

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Praktikum anorganisch-qualitative Analyse .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Einführung und Organisation .....</b>	<b>8</b>
1.1.1 Einführung .....	8
1.1.2 Organisation des Praktikums .....	10
1.1.2.1 Allgemeines .....	10
1.1.2.2 Arbeitsablauf .....	10
1.1.2.3 Zeitplan .....	11
1.1.2.4 Laborordnung .....	12
1.1.2.5 Arbeitsplatzausrüstung .....	14
1.1.2.6 Feststoffe im allgemeinen Chemikalienregal .....	16
1.1.2.7 Flüssigkeiten im allgemeinen Chemikalienregal .....	17
1.1.2.8 Chemikalien des Reagenziensatzes .....	18
1.1.2.9 Arbeitskasten zur Mineralanalyse .....	20
<b>1.2 Versuchsbeschreibungen .....</b>	<b>21</b>
1.2.1 Gasbrenner .....	21
1.2.1.1 Funktionsbeschreibung .....	21
1.2.1.2 Erhitzen mit dem Gasbrenner .....	23
1.2.1.3 Reinigung des Gasbrenners .....	25
1.2.2 Glasbearbeitung .....	26
1.2.2.1 Trennen von Glasrohren und Glasstäben .....	26
1.2.2.2 Rundschmelzen von Glasrohren und Glasstäben .....	26
1.2.2.3 Ausziehen von Glasrohren .....	26
1.2.2.4 Biegen von Glasrohren .....	27
1.2.3 Chemie wäßriger Lösungen .....	28
1.2.3.1 Wasser, H <sub>2</sub> O .....	28
1.2.3.1.1 Wasseraufbereitung .....	28
1.2.3.1.2 Abwasserbelastungen .....	32
1.2.3.2 Säuren und Basen .....	35
1.2.3.2.1 Salzsäure, HCl .....	35
1.2.3.2.2 Salpetersäure, HNO <sub>3</sub> .....	37
1.2.3.2.3 Schwefelsäure, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	40
1.2.3.2.4 Essigsäure, CH <sub>3</sub> COOH .....	41
1.2.3.2.5 Natronlauge, NaOH .....	43
1.2.3.2.6 Ammoniak, NH <sub>3</sub> .....	44
1.2.4 Arbeitsgerät und Grundoperationen .....	45
1.2.4.1 Lösen und Aufschließen .....	45
1.2.4.2 Herstellen von Reagenzlösungen .....	47
1.2.4.2.1 Lösungen von Säuren und Basen .....	48
1.2.4.2.2 Sonstige Reagenzlösungen .....	51
1.2.4.3 Fällen, Sedimentieren und Dekantieren .....	53
1.2.4.4 Fällen, Zentrifugieren und vollständige Fällung .....	53

1.2.4.5 Filtrieren und Abnutschen .....	54
1.2.4.6 Blindprobe und Kontrollprobe .....	55
<b>1.2.5 Anionennachweise (erster Teil) .....</b>	<b>57</b>
1.2.5.1 Chlorid als AgCl .....	57
1.2.5.2 Sulfat als BaSO <sub>4</sub> .....	57
1.2.5.3 Carbonat als CO <sub>2</sub> .....	58
1.2.5.4 Nitrat als Nitrosylkomplex [Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>5</sub> NO] <sup>2+</sup> (Ringprobe) .....	59
1.2.5.5 Nitrat als Azofarbstoff .....	60
<b>1.2.6 Modifizierter klassischer Trennungsgang .....</b>	<b>62</b>
1.2.6.1 Allgemeines .....	62
1.2.6.2 Ammonium als NH <sub>3</sub> .....	64
1.2.6.3 Die Kationengruppe VI (Mg <sup>2+</sup> , Li <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> ) .....	64
1.2.6.3.1 Flammenfärbungen und Spektralanalyse .....	64
1.2.6.3.2 Magnesium als Mg(OH) <sub>2</sub> .....	66
1.2.6.3.3 Magnesium als MgNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub> .....	67
1.2.6.4 Die Kationengruppe V (Ca <sup>2+</sup> , Ba <sup>2+</sup> ) .....	68
1.2.6.4.1 Die Carbonatfällung .....	68
1.2.6.4.2 Flammenfärbungen und Spektralanalyse .....	68
1.2.6.4.3 Barium als BaSO <sub>4</sub> .....	69
1.2.6.4.4 Calcium als CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	69
1.2.6.4.5 Übersicht: Analytik der Kationengruppen V und VI .....	70
1.2.6.4.6 Erläuterungen: Analytik der Kationengruppen V und VI .....	71
1.2.6.5 Die Kationengruppe III (Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> , Al <sup>3+</sup> ) .....	72
1.2.6.5.1 Die Hydroxidfällung .....	72
1.2.6.5.2 Eisen als Fe(OH) <sub>3</sub> .....	73
1.2.6.5.3 Eisen als Thiocyanatkomplex .....	75
1.2.6.5.4 Eisen als Berlinerblau .....	75
1.2.6.5.5 Aluminium als Al(OH) <sub>3</sub> .....	77
1.2.6.5.6 Aluminium als Morinkomplex, Fluoreszenz .....	78
1.2.6.5.7 Der Sodauszug .....	81
1.2.6.5.8 Übersicht: Analytik der Kationengruppe III .....	82
1.2.6.5.9 Erläuterungen: Analytik der Kationengruppe III .....	83
1.2.6.6 Schmelzaufschlußverfahren .....	84
1.2.6.6.1 Der saure Schmelzaufschluß .....	84
1.2.6.6.2 Der basische Schmelzaufschluß .....	85
1.2.6.6.3 Die Oxidationsschmelze .....	87
1.2.6.7 Das Löslichkeitsprodukt .....	89
1.2.6.8 Die Kationengruppe IV (Zn <sup>2+</sup> , Co <sup>2+</sup> , Ni <sup>2+</sup> ) .....	91
1.2.6.8.1 Die Sulfidfällung (pH 4 - 9) .....	91
1.2.6.8.2 Zink als ZnS .....	94
1.2.6.8.3 Cobalt als Co(BO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (Boraxperle) .....	94
1.2.6.8.4 Cobalt als [Co(SCN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup> .....	95
1.2.6.8.5 Nickel als Diacetyldioximkomplex .....	96
1.2.6.8.6 Übersicht: Analytik der Kationengruppe IV .....	97
1.2.6.8.7 Erläuterungen: Analytik der Kationengruppe IV .....	98
1.2.6.9 Die Kationengruppe I (Ag <sup>+</sup> , Pb <sup>2+</sup> ) .....	98
1.2.6.9.1 Die Chloridfällung .....	98
1.2.6.9.2 Silber als AgCl .....	99
1.2.6.9.3 Blei als PbI <sub>2</sub> .....	100

1.2.6.9.4 Blei als $\text{PbSO}_4$ .....	100
1.2.6.9.5 Übersicht: Analytik der Kationengruppe I .....	101
1.2.6.9.6 Erläuterungen: Analytik der Kationengruppe I .....	102
1.2.6.10 Die Kationengruppe II ( $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Cu}^{2+}$ ) .....	102
1.2.6.10.1 Die Sulfidfällung (pH 1 - 2) .....	102
1.2.6.10.2 Blei als $\text{Pb}(\text{OH})_2$ .....	102
1.2.6.10.3 Kupfer als $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$ .....	103
1.2.6.10.4 Übersicht: Analytik der Kationengruppe II .....	104
1.2.6.10.5 Erläuterungen: Analytik der Kationengruppe II .....	105
1.2.6.11 Übersicht: Gesamter Trennungsgang .....	106
<b>1.2.7 Anionennachweise (zweiter Teil)</b> .....	112
1.2.7.1 Sulfid als $\text{Ag}_2\text{S}$ .....	112
1.2.7.2 Phosphat als $\text{FePO}_4$ .....	113
1.2.7.3 Borat als $\text{B}(\text{OCH}_3)_3$ .....	113
1.2.7.4 Fluorid bzw. $\text{SiO}_2/\text{Silicat}$ als $\text{SiF}_4$ (Wassertropfenprobe) .....	114
<b>1.2.8 Analyse von Mineralien</b> .....	116
1.2.8.1 Mineralien und die Geschichte der qualitativen anorganischen Analyse .....	116
1.2.8.2 Vorkommen von Mineralien .....	117
1.2.8.3 Physikalische Eigenschaften von Mineralien .....	120
1.2.8.3.1 Farbe und Strichfarbe .....	120
1.2.8.3.2 Glanz .....	120
1.2.8.3.3 Ritzhärte .....	121
1.2.8.4 Einführung in die Kristallographie .....	122
1.2.8.5 Chemische Eigenschaften von Mineralien .....	124
1.2.8.6 Technische Verwendung von Mineralien .....	126
1.2.8.6.1 Sulfide .....	126
1.2.8.6.2 Halogenide .....	127
1.2.8.6.3 Oxide und Hydroxide .....	127
1.2.8.6.4 Carbonate und Borate .....	128
1.2.8.6.5 Sulfate .....	129
1.2.8.6.6 Phosphate .....	129
1.2.8.6.7 Silicate .....	129
<b>1.3 Entsorgung und Recycling</b> .....	131
<b>1.4 Übungsaufgaben</b> .....	135
<b>1.5 Lösungen der Übungsaufgaben</b> .....	156
<b>1.6 Hinweise für Dozenten</b> .....	171
1.6.1 Leistungsbewertung .....	171
1.6.2 Analysensubstanzen .....	173
1.6.3 Protokolle zu Kapitel 1.2.8 .....	174

<b>2 Praktikum anorganisch-quantitative Analyse .....</b>	<b>175</b>
<b>2.1 Einführung und Organisation .....</b>	<b>176</b>
2.1.1 Einführung .....	176
2.1.2 Organisation des Praktikums .....	176
2.1.2.1 Allgemeines .....	176
2.1.2.2 Arbeitsablauf .....	178
2.1.2.3 Zeitplan .....	180
2.1.2.4 Arbeitsplatzausrüstung .....	184
2.1.2.5 Maßlösungen .....	181
2.1.2.6 Feststoffe im allgemeinen Chemikalienregal .....	181
2.1.2.7 Flüssigkeiten im allgemeinen Chemikalienregal .....	182
<b>2.2 Versuchsbeschreibungen .....</b>	<b>183</b>
2.2.1 Verfahren der quantitativen Analyse .....	183
2.2.2 Gehaltsangaben .....	183
2.2.2.1 Massen-, Stoffmengen- und Volumenanteil .....	183
2.2.2.2 Massen-, Stoffmengen- und Volumenkonzentration .....	184
2.2.3 Volumenmeßgeräte .....	185
2.2.3.1 Allgemeines .....	185
2.2.3.2 Pipetten .....	187
2.2.3.3 Büretten .....	188
2.2.4 Gravimetrie .....	190
2.2.5 Volumetrie (Maßanalyse) .....	193
2.2.5.1 Zur Geschichte der Volumetrie .....	193
2.2.5.2 Maßlösungen .....	196
2.2.5.3 Neutralisationsanalyse .....	198
2.2.5.3.1 Säuren und Basen .....	198
2.2.5.3.2 Säure- und Basestärke .....	199
2.2.5.3.3 $pK_a$ und $pK_b$ -Wert .....	201
2.2.5.3.4 Titration einer starken einwertigen Säure mit starker Base .....	204
2.2.5.3.5 Titration einer schwachen einwertigen Säure mit starker Base .....	210
2.2.5.3.6 Titrationsen zweiwertiger Säuren/Basen mit starker Base/Säure .....	215
2.2.5.3.7 Säure-Base-Indikatoren .....	217
2.2.5.3.8 Neutralisationsanalyse und Ionenaustauscher .....	219
2.2.5.3.9 Neutralisationsanalyse und Rücktitration .....	222
2.2.5.4 Redoxtitration .....	223
2.2.5.4.1 Manganometrie .....	223
2.2.5.4.2 Iodometrie .....	224
2.2.5.5 Komplexometrie .....	228
2.2.5.6 Fällungstitration .....	230
2.2.6 Physikalisch-chemische Verfahren .....	231
2.2.6.1 Konduktometrie .....	231
2.2.6.2 Spektralphotometrie .....	238

<b>2.2.7 Mikroanalytische Wasseruntersuchungen</b> .....	246
2.2.7.1 Zur Geochemie von Wasser .....	246
2.2.7.2 Allgemeines zu Mikrotitrationen .....	248
2.2.7.3 Gesamthärte .....	250
2.2.7.4 Calcium und Magnesium .....	250
2.2.7.5 Carbonathärte .....	251
2.2.7.6 Chlorid .....	251
2.2.7.7 Sauerstoff .....	252
<b>2.3 Entsorgung und Recycling</b> .....	256
<b>2.4 Übungsaufgaben</b> .....	257
<b>2.5 Lösungen der Übungsaufgaben</b> .....	269
<b>2.6 Hinweise für Dozenten</b> .....	278
2.6.1 Leistungsbewertung .....	278
2.6.2 Analysensubstanzen .....	279
<b>3 Anhang</b> .....	283
<b>3.1 Gefahrstoffkennzeichnung</b> .....	284
<b>3.2 Tabellen</b> .....	291
3.2.1 SI-Basiseinheiten .....	291
3.2.2 Abgeleitete SI-Einheiten .....	291
3.2.3 Vorsätze von SI-Einheiten .....	291
3.2.4 Umrechnungsfaktoren Druck .....	292
3.2.5 Umrechnungsfaktoren Energie .....	292
3.2.6 Physikalische Konstanten .....	292
3.2.7 Molare Massen der stabilen Elemente .....	293
<b>3.3 Literatur und Internetadressen</b> .....	294
<b>3.4 Abkürzungen</b> .....	296
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	297