

Inhaltsverzeichnis

Vorwort XI

1	Grundlagen der Analytischen Chemie	1
1.1	Gegenstand und Bedeutung in der Gesellschaft	1
1.1.1	Historisches	1
1.1.2	Der Analytiker als wissenschaftlicher Detektiv	2
1.1.3	Aufgabenbereiche der Analytik	3
1.2	Der analytische Prozess	8
1.2.1	Probenahme	9
1.2.2	Probenvorbereitung	13
1.2.3	Messung	17
1.2.4	Auswertung und Bericht	17
1.3	Analytische Kenngrößen, statistische Bewertung und Qualitätssicherung	18
1.3.1	Kalibrierung eines Analysenverfahrens	18
1.3.2	Statistische Bewertung	21
1.3.3	Selektivität	25
1.3.4	Aufwand, Zeit und Kosten	25
1.3.5	Qualitätssicherung	26
	Weiterführende Literatur	31
	Aufgaben	31
2	Methoden auf der Grundlage chemischer Reaktionen	33
2.1	Chemisches Gleichgewicht und Elektrolyte	33
2.1.1	Chemisches Gleichgewicht	33
2.1.2	Reaktionstypen	35
2.1.3	Elektrolyte	37
2.1.4	Qualitative und quantitative Analysen	38
2.2	Säure-Base-Reaktionen und Titrationsen	39
2.2.1	Säure-Base-Theorie nach Brönsted	39
2.2.2	Beschreibung von Protolysegleichgewichten	40
2.2.3	Säure-Base-Titrationsen	56
2.2.4	Titrationsen in nicht-wässrigen Lösungsmitteln	65

2.3	Fällungsreaktionen für Gravimetrie, Titrimetrie und Maskierungen	66
2.3.1	Beschreibung von Fällungs- und Lösungsgleichgewichten	66
2.3.2	Anwendungen	74
2.4	Komplexbildungsreaktionen und Komplexometrie	78
2.4.1	Typen von Komplexverbindungen	78
2.4.2	Komplexstabilität	80
2.4.3	Kombination mit Fällungsreaktionen	81
2.4.4	Kombination mit Säure-Base-Reaktionen	83
2.4.5	Komplexometrische Titrationsen	86
2.5	Reduktions-Oxidations-Reaktionen und Redox titrationen	90
2.5.1	Beschreibung von Redoxreaktionen	90
2.5.2	Beeinflussung von Redoxreaktionen durch die Reaktionsbedingungen	93
2.5.3	Anwendungen	95
2.6	Extraktion und Ionenaustausch	100
2.6.1	Extraktion	101
2.6.2	Ionenaustausch	112
2.7	Kinetische Methoden	116
2.7.1	Zeitgesetze	117
2.7.2	Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit	120
2.7.3	Anwendungen	121
2.8	Thermische Methoden	123
2.8.1	TG – Thermogravimetrie	123
2.8.2	DTA – Differenz-Thermoanalyse	124
2.8.3	DSC – Differential Scanning Calorimetry	126
	Weiterführende Literatur	126
	Aufgaben	126
3	Spektroskopie	133
3.1	Grundlagen der Spektroskopie	133
3.1.1	Elektromagnetisches Spektrum und spektroskopische Methoden	134
3.1.2	Instrumentierung für die optische Spektroskopie	139
3.2	Atomspektroskopie	151
3.2.1	Theorie	151
3.2.2	Spektrenarten	152
3.2.3	Atomabsorptionsspektrometrie	159
3.2.4	Atomemissionsspektroskopie	172
3.2.5	Röntgen- und Elektronenspektroskopie	183
3.3	Optische Molekülspektroskopie	197
3.3.1	Infrarot- und Raman-Spektroskopie	197
3.3.2	UV/VIS-Spektroskopie	227
3.3.3	Lumineszenz-Spektroskopie	243
3.4	Magnetische Resonanzspektroskopie	250
3.4.1	NMR	251

- 3.4.2 EPR 271
- 3.5 Massenspektrometrie 274
 - 3.5.1 Aufbau eines Massenspektrometers 275
 - 3.5.2 Massenspektren von unterschiedlichen Ionenquellen 284
 - 3.5.3 Anwendungen 291
- 3.6 Radiometrische Methoden 297
 - 3.6.1 Grundlagen 297
 - 3.6.2 Messung radioaktiver Strahlung 300
 - 3.6.3 Anwendungen 301
 - Weiterführende Literatur 304
 - Aufgaben 305
- 4 Elektroanalytik 311**
 - 4.1 Grundlagen elektroanalytischer Verfahren 311
 - 4.1.1 Elektroden und galvanische Zellen 311
 - 4.1.2 Transportarten in der Lösung 317
 - 4.1.3 Elektrolytische Leitfähigkeit 317
 - 4.2 Konduktometrie 322
 - 4.3 Potentiometrie 325
 - 4.3.1 Direktpotentiometrie 326
 - 4.3.2 Potentiometrische Titrationsen 337
 - 4.4 Voltammetrie 338
 - 4.4.1 Elektrochemische Prozesse 339
 - 4.4.2 Aufzeichnung der Strom-Potentialkurven 342
 - 4.4.3 Polarographie 343
 - 4.4.4 Rotierende Festelektroden 349
 - 4.4.5 Variationen voltammetrischer Methoden 350
 - 4.4.6 Amperometrie und Voltammetrie 355
 - 4.5 Coulometrie 361
 - 4.5.1 Potentiostatische Coulometrie 361
 - 4.5.2 Galvanostatische Coulometrie: coulometrische Titration 363
 - Weiterführende Literatur 364
 - Aufgaben 364
- 5 Chromatographie 367**
 - 5.1 Grundlagen chromatographischer Trennverfahren 367
 - 5.1.1 Überblick 368
 - 5.1.2 Entwicklung eines Chromatogramms 369
 - 5.1.3 Kenngrößen eines Chromatogramms 371
 - 5.1.4 Die chromatographische Theorie 374
 - 5.1.5 Die Auflösung R_s als Maß für die Peaktrennung 379
 - 5.1.6 Qualitative Analyse 382
 - 5.1.7 Quantitative Analyse 383
 - 5.2 Gaschromatographie 383
 - 5.2.1 Retentionsdaten und Verteilungskoeffizient 384

5.2.2	Trennungen in der Gasphase	385
5.2.3	Aufbau eines Gaschromatographen	386
5.2.4	Stationäre Phasen für die Gas-Flüssig-Chromatographie	393
5.2.5	Anwendungen der Gas-Flüssig-Chromatographie	398
5.2.6	Adsorptionschromatographie	402
5.3	Flüssigchromatographie	404
5.3.1	Hochleistungsflüssigchromatographie – HPLC	404
5.3.2	Adsorptionschromatographie	423
5.3.3	Ionenchromatographie	424
5.3.4	Gelchromatographie	430
5.3.5	Dünnschichtchromatographie	435
5.4	Superkritische Flüssigchromatographie	441
5.4.1	Instrumentierung	443
5.4.2	Stationäre und mobile Phase	444
5.4.3	Detektoren	444
5.4.4	Leistungsparameter der SFC	444
5.4.5	Anwendungen	446
5.5	Elektrophorese	447
5.5.1	Klassische Elektrophorese	447
5.5.2	Weiterentwicklungen elektrophoretischer Methoden	448
5.5.3	Kapillarelektrophorese	450
5.6	Kopplungen von Chromatographie und Spektroskopie	454
5.6.1	GC/MS-Kopplung	455
5.6.2	LC/MS-Kopplung	457
5.6.3	GC/IR-Kopplung	459
5.6.4	Weitere Kopplungen	461
5.6.5	Mehrdimensionale Trennverfahren	461
	Weiterführende Literatur	466
	Aufgaben	466
6	Chemometrie	473
6.1	Statistische Grundlagen	473
6.1.1	Die Verteilung von Zufallsdaten	473
6.1.2	Statistische Prüfverfahren oder das Testen von Hypothesen	477
6.2	Signalanalyse	485
6.2.1	Signal-Rausch-Verhältnis	485
6.2.2	Analoge und digitale Filter	486
6.2.3	Signaltransformationen zur Datenfilterung	488
6.3	Multivariate Methoden	491
6.3.1	Modellierung analytischer Daten	492
6.3.2	Mustererkennung und Klassifizierung	496
	Weiterführende Literatur	503
	Aufgaben	504

- 7 Automatisierung und Prozessanalytik 507**
 - 7.1 Labormechanisierung 507
 - 7.1.1 Diskrete Analysatoren 509
 - 7.1.2 Kontinuierliche Analysatoren 512
 - 7.1.3 Elementaranalysatoren 519
 - 7.1.4 Laborroboter 520
 - 7.2 Chemische Sensoren 521
 - 7.2.1 Anforderungen und Wirkprinzipien 522
 - 7.2.2 Elektrochemische und mikroelektronische Sensoren 524
 - 7.2.3 Optische Sensoren 532
 - 7.2.4 Thermische (kalorimetrische) Sensoren 540
 - 7.2.5 Massensensitive Sensoren 541
 - 7.2.6 Mehrkanalsensoren 543
 - 7.3 Automatisierte Prozesskontrolle 544
 - 7.3.1 Gebiete der Prozessanalytik 545
 - 7.3.2 Nicht-selektive Analysenprinzipien 547
 - 7.3.3 IR-Analysatoren 551
 - 7.3.4 Sauerstoffanalysatoren 552
 - 7.3.5 Prozesschromatographie 553
 - Weiterführende Literatur 554
 - Aufgaben 554

- 8 Bioanalytik 557**
 - 8.1 Proteinanalytik 557
 - 8.1.1 Proteinreinigung 558
 - 8.1.2 Trennungen von Proteinen 562
 - 8.1.3 Enzymatische Methoden 571
 - 8.1.4 Immunoassays 578
 - 8.1.5 Proteinsequenzanalyse 583
 - 8.1.6 Massenspektrometrie 584
 - 8.1.7 MALDI-MS 588
 - 8.1.8 ESI-MS 592
 - 8.2 Nucleinsäureanalytik 594
 - 8.2.1 Reinigung von Nucleinsäuren 595
 - 8.2.2 Gelelektrophorese von Nucleinsäuren 595
 - 8.2.3 DNA-Sequenzierung 597
 - 8.2.4 LC/MS von DNA 599
 - 8.2.5 DNA-Chip 600
 - Weiterführende Literatur 602
 - Aufgaben 602

- 9 Umwelt- und Werkstoffanalytik 605**
 - 9.1 Umweltanalytik 605
 - 9.1.1 Einführung 605
 - 9.1.2 Individuenanalytik 606

x | *Inhaltsverzeichnis*

9.1.3 Schnelltests und Langzeitexpositionsmessungen 608

9.1.4 Summen- und Gruppenparameter 610

9.1.5 Kompartimentierung und Spezifizierung 611

9.2 Werkstoffanalytik 614

9.2.1 Grundlagen 614

9.2.2 Methoden der Werkstoffanalytik 616

Weiterführende Literatur 626

Aufgaben 626

Lösungen zu den Aufgaben 629

Anhang 635

Sachregister 647