

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Mathematische Grundlagen, praktisches Rechnen</b>	<b>7</b>	2.5.1	Datenauswertung mit Tabellenkalkulationsprogrammen . . . . .	47
1.1	Zahlenarten . . . . .	7	2.5.2	Grafische Aufbereitung von Versuchs- und Prozessdaten, Diagrammarten . . . . .	49
1.3	Grundrechnungsarten . . . . .	7	2.5.3	Computergestützte Auswertung von Messreihen durch Regression . . . . .	50
1.3.1	Addieren und Subtrahieren. . . . .	7			
1.3.2	Multiplizieren. . . . .	7			
1.3.3	Dividieren. . . . .	8			
1.4	Berechnen zusammengesetzter Ausdrücke . . . . .	8	<b>3</b>	<b>Ausgewählte physikalische Berechnungen</b>	<b>65</b>
1.5	Bruchrechnen . . . . .	9	3.1	Größen, Zeichen, Einheiten, Umrechnungen . . . . .	65
1.5.1	Zusammenfassen . . . . .	9	3.2	Berechnung von Längen, Flächen, Oberflächen und Volumina . . . . .	67
1.6	Rechnen mit Potenzen . . . . .	12	3.2.1	Längenberechnung . . . . .	67
1.7	Wurzeln. . . . .	13	3.2.2	Umfangs- und Flächenberechnung . . . . .	67
1.7.1	Rechnen mit Wurzeln . . . . .	13	3.2.3	Oberflächen- und Volumenberechnung . . . . .	68
1.8	Rechnen mit Logarithmen . . . . .	14	3.3	Berechnung von Masse, Volumen und Dichte . . . . .	69
1.8.2	Berechnen dekadischer Logarithmen . . . . .	14	3.4	Bewegungsvorgänge . . . . .	74
1.8.3	Berechnen natürlicher Logarithmen . . . . .	14	3.5	Strömungsvorgänge . . . . .	76
1.8.4	Logarithmengesetze. . . . .	14	3.6	Kräfte . . . . .	77
1.8.5	Logarithmieren bei der pH-Wert-Berechnung . . . . .	15	3.7	Arbeit . . . . .	78
1.9	Lösen von Gleichungen . . . . .	15	3.8	Leistung. . . . .	79
1.9.1	Lineare Bestimmungsgleichungen. . . . .	15	3.9	Energie . . . . .	79
1.9.2	Quadratische Bestimmungsgleichungen . .	16	3.10	Wirkungsgrad . . . . .	80
1.9.3	Wurzelgleichungen . . . . .	19	3.11	Druck und Druckarten. . . . .	81
1.9.4	Exponentialgleichungen . . . . .	20	3.12	Druck in Flüssigkeiten. . . . .	81
1.9.5	Umstellen von Größengleichungen . . . . .	21	3.13	Auftriebskraft . . . . .	83
1.10	Rechnen mit Winkeln und Winkelfunktionen . . . . .	22	3.14	Gaskinetik . . . . .	84
1.11	Berechnung mit dem Dreisatz . . . . .	23	3.15	Druck in Gasen. . . . .	84
1.12	Berechnung mit Proportionen . . . . .	23	3.16	Sättigungsdampfdruck, Partialdruck . . . . .	85
1.13	Rechnen mit Anteilen . . . . .	24	3.17	Luftfeuchtigkeit . . . . .	85
<b>2</b>	<b>Auswertung von Messwerten und Prozessdaten</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>Stöchiometrische Berechnungen</b>	<b>91</b>
2.1	Messtechnik in der Chemie. . . . .	36	4.2	Chemische Elemente . . . . .	91
2.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik, Messunsicherheit, Messgenauigkeit. . . . .	36	4.3	Kernreaktionen . . . . .	91
2.2	Rechnen mit Messwerten . . . . .	36	4.4	Symbole und Ziffern in chemischen Formeln . . . . .	92
2.3	Auswertung von Messwertreihen . . . . .	37	4.5	Quantitäten von Stoffportionen . . . . .	93
2.4	Darstellung von Messergebnissen. . . . .	38	4.6	Zusammensetzung von Verbindungen und Elementen. . . . .	96
2.4.1	Messwerte in Wertetabellen . . . . .	38	4.7	Elementar- und Molekülformel . . . . .	101
2.4.2	Grafische Darstellung von Messwerten . .	39	4.8	Gase und Gasgesetze . . . . .	109
2.4.3	Arbeiten mit Diagrammen in der Chemie .	40	4.8.1	Gase bei Normbedingungen . . . . .	109
2.4.4	Interpretation von Graphen. . . . .	42	4.8.2	Gase bei beliebigen Drücken und Temperaturen . . . . .	111
2.4.5	Linearisieren einer Kurve . . . . .	43	4.9	Rechnen mit Reaktionsgleichungen. . . . .	113
2.4.6	Verwendung grafischer Papiere . . . . .	44	4.9.1	Reaktionsgleichungen. . . . .	113
2.5	Versuchs- und Prozessdatenauswertung mit Computern. . . . .	47			

4.9.2	Aufstellen von Reaktionsgleichungen . . . . .	113	6.2.3	Einfluss der Temperatur auf die Reaktionsgeschwindigkeit . . . . .	188
4.9.3	Oxidationszahlen . . . . .	115	<b>6.6</b>	<b>Verschiebung der Gleichgewichtslage</b> . . . . .	193
4.9.4	Aufstellen von Redox-Gleichungen . . . . .	115			
<b>4.10</b>	<b>Umsatzberechnung</b> . . . . .	120			
4.10.1	Umsatzberechnung bei reinen Stoffen . . . . .	120	<b>7</b>	<b>Rechnen mit Ionengleichgewichten</b> . . . . .	195
4.10.2	Umsatzberechnung bei verunreinigten oder gelösten Stoffen . . . . .	123	<b>7.1</b>	<b>Protolysegleichgewichte</b> . . . . .	195
4.10.3	Umsatzberechnung bei Gasreaktionen . . . . .	129	7.1.1	Protolysegleichgewicht des Wassers . . . . .	195
4.10.4	Umsatzberechnung unter Berücksichtigung der Ausbeute . . . . .	132	7.1.2	Der pH-Wert . . . . .	195
			7.1.3	pH-Wert starker Säuren und Basen . . . . .	196
			7.1.4	Dissoziationsgrad $\alpha$ , Protolysegrad . . . . .	198
			7.1.5	Säure- und Basenkonstante. . . . .	200
			7.1.6	pH-Wert schwacher Säuren und Basen . . . . .	201
			7.1.7	pH-Wert mehrprotoniger Säuren. . . . .	202
			7.1.8	Das Ostwald'sche Verdünnungsgesetz . . . . .	204
			7.1.9	pH-Wert von Pufferlösungen . . . . .	205
			7.1.10	Lage von Protolysegleichgewichten . . . . .	208
<b>5</b>	<b>Rechnen mit Mischphasen</b> . . . . .	144	<b>7.2</b>	<b>Löslichkeitsgleichgewichte</b> . . . . .	209
<b>5.1</b>	<b>Gehaltsgrößen von Mischphasen</b> . . . . .	144			
5.1.1	Massenanteil $w$ . . . . .	144	<b>8</b>	<b>Analytische Bestimmungen</b> . . . . .	220
5.1.2	Volumenanteil $\phi$ . . . . .	146	<b>8.1</b>	<b>Gravimetrie</b> . . . . .	220
5.1.3	Stoffmengenanteil $\chi$ . . . . .	147	8.1.1	Feuchtigkeits- und Trockengehaltsbestimmungen von Feststoffen. . . . .	220
5.1.4	Umrechnung der verschiedenen Anteile . . . . .	151	8.1.2	Bestimmung des Wassergehalts in Ölen . . . . .	221
5.1.5	Massenkonzentration $\beta$ . . . . .	154	8.1.3	Glührückstandsbestimmungen. . . . .	221
5.1.6	Volumenkonzentration $\sigma$ . . . . .	154	8.1.4	Thermogravimetrie . . . . .	223
5.1.7	Stoffmengenkonzentration $c$ , Äquivalentkonzentration $c(1/z^*X)$ . . . . .	155	8.1.5	Gravimetrische Fällungsanalysen . . . . .	224
5.1.8	Umrechnen der verschiedenen Konzentrationen . . . . .	156	<b>8.2</b>	<b>Volumetrie (Maßanalyse)</b> . . . . .	226
5.1.9	Löslichkeit $L^*$ . . . . .	159	8.2.2	Maßlösungen. . . . .	226
<b>5.2</b>	<b>Umrechnen von Anteilen <math>\Leftrightarrow</math> Konzentrationen <math>\Leftrightarrow</math> Löslichkeiten</b> . . . . .	161	8.2.2.1	Gehaltsangaben von Maßlösungen . . . . .	226
5.2.1	Umrechnung Massenanteil $w(X)$ $\Leftrightarrow$ Stoffmengenkonzentration $c(X)$ . . . . .	161	8.2.2.2	Herstellen von Maßlösungen. . . . .	227
5.2.2	Umrechnung Massenanteil $w(X)$ $\Leftrightarrow$ Massenkonzentration $\beta(X)$ . . . . .	162	8.2.2.3	Titer von Maßlösungen . . . . .	229
5.2.3	Umrechnung Massenanteil $w(X)$ $\Leftrightarrow$ Volumenkonzentration $\sigma(X)$ . . . . .	163	8.2.2.4	Einstellen einer Maßlösung. . . . .	229
5.2.4	Umrechnung Massenanteil $w(X)$ $\Leftrightarrow$ Löslichkeit $L^*(X)$ . . . . .	164	8.2.3	Berechnung von Maßanalysen – Neutralisationstitrationen. . . . .	230
<b>5.3</b>	<b>Mischen, Verdünnen und Konzentrieren von Lösungen</b> . . . . .	169	8.2.3.1	Neutralisationstitrationen, Direkttitrationen . . . . .	230
5.3.1	Mischen von Lösungen . . . . .	169	8.2.3.2	Bestimmung des Titers von Maßlösungen. . . . .	233
5.3.2	Verdünnen von Lösungen. . . . .	169	8.2.3.3	Rücktitrationen. . . . .	234
5.3.3	Mischen von Lösungs-Volumina . . . . .	171	8.2.3.4	Mehrstufige Neutralisationstitrationen . . . . .	236
5.3.4	Konzentrieren von Lösungen . . . . .	172	8.2.3.5	Indirekte Titration . . . . .	238
			8.2.3.6	Oleum-Bestimmungen . . . . .	240
<b>6</b>	<b>Berechnungen zum Verlauf chemischer Reaktionen</b> . . . . .	183	8.2.4	Redox-Titrationen (Oxidimetrie) . . . . .	244
<b>6.1</b>	<b>Die Reaktionsgeschwindigkeit</b> . . . . .	183	8.2.4.1	Manganometrische Titrationen . . . . .	244
<b>6.2</b>	<b>Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit</b> . . . . .	184	8.2.4.2	Iodometrische Titrationen . . . . .	245
6.2.1	Einfluss der Konzentration auf die Reaktionsgeschwindigkeit . . . . .	184	8.2.4.4	Bestimmung des CSB-Wertes . . . . .	249
6.2.2	Grafische Ermittlung der Reaktionsordnung . . . . .	185	8.2.5	Fällungstitrationen. . . . .	249
			8.2.6	Komplexometrische Titrationen . . . . .	252

<b>8.3</b>	<b>Maßanalytische Kennzahlen organischer Substanzen</b>	259	<b>11.5</b>	<b>Reihenschaltung von Widerständen</b>	339
8.3.1	Säurezahl SZ	259	11.6	Parallelschaltung von Widerständen	340
8.3.2	Verseifungszahl VZ	259	11.7	Messbereichserweiterung von Strom- und Spannungsmessgeräten	341
8.3.3	Esterzahl EZ	260	11.8	Gruppenschaltungen, Netzwerke	342
8.3.4	Hydroxylzahl OHZ	261	11.9	Wheatstone'sche Brückenschaltungen	344
8.3.5	Iodzahl IZ	262	11.10	Elektrische Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad	344
<b>8.4</b>	<b>Maßanalytische Bestimmungen mit elektrochemischen Methoden</b>	265	<b>12</b>	<b>Elektrochemische Berechnungen</b>	349
8.4.1	Potentiometrische Neutralisationstitrationen	265	12.1	Elektrolytische Stoffabscheidung	349
8.4.2	Leitfähigkeits titrationen (Konduktometrie)	269	12.2	Leitfähigkeit von Elektrolyten	351
<b>8.5</b>	<b>Optische Analyseverfahren</b>	274	12.3	Elektrochemische Potentiale	353
8.5.1	UV/VIS-Spektroskopie	274	<b>13</b>	<b>Berechnungen zur Wärmelehre</b>	358
8.5.2	Refraktometrie	279	13.1	Temperaturskalen	358
8.5.3	Polarimetrie	281	13.2	Verhalten der Stoffe bei Erwärmung	358
<b>8.6</b>	<b>Chromatografie</b>	282	13.2.1	Thermische Längenänderung von Feststoffen	358
<b>8.7</b>	<b>Partikelgrößenanalyse, Siebanalyse</b>	289	13.2.2	Thermische Volumenänderung von Feststoffen	358
8.7.3	Auswertung einer Siebanalyse mit einem Tabellenkalkulationsprogramm	296	13.2.3	Thermische Volumenänderung von Flüssigkeiten	359
<b>9</b>	<b>Statistische Methoden in Biologie und Analytischer Chemie</b>	301	13.2.4	Thermische Volumenänderung von Gasen	360
<b>10</b>	<b>Qualitätssicherung in der Analytischen Chemie</b>	322	13.3	Wärmeinhalt von Stoffportionen	360
10.1	Validierung analytischer Verfahren	322	13.4	Aggregatzustandsänderungen	361
10.1.2	Untersuchung der Richtigkeit von Messwerten	322	13.4.1	Schmelzen, Erstarren	361
10.1.3	Untersuchung der Präzision von Messwerten	324	13.4.2	Verdampfen, Kondensieren	361
10.1.4	Prüfung von Messwertreihen auf Ausreißer	326	13.5	Temperaturänderung beim Mischen	362
10.2	Qualitätsregelkarten in der Analytischen Chemie	329	13.6	Reaktionswärmen bei chemischen Reaktionen	365
10.2.2	Regelgrenzen in Lage-Qualitätsregelkarten	329	13.6.1	Reaktionsenergie, Reaktionsenthalpie	365
10.2.3	Bewertung von Lage-Qualitätsregelkarten	330	13.6.2	Heiz- und Brennwert	366
10.2.4	Regelgrenzen in Streuungs-Qualitätsregelkarten	330	13.6.3	Neutralisationsenthalpie	366
10.2.6	Erstellen und Führen von Qualitätsregelkarten	331	13.6.4	Lösungsenthalpie	367
10.2.5			13.6.5	Freie Reaktionsenthalpie, Entropie	367
<b>11</b>	<b>Berechnungen zur Elektrotechnik</b>	338	<b>14</b>	<b>Physikalisch-chemische Bestimmungen</b>	375
11.1	Grundbegriffe der Elektrotechnik	338	14.1	Dichtebestimmungen	375
11.2	Elektrischer Widerstand eines Leiters	338	14.1.1	Dichtebestimmung mit dem Pyknometer	375
11.3	Temperaturabhängigkeit des Widerstands	339	14.1.4	Dichtebestimmung nach dem Tauchkörper-Verfahren	377
11.4	Ohm'sches Gesetz	339	14.1.5	Dichtebestimmung mit dem Aräometer	377
			14.1.6	Dichtebestimmung nach der Schwebemethode	377
			14.1.7	Bestimmung der Röntgendiftichte	377
			14.1.8	Bestimmung der Schütt- und Rütteldichte	377

<b>14.1.9</b>	Dichtebestimmung nach der Schwingungsmethode . . . . .	378	<b>16</b>	<b>Berechnungen mit Beschichtungsstoffen</b>	406
<b>14.2</b>	<b>Bestimmung der Viskosität</b> . . . . .	379	<b>16.1</b>	<b>Gehaltsgrößen von Beschichtungsstoffen</b> . . . . .	406
<b>14.2.1</b>	Kugelfall-Viskosimeter nach Höppler . . . . .	379	<b>16.1.1</b>	Massenanteile in Beschichtungsstoffen. . . . .	406
<b>14.3</b>	<b>Bestimmung der Oberflächenspannung</b> . . . . .	382	<b>16.1.2</b>	Volumenanteile in Beschichtungsstoffen . . . . .	407
<b>14.4</b>	<b>Bestimmung der molaren Masse</b> . . . . .	383	<b>16.1.3</b>	Pigment-Bindemittel-Massenverhältnis. . . . .	408
<b>14.4.1</b>	Molare Masse aus den Gasgesetzen. . . . .	383	<b>16.1.4</b>	Umrechnung von Rezepturen. . . . .	409
<b>14.4.2</b>	Molare Masse aus der Dampfdruckerniedrigung. . . . .	384	<b>16.2</b>	<b>Bestimmung der Kenngrößen von Beschichtungen</b> . . . . .	413
<b>14.4.3</b>	Molare Masse aus der Siedepunkterhöhung . . . . .	385	<b>16.3</b>	<b>Schichtdicke von Beschichtungen</b> . . . . .	414
<b>14.4.4</b>	Molare Masse aus der Gefrierpunkterniedrigung. . . . .	387	<b>16.4</b>	<b>Verbrauch und Ergiebigkeit von Beschichtungsstoffen</b> . . . . .	416
<b>14.4.5</b>	Molare Masse aus dem osmotischen Druck . . . . .	389	<b>16.5</b>	<b>Maßanalytische Kennzahlen von Beschichtungsstoffen</b> . . . . .	417
<b>15</b>	<b>Trennen von Flüssigkeitsgemischen</b> 391		<b>16.5.1</b>	Aminzahl, H-aktiv-Äquivalentmasse. . . . .	417
<b>15.1</b>	<b>Destillieren</b> . . . . .	391	<b>16.5.2</b>	Epoxid-Äquivalentmasse, Epoxidwert. . . . .	420
<b>15.1.1</b>	Dampfdruck von Flüssigkeiten . . . . .	391	<b>16.6</b>	<b>Mischen von Zweikomponenten-Lacken (2K-Lacke)</b> . . . . .	420
<b>15.1.2</b>	Siedeverhalten homogener Flüssigkeitsgemische . . . . .	391	<b>16.6.1</b>	2-Komponenten-Lacke mit Hydroxylgruppen und Isocyanatgruppen . . . . .	420
<b>15.1.3</b>	Siedediagramm . . . . .	392	<b>16.6.2</b>	2-Komponenten-Lacke mit Epoxid-Gruppen und aktivem Wasserstoff. . . . .	421
<b>15.1.4</b>	Gleichgewichtsdiagramm. . . . .	392			
<b>15.1.5</b>	Durchführen einer Destillation . . . . .	392			
<b>15.1.6</b>	Zeitlicher Verlauf einer Destillation . . . . .	392			
<b>15.2</b>	<b>Wasserdampfdestillation</b> . . . . .	397			
<b>15.3</b>	<b>Rektifikation (Gegenstromdestillation)</b> . . . . .	399			
<b>15.4</b>	<b>Flüssig-Flüssig-Extraktion</b> . . . . .	404			