

Studienbücherei



Praktikum
zur allgemeinen
und anorganischen
Chemie



Studienbücherei



Die Reihen „Mathematik für Lehrer“ (MfL),
„Physik für Lehrer“ (PfL)
und „Chemie für Lehrer“ (CfL)
sind Bestandteil der Studienbücherei und durch ein L
besonders gekennzeichnet.

MfL, PfL, CfL werden von Wissenschaftlern erarbeitet,
die neben hohem Fachwissen über langjährige
Erfahrung in der Ausbildung von Fachlehrern
verfügen.

MfL, PfL, CfL entsprechen methodisch und didaktisch
den neuesten Anforderungen der Aus-
und Weiterbildung. Übungen und Anwendungen
ergänzen den Text.

MfL, PfL, CfL helfen dem Studenten
bei der Wiederholung des Vorlesungsstoffes und
bei der Vorbereitung auf Prüfungen.

Dem bereits Ausgebildeten geben sie die Möglichkeit,
seine Kenntnisse zu vertiefen.

MfL, PfL, CfL sind darüber hinaus auch
für Studenten mit dem Nebenfach Mathematik, Physik
oder Chemie geeignet.

DDR 12,80 M

Studienbücherei

Praktikum zur allgemeinen und anorganischen Chemie

von einem Kollektiv
der Pädagogischen
Hochschule Potsdam
unter Leitung von
E. Uhlemann

3., berichtigte Auflage

Mit 53 Abbildungen und 27 Tabellen



VEB Deutscher Verlag
der Wissenschaften
Berlin 1978

Dem Autorenkollektiv gehören an

P. Demin, J. Dost, U. Eckelmann, R. Fietzke, W. Hildebrandt, G. Hinsche, V. Pohl,
G. Rübisch, E. Uhlemann, K.-H. Uteg, V. Winzer

Umschlaggestaltung: Rudolf Wendt

© VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1978

Printed in the German Democratic Republic

Lizenz-Nr.: 206 · 435/139/78

Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer“, 582 Bad Langensalza

LSV 1254

Bestellnummer: 569 901 1

DDR 12,80 M

Vorwort zur 1. Auflage

Die wissenschaftlich-technische Revolution und ihr enger Zusammenhang mit der gesellschaftlichen Entwicklung haben auch auf dem Gebiet der Lehrerausbildung zu einer kritischen Überprüfung der Ausbildungsinhalte und zur Aufstellung neuer Studienprogramme geführt. Die ständige Zunahme an Wissensstoff zwingt zu einer weitgehenden Rationalisierung aller Studienabschnitte und zum Verlassen des Vollständigkeitsprinzips. Dabei sind unter Berücksichtigung der Schulbezogenheit zunächst die grundlegenden theoretischen und praktischen Kenntnisse zu vermitteln, während die Aneignung von speziellem Wissen späteren Ausbildungsabschnitten vorbehalten bleibt.

Im chemischen Praktikum soll neben der Behandlung grundsätzlicher Gesetzmäßigkeiten das Kennenlernen wichtiger Arbeitsmethoden und die Vermittlung von Stoffkenntnis im Vordergrund stehen. Aus Gründen der Zeitökonomie muß dafür eine mehr oder weniger exemplarische Stoffvermittlung gewählt werden. Die Verwirklichung dieser Prinzipien wurde in der vorliegenden Praktikumsanleitung angestrebt.

In den einleitenden Kapiteln wird der Student zunächst mit den Grundregeln des Arbeits-, Gesundheits- und Brandschutzes sowie mit Hinweisen zur Ersten Hilfe vertraut gemacht und erhält anschließend einen Überblick über die wichtigsten Laborgeräte und ihre Anwendung. Der eigentliche experimentelle Teil gliedert sich in die Abschnitte über „Allgemeine Gesetzmäßigkeiten“ und „Reaktionen anorganischer Stoffe“. Die Versuche zur allgemeinen Chemie sind quantitativer Natur und ermöglichen sowohl dem Studierenden als auch dem Praktikumsbetreuer eine Leistungsanalyse. Auch im Abschnitt über die Reaktionen anorganischer Stoffe wurde versucht, dieses Anliegen zu verwirklichen. Zur Vermittlung von Stoffwissen dienen hier neben Versuchen im Reagenzglasmaßstab auch kleine präparative und qualitativ-analytische Aufgaben sowie quantitative oder halbquantitative Untersuchungen. Das Angebot an Praktikumsversuchen wird die zur Verfügung stehende Zeit noch bei weitem überschreiten, so daß eine entsprechende Auswahl vorzunehmen ist. Jeder Versuch ist mit einer als Studienanleitung

aufzufassenden theoretischen Einführung versehen, die jedoch in keiner Weise die Benutzung eines Lehrbuches ersetzen kann. Für die Vertiefung des Wissens und als Anleitung zum Selbststudium sind zusätzliche Literaturhinweise angegeben.

Auf eine ausführliche Darlegung von Problemen der qualitativen und quantitativen Analyse wurde in dieser Praktikumsanleitung verzichtet. Durch das Kennenlernen des chemischen Verhaltens der Elemente wird jedoch der Praktikant befähigt, analytische Fragen, wie sie beispielsweise in der qualitativen Analyse auftauchen, selbständig zu lösen. Zur Erleichterung einer solchen Aufgabe ist im letzten Abschnitt ein Schema des analytischen Trennungsganges wiedergegeben.

Viele Elemente und ihre interessanten Reaktionsweisen konnten nicht berücksichtigt werden; bei Kenntnis der allgemeinen Zusammenhänge im Periodensystem sollte es aber möglich sein, auch von ihnen eine Vorstellung zu erhalten.

Mit dem vorliegenden Arbeitsbuch für das Praktikum der allgemeinen und anorganischen Chemie möchten wir zur Bereitstellung studienprogrammbezogener Lehrmaterialien beitragen. Allen Fachkollegen und Studenten sind wir schon jetzt für Hinweise und Verbesserungsvorschläge dankbar.

Potsdam, im Frühjahr 1971

Das Autorenkollektiv

Vorwort zur 2. Auflage

Die vorliegende Neuauflage des Praktikumsbuches der allgemeinen und anorganischen Chemie berücksichtigt eine Reihe von Anregungen aus dem Kreis von Fachkollegen sowie zahlreiche Erfahrungen, die wir selbst bei der Arbeit mit diesem Lehrmaterial sammeln konnten.

Neu aufgenommen wurden Abschnitte über Grundlagen der Volumetrie und über die qualitative anorganisch-chemische Analyse. Eine Ergänzung bedeutet auch das Verzeichnis der Präparate, welches zugleich einen Überblick der dabei zu übenden Arbeitstechniken enthält. Die theoretischen Ausführungen über Säure-Base-Reaktionen wurden durch die Berechnung von pH -Werten wäßriger Lösungen erweitert und eine konsequentere Anwendung der Brönstedtschen Definition angestrebt. Eine Neubearbeitung und Verallgemeinerung erfuhr schließlich auch der Abschnitt über die Auswertung von Meßergebnissen am Beispiel der Wägung.

Wir hoffen, daß das Praktikumsbuch auch weiterhin eine günstige Aufnahme finden wird, und möchten allen, die durch Anregungen und Kritik unsere Arbeit unterstützt haben, herzlich danken. Alle Interessenten bitten wir auch weiterhin um rege Mitarbeit.

Dem VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften gilt unser Dank für die gute Zusammenarbeit und das verständnisvolle Eingehen auf die in dieser Auflage vorgenommenen Änderungen.

Potsdam, im Herbst 1973

Das Autorenkollektiv



Inhalt

	Verzeichnis der verwendeten Symbole	19
1.	Arbeitsschutz und Erste Hilfe bei Unfällen	
1.1.	Arbeits-, Gesundheits- und Brandschutz	23
1.2.	Erste Hilfe bei Unfällen	26
1.2.1.	Allgemeine Hinweise	26
1.2.2.	Spezielle Maßnahmen	26
2.	Laborgeräte und Arbeitstechnik	
2.1.	Glasgeräte	29
2.1.1.	Allgemeine Laborausrüstung	29
2.1.2.	Schliffapparaturen	35
2.1.3.	Halbmikrogeräte	37
2.2.	Geräte aus keramischen Materialien	39
2.3.	Laborgeräte und Zubehör aus Holz, Metall und Kunststoff	40
2.4.	Grundprinzipien beim Aufbau von Apparaturen	42
2.5.	Heizquellen und ihre Anwendung	43
2.5.1.	Stadtgasbrenner	43
2.5.2.	Elektrische Heizgeräte	45
2.5.3.	Temperaturkontrolle und -regelung	45
2.6.	Glasbearbeitung und Stopfenbohren	46
2.6.1.	Glassorten und Prinzipien der Glasbearbeitung	46
2.6.2.	Arbeitstechnik	48
2.6.2.1.	Schneiden und Schmelzen von Glasrohren	48
2.6.2.2.	Biegen von Glasrohren	48
2.6.2.3.	Ausziehen von Spitzen und Kapillaren	48
2.6.2.4.	Zusammenschmelzen von Glasrohren	49

2.6.2.5.	Herstellung von T-Stücken	49
2.6.3.	Reinigung von Glasgeräten	49
2.6.4.	Stopfenbearbeitung	50
2.6.4.1.	Gummistopfen	50
2.6.4.2.	Korkstopfen	51
2.6.4.3.	Einführen von Glasrohren in Stopfen	51
2.7.	Literatur	51
2.8.	Handhabung von Druckgasflaschen	52
2.9.	Waage und Wägung	53
2.9.1.	Allgemeines über Waagen	53
2.9.2.	Hinweise für die Handhabung der analytischen Waagen	58
2.9.3.	Die quantitative Auswertung von Meßergebnissen	59
2.9.3.1.	Fehlerbegriffe	59
2.9.3.2.	Zur statistischen Auswertung zufälliger Fehler	60
2.9.3.3.	Beispiel zur statistischen Auswertung einer Meßreihe (und Beispiel für ein Meßprotokoll)	61
2.9.3.4.	Abhängigkeit der Reproduzierbarkeit von der Einwaage	62
2.9.4.	Bestimmung des Kristallwassergehaltes eines Salzes (Ü)	63
	Konstanttrocknen eines Tiegels — Bestimmung des Kristallwassergehaltes	
2.9.5.	Literatur	64
2.10.	Einige Grundlagen der Volumetrie	64
2.10.1.	Allgemeines	64
2.10.2.	Maßlösungen	66
2.10.3.	Herstellung und Einstellung einer Maßlösung	66
2.10.4.	Durchführung und Auswertung volumetrischer Bestimmungen	69
3.	Versuche zu allgemeinen Gesetzmäßigkeiten	
3.1.	Spektralanalyse	71
3.1.1.	Prinzip des Handspektroskops	72
3.1.2.	Spektralanalytischer Nachweis von Alkali- und Erdalkalimetallen (Ü)	73
3.2.	Kryoskopie	74
3.2.1.	Bestimmung der molaren Masse einer unbekannt Substanz (Ü)	76
3.2.2.	Literatur	76
3.3.	Photometrie	77
3.3.1.	Meßtechnik	79
3.3.2.	Photometrische Bestimmung von Kupfer (Ü)	80
3.3.3.	Photometrische Bestimmung von Mangan (Ü)	81
3.3.4.	Literatur	81
3.4.	Säure-Base-Reaktionen	81
3.4.1.	Der Säure-Base-Begriff	81
3.4.2.	Der pH-Wert	82
3.4.3.	Berechnung von pH-Werten wäßriger Lösungen	84

3.4.4.	pH-Indikatoren	87
3.4.5.	Säure-Base-Titration	89
3.4.6.	Pufferlösungen	90
3.4.7.	Visuell-kolorimetrische pH-Messung (Ü)	92
3.4.8.	Alkalimetrische Bestimmung von Schwefelsäure (Ü)	93
3.4.9.	Literatur	93
8.5.	Verteilung und Extraktion	94
3.5.1.	Verteilung von Essigsäure zwischen Wasser und n-Butanol (Ü)	96
3.5.1.1.	Bestimmung des Verteilungskoeffizienten (Ü)	96
3.5.1.2.	Fraktionierte Verteilung (Ü)	96
8.6.	Redoxreaktionen	97
3.6.1.	Redoxbegriff und Redoxgleichungen	97
	Reaktion zwischen Permanganat und Wasserstoffperoxid – Oxy- dation von Jod durch Chlor zu Jodat	
3.6.2.	Redoxpotentiale, Verlauf von Redoxreaktionen	99
3.6.3.	Redox titrationen	101
3.6.3.1.	Permanganatometrie	101
3.6.3.2.	Jodometrie	102
3.6.3.3.	Bromatometrie	102
3.6.4.	Permanganatometrische Bestimmung von Oxalat (Ü)	103
3.6.5.	Jodometrische Bestimmung von Kupfer (Ü)	104
8.7.	Potentiometrie	105
3.7.1.	Redoxpotentiale	105
3.7.2.	Meßkette	106
3.7.3.	Potentialmessung	107
3.7.4.	Potentiometrische Bestimmung von Titrationsendpunkten	108
3.7.5.	Potentiometrische Titration von Phosphorsäure (Ü)	108
3.7.6.	Potentiometrische Bestimmung von Chlorid (Ü)	109
3.7.7.	Literatur	110
8.8.	Elektrolytische Leitfähigkeit	110
3.8.1.	Die elektrische Leitfähigkeit	110
3.8.2.	Konduktometrie	113
3.8.3.	Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit	115
3.8.4.	Ermittlung der Konzentrationsabhängigkeit der spezifischen Leit- fähigkeit eines Elektrolyten (Ü)	116
3.8.5.	Konduktometrische Titration (Ü)	116
3.8.6.	Literatur	117
8.9.	Elektrolyse	117
3.9.1.	Durchführung der Elektrolyse	119
3.9.2.	Quantitative Bestimmung des Kupfergehaltes einer wäßrigen Kupfer- sulfatlösung durch Elektrolyse (Ü)	120
3.9.3.	Darstellung von Kaliumperoxodisulfat durch anodische Oxydation von Sulfat (P)	121
3.9.4.	Literatur	122
8.10.	Löse- und Fällungsreaktionen	122
3.10.1.	Abbau von Ionengittern	122

3.10.2.	Löslichkeitsprodukt und molare Löslichkeit	123
3.10.3.	Löslichkeitsbeeinflussung	125
3.10.3.1.	Gleichionige Zusätze	125
3.10.3.2.	Fremdionige Zusätze (Salzeffekt)	126
3.10.4.	Aufbau von Ionengittern	127
3.10.5.	Sekundärererscheinungen bei und nach der Fällung	128
3.10.6.	Kolloide	128
3.10.7.	Analytische Anwendung von Fällungsreaktionen	129
3.10.7.1.	Gravimetrie	129
3.10.7.1.1.	Bestimmung von Nickel als Bis(diacetyldioximato)-nickel(II) (Ü)	129
3.10.7.1.2.	Bestimmung von Sulfat als Bariumsulfat (Ü)	130
3.10.7.2.	Fällungstitration (Ü)	131
3.10.8.	Literatur	133
3.11.	Komplexverbindungen und Komplexreaktionen	133
3.11.1.	Komplexbildung und -nachweis	133
3.11.2.	Aufbau der Komplexe	134
3.11.3.	Nomenklatur von Komplexverbindungen	136
3.11.4.	Komplexgleichgewichte und Komplexstabilität	137
3.11.5.	Komplexometrie	138
3.11.6.	Metallindikatoren	141
3.11.7.	Maskierung (Ü)	141
3.11.8.	Komplexometrische Bestimmung von Calcium (Ü)	142
3.12.	Ionenaustausch	142
3.12.1.	Bestimmung des Natriumchloridgehaltes einer Lösung (Ü)	145
	Vorbereitung des Austauschers – Bestimmung von Natriumchlorid	
3.12.2.	Trennung von Kobalt und Nickel am Anionenaustauscher (Ü)	145
3.12.3.	Literatur	146
3.13.	Papierchromatographie	146
3.13.1.	Theoretische Grundlagen und Arbeitstechnik	146
3.13.2.	Trennung von Kupfer, Nickel, Kobalt, Eisen, Mangan und Zink (Ü)	149
3.13.3.	Trennung der Alkalimetalle (Ü)	150
3.13.4.	Literatur	150
4.	Reaktionen anorganischer Stoffe	
4.1.	Wasserstoff	151
4.1.1.	Bildung von Wasserstoff (Ü)	153
4.1.1.1.	Reduktion von Wasser mit unedlen Metallen in der Hitze (Ü)	153
4.1.1.2.	Reduktion von Wasserstoffionen mit unedlen Metallen (Ü)	153
4.1.1.3.	Bestimmung der Äquivalentmasse eines Metalles (Ü)	153
4.1.1.4.	Einwirkung von Alkalilauge auf Zink oder Aluminium (Ü)	154
4.1.1.5.	Reaktion zwischen Calciumhydrid und Wasser (Ü)	154
4.1.2.	Reduktionswirkung von Wasserstoff (Ü)	154
4.1.2.1.	Quantitative Reduktion von Kupfer(II)-oxid (Ü)	154
4.1.2.2.	Die unterschiedliche Reduktionswirkung von Mono- und Diwasser- stoff (Ü)	156

4.2.	Die Gruppe der Halogene	156
4.2.1.	Allgemeine Eigenschaften	156
4.2.2.	Die Elementverbindungen X_2	157
4.2.3.	Die Halogenwasserstoffverbindungen	158
4.2.4.	Eigenschaften der Halogenide	159
	Salzartige Halogenide — Kovalente Halogenide	
4.2.5.	Sauerstoffverbindungen der Halogene	160
	Hypohalogenit — Halogenat und Halogenit — Perhalogenat	
4.2.6.	Darstellung der Halogene (Ü)	161
4.2.7.	Eigenschaften der Halogenwasserstoffe (Ü)	162
4.2.7.1.	Die Umsetzung von Natriumhalogeniden mit konzentrierter Schwefel- säure (Ü)	162
4.2.7.2.	Die Ätzwirkung von Flußsäure (Ü)	162
	Ätzprobe — Kriechprobe	
4.2.7.3.	Darstellung von Salzsäure — quantitativ (Ü)	162
4.2.7.4.	Destillation von Salzsäure — azeotropes Gemisch (Ü)	163
4.2.8.	Löslichkeit, Komplexbildung und Redoxeigenschaften der Halo- genide (Ü)	164
4.2.8.1.	Die schwerlöslichen Silberhalogenide Silberchlorid, Silberbromid, Silberjodid (Ü)	164
4.2.8.2.	Die Ausfällung von Fluorid (Ü)	165
4.2.8.3.	Chlorokomplexe (Ü)	165
4.2.8.4.	Fluorokomplexe (Ü)	165
4.2.8.5.	Oxydation von Bromid und Jodid mit Chlorwasser (Ü)	165
4.2.8.6.	Oxydation von Chlorid, Bromid und Jodid mit Kaliumpermanga- nat (Ü)	166
4.2.8.7.	Nachweis der Halogenide	166
4.2.8.8.	Disproportionierung — Synproportionierung	166
4.2.9.	Reaktionen von Chlorat und Perchlorat (Ü)	166
4.3.	Sauerstoff	167
4.3.1.	Allgemeine Eigenschaften	167
4.3.2.	Disauerstoff	167
4.3.3.	Ozon (Trisauerstoff)	168
4.3.4.	Binäre Sauerstoffverbindungen	168
4.3.5.	Darstellung von Sauerstoff (Ü)	169
4.3.5.1.	Erhitzen von Kaliumpermanganat (oder Bariumperoxid) (Ü)	169
4.3.5.2.	Erhitzen von Kaliumchlorat (Mangandioxid als Katalysator) (Ü)	169
4.3.5.3.	Sauerstoff aus Kaliumchlorat, quantitativ (Ü)	170
4.3.6.	Quantitative Verbrennung von Schwefel im Sauerstoffstrom (Ü)	170
4.3.7.	Reaktionen von Wasserstoffperoxid (Ü)	171
4.3.7.1.	Nachweis (Ü)	171
4.3.7.2.	Redoxdisproportionierung (Ü)	172
4.3.7.3.	Oxydationswirkung (Ü)	172
	Oxydation von Chrom(III)Salzen — Oxydation von Jodid	
4.3.7.4.	Reduktionswirkung (Ü)	172

4.4.	Die Chalkogene Schwefel, Selen, Tellur	172
4.4.1.	Eigenschaften der Elemente	172
4.4.2.	Wasserstoffverbindungen der Chalkogene	173
	Schwefelwasserstoffgruppe — Ammoniumsulfidgruppe — Leicht lösliche Sulfide bzw. Hydrogensulfide der Alkali- und Erdalkalimetalle	
4.4.3.	Schwefeldioxid, schweflige Säure und Sulfite	174
4.4.4.	Die Schwefelsäure und ihre Salze	175
4.4.5.	Thioschwefelsäure und Thiosulfate	176
4.4.6.	Peroxoschwefelsäuren	176
4.4.7.	Verhalten der Elemente (Ü)	176
4.4.7.1.	Modifikationen des Schwefels und Selens (Ü)	176
4.4.7.2.	Oxydationswirkung von Schwefel (Ü)	177
4.4.8.	Schwefelwasserstoff (Ü)	177
4.4.8.1.	Darstellung von Schwefelwasserstoff (Ü)	177
4.4.8.2.	Reduktionswirkung von Schwefelwasserstoff (Ü)	178
4.4.8.3.	Fällung von Sulfiden (Ü)	178
4.4.8.4.	Nachweis von Sulfiden mit Bleiacetatpapier (Ü)	178
4.4.9.	Reaktion von Sulfit (Ü)	178
4.4.9.1.	Analytischer Nachweis von Sulfit (Ü)	178
	Reaktion mit starken Säuren — Nachweis nach Oxydation als Bariumsulfat — Nachweis mit Malachitgrün — Nachweis mit Formaldehyd	
4.4.9.2.	Reduktionswirkung von Sulfit (Ü)	179
4.4.10.	Darstellung und Reaktionen von Schwefelsäure (Ü)	179
4.4.10.1.	Kontaktverfahren (Ü)	179
4.4.10.2.	Wasserentziehende Wirkung der Schwefelsäure (Ü)	181
4.4.10.3.	Lösungswärme der Schwefelsäure (Ü)	181
4.4.10.4.	Oxydationswirkung der Schwefelsäure (Ü)	181
4.4.10.5.	Nachweis von Sulfat mit Bariumchlorid (Ü)	182
4.4.11.	Darstellung und Reaktionen von Thiosulfat (Ü)	182
4.4.11.1.	Darstellung von Natriumthiosulfat (Ü)	182
4.4.11.2.	Reduktionswirkung von Thiosulfat (Ü)	183
4.4.11.3.	Beständigkeit der Thioschwefelsäure (Ü)	183
4.4.11.4.	Reaktion von Thiosulfat mit Silbersalzen (Ü)	183
4.4.12.	Reaktionen von Peroxodisulfat (Ü)	184
4.4.13.	Nachweis von Sulfid, Sulfit, Sulfat und Thiosulfat (Ü)	184
	Sulfidnachweis in Gegenwart von Quecksilberionen — Sulfatnachweis aus Erdalkalisulfaten	
4.5.	Stickstoff	185
4.5.1.	Eigenschaften und Bindungstypen	185
4.5.2.	Ammoniak und seine Derivate	186
4.5.2.1.	Ammoniak	186
4.5.2.2.	Hydrazin und Hydroxylamin	187
4.5.3.	Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs	188
4.5.3.1.	Salpetersäure	189
4.5.3.2.	Salpetrige Säure, Stickstoffoxid und Stickstoffdioxid	190
4.5.3.3.	Untersalpetrige Säure	191

4.5.4.	Reaktionen von Stickstoff und dessen Verbindungen (Ü)	191
4.5.4.1.	Darstellung von Stickstoff (Ü, P) qualitativ — quantitativ	191
4.5.4.2.	Darstellung von Magnesiumnitrid (Ü)	192
4.5.4.3.	Darstellung von Ammoniak (P)	192
4.5.4.4.	Bildung und thermische Dissoziation von Ammoniumchlorid (Ü)	193
4.5.4.5.	Darstellung von Hydroxylammoniumchlorid (P)	193
4.5.4.6.	Darstellung von Hydraziniumsulfat (P)	193
4.5.4.7.	Unterschiedliche Reduktionswirkung von Ammoniak, Hydrazini- umsulfat und Hydroxylammoniumchlorid (Ü)	194
4.5.4.8.	Darstellung und Reaktionen von Distickstoffmonoxid (Ü)	195
4.5.4.9.	Darstellung und Reaktionen von Nitrit (Ü)	195
4.5.4.10.	Salpetersäure und Nitrate (Ü)	196
4.5.4.10.1.	Darstellung von Salpetersäure (P)	196
4.5.4.10.2.	Nachweis von Nitrat (Ü) Ringprobe — Reduktion zu Ammoniak	196
4.5.4.10.3.	Thermischer Zerfall der Nitrate (Ü)	196
4.6.	Phosphor	197
4.6.1.	Modifikationen und Bindungsprobleme	197
4.6.2.	Phosphane	197
4.6.3.	Phosphorsäure und kondensierte Phosphate	198
4.6.4.	Phosphorige und unterphosphorige Säure	199
4.6.5.	Phosphorhalogenide	199
4.6.6.	Reaktionen von Phosphorverbindungen (Ü)	199
4.6.6.1.	Darstellung von Phosphorpentachlorid (P)	199
4.6.6.2.	Reaktionen der phosphorigen Säure (Ü)	200
4.6.6.3.	Reaktionen der Phosphate (Ü) Magnesiamischung — Ammoniummolybdat (Nachweisreaktion für Phosphat)	200
4.6.6.4.	Phosphorsalzperle (Ü)	201
4.7.	Kohlenstoff, Silicium, Bor	201
4.7.1.	Bindungsunterschiede und Reaktivität	201
4.7.2.	Kohlendioxid, Kohlensäure und Carbonate	204
4.7.3.	Kohlenmonoxid	205
4.7.4.	Kieselsäure und Borsäure	206
4.7.5.	Pseudohalogene	206
4.7.6.	Darstellung und Reaktionen von Halogen- und Wasserstoffverbin- dungen des Kohlenstoffs, Siliciums und Bors (Ü)	207
4.7.6.1.	Darstellung von Siliciumtetrachlorid (P)	207
4.7.6.2.	Bildung von Siliciumtetrafluorid (Ü)	208
4.7.6.3.	Hydrolyse der Halogenverbindungen (Ü)	209
4.7.6.4.	Wassertropfenprobe (Ü)	209
4.7.6.5.	Darstellung von Siliciumwasserstoff (Ü)	209
4.7.7.	Reaktionen der Oxide und Säuren des Kohlenstoffs, Siliciums und Bors (Ü)	210
4.7.7.1.	Boudouard-Gleichgewicht (Ü)	210

4.7.7.2.	Quantitative Bestimmung des Gehaltes eines Gasgemisches CO_2 , CO , O_2 und N_2	210
4.7.7.3.	Darstellung von glasigem Bortrioxid (P)	212
4.7.7.4.	Nachweis von Carbonat (Ü)	212
4.7.7.5.	Reinigung von Natriumcarbonat über Natriumhydrogencarbonat (P)	213
4.7.7.6.	Säure-Base-Reaktionen von Carbonat und Hydrogencarbonat (Ü)	213
4.7.7.7.	Bestimmung des Carbonatgehaltes einer Lauge (Ü)	214
4.7.7.8.	Verdrängung der Kieselsäure aus einem ihrer Alkalisalze (Ü)	214
4.7.7.9.	Aufschluß von Siliciumdioxid und Silikaten (Ü)	215
4.7.7.10.	Darstellung kristallisierter Borsäure (P)	215
4.7.7.11.	Nachweis für Borsäure und Borate (Ü)	215
4.7.7.12.	Die Boraxperle als Nachweismittel in der qualitativen Voranalyse (Ü)	216
4.7.7.13.	Titrimetrische Bestimmung von Borsäure (Ü)	216
4.7.8.	Reaktionen der Pseudohalogene (Ü)	216
4.7.8.1.	Löslichkeit von Silbercyanid (Ü)	216
4.7.8.2.	Bildung von Thiocyanat (Ü)	217
4.7.8.3.	Stickstoffnachweis als Berliner Blau (Ü)	217
4.8.	Die Alkalimetalle	217
4.8.1.	Nachweis- und Fällungsreaktionen (Ü)	218
4.8.1.1.	Natrium (Ü)	218
	Nachweis mit Zinkuranylacetat	
4.8.1.2.	Kalium (Ü)	219
	Nachweis mit Perchlorsäure — Nachweis mit Natriumhexanitrocobaltat (III)	
4.8.1.3.	Ammoniumion (Ü)	220
4.8.1.4.	Lithium (Ü)	220
	Löslichkeit von Lithiumchlorid in Alkoholen	
4.8.2.	Darstellung von Soda (Ammoniak-Soda-Verfahren) (Ü)	220
4.9.	Die Erdalkalimetalle	221
4.9.1.	Nachweis- und Fällungsreaktionen (Ü)	223
4.9.2.	Komplexometrische Bestimmung der Wasserhärte (Ü)	227
	Bestimmung der Gesamthärte — Bestimmung der Kalkhärte	
4.9.3.	Thermische Dissoziation von Carbonaten (Ü)	228
4.10.	Aluminium	228
4.10.1.	Reaktionen von Aluminiumsalzen (Ü)	229
4.10.2.	Aluminothermie (Ü)	230
4.10.2.1.	Darstellung von Eisen (P)	231
4.10.2.2.	Darstellung von Chrom (P)	231
4.10.2.3.	Darstellung von Silicium (P)	231
4.10.2.4.	Darstellung von Bor (P)	231
4.10.3.	Darstellung von Kaliumaluminiumalaun (P)	231
4.11.	Die Metalle der 4. und 5. Hauptgruppe	232
4.11.1.	Arsen, Antimon und Wismut	232
4.11.2.	Zinn und Blei	233