

# Inhaltsverzeichnis

---

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

## TEIL A Theoretische Grundlagen

<b>1 Einführung in die Allgemeine Chemie .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Chemische Grundgesetze – Historischer Rückblick .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Aufbau der Atome .....</b>	<b>5</b>
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
<b>1.3 Periodensystem der Elemente (PSE) .....</b>	<b>13</b>
1.3.1 Allgemeine Zusammenhänge .....	13
1.3.2 Periodizität der Eigenschaften .....	14
<b>1.4 Chemische Bindung .....</b>	<b>17</b>
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
<b>2 Chemie der wässrigen Lösungen und Ionenlehre .....</b>	<b>41</b>
<b>2.1 Struktur von Wasser .....</b>	<b>41</b>
<b>2.2 Wasser als Lösemittel: Elektrolytische Dissoziation .....</b>	<b>42</b>
<b>2.3 Elektrolytlösungen – Ionenreaktionen .....</b>	<b>43</b>
<b>2.4 Konzentration von Lösungen .....</b>	<b>44</b>
2.4.1 Gefrierpunktniedrigung und Siedepunktserhöhung .....	44
<b>2.5 Löslichkeit und Kristallwachstum .....</b>	<b>45</b>
2.5.1 Teilchengröße und übersättigte Lösungen .....	45
2.5.2 Keimbildung und Kristallwachstum .....	47
2.5.3 Kristallsysteme .....	49

<b>2.6</b>	<b>Löslichkeit und chemische Bindung</b> .....	<b>50</b>
2.6.1	Löslichkeit aufgrund der Hydratisierung.....	50
2.6.2	Einfluss der Polarisierung der Elektronenhülle auf die Löslichkeit .	51
<b>3</b>	<b>Chemisches Gleichgewicht – Massenwirkungsgesetz</b> ....	<b>53</b>
<b>3.1</b>	<b>Massenwirkungsgesetz</b> .....	<b>53</b>
3.1.1	Veränderung der Gleichgewichtslage: Das Prinzip von <i>Le Chatelier</i> .	55
3.1.2	Heterogene Gleichgewichte .....	56
<b>3.2</b>	<b>Massenwirkungsgesetz und Ionenlehre</b> .....	<b>58</b>
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
<b>4</b>	<b>Säuren und Basen</b> .....	<b>65</b>
<b>4.1</b>	<b>Definition nach <i>Brønsted</i></b> .....	<b>65</b>
<b>4.2</b>	<b>Definition nach <i>Lewis</i></b> .....	<b>66</b>
4.2.1	HSAB-Konzept nach <i>Pearson</i> .....	67
<b>4.3</b>	<b>Schwache Säuren und Basen: Säurekonstante, Basenkonstante</b> .	<b>67</b>
4.3.1	Einwertige Säuren und Basen .....	67
4.3.2	Mehrwertige Säuren .....	68
<b>4.4</b>	<b>Wasserstoffionenkonzentration und pH-Wert</b> .....	<b>68</b>
4.4.1	Dissoziation von Wasser .....	68
4.4.2	Ionenprodukt von Wasser .....	69
4.4.3	Definition des pH-Werts.....	69
<b>4.5</b>	<b>p<i>K</i>-Werte von Säuren und Basen</b> .....	<b>70</b>
4.5.1	Starke Säuren und starke Basen .....	70
4.5.2	Schwache Säuren und schwache Basen .....	71
4.5.3	pH-Indikatoren.....	72
<b>4.6</b>	<b>Hydrolyse</b> .....	<b>74</b>
4.6.1	Verdünnung und Temperaturänderung.....	75
4.6.2	Änderung der Konzentration der Reaktionsprodukte .....	75
<b>4.7</b>	<b>Pufferlösungen</b> .....	<b>77</b>
<b>4.8</b>	<b>Ausgewählte Säuren und Basen</b> .....	<b>79</b>
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

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

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

## **TEIL B Qualitative Analyse**

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

<b>14.2 Reduktionsgruppe</b> .....	<b>325</b>
14.2.1 Gold .....	325
14.2.2 Platin .....	327
14.2.3 Palladium .....	330
<b>14.3 Schwefelwasserstoff-Gruppe</b> .....	<b>332</b>
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
<b>14.4 Ammoniumsulfid-Urotropin-Gruppe</b> .....	<b>383</b>
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
<b>14.5 Ammoniumcarbonat-Gruppe (2. Hauptgruppe des PSE)</b> .....	<b>462</b>
14.5.1 Calcium .....	463
14.5.2 Strontium .....	467
14.5.3 Barium .....	470
<b>14.6 Lösliche Gruppe (1. Hauptgruppe des PSE)</b> .....	<b>474</b>
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
<b>15</b>	<b>Vorproben, Lösen und Aufschließen .....</b>	<b>499</b>
<b>15.1</b>	<b>Vorproben .....</b>	<b>499</b>
15.1.1	Spektralanalyse bzw. Flammenfärbung .....	500
15.1.2	Lötrohrreaktion .....	502
15.1.3	Phosphorsalz- und Boraxperle .....	504
15.1.4	Glührohrchen-Vorprobe .....	507
15.1.5	Schwefelsäure-Vorprobe .....	507
<b>15.2</b>	<b>Lösen und Aufschließen .....</b>	<b>509</b>
<b>15.3</b>	<b>Weitere Aufschlussverfahren .....</b>	<b>511</b>
15.3.1	Soda-Pottasche-Aufschluss .....	511
15.3.2	Saurer Aufschluss .....	512
15.3.3	Oxidationsschmelze .....	513
15.3.4	Freiberger Aufschluss .....	513
<b>16</b>	<b>Kationennachweise – Systematik und Trennungsgänge</b>	<b>515</b>
<b>16.1</b>	<b>Säureschwerlösliche und Salzsäure-Gruppe .....</b>	<b>515</b>
16.1.1	Säureschwerlösliche Gruppe .....	516
16.1.2	Salzsäure-Gruppe .....	516
<b>16.2</b>	<b>Reduktionsgruppe .....</b>	<b>518</b>
<b>16.3</b>	<b>Schwefelwasserstoff-Gruppe .....</b>	<b>521</b>
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 <sub>2</sub> S-Trennung im HM-Maßstab .....	529
<b>16.4</b>	<b>Ammoniumsulfid-Urotropin-Gruppe .....</b>	<b>538</b>
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

<b>16.5</b>	<b>Ammoniumcarbonat-Gruppe</b> .....	<b>560</b>
16.5.1	Trennungsgang I: Trennung und Nachweis der Ammoniumcarbonat-Gruppe .....	560
16.5.2	Trennungsgang II: Praktische Durchführung im HM-Maßstab .....	563
<b>16.6</b>	<b>Lösliche Gruppe</b> .....	<b>564</b>
16.6.1	Trennung und Nachweis von $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{NH}_4^+$ , $\text{Li}^+$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Rb}^+$ , $\text{Cs}^+$ .....	564
<b>17</b>	<b>Anionennachweise – Systematik und Trennungsgänge</b> ..	<b>567</b>
17.1	Nachweis der am häufigsten vorkommenden Anionen .....	567
17.2	Nachweis aller Anionen .....	568
17.3	Trennungsgang der Anionen .....	570

## **Anhang**

<b>18</b>	<b>Gefährliche Stoffe</b> .....	<b>587</b>
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
<b>19</b>	<b>Tabellen</b> .....	<b>597</b>
	Antworten zu den Übungsfragen .....	609
	Verzeichnis der Zeichen und Symbole .....	617
	Literaturverzeichnis .....	619
	Bildnachweis .....	620
	Sachregister .....	621
	Der Autor .....	637
	Spektraltafel .....	639