



Auf einen Blick

Einführung	21
Kapitel 0A: Vorwort für Leute, die gerne Vorworte lesen.....	27
Kapitel 0B: Vorwort für Leute, die endlich mit Chemie anfangen wollen	35
Teil I: Rahmenbedingungen	41
Kapitel 1: Die Materie folgt Gesetzen.....	43
Kapitel 2: Grundsätzliches und Normales	59
Kapitel 3: Annahmen und Definitionen.....	87
Kapitel 4: Ohne Energie läuft gar nichts	117
Teil II: Atommodelle und das Periodensystem	151
Kapitel 5: Atome im Porträt.....	153
Kapitel 6: Da haben wir den Quantensalat – SCHRÖDINGER.....	185
Kapitel 7: Wichtigstes Werkzeug: Das Periodensystem der Elemente	215
Teil III: Atome in Gesellschaft – chemische Bindungen	249
Kapitel 8: Gegensätze ziehen sich an – Die ionische Bindung	251
Kapitel 9: Hier wird geteilt – Die kovalente Bindung.....	275
Kapitel 10: Kann ganz schön hart sein – Die Metallbindung	349
Kapitel 11: Rückblick auf die ionische Bindung	375
Teil IV: Stoffe – und wie sie zustande kommen	395
Kapitel 12: Es geht nur gemeinsam – Intermolekulare Wechselwirkungen.....	397
Kapitel 13: Gase.....	427
Kapitel 14: Flüssigkeiten und Lösungen	443
Kapitel 15: Feststoffe.....	469
Teil V: Chemische Reaktionen	483
Kapitel 16: Stoffbilanz! Ladungsbilanz! – Stöchiometrie.....	485
Kapitel 17: Schnell oder langsam – Die Reaktionsgeschwindigkeit.....	507
Kapitel 18: In der Ruhe liegt die Kraft – Das chemische Gleichgewicht.....	517
Kapitel 19: Wenn die Base mit der Säure	541
Kapitel 20: Redox: Elektrische Ströme in der Chemie	619
Kapitel 21: Die einen geben, die anderen nehmen: Komplexchemie	679
Teil VI: Top-Ten-Teil	715
Kapitel 22: Zehn Instrumente der Mathematik, die Sie unbedingt beherrschen sollten.....	717
Abbildungsverzeichnis	743
Stichwortverzeichnis	751





Inhaltsverzeichnis

Einführung	21
Symbole in diesem Buch	22
Törichte Annahmen über den Leser	24
Wie Sie dieses Buch einsetzen	24
Wie es weitergeht	25
 Kapitel 0A	
Vorwort für Leute, die gerne Vorworte lesen	27
Ist Chemie das Gegenteil von Natur?	27
Ist Chemie etwas Negatives?	28
Ist Chemie schwer?	28
Und warum <i>halten</i> dann so viele Chemie für schwer?	29
Was <i>ist</i> denn eigentlich Chemie?	31
Ist das nicht Materialwissenschaft?	32
Und warum brauche <i>ich</i> Ahnung von Chemie?	33
 Kapitel 0B	
Vorwort für Leute, die endlich mit Chemie anfangen wollen	35
Chemie – eine Wissenschaft mit LEGO®-Charakter	35
Fremdsprachen und Fachsprachen	36
Unsere Spielsteine: die Atome	37
 TEIL I	
RAHMENBEDINGUNGEN	41
 Kapitel 1	
Die Materie folgt Gesetzen	43
Das Atom ist »geboren«	44
Gesetze müssen eingehalten werden	45
Stoffklassen	47
Übung	49
Der Reihe nach	49
Vertiefung: Spielen wir doch einmal LEGO®!	51
Produkte werden produziert	53
Einrichten von Reaktionsgleichungen	55
 Kapitel 2	
Grundsätzliches und Normales	59
SI-Einheiten	60
SI-Präfixe	63
Abweichungen von SI	65

10 Inhaltsverzeichnis

Das ist normal!.....	68
Jetzt wird's signifikant.....	70
Was man halt so sagt.....	74
Experiment.....	75
Naturgesetz.....	76
Wissenschaftliche Beweise, Falsifizierbarkeit und Negativa.....	77
Mutmaßung, Hypothese, Theorie.....	78
Modell.....	80
Übung.....	82
Wissenschaftliche und technische Notation.....	82
Vertiefung.....	84

Kapitel 3

Annahmen und Definitionen 87

Atome – einzeln betrachtet.....	87
Elementare Angelegenheiten.....	89
Ordnung muss sein.....	90
Isotope.....	92
Atome auf die Waage!.....	94
Der Massendefekt.....	96
Das Mol – woher kommt das?.....	101
Übung.....	105
Methan (CH_4).....	106
Ammoniak, deuteriert (ND_3 oder eben N^2H_3).....	106
Ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$).....	107
Natriumchlorid (NaCl).....	107
Calciumsulfat (CaSO_4).....	108
Und welche molare Masse <i>hat</i> Traubenzucker ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) nun?.....	108
Vertiefung.....	109
Porentief rein.....	109
Rechen-Spaß mit Alkohol.....	109

Kapitel 4

Ohne Energie läuft gar nichts 117

Energie hat viele Namen.....	119
Zwei grundlegend unterschiedliche Formen der Energie.....	121
Physikalische Vorgänge – Hier bleiben Stoffe unverändert.....	122
Teilchen wechseln das Lager.....	124
Chemische Vorgänge – Hier werden Stoffe verändert.....	129
Ein kleiner Ausflug in die Thermodynamik.....	131
Auftritt: Die Entropie.....	133
Der Satz von HESS.....	136
Übung.....	138
Das Kalium-Atom.....	138
Verdampfung.....	138

Inhaltsverzeichnis 11

Verbrennungen	139
Von Eis zu Wasserdampf	139
Vertiefung	139
Das elektromagnetische Spektrum – Wie das strahlt!	140
Die klassische Herangehensweise ... und was sie bedeuten würde	143
Neu: Energie jetzt nur noch portionsweise!	144
Bringen wir kurz Licht in die Sache	147
Quantelung – Was heißt das eigentlich?	149

TEIL II**ATOMMODELLE UND DAS PERIODENSYSTEM 151****Kapitel 5****Atome im Porträt..... 153**

Atome – unter die (sprichwörtliche) Lupe genommen	153
Neu: Jetzt mit Ladungen! – THOMSON (und LENARD)	154
Ein höchst informativer Rückschlag – RUTHERFORD	155
Das Atom als ... Schalentier? – BOHR	161
Genauer hingeschaut: Der Wasserstoff	166
Und was ist mit anderen Elementen?	169
Übung	171
Von der Wellenlänge zur Frequenz	172
Von der Frequenz zur Wellenlänge	173
Berechnung des Energiegehalts	174
Vertiefung	175
Die wahre Natur des Lichts	175
Kann man sich wenigstens auf die Masse verlassen?	177
Jetzt <i>interferieren</i> die auch noch! – Spaß am Doppelspalt	178

Kapitel 6**Da haben wir den Quantensalat – SCHRÖDINGER..... 185**

Fangen wir mit stehenden Wellen an – Und jetzt: Musik!	186
Eine eindimensionale Angelegenheit	187
Von der Gitarre zur Pauke – zweidimensionale stehende Wellen	190
In drei Dimensionen – oder: Die SCHRÖDINGER-Gleichung	192
Quantenzahlen, die Erste	193
Es geht rund hier: Der Spin	195
Keine Zahlenspielereien	196
Quantenzahlen, die Zweite – Jetzt mit Orbitalen!	197
Orbitale	199
Quantenzahlen, die Dritte – Mit Orbitalen Schritt für Schritt das ganze PSE aufbauen	202
Übung	204
Zu Schalen und Elektronen: Die M-Schale	204
Die N-Schale	205
Hach, ist das anregend!	205

12 Inhaltsverzeichnis

Vertiefung	206
Noch ein Hauch von Philosophie: Was kommt als Nächstes?	206
Währenddessen, im Atomkern	207
Die Kopenhagener Deutung	210

Kapitel 7

Wichtigstes Werkzeug: Das Periodensystem der Elemente

.....	215
Immer der Reihe nach – Elektronen ordnen sich ein	219
Der Aufbau beginnt	224
Elektronenkonfiguration	226
Übung	229
Spaß mit dem Aufbauprinzip	230
Vertiefung	232
Darum heißt es <i>Periodensystem</i>	232
Atomradius	234
Schmelzpunkte der Metalle	237
Ionisierungsenergie	238
Elektronenaffinität	241
Elektronegativität – Tauziehen um die Elektronen	244
Schräger Blick in Nachbars Garten	246

TEIL III

ATOME IN GESELLSCHAFT – CHEMISCHE BINDUNGEN **249**

Kapitel 8

Gegensätze ziehen sich an – Die ionische Bindung **251**

Woher kommen Kationen und Anionen?	251
Oktettregel	252
Ionenradien	254
Unendliche Ordnung	256
Gitterenergie	259
Übung	261
Eine Lanze für die Edelgasregel	262
Verbindungen zerlegen	262
Die Größen	268
Vertiefung	269
Der Weg ist das Ziel – zum Ionenkristall	269

Kapitel 9

Hier wird geteilt – Die kovalente Bindung **275**

Moleküle zusammenstecken – LEWIS-Formeln und mehr	277
Die Konnektivität	278
Mehrfachbindungen	280
Wie sieht das Ganze räumlich aus? – Das VSEPR-Modell	281
Zwei besondere Koordinationszahlen: 5 und 7	283

Inhaltsverzeichnis 13

Einfluss der freien Elektronenpaare	285
Eine abschließende Bemerkung	293
Molekül-Darstellungen	294
Wie kommt's? – Das <i>Valence-Bond</i> -Modell (VB)	295
Ein nützliches Konzept: Hybridisierung	298
Die Hybridisierung und das VSEPR-Modell	310
Moleküldynamik	315
Übung	317
Konstitutionsformeln und mehr – CHCl_3	318
Ausgewählte Molekül-Strukturen	322
Binäre XH_n -Verbindungen und das VSEPR-Modell	324
Vertiefung	324
Polarität von Bindungen	325
Mesomerie	328
Wie kommt's? – Die Molekülorbital-Theorie (MO)	331
Noch eine Übung (damit haben Sie nicht gerechnet, oder?)	345
Polarität der Bindungen und das resultierende Dipolmoment	345
Ist elementares Chlor paramagnetisch?	348

Kapitel 10**Kann ganz schön hart sein – Die Metallbindung..... 349**

Was man über Metalle wissen sollte	350
Metallische Eigenschaften	350
Das Elektronengas-Modell	352
Metallkristalle	354
Elementarzellen	355
Kugelpackungen: kubisch primitiv	358
Kugelpackungen: kubisch-innenzentriert	358
Kugelpackungen: hexagonal-primitiv	359
Kugelpackungen: hexagonal-dichtest	361
Kugelpackungen: kubisch-dichtest	362
Was Metalle so treiben	364
Übung	365
Koordinationszahl 5 in der Ebene ist unmöglich	365
ABC in ccp	365
Vertiefung	366
Das Bändermodell	367

Kapitel 11**Rückblick auf die ionische Bindung..... 375**

Kristallbausteine unter sich	375
Höhlenbewohner	376
Ausgewählte Strukturtypen	378
Natriumchlorid (NaCl)	379
Caesiumchlorid (CsCl)	381

14 Inhaltsverzeichnis

Zinksulfid (ZnS).....	381
Calciumfluorid (CaF ₂).....	384
Übung.....	384
Der CsCl-Strukturtyp.....	384
Die CsCl-Elementarzelle – richtig und falsch.....	385
Spinelle	385
Vertiefung	387
Ein paar Überlegungen zum Thema Symmetrie	387
Elementarzellen: Nicht immer sind es Würfel.....	388
Neu: Jetzt mit <i>noch mehr</i> Symmetrie	391

TEIL IV

STOFFE – UND WIE SIE ZUSTANDE KOMMEN 395

Kapitel 12

Es geht nur gemeinsam – Intermolekulare

Wechselwirkungen 397

Bindungen: Kovalentisch oder ionolent? – Der Bindungscharakter.....	398
Warum ist Wasser nass?	401
Intermolekulare Wechselwirkungen.....	402
Polare Wechselwirkungen.....	402
Unpolare Wechselwirkungen – VAN-DER-WAALS-Kräfte.....	405
Unterschiedlich stark.....	407
Gleiches löst sich in Gleichem.....	408
Wer sich nicht entscheiden kann – oder muss.....	410
Übung.....	411
Wechselwirkungen.....	412
H-Donoren und -Akzeptoren.....	414
<i>Kenn</i> ich zwar nicht, <i>kann</i> ich aber trotzdem: Prognosen	
zur Löslichkeit.....	415
Vertiefung	417
Vom Mikroskopischen zum Makroskopischen	417

Kapitel 13

Gase..... 427

Gase unter Druck.....	429
Ein paar Gesetze braucht's schon	430
Das Molvolumen	435
Das ideale Gasgesetz.....	436
DALTON – Und jetzt: alle zusammen.....	437
Übung.....	437
Der Wetterballon.....	438
Der Partialdruck	440
Zurück zur Verbrennung von Alkohol	440
Vertiefung	442
... und sie wechselwirken doch	442

Inhaltsverzeichnis 15

Kapitel 14 Flüssigkeiten und Lösungen 443

Hier ist Bewegung drin.....	444
Dampfdruck.....	445
Lösungen.....	448
Was beim Lösen so passiert.....	449
Gesättigte Lösungen.....	450
Das Ionenprodukt und das Löslichkeitsprodukt.....	454
Konzentration und Aktivität.....	457
Übung.....	459
Das Glas Wasser im Kühlschrank.....	459
Das Löslichkeitsprodukt von LiF.....	459
Wasser oder Olivenöl?.....	460
Vertiefung.....	461
Lösungswärme.....	461
Allgemeine Merkmale flüssiger Stoffe.....	463
Lösungen, die gar keine sind – Kolloidale Dispersionen.....	464

Kapitel 15 Feststoffe..... 469

Kristallin oder amorph?.....	470
Zurück zur Elementarzelle.....	470
Alles schön symmetrisch?.....	471
Da muss man sich klar positionieren!.....	471
Nass, aber trocken: Kristallwasser.....	474
Übung.....	475
Äquivalente Lagen im CsCl.....	475
Äquivalente Lagen im CaF ₂	476
Zu langsam!.....	478
Vertiefung.....	478
Ideal ist das nicht.....	478

TEIL V CHEMISCHE REAKTIONEN 483

Kapitel 16 Stoffbilanz! Ladungsbilanz! – Stöchiometrie 485

Atome tauchen nicht aus dem Nichts auf, und sie verschwinden auch nicht »einfach so«.....	485
Reaktionsschema.....	486
Das Gleiche gilt für Ladungen.....	486
Reaktionsgleichungen und dergleichen.....	488
Übung.....	490
Von Reaktionsschemata zu Reaktionsgleichungen.....	491
Silbernitrat- mit Kochsalzlösung.....	495

16 Inhaltsverzeichnis

Silbernitrat- mit Calciumchlorid-Lösung.....	498
Vollständige Verbrennung von Octan.....	500
Vertiefung.....	501
Lohnt sich das überhaupt? – Die Berechnung der Ausbeute.....	501
Was bisher geschah.....	502

Kapitel 17

Schnell oder langsam – Die Reaktionsgeschwindigkeit..... 507

Formalkram.....	510
Ordnung muss sein.....	511
Der Reaktion wird eingeheizt.....	514
Und jetzt?.....	515

Kapitel 18

In der Ruhe liegt die Kraft – Das chemische

Gleichgewicht..... 517

Ein Fußballspiel der anderen Art.....	518
Und wo liegt jetzt das Gleichgewicht?.....	520
Das Massenwirkungsgesetz (MWG).....	523
Auftritt: Monsieur LE CHATELIER.....	524
Übung.....	528
Das MWG in der Anwendung.....	529
Ein Reaktionsprodukt wird abdestilliert.....	531
Die Ammoniak-Synthese.....	532
Vertiefung.....	532
<i>Ein MWG, drei verschiedene Varianten</i>	532
Löslichkeitsprodukte und Löslichkeiten für Leute, die gerne	
ein bisschen mehr rechnen.....	536
Das kleine p	539

Kapitel 19

Wenn die Base mit der Säure..... 541

Ein erster Ansatz: ARRHENIUS.....	541
Geben und nehmen: BRØNSTED und LOWRY.....	543
Konjugierte Säure/Base-Paare.....	547
Die pH -Skala.....	550
Nur Lösungen dürfen mitspielen!.....	551
Das Lösemittel.....	552
Wieso <i>hat</i> Wasser überhaupt einen pH -Wert?.....	553
Das ist ja stark – oder eben nicht.....	557
pK_S -Werte: Eine wichtige Tabelle.....	559
Berechnung von pH -Werten.....	566
Geht ganz fix: für starke Säuren.....	567
Näherungsweise: Für schwache Säuren.....	568

Inhaltsverzeichnis 17

Wenn man's genau(er) wissen muss: Mittelstarke Säuren	569
Und was ist mit Basen?	574
Bemühen wir uns um Neutralität: Wenn die Base mit der Säure (Teil 2)	575
Säure/Base-Titrationen	576
Wenn eine schwache Säure oder Base im Spiel ist	579
Starke und schwache Säure – im direkten Vergleich	582
Übung	583
Die Salzsäure	583
Die Kalilauge	584
Die Natriumacetat-Lösung	584
Die Dikaliumhydrogenphosphat-Lösung	584
Bromwasserstoff-Lösung mit Kalilauge	586
Vertiefung	587
Mehrprotonige Säuren	587
Puffer – Wenn die Zugabe von Säure oder Base den <i>pH</i> -Wert <i>kaum</i> verändert	590
<i>pH</i> -Wert-Messung	597
Ein paar weitere Überlegungen zu Säuren, Basen und <i>pH</i> -Werten	600
Zurück zu Lösemitteln: Alternativen zu Wasser	602
Einteilung der Lösemittel	602
Ein völlig andersgeartetes Säure/Base-Konzept	604
Noch eine Übung	608
Der Tris-Puffer	609
Der Phosphat-Puffer	613
Ansäuern cyanidhaltiger Lösungen	615
Konzentration der Hydroxonium-Ionen und der <i>pH</i> -Wert	615

Kapitel 20**Redox: Elektrische Ströme in der Chemie 619**

Redox-Reaktionen	620
Die Oxidation	620
Die Reduktion	621
Und jetzt alle zusammen!	621
Ein hilfreiches Werkzeug: Oxidationszahlen	625
... und wie man sie schreibt:	626
Oxidationszahlen in der Anwendung	630
Oxidationszahlen – In der systematischen Benennung	633
Redox-Paare	635
Reduktionsmittel und Oxidationsmittel	637
Elektrochemische Potenziale	638
Der Standard	641
Die Spannungsreihe	644
Wenn die Konzentration mitspielt: Die NERNST'sche Gleichung	647
Das Berechnen von Potenzialdifferenzen	650

18 Inhaltsverzeichnis

Übung.....	655
Die einzurichtenden Reaktionsgleichungen.....	656
Das galvanische Element mit Standard-Konzentrationen ...	665
... und davon abweichend.....	666
Vertiefung.....	667
pH-abhängige Redox-Reaktionen.....	668
Woher <i>kommen</i> eigentlich elektrochemische Potenziale?.....	669
Redox-Reaktionen und das chemische Gleichgewicht.....	671
Und jetzt genau anders herum: Die Elektrolyse.....	674

Kapitel 21

Die einen geben, die anderen nehmen: Komplexchemie..... 679

Koordinationsverbindungen.....	680
Aber das kennen Sie doch schon!.....	681
Formeln für Komplexe.....	682
Zentralteilchen.....	683
Liganden.....	683
Summenformeln von Koordinationsverbindungen.....	685
Nomenklatur von Komplexen.....	686
Stabilität von Komplexen.....	689
Abhängig vom Liganden.....	690
... und vom Zentralteilchen.....	690
Wie Komplexe entstehen.....	691
Was einmal geht, geht auch mehrmals: Mehrzählige Liganden.....	693
Übung.....	697
Benennung der Komplexe.....	697
Vom Namen zur Formeleinheit.....	700
Das Gleichgewicht der Ligandenaustausch-Reaktion.....	702
Vertiefung.....	703
Komplexe und das Löslichkeitsprodukt.....	703
Neu: Jetzt in drei Dimensionen – Stereochemie.....	709
Was Ihnen dieses Buch (leider) <i>nicht</i> bieten kann.....	713

TEIL VI

TOP-TEN-TEIL

715

Kapitel 22

Zehn Instrumente der Mathematik, die Sie unbedingt beherrschen sollten.....

717

Wie man's schreibt.....	718
1: Wissenschaftliche Notation.....	718
2: Technische Notation.....	719
Hier geht's hoch her: Potenzen.....	719
Was <i>ist</i> eigentlich ein Logarithmus?.....	720
Klein, aber nicht unbedeutend: Das kleine <i>p</i>	724
Der gute alte Dreisatz.....	724
Prozentrechnung – auch nichts anderes als ein Dreisatz.....	725

Inhaltsverzeichnis 19

Gleichungen umstellen.....	726
... und miteinander kombinieren.....	727
Einheiten umrechnen – zurück zu den SI-Präfixen.....	732
Am Ende steht die Analyse.....	733
Dimensionsanalyse.....	733
Plausibilitätsanalyse.....	734
Der Taschenrechner hat keineswegs immer recht!.....	734
Runden – kaufmännisch oder wissenschaftlich?.....	737
Das kaufmännische Runden.....	737
Das wissenschaftliche Runden.....	738
Gleichungen.....	739
... grafisch darstellen.....	739
Bitte keine Fieberkurven!.....	740
Abbildungsverzeichnis.....	743
Stichwortverzeichnis.....	751

