



Auf einen Blick

Über die Autoren	7
Einführung	29
Teil I: Ausrüstung für die chemische Expedition	41
Kapitel 1: Denken wie die Naturwissenschaftler	43
Kapitel 2: Kauderwelsch? – Fachchinesisch gehört dazu	53
Kapitel 3: Erkenntnisse über die Materie	65
Kapitel 4: Definitionssachen	73
Kapitel 5: Energetische Betrachtungen	89
Kapitel 6: Damit müssen Sie rechnen	101
Teil II: Atome und Periodensystem – das Brot für den Chemiker	119
Kapitel 7: Das Atom steht Modell	121
Kapitel 8: Das BOHR'sche Atommodell	131
Kapitel 9: Elektronen beim Wellenreiten	143
Kapitel 10: Das Periodensystem der Elemente	163
Teil III: Chemische Bindungen – oder: Was machen die Atome den ganzen Tag?	191
Kapitel 11: Ionenbindungen – berührungsfreier Zusammenhalt	193
Kapitel 12: Kovalente Bindung – hier entstehen Moleküle	213
Kapitel 13: Koordinative Bindung – Geschenke werden gerne genommen	261
Kapitel 14: Hart im Nehmen – die Metalle	295
Kapitel 15: Intermolekulare Wechselwirkungen – Bedürfnis nach Gesellschaft	323
Teil IV: Thermodynamische Grundlagen – was geht überhaupt?	331
Kapitel 16: Die Grammatik der Thermodynamik	333
Kapitel 17: Hier bekommen Sie (noch mehr) Zustände	363
Teil V: Zustandsformen der Materie	377
Kapitel 18: Gase	379
Kapitel 19: Flüssigkeiten	389
Kapitel 20: Lösungen	401
Kapitel 21: Feststoffe	419
Teil VI: Chemische Reaktionen und alles, was dazugehört	441
Kapitel 22: Stöchiometrie – wie viel reagiert denn da?	443
Kapitel 23: Die Zeit läuft – wie schnell ist eine Reaktion?	453
Kapitel 24: Ein ewiges Hin und Her – das chemische Gleichgewicht	469
Kapitel 25: Geben und nehmen – Säure/Base-Gleichgewichte	487
Kapitel 26: Chemie unter Strom – Elektrochemie	533





10 Auf einen Blick

Teil VII: Stoffchemie – jetzt wird es konkret.....	563
Kapitel 27: -id, -it, -at – wie denn nun?.....	565
Kapitel 28: Elemente allein zu Haus.....	573
Kapitel 29: Wenn Salzbildner keine Salze bilden – die Chemie der Halogene.....	589
Kapitel 30: Mehr als nur Atemluft – Sauerstoff & Co.....	599
Kapitel 31: Ammoniak und mehr – die 5. Hauptgruppe.....	621
Kapitel 32: Unfassbar viele Möglichkeiten mit Kohlenstoff & Co.....	635
Kapitel 33: Hier mangelt's gewaltig – die 3. Hauptgruppe.....	655
Kapitel 34: Metalle in Haupt- und Nebengruppen.....	673
Teil VIII: Organische Chemie – Chemie-Lego[®] für Fortgeschrittene.....	693
Kapitel 35: Aus alt mach neu – aus AC wird OC.....	695
Kapitel 36: Partnertausch in der OC.....	717
Kapitel 37: Erst die Scheidung, dann die Unzufriedenheit.....	745
Kapitel 38: Der Herr der Ringe.....	771
Kapitel 39: Wenn nicht der Kohlenstoff den Ton angibt.....	809
Kapitel 40: Wenn der Kohlenstoff langsam sauer wird.....	819
Kapitel 41: Alles gleichzeitig: Pericyclische Reaktionen.....	849
Kapitel 42: <i>Nur für Streber:</i> Grundlagen der organischen Synthese.....	869
Kapitel 43: <i>Nur für Streber:</i> Spiel (fast) ohne Grenzen – Metallorganik/ Elementorganik.....	903
Teil IX: Chemie – die Wissenschaft des Lebens.....	925
Kapitel 44: Ach, wie süß! – Traubenzucker und andere Kohlenhydrate.....	927
Kapitel 45: Moleküle, die das Leben schreiben – DNA und RNA.....	949
Kapitel 46: Sauer und basisch auf Leben und Tod – Aminosäuren.....	959
Kapitel 47: Spüli in der Zellmembran? – Lipide.....	989
Kapitel 48: Essen und Ausscheiden, Wachsen und Verwesen – alles ist Chemie.....	999
Kapitel 49: Chemie-Lego [®] mit nur einem Baustein? – Terpene, Terpenoide ... und darüber hinaus.....	1037
Teil X: ...und sie spezialisieren sich doch!.....	1061
Kapitel 50: Woher <i>weiß</i> man das alles? – Die Analytik macht's möglich.....	1063
Kapitel 51: Chemiker und Ingenieure halten zusammen – Technische Chemie.....	1093
Kapitel 52: An der Grenze von Chemie und Physik – Kernchemie.....	1105
Teil XI: Der Top-Ten-Teil.....	1125
Kapitel 53: Gestatten? – Politchemiker! Zehn Spezialgebiete der Chemie.....	1127
Kapitel 54: <i>So bitte nicht!</i> – Zehn Fettnäpfchen, denen Sie ausweichen sollten.....	1143
Glossar.....	1147
Lösungen.....	1157
Stichwortverzeichnis.....	1207





Inhaltsverzeichnis

Über die Autoren	7
Einführung	29
Törichte Annahmen über den Leser	31
Zu diesem Buch	31
Wie Sie dieses Buch einsetzen	32
Symbole in diesem Buch	34
Was Sie nicht lesen müssen	35
Wie dieses Buch aufgebaut ist	36
Teil I: Ausrüstung für die chemische Expedition	36
Teil II: Atome und Periodensystem – das Brot für den Chemiker	36
Teil III: Chemische Bindungen – oder: Was machen Atome eigentlich den ganzen Tag?	37
Teil IV: Thermodynamische Grundlagen – was geht überhaupt?	37
Teil V: Zustandsformen der Materie	37
Teil VI: Chemische Reaktionen und alles, was dazugehört	37
Teil VII: Stoffchemie – jetzt wird es konkret	38
Teil VIII: Organische Chemie – Chemie-Lego [®] für Fortgeschrittene	38
Teil IX: Chemie – die Wissenschaft des Lebens	38
Teil X: ...und sie spezialisieren sich doch	38
Teil XI: Der Top-Ten-Teil	39
Glossar	39
Lösungen	39
Wie es weitergeht	39
TEIL I	
AUSRÜSTUNG FÜR DIE CHEMISCHE EXPEDITION	41
Kapitel 1	
Denken wie die Naturwissenschaftler	43
Von der Beobachtung zur Theorie	43
Je nach Bedarf – Modelle und ihre Grenzen	49
Kapitel 2	
Kauderwelsch? – Fachchinesisch gehört dazu	53
Grundgrößen	54
Alles festgeklopft: die SI-Einheiten	55
Normal ist das nicht	57
Was ist denn ein Quadratliter? – In welchen Dimensionen denken wir eigentlich?	58
Chemiker mögen's extrem: sehr kleine und sehr große Zahlen	61





12 Inhaltsverzeichnis

Kapitel 3	
Erkenntnisse über die Materie	65
Gesetzmäßigkeiten	67
Masse geht nie verloren	67
Die Verhältnisse müssen stimmen	67
Einteilung der Stoffe	68
Reine Stoffe	68
Gemische	69
Die Natur hat ihren eigenen Kopf	70
Kapitel 4	
Definitionssachen	73
Hier geht es um <i>ein</i> Atom	73
Wichtige Elementarteilchen für die Chemie	73
Ordnungszahl, Massenzahl	75
Was wiegt ein Atom?	76
Hier geht es um <i>viele</i> Atome	79
Mol	79
Molare Masse	81
Mengenangaben	83
Was ist eine empirische Formel?	84
Kapitel 5	
Energetische Betrachtungen	89
Was ist überhaupt Energie?	89
Wie viel Energie ist das?	91
Wundersame Verwandlungen	92
Prozesse <i>ohne</i> Stoffveränderung – das ist Physik	94
Phasenumwandlungen	95
Prozesse <i>mit</i> Stoffumwandlung – das ist Chemie	96
Chemiker teilen die Reaktionen ein	99
Kapitel 6	
Damit müssen Sie rechnen	101
Dreisatz	101
Potenzen	103
Addition und Subtraktion	103
Multiplikation und Division	103
Logarithmus	104
Achtung: Signifikanz	106
Infinitesimalrechnung	108
Differenzieren	109
Integrieren	111
<i>Nur für Streber:</i> Unlösbares lösbar machen	113
Hier hilft nur die Numerik	114
Was ist eine TAYLOR-Reihe?	116



TEIL II ATOME UND PERIODENSYSTEM – DAS BROT FÜR DEN CHEMIKER 119

Kapitel 7

Das Atom steht Modell	121
DEMOKRIT	122
DALTON	122
THOMSON	123
LENARD	124
RUTHERFORD	125
BOHR	127
SOMMERFELD	127
SCHRÖDINGER	128
KIMBALL	129

Kapitel 8

Das BOHR'sche Atommodell	131
Moment! Was ist denn überhaupt ein »Quant«?	132
Das klassische Atom	132
BOHR'sche Postulate	135
Das Spektrum des Wasserstoffs	136
Linienspektren und Spektroskopie	140

Kapitel 9

Elektronen beim Wellenreiten	143
Was haben Licht, Wasser und Elektronen gemeinsam?	144
Portioniertes Licht	144
Der lichtelektrische Effekt	145
Beugung von Elektronen	146
Wie groß ist unsere Wellenlänge?	148
Wie ist das mit SCHRÖDINGERS Katze?	151
Seilhüpfen für Elektronen	152
Quantenzahlen	154
Orbitale	156

Kapitel 10

Das Periodensystem der Elemente	163
Die sonderbare Ordnung der Elemente	163
Wer zuerst kommt, besetzt die besten Plätze	166
Bitte hinten anstellen	169
Das kommt dabei heraus	174
Was ist denn hier periodisch?	176
Perioden	176
Gruppen	176



14 Inhaltsverzeichnis

Atomradius.....	178
Ionisierungsenergie.....	179
Elektronenaffinität.....	181
Elektronegativität – Besitzanspruch wird proklamiert.....	183
Schräge Typen.....	187
Schmelzpunkte der Metalle.....	188

TEIL III

CHEMISCHE BINDUNGEN – ODER: WAS MACHEN DIE ATOME DEN GANZEN TAG?

191

Kapitel 11

Ionenbindungen – berührungsfreier Zusammenhalt..... 193

Oktettregel – was wird hier geregelt?.....	194
Die Bausteine.....	195
Kationen.....	195
Anionen.....	196
Bis hierher und nicht weiter.....	198
Die Gitterenergie ist entscheidend.....	199
Was ist hart?.....	202
Damit lassen sich sogar Eisenbahnschienen schweißen.....	203
Gitterwelten.....	204
Lückenfüller.....	205

Kapitel 12

Kovalente Bindung – hier entstehen Moleküle.....213

Einfach, aber praktisch – die LEWIS-Schreibweise.....	214
Manchmal zählt der Mittelwert: mesomere Grenzstrukturen.....	215
So viele Formeln!.....	216
3D-Konstruktionen mithilfe des VSEPR-Modells.....	217
Und die Orbitale? – Das VB-Modell macht vieles anschaulich.....	223
Hybridorbitale – eine nützliche Modellvorstellung.....	227
Einfach- und Mehrfachbindungen.....	229
sp ³ - und sp ² -Hybridisierung im realen Leben, oder: Wenn C-Atome unter sich bleiben.....	233
Warum <i>gibt</i> es überhaupt Moleküle? – Die MO-Theorie weiß die Antwort.....	234
Die LCAO-Methode.....	235
Bindende und antibindende Wechselwirkungen.....	238
MO-Energiediagramme.....	240
Und sie hybridisieren doch?.....	241
MO, VB oder LEWIS?.....	243
Wie reaktiv sind Moleküle?.....	246
Kein Modell kann alles leisten: VB trifft MO.....	249
<i>Nur für Streber:</i> Symmetrie in der Chemie, Teil 1 – Moleküle.....	249
Die Symmetrieelemente.....	250



Inhaltsverzeichnis 15

Was Symmetrieelemente bedeuten	254
Wofür das alles gebraucht wird: Punktgruppen.....	255

Kapitel 13 **Koordinative Bindung – Geschenke werden gerne** **genommen 261**

Koordinative Bindungen in einfachen Molekülen	262
Hier bekommen Sie Komplexe	262
Gar nicht so komplizierte Verbindungen mit kompliziert klingenden	
Namen	263
Komplexe Bindungen	268
Wie sehen <i>die</i> denn aus? – Hier hilft VB weiter	268
Ligandenfeld-Theorie	271
MO-Theorie	279
Nicht kaputt zu kriegen?.....	280
Alles so schön bunt hier	284
Wann sieht der Mensch überhaupt eine Farbe?	284
Isomerie.....	287
Konstitutionsisomerie.....	288
Konfigurationsisomerie	290

Kapitel 14 **Hart im Nehmen – die Metalle 295**

Metallische Eigenschaften	296
Kristallstrukturen	298
BRAVAIS-Gitter	304
Elementarzellen	306
Das ist doch (k)eine Lösung!.....	308
Wie hält das eigentlich zusammen?	309
Elektronengas	309
Das Bändermodell	310
Metalle im Potentialtopf	315
<i>Nur für Streber: EINSTEIN ist überall</i>	317
Alles relativ	317
Das heizt den Goldpreis an	319
So hart, so weich – ganz besondere Metalle.....	320
Nicht erwartete Oxidationszahlen.....	321

Kapitel 15 **Intermolekulare Wechselwirkungen – Bedürfnis** **nach Gesellschaft 323**

Kräftevergleich	324
Ion-Dipol-Kräfte	324
Dipol-Dipol-Kräfte.....	325
VAN-DER-WAALS-Kräfte	328



16 Inhaltsverzeichnis

TEIL IV THERMODYNAMISCHE GRUNDLAGEN – WAS GEHT ÜBERHAUPT? 331

Kapitel 16 Die Grammatik der Thermodynamik.....333

Thermodynamisches Vokabular	334
Systeme: offen für alles?.....	334
Innere Energie (U).....	336
Wärme (Q).....	337
Arbeit (W).....	338
Enthalpie (H).....	338
Entropie (S).....	339
Die Hauptsätze.....	346
0. Hauptsatz – der Gleichmacher.....	346
1. Hauptsatz – es geht nichts verloren.....	347
2. Hauptsatz – wohin geht das Ganze?.....	350
3. Hauptsatz – ist am absoluten Nullpunkt alles aufgeräumt?.....	353
Was treibt die Chemie an?	354
Freie Enthalpie und chemisches Gleichgewicht	358
<i>Nur für Streber: Woher kommt das Massenwirkungsgesetz?</i>	<i>358</i>

Kapitel 17 Hier bekommen Sie (noch mehr) Zustände 363

Auf den Unterschied kommt es an	363
Satz von HESS	365
Wer verursacht einen Zustand?	366
Zustandsdiagramme.....	367
Eine Komponente.....	368
Wie viele Phasen sind erlaubt?.....	369
Zwei Komponenten.....	370
Drei Komponenten	372
Noch mehr Phasen.....	373

TEIL V ZUSTANDSFORMEN DER MATERIE 377

Kapitel 18 Gase.....379

Gase machen Druck.....	380
BOYLE-MARIOTTE – gut komprimiert	380
GAY-LUSSAC – hier wird's kalt	381
AVOGADRO – der Teilchenzähler.....	382

Inhaltsverzeichnis 17

Das ideale Gasgesetz	384
DALTON – wie groß ist der Druck?	384
Die Realität von Gasen	385
<i>Nur für Streber: Gase genauer betrachtet – die kinetische Gastheorie</i>	386

Kapitel 19 Flüssigkeiten 389

Erkennungsmerkmale	389
Auf der Flucht	390
Dampfdruck	391
Links und rechts über den Rand geschaut	392
Hier wird's kritisch	393
Viskosität	394
Oberflächenspannung	396

Kapitel 20 Lösungen 401

Eine Lösung wird gesucht	402
Lösungswärme	404
Die Löslichkeit ist beeinflussbar	406
... durch Temperatur	407
... durch Druck	408
Dies hängt von der Konzentration ab	409
Dampfdruckerniedrigung	410
So wird der Siedepunkt erhöht	411
So wird der Gefrierpunkt erniedrigt	412
Hier geht es einseitig durch die Wand – Osmose	414
<i>Nur für Streber: Immer diese Thermodynamik</i>	415
Siedepunktserhöhung	416
Gefrierpunktserniedrigung	417
Osmotischer Druck	417

Kapitel 21 Feststoffe 419

Sind wir jetzt ordentlich oder nicht? – Kristallin oder amorph	419
Gitter für Fortgeschrittene	420
Alles schön symmetrisch?	420
Idealkristalle – ein Denkfehler?	427
Polymorphie – Festkörper-Lego [®]	430
Nass oder trocken? – Kristallwasser im Festkörper	431
<i>Nur für Streber: Symmetrie in der Chemie, Teil 2 – im Gitter</i>	433
Translationssymmetrie	433
Punktgruppen im Kristall	434



18 Inhaltsverzeichnis

Raumgruppen	435
So anders, und doch gleich!	436
Bei Kristallen läuft die Symbolik anders!	438

TEIL VI CHEMISCHE REAKTIONEN UND ALLES, WAS DAZUGEHÖRT 441

Kapitel 22 Stöchiometrie – wie viel reagiert denn da? 443

Warum Reaktionsgleichungen?	444
Oft geht Probieren über Studieren	446
Bilanzierung der Elemente	447
Lohnt sich das überhaupt?	448
Ausbeuteberechnungen	449
Limitierende Faktoren: Hier werden Grenzen gesetzt	449

Kapitel 23 Die Zeit läuft – wie schnell ist eine Reaktion? 453

Was ist überhaupt Reaktionsgeschwindigkeit?	454
Erledigung der Formalitäten – Ordnung muss sein	456
Geht's nicht schneller?	459
Diese Größen können Sie ändern	460
Wenn Katalysatoren mitmischen	461
<i>Nur für Streber:</i> Reaktionsgeschwindigkeit mit Quantität	463
Wie rechnen Sie denn so etwas aus?	464
Experimentelle Kinetik	465

Kapitel 24 Ein ewiges Hin und Her – das chemische Gleichgewicht 469

Von wegen Ruhe – hier ist alles dynamisch	469
Der Weg zum Massenwirkungsgesetz (MWG)	472
Chemie – keine Kämpfernatur: Rückzug garantiert	476
Einfluss der Konzentration	476
Einfluss des Drucks	478
Einfluss der Temperatur	479
Gesättigte Lösungen – das Löslichkeitsprodukt	481
Was ist Löslichkeit?	483

Kapitel 25 Geben und nehmen – Säure/Base-Gleichgewichte 487

Für alles gibt es Konzepte	488
ARRHENIUS	488
BRØNSTED/LOWRY	489
LEWIS	491



Inhaltsverzeichnis 19

Wenn Wasser sonst nichts zu tun hat.....	493
Autoprotolyse.....	493
Ionenprodukt des Wassers.....	494
Der <i>pH</i> -Wert.....	495
Lebenslang verheiratet – die Säure/Base-Paare.....	496
Säurestärke und pK_s -Wert.....	497
Wozu ist <i>diese</i> Tabelle gut?.....	498
<i>pH</i> -Wert-Berechnung.....	504
So geht es genau.....	505
Der mühselige Weg – wenn Sie es gründlich durchdenken wollen.....	506
»Kleinigkeiten« vernachlässigen wir mal.....	507
Macht die Neutralisation neutral?.....	511
Salze in wässriger Lösung.....	512
<i>pH</i> -Wert-Bestimmung.....	513
Titrationen – alle Facetten.....	516
Starke Säure / starke Base – starke Base / starke Säure.....	517
Schwache Säure / starke Base – schwache Base / starke Säure.....	518
Schwache Säure / schwache Base – ist das sinnvoll?.....	519
Mehrprotonige Säuren.....	520
Eine Frage der Auftragung.....	520
Ein Logarithmus ist nicht genug: das HÄGG-Diagramm.....	523
Kartoffelpuffer können so etwas nicht.....	524
Puffergleichung nach HENDERSON-HASSELBALCH.....	525
Existenzbedrohende Umstände.....	526
Wie funktioniert eine Pufferlösung?.....	527
Hohe Leitfähigkeit.....	531

Kapitel 26**Chemie unter Strom – Elektrochemie..... 533**

Auch hier im Doppelpack.....	534
Nützliche Oxidationszahlen.....	535
Wie wird eine Redox-Gleichung aufgestellt?.....	538
Hat durchaus Potential.....	541
Die Spannungsreihe.....	542
Die NERNST'sche Gleichung.....	546
Was Redox-Paare sonst noch so können.....	550
Batterien? – Kenne ich!.....	550
Galvanische Elemente.....	551
Konzentrationszellen.....	555
Wenn Gewalt im Spiel ist – die Elektrolyse.....	556
Damit lässt es sich zersetzen.....	559
FARADAY – nicht nur an den Käfig denken.....	559
Was <i>ist</i> denn nun eine Batterie?.....	560



20 Inhaltsverzeichnis

TEIL VII STOFFCHEMIE – JETZT WIRD ES KONKRET 563

Kapitel 27

-id, -it, -at – wie denn nun?	565
Das Kind bekommt einen Namen	565
Umgang mit Kationen?	569
Spitznamen – gar nicht trivial	570

Kapitel 28

Elemente allein zu Haus	573
Allotropie – Polymorphie für Einzelgänger	573
Kohlenstoff und mehr	573
Es bleibt luftig – Sauerstoff	575
Was <i>der</i> alles kann! – Schwefel	576
Und weiter unten im PSE?	578
Ganz schön ähnlich – Phosphor und Arsen	579
Mit uns spielt ja keiner – oder doch? Die Edelgase	583
Noch mehr Gewalt anwenden?	583

Kapitel 29

Wenn Salzbildner keine Salze bilden – die Chemie der Halogene	589
Unter Ihresgleichen	590
Salzsäure und Co. – die Halogenwasserstoffe HX	592
Sauer mit Sauerstoff	593
Halogenoxide und »Säurevorstufen«	595
Halogene und der Rest des Periodensystems	596

Kapitel 30

Mehr als nur Atemluft – Sauerstoff & Co.	599
Wasserstoffoxide – H ₂ O und darüber hinaus	599
Wenn Sauerstoff mit seinen Geschwistern spielt	601
SO ₂ , SO ₃ ... geht das so weiter?	601
Multitalent Schwefel	602
Der Rest der 6. Hauptgruppe	604
Wenn Stickstoff auf die Chalkogene trifft	606
Ich krieg' keine Luft mehr! – Stickoxide und SN-Verbindungen	606
Schwefel und Stickstoff – eine vielseitige Kombination	609
Chalkogene und der Rest der 5. Hauptgruppe	611
Phosphor	611
...und die anderen: Schwiegermutter-Ex und mehr	613
Ortho-, Meta- ... – wie es in der <i>Anorganik</i> verwendet wird	615
Chalkogene und die 4. Hauptgruppe	616
Wenn Salzbildner auf Erzbildner treffen – Chalkogene und Halogene	618
Sie heißen ja nicht umsonst »Erzbildner«	619





Inhaltsverzeichnis 21

Kapitel 31 Ammoniak und mehr – die 5. Hauptgruppe 621

Was der Stickstoff so alles kann!	622
Angefangen hat es mit Ammoniak	623
So anders, obwohl sie in der gleichen Hauptgruppe sind!	629
Das ergänzt sich prima: Stickstoff und Phosphor	632
Von niedermolekular zu hochmolekular – geometrisch betrachtet	633

Kapitel 32 Unfassbar viele Möglichkeiten mit Kohlenstoff & Co. 635

Kohlenstoff und was er kann	636
Kohlenoxide und LE CHATELIER	638
Glas und Computerchips: Silicium	639
Leitend oder nicht-leitend – das ist hier die Frage	640
Silicium: wirklich der große Bruder vom Kohlenstoff	642
Chemie-Lego [®] mit Silicium	642
Jetzt ist alles glasklar: SiO ₂	643
Ein Säureanhydrid ... und was daraus werden kann	644
Wenn die dritte Hauptgruppe mitspielt	646
Glas ist nicht gleich Glas	650
Und weiter im Periodensystem: Germanium, Zinn und Blei	653
»Das ginge schon, aber es geht nicht!« (K. VALENTIN): der Effekt des inerten Paares	653

Kapitel 33 Hier mangelt's gewaltig – die 3. Hauptgruppe 655

Das hat man davon, wenn's nicht reicht: Elektronenmangelverbindungen	655
Haste mal'n Elektron, Alter? – Bor als π -Elektronen-Schnorrer	656
Man einigt sich gütlich – Addukte	657
Was weiß denn Mr. LEWIS schon? – Unbeschreibliche Mehrzentren- bindungen	660
Borane – unendliche Vielfalt	666
Die WADE-Regeln	667
Wenn andere Elemente mitmischen – Heteroborane	669
Zwischen den Welten: das Halbmetall Bor	670
...kann auch wie ein richtiges Metall!	670

Kapitel 34 Metalle in Haupt- und Nebengruppen 673

Welche Ladung darf's denn sein?	673
Immense Vielfalt: Übergangsmetalle	674
Kaum unterscheidbar: Lanthanoide	679
Bündnis für mehr negative Ladungen	681
Im Team: Legierungen – und darüber hinaus	684
Gleich und gleich gesellt sich gern: Intermetallische Phasen	685
Echte kovalente Metall-Metall-Bindungen? – Cluster	687





22 Inhaltsverzeichnis

TEIL VIII ORGANISCHE CHEMIE – CHEMIE-LEGO® FÜR FORTGESCHRITTENE 693

Kapitel 35 Aus alt mach neu – aus AC wird OC 695

Vielfalt trotz weniger unterschiedlicher Bausteine.....	698
Fangen wir klein an: Methan und was man damit machen kann	699
Nur C und H – und trotzdem so viele verschiedene Kohlenwasserstoffe...	701
Wie heißt denn das? – Systematische Nomenklatur.....	704
Was für zappelige Dinger!.....	705
Mal anders gesehen – Projektionsmethoden für Konformere.....	706
Was Sie schon kennen – in neuem Lichte betrachtet.....	708
Das Methyl-Anion.....	709
Das Methyl-Kation.....	710
Das Methyl-Radikal.....	712
Redox in der OC.....	713
Eigentlich gar nicht so unübersichtlich!.....	713
Wie schlau sind wir schon? – Eine Zwischenbilanz.....	714

Kapitel 36 Partnertausch in der OC..... 717

Gar nicht politisch: Freie Radikale.....	717
Startreaktion (Initiation).....	718
Kettenfortpflanzung (Propagation).....	719
Kettenabbruch (Termination).....	721
Elektronisches Tauziehen.....	723
Effektvolle Chemie: der Induktive Effekt.....	724
Bild und Spiegelbild – Stereochemie.....	725
Das geht zapp-zapp! – Das CIP-System.....	729
Und dann auch noch mehrmals!.....	733
Partnertausch auf anderem Wege: die Nucleophile Substitution.....	736
Variante 1: Alle gleichzeitig!.....	737
Variante 2: Schön eins nach dem anderen.....	739
Noch ein Wechselspiel der Kräfte – kinetisch versus thermodynamisch.....	741

Kapitel 37 Erst die Scheidung, dann die Unzufriedenheit..... 745

Wenn man sich in der Chemie trennt: die Eliminierung.....	745
Auf einen Schlag: E2.....	747
Langsam und bedächtig: E1.....	749
Der Anfang einer neuen Beziehung.....	751
Mehr Doppelbindungen = mehr Spielregeln zum Benennen.....	754
Wenn Doppelbindungen einander bemerken.....	755
Konjugation führt zu Mesomerie.....	756
Wohin denn jetzt? – Mesomerie und die 1,2- und 1,4-Addition.....	757



Inhaltsverzeichnis 23

Jenseits der Doppelbindung	760
Kann sich der Wasserstoff bitte mal entscheiden?	762
<i>Nur für Streber: MO in der OC?</i>	764
Mein Name ist HÜCKEL. ERICH HÜCKEL.	764

Kapitel 38**Der Herr der Ringe 771**

Wenn der Kohlenstoff unter sich bleibt	771
Es wird spannend	773
Mehr Abwechslung	779
Substitutionsnomenklatur (»a-Nomenklatur«)	779
Das HANTZSCH-WIDMAN-System	779
Wenn sich Mehrfachbindungen häufen	781
Spielregeln müssen sein	783
Partnertausch am Ring	784
Mesomere Effekte	786
Was einmal klappt, klappt auch mehrmals: die Zweitsubstitution	788
Das muss doch auch anders gehen! – Ring-Varianten	789
Mehr als ein einzelner Ring – Polycyclische Aromaten	790
Auch andere Atome dürfen mitspielen!	793
Farbigkeit – ein ewiges Geben und Nehmen?	797
<i>Nur für Streber: Herr HÜCKEL! Sie schon wieder?</i>	800
Aromat	801
... oder nicht Aromat, das ist hier die Frage	804
Ringelreihen der Orbitale – oder: So einfach geht das?!	806

Kapitel 39**Wenn nicht der Kohlenstoff den Ton angibt 809**

Alkohole – die großen Brüder des Wassers	809
Mehrwertige Alkohole	810
Was <i>können</i> Alkohole denn nun?	811
Wenn der Alkohol mit der Säure	814
Und weiter in der sechsten Hauptgruppe	815
Lego [®] mit Ammoniak – Amine	816
Was der Rest der fünften Hauptgruppe so treibt	817

Kapitel 40**Wenn der Kohlenstoff langsam sauer wird 819**

Nicht die jetzt auch noch! – Organische Redox-Reaktionen!	819
Empfindliche Burschen & Putzmittel: Aldehyde und Ketone	821
Wozu Nachbarn einen treiben können! – Die Aldol-Reaktion	824
Das Vinylogie-Prinzip	831
Jetzt ist er sauer	832
Gleich mehrmals sauer: Oligosäuren	834
Sauer und mehr: Hydroxysäuren und anderes	835
Ganz schön ähnlich: Säurederivate	836



24 Inhaltsverzeichnis

Noch mehr Lego [®]	840
Nichts hält ewig: β -Ketocarbonsäuren	843
Das Kind bekommt einen Namen – Teil 2: Prioritäten bei der Organischen Nomenklatur	844

Kapitel 41

Alles gleichzeitig: Pericyclische Reaktionen 849

Erst auf, dann zu: Elektrocyclische Reaktionen	849
Aus zwei mach eins: Cycloadditionen	855
Grob betrachtet	855
... oder etwas genauer hingeschaut	856
Und wieder zurück: Cycloreversionen	858
Zu wenige Bindungen? Wir ändern den Plan!	858
Und wer kein p-Orbital hat, bleibt draußen? – Sigmatrope Reaktionen	861
Wenn mehr als eine Doppelbindung da ist	862
Was so ein Wasserstoff alles kann! – Die En-Reaktion	863

Kapitel 42

Nur für Streber: Grundlagen der organischen Synthese 869

Wundersame Stoffumwandlung?	870
Noch einmal: Redox	871
Wenn die Kette länger wird	876
Die Aldol-Reaktion – und darüber hinaus	877
Neu! Jetzt mit Aromaten!	882
Neue Lego [®] -Steine	884
Ringelreihen mit Hetero-Atomen	887
Wo soll das alles enden? – Veränderungen	888
Räumlich: Umlagerungen	889
Elektronisch: Umpolungen	890
Stereochemie in der Synthese	893
Wie man den Erfolg quantifiziert	895
Rückwärts gedacht: Retro-Synthese	896
Strategisches Vorgehen ist angesagt	896

Kapitel 43

Nur für Streber: Spiel (fast) ohne Grenzen

– Metallorganik/Elementorganik 903

Kohlenstoff trifft Metall	903
σ -Donor-Liganden	907
σ -Donor-/ π -Akzeptor-Liganden	908
σ/π -Donor-/ π -Akzeptor-Liganden	911
Nicht nur graue Theorie – Metallorganik in der Synthese	913
Was für ein Hin und Her! – Die Alkenmetathese	916
Metall auf Metall – Mehrkernige Komplexe	919
C und der Rest des PSE – wo OC auf AC trifft	921





Inhaltsverzeichnis 25

Formschön: Silicium im Silikon.....	921
Ach, das geht auch?! – Erstaunliche Organoelementchemie.....	923

TEIL IX CHEMIE – DIE WISSENSCHAFT DES LEBENS 925

Kapitel 44

Ach, wie süß! – Traubenzucker und andere Kohlenhydrate... 927

Zwei große Familien.....	927
Zuckersüße Stereochemie.....	928
Auf und zu, auf und zu ... – cyclische Halbacetale.....	932
Immer diese Unentschlossenheit! – Mutarotation.....	936
Und was ist mit Fünfringen? – Ketohehexosen.....	937
Redox an Sacchariden.....	937
Zugleich Carbonylverbindungen <i>und</i> Polyalkohole – Altvertrautes.....	938
Chemie-Lego® mit größeren Bausteinen.....	939
Gleich und gleich gesellt sich gern – aber Ähnlichkeit tut's auch.....	940
...und wenn sie zusammengefügt werden.....	943
Noch mehr Vielfalt bei den Bausteinen.....	945

Kapitel 45

Moleküle, die das Leben schreiben – DNA und RNA..... 949

Ein Schritt nach dem anderen.....	949
Die Ringe allein – Nucleinbasen.....	949
Heterocyclen und Zucker – Nucleoside.....	950
Zusammen mit Phosphor ein unschlagbares Team: Nucleotide.....	951
Und jetzt alle zusammen – Nucleinsäuren.....	951
Der große Bauplan – DNA.....	952
Die Tonleiter des Lebens: G-A-C-T.....	952
Was die Natur damit macht.....	954
Die Transkription: Aus DNA mach RNA – oder: Wo ist das Thymin?.....	955
Die Translation: von RNA zum Polypeptid.....	955

Kapitel 46

Sauer und basisch auf Leben und Tod – Aminosäuren..... 959

Nicht alle Säuren sind einfach nur ätzend!.....	959
Drei-Buchstaben-Code & Ein-Buchstaben-Code.....	962
Der isoelektrische Punkt (pI).....	963
Aminosäuren tun sich zusammen.....	969
Peptide.....	970
Der genetische Code – die universelle Sprache?.....	975
Proteine: Enzyme und mehr.....	977
Leistungsstark, aber empfindlich.....	981
Unerwartet einfach – eine ganz neue Nomenklatur.....	982
Wie arbeiten Enzyme?.....	984





26 Inhaltsverzeichnis

<i>Nur für Streber: Die Mutanten kommen!</i>	984
Leserasterverschiebungen	986
Punktmutationen	986

Kapitel 47

Spüli in der Zellmembran? – Lipide.....**989**

So dünn und so wichtig – Lipid-Doppelschichten	990
Waschmittel – molekular betrachtet	991
Gleich drei Dinge auf einmal – Glyceride	994
Ständig in Bewegung: Die Zellmembran (ein bisschen Biologie)	996

Kapitel 48

Essen und Ausscheiden, Wachsen und Verwesen – alles ist Chemie.....**999**

Warum atmen wir eigentlich?	999
Wasserstoff-Transfer	1000
Kohlenstoff-Zufuhr	1001
Der Stoffwechsel – ein bunter Strauß eigentlich einfacher Reaktionen	1002
Die Transporter – da, wo die Energie gebraucht wird	1003
Was sich mit Traubenzucker so alles machen lässt	1005
Fettabbau und Nutzung	1008
Der Citrat-Cyclus	1009
Ohne Chemie gäb's Skorbit: Krankheiten, chemisch betrachtet	1013
Mangelerscheinungen und ... Meerschweinchen?!	1013
Wenn es nicht an den Lego [®] -Steinen selbst liegt, dann vielleicht an denjenigen, die damit spielen	1014
Leichengifte, Leichenstarre – pure Chemie	1015
Das gehört zum Leben nun einmal dazu	1016
Und wenn es dann vorbei ist	1017
Was uns Pflanzen voraushaben – die Photosynthese	1019
Wie bitte? – Bioorganische Chemie?!	1020
Was die Chemie dem Pharmazeuten beschert – SAR	1025
Gutes aus der Natur	1025
... das nach Bedarf verändert wird	1026

Kapitel 49

Chemie-Lego[®] mit nur einem Baustein? – Terpene, Terpenoide ... und darüber hinaus.....**1037**

Kopf an Kopf, Kopf an Schwanz ... drei Möglichkeiten	1039
Eine große Familie	1041
... mit unerwarteten Verwandten	1053
Woher <i>kommt</i> denn das? – Die Biosynthese des Isoprens	1055



TEIL X ... UND SIE SPEZIALISIEREN SICH DOCH! 1061

Kapitel 50	
Woher <i>weiß</i> man das alles? – Die Analytik macht's möglich	1063
Analytische Chemie im Reagenzglas	1063
Qualitative Analyse (nasschemisch)	1064
Gravimetrie – Aus Qualität mach' Quantität	1064
Maßanalyse – nass und quantitativ	1065
Was wird mit Gemischen gemacht? – Wichtige Trennmethoden	1067
Feststoff trifft auf Flüssigkeit: Flüssigchromatographie	1068
Fest, flüssig, gasförmig – Gaschromatographie	1070
Mit schwerem Gerät	1070
Wenn's um den Spin geht	1071
Wie anregend! Absorption und Emission	1077
Das leuchtet ja von selbst! – Röntgenfluoreszenz	1085
Jetzt wird's ruppig: <i>Noch mehr</i> Energie	1087
Moleküle im Fleischwolf: Massenspektrometrie	1088
Und das war nur der Anfang:	1091

Kapitel 51	
Chemiker und Ingenieure halten zusammen – Technische Chemie	1093
Synthese im Tonnenmaßstab	1095
Temperatur gut kontrolliert?	1096
Große Apparate müssen her	1097
Grundlage: Drei ideale Reaktoren	1099
Der Weg ist das Ziel	1101
Transportunternehmen	1101
Alles fließt	1102
Hier haben Ingenieure das Sagen	1103
Trennung im Gegenstrom	1103

Kapitel 52	
An der Grenze von Chemie und Physik – Kernchemie	1105
Kernumwandlungen	1105
Kernreaktionsgleichungen	1106
Wie viele Protonen verträgt ein Kern?	1108
Kein Platz für Technetium	1110
Radioaktivität	1112
α -Strahlung	1112
β -Strahlung	1113



28 Inhaltsverzeichnis

γ -Strahlung.....	1115
Einheiten der Radioaktivität.....	1116
Gar nicht so ungewöhnlich.....	1116
Halbwertszeit.....	1117
Zerfallsreihen.....	1119
Künstliche Kernumwandlungen.....	1120
Kernspaltung.....	1120
Kernfusion.....	1123

TEIL XI

DER TOP-TEN-TEIL **1125**

Kapitel 53

Gestatten? – Politchemiker! Zehn Spezialgebiete der Chemie.....**1127**

Polymerchemie.....	1127
Umweltchemie.....	1129
Lebensmittelchemie.....	1132
Pharmazeutische Chemie.....	1134
Kolloidchemie.....	1135
Lackchemie.....	1137
Bauchemie.....	1137
Theoretische Chemie.....	1139
Wirtschaftschemie.....	1139
Kosmochemie.....	1141

Kapitel 54

So bitte *nicht!* – Zehn Fettnäpfchen, denen Sie ausweichen sollten.....**1143**

Das Wort »Atom« ist völlig überbewertet!.....	1143
Umdeutungen von Fachtermini.....	1144
Achten Sie auf Ihre Aussprache!.....	1144
Was ist denn CO ² ?!.....	1144
In Formeln sprechen.....	1144
Die guten alten Polyeder.....	1145
Lithium.....	1145
Die Begriffe »oxidieren« und »reduzieren«.....	1145
Manche Substanzen <i>heißen</i> einfach so!.....	1145
Manche Substanzen heißen <i>eben nicht</i> so!.....	1145

Glossar.....**1147**

Lösungen.....**1157**

Stichwortverzeichnis.....**1207**

