

Inhaltsverzeichnis

1	Messungen	1
1.1	Schritte in einer chemischen Analyse	1
1.2	SI-Einheiten	3
1.3	Chemische Konzentrationen	10
1.4	Herstellung von Lösungen	14
2	Handwerkszeug des Analytikers	23
2.1	Sicherer und verantwortungsbewußter Umgang mit Chemikalien und Rückständen	23
2.2	Das Laborbuch	25
2.3	Die analytische Waage	26
2.4	Büretten	32
2.5	Meßkolben	35
2.6	Pipetten und Dosierspritzen	37
2.7	Filtration	40
2.8	Trocknen	42
2.9	Kalibrierung volumetrischer Glasgeräte	43
3	Experimenteller Fehler	51
3.1	Signifikante Ziffern	51
3.2	Signifikante Ziffern in der Arithmetik	52
3.3	Signifikante Ziffern und graphische Darstellungen	55
3.4	Fehlerarten	56
3.5	Fehlerfortpflanzung	60
4	Statistik	71
4.1	Gauss-Verteilung	71
4.2	Students <i>t</i> -Test	77
4.3	Kontrollkarten	85
4.4	<i>Q</i> -Test für Ausreißer	87
4.5	Ermittlung der „besten“ Geraden	89
5	Chemisches Gleichgewicht	109
5.1	Die Gleichgewichtskonstante	109
5.2	Gleichgewicht und Thermodynamik	111
5.3	Löslichkeitsprodukt	115
5.4	Der gleichionige Zusatz	116
5.5	Trennung durch Fällung	120
5.6	Komplexbildung	121

5.7	Protische Säuren und Basen	126
5.8	pH-Wert	130
5.9	Die Stärke von Säuren und Basen	133
6	Ein erster Blick auf die Spektralphotometrie	153
6.1	Eigenschaften des Lichts	153
6.2	Lichtabsorption	155
6.3	Das Spektralphotometer	162
6.4	Das Lambert-Beersche Gesetz in der Chemischen Analyse	164
6.5	Kalibrationskurven	170
6.6	Standardzusatz und innerer Standard	173
7	Volumetrische Analyse	193
7.1	Prinzipien der volumetrischen Analyse	193
7.2	Volumetrische Verfahren und Berechnungen	195
7.3	Spektralphotometrische Titrationsen	199
7.4	Die Kurve der Fällungstitration	201
7.5	Titration eines Gemisches	208
7.6	Berechnung von Titrationskurven mit einem Tabellenkalkulationsprogramm	210
7.7	Endpunktbestimmung	214
8	Aktivität	227
8.1	Der Einfluß der Ionenstärke auf die Löslichkeit von Salzen	227
8.2	Aktivitätskoeffizienten	230
8.3	Die Verwendung von Aktivitätskoeffizienten	235
8.4	pH, noch einmal	238
9	Die systematische Behandlung von Gleichgewichten	245
9.1	Elektroneutralitätsbedingung	246
9.2	Massenbilanz	247
9.3	Systematische Behandlung von Gleichgewichtsproblemen	249
9.4	Die Abhängigkeit der Löslichkeit vom pH	252
10	Einprotonige Säure-Base-Gleichgewichte	269
10.1	Starke Säuren und Basen	269
10.2	Schwache Säuren und Basen	272
10.3	Die Gleichgewichte schwacher Säuren	274
10.4	Die Gleichgewichte schwacher Basen	281
10.5	Puffer	284
11	Mehrprotonige Säure-Base-Gleichgewichte	307
11.1	Zweiprotonige Säuren und Basen	307
11.2	Zweiprotonige Puffer	318
11.3	Mehrprotonige Säuren und Basen	321
11.4	Was ist die hauptsächliche Spezies?	323

11.5	Gleichungen für die Berechnung der Anteile einzelner Formen	325
11.6	Isoelektrischer und isoionischer pH	328
11.7	Mikro-Gleichgewichtskonstanten	330
12	Säure-Base-Titrationen	341
12.1	Titration einer starken Säure mit einer starken Base	341
12.2	Titration einer schwachen Säure mit einer starken Base	345
12.3	Die Titration einer schwachen Base mit einer starken Säure	352
12.4	Titrationskurven in zweiprotonigen Systemen	353
12.5	Ermittlung des Endpunkts mit einer pH-Elektrode	358
12.6	Endpunktbestimmung mit Indikatoren	364
12.7	Praktische Hinweise	368
12.8	Titrationskurven in nichtwässrigen Lösungsmitteln	370
12.9	Berechnung von Titrationskurven mit Tabellenkalkulationsprogrammen . .	376
13	EDTA-Titrationskurven	393
13.1	Metall-Chelatkomplexe	393
13.2	Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA)	396
13.3	Titrationskurven mit EDTA	403
13.4	Versuchen Sie es mit einem Tabellenkalkulationsprogramm	407
13.5	Hilfskomplexbildner	409
13.6	Metallindikatoren	413
13.7	Titrationsmethoden mit EDTA	416
14	Grundlagen der Elektrochemie	429
14.1	Grundkonzepte	429
14.2	Galvanische Zellen	433
14.3	Standardpotentiale	438
14.4	Die Nernstsche Gleichung	441
14.5	E^0 und die Gleichgewichtskonstante	448
14.6	Galvanische Zellen als chemische Sonden	451
14.7	Biochemiker verwenden $E^{0'}$	455
15	Elektroden und Potentiometrie	473
15.1	Referenzelektroden	473
15.2	Indikatorelektroden	478
15.3	Was ist ein Diffusionspotential?	480
15.4	Wie arbeiten ionenselektive Elektroden?	481
15.5	pH-Messung mit einer Glaselektrode	486
15.6	Arten der ionenselektiven Elektroden	494
15.7	Die Anwendung ionenselektiver Elektroden	504
15.8	Chemische Festkörpersensoren	506
16	Redox-titrationskurven	523
16.1	Die Form der Redox-titrationskurve	523
16.2	Allgemeine Behandlung der Redox-titrationskurven	530

16.3	Die Titration eines Gemisches	537
16.4	Redoxindikatoren	539
16.5	Einstellung des Oxidationszustands des Analyten	541
16.6	Oxidation mit Kaliumpermanganat	543
16.7	Oxidation mit Ce^{4+}	546
16.8	Oxidation mit Kaliumdichromat	547
16.9	Methoden unter Verwendung von Iod	548
17	Elektrogravimetrische und coulometrische Analyse	565
17.1	Elektrolyse: Man läßt Elektronen arbeiten	565
17.2	Warum sich die Spannung ändert, wenn ein Strom fließt	567
17.3	Elektrogravimetrische Analyse	577
17.4	Coulometrische Analyse	584
17.5	Mediatoren	590
18	Voltammetrie	601
18.1	Warum wir in der Polarographie die Quecksilber-Tropfelektrode verwenden	601
18.2	Das Polarogramm	604
18.3	Polarographie in der chemischen Analyse	614
18.4	Pulspolarographie	617
18.5	Stripping-Analyse	623
18.6	Zyklische Voltammetrie	626
18.7	Amperometrische Titrationsen	632
19	Anwendungen der Spektralphotometrie	651
19.1	Analyse einer Mischung	651
19.2	Bestimmung von Gleichgewichtskonstanten: Die Scatchard-Methode	657
19.3	Methode der kontinuierlichen Variation	659
19.4	Vorgänge bei der Lichtabsorption	661
19.5	Lumineszenz	667
19.6	Immuno-Assay	679
20	Spektralphotometer	695
20.1	Wechselwirkung von Licht mit Stoff	695
20.2	Das Spektralphotometer	704
20.3	Lichtquellen: Lampen und Laser	706
20.4	Probeküvetten für Flüssigkeiten	710
20.5	Monochromatoren	711
20.6	Detektoren	717
20.7	Fehler in der Spektralphotometrie	725
20.8	Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie (FT-IR Spektroskopie)	728
20.9	Rauschen	735
21	Atomspektroskopie	747
21.1	Absorption, Emission und Fluoreszenz	749

21.2	Atomisierung: Flammen, Öfen und Plasmen	750
21.3	Der Einfluß der Temperatur in der Atomspektroskopie	757
21.4	Apparatur	759
21.5	Interferenz	768
22	Einführung in Analytische Trennverfahren	777
22.1	Lösungsmittelextraktion	777
22.2	Was ist Chromatographie?	785
22.3	Chromatographie aus der Sicht eines Rohrlegers	788
22.4	Effizienz einer Trennung	794
22.5	Warum Banden breiter werden	802
23	Gas- und Flüssigkeitschromatographie	821
23.1	Gaschromatographie (GC)	822
23.2	Klassische Flüssigkeitschromatographie	840
23.3	Hochauflösende Flüssigkeitschromatographie (HPLC)	843
23.4	Praktische Hinweise zur klassischen Flüssigkeitschromatographie	861
24	Chromatographische Methoden und Kapillarelektrophorese	875
24.1	Ionenaustausch-Chromatographie	875
24.2	Ionenchromatographie	883
24.3	Molekülausschluß-Chromatographie	887
24.4	Affinitätschromatographie	891
24.5	Kapillarelektrophorese	892
25	Gravimetrie und Verbrennungsanalyse	921
25.1	Ein Beispiel für gravimetrische Analyse	921
25.2	Fällung	923
25.3	Beispiele für gravimetrische Berechnungen	930
25.4	Verbrennungsanalyse	934
26	Probenvorbereitung	947
26.1	Statistik der Probenahme	948
26.2	Probenvorbereitung für die Analyse	954
26.3	Voranreicherung, Reinigung und Derivatisierung	964
27	Experimente	978
27.1	Kalibration volumetrischer Glasgefäße	978
27.2	Gravimetrische Bestimmung von Calcium als $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	980
27.3	Gravimetrische Eisenbestimmung als Fe_2O_3	982
27.4	Herstellung einer eingestellten Säure und Base	984
27.5	Analyse eines Gemisches aus Carbonat und Bicarbonat	986
27.6	Stickstoffanalyse nach Kjeldahl	988
27.7	Analyse einer Säure-Base-Titrationskurve: Die Gran-Methode	990
27.8	EDTA-Titration von Ca^{2+} und Mg^{2+} in natürlichen Wässern	993
27.9	Synthese und Analyse von Ammoniumdecavanadat	994

27.10	Iodometrische Titration von Vitamin C	997
27.11	Herstellung und iodometrische Analyse eines Hochtemperatursupraleiters	998
27.12	Potentiometrische Halogenidtitration mit Ag^+	1003
27.13	Elektrogravimetrische Analyse von Kupfer	1004
27.14	Polarographische Bestimmung einer Gleichgewichtskonstanten	1006
27.15	Coulometrische Titration von Cyclohexen mit Brom	1007
27.16	Spektralphotometrische Bestimmung von Eisen in Vitamintabletten . . .	1009
27.17	Spektralphotometrische Bestimmung einer Gleichgewichtskonstanten . .	1011
27.18	Eigenschaften eines Ionenaustauscherharzes	1013
27.19	Quantitative Analyse mit GC oder HPLC	1015
Anhänge		1021
A	Logarithmen und Exponenten	1021
B	Graphische Darstellungen von Geraden	1023
C	Fehlerfortpflanzung	1025
D	Oxidationszahlen und Ausgleich von Redoxgleichungen	1027
E	Normalität	1035
F	Löslichkeitsprodukte	1038
G	Säuredissoziationskonstanten	1042
H	Standardreduktionspotentiale	1053
I	Stufenweise Komplexstabilitätskonstanten	1063
Lösungen zu den Übungen		1065
Lösungen zu den Aufgaben		1104
Glossar		1117
Sachwortverzeichnis		1153