

Inhaltsverzeichnis

1	Mathematische Grundlagen, praktisches Rechnen	8	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	2.5	Versuchs- und Prozessdaten-auswertung mit Computern	57
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, Diagrammart	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			
1.8.2	Berechnen dekadischer Logarithmen	21			
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	72
1.9.1	Lineare Bestimmungsgleichungen	23	3.1	Größen, Zeichen, Einheiten, Umrechnungen	72
1.9.2	Quadratische Bestimmungsgleichungen	24	3.2	Berechnung von Längen, Flächen, Oberflächen und Volumina	76
1.9.3	Wurzelgleichungen	25	3.2.1	Längenberechnung	76
1.9.4	Exponentialgleichungen	25	3.2.2	Umfangs- und Flächenberechnung	77
1.9.5	Umstellen von Größengleichungen	26	3.2.3	Oberflächen- und Volumenberechnung	78
1.10	Winkel und Winkelfunktionen	27	3.3	Masse, Volumen und Dichte	79
1.11	Berechnungen mit dem Dreisatz	28	3.4	Bewegungsvorgänge	84
1.12	Berechnungen mit Proportionen	29	3.5	Strömungsvorgänge	87
1.13	Rechnen mit Anteilen	30	3.6	Kräfte	89
	Gemischte Aufgaben zu 1	31	3.7	Arbeit	92
			3.8	Leistung	94
			3.9	Energie	95
			3.10	Wirkungsgrad	96
			3.11	Druck und Druckarten	98
			3.12	Druck in Flüssigkeiten	99
			3.13	Auftriebskraft	101
			3.14	Gaskinetik	103
			3.15	Druck in Gasen	104
			3.16	Sättigungsdampfdruck, Partialdruck	106
			3.17	Luftfeuchtigkeit	107
				Gemischte Aufgaben zu 3	109
2	Auswertung von Messwerten und Prozessdaten	34	4	Stöchiometrische Berechnungen	112
2.1	Messtechnik in der Chemie	34	4.1	Grundgesetze der Chemie	112
2.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik	34	4.2	Chemische Elemente	112
2.1.2	Unsicherheit von Messwerten	35	4.3	Kernreaktionen	114
2.1.3	Messgenauigkeit im Labor und Chemiebetrieb	36	4.4	Symbole und Ziffern in Formeln	116
2.2	Rechnen mit Messwerten	40	4.5	Quantitäten von Stoffportionen	117
2.2.1	Signifikante Ziffern	40	4.6	Zusammensetzung von Verbindungen und Elementen	120
2.2.2	Runden	40	4.7	Empirische Formel und Molekülformel	122
2.2.3	Rechnen mit Messwerten ohne angegebene Unsicherheit	41	4.7.1	Elementaranalyse	123
2.2.4	Rechnen mit Messwerten mit angegebener Unsicherheit	42	4.7.2	Berechnung der empirischen Formel	124
2.3	Auswertung von Messwertreihen	43	4.7.3	Berechnung der Molekülformel	124
2.3.1	Arithmetischer Mittelwert	43			
2.3.2	Absoluter und relativer Fehler	43			
2.3.3	Standardabweichung, Normalverteilung	44			
2.3.4	Auswertung mit dem Taschenrechner und Computer	45			
2.4	Darstellung von Messergebnissen	47			
2.4.1	Messwerte in Wertetabellen	47			
2.4.2	Grafische Darstellung von Messwerten	48			

4.8 Gase und Gasgesetze	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	6.3 Chemisches Gleichgewicht	199
4.9 Rechnen mit Reaktionsgleichungen ..	130	6.4 Massenwirkungsgesetz MWG	200
4.9.1 Reaktionsgleichungen	130	6.5 MWG für Gasgleichgewichte	202
4.9.2 Aufstellen von Reaktionsgleichungen ..	132	6.6 Verschiebung der Gleichgewichtslage ..	204
4.9.3 Oxidationszahlen	135		
4.9.4 Aufstellen von Redox-Gleichungen ..	137	7 Ionengleichgewichte	208
Gemischte Aufgaben zu 4.9	141	7.1 Protolysegleichgewichte	208
4.10 Umsatzberechnung	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 α , 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
		7.1.7 pH-Wert mehrprotoniger Säuren	216
5 Rechnen mit Mischphasen	156	7.1.8 Das OSTWALD'sche Verdünnungs- gesetz	217
5.1 Gehaltsgrößen von Mischphasen	156	7.1.9 pH-Wert von Pufferlösungen	218
5.1.1 Massenanteil w	158	7.1.10 Lage von Protolysegleichgewichten ..	220
5.1.2 Volumenanteil φ	160	7.2 Löslichkeitsgleichgewichte	221
5.1.3 Stoffmengenanteil χ	161	Gemischte Aufgaben zu 7	223
5.1.4 Umrechnung der verschiedenen Anteile	163		
5.1.5 Massenkonzentration β	165	8 Analytische Bestimmungen	225
5.1.6 Volumenkonzentration σ	166	8.1 Gravimetrie	226
5.1.7 Stoffmengenkonzentration c_i , Äquivalentkonzentration $c(1/z^*)$	167	8.1.1 Feuchtigkeits- und Trockengehalts- bestimmungen von Feststoffen	226
5.1.8 Umrechnen der verschiedenen Konzentrationen	169	8.1.2 Bestimmung des Wassergehalts in Ölen	227
5.1.9 Löslichkeit L^*	171	8.1.3 Glührückstandsbestimmungen	228
5.2 Umrechnen von Anteilen $\Leftrightarrow$ Konzentrationen $\Leftrightarrow$ Löslichkeiten	173	8.1.4 Thermogravimetrie	229
5.2.1 Umrechnung Massenanteil $w \Leftrightarrow$ Stoffmengenkonzentration c	173	8.1.5 Gravimetrische Fällungsanalysen	231
5.2.2 Umrechnung Massenanteil $w \Leftrightarrow$ Massenkonzentration β	174	8.2 Volumetrie (Maßanalyse)	234
5.2.3 Umrechnung Massenanteil $w \Leftrightarrow$ Volumenkonzentration σ	174	8.2.1 Maßanalyse mit aliquoten Teilen	234
5.2.4 Umrechnung Massenanteil $w \Leftrightarrow$ Löslichkeit L^*	175	8.2.2 Maßlösungen	235
5.3 Mischen, Verdünnen und Konzentrieren von Lösungen	177	8.2.2.1 Gehaltsangaben von Maßlösungen	235
5.3.1 Mischen von Lösungen	177	8.2.2.2 Herstellen von Maßlösungen	237
5.3.2 Verdünnen von Lösungen	179	8.2.2.3 Titer von Maßlösungen	238
5.3.3 Mischen von Lösungs-Volumina	180	8.2.2.4 Einstellen einer Maßlösung	239
5.3.4 Konzentrieren von Lösungen	181	8.2.3 Berechnung von Maßanalysen- Neutralisationstitrationen	240
Gemischte Aufgaben zu 5	183	8.2.3.1 Berechnung von Direkttitrationen	240
		8.2.3.2 Bestimmung des Titers	243
6 Der Verlauf chemischer Reaktionen 185		8.2.3.3 Rücktitrationen	245
6.1 Die Reaktionsgeschwindigkeit	185	8.2.3.4 Mehrstufige Neutralisations- titrationen	247
6.2 Beeinflussung der Reaktions- geschwindigkeit	188	8.2.3.5 Indirekte Titration	248
6.2.1 Einfluss der Konzentration	188	8.2.3.6 Oleum-Bestimmungen	249
6.2.2 Grafische Ermittlung der Reaktionsordnung	192	8.2.4 Redox-Titrationen (Oxidimetrie)	250
		8.2.4.1 Manganometrische Titrationen	251
		8.2.4.2 Iodometrische Titrationen	252
		8.2.4.3 Chromatometrie, Bromatometrie, Cerimetrie	255
		8.2.4.4 Bestimmung des CSB-Wertes	256

8.2.5 Fällungstitrationen	257	9.3 Lineare Korrelation und Regression	320
8.2.6 Komplexometrische Titrationen	259	9.3.1 Korrelation	320
Gemischte Aufgaben zu 8.2	261	9.3.2 Regression	321
8.3 Maßanalytische Kennzahlen	263	9.4 Statistische Prüfverfahren	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 χ^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	10 Qualitätssicherung in der Analytischen Chemie	329
8.4 Maßanalytische Bestimmungen mit elektrochemischen Methoden	270	10.1 Validierung analytischer Verfahren	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
8.5 Optische Analyseverfahren	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	10.2 Qualitätsregelkarten in der Analytischen Chemie	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
8.5.2 Refraktometrie	284	10.2.4 Regelgrenzen in Streuungs-Regelkarten	347
Aufgaben zu 8.5.2	286	10.2.5 Bewertung von Streuungs-Regelkarten	348
8.5.3 Polarimetrie	287	10.2.6 Erstellen und Führen von Regelkarten	349
Aufgaben zu 8.5.3	288		
8.6 Chromatografie	289	11 Berechnungen zur Elektrotechnik	353
8.6.1 Dünnschicht- und Papierchromatografie	289	11.1 Grundbegriffe der Elektrotechnik	353
8.6.2 Trennung mit Trennsäulen	290	11.2 Elektrischer Widerstand eines Leiters	355
8.6.3 Wichtige Kenngrößen der Chromatografie	292	11.3 Temperaturabhängigkeit des Widerstands	356
8.6.4 Trennwirkung einer Säule	293	11.4 OHM'sches Gesetz	357
8.6.5 Detektorempfindlichkeit-Responsefaktor	295	11.5 Reihenschaltung von Widerständen	358
8.6.6 Auswertung Säulenchromatografischer Analysen - Kalibriermethoden	296	11.6 Parallelschaltung von Widerständen	360
8.6.6.1 Normierung auf 100% – 100%-Methode	296	11.7 Messbereichserweiterungen	362
8.6.6.2 Externer Standard	297	11.8 Gruppenschaltungen, Netzwerke	364
8.6.6.3 Interner Standard	299	11.9 WHEATSTONE'sche Brückenschaltung	366
8.6.6.4 Standard-Additionsverfahren (Aufstockmethode)	300	11.10 Elektrische Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad	367
Aufgaben zu 8.6	302	Gemischte Aufgaben zu 11	369
8.7 Partikelgrößenanalyse, Siebanalyse	307	12 Elektrochemische Berechnungen	371
8.7.1 Auswertung einer Siebanalyse	307	12.1 Elektrolytische Stoffabscheidung	371
8.7.2 Auswertung im RRSB-Netz	309	12.2 Leitfähigkeit von Elektrolyten	374
8.7.3 Auswertung einer Siebanalyse mit Tabellenkalkulationsprogramm	312	12.3 Elektrochemische Potentiale	378
		13 Berechnungen zur Wärmelehre	385
9 Statistik in Biologie und Analytischer Chemie	315	13.1 Temperaturskalen	385
9.1 Datengewinnung	315	13.2 Verhalten der Stoffe bei Erwärmung	386
9.2 Kennwerte von Datenreihen	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	Wasserdampfdestillation	443
13.2.4	Volumenänderung von Gasen	389		Aufgaben zu 15.2	444
13.3	Wärmeinhalt von Stoffportionen	390	15.3	Rektifikation	445
13.4	Aggregatzustandsänderungen	391		Aufgaben zu 15.3	448
13.4.1	Schmelzen, Erstarren	391	15.4	Flüssig-Flüssig-Extraktion	449
13.4.2	Verdampfen, Kondensieren	392		Aufgaben zu 15.4	451
13.5	Temperaturänderung beim Mischen ..	393			
13.6	Reaktionswärmen	398	16	Berechnungen mit	
	Reaktionsenergie, Reaktionsenthalpie ..	398		Beschichtungsstoffen	452
13.6.2	Heiz- und Brennwert	400	16.1	Gehaltsgrößen von	
13.6.3	Neutralisationsenthalpie	401		Beschichtungsstoffen	452
13.6.4	Lösungsenthalpie	402	16.1.1	Massenanteile	453
13.6.5	Freie Reaktionsenthalpie, Entropie	403	16.1.2	Volumenanteile	455
	Gemischte Aufgaben zu 13	405	16.1.3	Pigment-Bindemittel-Massenverhältnis	456
			16.1.4	Umrechnung von Rezepturen	457
14	Physikalisch-chemische		16.2	Bestimmung der Kenngrößen	
	Bestimmungen	407		von Beschichtungen	459
14.1	Dichtebestimmungen	407	16.3	Schichtdicke von Beschichtungen	461
14.1.1	Pyknometer-Verfahren	408	16.4	Verbrauch und Ergiebigkeit	464
14.1.2	Hydrostatische Waage	411	16.5	Maßanalytische Kennzahlen	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,	
14.1.5	Aräometer-Verfahren	414		Isocyanat- Äquivalentmasse	470
14.1.6	Schwebemethode	414	16.5.3	Hydroxylzahl, OH-Äquivalentmasse ...	470
14.1.7	Röntgendichte	415	16.5.4	Epoxid-Äquivalentmasse, Epoxidwert	472
14.1.8	Schütt- und Rütteldichte	416	16.6	Mischen von 2-K-Lacken	473
14.1.9	Schwingungsmethode	417	16.6.1	2-K-Lacke mit Hydroxylgruppen	
14.2	Bestimmung der Viskosität	419		und Isocyanatgruppen	473
14.2.1	Dynamische u. kinematische Viskosität	419	16.6.2	2-K-Lacke mit Epoxid-Gruppen	
14.2.2	Kugelfall-Viskosimeter nach HÖPPLER	420		und aktivem Wasserstoff	474
14.2.3	Auslauf-Viskosimeter	421			
14.2.4	Rotations-Viskosimeter	422	17	Anhang	476
14.3	Bestimmung der			Griechisches Alphabet	476
	Oberflächenspannung	423		Physikalische Konstanten	476
14.3.1	Abreißmethode	424		Tabelle: Korrelationskoeffizient	476
14.3.2	Tropfenmethode	424		Tabelle: t-Verteilung (Student-Vert.) ...	477
14.3.3	Kapillarmethode	425		Tabelle: F-Verteilung	478
14.4	Bestimmung der molaren Masse	426		Tabelle: χ^2 -Test	481
14.4.1	Molare Masse aus den Gasgesetzen ...	426		Tabelle: Schnelltest nach David	
14.4.2	Dampfdruckerniedrigung	428		auf Normalverteilung	482
14.4.3	Siedepunkterhöhung	429		Tabelle: Ausreißertest nach Grubbs	483
14.4.4	Gefrierpunkterniedrigung	431		Tabelle: Ausreißertest nach Dixon	484
14.4.5	Osmotischer Druck	434		Umrechnungsformeln	
				für Gehaltsgrößen	485
				Kopiervorlagen:	
				Einfach-Logarithmenpapier,	
				Doppelt-Logarithmenpapier,	
				RRSB-Netz für die Siebanalyse	486
15	Trennen von Flüssigkeits-		Literaturverzeichnis		489
	gemischen	436			
15.1	Destillieren	436	Sachwortverzeichnis		491
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			