

Inhaltsverzeichnis

1	Mathematische Grundlagen, praktisches Rechnen	8	2.3.3	Standardabweichung	42
1.1	Zahlenarten	8	2.3.4	Gauß'sche Normalverteilung	43
1.2	Größen, Einheiten, Zeichen, Formeln	9	2.3.5	Auswertung mit dem Taschenrechner und Computer	43
1.3	Grundrechnungsarten	10	2.4	Darstellung von Messergebnissen	45
1.3.1	Addieren und Subtrahieren	10	2.4.1	Messwerte in Wertetabellen	45
1.3.2	Multiplizieren	11	2.4.2	Grafische Darstellung von Messwerten	46
1.3.3	Dividieren	12	2.4.3	Arbeiten mit Diagrammen in der Chemietechnik	48
1.4	Berechnen zusammengesetzter Ausdrücke	13	2.4.4	Funktionsgraphen	50
1.5	Bruchrechnen	14	2.4.5	Linearisieren einer Kurve	52
1.5.1	Addieren und Subtrahieren von Brüchen	14	2.4.6	Verwendung grafischer Papiere	53
1.5.2	Multiplizieren und Dividieren von Brüchen	15	2.5	Versuchs- und Prozessdatenauswertung mit dem Computer	55
1.6	Rechnen mit Potenzen	16	2.5.1	Das Tabellenkalkulationsprogramm Excel	55
1.7	Rechnen mit Wurzeln	18	2.5.2	Auswertung von Messreihen mit Excel	57
1.8	Rechnen mit Logarithmen	20	2.5.3	Diagramme zeichnen mit Excel	60
1.8.1	Definition des Logarithmus	20	2.5.4	Regressionsanalyse mit Excel	64
1.8.2	Berechnen dekadischer Logarithmen	21	Gemischte Aufgaben zu Kapitel 2	66	
1.8.3	Berechnen natürlicher Logarithmen	21			
1.8.4	Logarithmengesetze	22			
1.8.5	Logarithmieren bei der pH-Wert-Berechnung	22			
1.9	Lösen von Gleichungen	23	3	Ausgewählte physikalische Berechnungen	69
1.9.1	Lösen von Bestimmungsgleichungen	23	3.1	Größen, Zeichen, Einheiten, Umrechnungen	69
1.9.2	Lösen von Größengleichungen	24	3.2	Berechnung von Längen, Flächen, Oberflächen und Volumina	74
1.10	Rechnen mit Winkeln und Winkelfunktionen	25	3.2.1	Längenberechnung	74
1.11	Berechnungen mit dem Dreisatz	26	3.2.2	Umfangs- und Flächenberechnung	75
1.12	Berechnungen mit Proportionen	27	3.2.3	Oberflächen- und Volumenberechnung	76
1.13	Berechnungen mit Anteilen	28	3.3	Berechnung von Masse, Volumen und Dichte	78
	Gemischte Aufgaben zu Kapitel 1	29	3.4	Bewegungsvorgänge	82
2	Auswertung von Messwerten und Prozessdaten	32	3.5	Strömende Medien in Rohrleitungen	85
2.1	Messtechnik in der Chemieanlage	32	3.6	Kräfte	87
2.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik	32	3.7	Arbeit	90
2.1.2	Unsicherheit von Messwerten	33	3.8	Leistung	92
2.1.3	Messgenauigkeit im Labor und Chemiebetrieb	34	3.9	Energie	93
2.2	Rechnen mit Messwerten	38	3.10	Wirkungsgrad	94
2.2.1	Signifikante Ziffern	38	3.11	Druck und Druckarten	96
2.2.2	Runden	38	3.12	Druck in Flüssigkeiten	97
2.2.3	Rechnen mit Messwerten ohne angegebene Unsicherheit	39	3.13	Auftriebskraft	99
2.2.4	Rechnen mit Messwerten mit angegebener Unsicherheit	40	3.14	Druck in Gasen, Gasgesetze	101
2.3	Auswertung von Messwertreihen	41	3.15	Sättigungsdampfdruck, Partialdruck	103
2.3.1	Statistische Kennwerte	41	3.16	Luftfeuchtigkeit	104
2.3.2	Absoluter und relativer Fehler	41	Gemischte Aufgaben zu Kapitel 3	106	

4	Stöchiometrische Berechnungen	108	5.1.2	Volumenanteil φ	153
4.1	Grundgesetze der Chemie	108	5.1.3	Stoffmengenanteil χ	154
4.2	Aufbau der chemischen Elemente	108	5.1.4	Umrechnen der verschiedenen Anteile ..	155
4.3	Symbole und Ziffern in chemischen Formeln	110	5.1.5	Massenkonzentration β	157
4.4	Quantitäten von Stoffportionen	111	5.1.6	Volumenkonzentration σ	158
4.4.1	Stoffmenge	111	5.1.7	Stoffmengenkonzentration c und Äquivalentkonzentration $c(1/z \cdot X)$	159
4.4.2	Molare Masse	112	5.1.8	Umrechnen der verschiedenen Konzentrationen	160
4.4.3	Atomare Masseneinheit	113	5.1.9	Löslichkeit L^*	161
4.5	Zusammensetzung von Verbindungen und Elementen	114	Gemischte Aufgaben zu Gehaltsgrößen .. 163		
4.5.1	Massenanteile von Bestandteilen in Verbindungen	114	5.2	Umrechnen von Anteilen in Konzentrationen und Löslichkeiten	164
4.5.2	Masse der Bestandteile in Portionen von Verbindungen	114	5.2.1	Umrechnung von Massenanteil $w(X)$ und Stoffmengenkonzentration $c(X)$	164
4.5.3	Zusammensetzung von Isotopengemischen	115	5.2.2	Umrechnung von Massenanteil $w(X)$ und Massenkonzentration $\beta(X)$	165
4.6	Empirische Formel, Molekülformel (Teilchenformel)	116	5.2.3	Umrechnung von Massenanteil $w(X)$ und Volumenkonzentration $\sigma(X)$	165
4.6.1	Berechnung der empirischen Formel einer Verbindung	117	5.2.4	Umrechnung von Massenanteil $w(X)$ und Löslichkeit $L^*(X)$	166
4.6.2	Berechnung der Molekülformel einer Verbindung	118	5.3	Gehaltsgrößen beim Mischen, Verdünnen und Konzentrieren von Lösungen	169
4.6.3	Ermittlung der Molekülformel mit der Elementaranalyse	119	5.3.1	Mischen von Lösungen	169
4.7	Berechnungen mit Gasportionen	120	5.3.2	Verdünnen von Lösungen	171
4.7.1	Gase bei Normbedingungen	120	5.3.3	Volumenberechnung beim Mischen von Lösungen	172
4.7.2	Gasportionen bei beliebigen Drücken und Temperaturen	122	5.3.4	Konzentrieren von Lösungen	173
4.7.3	Bestimmung der molaren Masse aus der allgemeinen Gasgleichung	124	Gemischte Aufgaben zu Kapitel 5 .. 174		
4.7.4	Dichte einer Gasportion	125			
4.8	Rechnen mit Reaktionsgleichungen	126	6	Berechnungen zum Verlauf chemischer Reaktionen	176
4.8.1	Aufbau von Reaktionsgleichungen	126	6.1	Reaktionsgeschwindigkeit	176
4.8.2	Aufstellen von Reaktionsgleichungen	128	6.2	Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit	179
4.8.3	Oxidationszahlen	131	6.2.1	Einfluss der Konzentration	179
4.8.4	Aufstellen von Redox-Gleichungen	133	6.2.2	Einfluss der Temperatur auf die Reaktionsgeschwindigkeit	181
	Gemischte Aufgaben zum Rechnen mit Reaktionsgleichungen	136	6.2.3	Einfluss von Katalysatoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit	183
4.9	Umsatzberechnung bei chemischen Reaktionen	137	6.3	Chemisches Gleichgewicht	184
4.9.1	Umsatzberechnung bei Einsatz reiner Stoffe	137	6.4	Massenwirkungsgesetz	185
4.9.2	Umsatzberechnung bei Einsatz verunreinigter oder gelöster Stoffe	139	6.5	Verschiebung der Gleichgewichtslage	187
4.9.3	Umsatzberechnung bei Gasreaktionen	142	6.6	Protolysegleichgewichte	191
4.9.4	Umsatzberechnung unter Berücksichtigung der Ausbeute	144	6.6.1	Protolysegleichgewicht des Wassers	192
	Gemischte Aufgaben zur Umsatzberechnung	147	6.6.2	Der pH-Wert	193
			6.6.3	pH-Wert starker Säuren und Basen	194
5	Rechnen mit Gehaltsgrößen von Mischungen	149	6.6.4	pH-Wert schwacher Säuren und Basen	195
5.1	Gehaltsgrößen von Mischungen	149	6.7	pH-Wert von Pufferlösungen	198
5.1.1	Massenanteil w	151	6.8	Löslichkeitsgleichgewichte	199
				Gemischte Aufgaben zu Kapitel 6 .. 200	

7	Analytische Bestimmungen	201	7.8.2	Säulenchromatografie	246
7.1	Thermogravimetrische Analysen	202	7.8.3	Kenngrößen der Chromatografie	248
7.1.1	Feuchtigkeits- und Trockengehaltsbestimmungen von Feststoffen	202	7.8.4	Trennwirkung einer chromatografischen Säule	249
7.1.2	Glührückstandsbestimmungen	203	7.8.5	Auswertung säulenchromatografischer Analysen	250
7.1.3	Bestimmung des Wassergehalts in Mineralölen	204	7.8.5.1	Auswertung eines Chromatogramms mit der 100% – Methode	251
	Gemischte Aufgaben zu 7.1 Thermogravimetrischen Analysen	205	7.8.5.2	Auswertung eines Chromatogramms mit externem Standard	251
7.2	Volumetrische Bestimmungen (Maßanalyse)	206	8	Berechnungen zur Elektrotechnik	255
7.2.1	Durchführung einer Maßanalyse	206	8.1	Grundbegriffe der Elektrotechnik	255
7.2.2	Maßanalyse mit aliquoten Teilen	206	8.2	Elektrischer Widerstand und Leitwert eines Leiters	257
7.2.3	Gehaltsangaben von Maßlösungen	207	8.3	Ohm'sches Gesetz	259
7.2.4	Titer von Maßlösungen	208	8.4	Reihenschaltung von Widerständen	260
7.2.5	Neutralisationstitrationen	210	8.5	Parallelschaltung von Widerständen	262
7.2.5.1	Direkttitrationen	210	8.6	Gruppenschaltungen, Netzwerk- Schaltungen	264
7.2.5.2	Rücktitrationen	213	8.7	Wheatstone'sche Brückenschaltung	266
7.3	Bestimmung von Abwasserkennwerten	215	8.8	Thermische Widerstandsänderung, Widerstandsthermometer	267
7.3.1	Biochemischer Sauerstoffbedarf BSB	215	8.9	Thermospannung, Thermoelement	268
7.3.2	Chemischer Sauerstoffbedarf CSB	219	8.10	Widerstandsänderung eines Leiters durch Dehnung	270
7.4	Bestimmung der Wasserhärte	221	8.11	Elektrische Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad	271
7.4.1	Definition und Berechnung der Wasserhärte	221	8.12	Berechnungen zum Drehstrom	273
7.4.2	Bestimmung der Wasserhärte durch komplexometrische Titration	222	8.12.1	Stern- und Dreieckschaltung	273
7.4.3	Bestimmung der Härtebereiche mit Teststreifen	224	8.12.2	Leistungsschilder elektrischer Geräte (rating plates)	275
7.5	Bestimmung maßanalytischer Kennzahlen von Fetten	225	8.12.3	Elektrische Leistung bei verschiedenen Stromarten	275
7.5.1	Säurezahl SZ	225	8.13	Elektrolytische Stoffabscheidung	277
7.5.2	Verseifungszahl VZ	226	8.13.1	Elektrolytisch abgeschiedene Stoffmasse	277
7.5.3	Esterzahl EZ	227	8.13.2	Elektrolytische Abscheidung von Gasen	278
7.6	Maßanalytische Bestimmungen mit elektrochemischen Methoden	228		Gemischte Aufgaben zu Kapitel 8	280
7.6.1	Potentiometrische Neutralisationstitrationen	228			
7.6.2	Leitfähigkeitstitrationen (Konduktometrie)	230			
	Gemischte Aufgaben zu 7.2 bis 7.6 Maßanalytische Bestimmungen	231			
7.7	Optische Analyseverfahren	233	9	Berechnungen zur Wärmelehre	282
7.7.1	Fotometrie, Spektroskopie	233	9.1	Temperaturskalen	282
7.7.1.1	Physikalische Grundlagen	233	9.2	Verhalten der Stoffe bei Erwärmung	283
7.7.1.2	Optische Größen der Fotometrie/ Spektroskopie	234	9.2.1	Thermische Längenänderung von Feststoffen	283
7.7.1.3	Gesetz von Bouguer, Lambert und Beer	235	9.2.2	Thermische Volumenänderung von Feststoffen	284
7.7.1.4	Filterfotometrie	236	9.2.3	Thermische Volumenänderung von Flüssigkeiten	285
7.7.1.5	UV-VIS-Spektroskopie	238	9.2.4	Thermische Volumenänderung von Gasen	287
7.7.2	Refraktometrie	240	9.3	Wärmeinhalt von Stoffportionen	288
7.7.3	Polarimetrie	243			
7.8	Chromatografie	245			
7.8.1	Dünnschichtchromatografie und Papierchromatografie	245			

9.4	Aggregatzustandsänderungen	290	10.6	Auswertung einer Siebanalyse mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel	332
9.4.1	Schmelzen und Erstarren	290	10.6.1	Rechnerische Auswertung der Siebanalyse mit Excel	332
9.4.2	Verdampfen, Kondensieren	291	10.6.2	Erstellen von Diagrammen zur Siebanalyse mit Excel	333
9.4.3	Zusammengesetzte thermische Vorgänge	291			
9.5	Siedepunkterhöhung	293			
9.6	Gefrierpunktterniedrigung	295			
9.7	Temperaturänderung beim Mischen von Flüssigkeiten	296			
9.8	Temperaturänderung beim direkten Heizen und Kühlen	298	11	Qualitätssicherung	335
9.9	Reaktionswärmens bei chemischen Reaktionen	300	11.1	Erfassung der Verteilung von Messwerten	335
9.10	Heizwert und Brennwert von Brennstoffen	304	11.2	Qualitätssicherung mit Qualitätsregelkarten	337
	Gemischte Aufgaben zu Kapitel 9	306	11.2.1	Aufbau und Funktion von Qualitätsregelkarten	337
			11.2.2	Berechnen der Regelgrenzen bei Qualitätsregelkarten	339
			11.2.3	Erstellen und Führen von Qualitätsregelkarten	341
10	Bestimmung von Produkteigenschaften	308	11.3	Interpretation von Qualitätsregelkarten	342
10.1	Bestimmung der Dichte	308			
10.1.1	Dichtebestimmung mit dem Pyknometer	309			
10.1.2	Dichtebestimmung mit der hydrostatischen Waage	312			
10.1.3	Dichtemessung mit der Westphal'schen Waage	313			
10.1.4	Dichtebestimmung mit dem Tauchkörper-Verfahren	314			
10.1.5	Dichtemessung mit dem Aräometer	315			
10.1.6	Dichtebestimmung mit Biegeschwinger-Messgeräten	316			
10.2	Bestimmung technischer Dichten von Schüttgütern	318	12	Anhang	344
10.2.1	Bestimmung der Schütt- und Rütteldichte	318		Griechische Buchstaben	344
10.2.2	Bestimmung der Pressdichte	318		Physikalische Konstanten	344
10.3	Bestimmung der Viskosität	320		Vorsätze und Vorsatzzeichen	344
10.3.1	Dynamische und kinematische Viskosität	320		Symbole und molare Massen der Elemente	345
10.3.2	Kugelfall-Viskosimeter nach Höppler	321		Hinweis zu den Normen	345
10.3.3	Auslauf-Viskosimeter	322		Kopierzettel	346
10.3.4	Rotations-Viskosimeter	323		Millimeterpapier	346
10.4	Bestimmung der Oberflächenspannung	324		Einfach-Logarithmen-Papier	347
10.4.1	Bügelverfahren oder Ringverfahren	325		Doppelt-Logarithmen-Papier	348
10.4.2	Tropfenmethode	325		Vordruck zur Datenerfassung einer Siebanalyse	349
10.4.3	Kapillarmethode	326		Histogramm	349
10.5	Bestimmung der Partikelgrößenverteilung von Schüttgütern	327		RRSB-Netz für die Siebanalyse	350
10.5.1	Auswertung einer Siebanalyse	327		Qualitätsregelkarte	351
10.5.2	Darstellung und Auswertung einer Siebanalyse im RRSB-Netz	329			
10.5.3	Bestimmung der spezifischen Oberfläche von Schüttgütern	331			
			Sachwortverzeichnis mit englischen Sachwörtern	352	
			Danksagung und Bildquellenverzeichnis	360	