

1	Stoffe und Stoffsysteme (Lernfelder 1, 2)	11
1.1	Stoffe	12
1.1.1	Chemische Elemente	13
1.1.2	Chemische Verbindungen	16
1.2	Reinstoffe	17
1.3	Stoffgemische	17
1.3.1	Homogene Gemische	17
1.3.2	Heterogene Gemische	18
1.4	Aggregatzustände	19
1.4.1	Gasförmiger Zustand	19
1.4.2	Flüssiger Zustand	20
1.4.3	Fester Zustand	20
1.4.4	Weitere Zustandsformen	21
1.5	Physikalisch messbare Stoffgrößen	22
1.5.1	Internationales Einheitensystem	22
1.5.2	Wärme	24
1.5.3	Temperatureinheiten	24
1.5.4	Messgeräte zur Temperaturbestimmung	26
1.5.5	Masse m	28
1.5.6	Volumen V	33
1.5.7	Stoffdichte ρ	37
1.5.8	Stoffmenge n	45
1.6	Stoffeigenschaften	46
1.6.1	Schmelztemperatur	46
1.6.2	Siedetemperatur	48
1.6.3	Löslichkeit L	49
1.6.4	Viskosität η	49
1.6.5	Oberflächenspannung σ	52
	Aufgaben zu Kapitel 1	52
2	Stofftrennverfahren (Lernfeld 2)	54
2.1	Sortieren und Klassieren	56
2.1.1	Magnetsortieren	57
2.1.2	Dichtesortieren	57
2.1.3	Flotieren	57
2.1.4	Siebklassieren	58
2.1.5	Sichten	59
2.2	Sedimentieren und Dekantieren	60
2.3	Zentrifugieren	61
2.4	Filtrieren	62
2.5	Extrahieren	64
2.5.1	Fest-Flüssig-Extraktion	65
2.5.2	Flüssig-Flüssig-Extraktion	66
2.6	Absorbieren, Adsorbieren, Desorbieren	70
	Aufgaben zu Kapitel 2	71
3	Thermische Trennverfahren (Lernfelder 2, 4)	73
3.1	Abdampfen und Eindampfen	73
3.2	Destillation	73
3.3	Aufbau einer Destillationsanlage	74
3.3.1	Bauteile der Destillationsanlage	74
3.3.2	Vorrichtungen zum Heizen	75
3.3.3	Vorrichtungen zum Kühlen	75
3.4	Fraktionierte Destillation	76
3.4.1	Zeitlicher Temperaturverlauf	76

3.4.2	Aufbau einer Apparatur zur fraktionierten Destillation	77
3.5	Siedediagramme	77
3.5.1	Dampfdruck	77
3.5.2	Zustandsdiagramme	79
3.5.3	Dampfdruckdiagramme	81
3.5.4	Homogene Flüssigkeitsgemische	81
3.5.5	Ideale Flüssigkeitsgemische	82
3.5.6	Reale Flüssigkeitsgemische	85
3.5.7	Siedediagramme und Taudiagramme	86
3.5.8	Gleichgewichtsdiagramme	87
3.6	Rektifikation	89
3.6.1	Kolonntypen	90
3.6.2	Rücklaufverhältnis	92
3.6.3	Theoretische Trennstufen	93
3.6.4	Verstärkungsverhältnis (Bodenwirkungsgrad)	97
3.6.5	Trennleistung von Füllkörperkolonnen und Packungskolonnen	98
3.7	Trennung komplexer Stoffgemische	99
3.7.1	Rektifikation von Mehrstoffgemischen	99
3.7.2	Trennung temperaturempfindlicher Gemische	100
3.7.3	Rektifikation azeotroper Gemische	101
3.7.4	Extraktiv-Rektifikation	104
	Aufgaben zu Kapitel 3	105

4 Reinigen von Stoffen (Lernfeld 2) 107

4.1	Trocknen von Stoffen	107
4.1.1	Feuchtigkeit	107
4.1.2	Trocknungsmethoden	108
4.1.3	Wahl der geeigneten Trocknungsmethode	111
4.1.4	Praktische Durchführung von Trocknungen	112
4.2	Entsalzen und Enthärten	115
4.2.1	Methoden zur Entsalzung	117
4.2.2	Methoden zur Enthärtung	121
4.3	Umkristallisation und Umfällen	122
4.3.1	Umkristallisation	122
4.3.2	Umfällen	124
4.4	Sublimation	124
	Aufgaben zu Kapitel 4	127

5 Atombau und Periodensystem (Lernfelder 3, 6a) 128

5.1	Wichtige Atommodelle	128
5.1.1	<i>Demokrits</i> Atomvorstellung	128
5.1.2	<i>Daltons</i> Atommodell	128
5.1.3	<i>Thomsons</i> Atommodell (Kugelmodell)	130
5.1.4	<i>Rutherfords</i> Atommodell (Kern-Hülle-Modell)	130
5.1.5	Atommodell nach <i>Bohr</i> (Schalenmodell)	131
5.1.6	Wellenmechanisches Atommodell (Orbitalmodell)	134
5.2	Quantenzahlen und Orbitale	134
5.2.1	Quantenzahlen und <i>Pauli</i> -Verbot	134
5.2.2	Atomorbitale	135
5.2.3	Orbitalbesetzung und <i>Hundsche</i> Regel	137
5.3	Periodensystem der Elemente	138
5.3.1	Ordnungskriterien des Periodensystems der Elemente	138
5.3.2	Relative Atommasse	140
5.3.3	Isotope	140
5.3.4	Perioden und Gruppen im Periodensystem der Elemente	142
5.3.5	Periodizität der Eigenschaften der Elemente	144

5.3.6	Hauptgruppenelemente und ihre Eigenschaften	151
5.3.7	Nebengruppenelemente und ihre Eigenschaften	156
	Aufgaben zu Kapitel 5	160
6	Chemische Bindung (Lernfelder 1, 3, 6a, 7)	161
6.1	Ionenbindung	162
6.1.1	Energetische Prozesse der Ionenbindung	162
6.1.2	Ionen der Hauptgruppenmetalle und mehratomige Ionen	163
6.1.3	Ionen der Übergangsmetalle	163
6.1.4	Namen und Formeln ionischer Verbindungen	164
6.1.5	Eigenschaften ionischer Verbindungen	166
6.2	Atombindung	168
6.2.1	Prinzipien der kovalenten Bindung und <i>Lewis</i> -Formeln	169
6.2.2	Hypervalente Verbindungen, Elektronenmangelverbindungen, Radikale und koordinative Bindung	171
6.2.3	Formale Ladung und Mesomerie (Resonanz)	173
6.2.4	VSEPR-Modell	174
6.2.5	Valence-Bond-Theorie	176
6.2.6	Hybridisierung	178
6.2.7	Molekülorbital-Theorie	182
6.2.8	Atomkristalle	185
6.2.9	Polare Atombindung und Elektronegativität	185
6.3	Zwischenmolekulare Kräfte	188
6.3.1	Wasserstoffbrücken	190
6.3.2	Dipol-Kräfte	193
6.3.3	<i>Van-der-Waals</i> -Kräfte	198
6.4	Metallbindung	201
6.4.1	Elektronengas-Modell	202
6.4.2	Bänder-Modell	203
6.4.3	Kristallgitter der Metalle	206
6.4.4	Metallische Legierungen	208
6.4.5	Verbindungen mit Metall-Metall-Bindung	210
6.5	Koordinative Verbindungen	212
6.5.1	Metallkomplexe	212
6.5.2	Formeldarstellung und Nomenklatur komplexer Verbindungen	214
6.5.3	Chelatkomplexe	216
6.5.4	Ligandenaustausch	217
	Aufgaben zu Kapitel 6	218
7	Chemische Reaktionen (Lernfelder 1, 3, 5)	221
7.1	Reaktionsgleichungen	221
7.1.1	Bedeutung von Reaktionsgleichungen	222
7.1.2	Reaktionsschema	223
7.2	Aufstellen einer Reaktionsgleichung	224
7.3	Redox-Reaktion – Reduktion und Oxidation	226
7.3.1	Historischer Begriff der Reduktion und Oxidation	226
7.3.2	Moderner Begriff der Reduktion und Oxidation	227
7.3.3	Oxidationszahlen, Bilanzierung von Redoxgleichungen	228
7.3.4	Aufstellen und Bilanzieren von Redoxgleichungen	230
7.3.5	Disproportionierung und Komproportionierung	232
	Aufgaben zu Kapitel 7	233
8	Quantitative Aussagen von Reaktionsgleichungen (Lernfelder 1, 5, 7)	234
8.1	Chemische Grundgesetze	234
8.1.1	Gesetz von der Erhaltung der Masse	234
8.1.2	Gesetz der konstanten Proportionen	235
8.1.3	Gesetz der multiplen Proportionen	239

8.2	Stöchiometrische Größen	242
8.2.1	Stoffmenge n	242
8.2.2	Molare Masse M	242
8.2.3	Stoffmengenkonzentration	247
8.2.4	Zustandsgrößen von Gasen	250
8.3	Stöchiometrische Berechnungen	260
8.3.1	Umsatz	260
8.3.2	Ausbeute	262
8.3.3	Selektivität	264
	Aufgaben zu Kapitel 8	267
9	Grundchemikalien und Gebrauchsmetalle (Lernfeld 6a)	269
9.1	Salpetersäure	270
9.1.1	Eigenschaften von Salpetersäure	270
9.1.2	Herstellung von Salpetersäure nach dem <i>Ostwald</i> -Verfahren	271
9.2	Schwefelsäure	272
9.2.1	Eigenschaften von Schwefelsäure	272
9.2.2	Herstellung von Schwefelsäure nach dem Doppelkontakt-Verfahren	273
9.3	Salzsäure	275
9.3.1	Eigenschaften von Salzsäure	275
9.3.2	Herstellung von Salzsäure	276
9.4	Natronlauge	276
9.4.1	Eigenschaften von Natriumhydroxid und Natronlauge	277
9.4.2	Herstellung von Natronlauge durch Chloralkali-Elektrolyse	278
9.4.3	Natrium-Salze	280
9.5	Ammoniak	281
9.5.1	Eigenschaften von Ammoniak-Gas und Ammoniak-Wasser	282
9.5.2	Herstellung von Ammoniak nach dem <i>Haber-Bosch</i> -Verfahren	282
9.5.3	Ammonium-Salze	284
9.6	Aluminium	284
9.6.1	Eigenschaften des Aluminiums	284
9.6.2	Herstellung von Aluminium	285
9.7	Eisen	286
9.7.1	Eigenschaften des Eisens	286
9.7.2	Herstellung und Umwandlung von Eisen	287
	Aufgaben zu Kapitel 9	289
10	Lösungen und Gehaltsangaben (Lernfelder 1, 3, 7)	290
10.1	Lösungen	290
10.1.1	Lösevorgang	290
10.1.2	Volumeneffekt	291
10.1.3	Lösegeschwindigkeit	291
10.1.4	Sättigungsgrad von Lösungen	292
10.1.5	Löslichkeit von Feststoffen	293
10.1.6	Löslichkeit von Gasen	294
10.2	Eigenschaften von Lösemitteln	296
10.2.1	Siedetemperaturerhöhung	296
10.2.2	Schmelztemperaturerniedrigung	297
10.3	Gehaltsangaben	297
10.3.1	Anteilsangaben	298
10.3.2	Konzentrationsangaben	301
10.3.3	Verhältnisangaben	305
10.3.4	Umrechnung von Gehaltsgrößen	306
10.4	Lösungen bestimmter Konzentration	307
10.4.1	Rechnen mit der Mischungsgleichung	307
10.4.2	Rechnen mit dem Mischungskreuz	309
	Aufgaben zu Kapitel 10	311

11	Gefahrstoffe und Arbeitsschutz (Lernfelder 1, 2, 4, 5, 6a, 6b, 8)	313
11.1	Sicherheitsstandards im Labor	314
11.1.1	Hinweiszeichen	314
11.1.2	Warnungen vor speziellen Gefahren	315
11.1.3	Persönliche Schutzausrüstung und technische Schutzeinrichtung	316
11.1.4	Gebote und Verbote	318
11.1.5	Sicherheitseinrichtungen	319
11.1.6	Vermeidung von Gefahrensituationen	321
11.2	Umgang mit Gefahrstoffen	322
11.2.1	Gesetzliche Grundlagen	322
11.2.2	Basis der Einstufung von Gefahrstoffen	324
11.2.3	Merkmale eines Gefahrstoffs	325
11.2.4	Warnung vor Gefahren	327
11.2.5	Hinweise zu Gefahren und zur Sicherheit	329
11.3	Gefährdungen durch Gefahrstoffe und Schutzmaßnahmen	331
11.3.1	Sehr giftig, giftig, gesundheitsgefährlich	331
11.3.2	Ätzend und reizend	334
11.3.3	Entzündbar, brandfördernd, explosiv	336
11.3.4	Brandklassen und Löschmittel	340
11.4	Kennzeichnung, Transport, Lagerung von Gefahrstoffen	342
11.4.1	Etikettierung eines Chemikaliengebindes	342
11.4.2	Kennzeichnung von Druckgasbehältern	344
11.4.3	Transport und Lagerung	345
11.5	Entsorgung von Gefahrstoffen	347
11.5.1	Umweltgefährliche Stoffe	347
11.5.2	Abfallkategorien	348
11.6	Betriebsanweisungen nach § 14 Gefahrstoffverordnung	349
11.6.1	Inhalte von Betriebsanweisungen	350
11.6.2	Erstellen von Betriebsanweisungen für Gefahrstoffe	352
11.7	Kenndaten des Arbeitsschutzes	353
11.7.1	Arbeitsplatzgrenzwert	355
11.7.2	Biologischer Grenzwert	357
	Aufgaben zu Kapitel 11	358
12	Geschwindigkeit (Lernfeld 5)	359
12.1	Reaktionsgeschwindigkeit	359
12.2	Konzentration und Reaktionsgeschwindigkeit	361
12.3	Reaktionsordnung	364
12.4	Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	368
12.5	Katalyse	373
12.5.1	Wirkungsweise von Katalysatoren	374
12.5.2	Homogene Katalyse	374
12.5.3	Heterogene Katalyse	376
	Aufgaben zu Kapitel 12	380
13	Chemisches Gleichgewicht (Lernfeld 5)	382
13.1	Massenwirkungsgesetz	382
13.2	Die Gleichgewichtskonstante K_c und ihre Bedeutung	386
13.3	Gasgleichgewichte und die Gleichgewichtskonstante K_p	388
13.4	Heterogene Gleichgewichte	389
13.5	Berechnung von Gleichgewichten	391
13.6	Verschiebung der Gleichgewichtslage	395
13.6.1	Änderung der Konzentration	395
13.6.2	Änderung des Drucks	397
13.6.3	Änderung der Temperatur	398

13.7	Lösungsgleichgewicht und Löslichkeitsprodukt	399
13.7.1	Löslichkeitsprodukt und Löslichkeit.....	400
13.7.2	Einflüsse auf das Lösungsgleichgewicht.....	403
13.7.3	Fällungsreaktionen.....	404
	Aufgaben zu Kapitel 13	405
14	Säuren und Basen (Lernfelder 1, 3, 7)	407
14.1	Die Brønsted-Lowry-Theorie der Säuren und Basen	407
14.2	Autoprotolyse des Wassers und pH-Wert	410
14.3	Säurestärke	414
14.3.1	Säure- und Basenkonstanten.....	414
14.3.2	pH-Wert-Berechnungen starker und schwacher Säuren.....	416
14.3.3	Protolysegrad.....	418
14.3.4	Mehrprotonige Säuren.....	419
14.3.5	Schwache Basen.....	420
14.3.6	Säurestärke der Nichtmetallwasserstoffverbindungen.....	421
14.4	Protolysen von Salzen in Wasser	421
14.5	Titrationen	423
14.5.1	Titration einer starken Säure.....	424
14.5.2	Titration einer schwachen Säure.....	424
14.5.3	Titration mehrprotoniger Säuren.....	425
14.6	Pufferlösungen	425
14.7	Säuren und Basen nach Lewis	429
	Aufgaben zu Kapitel 14	429
15	Energetische Betrachtungen (Lernfelder 2, 5)	431
15.1	Die Natur der Energie	431
15.1.1	Kinetische Energie.....	431
15.1.2	Potenzielle Energie.....	432
15.2	Innere Energie und Enthalpie	433
15.2.1	Innere Energie.....	434
15.2.2	Reaktionsenthalpie.....	434
15.2.3	Standard-Enthalpien.....	438
15.2.4	Enthalpien verschiedener Prozesse.....	440
15.3	Entropie und freie Enthalpie	442
15.3.1	Spontane Prozesse.....	442
15.3.2	Entropie.....	443
15.3.3	Freie Reaktionsenthalpie und Gesamtentropie.....	446
15.3.4	Freie Standard-Bildungsenthalpie.....	448
15.3.5	Temperaturabhängigkeit der freien Enthalpie.....	450
15.3.6	Freie Enthalpie und Gleichgewichtskonstanten.....	451
	Aufgaben zu Kapitel 15	452
16	Organische Chemie (Lernfelder 3, 6a, 6b)	454
16.1	Eigenschaften organischer Verbindungen	454
16.2	Formelschreibweise organischer Verbindungen	456
16.3	Struktur einer organischen Verbindung – Strukturisomerie	458
16.4	Derivate und funktionelle Gruppen	459
16.5	Alkane	459
16.5.1	Die homologe Reihe der Alkane.....	460
16.5.2	Strukturisomerie bei Alkanen.....	461
16.5.3	Systematische Benennung der Alkane.....	461
16.5.4	Physikalische Eigenschaften der Alkane.....	463
16.5.5	Chemisches Verhalten der Alkane.....	464
16.5.6	Methan.....	464
16.5.7	Ethan.....	464

16.6	Alkene und Alkine	466
16.6.1	Ethen.....	466
16.6.2	Die homologe Reihe der Alkene.....	468
16.6.3	Isomerie bei Alkenen.....	468
16.6.4	Systematische Benennung der Alkene	469
16.6.5	Reaktionen der Alkene	470
16.6.6	Mehrfach ungesättigte Kohlenwasserstoffe – Polyene	473
16.6.7	Ethin.....	473
16.6.8	Die homologe Reihe der Alkine.....	474
16.6.9	Systematische Benennung der Alkine	474
16.6.10	Reaktionen der Alkine	475
16.7	Cyclische Kohlenwasserstoffe	476
16.7.1	Alicyclische Kohlenwasserstoffe	476
16.7.2	Aromatische Kohlenwasserstoffe – Mesomerie	478
16.8	Sauerstoffhaltige Kohlenwasserstoffe	480
16.8.1	Alkanole.....	480
16.8.2	Phenole.....	481
16.8.3	Ether.....	482
16.8.4	Aldehyde und Ketone.....	482
16.8.5	Carbonsäuren und Derivate	483
16.9	Stickstoffhaltige Kohlenwasserstoffe	486
16.9.1	Amine	486
16.9.2	Amide und Aminocarbonsäuren	487
	Aufgaben zu Kapitel 16	489
17	Instrumentell-analytische Methoden (Lernfelder 4, 7, 8)	490
17.1	Elektromagnetische Strahlung	490
17.1.1	Elektromagnetische Strahlung als Welle.....	490
17.1.2	Teilchencharakter elektromagnetischer Strahlung	491
17.2	Refraktometrie	492
17.3	Fotometrie	497
17.3.1	Absorption und Emission	497
17.3.2	<i>Bouguer-Lambert-Beer-Gesetz</i>	499
17.3.3	Durchführung einer fotometrischen Bestimmung.....	502
17.4	Chromatografie	512
17.4.1	Physikalisch-chemische Grundlagen	512
17.4.2	Flüssigchromatografie in Säulen	515
17.4.3	Dünnschichtchromatografie (DC).....	526
	Aufgaben zu Kapitel 17	532
	Anhang	534
	Liste ausgewählter Gefahrstoffe	534
	Sachwortverzeichnis	536
	Bildquellenverzeichnis	551
	Das Periodensystem der Elemente	Umschlag vorne, 552, Umschlag hinten