

Inhalt

Einleitung.....	V
Inhalt.....	IX

1 Die Basis der Chemie.....	1
Der Weg zum Atom – Warum Materie kein Kontinuum ist	2
Die Substruktur der Atome – Ein Hauch von Nichts.....	4
Die Wellenfunktion im Wasserstoffatom – Elektronen kreisen nicht, sie schwingen.....	6
Das Schalenmodell der Atomhülle – Vom Pauli-Prinzip zu den Orbitalen	8
Das Periodensystem – Ordnung im Zoo der Elemente.....	10
Die Stabilität der Atomkerne – Eine Gratwanderung.....	12
Radioaktive Zerfälle – Atomkerne suchen das Gleichgewicht.....	14
Chemische Reaktionsgleichungen – Die Sprache der Chemie.....	16

Die chemische Bindung – In den Elektronen steckt die Kraft.....	18
Das Wasserstoffmolekül – Elektronenwellen verbinden Atome	20
Was ist Entropie? – Eine Brücke zwischen Mikro- und Makrowelt	22
Die Triebkraft chemischer Reaktionen – Entropie und Gibbs-Energie.....	24
Katalysatoren – Wie man Schwung in eine Reaktion bringt.....	26
Säuren und Basen – Protonen auf Wanderschaft.....	28
pH-Wert und Mol – Wasser ist nicht nur H ₂ O.....	30
Strukturformeln – Wie Moleküle dargestellt werden.....	32
Die Oktettregel – Nützlich aber nicht unumstößlich	34
Benzol – Ein Ring, sie zu binden	36
Die elektrochemische Spannungsreihe – Edle und unedle Metalle	38

2 Vom Urknall zu den Elementen	41
Der Urknall – Startschuss für das Universum	42
Materie im expandierenden Universum – Atome, dunkle Materie und dunkle Energie.....	44

Die nukleare Heliumsynthese – Das frühe Universum als Fusionsreaktor	46
Die ersten Atome – ... und das älteste Licht der Welt	48
Erste Sterne und Galaxien entstehen – Aufbruch zu den schweren Elementen	50
Im Fusionsofen der Sterne – Wie man schwere Elemente macht	52
Supernovae – Explosive Elemententstehung.....	54
Verschmelzung von Neutronensternen – Elementschmiede bei kosmischer Kollision	56
Die Häufigkeiten chemischer Elemente – ... und wie es dazu kommt	58
Spektrallinien – Der optische Fingerabdruck der Elemente	60
Das interstellare Medium – Gas und Staub im Weltraum	62
Molekülwolken – Staubkörner als kosmische Minilabore.....	64
Biomoleküle im Weltall – Auf den Spuren der Ursprünge des Lebens.....	66
Wasser im Sonnensystem – Vom Krater-Eis Merkurs bis zu den Eismonden	68
Meteoriten – Himmlisches Eisen und Widmanstätten-Figuren	70
 3 Chemie der Erde und der Planeten	 73
Woraus bestehen Planeten? – Auf dem Weg in das Energietal.....	74
Das Innere der Erde – Eine Reise in die Tiefe	76
Der Ursprung der Minerale – Eine kurze Entstehungsgeschichte.....	78
Olivin – Das grüne Mineral aus den Tiefen der Erde.....	80
Zirkon – Zeitkapseln aus der Frühzeit der Erde.....	82
Quarz – ... und der Kreislauf des Sandes.....	84
Feldspat – Baustoff der Erdkruste.....	86
Pyroxen, Amphibol und Glimmer – Minerale zwischen Olivin und Quarz	88

Magmatische Gesteine – Basalt, Granit und Co.....	90
Metamorphe Gesteine – Kratone und die ältesten Gesteine der Erde	92
Verwitterung und Tonminerale – Was der Zahn der Zeit übrig lässt	94
Eisensulfid – Vom Wattenmeer zum Katzensgold	96
Meerwasser und Evaporite – Wenn Meere austrocknen	98
Kalk und Dolomit – Wenn Riffe zu Bergen werden	100
Der Carbonat-Silicat-Zyklus – Wo befindet sich das Kohlendioxid der Erde?	102

Treibhausgase – Die Wärmedecke der Erde.....	104
Wandlungsfähiger Kohlenstoff – Graphit und Diamant – zwei ungleiche Zwillinge	106
Methanhydrat – Brennendes Eis	108
Erdöl – Das schwarze Gold aus der Tiefe.....	110
Kohle – Das Erbe urzeitlicher Wälder	112
Titans eisige Welt – Tholine und Seen aus Methan	114
Ios vulkanische Schwefelwelt – Calderen, Lava und Schwefelseen.....	116
Materie unter Druck – Chemie bei beengten Verhältnissen	118
Meteoriteneinschläge – Spurensuche im Gestein.....	120
Globale Massensterben – Wenn die Erde zur Todeszone wird.....	122
Mit Isotopen auf Spurensuche – Was C-13, C-14 und O-18 uns verraten.....	124

4 Entstehung des Lebens.....	127
Wasser – Ein besonderer Stoff.....	128
Entstehung des Lebens – Von Molekülen zu Lebewesen.....	130

Membranen – Wie ein abgeschlossener Reaktionsraum entsteht	132
Schwarze Raucher – Seit Urzeiten bis heute ein Hotspot des Lebens.....	134
Die frühe Erde – Erste Spuren des Lebens	136
RNA-Welt – Vom Makromolekül zur Replikation	138
Chiralität – Wenn Moleküle die Schwingungsebene des Lichts drehen	140
Entropie und Leben – Wie Ordnung im Chaos entsteht.....	142
5 Biochemie.....	145
Die Nanowelt der Zellen – Im Reich der Makromoleküle	146
ATP-Synthase – Der rotierende Energiewandler.....	148
Glykolyse – Wie man aus Zucker Energie gewinnt.....	150
Pyruvat-Oxidation – ... und ein gigantischer Enzymkomplex	152
Der Citratzyklus – Drehscheibe des Stoffwechsels.....	154
Die Atmungskette – Knallgasreaktion in kleinen Schritten	156
Gärung und anaerobe Atmung – Leben ohne Sauerstoff.....	158
Photosynthese – Das Licht der Sonne nutzen	160
Der Calvin-Zyklus – Photosynthese Teil II.....	162
Zellen simulieren – Leben im Computermodell	164
Ribosomen – Molekulare Maschinen für die Proteinproduktion	166
Flagellen, Cilien – ... und der Stammbaum des Lebens.....	168
Motorproteine und Zellskelett – Das Leben braucht Bewegung.....	170
Zucker – Kohlenhydrate sind mehr als nur süß.....	172
Fette – Energiespeicher und Baustoff für Membranen.....	174
Kalium – Eine Banane zu viel?.....	176
Proteine – Vielfältige Moleküle	178
Verdauung – Von Salzsäure über Enzyme bis zum Mikrobiom	180
Alkaloide – Giftige Abwehr bei Pflanzen.....	182
Terpene – Von Lösungsmitteln bis Vitamin A	184
Cellulose – Kohlenhydrate als Baustoff und nachwachsender Rohstoff.....	186

Eisen im Körper – Hämoglobin für den Sauerstofftransport	188
Boten im Nervensystem – Die chemische Signalübertragung.....	190
Drogen im Nervensystem – Konkurrenz um die Rezeptoren	192
Sehen – Mit Licht Moleküle schalten	194
Gifte in der Nahrung – Was Menschen früher (versehentlich) umbrachte.....	196
Geruchsstoffe im grünen Bereich – Chemische Kommunikation liegt in der Luft	198
Biolumineszenz – Was Quallen und Glühwürmchen zum Leuchten bringt	200
Die innere Uhr – Wie uns die Moleküle ticken lassen	202
 6 Chemie in der Menschheitsgeschichte.....	205
Feuer – Roden, Heizen, Trocknen, Licht und Kochen.....	206
Schwarzpulver – Pyrotechnische Anwendungen	208
Porzellan – Das weiße Gold aus China.....	210
Zement – Von Sand und Mörtel zum Baustoff der Römer.....	212
Beton – Baustoff der Moderne.....	214
Metalle unserer Vorfahren – Wie Ötzi zu seinem Kupferbeil kam	216
Alkoholische Gärung – Hefe unter Atemnot.....	218
Vom Alkohol zum Essig – Wenn Wein sauer wird	220
Jagdgifte – Frösche und Pflanzen als Giftlieferanten	222
Gerben – Wie aus Haut Leder wird.....	224
Seifen – Was die Germanen den Römern voraus hatten	226
Naturmedizin – Arzneien aus Wäldern und Wildtieren.....	228
Naturfarben und -lacke – Ausdrucksmittel und Handwerk	230

Kristallfarben – Minerale als Rohstoff für Pigmente	232
Der Stein der Weisen – Alchemie	234
7 Chemie der Moderne.....	237
Stickstoff – Aus der Luft gegriffen: Haber-Bosch-Verfahren.....	238
Dünger – Gegen den Hunger der Millionen	240
Chemische Kampfstoffe – Giftgas und Nervengifte.....	242
Säuren – Ein Rundgang	244
Sprengstoffe – Dynamit, TNT, Hexogen	246
Quecksilber, Cadmium und Blei – Vom Nutzen und Schaden von Schwermetallen	248
Metallurgie – Vom Bergbau bis zu Eigenschaften nach Wunsch.....	250
Seltene Erden – ... sind auch bloß Metalle, aber wertvolle!	252
Aluminium – Das schwer zugängliche Leichtgewicht.....	254
Metalle aus dem Meer – Manganknollen und Tiefseefräsen	256
Korrosion – Wenn Sauerstoff einen alt aussehen lässt.....	258
Kupfer und Gold – Abbau und Gewinnung	260
Silicium und seine Oxide – Facetten eines universellen Gerüstbildners.....	262
Methan und Ethen – Fossile Alkane, Alkene und Petrochemie	264
Zeolithe – Katalysatormaterial und Wasserenthärter.....	266
Methanol und Ethanol – Alkohole für Kraftstoffe.....	268
Farbstoffe – Es ist alles so schön bunt hier.....	270
Ozon – Am Boden gefährlich, darüber unentbehrlich	272
Selbstreinigende Oberflächen – Wasser und Schmutz einfach loswerden	274

Ionische Flüssigkeiten – Flüssige Salze	276
Kunststoffe – Mit Neugier und Glück zu neuen Stoffen	278
Antibiotika – Mit den Waffen der Pilze gegen Bakterien	280
Glyphosat – Der umstrittene Unkraut-Killer	282
Tenside – Aktiv an Oberflächen	284
Maillard-Reaktion – Röststoffe: kross und duftend	286
Lebensmittelzusätze – Verdickungsmittel, Konservierungsstoffe und mehr	288
Kaffee – Ein Extrakt aus gerösteten Bohnen	290
Emulgatoren – Das Gelbe vom Ei in Saucen	292
Kaltes Leuchten – Fluoreszenz, Phosphoreszenz und Chemilumineszenz	294
8 Chemischer Ausblick	297
Fullerene – Nano-Fußbälle aus Kohlenstoff	298
Kohlenstoff-Nanoröhren – Aufgerollter Kohlenstoff	300
Graphen – Hauchdünne Lagen aus Kohlenstoff	302
Der Weltraumlift – Fahrstuhl zu den Sternen	304
Molekulare Maschinen – Wie man sie entwirft und baut	306
Werkzeuge aus Keramiken – Messerscharf und härter als Stahl	308
Fluoreszenzmikroskopie – Mit Leuchtfarbstoffen jenseits der Auflösungsgrenze	310
Kryo-Elektronenmikroskopie – Tiefe Einblicke in die Nanowelt des Lebens	312
Spinnenseide – Aus der Natur zur Biofabrikation	314
Aerogel – Ein anorganisches Leichtgewicht	316
Das gentechnische Werkzeug CRISPR – Mit Geneditierung Krankheiten herauschneiden?	318
Das Periodensystem der Elemente	320
Bildnachweis	321
Index	331