

Chemie

Das Basiswissen
der Chemie

Charles E. Mortimer
Ulrich Müller

9., überarbeitete Auflage

395 Abbildungen

520 Formelbilder

126 Tabellen



Thieme

Inhalt

Einleitung

| | | |
|-----|--------------------------------------|----|
| 1.1 | Historische Entwicklung der Chemie | 2 |
| 1.2 | Elemente, Verbindungen, Gemische | 6 |
| 1.3 | Stofftrennung | 9 |
| 1.4 | Maßeinheiten | 27 |
| 1.5 | Genauigkeit und signifikante Stellen | 72 |
| | Übungsaufgaben | 14 |

Einführung in die Atomtheorie

| | | |
|-----|------------------------|----|
| 2.1 | Die Dalton-Atomtheorie | 76 |
| 2.2 | Das Elektron | 77 |
| 2.3 | Das Proton | 18 |
| 2.4 | Das Neutron | 79 |
| 2.5 | Aufbau der Atome | 79 |
| 2.6 | Atomsymbole | 20 |
| 2.7 | Isotope | 21 |
| 2.8 | Atommassen | 22 |
| | Übungsaufgaben | 24 |

Stöchiometrie, Teil I: Chemische Formeln

| | | |
|-----|--|----|
| 3.1 | Moleküle und Ionen | 25 |
| 3.2 | Empirische Formeln | 27 |
| 3.3 | Das Mol | 28 |
| 3.4 | Prozentuale Zusammensetzung von Verbindungen | 29 |
| 3.5 | Ermittlung chemischer Formeln | 32 |
| | Übungsaufgaben | 33 |

Stöchiometrie, Teil II: Chemische Reaktionsgleichungen

| | | |
|-----|------------------------------------|----|
| 4.1 | Chemische Reaktionsgleichungen | 35 |
| 4.2 | Begrenzende Reaktanden | 38 |
| 4.3 | Ausbeute bei chemischen Reaktionen | 39 |
| 4.4 | Konzentration von Lösungen | 40 |
| | Übungsaufgaben | 42 |

| | |
|--|------------|
| Energieumsatz bei chemischen Reaktionen | 45 |
| 5.1 Energiemaße | 46 |
| 5.2 Temperatur und Wärme | 47 |
| 5.3 Kalorimetrie | 47 |
| 5.4 Reaktionsenergie und Reaktionsenthalpie | 48 |
| 5.5 Der Satz von Hess | 57 |
| 5.6 Bildungsenthalpien | 52 |
| 5.7 Bindungsenergien | 54 |
| Übungsaufgaben | 57 |
| | |
| Die Elektronenstruktur der Atome | 59 |
| 6.1 Elektromagnetische Strahlung | 60 |
| 6.2 Atomspektren | 62 |
| 6.3 Ordnungszahl und das Periodensystem der Elemente | 65 |
| 6.4 Wellenmechanik | 69 |
| 6.5 Quantenzahlen | 73 |
| 6.6 Orbitalbesetzung und die Hund-Regel | 78 |
| 6.7 Die Elektronenstruktur der Elemente | 87 |
| 6.8 Halb- und vollbesetzte Unterschalen | 83 |
| 6.9 Einteilung der Elemente | 86 |
| Übungsaufgaben | 87 |
| | |
| Eigenschaften der Atome und die Ionenbindung | 89 |
| 7.1 Atomgröße | 90 |
| 7.2 Ionisierungsenergien | 93 |
| 7.3 Elektronenaffinitäten | 95 |
| 7.4 Die Ionenbindung | 96 |
| 7.5 Gitterenergie | 98 |
| 7.6 Arten von Ionen | 700 |
| 7.7 Ionenradien | 702 |
| 7.8 Nomenklatur von Ionenverbindungen | 703 |
| Übungsaufgaben | 705 |
| | |
| 8 Die kovalente Bindung | 107 |
| 8.1 Konzept der kovalenten Bindung | 708 |
| 8.2 Übergänge zwischen Ionenbindung und kovalenter Bindung | 709 |
| 8.3 Elektronegativität | 772 |
| 8.4 Formalladungen | 724 |
| 8.5 Mesomerie (Resonanz) | 776 |
| 8.6 Nomenklatur von binären Molekülverbindungen | 228 |
| Übungsaufgaben | 779 |

| | |
|--|------------|
| Molekülstruktur, Molekülorbitale | 121 |
| 9.1 Ausnahmen zur Oktettregel | 222 |
| 9.2 Elektronenpaar-Abstoßung und Molekülstruktur | 222 |
| 9.3 Hybridorbitale | 227 |
| 9.4 Molekülorbitale | 730 |
| 9.5 Molekülorbitale in mehratomigen Molekülen | 734 |
| 9.6 Delokalisierte Bindungen | 735 |
| 9.7 Stark polare kovalente Bindungen | 239 |
| 9.8 Hypervalente Atome | 240 |
| Übungsaufgaben | 142 |
| | |
| 10 Gase | 143 |
| 10.1 Druck | 244 |
| 10.2 Das Avogadro-Gesetz | 245 |
| 10.3 Das ideale Gasgesetz | 246 |
| 10.4 Stöchiometrie und Gasvolumina | 749 |
| 10.5 Die kinetische Gastheorie | 750 |
| 10.6 Das Dalton-Gesetz der Partialdrücke | 752 |
| 10.7 Molekülgeschwindigkeiten in Gasen | 754 |
| 10.8 Das Graham-Effusionsgesetz | 755 |
| 10.9 Reale Gase | 756 |
| 10.10 Verflüssigung von Gasen | 258 |
| Übungsaufgaben | 260 |
| | |
| 11 Flüssigkeiten und Feststoffe | 163 |
| 11.1 Intermolekulare Anziehungskräfte | 765 |
| 11.2 Wasserstoff-Brücken | 267 |
| 11.3 Der flüssige Zustand | 269 |
| 11.4 Verdampfung | 770 |
| 11.5 Dampfdruck | 770 |
| 11.6 Siedepunkt | 272 |
| 11.7 Verdampfungsenthalpie | 272 |
| 11.8 Gefrierpunkt | 773 |
| 11.9 Dampfdruck von Festkörpern | 774 |
| 11.10 Phasendiagramme | 775 |
| 11.11 Arten von kristallinen Feststoffen | 276 |
| 11.12 Kristallstruktur und Kristallgitter | 780 |
| 11.13-⟷ Kristallstrukturen von Metallen | 787 |
| 11.14 Ionenkristalle | 784 |
| 11.15 Defektstrukturen | 286 |
| 11.16 Flüssigkristalle | 787 |
| 11.17 Nanostrukturen | 788 |
| Übungsaufgaben | 789 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 12 | Strukturaufklärung | 191 |
| 12.1 | Röntgenbeugung | 292 |
| 12.2 | Kernmagnetische Resonanz-Spektroskopie | 796 |
| | Übungsaufgaben | 200 |
| 13 | Lösungen | 201 |
| 13.1 | Allgemeine Betrachtungen | 202 |
| 13.2 | Der Auflösungsprozess | 203 |
| 13.3 | Hydratisierte Ionen | 204 |
| 13.4 | Lösungsenthalpie | 205 |
| 13.5 | Abhängigkeit der Löslichkeit von Druck und Temperatur | 207 |
| 13.6 | Konzentration von Lösungen | 208 |
| 13.7 | Dampfdruck von Lösungen | 272 |
| 13.8 | Gefrierpunkt und Siedepunkt von Lösungen | 223 |
| 13.9 | Osmose | 225 |
| 13.10 | Destillation | 227 |
| 13.11 | Elektrolytlösungen | 229 |
| 13.12 | Interionische Wechselwirkungen in Lösungen | 220 |
| 13.13 | Kolloide Lösungen und Gele | 220 |
| 13.14 | Tenside und Mizellen | 222 |
| | Übungsaufgaben | 222 |
| 14 | Reaktionen in wässriger Lösung | 225 |
| 14.1 | Metathese-Reaktionen | 226 |
| 14.2 | Oxidationszahlen | 229 |
| 14.3 | Reduktions-Oxidations-Reaktionen | 230 |
| 14.4 | Arrhenius-Säuren und -Basen | 234 |
| 14.5 | Saure und basische Oxide | 236 |
| 14.6 | Nomenklatur von Säuren, Hydroxiden und Salzen | 237 |
| 14.7 | Volumetrische Analyse | 239 |
| 14.8 | Äquivalentmasse und Normallösungen | 242 |
| | Übungsaufgaben | 243 |
| 15 | Reaktionskinetik | 245 |
| 15.1 | Reaktionsgeschwindigkeit | 246 |
| 15.2 | Konzentrationsabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit | 247 |
| 15.3 | Zeitabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit | 249 |
| 15.4 | Einstufige Reaktionen | 254 |
| 15.5 | Geschwindigkeitsgesetze für einstufige Reaktionen | 257 |
| 15.6 | Reaktionsmechanismen | 258 |
| 15.7 | Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit | 267 |
| 15.8 | Katalyse | 263 |
| | Übungsaufgaben | 266 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 16 | Das chemische Gleichgewicht | 269 |
| 16.1 | Reversible Reaktionen und chemisches Gleichgewicht | 270 |
| 16.2 | Die Gleichgewichtskonstante K_c | 277 |
| 16.3 | Die Gleichgewichtskonstante K_p | 275 |
| 16.4 | Das Prinzip des kleinsten Zwanges | 276 |
| | Übungsaufgaben | 279 |
| 17 | Säuren und Basen | 281 |
| 17.1 | Das Arrhenius-Konzept | 282 |
| 17.2 | Das Brønsted-Lowry-Konzept | 282 |
| 17.3 | Die Stärke von Brønsted-Säuren und -Basen | 283 |
| 17.4 | Säurestärke und Molekülstruktur | 285 |
| 17.5 | Das Lewis-Konzept | 287 |
| 17.6 | Lösungsmittelbezogene Säuren und Basen | 290 |
| | Übungsaufgaben | 297 |
| 18 | Säure-Base-Gleichgewichte | 293 |
| 18.1 | Das Ionenprodukt des Wassers. pH-Wert | 294 |
| 18.2 | Schwache Elektrolyte | 296 |
| 18.3 | Indikatoren | 307 |
| 18.4 | Pufferlösungen | 302 |
| 18.5 | Mehrprotonige Säuren | 306 |
| 18.6 | Salze schwacher Säuren und Basen | 309 |
| 18.7 | Säure-Base-Titrationen | 372 |
| 18.8 | Erweiterung des Säure-Base-Konzepts auf Festkörper | 374 |
| | Übungsaufgaben | 376 |
| 19 | Löslichkeitsprodukt und Komplex-Gleichgewichte | 319 |
| 19.1 | Das Löslichkeitsprodukt | 320 |
| 19.2 | Fällungsreaktionen | 322 |
| 19.3 | Fällung von Sulfiden | 325 |
| 19.4 | Komplexgleichgewichte | 326 |
| | Übungsaufgaben | 329 |
| 20 | Grundlagen der chemischen Thermodynamik | 331 |
| 20.1 | Der 1. Hauptsatz der Thermodynamik | 332 |
| 20.2 | Enthalpie | 333 |
| 20.3 | Der 2. Hauptsatz der Thermodynamik | 335 |
| 20.4 | Die freie Enthalpie | 337 |
| 20.5 | Freie Standard-Enthalpien | 339 |
| 20.6 | Absolute Entropien | 340 |
| 20.7 | Gleichgewicht und freie Reaktionsenthalpie | 342 |
| 20.8 | Temperaturabhängigkeit von Gleichgewichtskonstanten | 344 |
| | Übungsaufgaben | 346 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 21 | Elektrochemie | 349 |
| 21.1 | Elektrischer Strom | 350 |
| 21.2 | Elektrolytische Leitung | 357 |
| 21.3 | Elektrolyse | 352 |
| 21.4 | Stöchiometrische Gesetze bei der Elektrolyse | 354 |
| 21.5 | Galvanische Zellen | 356 |
| 21.6 | Die elektromotorische Kraft | 357 |
| 21.7 | Elektrodenpotenziale | 358 |
| ! 21.8 | Freie Reaktionsenthalpie und elektromotorische Kraft | 363 |
| 21.9 | Konzentrationsabhängigkeit des Potentials | 365 |
| 21.10 | Potentiometrische Titration | 369 |
| 21.11 | Elektrodenpotenziale und Elektrolyse | 370 |
| 21.12 | Korrosion und Korrosionsschutz | 377 |
| 21.13 | Galvanische Zellen für den praktischen Gebrauch | 372 |
| 21.14 | Brennstoffzellen | 372 |
| | Übungsaufgaben | 374 |
| 22 | Wasserstoff | 377 |
| 22.1 | Vorkommen und physikalische Eigenschaften | 378 |
| 22.2 | Herstellung von Wasserstoff | 378 |
| 22.3 | Chemische Eigenschaften des Wasserstoffs | 380 |
| 22.4 | Technische Verwendung von Wasserstoff | 382 |
| | Übungsaufgaben | 382 |
| 23 | Die Halogene | 383 |
| 23.1 | Eigenschaften der Halogene | 384 |
| 23.2 | Vorkommen und Herstellung der Halogene | 385 |
| 23.3 | Interhalogen-Verbindungen | 388 |
| 23.4 | Halogenwasserstoffe | 389 |
| 23.5 | Halogenide | 397 |
| 23.6 | Oxosäuren der Halogene | 392 |
| 23.7 | Verwendung der Halogene | 397 |
| | Übungsaufgaben | 398 |
| 24 | Die Edelgase | 399 |
| 24.1 | Vorkommen und Gewinnung der Edelgase | 399 |
| 24.2 | Eigenschaften der Edelgase | 400 |
| 24.3 | Verwendung der Edelgase | 407 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 25 | Die Elemente der 6. Hauptgruppe | 403 |
| 25.1 | Allgemeine Eigenschaften der Chalkogene | 404 |
| 25.2 | Vorkommen und Gewinnung von Sauerstoff | 405 |
| 25.3 | Reaktionen des Sauerstoffs | 406 |
| 25.4 | Verwendung von Sauerstoff | 409 |
| 25.5 | Ozon | 409 |
| 25.6 | Schwefel, Selen und Tellur | 470 |
| 25.7 | Vorkommen und Gewinnung von Schwefel, Selen und Tellur | 477 |
| 25.8 | Wasserstoff-Verbindungen von Schwefel, Selen und Tellur | 472 |
| 25.9 | Schwefel-, Selen- und Tellur-Verbindungen in der Oxidationsstufe +IV | 424 |
| 25.10 | Schwefel-, Selen- und Tellur-Verbindungen in der Oxidationsstufe +VI | 425 |
| 25.11 | Verwendung von Schwefel, Selen und Tellur | 428 |
| | Übungsaufgaben | 479 |
| | | |
| 26 | Die Elemente der 5. Hauptgruppe | 421 |
| 26.1 | Allgemeine Eigenschaften | 422 |
| 26.2 | Die Elementstrukturen von Phosphor, Arsen, Antimon und Bismut | •• 424 |
| 26.3 | Der Stickstoffzyklus | 425 |
| 26.4 | Vorkommen und Herstellung der Elemente der 5. Hauptgruppe | 426 |
| 26.5 | Nitride und Phosphide | 427 |
| 26.6 | Wasserstoff-Verbindungen | 428 |
| 26.7 | Halogen-Verbindungen | 430 |
| 26.8 | Oxide und Oxosäuren des Stickstoffs | 432 |
| 26.9 | Luftverschmutzung | 435 |
| 26.10 | Oxide und Oxosäuren des Phosphors | ••• 438 |
| 26.11 | Oxide und Oxosäuren von Arsen, Antimon und Bismut | 447 |
| 26.12 | Verwendung der Elemente der 5. Hauptgruppe | 442 |
| | Übungsaufgaben | 443 |
| | | |
| 27 | Kohlenstoff, Silicium und Bor | 445 |
| 27.1 | Allgemeine Eigenschaften der Elemente der 4. Hauptgruppe | 446 |
| 27.2 | Die Strukturen der Elemente der 4. Hauptgruppe | 448 |
| 27.3 | Vorkommen, Gewinnung und Verwendung von Kohlenstoff und Silicium | 457 |
| 27.4 | Carbide, Silicide und Silane | •••• 453 |
| 27.5 | Oxide und Oxosäuren des Kohlenstoffs | 454 |
| 21 | & Siliciumdioxid und Silicate | 456 |
| 27.7 | Schwefel- und Stickstoff-Verbindungen des Kohlenstoffs | 459 |
| 27.8 | Allgemeine Eigenschaften der Elemente der 3. Hauptgruppe | 459 |
| 27.9 | Elementares Bor | 467 |
| 27.10 | Bor-Verbindungen | 467 |
| 27.11 | Borane (Borhydride) | 463 |
| | Übungsaufgaben | 464 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 28 | Metalle | 465 |
| 28.1 | Die metallische Bindung | 467 |
| 28.2 | Halbleiter | 470, |
| 28.3 | Physikalische Eigenschaften von Metallen | 477 |
| 28.4 | Vorkommen von Metallen | 473 |
| 28.5 | Metallurgie: Aufbereitung von Erzen | 474 |
| 28.6 | Metallurgie: Reduktion | 475 |
| 28.7 | Metallurgie: Raffination | 480 |
| 28.8 | Die Alkalimetalle | 483 |
| 28.9 | Die Erdalkalimetalle | 486 |
| 28.10 | Die Metalle der 3. Hauptgruppe | 490 |
| 28.11 | Die Metalle der 4. Hauptgruppe | 493 |
| 28.12 | Die Übergangsmetalle | 495 |
| 28.13 | Die Lanthanoide | 507 |
| | Übungsaufgaben | 503 |
| 29 | Komplex-Verbindungen | 505 |
| 29.1 | Struktur von Komplex-Verbindungen | 506 |
| 29.2 | Stabilität von Komplexen | 570 |
| 29.3 | Nomenklatur von Komplexen | 577 |
| 29.4 | Isomerie | 572 |
| 29.5 | Die Bindungsverhältnisse in Komplexen | 574 |
| | Übungsaufgaben | 522 |
| 30 | Organische Chemie, Teil I: Kohlenwasserstoffe | 525 |
| 30.1 | Alkane | 526 |
| 30.2 | Alkene | 532 |
| 30.3 | Alkine | 533 |
| 30.4 | Arene | 534 |
| 30.5 | Reaktionen der Kohlenwasserstoffe. Radikalische Substitution. Addition | 535 |
| 30.6 | Cycloaddition und die Bedeutung der Orbitalsymmetrie für chemische Reaktionen | 538 |
| 30.7 | Reaktionen von Arenen. Elektrophile Substitution | 539 |
| | Übungsaufgaben | 542 |
| 31 | Organische Chemie, Teil II: Funktionelle Gruppen | 543 |
| 31.1 | Halogenalkane. Nucleophile Substitution. Eliminierungsreaktionen | 545 |
| * | 31.2 Metallorganische Verbindungen | 547 |
| 31.3 | Alkohole, Phenole und Thiole | 549 |
| 31.4 | Ether | 552 |
| 31.5 | Carbonyl-Verbindungen | 552 |
| 31.6 | Carbonsäuren und ihre Derivate | 557 |

| | | |
|-------|------------------------------------|-----|
| 31.7 | Amine und Carbonsäureamide | 564 |
| 31.8 | Aminosäuren und Peptide | 567 |
| 31.9 | Azo- und Diazo-Verbindungen | 568 |
| 31.10 | Heterocyclische Verbindungen | 569 |
| | Übungsaufgaben | 577 |

32 Spezielle Gebiete der organischen Chemie --- **573**

| | | |
|------|---|-----|
| 32.1 | Stereochemie organischer Verbindungen | 574 |
| 32.2 | Racemat-Trennung und Synthese chiraler Moleküle | 577 |
| 32.3 | Polymerchemie | 579 |
| 32.4 | Supramolekulare Chemie | 585 |
| | Übungsaufgaben | 588 |

33 Naturstoffe und Biochemie --- **589**

| | | |
|-------|--|-----|
| 33.1 | Terpene | 597 |
| 33.2 | Kohlenhydrate | 593 |
| 33.3 | Fette, Öle und Wachse | 597 |
| 33.4 | Botenstoffe, Hormone und Vitamine | 599 |
| 33.5 | Natürliche Farbstoffe | 602 |
| 33.6 | Proteine | 605 |
| 33.7 | Nucleinsäuren | 670 |
| 33.8 | Proteinsynthese | 622 |
| 33.9 | Gentechnik | 674 |
| 33.10 | Enzyme und Coenzyme | 678 |
| 33.11 | Schlussbemerkung: Chemie und Biochemie | 622 |
| | Übungsaufgaben | 623 |

34 Kernchemie --- **625**

| | | |
|-------|---|-----|
| 34.1 | Der Atomkern | 626 |
| 34.2 | Kernreaktionen | 628 |
| 34.3 | Radioaktivität | 629 |
| 34.4 | Messung der Radioaktivität | 632 |
| 34.5 | Die radioaktive Zerfallsgeschwindigkeit | 633 |
| 34.6 | Biologische Effekte der Radioaktivität | 637 |
| 34.7 | Radioaktive Zerfallsreihen | 639 |
| 34.8 | Künstliche Kernumwandlungen | 647 |
| 34.9 | Kernspaltung | 644 |
| 34.10 | Kernfusion | 648 |
| 34.11 | Verwendung von radioaktiven Nucliden | 650 |
| | Übungsaufgaben | 652 |