

Chemie

Das Basiswissen der Chemie

Charles E. Mortimer

Ulrich Müller

13., vollständig überarbeitete Auflage

408 Abbildungen
551 Formelbilder

Georg Thieme Verlag
Stuttgart • New York

Inhaltsverzeichnis

| | | | | | |
|----------|--|-----------|----------|--|------------|
| 1 | Einleitung | 19 | 5.4 | Reaktionsenergie und Reaktionsenthalpie . . | 62 |
| 1.1 | Historische Entwicklung der Chemie | 20 | 5.5 | Der Satz von Hess | 64 |
| 1.2 | Elemente, Verbindungen, Gemische | 23 | 5.6 | Bildungsenthalpien | 65 |
| 1.3 | Stofftrennung | 25 | 5.7 | Bindungsenergien | 68 |
| 1.4 | Maßeinheiten | 28 | | Übungsaufgaben | 70 |
| 1.5 | Genauigkeit und signifikante Stellen | 29 | 6 | Die Elektronenstruktur der Atome | 72 |
| 1.6 | Mittelwert und Standardabweichung | 30 | 6.1 | Elektromagnetische Strahlung | 73 |
| | Übungsaufgaben | 31 | 6.2 | Atomspetren | 74 |
| 2 | Einführung in die Atomtheorie . . . | 32 | 6.3 | Ordnungszahl und das Periodensystem der Elemente | 77 |
| 2.1 | Die Dalton-Atomtheorie | 32 | 6.4 | Wellenmechanik | 81 |
| 2.2 | Das Elektron | 33 | 6.5 | Quantenzahlen | 85 |
| 2.3 | Das Proton | 34 | 6.6 | Orbitalbesetzung und die Hund-Regel | 89 |
| 2.4 | Das Neutron | 35 | 6.7 | Die Elektronenstruktur der Elemente | 92 |
| 2.5 | Aufbau der Atome | 35 | 6.8 | Halb- und vollbesetzte Unterschalen | 94 |
| 2.6 | Atomsymbole | 37 | 6.9 | Einteilung der Elemente | 97 |
| 2.7 | Isotope | 37 | | Übungsaufgaben | 98 |
| 2.8 | Atommassen | 38 | 7 | Eigenschaften der Atome und die Ionenbindung | 100 |
| | Übungsaufgaben | 40 | 7.1 | Atomgröße | 101 |
| 3 | Stöchiometrie Teil I: Chemische Formeln | 41 | 7.2 | Ionisierungsenergien | 103 |
| 3.1 | Moleküle und Ionen | 41 | 7.3 | Elektronenaffinitäten | 105 |
| 3.2 | Empirische Formeln | 43 | 7.4 | Die Ionenbindung | 107 |
| 3.3 | Das Mol | 43 | 7.5 | Gitterenergie | 108 |
| 3.4 | Prozentuale Zusammensetzung von Verbindungen | 45 | 7.6 | Arten von Ionen | 110 |
| 3.5 | Ermittlung chemischer Formeln | 46 | 7.7 | Ionenradien | 112 |
| | Übungsaufgaben | 47 | 7.8 | Nomenklatur von Ionenverbindungen | 114 |
| 4 | Stöchiometrie Teil II: Chemische Reaktionsgleichungen | 50 | | Übungsaufgaben | 115 |
| 4.1 | Chemische Reaktionsgleichungen | 50 | 8 | Die kovalente Bindung | 117 |
| 4.2 | Begrenzende Reaktanden | 53 | 8.1 | Konzept der kovalenten Bindung | 117 |
| 4.3 | Ausbeute bei chemischen Reaktionen | 54 | 8.2 | Übergänge zwischen Ionenbindung und kovalenter Bindung | 119 |
| 4.4 | Konzentration von Lösungen | 54 | 8.3 | Elektronegativität | 121 |
| | Übungsaufgaben | 56 | 8.4 | Formalladungen | 123 |
| 5 | Energieumsatz bei chemischen Reaktionen | 59 | 8.5 | Mesomerie (Resonanz) | 125 |
| 5.1 | Energiemaße | 60 | 8.6 | Nomenklatur von binären Molekülverbindungen | 127 |
| 5.2 | Temperatur und Wärme | 60 | | Übungsaufgaben | 127 |
| 5.3 | Kalorimetrie | 61 | | | |

| | | | | | |
|-----------|--|-----|-----------|---|-----|
| 9 | Molekülstruktur, Molekülorbitale | 129 | 12.3 | Kristallstrukturen von Metallen | 188 |
| 9.1 | Ausnahmen zur Oktettregel | 130 | 12.4 | Ionenkristalle | 191 |
| 9.2 | Elektronenpaar-Abstoßung und Molekülstruktur | 130 | 12.5 | Defektstrukturen | 194 |
| 9.3 | Hybridorbitale | 135 | 12.6 | Flüssigkristalle | 195 |
| 9.4 | Molekülorbitale | 137 | 12.7 | Nanostrukturen | 195 |
| 9.5 | Molekülorbitale in mehratomigen Molekülen | 141 | | Übungsaufgaben | 198 |
| 9.6 | Delokalisierte Bindungen | 142 | 13 | Strukturaufklärung | 199 |
| 9.7 | Stark polare kovalente Bindungen | 146 | 13.1 | Röntgenbeugung | 199 |
| 9.8 | Hypervalente Atome | 146 | 13.2 | Kernmagnetische Resonanz-Spektroskopie | 204 |
| 9.9 | Die Bindung in Metallen | 148 | | Übungsaufgaben | 207 |
| 9.10 | Halbleiter | 151 | 14 | Lösungen | 209 |
| | Übungsaufgaben | 151 | 14.1 | Allgemeine Betrachtungen | 210 |
| 10 | Gase | 153 | 14.2 | Der Auflösungsprozess | 211 |
| 10.1 | Druck | 154 | 14.3 | Hydratisierte Ionen | 212 |
| 10.2 | Das Avogadro-Cesetz | 155 | 14.4 | Lösungsenthalpie | 213 |
| 10.3 | Das ideale Gasgesetz | 156 | 14.5 | Abhängigkeit der Löslichkeit von Druck und Temperatur | 214 |
| 10.4 | Stöchiometrie und Casvolumina | 158 | 14.6 | Konzentration von Lösungen | 215 |
| 10.5 | Die kinetische Gastheorie | 160 | 14.7 | Dampfdruck von Lösungen | 218 |
| 10.6 | Das Dalton-Gesetz der Partialdrücke | 161 | 14.8 | Gefrierpunkt und Siedepunkt von Lösungen | 219 |
| 10.7 | Molekülgeschwindigkeiten in Gasen | 163 | 14.9 | Osmose | 221 |
| 10.8 | Das Graham-Effusionsgesetz | 164 | 14.10 | Destillation | 224 |
| 10.9 | Reale Gase | 165 | 14.11 | Elektrolyt-Lösungen | 225 |
| 10.10 | Verflüssigung von Gasen | 167 | 14.12 | Interionische Wechselwirkungen in Lösungen | 226 |
| | Übungsaufgaben | 168 | 14.13 | Kolloide Lösungen und Gele | 227 |
| 11 | Flüssigkeiten | 171 | 14.14 | Tenside und Mizellen | 227 |
| 11.1 | Intermolekulare Anziehungskräfte | 172 | 14.15 | Ionische Flüssigkeiten | 229 |
| 11.2 | Wasserstoff-Brücken | 174 | | Übungsaufgaben | 229 |
| 11.3 | Der flüssige Zustand | 175 | 15 | Reaktionen in wässriger Lösung | 232 |
| 11.4 | Verdampfung | 176 | 15.1 | Metathese-Reaktionen | 232 |
| 11.5 | Dampfdruck | 177 | 15.2 | Oxidationszahlen | 235 |
| 11.6 | Siedepunkt | 178 | 15.3 | Reduktions-Oxidations-Reaktionen | 237 |
| 11.7 | Verdampfungsenthalpie | 178 | 15.4 | Arrhenius-Säuren und -Basen | 240 |
| 11.8 | Gefrierpunkt und Schmelzpunkt | 179 | 15.5 | Saure und basische Oxide | 242 |
| 11.9 | Dampfdruck von Festkörpern | 180 | 15.6 | Nomenklatur von Säuren, Hydroxiden und Salzen | 243 |
| 11.10 | Phasendiagramme | 180 | 15.7 | Volumetrische Analyse | 245 |
| | Übungsaufgaben | 182 | 15.8 | Äquivalentmasse und Äquivalentkonzentration | 247 |
| 12 | Feststoffe | 183 | | Übungsaufgaben | 249 |
| 12.1 | Arten von kristallinen Feststoffen | 184 | | | |
| 12.2 | Kristallstruktur und Symmetrie | 185 | | | |

| | | | | | |
|-----------|---|-----|-----------|---|-----|
| 16 | Reaktionskinetik | 251 | 20 | Löslichkeitsprodukt und Komplex-Gleichgewichte | 315 |
| 16.1 | Reaktionsgeschwindigkeit | 252 | 20.1 | Das Löslichkeitsprodukt | 315 |
| 16.2 | Konzentrationsabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit | 253 | 20.2 | Fällungsreaktionen | 317 |
| 16.3 | Zeitabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit | 254 | 20.3 | Fällung von Sulfiden | 320 |
| 16.4 | Einstufige Reaktionen | 258 | 20.4 | Komplex-Gleichgewichte | 321 |
| 16.5 | Geschwindigkeitsgesetze für einstufige Reaktionen | 261 | | Übungsaufgaben | 324 |
| 16.6 | Reaktionsmechanismen | 262 | 21 | Grundlagen der chemischen Thermodynamik | 326 |
| 16.7 | Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit | 264 | 21.1 | Der erste Hauptsatz der Thermodynamik . . | 327 |
| 16.8 | Katalyse | 265 | 21.2 | Enthalpie | 328 |
| | Übungsaufgaben | 268 | 21.3 | Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik . | 329 |
| 17 | Das chemische Gleichgewicht | 271 | 21.4 | Die freie Enthalpie | 331 |
| 17.1 | Reversible Reaktionen und chemisches Gleichgewicht | 272 | 21.5 | Freie Standard-Enthalpien | 333 |
| 17.2 | Die Gleichgewichtskonstante K_c | 273 | 21.6 | Absolute Entropien | 333 |
| 17.3 | Die Gleichgewichtskonstante K_p | 276 | 21.7 | Gleichgewicht und freie Reaktionsenthalpie | 335 |
| 17.4 | Das Prinzip des kleinsten Zwanges | 278 | 21.8 | Temperaturabhängigkeit von Gleichgewichtskonstanten | 337 |
| | Übungsaufgaben | 279 | | Übungsaufgaben | 338 |
| 18 | Säuren und Basen | 282 | 22 | Elektrochemie | 340 |
| 18.1 | Das Arrhenius-Konzept | 283 | 22.1 | Elektrischer Strom | 341 |
| 18.2 | Das Bronsted-Lowry-Konzept | 283 | 22.2 | Elektrolytische Leitung | 342 |
| 18.3 | Die Stärke von Bronsted-Säuren und-Basen | 284 | 22.3 | Elektrolyse | 343 |
| 18.4 | Säurestärke und Molekülstruktur | 285 | 22.4 | Stöchiometrische Gesetze bei der Elektrolyse | 344 |
| 18.5 | Das Lewis-Konzept | 288 | 22.5 | Galvanische Zellen | 346 |
| 18.6 | Lösungsmittelbezogene Säuren und Basen . | 290 | 22.6 | Die elektromotorische Kraft | 347 |
| | Übungsaufgaben | 291 | 22.7 | Elektrodenpotenziale | 348 |
| 19 | Säure-Base-Gleichgewichte | 293 | 22.8 | Freie Reaktionsenthalpie und elektromotorische Kraft | 352 |
| 19.1 | Das Ionenprodukt des Wassers. pH-Wert | 294 | 22.9 | Konzentrationsabhängigkeit des Potentials . | 354 |
| 19.2 | Schwache Elektrolyte | 295 | 22.10 | Potentiometrische Titration | 358 |
| 19.3 | Indikatoren | 300 | 22.11 | Elektrodenpotenziale und Elektrolyse | 358 |
| 19.4 | Pufferlösungen | 301 | 22.12 | Korrosion und Korrosionsschutz | 359 |
| 19.5 | Mehrprotonige Säuren | 304 | 22.13 | Elektrochemische Herstellung von nanostrukturierten Materialien | 360 |
| 19.6 | Salze schwacher Säuren und Basen | 307 | 22.14 | Galvanische Zellen für den praktischen Gebrauch | 361 |
| 19.7 | Säure-Base-Titrationen | 309 | 22.15 | Brennstoffzellen | 363 |
| 19.8 | Erweiterung des Säure-Base-Konzepts auf Festkörper | 311 | | Übungsaufgaben | 364 |
| | Übungsaufgaben | 313 | | | |

| | | | | | |
|-----------|---|------------|-----------|---|------------|
| 23 | Wasserstoff | 367 | 27 | Die Elemente der 5. Hauptgruppe (Gruppe 15) | 406 |
| 23.1 | Vorkommen und physikalische Eigenschaften | 367 | 27.1 | Allgemeine Eigenschaften | 407 |
| 23.2 | Herstellung von Wasserstoff | 368 | 27.2 | Die Elementstrukturen von Phosphor, Arsen, Antimon und Bismut | 408 |
| 23.3 | Chemische Eigenschaften des Wasserstoffs | 370 | 27.3 | Der Stickstoffzyklus | 409 |
| 23.4 | Technische Verwendung von Wasserstoff Übungsaufgaben | 372 372 | 27.4 | Vorkommen und Herstellung der Elemente der 5. Hauptgruppe | 410 |
| 24 | Halogene | 373 | 27.5 | Nitride und Phosphide | 411 |
| 24.1 | Eigenschaften der Halogene | 373 | 27.6 | Wasserstoff-Verbindungen | 412 |
| 24.2 | Vorkommen und Herstellung der Halogene | 375 | 27.7 | Halogen-Verbindungen | 414 |
| 24.3 | Interhalogen-Verbindungen | 377 | 27.8 | Oxide und Oxosäuren des Stickstoffs | 415 |
| 24.4 | Halogenwasserstoffe | 379 | 27.9 | Luftverschmutzung | 418 |
| 24.5 | Halogenide | 380 | 27.10 | Oxide und Oxosäuren des Phosphors | 422 |
| 24.6 | Oxosäuren der Halogene | 381 | 27.11 | Oxide und Oxosäuren von Arsen, Antimon und Bismut | 424 |
| 24.7 | Verwendung der Halogene Übungsaufgaben | 385 386 | 27.12 | Verwendung der Elemente der 5. Hauptgruppe Übungsaufgaben | 425 426 |
| 25 | Die Edelgase | 387 | 28 | Kohlenstoff, Silicium und Bor | 427 |
| 25.1 | Vorkommen und Gewinnung der Edelgase | 387 | 28.1 | Allgemeine Eigenschaften der Elemente der 4. Hauptgruppe | 428 |
| 25.2 | Eigenschaften der Edelgase | 388 | 28.2 | Die Strukturen der Elemente der 4. Hauptgruppe | 430 |
| 25.3 | Verwendung der Edelgase | 389 | 28.3 | Vorkommen, Gewinnung und Verwendung von Kohlenstoff und Silicium | 432 |
| 26 | Die Elemente der 6. Hauptgruppe (Gruppe 16) | 390 | 28.4 | Carbide, Silicide und Silane | 434 |
| 26.1 | Allgemeine Eigenschaften der Chalkogene | 391 | 28.5 | Oxide und Oxosäuren des Kohlenstoffs.... | 436 |
| 26.2 | Vorkommen und Gewinnung von Sauerstoff | 392 | 28.6 | Siliciumdioxid und Silicate | 437 |
| 26.3 | Reaktionen des Sauerstoffs | 392 | 28.7 | Schwefel- und Stickstoff-Verbindungen des Kohlenstoffs | 440 |
| 26.4 | Verwendung von Sauerstoff | 395 | 28.8 | Allgemeine Eigenschaften der Elemente der 3. Hauptgruppe (Gruppe 13) | 440 |
| 26.5 | Ozon | 395 | 28.9 | Elementares Bor | 441 |
| 26.6 | Schwefel, Selen und Tellur | 396 | 28.10 | Bor-Verbindungen | 442 |
| 26.7 | Vorkommen und Gewinnung von Schwefel, Selen und Tellur | 397 | 28.11 | Borane (Borhydride) Übungsaufgaben | 443 444 |
| 26.8 | Wasserstoff-Verbindungen von Schwefel, Selen und Tellur | 398 | 29 | Metalle | 446 |
| 26.9 | Schwefel-, Selen- und Tellur-Verbindungen in der Oxidationsstufe +IV | 399 | 29.1 | Physikalische Eigenschaften von Metallen | 447 |
| 26.10 | Schwefel-, Selen- und Tellur-Verbindungen in der Oxidationsstufe +VI | 401 | 29.2 | Vorkommen von Metallen | 449 |
| 26.11 | Verwendung von Schwefel, Selen und Tellur Übungsaufgaben | 404 404 | 29.3 | Metallurgie: Aufbereitung von Erzen | 450 |
| | | | 29.4 | Metallurgie: Reduktion | 452 |
| | | | 29.5 | Metallurgie: Raffination | 457 |
| | | | 29.6 | Metallurgie: Wiederaufbereitung | 458 |

| | | | | |
|-----------|---|-----|--|-----|
| 29.7 | Die Alkalimetalle | 459 | 33 Stereochemie, Polymerchemie und supramolekulare Chemie | 544 |
| 29.8 | Die Erdalkalimetalle | 462 | 33.1 Stereochemie organischer Verbindungen | 544 |
| 29.9 | Die Metalle der 3. Hauptgruppe | 465 | 33.2 Racemat-Trennung und Synthese chiraler Moleküle | 548 |
| 29.10 | Die Metalle der 4. Hauptgruppe | 468 | 33.3 Polymerchemie | 549 |
| 29.11 | Die Übergangsmetalle | 470 | 33.4 Supramolekulare Chemie | 556 |
| 29.12 | Die Lanthanoide | 475 | Übungsaufgaben | 558 |
| | Übungsaufgaben | 477 | | |
| 30 | Komplex-Verbindungen | 479 | 34 Naturstoffe und Biochemie | 560 |
| 30.1 | Struktur von Komplex-Verbindungen | 480 | 34.1 Terpene | 562 |
| 30.2 | Stabilität von Komplexen | 484 | 34.2 Kohlenhydrate | 563 |
| 30.3 | Nomenklatur von Komplexen | 485 | 34.3 Fette, Öle und Wachse | 567 |
| 30.4 | Isomerie | 485 | 34.4 Botenstoffe, Hormone und Vitamine | 569 |
| 30.5 | Die Bindungsverhältnisse in Komplexen | 487 | 34.5 Natürliche Farbstoffe | 572 |
| | Übungsaufgaben | 495 | 34.6 Proteine | 575 |
| 31 | Organische Chemie Teil I: Kohlenwasserstoffe | 497 | 34.7 Nucleinsäuren | 579 |
| 31.1 | Alkane | 498 | 34.8 Proteinsynthese | 581 |
| 31.2 | Alkene | 504 | 34.9 Gentechnik | 584 |
| 31.3 | Alkine | 505 | 34.10 Enzyme und Coenzyme | 588 |
| 31.4 | Arene | 506 | 34.11 Schlussbemerkung: Biochemie und Chemie | 591 |
| 31.5 | Reaktionen der Kohlenwasserstoffe. Radikalische Substitution. Addition | 507 | Übungsaufgaben | 592 |
| 31.6 | Cycloaddition und die Bedeutung der Orbitalsymmetrie für chemische Reaktionen | 510 | 35 Kernchemie | 593 |
| 31.7 | Reaktionen von Arenen. Elektrophile Substitution | 510 | 35.1 Der Atomkern | 594 |
| | Übungsaufgaben | 514 | 35.2 Kernreaktionen | 595 |
| 32 | Organische Chemie Teil II: Funktionelle Gruppen | 515 | 35.3 Radioaktivität | 596 |
| 32.1 | Halogenalkane. Nucleophile Substitution. Eliminierungsreaktionen | 516 | 35.4 Messung der Radioaktivität | 599 |
| 32.2 | Metallorganische Verbindungen | 519 | 35.5 Die radioaktive Zerfallsgeschwindigkeit | 600 |
| 32.3 | Alkohole, Phenole und Thiole | 520 | 35.6 Biologische Effekte der Radioaktivität | 603 |
| 32.4 | Ether | 523 | 35.7 Radioaktive Zerfallsreihen | 605 |
| 32.5 | Carbonyl-Verbindungen | 524 | 35.8 Künstliche Kernumwandlungen | 607 |
| 32.6 | Carbonsäuren und ihre Derivate | 529 | 35.9 Kernspaltung | 609 |
| 32.7 | Amine und Carbonsäureamide | 536 | 35.10 Kernfusion | 613 |
| 32.8 | Aminosäuren und Peptide | 539 | 35.11 Verwendung von radioaktiven Nucliden | 614 |
| 32.9 | Azo- und Diazo-Verbindungen | 540 | Übungsaufgaben | 617 |
| 32.10 | Heterocyclische Verbindungen | 541 | 36 Umgang mit gefährlichen Stoffen | 619 |
| | Übungsaufgaben | 542 | 36.1 Einteilung und Kennzeichnung der Gefahrstoffe | 620 |
| | | | 36.2 Europäisches Gefahrstoffrecht | 625 |
| | | | 36.3 Giftstoffe, Toxikologie | 631 |
| | | | Übungsaufgaben | 634 |

Anhang

Normalpotenziale bei 25 °C

Gleichgewichtskonstanten bei 25 °C

Thermodynamische Daten
bei 25 °C

635

636

637

639

D

E

Mittlere Bindungsenergien

Lösungen zu den Übungsaufgaben

Glossar

Sachverzeichnis