

Inhaltsverzeichnis

I. Anorganische Chemie	11
1 Chemische Elemente	13
1.1 Physikalisch-chemische und technologische Daten	14
1.1.1 Atombau	14
1.1.2 Struktur	17
1.1.3 Mechanische Eigenschaften	17
1.1.4 Eigenschaften von Fluiden	18
1.1.5 Akustische Eigenschaften	18
1.1.6 Optische Eigenschaften	18
1.1.7 Elektrische Eigenschaften	19
1.1.8 Magnetismus	19
1.1.9 Thermische Eigenschaften	20
1.1.10 Wärme- und Stofftransport	22
1.1.11 Chemisches Gleichgewicht	23
1.1.12 Elektrochemie	25
1.2 Wasserstoff und Alkalimetalle	26
1.3 Erdalkalimetalle	32
1.4 Bor und Erdmetalle	37
1.5 Kohlenstoffgruppe	43
1.6 Stickstoffgruppe	51
1.7 Sauerstoffgruppe	59
1.8 Halogene	66
1.9 Edelgase	72
1.10 Kupfergruppe und Zinkgruppe	76
1.11 Scandiumgruppe, Seltenerdmetalle, Actinoide	83
1.11.1 Lanthanoide	86
1.11.2 Actinoide	90
1.12 Titangruppe und Vanadiumgruppe	94
1.13 Chromgruppe und Mangangruppe	99
1.14 Eisenmetalle	104
1.15 Platinmetalle	109
2 Stoffdaten anorganischer Verbindungen	114
3 Qualitative anorganische Analyse	144
3.1 Vorproben aus der Ursubstanz	144
3.2 Flammenfärbung und Spektrallinien	145
3.3 Aufschlussverfahren	146
3.3.1 Löseversuche	146
3.3.2 Aufschluss anorganischer Stoffe	146
3.3.3 Aufschluss organischer Stoffe	147

3.3.4	Druck- und Mikrowellenaufschluss	148
3.4	Trennungsgang der Anionen	149
3.4.1	Lösliche Probe	149
3.4.2	Anionennachweise: Vorproben	149
3.4.3	Anionennachweise im Trennungsgang	152
3.4.4	Trennungsgang der halogenhaltigen Anionen	153
3.4.5	Trennungsgang der schwefelhaltigen Anionen	153
3.5	Trennungsgang der Kationen	154
3.5.1	Kationennachweise	155
3.5.2	Chloridfällung: Salzsäuregruppe	160
3.5.3	Sulfidfällung in saurer Lösung: H ₂ S-Gruppe	161
3.5.4	Hydroxidfällung: Urotropingruppe	162
3.5.5	Sulfidfällung in alkalischer Lösung: Ammoniumsulfidgruppe	162
3.5.6	Carbonatfällung und lösliche Gruppe	163
3.5.7	Organische Reagenzien	164
4	Quantitative Analyse	166
4.1	Lösungen und Mischphasen	166
4.1.1	Gehaltsangaben in Lösungen und Gasmischungen	166
4.1.2	Mittlere Stoffwerte in Gemischen	167
4.1.3	Mischen und Verdünnen	168
4.2	Maßanalyse	169
4.2.1	Stöchiometrische Grundlagen der Volumetrie	169
4.2.2	Säure-Base-Titration	171
4.2.3	Redoxtitration	173
4.2.4	Komplexometrie	178
4.2.5	Fällungstitration (Argentometrie)	181
4.3	Gravimetrie	182
4.3.1	Stöchiometrische Grundlagen der Gravimetrie (Gewichtsanalyse)	182
4.3.2	Gravimetrische Bestimmungen	183
4.4	Summenparameter und spezielle Titrationsen	190
4.4.1	Wasserhärte	190
4.4.2	Säure-Base-Titration	190
4.4.3	Rücktitration	191
4.4.4	Redoxtitration	192
4.4.5	Gasvolumetrie	192
4.5	pH-Rechnung in wässriger Lösung	193
4.6	Titrationsskurven	194
4.7	Indikatoren	196
4.7.1	Indikationsmethoden	196
4.7.2	Säure-Base-Indikatoren	196
4.7.3	Redoxindikatoren	198
4.7.4	Indikatoren für die Komplexometrie (Metallionenindikatoren)	199
4.8	Standardreferenzsubstanzen (Ursubstanzsubstanzen)	201

II. Organische Chemie	203
5 Stoffdaten organischer Verbindungen	204
5.1 Kohlenwasserstoffe	204
5.2 Halogenkohlenwasserstoffe	208
5.3 Alkohole, Thiole und Ether	209
5.3.1 Alkohole und Phenole	209
5.3.2 Ether, Peroxide, Thioether	211
5.4 Carbonylverbindungen	212
5.4.1 Aldehyde und Ketone	212
5.4.2 Carbonsäuren	214
5.4.3 Carbonsäureester und Anhydride	217
5.5 Sulfonsäuren und ihre Derivate	218
5.6 Organische Stickstoffverbindungen	218
5.6.1 Amine	218
5.6.2 Aminosäuren	219
5.6.3 Amide und Sulfonamide	221
5.6.4 Nitro- und Nitrosoverbindungen	222
5.6.5 Kohlenstoff-Stickstoff-Verbindungen	222
5.7 Tenside	224
5.8 Alkaloid-Stammsysteme	225
5.9 Umweltanalytisch-toxikologisch relevante Substanzen	226
6 Nomenklatur	235
6.1 Organische Reste und Stoffklassen	235
6.2 Radikale, Ionen und Liganden	240
6.3 Ringsysteme	243
7 Organische Analyse	245
7.1 Vorproben und Farbreaktionen	245
7.1.1 Physikalisch-chemische Eigenschaften	245
7.1.2 Brennprobe	245
7.1.3 Löslichkeit organischer Verbindungen	245
7.1.4 Qualitativer Nachweis der Elemente	246
7.1.5 Vorproben auf funktionelle Gruppen	247
7.1.6 Nachweise für Alkaloide, Steroide, Peptide	248
7.2 Trennungsgang organischer Verbindungen	250
7.2.1 Löslichkeitstrennungsgang	250
7.2.2 Ethertrennungsgang	250
7.3 Derivate und Nachweisreaktionen	251
7.3.1 Reaktionen	251
7.3.2 Schmelztemperatur von Derivaten	255
7.4 Elementaranalyse und Molmassenbestimmung	260
7.4.1 Verbrennungsanalyse	260
7.4.2 Aufstellen von Summenformeln	260
7.4.3 Klassische Bestimmung der molaren Masse	261
8 Polymere	262
8.1 Technische Kunststoffe	262

8.2	Löslichkeit, Dichte und Schmelzverhalten	267
8.3	Verbrennung von Polymeren	271
8.3.1	Brennprobe	271
8.3.2	Pyrolyseprodukte	273
8.4	Spektroskopische Identifizierung von Kunststoffen	276
8.4.1	UV/Vis-Absorption	276
8.4.2	IR-Spektren	276
8.5	Weichmacher	284

II. Instrumentelle Analytik und Strukturaufklärung 287

9 Methoden der instrumentellen Analytik 288

10 Oberflächen- und Materialanalytik 292

10.1	Metallografie	293
10.1.1	Optische Mikroskopie	293
10.1.2	Elektronenmikroskop	293
10.1.3	Elektronenstrahlmikrosonde	294
10.2	Oberflächenanalytik mit Bindungsinformation	294
10.3	Röntgenografische Methoden	295
10.3.1	Röntgenfluoreszenzanalyse	295
10.3.2	Durchstrahlungsprüfung	296
10.3.3	Kristallstrukturanalyse	297
10.4	Radiochemische Methoden	298
10.4.1	Radioaktiver Zerfall	298
10.4.2	Stabilität der Nuklide	298
10.4.3	Radiochemische Analyse	299

11 Atomspektroskopie 302

11.1	Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)	302
11.1.1	Physikalische Grundlagen	302
11.1.2	Atomabsorptionsspektrometer	302
11.1.3	Strahlungsquellen in der AAS	304
11.1.4	Methoden und Betriebsgase	305
11.1.5	Störungen bei der AAS	306
11.1.6	Fehlersuche bei AAS-Messungen	308
11.2	Atomemissionspektroskopie	309
11.2.1	Flammenfotometrie	309
11.2.2	Plasma-Anregung	309
11.2.3	Störungen bei ICP-OES	309
11.2.4	Störungen bei ICP-MS	314
11.2.5	Nachweisgrenzen atomspektroskopischer Methoden	315

12 Molekülspektroskopie 317

12.1	UV/Vis-Spektroskopie	317
12.1.1	Absorptionsspektrum von Molekülen	317
12.1.2	Spektralfotometrie	319
12.1.3	UV-Vis-Spektrometer	320

12.1.4	Farbzahlbestimmung	322
12.1.5	Fotometrische Analyse von Gasen und Ionen	322
12.1.6	Optische Aktivität	323
12.2	Infrarotspektroskopie	324
12.2.1	Molekülschwingungen und Rotationen	324
12.2.2	FTIR-Spektroskopie	325
12.2.3	Quantitative IR-Spektroskopie	326
12.2.4	IR-Banden	327
12.2.5	NIR-Spektroskopie	332
12.2.6	RAMAN-Spektroskopie	333
12.3	Massenspektrometrie	335
12.3.1	Ionisation und Fragmentierung	335
12.3.2	Auswertung von Massenspektren	337
12.4	Kernspinresonanzspektroskopie	343
12.4.1	Kernspin und NMR-Signal	343
12.4.2	^1H -NMR	344
12.4.3	^{13}C -NMR	348
13	Elektroanalytik	351
13.1	Potentiometrie und Korrosionsmessung	351
13.1.1	Potenziale und Spannungen	351
13.1.2	Bezugspotenzial	355
13.1.3	Potentiometrische pH-Messung und Titration	355
13.1.4	Ionensensitive Elektroden	357
13.1.5	Kalibriermethoden	358
13.1.6	Korrosionsmessung	358
13.2	Amperometrie und Voltammetrie	359
13.2.1	Amperometrische Sensoren	359
13.2.2	Cyclovoltammetrie	360
13.2.3	Polarografie und Voltammetrie	360
13.2.4	Inversvoltammetrie (Stripping-Voltammetrie)	364
13.2.5	Chronopotentiometrie	365
13.3	Coulometrie	366
13.3.1	Elektrogravimetrie	366
13.3.2	Coulometrische Titration	368
13.4	Konduktometrie und Impedanzspektroskopie	368
13.4.1	Leitfähigkeitsmessung	368
13.4.2	Leitfähigkeitstitration	370
13.4.3	Elektrodenvorgänge	370
13.5	Reale Lösungen	371
14	Thermische Analyse	372
14.1	Thermowaage	372
14.1.1	Thermogravimetrische Analyse	372
14.1.2	Veraschung	373
14.2	Kalorimetrie	373
14.2.1	Heizwert und Brennwert	373
14.2.2	Klassische Kalorimetrie	374

14.3 Analytische Anwendungen	375
14.3.1 Thermometrie	375
14.3.2 Differenzthermoanalyse (DTA)	375
14.3.3 Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC)	376

IV. Trennmethoden 377

15 Chromatografie	378
15.1 Physikalisch-chemische Grundlagen	378
15.1.1 Absorptionskonstanten	379
15.1.2 Adsorptionskonstanten	380
15.1.3 Thermodynamik der Adsorptionschromatografie	382
15.1.4 Thermodynamik der Verteilungschromatografie	383
15.1.5 Methodenübergreifende Definitionen in der Chromatografie	384
15.2 Dünnschichtchromatografie (DC)	385
15.2.1 Trennverfahren und Phasen	385
15.2.2 Adsorptionswechselwirkungskräfte	385
15.2.3 DC-Platten: Beschichtung und Träger	385
15.2.4 Modelle zur Retention und Elutionsstärke von Lösemitteln	387
15.2.5 Trennung von Substanzen: stationäre Phasen und Laufmittel	390
15.2.6 Detektion in der Dünnschichtchromatografie	393
15.2.7 Sprühreagenzien	395
15.2.8 Korrigierte R_f -Werte	398
15.3 Gaschromatografie (GC)	400
15.3.1 Mobile Phase	400
15.3.2 Stationäre Phase	402
15.3.3 Polarität stationärer Phasen	405
15.3.4 Stationäre GC-Flüssigphasen nach Polarität	409
15.3.5 Kapillarsäulen	413
15.3.6 Auswahl stationärer GC-Phasen	415
15.3.7 Fehlerursachen	417
15.3.8 GC-Detektoren	422
15.4 Hochleistungsflüssigchromatografie (HPLC)	423
15.4.1 Druckabfall und Säulendruck	423
15.4.2 Elutionsmittel: reines Lösemittel als mobile Phase	424
15.4.3 Modifier: RP-HPLC	424
15.4.4 HPLC-Säulen: Hersteller und Auswahl	427
15.4.5 Struktur gebräuchlicher HPLC-Phasen	428
15.4.6 Spezielle stationäre HPLC-Phasen	429
15.4.7 HPLC-Säulen: Auswahl	431
15.4.8 Fehlersuche	437
15.4.9 Detektoren in der HPLC	440

V. Datenanalyse, Größen und Einheiten	441
16 Mathematischer Anhang	442
16.1 Fehlerrechnung	442
16.1.1 Messergebnis und statistische Messunsicherheit	442
16.1.2 Fehlerfortpflanzung	443
16.2 Numerische Verfahren	443
16.2.1 Lineare Regression	443
16.2.2 Interpolation und Nullstellen	443
16.2.3 Bestimmung von Wendepunkten	444
16.2.4 Numerische Intergration	444
16.2.5 LD50-Bestimmung	444
16.3 Statistische Auswertung	445
16.3.1 Mittelwerte	445
16.3.2 Partikelgrößenanalyse	445
16.3.3 Signifikanztests	446
16.3.4 Vierfeldertafel	446
16.3.5 Validierung analytischer Verfahren	447
16.3.6 Ausreißertests	448
17 Einheiten und Umrechnungsfaktoren	449
17.1 Internationales Einheitensystem (SI)	449
17.2 Umrechnung veralteter und unzulässiger Einheiten	451
17.3 Umrechnung von Einheiten aus der Chromatografie	451
17.4 Formelzeichen und Einheiten	453
17.5 Konstanten	456
Literatur und Internethinweise	457
18 Sachwortverzeichnis	459