

# Inhaltsverzeichnis

## Organische Chemie I

<b>1.</b>	<b>Der Weg zur Formel einer organischen Verbindung</b>	<b>1</b>
1.1.	Qualitative Elementaranalyse	2
	<b>Praktikum:</b> Nachweis der Elemente	2
	<b>Erweiterung, Vertiefung, Anwendung:</b> Nachweis von Spurenelementen — von der Flammenfärbung 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 Dampfdichtemessungen nach MALEWSKI	14
1.3.1.	Bestimmung der molaren Masse unzersetzt verdampfbarer Flüssigkeiten	14
	<b>Praktikum:</b> Gefrierpunktniedrigung und Siedepunkterhöhung	16
1.3.2.	Bestimmung der molaren Masse durch Messung der Gefrierpunktniedrigung 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.</b>	<b>Homologe Reihen organischer Verbindungen</b>	<b>28</b>
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 $pH$ -Werts	123
5.3.3. Stärke von Säuren und Basen	127
Praktikum: $pH$ -Werte und Reaktivität wäßriger Säure- und Base-Lösungen gleicher Konzentration	127
Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: $pH$ -Wert mittelstarker Säuren — der Protolysegrad $\alpha$	132
5.3.4. Säure-Base-Puffer	133
Praktikum: $pH$ -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.</b>	<b>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: Redox titrationen	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.</b>	<b>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 Nerst-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.</b>	<b>Elektrochemie in Technik und Alltag</b>	192
8.1.	Elektrochemische Stromquellen	192
8.1.1.	Batterien: das Leclanché-Element, eine Trockenbatterie	192
	Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: „Super-“, „Alkaline-“ und Knopfzellen	194
8.1.2.	Akkumulatoren: der Bleiakкумулятор	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 Eloxal-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.</b>	<b>Reaktionen organischer Verbindungen</b>	220
9.1.	Alkane und radikalische Substitution	220
	Praktikum: Bromierung von Alkanen	220
	Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Das Ozonloch	220
9.2.	Alkene — elektrophile Addition, Isomerisierungen	229
	Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Cis-trans-Isomerisierung und Erklärung mit Hilfe des Orbital-Modells	233
9.3.	Halogenalkane und nucleophile Substitution	237
	Praktikum: Alkohole aus Halogenalkanen	237
	Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: SN1- und SN2-Reaktionen	242
	Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Stereochemie bei SN1- und SN2-Reaktionen und Erklärung mit dem Orbital-Modell	244
9.4.	Alkohole und Eliminierungsreaktionen	246
	Praktikum: Dehydratisierung von 2-Methyl-2-propanol	246
9.5.	Carbonyl-Verbindungen und Redoxreaktionen	249
9.6.	Nucleophile Addition an Carbonyl-Verbindungen	252
	Praktikum: Hydrate und Acetate	252
	Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Optische Aktivität und Polarimetrie	255
9.7.	Carbonsäuren und Protolysen	259
	Praktikum: Säurestärke von Carbonsäuren	259
9.8.	Aminosäuren	263
	Praktikum: pH-abhängige Löslichkeit und Titrationskurve von Glycin	263
9.9.	Veresterung und Esterspaltung	267
	Praktikum: Alkalische Esterspaltung	267
9.10.	Peptide und Proteine (Eiweißstoffe)	270
<b>10.</b>	<b>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
	Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: MO-Modell und Aromatizität	279
10.2.	Toluol-Substitution am Kern oder in der Seitenkette	281
	Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Technische wichtige elektrophile Substitutionen	283
10.3.	Phenol, eine aromatische Hydroxy-Verbindung	285
	Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Polyphenole und Heterocyclen	288
10.4.	Aromatische Carbonsäuren	290
	Praktikum: Benzoesäure, Salicylsäure und Aspirin	290
10.5.	Der Einfluß des Substituenten auf die Zweitsubstitution	292
	Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Phenolphthalein und Fluoreszein	293

## Angewandte Chemie

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

<b>12.</b>	<b>Komplexverbindungen – Waschmittel</b>	316
12.1.	Verbindungen erster und höherer Ordnung	316
	Praktikum: Salze, Hydrate und Komplexe	316
	Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Komplex-Strukturen und Isomerie	321
12.2.	Komplexbindung-Reaktionen	323
	Praktikum: Donator – Akzeptor – Reaktionen bei Komplexen	323
12.3.	Stabilität von Komplexen	326
	Praktikum: Ligandentausch-Reaktionen	326
	Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Komplex-Chemie – eine Nahstelle zwischen chemischen Arbeitsgebieten	329
12.4.	Komplexe in Waschmitteln	332
	Praktikum: Bestandteile eines Vollwaschmittels	332
<b>13.</b>	<b>Kunststoffe</b>	337
13.1.	Struktur und Eigenschaften	337
	Praktikum: Untersuchung von Kunststoffen	337
	Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: 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.</b>	<b>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
	Praktikum: Gläser und Zeolithe	365
<b>15.</b>	<b>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
	Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: 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
	Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Kernfusion	380
15.3.	Radionukleide in der Analytik	389
15.4.	Biologische Strahlenwirkung und Strahlenschutz	382
<b>16.</b>	<b>Chemie und Umwelt</b>	384
16.1.	Umweltbereich Luft	385
16.1.1.	Luftschadstoffe	385
	Praktikum: Analytik der Luftschadstoffe	385
16.1.2.	Saure Niederschläge	387
	Praktikum: Versuche zum sauren Regen	387
16.1.3.	Smog	389
16.1.4.	Treibhauseffekt	390
	Erweiterung, Vertiefung, Anwendung: Maßnahmen zur Verminderung und Beseitigung der Luftschadstoffe	392
16.2.	Umweltbereich Wasser	396
	Praktikum: 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