>  | 1063   |
| Darstellung von $B_2H_6$ (S. 1063), Eigenschaften und Verwendung von $B_2H_6$ (S. 1064), Tetrahydridoborat $BH_4^-$ (S. 1071)  |        |
| <b>1.2.3 Höhere Borane, höhere Hydridoborate . . . . .</b>   | 1073   |
| Überblick (S. 1073), Tri- und Tetraborane (S. 1075), Penta- und Hexaborane (S. 1077), Hepta-, Octa- und Nonaborane (S. 1080), Deca-, Undeca- und noch höhere Borane (S. 1081), Hydrido- <i>closo</i> -polyborate $B_nH_n^{2-}$ (S. 1084) |        |
| <b>1.2.4 Heteroborane . . . . .</b>  | 1089   |
| Überblick (S. 1089), Carbaborane („Carborane“) (S. 1090), Sonstige Nichtmetallaborane (S. 1094), Metallaborane (Hydridopolyborat-Komplexe) (S. 1095)   |        |
| <b>1.3 Halogenverbindungen des Bors . . . . .</b>  | 1097   |
| Überblick (S. 1097), Bor(III)-halogenide und Halogenoborate (S. 1098), Bor(II)-halogenide (S. 1102), Bor(I)-halogenide (S. 1102), Halogenborylene und niedere Borfluoride (S. 1103)  |        |
| <b>1.4 Sauerstoffverbindungen des Bors . . . . .</b>   | 1104   |
| Boroxide (S. 1104), Borsauerstoffsäuren (S. 1105), Borate (S. 1108)  |        |
| <b>1.5 Schwefelverbindungen des Bors . . . . .</b>   | 1110   |
| <b>1.6 Stickstoffverbindungen des Bors . . . . .</b>   | 1111   |
| Überblick (S. 1111), Bornitride und Nitridoborate (S. 1113), Bor(III)-ammime, -amide und -imide (S. 1115), Niedrigwertige Bor-Stickstoff-Verbindungen (S. 1121)  |        |
| <b>1.7 Phosphorverbindungen des Bors . . . . .</b>   | 1123   |
| <b>1.8 Kohlenstoffverbindungen des Bors . . . . .</b>  | 1125   |
| <b>1.9 Organische Verbindungen des Bors . . . . .</b>  | 1126 • |
| Überblick (S. 1126•), Organische Derivate des Monoborans (S. 1127•), Organische Derivate höherer Borane (S. 1132•)   |        |
| <b>2 Das Aluminium . . . . .</b>   | 1137   |
| <b>2.1 Das Element Aluminium . . . . .</b>   | 1137   |
| <b>2.1.1 Vorkommen . . . . .</b>   | 1137   |
| <b>2.1.2 Darstellung . . . . .</b>   | 1138   |
| Gewinnung von reinem Dialuminiumtrioxid aus Bauxit (S. 1138), Schmelzelektrolyse des Dialuminiumtrioxids (S. 1140)   |        |
| <b>2.1.3 Physikalische Eigenschaften und Struktur . . . . .</b>  | 1141   |
| <b>2.1.4 Chemische Eigenschaften . . . . .</b>   | 1141   |
| <b>2.1.5 Verwendung, Legierungen . . . . .</b>   | 1143   |
| <b>2.1.6 Aluminium-Ionen. Aluminide . . . . .</b>  | 1143   |

|   |   |        |
|---|---|--------|
| 2.1.7   | Aluminium in Verbindungen .....   | 1144   |
| <b>2.2</b>  | Wasserstoffverbindungen des Aluminiums .....  | 1145   |
|   | Darstellung (S. 1146), Eigenschaften (S. 1146), Tetrahydridoaluminate (S. 1149)   |        |
| <b>2.3</b>  | Halogenverbindungen des Aluminiums .....  | 1150   |
|   | Überblick (S. 1150), Aluminiumtrihalogenide $AlX_3$ (S. 1151), Aluminiumsubhalogenide (S. 1153)   |        |
| <b>2.4</b>  | Sauerstoffverbindungen des Aluminiums .....   | 1156   |
|   | Überblick (S. 1156), Aluminiumhydroxide; Olation und Oxolation (S. 1156), Aluminiumoxide (S. 1160), Aluminate (S. 1162), Aluminiumsalze (S. 1164)   |        |
| <b>2.5</b>  | Sonstige einfache Aluminiumverbindungen .....   | 1166   |
| <b>2.6</b>  | Organische Verbindungen des Aluminiums .....  | 1167 • |
|   | Überblick (S. 1167•), Aluminiumtriorganyle und Derivate (S. 1168•), Aluminiummonoorganyle und Derivate (S. 1172•), Oligoaluminiumorganyle und Derivate (S. 1174•)   |        |
| <b>3</b>  | <b>Das Gallium, Indium und Thallium .....</b>   | 1178   |
| <b>3.1</b>  | Die Elemente Gallium, Indium, Thallium .....  | 1178   |
| 3.1.1   | Vorkommen .....   | 1178   |
| 3.1.2   | Darstellung .....   | 1179   |
| 3.1.3   | Physikalische Eigenschaften und Strukturen .....  | 1180   |
| 3.1.4   | Chemische Eigenschaften und Verwendung .....  | 1181   |
| 3.1.5   | Allotrope und ionogene Formen von Gallium, Indium, Thallium. Trielide<br>Überblick (S. 1182), Gallide, Indide, Thallide (S. 1183)   | 1182   |
| 3.1.6   | Gallium, Indium und Thallium in Verbindungen .....  | 1185   |
| <b>3.2</b>  | Wasserstoffverbindungen des Galliums, Indiums, Thalliums .....  | 1186   |
| <b>3.3</b>  | Halogenverbindungen des Galliums, Indiums, Thalliums .....  | 1190   |
|   | Überblick (S. 1190), Triel(III)-halogenide (S. 1190), Triel(II)-halogenide (S. 1192), Weitere gemischt-valente Trihalogenide (S. 1192), Triel(I)-halogenide (S. 1193)   |        |
| <b>3.4</b>  | Chalkogenverbindungen des Galliums, Indiums, Thalliums .....  | 1194   |
|   | Überblick (S. 1194), Trielhydroxide (S. 1194), Trioxide (S. 1196) Trielsulfide, -selenide, -telluride (S. 1197)   |        |
| <b>3.5</b>  | Pentelverbindungen des Galliums, Indiums, Thalliums .....   | 1198   |
| <b>3.6</b>  | Organische Verbindungen des Galliums, Indiums, Thalliums .....  | 1200 • |
|   | Überblick (S. 1200•), Organylallane, -indane, -thallane $ER_3$ und Derivate (S. 1201•), Organylallylene, -indylene, -thallylene und Derivate (S. 1202•), Ungesättigte Organylallane, -indane, -thallane und Derivate (S. 1205•), Höhere Organyltrielane („Oligotrielane“) und Derivate (S. 1206•) |        |
| <b>Kapitel XVII Die Gruppe der Erdalkalimetalle .....</b> |   | 1215   |
| <b>1</b>  | <b>Das Beryllium .....</b>  | 1215   |
| <b>1.1</b>  | Das Element Beryllium .....   | 1215   |
|   | Vorkommen (S. 1215), Darstellung (S. 1216), Eigenschaften (S. 1216), Verwendung, Legierungen (S. 1217), Beryllium in Verbindungen (S. 1217)   |        |
| <b>1.2</b>  | Anorganische Verbindungen des Berylliums .....  | 1219   |
|   | Wasserstoffverbindungen des Berylliums (S. 1219), Halogenverbindungen des Berylliums (S. 1220), Chalkogenverbindungen des Berylliums (S. 1221), Sonstige einfache Berylliumverbindungen (S. 1222), Berylliumsalze von Oxosäuren (S. 1222)   |        |
| <b>1.3</b>  | Organische Verbindungen des Berylliums .....  | 1223 • |
| <b>2</b>  | <b>Das Magnesium .....</b>  | 1225   |
| <b>2.1</b>  | Das Element Magnesium .....   | 1225   |
|   | Vorkommen (S. 1225), Darstellung (S. 1225), Eigenschaften (S. 1226), Verwendung, Legierungen, Magnesiumbatterie (S. 1226), Magnesium in Verbindungen (S. 1227)  |        |

|   |  |               |
|---|--|---------------|
| <b>2.2</b>  | <b>Anorganische Verbindungen des Magnesiums . . . . .</b>  | <b>1228</b>   |
|   | Wasserstoffverbindungen des Magnesiums (S. 1228), Halogenverbindungen des Magnesiums (S. 1229), Chalkogenverbindungen des Magnesiums (S. 1230), Sonstige einfache Magnesiumverbindungen (S. 1231), Magnesiumsalze von Oxosäuren (S. 1232), Magnesiumkomplexe, Magnesium in der Biosphäre (S. 1232) |               |
| <b>2.3</b>  | <b>Organische Verbindungen des Magnesiums . . . . .</b>  | <b>1233 •</b> |
| <b>3</b>  | <b>Das Calcium, Strontium, Barium und Radium . . . . .</b>   | <b>1236</b>   |
| <b>3.1</b>  | <b>Die Elemente Calcium, Strontium, Barium, Radium . . . . .</b>   | <b>1236</b>   |
| 3.1.1   | Vorkommen . . . . .  | 1236          |
| 3.1.2   | Darstellung . . . . .  | 1238          |
| 3.1.3   | Physikalische Eigenschaften . . . . .  | 1238          |
| 3.1.4   | Chemische Eigenschaften, Verwendung . . . . .  | 1238          |
| 3.1.5   | Erdalkalimetalle in Verbindungen . . . . .   | 1239          |
| <b>3.2</b>  | <b>Anorganische Verbindungen des Calciums, Strontiums, Bariums, Radiums . . . . .</b>  | <b>1240</b>   |
| 3.2.1   | Wasserstoffverbindungen der Erdalkalimetalle . . . . .   | 1240          |
| 3.2.2   | Halogenverbindungen der Erdalkalimetalle . . . . .   | 1240          |
| 3.2.3   | Chalkogenverbindungen der Erdalkalimetalle . . . . .   | 1243          |
| 3.2.4   | Sonstige einfache Erdalkalimetallverbindungen . . . . .  | 1245          |
|   | Stickstoffverbindungen der Erdalkalimetalle (S. 1245), Kohlenstoffverbindungen der Erdalkalimetalle (S. 1247)  |               |
| 3.2.5   | Erdalkalimetall-Salze von Oxosäuren . . . . .  | 1248          |
| 3.2.6   | Erdalkalimetallkomplexe . . . . .  | 1253          |
| <b>3.3</b>  | <b>Organische Verbindungen der Erdalkalimetalle . . . . .</b>  | <b>1254 •</b> |
| <b>3.4</b>  | <b>Mörtel . . . . .</b>  | <b>1255</b>   |
| 3.4.1   | Luftmörtel . . . . .   | 1256          |
| 3.4.2   | Wassermörtel . . . . .   | 1257          |
| <b>Kapitel XVIII Die Gruppe der Alkalimetalle . . . . .</b> |  | <b>1259</b>   |
| <b>1</b>  | <b>Das Lithium . . . . .</b>   | <b>1259</b>   |
| <b>1.1</b>  | <b>Das Element Lithium . . . . .</b>   | <b>1259</b>   |
|   | Vorkommen (S. 1259), Darstellung (S. 1260), Eigenschaften (S. 1260), Verwendung, Legierungen, Lithiumbatterien (S. 1260), Lithium in Verbindungen (S. 1261)  |               |
| <b>1.2</b>  | <b>Anorganische Verbindungen des Lithiums . . . . .</b>  | <b>1262</b>   |
|   | Wasserstoffverbindungen des Lithiums (S. 1262), Halogenverbindungen des Lithiums (S. 1262), Chalkogenverbindungen des Lithiums (S. 1263), Sonstige einfache Lithiumverbindungen (S. 1263), Lithiumsalze von Oxosäuren (S. 1264)  |               |
| <b>1.3</b>  | <b>Organische Verbindungen des Lithiums . . . . .</b>  | <b>1264 •</b> |
| <b>2</b>  | <b>Das Natrium, Kalium, Rubidium, Cäsium und Francium . . . . .</b>  | <b>1270</b>   |
| <b>2.1</b>  | <b>Die Elemente Natrium, Kalium, Rubidium, Cäsium, Francium . . . . .</b>  | <b>1270</b>   |
| 2.1.1   | Vorkommen . . . . .  | 1270          |
| 2.1.2   | Darstellung . . . . .  | 1272          |
| 2.1.3   | Physikalische Eigenschaften . . . . .  | 1273          |
| 2.1.4   | Chemische Eigenschaften . . . . .  | 1275          |
| 2.1.5   | Verwendung, Natriumbatterien . . . . .   | 1276          |
| 2.1.6   | Alkalimetalle in Verbindungen . . . . .  | 1277          |
| <b>2.2</b>  | <b>Anorganische Verbindungen des Natriums, Kaliums, Rubidiums, Cäsiums, Franciums . . . . .</b>  | <b>1279</b>   |
| 2.2.1   | Wasserstoffverbindungen der Alkalimetalle . . . . .  | 1279          |
| 2.2.2   | Halogenverbindungen der Alkalimetalle . . . . .  | 1280          |
| 2.2.3   | Chalkogenverbindungen der Alkalimetalle . . . . .  | 1283          |
| 2.2.4   | Sonstige einfache Alkalimetallverbindungen . . . . .   | 1287          |
| 2.2.5   | Alkalimetallsalze von Oxosäuren . . . . .  | 1288          |

|  |             |
|--|-------------|
| 2.2.6 Alkalimetallkomplexe, Alkalimetalle in der Biosphäre .....   | 1292        |
| 2.3 Organische Verbindungen der Alkalimetalle .....  | 1296 •      |
| <br>   |             |
| <b>Teil C Nebengruppenelemente .....</b>   | <b>1301</b> |
| <b>Kapitel XIX Nebengruppenelemente (Äußere Übergangsmetalle) .....</b>  | <b>1303</b> |
| 1 Periodensystem (Teil III) der Nebengruppenelemente .....   | 1303        |
| 1.1 Elektronenkonfiguration der Nebengruppenelemente .....   | 1303        |
| 1.2 Einordnung der Nebengruppenelemente in das Periodensystem .....  | 1305        |
| 2 Trends einiger Eigenschaften der Nebengruppenelemente .....  | 1307        |
| Wertigkeit (S. 1308), Analogien und Diskrepanzen zwischen Haupt- und Nebensystem (S. 1309), Periodizitäten innerhalb des Nebensystems (S. 1311)  |             |
| <br>   |             |
| <b>Kapitel XX Grundlagen der Komplexchemie .....</b>   | <b>1315</b> |
| 1 Bau und Stabilität der Übergangsmetallkomplexe .....   | 1316        |
| 1.1 Die Komplexbestandteile .....  | 1316        |
| 1.1.1 Komplexliganden .....  | 1316        |
| Einzähnige Liganden (S. 1318), Mehrzähnige Liganden: Chelatliganden (S. 1320)  |             |
| 1.1.2 Komplexzentren .....   | 1320        |
| Einatomige Metallzentren (S. 1322), Mehratomige Metallzentren: Metalcluster (S. 1324)  |             |
| 1.2 Die Komplexstabilität .....  | 1327        |
| 1.2.1 Komplexbildungs- und Dissoziationskonstanten .....   | 1328        |
| 1.2.2 Der Chelat-Effekt .....  | 1330        |
| 1.2.3 Redoxstabilität .....  | 1332        |
| 1.3 Der räumliche Bau der Komplexe .....   | 1333        |
| 1.4 Die Isomerie der Komplexe .....  | 1343        |
| 1.4.1 Konstitutionsisomerie der Komplexe .....   | 1343        |
| 1.4.2 Stereoisomerie der Komplexe .....  | 1344        |
| 2 Bindungsmodelle der Übergangsmetallkomplexe. Die chemische Bindung, Teil III .....   | 1348        |
| 2.1 Valenzstruktur-Theorie der Komplexe .....  | 1349        |
| 2.1.1 Zusammensetzung und Stabilität von Komplexen .....   | 1349        |
| 2.1.2 Struktur und magnetisches Verhalten von Komplexen .....  | 1352        |
| 2.2 Ligandenfeld-Theorie der Komplexe .....  | 1354        |
| 2.2.1 Energieaufspaltung der d-Orbitale im Ligandenfeld. Magnetisches Verhalten der Komplexe .....   | 1355        |
| Allgemeines (S. 1355), Oktaedrisches Ligandenfeld (S. 1356), Tetraedrisches und kubisches Ligandenfeld (S. 1360), Quadratisches und quadratisch-pyramidales Ligandenfeld (S. 1361), Quadratisch-pyramidales sowie trigonal- oder pentagonal-bipyramidales Ligandenfeld (S. 1362) |             |
| 2.2.2 Ligandenfeldstabilisierungsenergie. Stabilität und Struktur der Komplexe .....   | 1363        |
| Allgemeines (S. 1363), LFSE und Komplexstabilität (S. 1364), LFSE und Komplexstruktur (S. 1365), Jahn-Teller-Effekt und Komplexverzerrungen (S. 1367)  |             |
| 2.2.3 Energieaufspaltung von Thermen im Ligandenfeld. Optisches Verhalten der Komplexe .....   | 1368        |
| Farbe von Komplexen (S. 1368), d→d-Übergänge (S. 1370), CT-Übergänge (S. 1374)   |             |
| 2.3 Molekülorbital-Theorie der Komplexe .....  | 1375        |
| 2.3.1 Molekülorbitalschemata der Komplexe .....  | 1375        |
| Molekülorbitale der Komplexe (S. 1375), Energieniveau-Schema der Molekülorbitale oktaedrischer Komplexe (S. 1376)  |             |

|   |   |             |
|---|---|-------------|
| 2.3.2   | Edelgasregel, 18-Elektronenregel .....  | 1378        |
| 2.3.3   | Isolobal-Prinzip .....  | 1379        |
| <b>3</b>  | <b>Reaktionsmechanismen der Übergangsmetallkomplexe. Die chemische Reaktion, Teil IV. ....</b>  | <b>1380</b> |
| 3.1   | Nucleophile Substitutionsreaktionen der Komplexe .....  | 1381        |
| 3.1.1.  | Nucleophile Substitution an tetraedrischen Zentren .....  | 1382        |
| 3.1.2.  | Nucleophile Substitution an quadratisch-planaren Zentren .....  | 1382        |
| 3.1.3.  | Nucleophile Substitution an oktaedrischen Zentren .....   | 1385        |
| 3.2   | Umlagerungsreaktionen der Komplexe .....  | 1392        |
| 3.3   | Redoxreaktionen der Komplexe .....  | 1393        |
| 3.3.1   | Elektronentransfer-Prozesse .....   | 1394        |
|   | Outer sphere Redoxprozesse (S. 1394), Inner sphere Redoxprozesse (S. 1396)  |             |
| 3.3.2   | Redoxadditionen und -eliminierungen .....   | 1398        |
|   | Oxidative Additionen (S. 1398), Reduktive Eliminierungen (S. 1399)  |             |
| <b>Kapitel XXI Einige Grundlagen der Festkörperchemie .....</b> |   | <b>1401</b> |
| <b>1</b>  | <b>Synthese von Festkörpern .....</b>   | <b>1403</b> |
| 1.1   | Überblick .....   | 1403        |
| 1.2   | Schmelz- und Erstarrungsdiagramme binärer Systeme („Phasendiagramme“) .....   | 1404        |
|   | Abscheidung reiner Stoffe (S. 1404), Abscheidung von Mischkristallen (S. 1406)  |             |
| 1.3   | Einige wichtige Legierungsphasen .....  | 1408        |
|   | Hume-Rothery-Phasen (S. 1408), Zintl-Phasen (S. 1408), Laves-Phasen (S. 1409), Nickelarsenid-Phasen (S. 1409)   |             |
| 1.4   | Transportreaktionen .....   | 1409        |
| <b>2</b>  | <b>Einige Eigenschaften der Festkörper .....</b>  | <b>1410</b> |
| 2.1   | Magnetische Eigenschaften der Festkörper („Magnetochemie“) .....  | 1410        |
| 2.1.1   | Diamagnetismus und Paramagnetismus .....  | 1411        |
|   | Materie im Magnetfeld. Die magnetische Suszeptibilität (S. 1411), Atomistische Deutung der magnetischen Suszeptibilität (S. 1412)   |             |
| 2.1.2   | Ferromagnetismus, Ferrimagnetismus und Antiferromagnetismus .....   | 1417        |
| 2.1.3   | Ferro- und Antiferroelektrizität .....  | 1420        |
| 2.2   | Elektrische Eigenschaften der Festkörper .....  | 1420        |
| 2.2.1   | Leiter, Nichtleiter, Halbleiter .....   | 1421        |
|   | Metalle. Elektronische Leiter (S. 1421), Nichtmetalle. Elektronische Nichtleiter (S. 1422), Halbmetalle. Elektronische Halbleiter (S. 1423)   |             |
| 2.2.2   | Supraleiter .....   | 1425        |
|   | Konventionelle Supraleiter (S. 1426), Hochtemperatur-Supraleiter (S. 1428)  |             |
| <b>3</b>  | <b>Oberflächenreiche sowie nanostrukturierte Materialien .....</b>  | <b>1429</b> |
| 3.1   | Der aktive Zustand fester Materie .....   | 1430        |
| 3.2   | Nanophasen-Materialien .....  | 1431        |
| <b>Kapitel XXII Die Kupfergruppe .....</b>                      |   | <b>1433</b> |
| <b>1</b>  | <b>Das Kupfer .....</b>   | <b>1433</b> |
| 1.1   | Das Element Kupfer .....  | 1433        |
|   | Vorkommen (S. 1433), Darstellung (S. 1434), Physikalische Eigenschaften (S. 1437), Chemische Eigenschaften (S. 1437), Verwendung, Legierungen (S. 1438), Kupfer in Verbindungen (S. 1439) |             |
| 1.2   | Verbindungen des Kupfers .....  | 1440        |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| 1.2.1   | Kupfer(I)-Verbindungen ( $d^{10}$ ) . . . . .  | 1440   |
|   | Wasserstoffverbindungen (S. 1440), Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1441), Chalkogenverbindungen (S. 1443), Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen (S. 1444)  |        |
| 1.2.2   | Kupfer(II)-Verbindungen ( $d^9$ ) . . . . .  | 1444   |
|   | Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1444), Chalkogenverbindungen (S. 1446), Kupfer in der Biosphäre (S. 1450)   |        |
| 1.2.3   | Kupfer(III)- und Kupfer(IV)-Verbindungen ( $d^8$ , $d^7$ ) . . . . .   | 1450   |
| 1.2.4   | Organische Verbindungen des Kupfers . . . . .  | 1451 • |
| 2   | Das Silber . . . . .   | 1452   |
| 2.1   | Das Element Silber . . . . .   | 1452   |
|   | Vorkommen (S. 1452), Darstellung (S. 1453), Physikalische Eigenschaften (S. 1454), Chemische Eigenschaften (S. 1455), Verwendung, Legierungen (S. 1455), Silber in Verbindungen (S. 1456)                                      |        |
| 2.2   | Verbindungen des Silbers . . . . .   | 1457   |
| 2.2.1   | Silber(I)-Verbindungen ( $d^{10}$ ) . . . . .  | 1457   |
|   | Wasserstoffverbindungen (S. 1457), Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1457), Chalkogenverbindungen (S. 1460), Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen (S. 1461)  |        |
| 2.2.2   | Silber(II)-Verbindungen ( $d^9$ ) . . . . .  | 1461   |
| 2.2.3   | Silber(III)- und Silber(IV)-Verbindungen ( $d^8$ , $d^7$ ) . . . . .   | 1463   |
| 2.2.4   | Organische Verbindungen des Silbers . . . . .  | 1463 • |
| 2.3   | Der photographische Prozess . . . . .  | 1464   |
| 3   | Das Gold . . . . .   | 1466   |
| 3.1   | Das Element Gold . . . . .   | 1466   |
|   | Vorkommen (S. 1466), Darstellung (S. 1467), Physikalische Eigenschaften (S. 1468), Chemische Eigenschaften (S. 1468), Verwendung, Legierungen (S. 1468), Gold in Verbindungen (S. 1469), Vergleichende Betrachtungen (S. 1470) |        |
| 3.2   | Verbindungen des Golds . . . . .   | 1473   |
| 3.2.1   | Gold(I)-Verbindungen ( $d^{10}$ ) . . . . .  | 1473   |
|   | Wasserstoffverbindungen (S. 1473), Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1473), Chalkogenverbindungen (S. 1475), Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen (S. 1475)  |        |
| 3.2.2   | Gold(II)-Verbindungen ( $d^9$ ) . . . . .  | 1475   |
| 3.2.3   | Gold(III)-Verbindungen ( $d^8$ ) . . . . .   | 1476   |
|   | Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1476), Chalkogenverbindungen (S. 1477)  |        |
| 3.2.4   | Gold(IV)- und Gold(V)-Verbindungen ( $d^7$ , $d^6$ ) . . . . .   | 1478   |
| 3.2.5   | Niedrigwertige Goldverbindungen . . . . .  | 1478   |
| 3.2.6   | Organische Verbindungen des Golds . . . . .  | 1481 • |
| <b>Kapitel XXIII Die Zinkgruppe . . . . .</b> |  | 1483   |
| 1   | Das Zink und Cadmium . . . . .   | 1483   |
| 1.1   | Die Elemente Zink und Cadmium . . . . .  | 1483   |
|   | Vorkommen (S. 1483), Darstellung (S. 1484), Physikalische Eigenschaften (S. 1486), Chemische Eigenschaften (S. 1487), Verwendung, Legierungen, Zinkbatterien (S. 1488), Zink und Cadmium in Verbindungen (S. 1488)             |        |
| 1.2   | Verbindungen des Zinks und Cadmiums . . . . .  | 1489   |
| 1.2.1   | Zink(II)- und Cadmium(II)-Verbindungen ( $d^{10}$ ) . . . . .  | 1489   |
|   | Wasserstoffverbindungen (S. 1489), Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1490), Chalkogenverbindungen (S. 1491), Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen (S. 1494), Zink in der Biosphäre (S. 1495)                           |        |

|  |   |        |
|--|---|--------|
| 1.2.2  | Zink(I)- und Cadmium(I)-Verbindungen ( $d^{10}s^1$ ) . . . . .  | 1495   |
| 1.2.3  | Organische Verbindungen des Zinks und Cadmiums . . . . .  | 1496 • |
| 2  | <b>Das Quecksilber . . . . .</b>  | 1497   |
| 2.1  | <b>Das Element Quecksilber . . . . .</b>  | 1497   |
|  | Vorkommen (S. 1497), Darstellung (S. 1498), Physikalische Eigenschaften (S. 1499), Chemische Eigenschaften (S. 1499), Verwendung, Amalgame (S. 1500), Quecksilber in Verbindungen (S. 1500), Vergleichende Betrachtungen (S. 1501)                                |        |
| 2.2  | <b>Verbindungen des Quecksilbers . . . . .</b>  | 1502   |
| 2.2.1  | <b>Quecksilber(I)-Verbindungen (<math>d^{10}s^1</math>) . . . . .</b>   | 1502   |
|  | Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1502), Chalkogenverbindungen (S. 1503), Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen (S. 1504)  |        |
| 2.2.2  | <b>Quecksilber(II)-Verbindungen (<math>d^{10}</math>) . . . . .</b>   | 1504   |
|  | Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1504), Chalkogenverbindungen (S. 1507)   |        |
| 2.2.3  | <b>Niedrigwertige Quecksilberverbindungen . . . . .</b>   | 1509   |
| 2.2.4  | <b>Organische Verbindungen des Quecksilbers . . . . .</b>   | 1510 • |
| <b>Kapitel XXIV Die Scandiumgruppe . . . . .</b> |   | 1513   |
| 1  | <b>Die Elemente Scandium, Yttrium, Lanthan und Actinium . . . . .</b>   | 1513   |
|  | Vorkommen (S. 1513), Darstellung (S. 1514), Physikalische Eigenschaften (S. 1515), Chemische Eigenschaften (S. 1515), Verwendung, Legierungen (S. 1515), Scandium, Yttrium, Lanthan und Actinium in Verbindungen (S. 1516), Vergleichende Betrachtungen (S. 1516) |        |
| 2  | <b>Verbindungen des Scandiums, Yttriums, Lanthans und Actiniums . . . . .</b>   | 1517   |
|  | Wasserstoffverbindungen (S. 1517), Halogenverbindungen (S. 1517), Chalkogenverbindungen (S. 1518), Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen (S. 1519), Organische Verbindungen des Scandiums, Yttriums und Lanthans (S. 1519•)   |        |
| <b>Kapitel XXV Die Titangruppe . . . . .</b>     |   | 1520   |
| 1  | <b>Das Titan . . . . .</b>  | 1520   |
| 1.1  | <b>Das Element Titan . . . . .</b>  | 1520   |
|  | Vorkommen (S. 1520), Darstellung (S. 1521), Physikalische Eigenschaften (S. 1522), Chemische Eigenschaften (S. 1522), Verwendung, Legierungen (S. 1523), Titan in Verbindungen (S. 1523)  |        |
| 1.2  | <b>Verbindungen des Titans . . . . .</b>  | 1524   |
| 1.2.1  | <b>Titan(IV)-Verbindungen (<math>d^0</math>) . . . . .</b>  | 1524   |
|  | Wasserstoffverbindungen (S. 1524), Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1524), Chalkogenverbindungen (S. 1526)  |        |
| 1.2.2  | <b>Titan(III)-Verbindungen (<math>d^1</math>) . . . . .</b>   | 1528   |
|  | Wasserstoffverbindungen (S. 1528), Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1529), Chalkogenverbindungen (S. 1529)  |        |
| 1.2.3  | <b>Titan(II)-Verbindungen (<math>d^2</math>) . . . . .</b>  | 1530   |
|  | Wasserstoffverbindungen (S. 1530), Halogenverbindungen (S. 1530), Chalkogenverbindungen (S. 1530), Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen (S. 1531)  |        |
| 1.2.4  | <b>Organische Verbindungen des Titans . . . . .</b>   | 1531 • |
| 2  | <b>Das Zirconium und Hafnium . . . . .</b>  | 1533   |
| 2.1  | <b>Die Elemente Zirconium und Hafnium . . . . .</b>   | 1533   |
|  | Vorkommen (S. 1533), Darstellung (S. 1534), Physikalische Eigenschaften (S. 1534), Chemische Eigenschaften (S. 1534), Verwendung, Legierungen (S. 1535), Zirconium und Hafnium in Verbindungen (S. 1535), Vergleichende Betrachtungen (S. 1535)                   |        |
| 2.2  | <b>Verbindungen des Zirconiums und Hafniums . . . . .</b>   | 1536   |
| 2.2.1  | <b>Wasserstoffverbindungen . . . . .</b>  | 1536   |
| 2.2.2  | <b>Halogen- und Pseudohalogenverbindungen . . . . .</b>   | 1536   |

|  |  |        |
|--|--|--------|
| 2.2.3  | Chalkogenverbindungen .....  | 1538   |
| 2.2.4  | Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen .....  | 1540   |
| 2.2.5  | Organische Verbindungen des Zirconiums und Hafniums .....  | 1540 • |
|  | Zirconium- und Hafniumorganyle (S. 1540•), Katalytische Prozesse mit Beteiligung von Zr-Organylen (S. 1541•)   |        |
| <b>Kapitel XXVI Die Vanadiumgruppe .....</b> |  | 1542   |
| <b>1</b>                                     | <b>Das Vanadium .....</b>  | 1542   |
| 1.1  | Das Element Vanadium .....   | 1542   |
|  | Vorkommen (S. 1542), Darstellung (S. 1543), Physikalische Eigenschaften (S. 1543), Chemische Eigenschaften (S. 1543), Verwendung, Legierungen (S. 1544), Vanadium in Verbindungen (S. 1544)  |        |
| 1.2  | Verbindungen des Vanadiums .....   | 1545   |
| 1.2.1  | Vanadium(V)-Verbindungen ( $d^0$ ) .....   | 1545   |
|  | Halogenverbindungen (S. 1545), Chalkogenverbindungen (S. 1546)   |        |
| 1.2.2  | Vanadium(IV)-Verbindungen ( $d^1$ ) .....  | 1547   |
|  | Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1547), Chalkogenverbindungen (S. 1548)  |        |
| 1.2.3  | Vanadium(III)- und Vanadium(II)-Verbindungen ( $d^2$ , $d^3$ ) .....   | 1550   |
|  | Wasserstoffverbindungen (S. 1550), Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1550), Chalkogenverbindungen (S. 1551), Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen (S. 1552)  |        |
| 1.2.4  | Organische Verbindungen des Vanadiums .....  | 1552 • |
| <b>2</b>                                     | <b>Das Niobium und Tantal .....</b>  | 1553   |
| 2.1  | Die Elemente Niobium und Tantal .....  | 1553   |
|  | Vorkommen (S. 1553), Darstellung (S. 1553), Physikalische Eigenschaften (S. 1554), Chemische Eigenschaften (S. 1554), Verwendung, Legierungen (S. 1554), Niobium und Tantal in Verbindungen (S. 1554), Vergleichende Betrachtungen (S. 1555) |        |
| 2.2  | Verbindungen des Niobiums und Tantals .....  | 1555   |
| 2.2.1  | Wasserstoffverbindungen .....  | 1555   |
| 2.2.2  | Halogen- und Pseudohalogenverbindungen .....   | 1555   |
| 2.2.3  | Chalkogenverbindungen .....  | 1559   |
| 2.2.4  | Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen .....  | 1560   |
| 2.2.5  | Organische Verbindungen des Niobiums und Tantals .....   | 1561 • |
| <b>Kapitel XXVII Die Chromgruppe .....</b>   |  | 1562   |
| <b>1</b>                                     | <b>Das Chrom .....</b>   | 1562   |
| 1.1  | Das Element Chrom .....  | 1562   |
|  | Vorkommen (S. 1562), Darstellung (S. 1563), Physikalische Eigenschaften (S. 1565), Chemische Eigenschaften (S. 1565), Verwendung, Legierungen (S. 1565), Chrom in Verbindungen (S. 1565)   |        |
| 1.2  | Verbindungen des Chroms .....  | 1567   |
| 1.2.1  | Chrom(VI)-Verbindungen ( $d^0$ ) .....   | 1567   |
| 1.2.2  | Chrom(V)- und Chrom(IV)-Verbindungen ( $d^1$ , $d^2$ ) .....   | 1571   |
|  | Halogenverbindungen (S. 1571), Sauerstoffverbindungen (S. 1571)  |        |
| 1.2.3  | Chrom(III)-Verbindungen ( $d^3$ ) .....  | 1573   |
|  | Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1573), Chalkogenverbindungen (S. 1574), Chrom(III)-Komplexe (S. 1576)   |        |
| 1.2.4  | Chrom(II)-Verbindungen ( $d^4$ ) .....   | 1577   |
|  | Wasserstoffverbindungen (S. 1577), Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1577), Chalkogenverbindungen (S. 1578), Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen (S. 1578), Chrom(II)-Komplexe (S. 1579)  |        |

|              |  |               |
|--------------|--|---------------|
| 1.2.5        | Organische Verbindungen des Chroms .....   | 1581 •        |
| <b>2</b>     | <b>Das Molybdän und Wolfram .....</b>  | <b>1582</b>   |
| <b>2.1</b>   | <b>Die Elemente Molybdän und Wolfram .....</b>   | <b>1582</b>   |
|              | Vorkommen (S. 1582), Darstellung (S. 1583), Physikalische Eigenschaften (S. 1583), Chemische Eigenschaften (S. 1583), Verwendung, Legierungen (S. 1584), Molybdän und Wolfram in Verbindungen (S. 1584), Vergleichende Betrachtungen (S. 1585) |               |
| <b>2.2</b>   | <b>Verbindungen des Molybdäns und Wolframs .....</b>   | <b>1586</b>   |
| <b>2.2.1</b> | <b>Wasserstoffverbindungen .....</b>   | <b>1586</b>   |
| <b>2.2.2</b> | <b>Halogen- und Pseudohalogenverbindungen .....</b>  | <b>1587</b>   |
|              | Halogenide (S. 1587), Pseudohalogenide (S. 1590)   |               |
| <b>2.2.3</b> | <b>Chalkogenverbindungen .....</b>   | <b>1590</b>   |
|              | Sauerstoffverbindungen (S. 1590), Molybdate(VI) und Wolframate(VI) (S. 1594), Sonstige Chalkogenide und Chalkogenokomplexe (S. 1600)   |               |
| <b>2.2.4</b> | <b>Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen .....</b>   | <b>1601</b>   |
| <b>2.2.5</b> | <b>Molybdän- und Wolfram-Komplexe .....</b>  | <b>1602</b>   |
| <b>2.2.6</b> | <b>Organische Verbindungen des Molybdäns und Wolframs .....</b>  | <b>1605 •</b> |
|              | Molybdän- und Wolframorganyle (S. 1605•), Katalytische Prozesse unter Beteiligung von Mo- und W-organylen (S. 1606•)   |               |

|                       |  |               |
|-----------------------|--|---------------|
| <b>Kapitel XXVIII</b> | <b>Die Mangangruppe .....</b>  | <b>1607</b>   |
| <b>1</b>              | <b>Das Mangan .....</b>  | <b>1607</b>   |
| <b>1.1</b>            | <b>Das Element Mangan .....</b>  | <b>1607</b>   |
|                       | Vorkommen (S. 1607), Darstellung (S. 1608), Physikalische Eigenschaften (S. 1608), Chemische Eigenschaften (S. 1608), Verwendung, Legierungen (S. 1609), Mangan in Verbindungen (S. 1609)  |               |
| <b>1.2</b>            | <b>Verbindungen des Mangans .....</b>  | <b>1610</b>   |
| <b>1.2.1</b>          | <b>Mangan(II)-Verbindungen (d<sup>5</sup>) .....</b>   | <b>1610</b>   |
|                       | Wasserstoffverbindungen (S. 1610), Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1610), Chalkogenverbindungen (S. 1612), Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen (S. 1613), Mangan(II)-Komplexe (S. 1613)   |               |
| <b>1.2.2</b>          | <b>Mangan(III)- und Mangan(IV)-Verbindungen (d<sup>4</sup>,d<sup>3</sup>) .....</b>  | <b>1614</b>   |
|                       | Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1614), Chalkogenverbindungen (S. 1614), Mangan(III)- und Mangan(IV)-Komplexe (S. 1616)  |               |
| <b>1.2.3</b>          | <b>Mangan(V)-, (VI)-, (VII)-Verbindungen (d<sup>2</sup>, d<sup>1</sup>, d<sup>0</sup>) .....</b>   | <b>1617</b>   |
| <b>1.2.4</b>          | <b>Organische Verbindungen des Mangans .....</b>   | <b>1619 •</b> |
| <b>2</b>              | <b>Das Technetium und Rhenium .....</b>  | <b>1620</b>   |
| <b>2.1</b>            | <b>Die Elemente Technetium und Rhenium .....</b>   | <b>1620</b>   |
|                       | Vorkommen (S. 1620), Darstellung (S. 1621), Physikalische Eigenschaften (S. 1622), Chemische Eigenschaften (S. 1622), Verwendung, Legierungen (S. 1622), Technetium und Rhenium in Verbindungen (S. 1622), Vergleichende Betrachtungen (S. 1623) |               |
| <b>2.2</b>            | <b>Verbindungen des Technetiums und Rheniums .....</b>   | <b>1624</b>   |
| <b>2.2.1</b>          | <b>Wasserstoffverbindungen .....</b>   | <b>1624</b>   |
| <b>2.2.2</b>          | <b>Halogen- und Pseudohalogenverbindungen .....</b>  | <b>1625</b>   |
| <b>2.2.3</b>          | <b>Chalkogenverbindungen .....</b>   | <b>1628</b>   |
| <b>2.2.4</b>          | <b>Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen .....</b>   | <b>1631</b>   |
| <b>2.2.5</b>          | <b>Technetium- und Rheniumkomplexe .....</b>   | <b>1631</b>   |
| <b>2.2.6</b>          | <b>Organische Verbindungen des Technetiums und Rheniums .....</b>  | <b>1632 •</b> |
|                       | Technetium- und Rheniumorganyle (S. 1632•), Katalytische Prozesse unter Beteiligung von Re-organylen (S. 1634•)  |               |

|  |        |
|--|--------|
| <b>Kapitel XXIX Die Eisengruppe . . . . .</b>  | 1635   |
| <b>1 Das Eisen . . . . .</b>   | 1636   |
| <b>1.1 Das Element Eisen . . . . .</b>   | 1636   |
| <b>1.1.1 Vorkommen . . . . .</b>   | 1636   |
| <b>1.1.2 Darstellung . . . . .</b>   | 1637   |
| Erzeugung von Roheisen (S. 1637), Gewinnung von Stahl (S. 1640)  |        |
| <b>1.1.3 Physikalische Eigenschaften . . . . .</b>   | 1642   |
| <b>1.1.4 Chemische Eigenschaften . . . . .</b>   | 1644   |
| <b>1.1.5 Verwendung, Legierungen . . . . .</b>   | 1644   |
| <b>1.1.6 Eisen in Verbindungen . . . . .</b>   | 1645   |
| <b>1.2 Verbindungen des Eisens . . . . .</b>   | 1647   |
| <b>1.2.1 Eisen(II)- und Eisen(III)-Verbindungen (<math>d^6</math>, <math>d^5</math>) . . . . .</b>   | 1647   |
| Wasserstoffverbindungen (S. 1647), Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1647), Chalkogenverbindungen (S. 1652), Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen (S. 1659), Eisen(II)- und Eisen(III)-Komplexe (S. 1659), Eisen in der Biosphäre (S. 1661)    |        |
| <b>1.2.2 Eisen(VI)-, (V)-, (IV)-Verbindungen (<math>d^2</math>, <math>d^3</math>, <math>d^4</math>) . . . . .</b>  | 1665   |
| <b>1.2.3 Organische Verbindungen des Eisens . . . . .</b>  | 1666 • |
| <b>2 Das Ruthenium und Osmium . . . . .</b>  | 1666   |
| <b>2.1 Die Elemente Ruthenium und Osmium . . . . .</b>   | 1666   |
| Vorkommen (S. 1666), Darstellung (S. 1667), Physikalische Eigenschaften (S. 1667), Chemische Eigenschaften (S. 1667), Verwendung, Legierungen (S. 1667), Ruthenium und Osmium in Verbindungen (S. 1667), Vergleichende Betrachtungen (S. 1668)         |        |
| <b>2.2 Verbindungen des Rutheniums und Osmiums . . . . .</b>   | 1668   |
| <b>2.2.1 Wasserstoffverbindungen . . . . .</b>   | 1668   |
| <b>2.2.2 Halogen- und Pseudohalogenverbindungen . . . . .</b>  | 1669   |
| <b>2.2.3 Chalkogenverbindungen . . . . .</b>   | 1672   |
| <b>2.2.4 Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen . . . . .</b>   | 1676   |
| <b>2.2.5 Ruthenium- und Osmiumkomplexe . . . . .</b>   | 1676   |
| <b>2.2.6 Organische Verbindungen des Rutheniums und Osmiums . . . . .</b>  | 1679 • |
| <b>Kapitel XXX Die Cobaltgruppe . . . . .</b>  | 1681   |
| <b>1 Das Cobalt . . . . .</b>  | 1681   |
| <b>1.1 Das Element Cobalt . . . . .</b>  | 1681   |
| Vorkommen (S. 1681), Darstellung (S. 1681), Physikalische Eigenschaften (S. 1682), Chemische Eigenschaften (S. 1682), Verwendung, Legierungen (S. 1682), Cobalt in Verbindungen (S. 1682)  |        |
| <b>1.2 Verbindungen des Cobalts . . . . .</b>  | 1683   |
| <b>1.2.1 Cobalt(II)- und Cobalt(III)-Verbindungen (<math>d^7</math>, <math>d^6</math>) . . . . .</b>   | 1683   |
| Wasserstoffverbindungen (S. 1683), Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1684), Chalkogenverbindungen (S. 1686), Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen (S. 1690), Cobalt(II)- und Cobalt(III)-Komplexe (S. 1690), Cobalt in der Biosphäre (S. 1693) |        |
| <b>1.2.2 Cobalt(IV)- und Cobalt(V)-Verbindungen (<math>d^5</math>, <math>d^4</math>) . . . . .</b>   | 1694   |
| <b>1.2.3 Organische Verbindungen des Cobalts . . . . .</b>   | 1694 • |
| Cobaltorganyle (S. 1694•), Katalytische Prozesse unter Beteiligung von Co-organylen (S. 1695•)   |        |
| <b>2 Das Rhodium und Iridium . . . . .</b>   | 1696   |
| <b>2.1 Die Elemente Rhodium und Iridium . . . . .</b>  | 1696   |
| Vorkommen (S. 1696), Darstellung (S. 1696), Physikalische Eigenschaften (S. 1696), Chemische Eigenschaften (S. 1697), Verwendung, Legierungen (S. 1697), Rhodium und Iridium in Verbindungen (S. 1697), Vergleichende Betrachtungen (S. 1698)          |        |

|  |  |        |
|--|--|--------|
| <b>2.2</b>   | Verbindungen des Rhodiums und Iridiums . . . . .   | 1698   |
| 2.2.1  | Wasserstoffverbindungen . . . . .  | 1698   |
| 2.2.2  | Halogen- und Pseudohalogenverbindungen . . . . .   | 1699   |
| 2.2.3  | Chalkogenverbindungen . . . . .  | 1702   |
| 2.2.4  | Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen . . . . .  | 1704   |
| 2.2.5  | Rhodium- und Iridiumkomplexe . . . . .   | 1704   |
| 2.2.6  | Organische Verbindungen des Rhodiums und Iridiums . . . . .  | 1706 • |
|  | Rhodium- und Iridiumorganyle (S. 1706•), Katalytische Prozesse unter Beteiligung von Rh-Organylen (S. 1706•)   |        |
| <b>Kapitel XXXI Die Nickelgruppe . . . . .</b>   |  | 1709   |
| <b>1</b>   | <b>Das Nickel . . . . .</b>  | 1709   |
| <b>1.1</b>   | <b>Das Element Nickel . . . . .</b>  | 1709   |
|  | Vorkommen (S. 1709), Darstellung (S. 1710), Physikalische Eigenschaften (S. 1710), Chemische Eigenschaften (S. 1710), Verwendung, Legierungen, Nickel-Batterien (S. 1711), Nickel in Verbindungen (S. 1711)  |        |
| <b>1.2</b>   | <b>Verbindungen des Nickels . . . . .</b>  | 1712   |
| 1.2.1  | Nickel(II)- und Nickel(III)-Verbindungen ( $d^8$ , $d^7$ ) . . . . .   | 1712   |
|  | Wasserstoffverbindungen (S. 1712), Halogen- und Pseudohalogenverbindungen (S. 1713), Chalkogenverbindungen (S. 1714), Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen (S. 1716), Nickel(II)- und Nickel(III)-Komplexe (S. 1717), Nickel in der Biosphäre (S. 1720) |        |
| 1.2.2  | Nickel(IV)-Verbindungen ( $d^6$ ) . . . . .  | 1720   |
| 1.2.3  | Organische Verbindungen des Nickels . . . . .  | 1720 • |
|  | Nickelorganyle (S. 1720•), Katalytische Prozesse unter Beteiligung von Ni-organylen (S. 1720•)   |        |
| <b>2</b>   | <b>Das Palladium und Platin . . . . .</b>  | 1722   |
| <b>2.1</b>   | <b>Die Elemente Palladium und Platin . . . . .</b>   | 1722   |
|  | Vorkommen (S. 1722), Darstellung (S. 1722), Physikalische Eigenschaften (S. 1724), Chemische Eigenschaften (S. 1724), Verwendung, Legierungen (S. 1724), Palladium und Platin in Verbindungen (S. 1725), Vergleichende Betrachtungen (S. 1725)         |        |
| <b>2.2</b>   | <b>Verbindungen des Palladiums und Platins . . . . .</b>   | 1726   |
| 2.2.1  | Wasserstoffverbindungen . . . . .  | 1726   |
| 2.2.2  | Halogen- und Pseudohalogenverbindungen . . . . .   | 1726   |
| 2.2.3  | Chalkogenverbindungen . . . . .  | 1732   |
| 2.2.4  | Pentel-, Tetrel-, Trielverbindungen . . . . .  | 1735   |
| 2.2.5  | Palladium- und Platinkomplexe . . . . .  | 1735   |
| 2.2.6  | Organische Verbindungen des Palladiums und Platins . . . . .   | 1739 • |
|  | Palladium- und Platinorganyle (S. 1739•), Katalytische Prozesse unter Beteiligung von Pd-organylen (S. 1741•)  |        |
| <b>Kapitel XXXII Überblick über wichtige Verbindungsklassen der Übergangsmetalle . . . . .</b> |  | 1744   |
| <b>1</b>   | <b>Einige Klassen anorganischer Übergangsmetallverbindungen . . . . .</b>  | 1744   |
| <b>1.1</b>   | <b>Wasserstoffverbindungen . . . . .</b>   | 1744   |
| 1.1.1  | Übergangsmetallhydride . . . . .   | 1745   |
| 1.1.2  | Diwasserstoffkomplexe der Übergangsmetalle . . . . .   | 1748   |
| <b>1.2</b>   | <b>Halogen- und Pseudohalogenverbindungen . . . . .</b>  | 1750   |
| 1.2.1  | Übergangsmetallhalogenide . . . . .  | 1750   |
|  | Struktur- und Bindungsverhältnisse (S. 1751), Darstellung und Eigenschaften (S. 1755)  |        |
| 1.2.2  | Metallcluster-Komplexe vom Halogenid-Typ . . . . .   | 1756   |
| 1.2.3  | Übergangsmetallcyanide . . . . .   | 1759   |

|            |   |               |
|------------|---|---------------|
| 1.2.4      | Übergangsmetallazide . . . . .  | 1761          |
| 1.3        | Sauerstoffverbindungen. Nichtstöchiometrie . . . . .  | 1762          |
| 1.3.1      | Übergangsmetallocide, Nichtstöchiometrie . . . . .  | 1762          |
| 1.3.2      | Disauerstoffkomplexe der Übergangsmetalle . . . . .   | 1766          |
| 1.4        | Stickstoffverbindungen . . . . .  | 1771          |
| 1.4.1      | Übergangsmetallnitride . . . . .  | 1771          |
| 1.4.2      | Distickstoffkomplexe der Übergangsmetalle . . . . .   | 1775          |
| <b>2</b>   | <b>Metalcarbonyle und verwandte Komplexe . . . . .</b>  | <b>1780 •</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Die Metalcarbonyle . . . . .</b>   | <b>1780 •</b> |
| 2.1.1      | Grundlagen, Metallcluster-Komplexe vom Carbonyl-Typ . . . . .   | 1780 •        |
|            | Überblick (S. 1780•), Strukturverhältnisse (S. 1781•), Bindungsverhältnisse (S. 1787•)  |               |
| 2.1.2      | Darstellung . . . . .   | 1789 •        |
| 2.1.3      | Eigenschaften. Die Metalltrifluorophosphane und -carbonylhalogenide . . . . .   | 1791 •        |
| 2.1.4      | Verwendung . . . . .  | 1798 •        |
| <b>2.2</b> | <b>Die Metallcarbonyl-Anionen, -Hydride und -Kationen . . . . .</b>   | <b>1799 •</b> |
| 2.2.1      | Metalcarbonyl-Anionen . . . . .   | 1799 •        |
| 2.2.2      | Metalcarbonylwasserstoffe . . . . .   | 1804 •        |
| 2.2.3      | Metalcarbonyl-Kationen . . . . .  | 1809 •        |
| <b>2.3</b> | <b>Die Verwandten der Metalcarbonyle . . . . .</b>  | <b>1812 •</b> |
| 2.3.1      | Thio-, Seleno- und Tellurocarbonyl-Komplexe . . . . .   | 1812 •        |
| 2.3.2      | Isocyanido- (Isonitril-) Komplexe . . . . .   | 1813 •        |
| 2.3.3      | Nitrosyl-Komplexe . . . . .   | 1816 •        |
|            | Grundlagen (S. 1816•), Darstellung (S. 1820•), Eigenschaften (S. 1821•)   |               |
| <b>3</b>   | <b>Einige Klassen organischer Übergangsmetallverbindungen . . . . .</b>   | <b>1823 •</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Organische <math>\eta</math>-Komplexe der Übergangsmetalle . . . . .</b>   | <b>1823 •</b> |
| 3.1.1      | Metallorganyle . . . . .  | 1824 •        |
| 3.1.2      | Alkylidenmetallkomplexe (Carbenkomplexe) . . . . .  | 1829 •        |
| 3.1.3      | Alkylidinmetallkomplexe (Carbinkomplexe) . . . . .  | 1832 •        |
| <b>3.2</b> | <b>Organische <math>\sigma</math>-Komplexe der Übergangsmetalle . . . . .</b>   | <b>1833 •</b> |
| 3.2.1      | $\sigma$ -Metallkomplexe der Alkane . . . . .   | 1833 •        |
|            | $\sigma$ -CH-Metallkomplexe (S. 1833•), $\sigma$ -CC-Metallkomplexe (S. 1835•)  |               |
| 3.2.2      | $\sigma$ -Metallkomplexe der Silane und anderer Hydride . . . . .   | 1836 •        |
| <b>3.3</b> | <b>Organische <math>\pi</math>-Komplexe der Übergangsmetalle . . . . .</b>  | <b>1837 •</b> |
| 3.3.1      | Alkenmetallkomplexe (Olefinkomplexe) . . . . .  | 1838 •        |
|            | Metallkomplexe mit Ethylen und seinen Derivaten (S. 1838•), Metallkomplexe mit Butadien und seinen Derivaten (S. 1842•), Metallkomplexe mit Allyl und seinen Derivaten (S. 1844•)   |               |
| 3.3.2      | Alkinmetallkomplexe (Acetylenkomplexe) . . . . .  | 1847 •        |
| 3.3.3      | Cyclopentadienyl-Metallkomplexe und Derivate . . . . .  | 1850 •        |
|            | Homoleptische Cyclopentadienyl-Metallkomplexe und Derivate (S. 1850•), Heteroleptische Cyclopentadienyl-Metallkomplexe und Derivate (S. 1857•), Arenanellierte und heteroatomsubstituierte Cyclopentadienyl-Metallkomplexe (S. 1862•) |               |
| 3.3.4      | Benzol-Metallkomplexe und Derivate . . . . .  | 1863 •        |
|            | Sandwichkomplexe des Benzols und seiner Derivate (S. 1863•), Halbsandwichkomplexe des Benzols und seiner Derivate (S. 1867•)  |               |
| 3.3.5      | Cyclopropenyl-, Cyclobutadien-, Cycloheptatrienyl- und Cyclooctatetraen-Metallkomplexe und Derivate . . . . .   | 1868 •        |
| <b>3.4</b> | <b>Katalytische Prozesse unter Beteiligung von Metallorganylen . . . . .</b>  | <b>1872 •</b> |

|  |      |
|--|------|
| <b>Teil D Lanthanoide, Actinoide, Transactinoide</b> .....   | 1875 |
| <b>Kapitel XXXIII Lanthanoide und Actinoide (Innere Übergangsmetalle)</b> .....  | 1877 |
| 1 Periodensystem (Teil IV) der Lanthanoide und Actinoide .....   | 1877 |
| 1.1 Elektronenkonfiguration der Lanthanoide und Actinoide .....  | 1877 |
| 1.2 Einordnung der Lanthanoide und Actinoide in das Periodensystem .....   | 1878 |
| 2 Trends einiger Eigenschaften der Lanthanoide und Actinoide .....   | 1879 |
| <b>Kapitel XXXIV Grundlagen der Kernchemie</b> .....   | 1882 |
| 1 Die natürliche Elementumwandlung .....   | 1882 |
| 1.1 Natürlicher radioaktiver Zerfall .....   | 1883 |
| 1.1.1 Der $\alpha$ - sowie $\beta$ -Zerfall .....  | 1883 |
| Verschiebungssatz (S. 1883), Zerfallsreihen (S. 1884), Natürliche Radionuklide (S. 1886)   |      |
| 1.1.2 Asymmetrische und superasymmetrische Kernspaltung .....  | 1887 |
| 1.2 Energie des radioaktiven Zerfalls .....  | 1887 |
| 1.2.1 Energieinhalt und -art der radioaktiven Strahlung .....  | 1887 |
| Energieverhältnisse des $\alpha$ -Zerfalls (S. 1888), Energieverhältnisse des $\beta$ -Zerfalls (S. 1888)  |      |
| 1.2.2 Strahlungswechselwirkung mit Materie .....   | 1889 |
| Strahlungsenergieabgabe an Materie (S. 1889), Strahlungsenergieaufnahme von Materie (S. 1890)  |      |
| 1.2.3 Radioaktiver Energieumsatz .....   | 1892 |
| Massenverlust durch Strahlung (S. 1892), Kernbindungsenergie (S. 1893)   |      |
| 1.3 Geschwindigkeit des radioaktiven Zerfalls .....  | 1894 |
| 1.3.1 Zerfallskonstante, Halbwertszeit, Aktivität .....  | 1894 |
| 1.3.2 Radioaktives Gleichgewicht .....   | 1896 |
| 1.4 Mechanismus des radioaktiven Zerfalls .....  | 1897 |
| Struktur der Atomkerne (S. 1897), Spaltung und Aufbau der Atomkerne (S. 1899)  |      |
| 2 Die künstliche Elementumwandlung .....   | 1900 |
| 2.1 Die Kern-Einzelreaktion .....  | 1901 |
| 2.1.1 Die einfache Kernreaktion .....  | 1905 |
| Methoden der Kernumwandlung (S. 1905), Kernumwandlung mit Heliumkernen (S. 1905), Kernumwandlung mit Wasserstoffkernen (S. 1907), Kernumwandlung mit Neutronen (S. 1909), Kernumwandlung mit schweren Atomkernen (S. 1911), Kernumwandlung mit $\gamma$ -Strahlen (S. 1911), Künstliche Radionuklide (S. 1912) |      |
| 2.1.2 Die Kernzersplitterung .....   | 1915 |
| 2.1.3 Die Kernspaltung .....   | 1915 |
| 2.1.4 Die Kernverschmelzung. Evolution des Universums .....  | 1917 |
| 2.2 Die Kern-Kettenreaktion .....  | 1922 |
| 2.2.1 Die gesteuerte Kern-Kettenreaktion .....   | 1922 |
| 2.2.2 Die ungesteuerte Kern-Kettenreaktion .....   | 1926 |
| <b>Kapitel XXXV Die Lanthanoide</b> .....  | 1928 |
| 1 Vorkommen .....  | 1929 |
| 2 Gewinnung .....  | 1931 |
| Trennung der dreiwertigen Lanthanoide (S. 1931), Trennung der Lanthanoide durch Wertigkeitsänderung (S. 1933), Gewinnung der elementaren Lanthanoide (S. 1933)   |      |
| 3 Physikalische Eigenschaften .....  | 1934 |
| 4 Chemische Eigenschaften .....  | 1938 |
| 5 Verbindungen der Lanthanoide .....   | 1940 |

|  |   |        |
|--|---|--------|
| <b>5.1</b>   | Anorganische Verbindungen der Lanthanoide . . . . .   | 1940   |
|  | Wasserstoffverbindungen (S. 1940), Halogenverbindungen (S. 1941), Sauerstoffverbindungen (S. 1942), Sonstige binäre Verbindungen (S. 1944), Salze (S. 1944), Komplexe (S. 1944) |        |
| <b>5.2</b>   | Organische Verbindungen der Lanthanoide . . . . .   | 1945 • |
| <b>Kapitel XXXVI Die Actinoide</b> . . . . .                                 |   | 1948   |
| <b>1</b>   | Vorkommen . . . . .   | 1949   |
| <b>2</b>   | Gewinnung . . . . .   | 1950   |
| <b>2.1</b>   | Gewinnung von Thorium, Protactinium und Uran . . . . .  | 1950   |
| <b>2.2</b>   | Gewinnung der Transurane . . . . .  | 1951   |
|  | Erzeugung der Transurane (S. 1951), Trennung der Transurane (S. 1954), Gewinnung der elementaren Transurane (S. 1955)   |        |
| <b>3</b>   | Physikalische Eigenschaften . . . . .   | 1955   |
| <b>4</b>   | Chemische Eigenschaften . . . . .   | 1957   |
| <b>5</b>   | Radiochemische Eigenschaften . . . . .  | 1965   |
| <b>6</b>   | Verbindungen der Actinoide . . . . .  | 1968   |
| <b>6.1</b>   | Anorganische Verbindungen der Actinoide . . . . .   | 1968   |
|  | Wasserstoffverbindungen (S. 1968), Halogenverbindungen (S. 1968), Sauerstoffverbindungen (S. 1971), Sonstige binäre Verbindungen (S. 1973), Salze (S. 1973), Komplexe (S. 1974) |        |
| <b>6.2</b>   | Organische Verbindungen der Actinoide . . . . .   | 1975 • |
| <b>Kapitel XXXVII Die Transactinoide („Superschwere Elemente“)</b> . . . . . |   | 1977   |
| <b>1</b>   | Erzeugung und Radiochemie der Transactinoide . . . . .  | 1978   |
|  | Allgemeines zur Gewinnung und zum Nachweis der Transactinoide (S. 1978), Spezielles zur Gewinnung und zum Nachweis der Tranactinoide (S. 1979)                                  |        |
| <b>2</b>   | Eigenschaften der Transactinoide . . . . .  | 1982   |
| <b>2.1</b>   | Physikalische Eigenschaften . . . . .   | 1982   |
| <b>2.2</b>   | Chemische Eigenschaften . . . . .   | 1986   |
| <b>Schlusswort</b> . . . . .   |   | 1988   |
|  | Die gegenseitige Umwandlung von Masse und Energie . . . . .   | 1988   |
| <b>Teil E Anhang</b> . . . . .   |   | 1991   |
| <b>I</b>   | Zahlentabellen . . . . .  | 1993   |
| <b>II</b>  | SI-Einheiten . . . . .  | 1995   |
| <b>III</b>   | Natürliche Nuklide . . . . .  | 1999   |
| <b>IV</b>  | Radien von Atomen und Ionen . . . . .   | 2002   |
| <b>V</b>   | Bindungslängen (ber.) zwischen Hauptgruppenelementen . . . . .  | 2006   |
| <b>VI</b>  | Normalpotentiale . . . . .  | 2007   |
| <b>VII</b>   | Nobelpreise für Chemie und Physik . . . . .   | 2011   |
| <b>VIII</b>  | Nomenklatur der Anorganischen Chemie . . . . .  | 2017   |
| <b>Personenregister</b> . . . . .  |   | 2033   |
| <b>Sachregister</b> . . . . .  |   | 2049   |

**Tafeln**

(Tafel I siehe vorderer, Tafel VI siehe hinterer Buchdeckel)

|     |   |      |
|-----|---|------|
| I   | Langperiodensystem                              | 2144 |
| II  | Elemente  | 2144 |
| III | Hauptgruppenelemente                            | 2146 |
| IV  | Nebengruppenelemente                            | 2148 |
| V   | Lanthan und Lanthanoide, Actinium und Actinoide | 2149 |
| VI  | Kombiniertes Periodensystem                     |      |