

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Mathematische Grundlagen, praktisches Rechnen</b>	<b>8</b>	2.4.3	Arbeiten mit Diagrammen in der Chemie	50
1.1	Zahlenarten	8	2.4.4	Interpretation von Graphen	52
1.2	Größen, Einheiten, Zeichen, Formeln	9	2.4.5	Linearisieren einer Kurve	54
1.3	Grundrechnungsarten	10	2.4.6	Verwendung grafischer Papiere	55
1.4	Berechnen zusammengesetzter Ausdrücke	13	<b>2.5</b>	<b>Versuchs- und Prozessdaten- auswertung mit Computern</b>	<b>57</b>
1.5	Bruchrechnen	14	2.5.1	Datenauswertung mit einem Tabellenkalkulationsprogramm	57
1.6	Rechnen mit Potenzen	16	2.5.2	Grafische Aufbereitung von Versuchs- und Prozessdaten, Diagrammarten	60
1.7	Rechnen mit Wurzeln	18	2.5.3	Computergestützte Auswertung von Messwertreihen durch Regression	64
1.8	Rechnen mit Logarithmen	20		Gemischte Aufgaben zu 2	68
1.8.1	Definition des Logarithmus	20	<b>3</b>	<b>Ausgewählte physikalische Berechnungen</b>	<b>72</b>
1.8.2	Berechnen dekadischer Logarithmen	21	3.1	Größen, Zeichen, Einheiten, Umrechnungen	72
1.8.3	Berechnen natürlicher Logarithmen	21	3.2	Berechnung von Längen, Flächen, Oberflächen und Volumina	76
1.8.4	Logarithmengesetze	22	3.2.1	Längenberechnung	76
1.8.5	Logarithmieren bei der pH-Wert-Berechnung	22	3.2.2	Umfangs- und Flächenberechnung	77
1.9	Lösen von Gleichungen	23	3.2.3	Oberflächen- und Volumenberechnung	78
1.9.1	Lineare Bestimmungsgleichungen	23	3.3	Masse, Volumen und Dichte	79
1.9.2	Quadratische Bestimmungsgleichungen	24	3.4	Bewegungsvorgänge	84
1.9.3	Wurzelgleichungen	25	3.5	Strömungsvorgänge	87
1.9.4	Exponentialgleichungen	25	3.6	Kräfte	89
1.9.5	Umstellen von Größengleichungen	26	3.7	Arbeit	92
1.10	Winkel und Winkelfunktionen	27	3.8	Leistung	94
1.11	Berechnungen mit dem Dreisatz	28	3.9	Energie	95
1.12	Berechnungen mit Proportionen	29	3.10	Wirkungsgrad	96
1.13	Rechnen mit Anteilen	30	3.11	Druck und Druckarten	98
	Gemischte Aufgaben zu 1	31	3.12	Druck in Flüssigkeiten	99
<b>2</b>	<b>Auswertung von Messwerten und Prozessdaten</b>	<b>34</b>	3.13	Auftriebskraft	101
2.1	Messtechnik in der Chemie	34	3.14	Gaskinetik	103
2.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik	34	3.15	Druck in Gasen	104
2.1.2	Unsicherheit von Messwerten	35	3.16	Sättigungsdampfdruck, Partialdruck	106
2.1.3	Messgenauigkeit im Labor und Chemiebetrieb	36	3.17	Luftfeuchtigkeit	107
2.2	Rechnen mit Messwerten	40		Gemischte Aufgaben zu 3	109
2.2.1	Signifikante Ziffern	40	<b>4</b>	<b>Stöchiometrische Berechnungen</b>	<b>112</b>
2.2.2	Runden	40	4.1	Grundgesetze der Chemie	112
2.2.3	Rechnen mit Messwerten ohne angegebene Unsicherheit	41	4.2	Chemische Elemente	112
2.2.4	Rechnen mit Messwerten mit angegebener Unsicherheit	42	4.3	Kernreaktionen	114
2.3	Auswertung von Messwertreihen	43	4.4	Symbole und Ziffern in Formeln	116
2.3.1	Arithmetischer Mittelwert	43	4.5	Quantitäten von Stoffportionen	117
2.3.2	Absoluter und relativer Fehler	43	4.6	Zusammensetzung von Verbindungen und Elementen	120
2.3.3	Standardabweichung, Normalverteilung	44	4.7	Elementar- und Molekülformel	122
2.3.4	Auswertung mit dem Taschenrechner und Computer	45	4.7.1	Elementaranalyse	123
2.4	Darstellung von Messergebnissen	47	4.7.2	Berechnung der Elementarformel	124
2.4.1	Messwerte in Wertetabellen	47	4.7.3	Berechnung der Molekülformel	124
2.4.2	Grafische Darstellung von Messwerten	48			

<b>4.8 Gase und Gasgesetze</b> .....	126	6.2.3 Einfluss der Temperatur .....	195
4.8.1 Gase bei Normbedingungen .....	127	6.2.4 Einfluss von Katalysatoren .....	198
4.8.2 Gase bei beliebigen Drücken und Temperaturen .....	128	<b>6.3 Chemisches Gleichgewicht</b> .....	199
<b>4.9 Rechnen mit Reaktionsgleichungen</b> .....	130	<b>6.4 Massenwirkungsgesetz MWG</b> .....	200
4.9.1 Reaktionsgleichungen .....	130	<b>6.5 MWG für Gasgleichgewichte</b> .....	202
4.9.2 Aufstellen von Reaktionsgleichungen ..	132	<b>6.6 Verschiebung der Gleichgewichtslage</b> ..	204
4.9.3 Oxidationszahlen .....	135		
4.9.4 Aufstellen von Redox-Gleichungen ....	137	<b>7 Ionengleichgewichte</b> .....	208
Gemischte Aufgaben zu 4.9 .....	141	<b>7.1 Protolysegleichgewichte</b> .....	208
<b>4.10 Umsatzberechnung</b> .....	142	7.1.1 Protolysegleichgewicht des Wassers ...	208
4.10.1 Bei reinen Stoffen .....	142	7.1.2 Der pH-Wert .....	209
4.10.2 Bei verunreinigten oder gelösten Stoffen .....	144	7.1.3 pH-Wert starker Säuren und Basen ....	211
4.10.3 Bei Gasreaktionen .....	148	7.1.4 Dissoziationsgrad $\alpha$ , Protolysegrad ....	212
4.10.4 Unter Berücksichtigung der Ausbeute ..	150	7.1.5 Säure- und Basenkonstante .....	213
Gemischte Aufgaben zu 4.10 .....	153	7.1.6 pH-Wert schwacher Säuren und Basen .....	215
<b>5 Rechnen mit Mischphasen</b> .....	156	7.1.7 pH-Wert mehrprotoniger Säuren .....	216
<b>5.1 Gehaltsgrößen von Mischphasen</b> .....	156	7.1.8 Das OSTWALD'sche Verdünnungs- gesetz .....	217
5.1.1 Massenanteil $w$ .....	158	7.1.9 pH-Wert von Pufferlösungen .....	218
5.1.2 Volumenanteil $\varphi$ .....	160	7.1.10 Lage von Protolysegleichgewichten ....	220
5.1.3 Stoffmengenanteil $\chi$ .....	161	<b>7.2 Löslichkeitsgleichgewichte</b> .....	221
5.1.4 Umrechnung der verschiedenen Anteile	163	Gemischte Aufgaben zu 7 .....	223
5.1.5 Massenkonzentration $\beta$ .....	165		
5.1.6 Volumenkonzentration $\sigma$ .....	166	<b>8 Analytische Bestimmungen</b> .....	225
5.1.7 Stoffmengenkonzentration $c$ , Äquivalentkonzentration $c(1/z^*)$ .....	167	<b>8.1 Gravimetrie</b> .....	226
5.1.8 Umrechnen der verschiedenen Konzentrationen .....	169	8.1.1 Feuchtigkeits- und Trockengehalts- bestimmungen von Feststoffen .....	226
5.1.9 Löslichkeit $L^*$ .....	171	8.1.2 Bestimmung des Wassergehalts in Ölen .....	227
<b>5.2 Umrechnen von Anteilen <math>\Leftrightarrow</math> Konzentrationen <math>\Leftrightarrow</math> Löslichkeiten</b> .....	173	8.1.3 Glührückstandsbestimmungen .....	228
5.2.1 Umrechnung Massenanteil $w \Leftrightarrow$ Stoffmengenkonzentration $c$ .....	173	8.1.4 Thermogravimetrie .....	229
5.2.2 Umrechnung Massenanteil $w \Leftrightarrow$ Massenkonzentration $\beta$ .....	174	8.1.5 Gravimetrische Fällungsanalysen ....	231
5.2.3 Umrechnung Massenanteil $w \Leftrightarrow$ Volumenkonzentration $\sigma$ .....	174	<b>8.2 Volumetrie (Maßanalyse)</b> .....	234
5.2.4 Umrechnung Massenanteil $w \Leftrightarrow$ Löslichkeit $L^*$ .....	175	<b>8.2.1 Maßanalyse mit aliquoten Teilen</b> .....	234
<b>5.3 Mischen, Verdünnen und Konzentrieren von Lösungen</b> .....	177	<b>8.2.2 Maßlösungen</b> .....	235
5.3.1 Mischen von Lösungen .....	177	8.2.2.1 Gehaltsangaben von Maßlösungen ....	235
5.3.2 Verdünnen von Lösungen .....	179	8.2.2.2 Herstellen von Maßlösungen .....	237
5.3.3 Mischen von Lösungs-Volumina .....	180	8.2.2.3 Titer von Maßlösungen .....	238
5.3.4 Konzentrieren von Lösungen .....	181	8.2.2.4 Einstellen einer Maßlösung .....	239
Gemischte Aufgaben zu 5 .....	183	<b>8.2.3 Berechnung von Maßanalysen- Neutralisationstitrationen</b> .....	240
<b>6 Der Verlauf chemischer Reaktionen</b> 185		8.2.3.1 Berechnung von Direkttitrationen ....	240
<b>6.1 Die Reaktionsgeschwindigkeit</b> .....	185	8.2.3.2 Bestimmung des Titors .....	243
<b>6.2 Beeinflussung der Reaktions- geschwindigkeit</b> .....	188	8.2.3.3 Rücktitrationen .....	245
6.2.1 Einfluss der Konzentration .....	188	8.2.3.4 Mehrstufige Neutralisations- titrationen .....	247
6.2.2 Grafische Ermittlung der Reaktionsordnung .....	192	8.2.3.5 Indirekte Titration .....	248
		8.2.3.6 Oleum-Bestimmungen .....	249
		<b>8.2.4 Redox-Titrations (Oxidimetrie)</b> .....	250
		8.2.4.1 Manganometrische Titrations .....	251
		8.2.4.2 Iodometrische Titrations .....	252
		8.2.4.3 Chromatometrie, Bromatometrie, Cerimetrie .....	255
		8.2.4.4 Bestimmung des CSB-Wertes .....	256

<b>8.2.5 Fällungstitrationen</b>	257	<b>9.3 Lineare Korrelation und Regression</b>	320
<b>8.2.6 Komplexometrische Titrationen</b>	259	9.3.1 Korrelation	320
Gemischte Aufgaben zu 8.2	261	9.3.2 Regression	321
<b>8.3 Maßanalytische Kennzahlen</b>	263	<b>9.4 Statistische Prüfverfahren</b>	322
8.3.1 Säurezahl SZ	263	9.4.1 t-Test	323
8.3.2 Verseifungszahl VZ	264	9.4.2 F-Test	324
8.3.3 Esterzahl EZ	265	9.4.3 $\chi^2$ -Test	325
8.3.4 Hydroxylzahl OHZ	266	Aufgaben zu 9	326
8.3.5 Iodzahl IZ	267		
Gemischte Aufgaben zu 8.3	269	<b>10 Qualitätssicherung in der Analytischen Chemie</b>	329
<b>8.4 Maßanalytische Bestimmungen mit elektrochemischen Methoden</b>	270	<b>10.1 Validierung analytischer Verfahren</b>	329
8.4.1 Potentiometrie	270	10.1.1 Richtigkeit und Präzision von Messwerte	329
8.4.2 Leitfähigkeitstitrationen	273	10.1.2 Richtigkeit von Messwerten	330
<b>8.5 Optische Analyseverfahren</b>	275	10.1.3 Präzision von Messwerten	335
8.5.1 UV/VIS-Spektroskopie	275	10.1.4 Ausreißertests	341
8.5.1.1 Physikalische Größen der Spektroskopie	275	<b>10.2 Qualitätsregelkarten in der Analytischen Chemie</b>	343
8.5.1.2 Auswertung fotometrischer Bestimmungen	277	10.2.1 Aufbau von Qualitätsregelkarten (QRK)	343
Aufgaben zu 8.5.1		10.2.2 Regelgrenzen in Lage-Regelkarten	344
UV/VIS-Spektroskopie	282	10.2.3 Bewertung von Lage-Regelkarten	345
<b>8.5.2 Refraktometrie</b>	284	10.2.4 Regelgrenzen in Streuungs-Regelkarten	347
Aufgaben zu 8.5.2	286	10.2.5 Bewertung von Streuungs-Regelkarten	348
<b>8.5.3 Polarimetrie</b>	287	10.2.6 Erstellen und Führen von Regelkarten	349
Aufgaben zu 8.5.3	288		
<b>8.6 Chromatografie</b>	289	<b>11 Berechnungen zur Elektrotechnik</b>	353
8.6.1 Dünnschicht- und Papierchromatografie	289	<b>11.1 Grundbegriffe der Elektrotechnik</b>	353
8.6.2 Trennung mit Trennsäulen	290	<b>11.2 Elektrischer Widerstand eines Leiters</b>	355
8.6.3 Wichtige Kenngrößen der Chromatografie	292	<b>11.3 Temperaturabhängigkeit des Widerstands</b>	356
8.6.4 Trennwirkung einer Säule	293	<b>11.4 OHM'sches Gesetz</b>	357
8.6.5 Detektorempfindlichkeit-Responsefaktor	295	<b>11.5 Reihenschaltung von Widerständen</b>	358
8.6.6 Auswertung Säulenchromatografischer Analysen - Kalibriermethoden	296	<b>11.6 Parallelschaltung von Widerständen</b>	360
8.6.6.1 Normierung auf 100% - 100%-Methode	296	<b>11.7 Messbereichserweiterungen</b>	362
8.6.6.2 Externer Standard	297	<b>11.8 Gruppenschaltungen, Netzwerke</b>	364
8.6.6.3 Interner Standard	299	<b>11.9 WHEATSTONE'sche Brückenschaltung</b>	366
8.6.6.4 Standard-Additionsverfahren (Aufstockmethode)	300	<b>11.10 Elektrische Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad</b>	367
Aufgaben zu 8.6	302	Gemischte Aufgaben zu 11	369
<b>8.7 Partikelgrößenanalyse, Siebanalyse</b>	307	<b>12 Elektrochemische Berechnungen</b>	371
8.7.1 Auswertung einer Siebanalyse	307	<b>12.1 Elektrolytische Stoffabscheidung</b>	371
8.7.2 Auswertung im RRSB-Netz	309	<b>12.2 Leitfähigkeit von Elektrolyten</b>	374
8.7.3 Auswertung einer Siebanalyse mit Tabellenkalkulationsprogramm	312	<b>12.3 Elektrochemische Potentiale</b>	378
		<b>13 Berechnungen zur Wärmelehre</b>	385
<b>9 Statistik in Biologie und Analytischer Chemie</b>	315	<b>13.1 Temperaturskalen</b>	385
<b>9.1 Datengewinnung</b>	315	<b>13.2 Verhalten der Stoffe bei Erwärmung</b>	386
<b>9.2 Kennwerte von Datenreihen</b>	315	13.2.1 Längenänderung von Feststoffen	386
9.2.1 Mittelwerte	316	13.2.2 Volumenänderung von Feststoffen	387
9.2.2 Streuung von Stichprobenwerten	318		

13.2.3	Volumenänderung von Flüssigkeiten	388	15.2	<b>Wasserdampfdestillation</b>	443
13.2.4	Volumenänderung von Gasen	389		Aufgaben zu 15.2	444
13.3	<b>Wärmeinhalt von Stoffportionen</b>	390	15.3	<b>Rektifikation</b>	445
13.4	<b>Aggregatzustandsänderungen</b>	391		Aufgaben zu 15.3	448
13.4.1	Schmelzen, Erstarren	391	15.4	<b>Flüssig-Flüssig-Extraktion</b>	449
13.4.2	Verdampfen, Kondensieren	392		Aufgaben zu 15.4	451
13.5	<b>Temperaturänderung beim Mischen</b>	393			
13.6	<b>Reaktionswärmen</b>	398	16	<b>Berechnungen mit Beschichtungsstoffen</b>	452
13.6.1	Reaktionsenergie, Reaktionsenthalpie	398			
13.6.2	Heiz- und Brennwert	400	16.1	<b>Gehaltsgrößen von Beschichtungsstoffen</b>	452
13.6.3	Neutralisationsenthalpie	401		16.1.1 Massenanteile	453
13.6.4	Lösungsenthalpie	402		16.1.2 Volumenanteile	455
13.6.5	Freie Reaktionsenthalpie, Entropie	403		16.1.3 Pigment-Bindemittel-Massenverhältnis	456
	Gemischte Aufgaben zu 13	405		16.1.4 Umrechnung von Rezepturen	457
14	<b>Physikalisch-chemische Bestimmungen</b>	407	16.2	<b>Bestimmung der Kenngrößen von Beschichtungen</b>	459
14.1	<b>Dichtebestimmungen</b>	407	16.3	<b>Schichtdicke von Beschichtungen</b>	461
14.1.1	Pyknometer-Verfahren	408	16.4	<b>Verbrauch und Ergiebigkeit</b>	464
14.1.2	Hydrostatische Waage	411	16.5	<b>Maßanalytische Kennzahlen</b>	468
14.1.3	WESTPHAL'sche Waage	412		16.5.1 Aminzahl, H-aktiv-Äquivalentmasse	468
14.1.4	Tauchkörper-Verfahren	413		16.5.2 Isocyanatmassenanteil, Isocyanat-Äquivalentmasse	470
14.1.5	Aräometer-Verfahren	414		16.5.3 Hydroxylzahl, OH-Äquivalentmasse	470
14.1.6	Schwebemethode	414		16.5.4 Epoxid-Äquivalentmasse, Epoxidwert	472
14.1.7	Röntgengichte	415	16.6	<b>Mischen von 2-K-Lacken</b>	473
14.1.8	Schütt- und Rütteldichte	416		16.6.1 2-K-Lacke mit Hydroxylgruppen und Isocyanatgruppen	473
14.1.9	Schwingungsmethode	417		16.6.2 2-K-Lacke mit Epoxid-Gruppen und aktivem Wasserstoff	474
14.2	<b>Bestimmung der Viskosität</b>	419			
14.2.1	Dynamische u. kinematische Viskosität	419	17	<b>Anhang</b>	476
14.2.2	Kugelfall-Viskosimeter nach HÖPPLER	420		Griechisches Alphabet	476
14.2.3	Auslauf-Viskosimeter	421		Physikalische Konstanten	476
14.2.4	Rotations-Viskosimeter	422		Tabelle Korrelationskoeffizient	476
14.3	<b>Bestimmung der Oberflächenspannung</b>	423		Tabelle t-Verteilung (Student-Vert.)	477
14.3.1	Abreißmethode	424		Tabelle F-Verteilung	478
14.3.2	Tropfenmethode	424		Tabelle $\chi^2$ -Test	481
14.3.3	Kapillarmethode	425		Tabelle nach David	482
14.4	<b>Bestimmung der molaren Masse</b>	426		Tabelle nach Grubbs	483
14.4.1	Molare Masse aus den Gasgesetzen	426		Tabelle nach Dixon	484
14.4.2	Dampfdruckerniedrigung	428		Umrechnungstabelle für Gehaltsgrößen	485
14.4.3	Siedepunkterhöhung	429		Kopiervorlagen grafischer Papiere	486
14.4.4	Gefrierpunkterniedrigung	431		Literaturverzeichnis	489
14.4.5	Osmotischer Druck	434		Sachwortverzeichnis	491
15	<b>Trennen von Flüssigkeitsgemischen</b>	436			
15.1	<b>Destillieren</b>	436			
15.1.1	Dampfdruck von Flüssigkeiten	436			
15.1.2	Homogene Flüssigkeitsgemische	436			
15.1.3	Siedediagramm	439			
15.1.4	Gleichgewichtsdiagramm	439			
15.1.5	Durchführen einer Destillation	440			
15.1.6	Zeitlicher Verlauf einer Destillation	441			