

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 Negative.....	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

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 Zahlenspielerereien	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

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 ionisch? – 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

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

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-Titrationsen.....	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

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