

Inhaltsverzeichnis

1	Mathematische Grundlagen, praktisches Rechnen	8	2.3	Auswertung von Messwertreihen	41
1.1	Zahlenarten	8	2.3.1	Statistische Kennwerte	41
1.2	Größen, Einheiten, Zeichen, Formeln	9	2.3.2	Absoluter und relativer Fehler	41
1.3	Grundrechnungsarten	10	2.3.3	Standardabweichung	42
1.3.1	Addieren und Subtrahieren	10	2.3.4	Gauß'sche Normalverteilung	43
1.3.2	Multiplizieren	11	2.3.5	Auswertung mit dem Taschenrechner und Computer	43
1.3.3	Dividieren	12	2.4	Darstellung von Messergebnissen	45
1.4	Berechnen zusammengesetzter Ausdrücke	13	2.4.1	Messwerte in Wertetabellen	45
1.5	Bruchrechnen	14	2.4.2	Grafische Darstellung von Messwerten	46
1.5.1	Addieren und Subtrahieren von Brüchen	14	2.4.3	Arbeiten mit Diagrammen in der Chemietechnik	48
1.5.2	Multiplizieren und Dividieren von Brüchen	15	2.4.4	Funktionsgraphen	50
1.6	Rechnen mit Potenzen	16	2.4.5	Linearisieren einer Kurve	52
1.7	Rechnen mit Wurzeln	18	2.4.6	Verwendung grafischer Papiere	53
1.8	Rechnen mit Logarithmen	20	2.5	Versuchs- und Prozessdatenauswertung mit dem Computer	55
1.8.1	Definition des Logarithmus	20	2.5.1	Das Tabellenkalkulationsprogramm Excel	55
1.8.2	Berechnen dekadischer Logarithmen	21	2.5.2	Auswertung von Messreihen mit Excel	57
1.8.3	Berechnen natürlicher Logarithmen	21	2.5.3	Diagramme zeichnen mit Excel	60
1.8.4	Logarithmengesetze	22	2.5.4	Regressionsanalyse mit Excel	64
1.8.5	Logarithmieren bei der pH-Wert-Berechnung	22		Gemischte Aufgaben zu Kapitel 2	66
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
			3.15	Sättigungsdampfdruck, Partialdruck	103
			3.16	Luftfeuchtigkeit	104
				Gemischte Aufgaben zu Kapitel 3	106

4 Stöchiometrische Berechnungen 108

4.1 Grundgesetze der Chemie 108

4.2 Aufbau der chemischen Elemente 108

4.3 Symbole und Ziffern in chemischen Formeln 110

4.4 Quantitäten von Stoffportionen 111

4.4.1 Stoffmenge 111

4.4.2 Molare Masse 112

4.4.3 Atomare Masseneinheit 113

4.5 Zusammensetzung von Verbindungen und Elementen 114

4.5.1 Massenanteile von Bestandteilen in Verbindungen 114

4.5.2 Masse der Bestandteile in Portionen von Verbindungen 114

4.5.3 Zusammensetzung von Isotopengemischen 115

4.6 Empirische Formel, Molekülformel (Teilchenformel) 116

4.6.1 Berechnung der empirischen Formel einer Verbindung 117

4.6.2 Berechnung der Molekülformel einer Verbindung 118

4.6.3 Ermittlung der Molekülformel mit der Elementaranalyse 119

4.7 Berechnungen mit Gasportionen 120

4.7.1 Gase bei Normbedingungen 120

4.7.2 Gasportionen bei beliebigen Drücken und Temperaturen 122

4.7.3 Bestimmung der molaren Masse aus der allgemeinen Gasgleichung 124

4.7.4 Dichte einer Gasportion 125

4.8 Rechnen mit Reaktionsgleichungen 126

4.8.1 Aufbau von Reaktionsgleichungen 126

4.8.2 Aufstellen von Reaktionsgleichungen 128

4.8.3 Oxidationszahlen 131

4.8.4 Aufstellen von Redox-Gleichungen 133

Gemischte Aufgaben zum Rechnen mit Reaktionsgleichungen 136

4.9 Umsatzberechnung bei chemischen Reaktionen 137

4.9.1 Umsatzberechnung bei Einsatz reiner Stoffe 137

4.9.2 Umsatzberechnung bei Einsatz verunreinigter oder gelöster Stoffe 139

4.9.3 Umsatzberechnung bei Gasreaktionen 142

4.9.4 Umsatzberechnung unter Berücksichtigung der Ausbeute 144

Gemischte Aufgaben zur Umsatzberechnung 147

5 Rechnen mit Gehaltsgrößen von Mischungen 149

5.1 Gehaltsgrößen von Mischungen 149

5.1.1 Massenanteil w 151

5.1.2 Volumenanteil φ 153

5.1.3 Stoffmengenanteil χ 154

5.1.4 Umrechnen der verschiedenen Anteile 155

5.1.5 Massenkonzentration β 157

5.1.6 Volumenkonzentration σ 158

5.1.7 Stoffmengenkonzentration c und Äquivalentkonzentration $c(1/z \cdot X)$ 159

5.1.8 Umrechnen der verschiedenen Konzentrationen 160

5.1.9 Löslichkeit L^* 161

Gemischte Aufgaben zu Gehaltsgrößen 163

5.2 Umrechnen von Anteilen in Konzentrationen und Löslichkeiten 164

5.2.1 Umrechnung von Massenanteil $w(X)$ und Stoffmengenkonzentration $c(X)$ 164

5.2.2 Umrechnung von Massenanteil $w(X)$ und Massenkonzentration $\beta(X)$ 165

5.2.3 Umrechnung von Massenanteil $w(X)$ und Volumenkonzentration $\sigma(X)$ 165

5.2.4 Umrechnung von Massenanteil $w(X)$ und Löslichkeit $L^*(X)$ 166

5.3 Gehaltsgrößen beim Mischen, Verdünnen und Konzentrieren von Lösungen 169

5.3.1 Mischen von Lösungen 169

5.3.2 Verdünnen von Lösungen 171

5.3.3 Volumenberechnung beim Mischen von Lösungen 172

5.3.4 Konzentrieren von Lösungen 173

Gemischte Aufgaben zu Kapitel 5 174

6 Berechnungen zum Verlauf chemischer Reaktionen 176

6.1 Reaktionsgeschwindigkeit 176

6.2 Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit 179

6.2.1 Einfluss der Konzentration 179

6.2.2 Einfluss der Temperatur auf die Reaktionsgeschwindigkeit 181

6.2.3 Einfluss von Katalysatoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit 183

6.3 Chemisches Gleichgewicht 184

6.4 Massenwirkungsgesetz 185

6.5 Verschiebung der Gleichgewichtslage 187

6.6 Protolysegleichgewichte 191

6.6.1 Protolysegleichgewicht des Wassers 192

6.6.2 Der pH-Wert 193

6.6.3 pH-Wert starker Säuren und Basen 194

6.6.4 pH-Wert schwacher Säuren und Basen 195

6.7 pH-Wert von Pufferlösungen 198

6.8 Löslichkeitsgleichgewichte 199

Gemischte Aufgaben zu Kapitel 6 200

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

9.4	Aggregatzustandsänderungen	290
9.4.1	Schmelzen und Erstarren	290
9.4.2	Verdampfen, Kondensieren	291
9.4.3	Zusammengesetzte thermische Vorgänge	291
9.5	Siedepunkterhöhung	293
9.6	Gefrierpunktniedrigung	295
9.7	Temperaturänderung beim Mischen von Flüssigkeiten	296
9.8	Temperaturänderung beim direkten Heizen und Kühlen	298
9.9	Reaktionswärmen bei chemischen Reaktionen	300
9.10	Heizwert und Brennwert von Brennstoffen	304
	Gemischte Aufgaben zu Kapitel 9	306

10 Bestimmung von Produkteigenschaften 308

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
10.2.1	Bestimmung der Schütt- und Rütteldichte	318
10.2.2	Bestimmung der Pressdichte	318
10.3	Bestimmung der Viskosität	320
10.3.1	Dynamische und kinematische Viskosität	320
10.3.2	Kugelfall-Viskosimeter nach Höppler	321
10.3.3	Auslauf-Viskosimeter	322
10.3.4	Rotations-Viskosimeter	323
10.4	Bestimmung der Oberflächenspannung	324
10.4.1	Bügelverfahren oder Ringverfahren	325
10.4.2	Tropfenmethode	325
10.4.3	Kapillarmethode	326
10.5	Bestimmung der Partikelgrößenverteilung von Schüttgütern	327
10.5.1	Auswertung einer Siebanalyse	327
10.5.2	Darstellung und Auswertung einer Siebanalyse im RRSB-Netz	329
10.5.3	Bestimmung der spezifischen Oberfläche von Schüttgütern	331

10.6	Auswertung einer Siebanalyse mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel	332
10.6.1	Rechnerische Auswertung der Siebanalyse mit Excel	332
10.6.2	Erstellen von Diagrammen zur Siebanalyse mit Excel	333

11 Qualitätssicherung 335

11.1	Erfassung der Verteilung von Messwerten	335
11.2	Qualitätssicherung mit Qualitätsregelkarten	337
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
11.3	Interpretation von Qualitätsregelkarten	342

12 Anhang 344

Griechische Buchstaben	344
Physikalische Konstanten	344
Vorsätze und Vorsatzzeichen	344
Symbole und molare Massen der Elemente	345
Hinweis zu den Normen	345
Kopiervorlagen	346
Millimeterpapier	346
Einfach-Logarithmen-Papier	347
Doppelt-Logarithmen-Papier	348
Vordruck zur Datenerfassung einer Siebanalyse	349
Histogramm	349
RRSB-Netz für die Siebanalyse	350
Qualitätsregelkarte	351

Sachwortverzeichnis mit englischen Sachwörtern 352

Danksagung und Bildquellenverzeichnis	360
--	-----