

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Zur Geschichte des „Jander/Blasius“	VII
Abkürzungsverzeichnis	VIII

TEIL A Theoretische Grundlagen

1	Einführung in die Allgemeine Chemie	3
1.1	Chemische Grundgesetze – Historischer Rückblick	3
1.2	Aufbau der Atome	5
1.2.1	Atommodell nach <i>Rutherford</i>	5
1.2.2	Bohr'sches Modell des Wasserstoffatoms	6
1.2.3	Bahnradien und Größe des H-Atoms	7
1.2.4	Termenergie	8
1.2.5	Orbitalmodell	9
1.2.6	Aufbau von Mehrelektronensystemen	11
1.3	Periodensystem der Elemente (PSE)	13
1.3.1	Allgemeine Zusammenhänge	13
1.3.2	Periodizität der Eigenschaften	14
1.4	Chemische Bindung	17
1.4.1	Ionenbindung	17
1.4.2	Atombindung oder kovalente Bindung	22
1.4.3	Metallbindung	34
1.4.4	Übergänge zwischen den Bindungstypen	35
1.4.5	Van-der-Waals-Bindungen	37
2	Chemie der wässrigen Lösungen und Ionenlehre	41
2.1	Struktur von Wasser	41
2.2	Wasser als Lösemittel: Elektrolytische Dissoziation	42
2.3	Elektrolytlösungen – Ionenreaktionen	43
2.4	Konzentration von Lösungen	44
2.4.1	Gefrierpunktserniedrigung und Siedepunktserhöhung	44
2.5	Löslichkeit und Kristallwachstum	45
2.5.1	Teilchengröße und übersättigte Lösungen	45
2.5.2	Keimbildung und Kristallwachstum	47
2.5.3	Kristallsysteme	49

2.6	Löslichkeit und chemische Bindung	50
2.6.1	Löslichkeit aufgrund der Hydratisierung	50
2.6.2	Einfluss der Polarisierung der Elektronenhülle auf die Löslichkeit ..	51
3	Chemisches Gleichgewicht – Massenwirkungsgesetz	53
3.1	Massenwirkungsgesetz	53
3.1.1	Veränderung der Gleichgewichtslage: Das Prinzip von <i>Le Chatelier</i> ..	55
3.1.2	Heterogene Gleichgewichte	56
3.2	Massenwirkungsgesetz und Ionenlehre	58
3.2.1	Schwache Elektrolyte: Dissoziationskonstante und Dissoziationsgrad	58
3.2.2	Starke Elektrolyte: Aktivitäten und Ionenstärke	59
3.2.3	Nernst'sches Verteilungsgesetz	62
4	Säuren und Basen	65
4.1	Definition nach <i>Brønsted</i>	65
4.2	Definition nach <i>Lewis</i>	66
4.2.1	HSAB-Konzept nach <i>Pearson</i>	67
4.3	Schwache Säuren und Basen: Säurekonstante, Basenkonstante ..	67
4.3.1	Einwertige Säuren und Basen	67
4.3.2	Mehrwertige Säuren	68
4.4	Wasserstoffionenkonzentration und pH-Wert	68
4.4.1	Dissoziation von Wasser	68
4.4.2	Ionenprodukt von Wasser	69
4.4.3	Definition des pH-Werts	69
4.5	pK-Werte von Säuren und Basen	70
4.5.1	Starke Säuren und starke Basen	70
4.5.2	Schwache Säuren und schwache Basen	71
4.5.3	pH-Indikatoren	72
4.6	Hydrolyse	74
4.6.1	Verdünnung und Temperaturänderung	75
4.6.2	Änderung der Konzentration der Reaktionsprodukte	75
4.7	Pufferlösungen	77
4.8	Ausgewählte Säuren und Basen	79
4.8.1	Eigenschaften höher geladener Kationen in wässriger Lösung	79
4.8.2	Hydroxide und Sauerstoffsäuren der Elemente	79
4.8.3	Säure- und Basenstärke in Abhängigkeit von der Stellung im PSE ..	80
4.8.4	Säure- und Basenstärke in Abhängigkeit von der Oxidationsstufe ..	81
4.8.5	Säuretypen und Nomenklatur	81
4.8.6	Element-Wasserstoff-Verbindungen	82

5	Löslichkeitsprodukt und Löslichkeit schwer löslicher Elektrolyte	85
5.1	Löslichkeitsprodukt	85
5.2	Molare Löslichkeit	86
5.3	Fällung schwer löslicher Elektrolyte	88
5.3.1	Fällungen ohne pH-Änderung	88
5.3.2	Fällungen mit pH-Änderung	89
5.4	Löslichkeit in Abhängigkeit von Fremdionen	95
5.4.1	Bildung von Komplexionen	95
5.4.2	Erniedrigung der Aktivitätskoeffizienten	96
5.5	Auflösung schwer löslicher Elektrolyte	96
6	Elektrochemie	99
6.1	Oxidation und Reduktion	99
6.1.1	Oxidationsstufe	99
6.1.2	Redox-Gleichungen	100
6.2	Redoxpotenziale und Spannungsreihe	102
6.2.1	Standardpotenziale und die Spannungsreihe	103
6.3	Elektrochemische Abscheidung	107
6.3.1	Faraday'sche Gesetze	107
6.3.2	Einfluss der Redoxpotenziale	107
7	Stöchiometrie und Wertigkeitsbegriff	109
7.1	Stöchiometrisches Rechnen	109
7.1.1	Chemische Reaktionsgleichungen	109
7.1.2	Bestimmung von chemischen Bruttoformeln	110
7.2	Wertigkeitsbegriff	112
7.3	Beständigkeit der Oxidationsstufen	113
7.3.1	Maximal mögliche Oxidationsstufen	113
7.3.2	Minimal mögliche Oxidationsstufen	114
7.3.3	Oxidationsstufe und Magnetismus	114
8	Komplexchemie	119
8.1	Eigenschaften von Komplexen	119
8.2	Aufbau der Komplexe	121
8.2.1	Zentralatome und Liganden	121
8.2.2	Isomerie bei Komplexverbindungen	125

8.3	Bildung und Stabilität von Komplexen	126
8.3.1	Komplexbildungskonstante	126
8.3.2	Löslichkeitsprodukt und Komplexbildungskonstante	127
8.3.3	Komplexstabilität	130
8.4	Chemische Bindung in Komplexen	130
8.4.1	Modell der elektrostatischen Bindung	132
8.4.2	Modell der koordinativen Bindung	132
8.4.3	Ligandenfeld-Theorie der Komplexe	134
9	Chemie der Chelatliganden	141
9.1	Komplexliganden	142
9.2	Farblacke	148
9.3	Analytisch wichtige Reaktionen mit organischen Verbindungen ..	150
10	Kolloidchemie und Chemie an Grenzflächen	155
10.1	Größe und Oberfläche von Partikeln	155
10.2	Nanostrukturen	156
10.2.1	Einfluss der Partikelgröße auf Materialeigenschaften	157
10.2.2	Kohlenstoff-Nanostrukturen	158
10.3	Bildung und Herstellung von Kolloidlösungen	160
10.4	Koagulation und Peptisation	161
10.4.1	Koagulation geladener Teilchen	161
10.4.2	Koagulation ungeladener Teilchen	162
10.4.3	Schutzkolloide und Kern-Schale-Partikel	162
10.5	Alterung von Niederschlägen	163
10.6	Verunreinigung der Niederschläge durch Mitfällung	164
10.6.1	Adsorption	164
10.6.2	Okklusion, Mischkristalle und feste Lösungen	165
10.6.3	Definierte chemische Verbindungen	165
10.6.4	Praktische Folgerungen	166
11	Zur Nomenklatur anorganischer Verbindungen	169

TEIL B Qualitative Analyse

12	Arbeitstechniken und Methoden in der Analytischen Chemie und in der Qualitativen Analyse	177
12.1	Allgemeine Arbeitsregeln im Labor	177
12.2	Mikroskopieren und Tüpfelreaktion	179
12.2.1	Geräte	179
12.2.2	Mikroskopieren	188
12.2.3	Tüpfelreaktionen	189
12.3	Papierchromatographie	190
12.3.1	Arbeitstechnik und Geräte	190
12.3.2	Grundlagen der papierchromatographischen Trennung	194
12.3.3	Grenzkonzentration und Erfassungsgrenze	196
13	Nichtmetalle und ihre Verbindungen	197
13.1	Wasserstoff	197
13.2	Elemente der 7. Hauptgruppe	200
13.2.1	Fluor	200
13.2.2	Chlor	206
13.2.3	Brom	220
13.2.4	Iod	224
13.3	Elemente der 6. Hauptgruppe	231
13.3.1	Sauerstoff	231
13.3.2	Schwefel	236
13.3.3	Selen	258
13.3.4	Tellur	261
13.4	Elemente der 5. Hauptgruppe	263
13.4.1	Stickstoff	264
13.4.2	Phosphor	275
13.5	Elemente der 4. Hauptgruppe	286
13.5.1	Kohlenstoff	286
13.5.2	Silicium	309
13.6	Elemente der 3. Hauptgruppe	313
13.6.1	Bor	314
14	Metalle und ihre Verbindungen	319
14.1	Salzsäure-Gruppe	320
14.1.1	Silber	320

14.2 Reduktionsgruppe	325
14.2.1 Gold	325
14.2.2 Platin	327
14.2.3 Palladium	330
14.3 Schwefelwasserstoff-Gruppe	332
14.3.1 Quecksilber	333
14.3.2 Blei	340
14.3.3 Bismut	344
14.3.4 Kupfer	349
14.3.5 Cadmium	356
14.3.6 Thallium	359
14.3.7 Arsen	364
14.3.8 Antimon	370
14.3.9 Zinn	375
14.3.10 Germanium	380
14.4 Ammoniumsulfid-Urotropin-Gruppe	383
14.4.1 Nickel	383
14.4.2 Cobalt	386
14.4.3 Mangan	391
14.4.4 Zink	397
14.4.5 Eisen	401
14.4.6 Aluminium	410
14.4.7 Beryllium	417
14.4.8 Chrom	419
14.4.9 Gallium und Indium	427
14.4.10 Lanthan und Cer	434
14.4.11 Thorium	437
14.4.12 Uran	440
14.4.13 Titan	443
14.4.14 Zirconium	446
14.4.15 Vanadium	449
14.4.16 Niob und Tantal	452
14.4.17 Molybdän	456
14.4.18 Wolfram	460
14.5 Ammoniumcarbonat-Gruppe (2. Hauptgruppe des PSE)	462
14.5.1 Calcium	463
14.5.2 Strontium	467
14.5.3 Barium	470
14.6 Lösliche Gruppe (1. Hauptgruppe des PSE)	474
14.6.1 Natrium	474
14.6.2 Kalium	477

14.6.3	Ammonium und Ammoniak	484
14.6.4	Rubidium und Caesium	488
14.6.5	Lithium	491
14.6.6	Magnesium	493
15	Vorproben, Lösen und Aufschließen	499
15.1	Vorproben	499
15.1.1	Spektralanalyse bzw. Flammenfärbung	500
15.1.2	Lötrohrreaktion	502
15.1.3	Phosphorsalz- und Boraxperle	504
15.1.4	Glühröhrchen-Vorprobe	507
15.1.5	Schwefelsäure-Vorprobe	507
15.2	Lösen und Aufschließen	509
15.3	Weitere Aufschlussverfahren	511
15.3.1	Soda-Pottasche-Aufschluss	511
15.3.2	Saurer Aufschluss	512
15.3.3	Oxidationsschmelze	513
15.3.4	Freiberger Aufschluss	513
16	Kationennachweise – Systematik und Trennungsgänge	515
16.1	Säureschwerlösliche und Salzsäure-Gruppe	515
16.1.1	Säureschwerlösliche Gruppe	516
16.1.2	Salzsäure-Gruppe	516
16.2	Reduktionsgruppe	518
16.3	Schwefelwasserstoff-Gruppe	521
16.3.1	Trennungsgang I: Standardtrennungsgang für die Schwefelwasserstoff-Gruppe	522
16.3.2	Trennungsgang II: Erweiterter Trennungsgang für die Schwefelwasserstoff-Gruppe unter Berücksichtigung von Ge, Se, Te, Mo und Tl	528
16.3.3	Durchführung der H ₂ S-Trennung im HM-Maßstab	529
16.4	Ammoniumsulfid-Urotropin-Gruppe	538
16.4.1	Trennungsgang I: Fällung mit Ammoniumsulfid	540
16.4.2	Trennungsgang II: Fällung mit Urotropin (bei Abwesenheit der selteneren Elemente)	545
16.4.3	Trennung und Nachweis der Urotropin-Gruppe (in Gegenwart der selteneren Elemente)	549
16.4.4	Ammoniumsulfid-Gruppe: Ni(II), Mn(II), Co(II), Zn(II) und Fe(II)	556

16.5	Ammoniumcarbonat-Gruppe	560
16.5.1	Trennungsgang I: Trennung und Nachweis der Ammoniumcarbonat-Gruppe	560
16.5.2	Trennungsgang II: Praktische Durchführung im HM-Maßstab	563
16.6	Lösliche Gruppe	564
16.6.1	Trennung und Nachweis von Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Li^+ , Mg^{2+} , Rb^+ , Cs^+	564
17	Anionennachweise – Systematik und Trennungsgänge ..	567
17.1	Nachweis der am häufigsten vorkommenden Anionen	567
17.2	Nachweis aller Anionen	568
17.3	Trennungsgang der Anionen	570

Anhang

18	Gefährliche Stoffe	587
18.1	Umgang mit gefährlichen Stoffen	587
18.1.1	Einstufung von Chemikalien	588
18.1.2	Kennzeichnung und Verpackung	588
18.2	Technische Regeln für Gefahrstoffe	592
18.2.1	Arbeitsplatzgrenzwerte TRGS 900	592
18.2.2	Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten TRGS 555 ..	593
18.3	Entsorgung von Laborabfällen	593
18.3.1	Hinweise auf besondere Entsorgungsmaßnahmen	593
19	Tabellen	597
	Antworten zu den Übungsfragen	609
	Verzeichnis der Zeichen und Symbole	617
	Literaturverzeichnis	619
	Bildnachweis	620
	Sachregister	621
	Der Autor	637
	Spektraltafel	639

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Zur Geschichte des „Jander/Blasius“	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII

TEIL A Analytische Chemie, Quantitative Analyse

1	Einführung in die Analytische Chemie und in die Quantitative Analyse	3
1.1	Arbeitsabläufe in der Quantitativen Analyse	3
1.2	Bewertung von Ergebnissen	5
1.3	Physikalische und chemische Trennmethoden	7
1.4	Bestimmungsverfahren	8
2	Arbeitsgeräte für die Quantitative Analyse	11
2.1	Analytische Waagen	11
2.2	Messgefäße	12
2.3	Weitere Grundgeräte	14
3	Gravimetrische Verfahren	17
3.1	Einführung in die Gravimetrie	17
3.1.1	Durchführung der Fällungsanalysen	18
3.2	Einzelbestimmung von Anionen	22
3.3	Einzelbestimmung von Kationen	27
4	Titrimetrische Verfahren	43
4.1	Einführung in die Titrimetrie	43
4.2	Neutralisationsverfahren	49
4.2.1	Definition von Säuren und Basen nach <i>Brønsted</i>	49
4.2.2	Einführung in die Neutralisationsanalyse	50
4.2.3	Maßlösungen und Titerstellung	58
4.2.4	Titrationen mit Laugen	61
4.2.5	Titrationen mit Säuren	63
4.2.6	Titrationen nach Ionenaustausch	65

4.3	Redoxverfahren	68
4.3.1	Einführung in Redoxreaktionen	68
4.3.2	Wertigkeit und Oxidationsstufe	69
4.3.3	Periodensystem und Oxidationsstufen	70
4.3.4	Einführung in die Redoxtitration	71
4.3.5	Permanganatometrie	75
4.3.6	Iodometrie	79
4.3.7	Bromatometrie	82
4.3.8	Dichromatometrie	83
4.3.9	Cerimetrie	85
4.3.10	Ferrometrie	85
4.4	Fällungsverfahren	87
4.4.1	Einführung in die Fällungsanalyse	87
4.4.2	Argentometrie	89
4.4.3	Hydrolytische Fällungsverfahren	92
4.5	Komplexbildungstitrationsen	93
4.5.1	Einführung in die Komplexchemie	93
4.5.2	Einführung in die Komplexometrie	97
4.5.3	EDTA-Komplexe	98
4.5.4	Carbamato-Komplexe	106
5	Quantitative Trennungen von Ionengemischen	107
5.1	Trennung durch Fällung	107
5.1.1	Abtrennung als Hydroxide	107
5.1.2	Abtrennung als organische Komplexe	109
5.1.3	Abtrennung als Sulfide	110
5.2	Trennung durch Extraktion	112
5.3	Trennung durch Maskierung	114
5.4	Trennung über die Gasphase	117
5.5	Trennung durch Ionenaustauschchromatographie	121
6	Elektroanalytische Methoden	123
6.1	Einführung in die Elektroanalytik	123
6.1.1	Elektrochemische Gesetze und Einheiten	123
6.1.2	Potenzialbildung, Spannungsreihe und Nernst'sches Gesetz	125
6.2	Potenziometrie	130
6.2.1	Indikator- und Bezugselektroden	130
6.2.2	Messanordnung in der Potenziometrie	133
6.2.3	Titrationen mit potenziometrischer Endpunktsanzeige	134

6.3	Elektrogravimetrie	136
6.3.1	Theoretische Grundlagen der Elektrogravimetrie	137
6.3.2	Durchführung der Elektrogravimetrie	141
6.3.3	Elektrogravimetrische Bestimmungen	143
6.4	Polarographie	146
6.4.1	Theoretische Grundlagen der Polarographie	146
6.4.2	Messanordnung in der Polarographie	148
6.4.3	Polarographische Bestimmungen	149
6.5	Konduktometrie	150
6.5.1	Leitfähigkeit von Elektrolytlösungen	151
6.5.2	Verlauf von Titrationskurven	152
6.5.3	Messanordnung in der Konduktometrie	154
6.5.4	Titration mit konduktometrischer Endpunktsanzeige	155
7	Optische Methoden	157
7.1	Kolorimetrie und Photometrie	157
7.1.1	Grundbegriffe und Grundgesetze	157
7.1.2	Geräte für die Kolorimetrie und Photometrie	159
7.2	Photometrische Bestimmungen	164
7.3	Atomemissionsspektroskopie und Flammenphotometrie	166
7.4	Atomabsorptionsspektroskopie (AAS)	167
8	Spektroskopie und Beugung	171
8.1	Elektromagnetisches Spektrum	171
8.1.1	Wechselwirkung zwischen Materie und Strahlung	172
8.2	Spektroskopische Methoden	172
8.2.1	Kernmagnetische Resonanzspektroskopie, NMR	172
8.2.2	Elektronenspinresonanz-Spektroskopie, ESR	180
8.2.3	Schwingungsspektroskopie, Infrarot-Spektroskopie	184
8.2.4	Raman-Spektroskopie	187
8.2.5	UV/Vis-Spektroskopie	189
8.2.6	Röntgen-Spektroskopie	196
8.3	Beugungsmethoden	204
8.3.1	Kristallographie	205
8.3.2	Röntgenbeugung	209
9	Gasanalyse	217
9.1	Einführung in die Gasanalyse	217
9.1.1	Gasgesetze	217
9.1.2	Geräte für die Gasanalyse	219

9.2	Chemische Methoden der Gasanalyse	222
9.2.1	Qualitativer Nachweis	222
9.2.2	Absorptiometrie	223
9.2.3	Verbrennungsanalyse	224
9.2.4	Gasvolumetrie	227
9.2.5	Gastitrimetrie	229
9.2.6	Gasgravimetrie	230
9.3	Physikalisch-chemische Methoden der Gasanalyse	231
9.3.1	Wärmeleitfähigkeitsmethode	231
9.3.2	Weitere Methoden	232
10	Chemische Materialkontrolle technischer Produkte	235
10.1	Praktische Vorbemerkungen	235
10.2	Wasseranalyse	236
10.3	Mineralanalyse	238
10.3.1	Analyse von Dolomit	239
10.3.2	Analyse von Ultramarin	241
10.3.3	Analyse von Kupferkies	243
10.4	Glasanalyse (Anorganische Gläser)	245
10.5	Legierungsanalyse	249
10.5.1	Analyse von Messing	251
10.5.2	Analyse von Bronze	253
10.5.3	Analyse von Leichtmetallen	254
10.5.4	Analyse von Stahl	258
10.6	Analyse technischer Gase	264
10.6.1	Leuchtgasanalyse nach <i>Orsat</i>	264
10.6.2	Rauchgasanalyse nach <i>Orsat</i>	266

TEIL B Präparative Anorganische Chemie

11	Geräte und Arbeitstechniken	269
11.1	Glasgeräte	269
11.1.1	Reinigen von Glasgeräten	269
11.1.2	Glasbearbeitung	270
11.2	Platingeräte	272
11.3	Grundarbeitstechniken	273
11.3.1	Erhitzen und Kühlen	273
11.3.2	Trennung durch Kristallisation oder Niederschlagsbildung	275
11.3.3	Destillieren, Sublimieren, Extrahieren und Eindampfen	277

11.4	Arbeiten unter Schutzgas	280
11.4.1	Trocknen von Festsubstanzen	280
11.4.2	Trocknen bzw. Absolutieren von Flüssigkeiten	282
11.4.3	Gasreinigungsanlage	284
11.4.4	Hochvakuumapparatur	285
11.4.5	Schlenktechniken	287
11.4.6	Einsatz der Handschuhbox (Glovebox)	293
11.5	Chromatographische Methoden	294
11.5.1	Dünnschichtchromatographie	295
11.5.2	Papierchromatographie	295
11.5.3	Säulenchromatographie	296
11.5.4	Ionenchromatographie	297
11.5.5	Gaschromatographie	299
12	Synthesevorschriften von Präparaten	301
12.1	Gase	301
12.2	Alkali- und Erdalkalimetalle	309
12.3	Darstellung von Metallen aus ihren Oxiden – Chrom, Mangan, Silicium, Bor (Aluminothermische Verfahren)	311
12.4	Darstellung von Metallen aus ihren Sulfiden – Blei, Antimon ...	313
12.5	Aufarbeitung von Rückständen	314
12.6	Oxide, Peroxoverbindungen, Sulfide, Nitride und verwandte Verbindungen	317
12.7	Säuren und Basen	320
12.8	Salze	325
12.9	Kovalente Verbindungen	336
12.9.1	Halogenide der Elemente der 6. Hauptgruppe des PSE	336
12.9.2	Halogenide der Elemente der 5. Hauptgruppe des PSE	341
12.9.3	Halogenide der Elemente der 4. Hauptgruppe des PSE	346
12.9.4	Halogenide der Elemente der 3. Hauptgruppe des PSE	347
12.9.5	Halogenide der Elemente der Nebengruppen des PSE	349
12.10	Ester, Alkohole, Ether, Carbocyclen	351
12.11	Komplexverbindungen	352
12.12	Metallorganische Verbindungen	359
12.13	Kolloide und Nanomaterialien	361
12.13.1	Synthesen mittels Sol-Gel-Prozess	362

Anhang

13	Gefährliche Stoffe	369
13.1	Umgang mit gefährlichen Stoffen	369
13.1.1	Einstufung von Chemikalien	370
13.1.2	Kennzeichnung und Verpackung	370
13.2	Technische Regeln für Gefahrstoffe	374
13.2.1	Arbeitsplatzgrenzwerte TRGS 900	374
13.2.2	Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten TRGS 555 ..	375
13.3	Entsorgung von Laborabfällen	375
13.3.1	Hinweise auf besondere Entsorgungsmaßnahmen	375
14	Tabellen	379
	Verzeichnis der Zeichen und Symbole	391
	Literaturverzeichnis	395
	Sachregister	397
	Präparateregister nach Namen	403
	Präparateregister nach Summenformeln	405
	Der Autor	407