

15 0

2.1.4	Dichte bestimmen	35
2.1.5	Löslichkeit und Viskosität bestimmen	38
2.1.6	Schmelz- und Siedetemperaturen bestimmen	41
2.1.7	Messung von Volumen, Masse, Temperatur, Dichte und Viskosität im Labor	42
2.2	Messwerte auswerten und dokumentieren	47
2.2.1	Messwerte auswerten: Fehlerbetrachtung, Methodenvalidierung	47
2.2.2	Arbeitskontrolle und -dokumentation (Protokollführung)	50
2.2.3	Fällung und Wägung von Niederschlägen im Labor	51
2.3	Stoffe mischen	55
2.3.1	Lösungen und andere Stoffgemische	55
2.3.2	Gehaltsangaben	56
2.3.3	Lösungen ansetzen, vermessen und Löslichkeiten beeinflussen im Labor	57
2.4	Stoffe trennen	60
2.4.1	Mechanische Stofftrennverfahren	61
2.4.1.1	Trocknen	61
2.4.1.2	Sedimentation, Dekantation, Zentrifugation	63
2.4.1.3	Filtration	64
2.4.1.4	Digerieren und Extrahieren	65
2.4.1.5	Umfällen und Umkristallisieren	68
2.4.1.6	Dichtesortieren, Magnetsortieren, Flotation	70
2.4.1.7	Absorption und Adsorption	70
2.4.2	Mechanische Stofftrennverfahren im Labor (Digerieren, Filtrieren und Extrahieren)	71
2.4.3	Thermische Stofftrennverfahren	76
2.4.3.1	Sublimieren	76
2.4.3.2	Destillieren und Rektifizieren	76
2.4.4	Thermische Stofftrennverfahren im Labor (Sublimation, Destillation, Rektifikation)	81
2.4.5	Chromatographische Trenn- und Analyseverfahren	85
2.4.5.1	Lauf- und Elutionsmittel	87
2.4.5.2	Auswertung von Chromatogrammen	88
2.4.5.3	Säulenchromatographie (SC)	92
2.4.5.4	Dünnschichtchromatographie (DC, TLC)	93
2.4.6	Chromatographie im Labor: SC, DC, HPTLC	97
3	Grundlegende chemische Arbeitsmethoden	103
3.1	Chemische Stoffeigenschaften untersuchen	103
3.1.1	Stoffe zerlegen: Analyse	104
3.1.1.1	Chemische Elemente	105
3.1.1.2	Das Periodensystem der chemischen Elemente (PSE)	105
3.1.2	Elemente chemisch untersuchen im Labor	107
3.1.3	Metallherstellung im Labor	113
3.1.4	Stoffe vereinigen: Synthese	115
3.1.5	Stoffe einordnen, benennen und formulieren	117

3.1.5.1	Benennung chemischer Verbindungen	118
3.1.5.2	Chemische Formeln	121
3.1.6	<i>Verbindungen herstellen und chemisch untersuchen im Labor: Präparate</i>	122
3.2	Reaktionen planen, durchführen und beobachten	124
3.2.1	Versuchsansatz, -aufbau und -durchführung	125
3.2.2	Versuchsbeobachtung	126
3.2.3	Reaktionsschemen erstellen	126
3.3	Arten chemischer Reaktionen	128
3.3.1	Gleichgewichtsreaktionen qualitativ auswerten und einordnen	129
3.3.1.1	Hin- und Rückreaktion: Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen	129
3.3.1.2	Das Massenwirkungsgesetz (MWG)	130
3.3.2	Fällungsreaktionen	131
3.3.2.1	Grundbegriffe, Benennung und Formeln bei Fällungsreaktionen	133
3.3.3	<i>Fällungsreaktionen im Labor</i>	134
3.3.4	Säure-Base-Reaktionen	138
3.3.4.1	Säure- und Basestärke, Verdrängungsreaktion	141
3.3.4.2	Säure-Base-Titration, Puffer, Amphoterie	143
3.3.4.3	Grundbegriffe, Benennung und Formeln bei Säure-Base-Reaktionen	143
3.3.5	<i>Säure-Base-Reaktionen im Labor</i>	145
3.3.6	Redoxreaktionen	148
3.3.6.1	Oxidation und Reduktion	148
3.3.6.2	Oxidations- und Reduktionsmittel	149
3.3.6.3	Redoxpotenziale	151
3.3.6.4	Redoxreaktionen – Grundbegriffe und Reaktionsschemen	154
3.3.7	Reaktionen mit Komplexen und Liganden	155
3.3.7.1	Reaktionen mit und ohne Liganden: Grundbegriffe und Reaktionsschemen	156
3.3.8	<i>Redoxreaktionen und Reaktionen mit Komplexen und Liganden im Labor</i>	157
3.3.8.1	Redoxreaktionen	157
3.3.8.2	Reaktionen mit Komplexen und Liganden	160
3.4	Reaktionen mit Gasen	163
3.4.1	Umgang mit Gasen	163
3.4.1.1	Technische Gasverflüssigung und Luftzerlegung	167
3.4.1.2	<i>Gasproben im Labor</i>	168
3.4.1.3	<i>Herstellung von Gasen im Labor</i>	169
3.4.2	<i>Gase chemisch erzeugen und im Labor einsetzen</i>	171
3.5	Reaktionen in Siedehitze	173
3.5.1	Apparaturen für Reaktionen in Siedehitze	173
3.5.1.1	Sieden unter Rückfluss	173
3.5.1.2	Zufluss bei Siedehitze	174
3.5.1.3	Zufluss bei Siedehitze mit Rührvorgang	174
3.5.1.4	Abzug von Wasser aus dem Reaktionsgemisch	176
3.5.2	Präparatbeispiel für eine Reaktion in Siedehitze	176

3.5.3	<i>Reaktionen in Siedehitze durchführen – Präparate synthetisieren im Labor</i>	177
4	Physikalische Chemie und Stöchiometrie	185
4.1	Stöchiometrie chemischer Reaktionen	185
4.1.1	Grundgesetze der Chemie	185
4.1.2	Quantitative Auswertung chemischer Reaktionen	187
4.1.3	Umsatz- und Ausbeuteberechnungen	188
4.1.3.1	Berechnung der Zusammensetzung chemischer Verbindungen	188
4.1.3.2	Berechnung der Stoffumsätze bei chemischen Reaktionen	189
4.1.4	<i>Quantitative Reaktionsdurchführung und Auswertung im Labor</i>	191
4.2	Thermodynamik chemischer Reaktionen	195
4.2.1	Energie bei chemischen Reaktionen	195
4.2.2	Enthalpie und Entropie	196
4.2.3	Thermochemie, Katalyse und Kalorik	199
4.2.4	<i>Energieumsetzungen bei Reaktionen im Labor</i>	201
4.3	Kinetik chemischer Reaktionen	203
4.3.1	Geschwindigkeit chemischer Reaktionen	204
4.3.1.1	Definition und Berechnung der Reaktionsgeschwindigkeit v_R	204
4.3.2	Verlauf chemischer Reaktionen	206
4.3.2.1	Reaktionsordnung	206
4.3.2.2	Reaktionsmechanismus	207
4.3.3	Katalyse und Geschwindigkeit chemischer Reaktionen	207
4.3.4	Steuerung von Gleichgewichtsreaktionen	208
4.3.5	<i>Kinetische und katalytische Untersuchungen im Labor</i>	209
5	Analytische Chemie	215
5.1	Qualitative Analyse	215
5.1.1	Nachweisreaktionen und Nachweismittel	215
5.1.1.1	Nachweisreagenzien und -reaktionen	216
5.1.1.2	Selektivität und Stabilität	218
5.1.2	Der systematische Gang einer qualitativ-anorganischen Analyse	220
5.1.3	Anionennachweise und Sodaauszug	221
5.1.4	<i>Anionennachweise und Sodaauszug im Labor</i>	221
5.1.5	Vorproben und Aufschlüsse	225
5.1.6	<i>Vorproben und Aufschlüsse im Labor</i>	226
5.1.7	Kationentrenngang und Trenngangsgruppen	229
5.1.8	<i>Kationentrenngang und -nachweise im Labor</i>	229
5.2	Quantitative Analyse	242
5.2.1	Analytischer Prozess, Gehaltsangaben und Analyseverfahren	242
5.2.1.1	Gehalts- und Mengenangaben	244
5.2.1.2	Wertigkeit und Äquivalenzzahl z^*	246
5.2.2	Gravimetrie: Fällungsanalyse	247
5.2.2.1	Fehlerquellen und Probleme bei Fällungsanalysen	249
5.2.3	<i>Gravimetrie im Labor</i>	250

5.2.4	Volumetrie (Maßanalyse, Titration)	257
5.2.4.1	Maßlösung und Titer t	259
5.2.4.2	Titrimetrische Verfahren und Indikation	260
5.2.4.3	Berechnung von Maßlösungen und Äquivalentkonzentrationen $c(\text{eq})$	262
5.2.4.4	Berechnung von Säure-Base-Titration: Acidimetrie	262
5.2.4.5	Bestimmung und Berechnung des Titors t einer Maßlösung	263
5.2.4.6	Berechnung von Neutralisationstitionen mit Titer t und aliquoten Teilen	263
5.2.4.7	Acidimetrie und Alkalimetrie	264
5.2.4.8	Fällungstitration	265
5.2.4.9	Oxidimetrie und Reduktometrie	265
5.2.4.10	Komplexometrie (Chelatometrie)	266
5.2.4.11	Bestimmung maßanalytischer Kennzahlen	267
5.2.5	Volumetrie – Titration im Labor	269
5.2.6	Konduktometrie und Potenziometrie	283
5.2.7	Elektrogravimetrie und Coulometrie	286
5.2.8	Elektroanalytische Verfahren im Labor	287
5.2.9	Elementar- und Strukturanalyse organischer Verbindungen	293
5.2.9.1	Ebullioskopie und Kryoskopie	294
5.2.9.2	Osmometrie und Viskosimetrie	294
5.2.9.3	Elementaranalyse organischer Verbindungen	296
5.2.10	Elementar- und Strukturanalyse im Labor: Molmassenbestimmung	296
5.3	Instrumentelle Analytik	297
5.3.1	Optische Verfahren	298
5.3.1.1	Das Elektromagnetische Spektrum	298
5.3.2	Refraktometrie, Diffraktometrie – Brech- und Beugungsanalyse	299
5.3.2.1	Lichtbrechung und -beugung	299
5.3.3	Polarimetrie – Messung der optischen Aktivität	300
5.3.4	Refraktometrie und Polarimetrie im Labor	301
5.3.5	Photometrie und Kolorimetrie	303
5.3.6	Photometrie und Kolorimetrie im Labor	309
5.3.7	IR-Spektroskopie	312
5.3.7.1	IR-Strahlung und Spektrometer	312
5.3.7.2	Auswertung von IR-Spektren (Spektralanalyse)	313
5.3.8	IR-Spektroskopie im Labor	318
5.3.9	Atomspektroskopie und Flammenphotometrie – AAS und AES	321
5.3.9.1	Atomabsorptionsspektroskopie AAS	322
5.3.9.2	Atomemissionsspektroskopie (AES) oder Flammphotometrie	324
5.3.10	Atomabsorptionsspektrometrie AAS und Flammphotometrie AES im Labor	325
5.3.11	Massenspektroskopie MS	327
5.3.12	NMR-Spektroskopie (Kernresonanz-Spektroskopie)	330
5.3.13	Elektrophorese	331

5.3.14	Chromatographische Analyseverfahren	331
5.3.14.1	Gaschromatographie GC	332
5.3.14.2	Hochdruck-Flüssigkeitschromatographie HPLC	332
5.3.14.3	Ionenchromatographie IC	334
5.3.14.4	Chromatogramm-Auswertung	335
5.3.15	GC und HPLC im Labor	338
6	Präparative Organische Chemie	343
6.1	Synthesetechniken	343
6.1.1	Versuchsplanung und Synthesemaßstäbe	343
6.1.2	Aufbereitung und Qualitätskontrolle	344
6.1.3	Synthese: Methoden, Reaktionen und Apparaturen	344
6.1.3.1	Reaktionstypen und Synthesereaktionen in der Organischen Chemie	345
6.1.3.2	Syntheseapparaturen und -schritte	347
6.2	Präparative Organische Chemie im Labor	347
7	Grundlegende mikrobiologische Arbeitsmethoden	361
7.1	Zellen und Lebewesen	361
7.1.1	Mikroorganismen und die Merkmale des Lebens	361
7.1.2	Zellen und ihre Organellen	362
7.1.3	Stoffwechsel und Stoffkreisläufe	363
7.1.4	Evolution der Arten	364
7.1.5	Ökologie	365
7.1.6	Biotechnologie	366
7.2	Grundlegende mikrobiologische Arbeitsmethoden	367
7.2.1	Sterilisieren	367
7.2.2	Mikroorganismen kultivieren	368
7.2.3	Mikroskopieren und Präparieren	370
7.2.4	Mikrobiologie im Labor	372