

# Inhaltsverzeichnis

## Organische Chemie I

<b>1. Der Weg zur Formel einer organischen Verbindung</b> . . . . .	1
1.1. Qualitative Elementaranalyse . . . . .	2
<b>Praktikum:</b> Nachweis der Elemente . . . . .	2
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung:</b> Nachweis von Spurenelementen – von der Flammenfarbung zur Atomabsorptionsspektroskopie . . . . .	5
1.2. Quantitative Elementaranalyse und die Ermittlung der Atomzahlverhältnisformel. . . . .	8
<b>Praktikum:</b> Bestimmung des Kohlenstoff-Gehalts von Ethanol . . . . .	8
1.2.1. Elementaranalyse von Ethanol . . . . .	8
<b>Praktikum:</b> Bestimmung der Anzahl der Kohlenstoff-Atome im Butan-Molekül . . . . .	11
1.2.2. Elementaranalyse eines gasförmigen Kohlenwasserstoffs . . . . .	12
1.3. Von der Atomzahlverhältnisformel zur Summenformel – die Bestimmung der molaren Massen . . . . .	14
<b>Praktikum:</b> Bestimmung molarer Massen durch Dampfdichthetemessungen nach MALEWSKI . . . . .	14
1.3.1. Bestimmung der molaren Masse unzersetzt verdampfbarer Flüssigkeiten . . . . .	14
<b>Praktikum:</b> Gefriertemperaturerniedrigung und Siedetemperaturerhöhung . . . . .	16
1.3.2. Bestimmung der molaren Masse durch Messung der Gefriertemperaturerniedrigung von Lösungen . . . . .	16
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung:</b> Massenspektrometrie . . . . .	19
1.4. Isomere und Strukturformel . . . . .	20
<b>Praktikum:</b> Reaktionen mit Ethanol . . . . .	20
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung:</b> Gaschromatographie und Isomere des Butans . . . . .	22
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung:</b> IR-Spektroskopie (Infrarot-Spektroskopie) . . . . .	24
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung:</b> Kernmagnetische Resonanz oder NMR-Spektroskopie (nuclear magnetic resonance) . . . . .	26
<b>2. Homologe Reihen organischer Verbindungen</b> . . . . .	28
2.1. Alkane . . . . .	29
<b>Praktikum:</b> Eigenschaften von Alkanen . . . . .	29
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung:</b> Alkane aus Kohle . . . . .	35
2.2. Alkene . . . . .	38
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung:</b> Alkene aus Kohle . . . . .	41
2.3. Alkohole . . . . .	45
<b>Praktikum:</b> Eigenschaften von Alkoholen . . . . .	45
2.4. Aldehyde und Ketone . . . . .	49
2.5. Kohlenhydrate . . . . .	52
<b>Praktikum:</b> Eigenschaften von Kohlenhydraten . . . . .	52
2.6. Carbonsäuren . . . . .	56
<b>Praktikum:</b> Eigenschaften von Carbonsäuren . . . . .	56
2.7. Ester . . . . .	59
<b>Praktikum:</b> Herstellung und Eigenschaften von Estern . . . . .	59
2.8. Fette und Öle . . . . .	61
<b>Praktikum:</b> Eigenschaften von Fetten und Ölen . . . . .	61

<b>Chemische Gleichgewichte . . . . .</b>	64
<b>3. Verlauf chemischer Reaktionen . . . . .</b>	65
3.1. Reaktionsgeschwindigkeit . . . . .	65
Praktikum: Geschwindigkeitsbestimmung durch Amperometrie . . . . .	69
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Photometrie — ein modernes Verfahren zur Bestimmung der Reaktionsgeschwindigkeit . . . . .	70
3.2. Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit . . . . .	72
Praktikum: Der Einfluß der Temperatur auf die Reaktionsgeschwindigkeit . . . . .	75
3.3. Reaktionsenergie . . . . .	77
Praktikum: Bestimmung der Neutralisationswärme . . . . .	78
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Über Triebkraft, Unordnung und Dämonen	80
3.4. Aktivierungsenergie und Reaktionsgeschwindigkeit . . . . .	83
3.5. Katalyse und Reaktionsgeschwindigkeit . . . . .	86
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Der Abgaskatalysator . . . . .	89
<b>4. Gleichgewichtsreaktionen . . . . .</b>	90
4.1. Umkehrbare Reaktionen und chemisches Gleichgewicht . . . . .	90
Praktikum: Hin- und Rückreaktion . . . . .	90
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Modellversuch und Modellrechnung zum dynamischen Gleichgewicht . . . . .	93
4.2. Das Massenwirkungsgesetz MWG und die Gleichgewichtskonstante $K$ . . . . .	94
Praktikum: Chemisches Gleichgewicht bei der Veresterung und bei der Esterhydrolyse	95
4.3. Temperaturabhängigkeit der Gleichgewichtskonstanten $K$ . . . . .	99
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Mathematischer Zusammenhang zwischen $K$ und $T$ . . . . .	101
4.4. Beeinflussung von chemischen Gleichgewichten . . . . .	102
Praktikum: Einfluß der Edukt-Konzentration auf die Lage eines chemischen Gleichgewichts . . . . .	102
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Reaktionen in Systemen weitab vom chemischen Gleichgewicht . . . . .	106
<b>5. Anwendung des Massenwirkungsgesetzes . . . . .</b>	109
5.1. Anwendung des MWG in der chemischen Großindustrie — die Ammoniaksynthese . . . . .	109
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Schwefelsäureherstellung . . . . .	115
Praktikum: Chemisches Gleichgewicht bei Fällungsreaktionen . . . . .	116
5.2. Anwendung des Massenwirkungsgesetzes auf Fällungsreaktionen . . . . .	117
5.3. Säure-Base-Gleichgewichte in der wäßrigen Lösung . . . . .	120
5.3.1. Konjugierte Säure-Base-Paare im chemischen Gleichgewicht . . . . .	120
Praktikum: Konjugierte Säure-Base-Paare . . . . .	121
5.3.2. Autoprotolyse des Wassers und $p\text{H}$ -Werts . . . . .	123
5.3.3. Stärke von Säuren und Basen . . . . .	127
Praktikum: $p\text{H}$ -Werte und Reaktivität wäßriger Säure- und Base-Lösungen gleicher Konzentration . . . . .	127
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: $p\text{H}$ -Wert mittelstarker Säuren — der Protolysegrad $\alpha$ . . . . .	132
5.3.4. Säure-Base-Puffer . . . . .	133
Praktikum: $p\text{H}$ -Empfindlichkeit von Lösungen . . . . .	133
5.3.5. Säure-Base-Indikatoren . . . . .	137
Praktikum: Umschlagbereiche und Farben verschiedener Indikatoren . . . . .	137
5.3.6. Säure-Base-Titrationen . . . . .	139
Praktikum: Titration von Salzsäure mit Natronlauge . . . . .	139
Praktikum: Weitere Titrationen . . . . .	142
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Titrationskurven bei schwachen Säuren und bei zweiprotonigen Säuren . . . . .	144

## Elektrochemie

<b>6. Allgemeine Grundlagen der Elektrochemie</b>	148
6.1. Elektronenübertragungen als Donator – Akzeptor – Reaktionen	148
6.2. Die Oxidationszahl	152
Praktikum: Nachweisreaktionen	154
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Redoxtitrationen	156
6.3. Elektrische Leitfähigkeit von wässrigen Lösungen	159
Praktikum: Konduktometrische Titrationen	162
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Bestimmung des Ionenprodukts des Wassers aus Leitfähigkeitsmessungen	165
6.4. Elektrolyse und Faraday-Gesetze	166
<b>7. Elektrochemische Spannungsreihe</b>	169
7.1. Die Redoxreihe der Metalle	169
Praktikum: Versuche zur Redoxreihe der Metalle	170
7.2. Galvanische Zellen; das Daniell-Element	172
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Das Volta-Element, eine historische Spannungsquelle	175
7.3. Spannungsreihe der Metalle – die quantitative Redoxreihe	176
Praktikum: Spannungsreihe der Metalle	179
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Lithium hat das Standard-Elektroden-Potential	179
7.4. Erweiterung der Spannungsreihe	180
Praktikum: Spannungsreihe der Halogene	180
7.5. Die Konzentrationsabhängigkeit der Elektroden-Potentiale	183
Praktikum: Konzentrationsketten	184
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Elektroden-Potentiale und Gleichgewicht	187
7.6. Anwendung der Nerust-Gleichung	189
Praktikum: Bestimmung sehr geringer Metall-Ionen-Konzentrationen – die Löslichkeitsprodukte der Silber-Halogenide	190
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: pH-Abhängigkeit von Redoxpotentialen	191
<b>8. Elektrochemie in Technik und Alltag</b>	192
8.1. Elektrochemische Stromquellen	192
8.1.1. Batterien: das Lechanché-Element, eine Trockenbatterie	192
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: „Super-“, „Alkaline-“ und Knopfzellen	194
8.1.2. Akkumulatoren: der Bleiakkumulator	195
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Nickel-Cadmium und Nickel-Eisen-Akkumulatoren	198
8.1.3. Brennstoffzellen	199
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Solar-Wasserstoff und Wasserstofftechnologie	201
8.2. Technisch wichtige Elektrolysen	204
8.2.1. Chlor-Alkali-Elektrolyse	204
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Wie misst man Zersetzungsspannungen und Überpotentiale?	208
8.2.2. Schmelzfluß – Elektrolyse zur Herstellung von Aluminium	209
Praktikum: Elektrisches Oxidieren von Aluminium – das Eloxit-Verfahren	212
8.2.3. Elektrolytische Kupfer-Raffination	213
Praktikum: Lokalelemente	214
8.3. Korrosion und Korrosionsschutz	215
8.3.1. Korrosionsvorgänge	215
8.3.2. Korrosionsschutzmaßnahmen	217
Praktikum: Reinigen von Silberbesteck	218

## Organische Chemie II

<b>9. Reaktionen organischer Verbindungen</b>	220
9.1. Alkane und radikalische Substitution . . . . .	220
<b>Praktikum: Bromierung von Alkanen</b> . . . . .	220
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Das Ozonloch</b> . . . . .	220
9.2. Alkene – elektrophile Addition, Isomerisierungen . . . . .	229
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Cis-trans-Isomerisierung und Erklärung mit Hilfe des Orbital-Modells</b> . . . . .	233
9.3. Halogenalkane und nucleophile Substitution . . . . .	237
<b>Praktikum: Alkohole aus Halogenalkanen</b> . . . . .	237
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: SN1- und SN2-Reaktionen</b> . . . . .	242
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Stereochemie bei SN1- und SN2-Reaktionen und Erklärung mit dem Orbital-Modell</b> . . . . .	244
9.4. Alkohole und Eliminierungsreaktionen . . . . .	246
<b>Praktikum: Dehydratisierung von 2-Methyl-2-propanol</b> . . . . .	246
9.5. Carbonyl-Verbindungen und Redoxreaktionen . . . . .	249
9.6. Nucleophile Addition an Carbonyl-Verbindungen . . . . .	252
<b>Praktikum: Hydrate und Acetate</b> . . . . .	252
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Ophische Aktivität und Polarimetrie</b> . . . . .	255
9.7. Carbonsäuren und Protolysen . . . . .	259
<b>Praktikum: Säurestärke von Carbonsäuren</b> . . . . .	259
9.8. Aminosäuren . . . . .	263
<b>Praktikum: ph-abhängige Löslichkeit und Titrationskurve von Glycin</b> . . . . .	263
9.9. Veresterung und Esterspaltung . . . . .	267
<b>Praktikum: Alkalische Esterspaltung</b> . . . . .	267
9.10. Peptide und Proteine (Eiweißstoffe) . . . . .	270
<b>10. Aromaten</b> . . . . .	274
10.1. Benzol . . . . .	275
10.1.1. Die Struktur des Benzol-Moleküls . . . . .	275
10.1.2. Mechanismus der elektrophilen Substitution am Benzol-Molekül . . . . .	277
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: MO-Modell und Aromatizität</b> . . . . .	279
10.2. Toluol-Substitution am Kern oder in der Seitenkette . . . . .	281
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Technische wichtige elektrophile Substitutionen</b> . . . . .	283
10.3. Phenol, eine aromatische Hydroxy-Verbindung . . . . .	285
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Polyphenole und Heterocyclen</b> . . . . .	288
10.4. Aromatische Carbonsäuren . . . . .	290
<b>Praktikum: Benzoësäure, Salicylsäure und Aspirin</b> . . . . .	290
10.5. Der Einfluß des Substituenten auf die Zweitsubstitution . . . . .	292
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Phenolphthalein und Fluoreszein</b> . . . . .	293

## Angewandte Chemie

<b>11. Farbstoffe</b> . . . . .	297
<b>Praktikum: Fluoreszenz und Phosphoreszenz</b> . . . . .	297
11.1. Lichtemission und Lichtabsorption . . . . .	298
11.2. Struktur und Farbe . . . . .	303
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Solvatochromie</b> . . . . .	304
11.3. Einige Farbstoffklassen . . . . .	306
<b>Praktikum: Synthese eines Azofarbstoffes</b> . . . . .	306
<b>Praktikum: Trennung von Lebensmittelfarbstoffen</b> . . . . .	310
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Farbphotographie</b> . . . . .	311
11.4. Färbeverfahren . . . . .	313
<b>Praktikum: Färben von Textilien</b> . . . . .	314

<b>12. Komplexverbindungen – Waschmittel</b>	316
12.1. Verbindungen erster und hoherer Ordnung	316
<b>Praktikum:</b> Salze, Hydrate und Komplexe	316
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung:</b> Komplex-Strukturen und Isomerie	321
12.2. Komplexbindung-Reaktionen	323
<b>Praktikum:</b> Donator – Akzeptor – Reaktionen bei Komplexen	323
12.3. Stabilität von Komplexen	326
<b>Praktikum:</b> Ligamentausch-Reaktionen	326
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung:</b> Komplex-Chemie – eine Nahstelle zwischen chemischen Arbeitsgebieten	329
12.4. Komplexe in Waschmitteln	332
<b>Praktikum:</b> Bestandteile eines Vollwaschmittels	332
 <b>13. Kunststoffe</b>	337
13.1. Struktur und Eigenschaften	337
<b>Praktikum:</b> Untersuchung von Kunststoffen	337
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung:</b> Molekulmassenbestimmung von Makromolekülen	340
13.2. Synthese von Polymeren	342
13.3. Verarbeitung von Kunststoffen	349
13.4. Wiederverwertung von Kunststoff-Abfall	349
 <b>14. Anorganische Werkstoffe</b>	353
14.1. Eisen und Stahl	353
14.2. Silicium und Silicate	357
14.2.1. Herstellung und Eigenschaften von Silicium	357
14.2.2. Siliciumdioxid und Silicate	364
<b>Praktikum:</b> Gläser und Zeolithe	365
 <b>15. Kernchemie</b>	368
15.1. Natürliche Radioaktivität	368
15.1.1. Entdeckung und Grunderscheinungen der Radioaktivität	368
15.1.2. Wirkungen und Nachweis von Radioaktivität	369
15.1.3. Die Kernumwandlung als Ursache der Radioaktivität	370
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung:</b> Zerfallsgesetz und Zerfallsreihen	372
15.2. Künstliche Kernumwandlungen und Kernreaktoren	374
15.2.1. Entdeckung der künstlichen Kernumwandlung	374
15.2.2. Kernspaltung	375
15.2.3. Kettenreaktion bei Uran und Kernreaktoren	377
15.2.4. Versorgung von Kernreaktoren mit Brennstoff und Entsorgung	378
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung:</b> Kernfusion	380
15.3. Radionuklide in der Analytik	389
15.4. Biologische Strahlenwirkung und Strahlenschutz	382
 <b>16. Chemie und Umwelt</b>	384
16.1. Umweltbereich Luft	385
16.1.1. Luftschaadstoffe	385
<b>Praktikum:</b> Analytik der Luftschaadstoffe	385
16.1.2. Saure Niederschläge	387
<b>Praktikum:</b> Versuche zum sauren Regen	387
16.1.3. Smog	389
16.1.4. Treibhauseffekt	390
<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung:</b> Maßnahmen zur Verminderung und Be- seitigung der Luftschaadstoffe	392
16.2. Umweltbereich Wasser	396
<b>Praktikum:</b> Analytik von Schadstoffen im Wasser	397

16.2.1. Schadstoffe im Wasser und ihre Auswirkungen . . . . .	398
16.2.2. Techniken zur Schadstoffbeseitigung und -vermeidung . . . . .	401
16.3. Umweltbereich Boden . . . . .	404
16.3.1. Aufbau des Bodens . . . . .	404
Praktikum: Bodenuntersuchungen . . . . .	405
16.3.2. Belastung des Bodens – Auswirkungen und Reduktion der Belastung . . . . .	405
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Wir und unsere Umwelt . . . . .	407
 <b>Das Orbital-Modell</b> . . . . .	410
Ergebnisse der Rechenaufgaben . . . . .	416
Tabellen . . . . .	417
$pK_s$ - $pK_b$ -Werte . . . . .	418
Isomerie-Übersicht . . . . .	419
Grundkonstanten . . . . .	420
PSE . . . . .	421
Chemikalienliste zu den Versuchen . . . . .	422
R-Sätze . . . . .	424
S-Sätze . . . . .	425
Entsorgungsempfehlungen . . . . .	425
Stichwortverzeichnis . . . . .	426