

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	Dichte 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	Spezielle thermische Trennverfahren	99
3.7.1	Vakuumdestillation	99
3.7.2	Trägerdampfdestillation	101
3.7.3	Rektifikation von Mehrstoffgemischen	102
3.7.4	Rektifikation azeotroper Gemische	103
3.7.5	Extraktiv-Rektifikation	106
Aufgaben zu Kapitel 3		107
4	Reinigen von Stoffen (Lernfeld 2)	109
4.1	Trocknen von Stoffen	109
4.1.1	Feuchtigkeit	109
4.1.2	Trocknungsmethoden	110
4.1.3	Wahl der geeigneten Trocknungsmethode	113
4.1.4	Praktische Durchführung von Trocknungen	114
4.2	Entsalzen und Enthärten	117
4.2.1	Methoden zur Entsalzung	119
4.2.2	Methoden zur Enthärtung	123
4.3	Umkristallisation und Umfällen	124
4.3.1	Umkristallisation	124
4.3.2	Umfällen	126
4.4	Sublimation	126
Aufgaben zu Kapitel 4		129
5	Atombau und Periodensystem (Lernfelder 3, 6a)	130
5.1	Wichtige Atommodelle	130
5.1.1	<i>Demokrits</i> Atomvorstellung	130
5.1.2	Daltons Atommodell	130
5.1.3	<i>Thomsons</i> Atommodell (Kugelmodell)	132
5.1.4	<i>Rutherfords</i> Atommodell (Kern-Hülle-Modell)	132
5.1.5	Atommodell nach <i>Bohr</i> (Schalenmodell)	133
5.1.6	Wellenmechanisches Atommodell (Orbitalmodell)	136
5.2	Quantenzahlen und Orbitale	136
5.2.1	Quantenzahlen und <i>Pauli</i> -Verbot	136
5.2.2	Atomorbitale	137
5.2.3	Orbitalbesetzung und <i>Hundsche</i> Regel	139
5.3	Periodensystem der Elemente	140
5.3.1	Ordnungskriterien des Periodensystems der Elemente	140
5.3.2	Relative Atommasse	142
5.3.3	Isotope	142
5.3.4	Perioden und Gruppen im Periodensystem der Elemente	144
5.3.5	Periodizität der Eigenschaften der Elemente	146
5.3.6	Hauptgruppenelemente und ihre Eigenschaften	153
5.3.7	Nebengruppenelemente und ihre Eigenschaften	158
Aufgaben zu Kapitel 5		162

6	Chemische Bindung (Lernfelder 1, 3, 6a, 7)	163
6.1	Ionenbindung	164
6.1.1	Energetische Prozesse der Ionenbindung	164
6.1.2	Ionen der Hauptgruppenmetalle und mehratomige Ionen	165
6.1.3	Ionen der Übergangsmetalle	165
6.1.4	Namen und Formeln ionischer Verbindungen	166
6.1.5	Eigenschaften ionischer Verbindungen	168
6.2	Atombindung	170
6.2.1	Prinzipien der kovalenten Bindung und <i>Lewis</i> -Formeln	171
6.2.2	Hypervalente Verbindungen, Elektronenmangelverbindungen, Radikale und koordinative Bindung	173
6.2.3	Formale Ladung und Mesomerie (Resonanz)	175
6.2.4	VSEPR-Modell	176
6.2.5	Valence-Bond-Theorie	178
6.2.6	Hybridisierung	180
6.2.7	Molekülorbital-Theorie	184
6.2.8	Atomkristalle	187
6.2.9	Polare Atombindung und Elektronegativität	187
6.3	Zwischenmolekulare Kräfte	190
6.3.1	Wasserstoffbrücken	192
6.3.2	Dipol-Kräfte	195
6.3.3	<i>Van-der-Waals</i> -Kräfte	200
6.4	Metallbindung	203
6.4.1	Elektronengas-Modell	204
6.4.2	Bänder-Modell	205
6.4.3	Kristallgitter der Metalle	208
6.4.4	Metallische Legierungen	210
6.4.5	Verbindungen mit Metall-Metall-Bindung	212
6.5	Koordinative Verbindungen	214
6.5.1	Metallkomplexe	214
6.5.2	Formeldarstellung und Nomenklatur komplexer Verbindungen	216
6.5.3	Chelatkomplexe	218
6.5.4	Ligandenaustausch	219
Aufgaben zu Kapitel 6		220
7	Chemische Reaktionen (Lernfelder 1, 3, 5)	223
7.1	Reaktionsgleichungen	223
7.1.1	Bedeutung von Reaktionsgleichungen	224
7.1.2	Reaktionsschema	225
7.2	Aufstellen einer Reaktionsgleichung	226
7.3	Redox-Reaktion – Reduktion und Oxidation	228
7.3.1	Historischer Begriff der Reduktion und Oxidation	228
7.3.2	Moderner Begriff der Reduktion und Oxidation	229
7.3.3	Oxidationszahlen	230
7.3.4	Aufstellen und Bilanzieren von Redox-Gleichungen	232
7.3.5	Disproportionierung und Komproportionierung	234
Aufgaben zu Kapitel 7		235
8	Quantitative Aussagen von Reaktionsgleichungen (Lernfelder 1, 5, 7)	236
8.1	Chemische Grundgesetze	236
8.1.1	Gesetz von der Erhaltung der Masse	236
8.1.2	Gesetz der konstanten Proportionen	237
8.1.3	Gesetz der multiplen Proportionen	241
8.2	Stöchiometrische Größen	244
8.2.1	Stoffmenge n	244
8.2.2	Molare Masse M	244
8.2.3	Stoffmengenkonzentration	249

8.2.4	Zustandsgrößen von Gasen.	252
8.3	Stöchiometrische Berechnungen	262
8.3.1	Umsatz.	262
8.3.2	Ausbeute	264
8.3.3	Selektivität.	266
Aufgaben zu Kapitel 8		269

9 Lösungen und Gehaltsangaben (Lernfelder 1, 3, 7) 270

9.1	Lösungen	270
9.1.1	Lösevorgang	270
9.1.2	Volumeneffekt	271
9.1.3	Lösegeschwindigkeit	271
9.1.4	Sättigungsgrad von Lösungen.	272
9.1.5	Löslichkeit von Feststoffen.	273
9.1.6	Löslichkeit von Gasen.	274
9.2	Eigenschaften von Lösemitteln	276
9.2.1	Siedetemperaturerhöhung.	276
9.2.2	Schmelztemperaturerniedrigung.	277
9.3	Gehaltsangaben	277
9.3.1	Anteilsangaben	278
9.3.2	Konzentrationsangaben	281
9.3.3	Verhältnisangaben	285
9.3.4	Umrechnung von Gehaltsgrößen	286
9.4	Lösungen bestimmter Konzentration	287
9.4.1	Rechnen mit der Mischungsgleichung	287
9.4.2	Rechnen mit dem Mischungskreuz	289
Aufgaben zu Kapitel 9		291

10 Gefahrstoffe und Arbeitsschutz (Lernfelder 1, 2, 4, 5, 6a, 6b, 8) 293

10.1	Sicherheitsstandards im Labor	294
10.1.1	Hinweiszeichen	294
10.1.2	Warnungen vor speziellen Gefahren.	295
10.1.3	Persönliche Schutzausrüstung und technische Schutzeinrichtung	296
10.1.4	Gebote und Verbote	299
10.1.5	Sicherheitseinrichtungen	300
10.1.6	Vermeidung von Gefahrensituationen	302
10.2	Umgang mit Gefahrstoffen	303
10.2.1	Gesetzliche Grundlagen	303
10.2.2	Basis der Einstufung von Gefahrstoffen	304
10.2.3	Merkmale eines Gefahrstoffs.	305
10.2.4	Warnung vor Gefahren (Gefahrenpiktogramme).	307
10.2.5	Hinweise zu Gefahren und zur Sicherheit (H- und P-Sätze).	309
10.3	Gefährdungen durch Gefahrstoffe und Schutzmaßnahmen	310
10.3.1	Akute Giftwirkung	310
10.3.2	Gesundheitsgefährdende Stoffe	311
10.3.2	Ätzend und reizend	314
10.3.3	Entzündbar, brandfördernd, explosionsgefährlich.	315
10.3.4	Brandklassen und Löschmittel.	319
10.4	Kennzeichnung, Transport, Lagerung von Gefahrstoffen	322
10.4.1	Etikettierung eines Chemikaliengebindes.	322
10.4.2	Kennzeichnung von Druckgasbehältern	323
10.4.3	Transport und Lagerung	324
10.5	Entsorgung von Gefahrstoffen	326
10.5.1	Umweltgefährliche Stoffe.	326
10.5.2	Abfallkategorien	327

10.6	Betriebsanweisungen nach § 14 Gefahrstoffverordnung	328
10.6.1	Inhalte von Betriebsanweisungen	329
10.7	Kenndaten des Arbeitsschutzes	332
10.7.1	Arbeitsplatzgrenzwert	333
10.7.2	Risikobewertung bei krebserzeugenden Stoffen	335
10.7.2	Biologischer Grenzwert	337
10.7.2	Einhaltung von Grenzwerten, Gefährdungsbeurteilung und Schutzmaßnahmen	337
Aufgaben zu Kapitel 10		338

11	Reaktionskinetik (Lernfeld 5)	339
11.1	Reaktionsgeschwindigkeit	339
11.2	Einfluss der Konzentration auf die Reaktionsgeschwindigkeit	341
11.3	Reaktionsordnung	344
11.4	Einfluss der Temperatur auf die Reaktionsgeschwindigkeit	348
11.5	Katalyse	353
11.5.1	Wirkungsweise von Katalysatoren	354
11.5.2	Homogene Katalyse	354
11.5.3	Heterogene Katalyse	356
Aufgaben zu Kapitel 11		360

12	Chemisches Gleichgewicht (Lernfeld 5)	362
12.1	Massenwirkungsgesetz	362
12.2	Die Gleichgewichtskonstante K_c und ihre Bedeutung	366
12.3	Gasgleichgewichte und die Gleichgewichtskonstante K_p	368
12.4	Heterogene Gleichgewichte	369
12.5	Berechnung von Gleichgewichten	371
12.6	Verschiebung der Gleichgewichtslage	375
12.6.1	Änderung der Konzentration	375
12.6.2	Änderung des Drucks	377
12.6.3	Änderung der Temperatur	378
12.7	Lösungsgleichgewicht und Löslichkeitsprodukt	379
12.7.1	Löslichkeitsprodukt und Löslichkeit	380
12.7.2	Einflüsse auf das Lösungsgleichgewicht	383
12.7.3	Fällungsreaktionen	384
Aufgaben zu Kapitel 12		385

13	Säuren und Basen (Lernfelder 1, 3, 7)	387
13.1	Die Brønsted-Lowry-Theorie der Säuren und Basen	387
13.2	Autoprotolyse des Wassers und pH-Wert	390
13.3	Säurestärke	394
13.3.1	Säure- und Basenkonstanten	394
13.3.2	pH-Wert-Berechnungen starker und schwacher Säuren	396
13.3.3	Protolysegrad	398
13.3.4	Mehrprotonige Säuren	399
13.3.5	Schwache Basen	400
13.3.6	Säurestärke der Nichtmetallwasserstoffverbindungen	401
13.4	Protolysen von Salzen in Wasser	401
13.5	Titrationen	403
13.5.1	Titration einer starken Säure	404
13.5.2	Titration einer schwachen Säure	404
13.5.3	Titration mehrprotoniger Säuren	405
13.6	Pufferlösungen	405
13.7	Säuren und Basen nach Lewis	409
Aufgaben zu Kapitel 13		409

14	Energetische Betrachtungen (Lernfelder 2, 5)	411
14.1	Die Natur der Energie	411
14.1.1	Kinetische Energie	411
14.1.2	Potenzielle Energie	412
14.2	Innere Energie und Enthalpie	413
14.2.1	Innere Energie	414
14.2.2	Reaktionsenthalpie	414
14.2.3	Standardenthalpien	418
14.2.4	Enthalpien verschiedener Prozesse	420
14.3	Entropie und freie Enthalpie	422
14.3.1	Spontane Prozesse	422
14.3.2	Entropie	423
14.3.3	Freie Reaktionsenthalpie und Gesamtentropie	426
14.3.4	Freie Standardbildungsenthalpie	428
14.3.5	Temperaturabhängigkeit der freien Enthalpie	430
14.3.6	Freie Enthalpie und Gleichgewichtskonstanten	431
Aufgaben zu Kapitel 14		432
15	Organische Chemie (Lernfelder 3, 6a, 6b)	434
15.1	Eigenschaften organischer Verbindungen	434
15.2	Formelschreibweise organischer Verbindungen	436
15.3	Struktur einer organischen Verbindung – Strukturisomerie	438
15.4	Derivate und funktionelle Gruppen	439
15.5	Alkane	439
15.5.1	Die homologe Reihe der Alkane	440
15.5.2	Strukturisomerie bei Alkanen	441
15.5.3	Systematische Benennung der Alkane	441
15.5.4	Physikalische Eigenschaften der Alkane	443
15.5.5	Chemisches Verhalten der Alkane	444
15.5.6	Methan	444
15.5.7	Ethan	444
15.6	Alkene und Alkine	446
15.6.1	Ethen	446
15.6.2	Die homologe Reihe der Alkene	448
15.6.3	Isomerie bei Alkenen	448
15.6.4	Systematische Benennung der Alkene	449
15.6.5	Reaktionen der Alkene	450
15.6.6	Mehrfach ungesättigte Kohlenwasserstoffe – Polyene	453
15.6.7	Ethin	453
15.6.8	Die homologe Reihe der Alkine	454
15.6.9	Systematische Benennung der Alkine	454
15.6.10	Reaktionen der Alkine	455
15.7	Cyclische Kohlenwasserstoffe	456
15.7.1	Alicyclische Kohlenwasserstoffe	456
15.7.2	Aromatische Kohlenwasserstoffe	458
15.8	Sauerstoffhaltige Kohlenwasserstoffe	463
15.8.1	Alkanole	463
15.8.2	Phenole	464
15.8.3	Ether	464
15.8.4	Aldehyde und Ketone	465
15.8.5	Carbonsäuren und Derivate	467
15.9	Stickstoffhaltige Kohlenwasserstoffe	470
15.9.1	Amine	470
15.9.2	Amide und Aminocarbonsäuren	471
Aufgaben zu Kapitel 15		473

16	Grundchemikalien und Gebrauchsmetalle (Lernfeld 6a)	474
16.1	Ammoniak	475
16.1.1	Eigenschaften von Ammoniakgas und Ammoniakwasser	475
16.1.2	Herstellung von Ammoniak nach dem <i>Haber-Bosch</i> -Verfahren	476
16.1.3	Ammoniumsalze	477
16.2	Salpetersäure	478
16.2.1	Eigenschaften von Salpetersäure	478
16.2.2	Herstellung von Salpetersäure nach dem <i>Ostwald</i> -Verfahren	479
16.3	Schwefelsäure	480
16.3.1	Eigenschaften von Schwefelsäure	480
16.3.2	Herstellung von Schwefelsäure nach dem Doppelkontakt-Verfahren	481
16.4	Salzsäure	483
16.4.1	Eigenschaften von Salzsäure	483
16.4.2	Herstellung von Salzsäure	484
16.5	Natronlauge	484
16.5.1	Eigenschaften von Natriumhydroxid und Natronlauge	485
16.5.2	Herstellung von Natronlauge	486
16.5.3	Natriumsalze	487
16.6	Methanol	488
16.6.1	Eigenschaften des Methanols	488
16.6.2	Methanol-Synthese	488
16.7	Aluminium	490
16.7.1	Eigenschaften des Aluminiums	490
16.7.2	Herstellung von Aluminium	491
16.8	Eisen	492
16.8.1	Eigenschaften des Eisens	492
16.8.2	Herstellung und Umwandlung von Eisen	493
Aufgaben zu Kapitel 16		495
17	Instrumentell-analytische Methoden (Lernfelder 4, 7, 8)	497
17.1	Elektromagnetische Strahlung	497
17.1.1	Elektromagnetische Strahlung als Welle	497
17.1.2	Teilchencharakter elektromagnetischer Strahlung	498
17.2	Refraktometrie	499
17.3	Fotometrie	504
17.3.1	Absorption und Emission	504
17.3.2	<i>Bouguer-Lambert-Beer</i> -Gesetz	506
17.3.3	Durchführung einer fotometrischen Bestimmung	509
17.4	Chromatografie	519
17.4.1	Physikalisch-chemische Grundlagen	519
17.4.2	Flüssigchromatografie in Säulen	522
17.4.3	Dünnschichtchromatografie (DC)	533
Aufgaben zu Kapitel 17		539
Anhang		541
Sachwortverzeichnis		541
Bildquellenverzeichnis		559
Das Periodensystem der Elemente		Umschlag vorn, 560, Umschlag hinten