

## Grundlagen

Atombau und Periodensystem	6
Salze und Ionenbindung	8
Die Energiebilanz der Salzbildung	10
Moleküle und Elektronenpaarbindung	12
Formalladungen	14
Metalle und Metallbindung	15
Wechselwirkungen zwischen Atomen, Molekülen und Ionen	16
Die Stoffmenge und die molare Masse	18
Die Stoffmengenkonzentration	20
Größen und Größengleichungen	22
Chemisches Rechnen	24
Potenzen und Logarithmen	26
Hinweise zu den Arbeitsaufträgen	28

## 1 Chemische Energetik

1.1 Systeme und Größen der chemischen Energetik	30
1.2 Innere Energie und Enthalpie	32
1.3 Kalorimetrie	34
1.4 Kalorimetrische Ermittlung von Enthalpien	36
1.5 Enthalpie und Aggregatzustände	38
1.6 Verbrennungsenthalpien	39
1.7 Bildungsenthalpien und Reaktionsenthalpien	40
1.8 Lösungsenthalpien	44
1.9 Die Richtung spontaner Vorgänge	46
1.10 Reaktionsentropien	49
1.11 Entropie und Wahrscheinlichkeit	50
1.12 Die freie Enthalpie	51
1.13 Entropie und Leben	53
1.14 Metastabile Systeme und Katalyse	54
1.15 Methan-Herstellung (Power to Gas)	56
1.16 Technische Herstellung von Essigsäure	58
1.17 Freie Enthalpie und chemisches Gleichgewicht	59
1.18 <b>Durchblick Zusammenfassung und Übung</b>	60

## 2 Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht

2.1 Die Geschwindigkeit von Reaktionen	64
2.2 Einfluss der Konzentration und des Zerteilungsgrads	66
2.3 Reaktionsgeschwindigkeit und Konzentration	67
2.4 Reaktionsgeschwindigkeit und Zerteilungsgrad	68
2.5 Energieverlauf beim Wechseln eines Bindungspartners	69
2.6 Reaktionsgeschwindigkeit und Temperatur	70

2.7 Katalyse	72
2.8 Einfluss der Temperatur und von Katalysatoren	74
2.9 Enzyme	75
2.10 Chemische Reaktion und Gleichgewichtseinstellung	76
2.11 Umkehrbarkeit und Gleichgewicht	78
2.12 Gleichgewichtseinstellung im Modell	79
2.13 Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts	80
2.14 Fließgleichgewichte	84
2.15 Die Ammoniak-Synthese	85
2.16 FRITZ HABER	88
2.17 Das Massenwirkungsgesetz	89
2.18 Berechnungen zum Massenwirkungsgesetz	92
2.19 Löslichkeitsgleichgewichte und Nachweis von Ionen	94
2.20 Aggregatzustände und Gleichgewichte	96
2.21 <b>Durchblick Zusammenfassung und Übung</b>	97

## 3 Säure-Base-Reaktionen

3.1 Die Säure-Base-Theorie nach BRØNSTED	100
3.2 Autoprotolyse des Wassers und pH-Wert	102
3.3 Die Stärke von Säuren und Basen	105
3.4 Einfluss der Molekülstruktur auf die Säure- und Basenstärke	108
3.5 Protolysen bei Nachweisreaktionen	110
3.6 Nachweisreaktionen	111
3.7 Säurestärke und pH-Wert saurer Lösungen	112
3.8 Basenstärke und pH-Wert alkalischer Lösungen	113
3.9 Protolysen in Salzlösungen	114
3.10 Puffersysteme	116
3.11 Titration mit Endpunktbestimmung	119
3.12 pH-metrische Titration	120
3.13 Halbtitration	122
3.14 Titration und Indikatoren	123
3.15 Konduktometrische Titration	124
3.16 Titrations im Vergleich	126
3.17 Konzentrationsberechnungen	127
3.18 Säuren und Basen in Produkten des Alltags	128
3.19 <b>Durchblick Zusammenfassung und Übung</b>	130

## 4 Redoxreaktionen und Elektrochemie

4.1 Oxidation und Reduktion	134
4.2 Oxidationszahlen und Redoxgleichungen	136
4.3 Aufstellen einer Redoxgleichung	137
4.4 Redox titrationen	138

■ 4.5	Iodometrie und Permanganometrie	139
4.6	Die Redoxreihe	140
4.7	Galvanische Zellen	141
4.8	Die elektrochemische Spannungsreihe	144
4.9	Ionenkonzentration und Spannung	147
■ 4.10	Spannungen und Potenziale	148
4.11	Die Nernst-Gleichung	149
■ 4.12	Bestimmung extrem kleiner Konzentrationen	152
■ 4.13	Berechnung einer Potenzialdifferenz	153
■ 4.14	Spannung galvanischer Zellen und freie Enthalpie	154
4.15	Elektrolysen in wässrigen Lösungen	156
4.16	Die Alkalichlorid-Elektrolyse	159
4.17	Gewinnung von Zink	160
4.18	Gewinnung von Aluminium	161
4.19	Quantitative Betrachtung der Elektrolyse	162
■ 4.20	Recycling und Wertstoffkreisläufe	164
4.21	Batterien	166
■ 4.22	Primärzellen	168
4.23	Akkumulatoren	169
4.24	Wasserstoff – Energieträger und Reduktionsmittel	172
4.25	Brennstoffzellen und heterogene Katalyse	174
4.26	Energiespeicherung	176
■ 4.27	Experimente mit Brennstoffzellen	178
4.28	Korrosion und Korrosionsschutz	179
■ 4.29	Komplexverbindungen beim Nachweis von Metall-Ionen	182
■ 4.30	Korrosion	184
■ 4.31	Korrosionsschutz	186
4.32	<b>Durchblick Zusammenfassung und Übung</b>	187

## 5 Kohlenstoff und Kohlenwasserstoffe

■ 5.1	Kohlenstoff – ein vielseitiges Element	190
5.2	Riesenmoleküle aus Kohlenstoff-Atomen	192
5.3	Erdgas und Erdöl	194
5.4	Methan – Hauptbestandteil von Erdgas und Biogas	196
5.5	Die Alkane – eine homologe Reihe	198
5.6	Die Alkane – Nomenklatur	199
■ 5.7	Dem Bau des Methan-Moleküls auf der Spur	200
5.8	Die Alkane – räumlicher Bau	201
5.9	Die Alkane – Struktur-Eigenschafts-Beziehungen	202
■ 5.10	Lernzirkel Alkane	205
5.11	Ethen und die homologe Reihe der Alkene	206
5.12	Die Vielfalt der Kohlenwasserstoffe	208
■ 5.13	Vom Ethen zum Polyethen	210
5.14	<b>Durchblick Zusammenfassung und Übung</b>	211

## 6 Organische Sauerstoff-Verbindungen

■ 6.1	Alkoholische Gärung	214
6.2	Die Herstellung von Alkohol	215
6.3	Alkohol – Genussmittel und Alltagsdroge	216
■ 6.4	Untersuchung von Ethanol	218
6.5	Der Aufbau des Ethanol-Moleküls	219
6.6	Ethanol – Eigenschaften und Verwendung	220
■ 6.7	Super E10 – Bioethanol als Treibstoffzusatz	222
6.8	Die Alkanole	224
6.9	Alkanole – Eigenschaften und Verwendung	226
■ 6.10	Nachweis von Alkoholen	228
■ 6.11	Alkohole als Emulgatoren in Cremes	229
6.12	Mehrwertige Alkohole	230
■ 6.13	Lernzirkel Alkohole	232
■ 6.14	Wichtige Ether	233
■ 6.15	Oxidationszahlen in organischen Verbindungen	234
6.16	Oxidation von Alkoholen	236
■ 6.17	Nachweis von Aldehyden	237
6.18	Aldehyde und Ketone	238
6.19	Komplexverbindungen beim Nachweis von Aldehyden	240
■ 6.20	Vom Alkohol zum Katerfrühstück	242
■ 6.21	Vergiftungen durch Methanol	243
6.22	Essig und Essigsäure	244
■ 6.23	Essig im Alltag	246
■ 6.24	Essigsäure – genauer betrachtet	247
6.25	Carbonsäuren	248
6.26	Säurestärke von Carbonsäuren	250
■ 6.27	Aufstellen einer Redoxgleichung mit organischen Molekülen	251
6.28	Organische Säuren in der Natur	252
■ 6.29	Organische Säuren in Lebensmitteln	253
6.30	Veresterung und Esterspaltung	254
6.31	Verwendungen und Vorkommen von Carbonsäureestern	256
6.32	Konservierungsstoffe und Säuerungsmittel	258
■ 6.33	Ester, Aldehyde und Ketone	260
■ 6.34	Duft- und Aromastoffe im Überblick	261
■ 6.35	Gewinnung von Aromastoffen	262
6.36	<b>Durchblick Zusammenfassung und Übung</b>	264

# 7 Reaktionswege und Reaktionsmechanismen der organischen Chemie

7.1	Gewinnung von Kohlenwasserstoffen aus Erdöl	268
7.2	Motorenbenzin und Dieselmotoren	270
7.3	Kohlenwasserstoffe und Reaktionstypen	274
■ 7.4	Geometrie und Isomerie organischer Moleküle	276
■ 7.5	Moleküldarstellungen mit Tablet und PC	278
7.6	Halogenierung von Alkanen – radikalische Substitution	280
7.7	Produktvielfalt durch nucleophile Substitution	283
7.8	Vom Alkohol zum Alken – Eliminierungsreaktion	286
7.9	Reaktionen der Alkene – elektrophile Addition	288
7.10	Die Veresterung – eine Additions-Eliminierungsreaktion	290
7.11	Esterbildung und Esterspaltung – Steuerung der Reaktion	292
7.12	Vom C4-Schnitt zu organisch-chemischen Synthese	294
7.13	Chemische Reaktion und Chiralität	295
■ 7.14	Nachweise von funktionellen Gruppen	296
■ 7.15	Synthetische Kohlenwasserstoffe und E-Fuels	298
■ 7.16	Synthesen und Katalysatoren	299
7.17	<b>Durchblick Zusammenfassung und Übung</b>	300

# 8 Aromaten

8.1	Benzol – ein Aromat	304
8.2	Bindungsverhältnisse im Benzol-Molekül	306
8.3	Mesomerie und Aromatizität	308
8.4	Beispiele für Aromaten	309
■ 8.5	Das Benzol-Molekül im Orbital-Modell	310
8.6	Halogenierung von Benzol – elektrophile Substitution	313
8.7	Benzol-Derivate	314
8.8	Reaktionstypen und -mechanismen im Vergleich	316
8.9	Zweitsubstitution an Aromaten	320
■ 8.10	ASS – ein Jahrhundertarzneimittel	322
■ 8.11	Acetylsalicylsäure	323
■ 8.12	Wirkungsweise von Schmerzmitteln	324
■ 8.13	Aromaten im Alltag	326
8.14	<b>Durchblick Zusammenfassung und Übung</b>	327

# 9 Kunststoffe und Nanomaterialien

9.1	Eigenschaften und Strukturen der Kunststoffe	330
9.2	Radikalische Polymerisation	332
9.3	Polykondensation	336
9.4	Polyaddition	338
9.5	Verarbeitung von Kunststoffen	340
■ 9.6	Kunststoffe im Alltag	342

■ 9.7	Kunststoffmüll – Endstation Meer?	344
■ 9.8	Klebstoffe	345
9.9	Verwertung von Kunststoffabfall	346
■ 9.10	Kompetent bewerten und entscheiden	348
■ 9.11	Polypropylen – ein technischer Weg zum Massenprodukt	350
■ 9.12	Silikone	352
■ 9.13	Biologisch abbaubare Kunststoffe	354
■ 9.14	Carbonfasern	355
9.15	Herstellung und Eigenschaften von Nanomaterialien	356
9.16	Nanomaterialien aus Kohlenstoff	350
■ 9.17	Nanochemie	360
9.18	Nanomaterialien in der Anwendung	262
9.19	<b>Durchblick Zusammenfassung und Übung</b>	264

# 10 Naturstoffe

10.1	Aufbau und Eigenschaften der Fette	368
10.2	Fette als Nährstoffe und Treibstoffe	370
10.3	Fette und Additionsreaktionen	372
■ 10.4	Fette	375
10.5	Spiegelbildisomerie und optische Aktivität	376
10.6	Fischer-Projektionsformeln	378
10.7	Halbacetale und Vollacetale	380
10.8	Klassifizierung der Kohlenhydrate	381
10.9	Glucose und Fructose	382
■ 10.10	Zuckerersatzstoffe	385
10.11	Maltose, Saccharose, Lactose	386
10.12	Stärke und Cellulose	388
■ 10.13	Cyclodextrine	390
■ 10.14	Stärke – nicht nur zum Essen	391
■ 10.15	Kohlenhydrate	392
10.16	Strukturen der Aminosäuren	394
10.17	Der isoelektrische Punkt	396
10.18	Trennung von Aminosäuren	397
■ 10.19	Aminosäuren im Alltag	398
10.20	Peptide und Peptidbindung	399
10.21	Struktur von Peptiden und Proteinen	400
■ 10.22	Proteinstrukturen im Alltag	402
10.23	Eigenschaften und Nachweis von Proteinen	403
10.24	Denaturierung von Proteinen	404
■ 10.25	Neue Proteine aus Bestandteilen der Nahrung	405
■ 10.26	Bedeutung von Proteinen	406
■ 10.27	Kohlenhydrate und Proteine in der Küche	408
10.28	Nucleinsäuren – vom Gen zum Protein	410
10.29	<b>Durchblick Zusammenfassung und Übung</b>	414

# 11 Seifen und Waschmittel

■ 11.1	Herstellung von Seife	418
11.2	Verseifung von Fetten	419
11.3	Seifen als waschaktive Stoffe	420

11.4	Der Waschvorgang	423
11.5	Tenside als waschaktive Stoffe	424
11.6	Inhaltsstoffe von Waschmitteln	426
■ 11.7	Seifenblasen	430
11.8	<b>Durchblick Zusammenfassung und Übung</b>	431

## 12 Organische Farbstoffe 433

12.1	Licht und Farbe	434
12.2	Struktur und Farbe	436
■ 12.3	Farbe entsteht im Kopf	438
12.4	Farbstoffklassen	439
12.5	Lebensmittelfarbstoffe	444
■ 12.6	Farbstoffe in Lebensmitteln	446
12.7	Färbeverfahren	448
■ 12.8	Färben von Textilien	450
■ 12.9	Die Farbstoff-Solarzelle	452
12.10	<b>Durchblick Zusammenfassung und Übung</b>	454

## 13 Das Orbitalmodell 457

13.1	Atommodelle im 20. Jahrhundert	458
■ 13.2	Elektronen als stehende Wellen	460
13.3	Atomorbitale	464
13.4	Molekülorbitale und Hybridisierung	467
■ 13.5	Hybridisierung im Benzol-Molekül	471
13.6	<b>Durchblick Zusammenfassung und Übung</b>	472

## 14 Komplexverbindungen 473

14.1	Das Phänomen der Komplexverbindungen	474
14.2	Komplexe – Struktur und Bindung	476
14.3	Gleichgewichtsreaktionen bei Komplexverbindungen	478
■ 14.4	Komplexreaktionen	480
14.5	Komplexverbindungen in Labor und Technik	482
14.6	Komplexverbindungen in der Natur	486
14.7	<b>Durchblick Zusammenfassung und Übung</b>	488

## 15 Stoffe im Fokus von Umwelt und Klima 489

15.1	Kohlenstoffoxide und Kohlensäure	490
15.2	Carbonate und Hydrogencarbonate	492
■ 15.3	Natürliche und technische Kalkkreisläufe	494
■ 15.4	Kalk und Wasserhärte	496
15.5	Der Kreislauf der Kohlenstoff-Atome	498
■ 15.6	Versuche mit Kohlenstoffdioxid	501
15.7	Kohlenstoffdioxid im Ozean	502
15.8	Erdatmosphäre und Treibhauseffekt	504
■ 15.9	Landwirtschaft und Böden als Klimafaktoren	506

■ 15.10	Erneuerbare Energiequellen	508
■ 15.11	Speicherung – eine Lösung des CO <sub>2</sub> -Problems?	510
■ 15.12	Polarforschung	511
15.13	Chemische Reaktionen in der Troposphäre	512
15.14	Ozon in der Stratosphäre – die Ozonschicht	514
15.15	Pflanzenwachstum und Mineralstoffangebot	515
15.16	Sulfate – Salze der Schwefelsäure	516
15.17	Salpetersäure und Nitrate	517
15.18	Der Kreislauf der Stickstoff-Atome	518
15.19	Phosphorsäure und Phosphate	519
15.20	Der Kreislauf der Phosphor-Atome	520
15.21	Mineraldünger	521
■ 15.22	Untersuchung eines Mineraldüngers	522
15.23	Belastung der Umwelt durch Nitrate und Phosphate	523
15.24	Bodenuntersuchung	524
■ 15.25	Untersuchung eines Bodens	525
■ 15.26	Wasseruntersuchung	526
15.27	<b>Durchblick Zusammenfassung und Übung</b>	528

## 16 Analytik und Spektroskopie 531

■ 16.1	Qualitative Analyse organischer Verbindungen	532
16.2	Qualitative Analysemethoden – ein Überblick	533
■ 16.3	Konzentrationsermittlung durch Säure-Base-Titration	534
■ 16.4	Titration – Maßanalyse	535
16.5	Gaschromatografie	536
16.6	Dünnschichtchromatografie	538
16.7	Massenspektrometrie	540
16.8	Kolorimetrie und Fotometrie	542
16.9	Infrarotspektroskopie	546
16.10	NMR-Spektroskopie	548
16.11	Röntgenstrukturanalyse	550
16.12	<b>Durchblick Zusammenfassung und Übung</b>	552

### Basiskonzepte 555

Stoffe, Teilchen, Eigenschaften	556
Chemische Reaktion	560
Energie	564

### Anhang 566

Die Kennzeichnung von Chemikalien	566
Gefahren- und Sicherheitshinweise: H- und P-Sätze	568
Entsorgung von Chemikalienabfällen	570
Formeln, Reaktionsgleichungen, funktionelle Gruppen	572
Isomeriearten – eine Übersicht	574
Tabellen	575
Stichwortverzeichnis	578
Bildquellenverzeichnis	590
Periodensystem der Elemente	594