

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, 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			
1.8.2	Berechnen dekadischer Logarithmen	21	3	Ausgewählte physikalische Berechnungen	72
1.8.3	Berechnen natürlicher Logarithmen	21	3.1	Größen, Zeichen, Einheiten, Umrechnungen	72
1.8.4	Logarithmengesetze	22	3.2	Berechnung von Längen, Flächen, Oberflächen und Volumina	76
1.8.5	Logarithmieren bei der pH-Wert-Berechnung	22	3.2.1	Längenberechnung	76
1.9	Lösen von Gleichungen	23	3.2.2	Umfangs- und Flächenberechnung	77
1.9.1	Lineare Bestimmungsgleichungen	23	3.2.3	Oberflächen- und Volumenberechnung	78
1.9.2	Quadratische Bestimmungsgleichungen	24	3.3	Masse, Volumen und Dichte	79
1.9.3	Wurzelgleichungen	25	3.4	Bewegungsvorgänge	84
1.9.4	Exponentialgleichungen	25	3.5	Strömungsvorgänge	87
1.9.5	Umstellen von Größengleichungen	26	3.6	Kräfte	89
1.10	Winkel und Winkelfunktionen	27	3.7	Arbeit	92
1.11	Berechnungen mit dem Dreisatz	28	3.8	Leistung	94
1.12	Berechnungen mit Proportionen	29	3.9	Energie	95
1.13	Rechnen mit Anteilen	30	3.10	Wirkungsgrad	96
	Gemischte Aufgaben zu 1	31	3.11	Druck und Druckarten	98
2	Auswertung von Messwerten und Prozessdaten	34	3.12	Druck in Flüssigkeiten	99
2.1	Messtechnik in der Chemie	34	3.13	Auftriebskraft	101
2.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik	34	3.14	Gaskinetik	103
2.1.2	Unsicherheit von Messwerten	35	3.15	Druck in Gasen	104
2.1.3	Messgenauigkeit im Labor und Chemiebetrieb	36	3.16	Sättigungsdampfdruck, Partialdruck	106
2.2	Rechnen mit Messwerten	40	3.17	Luftfeuchtigkeit	107
2.2.1	Signifikante Ziffern	40		Gemischte Aufgaben zu 3	109
2.2.2	Runden	40	4	Stöchiometrische Berechnungen	112
2.2.3	Rechnen mit Messwerten ohne angegebene Unsicherheit	41	4.1	Grundgesetze der Chemie	112
2.2.4	Rechnen mit Messwerten mit angegebener Unsicherheit	42	4.2	Chemische Elemente	112
2.3	Auswertung von Messwertreihen	43	4.3	Kernreaktionen	114
2.3.1	Arithmetischer Mittelwert	43	4.4	Symbole und Ziffern in Formeln	116
2.3.2	Absoluter und relativer Fehler	43	4.5	Quantitäten von Stoffportionen	117
2.3.3	Standardabweichung, Normalverteilung	44	4.6	Zusammensetzung von Verbindungen und Elementen	120
2.3.4	Auswertung mit dem Taschenrechner und Computer	45	4.7	Elementar- und Molekülformel	122
2.4	Darstellung von Messergebnissen	47	4.7.1	Elementaranalyse	123
2.4.1	Messwerte in Wertetabellen	47	4.7.2	Berechnung der Elementarformel	124
2.4.2	Grafische Darstellung von Messwerten	48	4.7.3	Berechnung der Molekülformel	124

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
5 Rechnen mit Mischphasen	156	7.1.7 pH-Wert mehrprotoniger Säuren	216
5.1 Gehaltsgrößen von Mischphasen	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 φ	160	7.1.10 Lage von Protolysegleichgewichten ...	220
5.1.3 Stoffmengenanteil χ	161	7.2 Löslichkeitsgleichgewichte	221
5.1.4 Umrechnung der verschiedenen Anteile	163	Gemischte Aufgaben zu 7	223
5.1.5 Massenkonzentration β	165		
5.1.6 Volumenkonzentration σ	166	8 Analytische Bestimmungen	225
5.1.7 Stoffmengenkonzentration c , Äquivalentkonzentration $c(1/z^*)$	167	8.1 Gravimetrie	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
5.2 Umrechnen von Anteilen \Leftrightarrow Konzentrationen \Leftrightarrow Löslichkeiten	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 β	174	8.1.5 Gravimetrische Fällungsanalysen	231
5.2.3 Umrechnung Massenanteil $w \Leftrightarrow$ Volumenkonzentration σ	174	8.2 Volumetrie (Maßanalyse)	234
5.2.4 Umrechnung Massenanteil $w \Leftrightarrow$ Löslichkeit L^*	175	8.2.1 Maßanalyse mit aliquoten Teilen	234
5.3 Mischen, Verdünnen und Konzentrieren von Lösungen	177	8.2.2 Maßlösungen	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	8.2.3 Berechnung von Maßanalysen- Neutralisationstitrationen	240
6 Der Verlauf chemischer Reaktionen 185		8.2.3.1 Berechnung von Direkttitrationen	240
6.1 Die Reaktionsgeschwindigkeit	185	8.2.3.2 Bestimmung des Titers	243
6.2 Beeinflussung der Reaktions- geschwindigkeit	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
		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	282	10.2.2	Regelgrenzen in Lage-Regelkarten	344
8.5.2	Refraktometrie	284	10.2.3	Bewertung von Lage-Regelkarten	345
	Aufgaben zu 8.5.2	286	10.2.4	Regelgrenzen in Streuungs-Regelkarten	347
8.5.3	Polarimetrie	287	10.2.5	Bewertung von Streuungs-Regelkarten	348
	Aufgaben zu 8.5.3	288	10.2.6	Erstellen und Führen von Regelkarten	349
8.6	Chromatografie	289			
8.6.1	Dünnschicht- und Papierchromatografie	289	11	Berechnungen zur Elektrotechnik	353
8.6.2	Trennung mit Trennsäulen	290	11.1	Grundbegriffe der Elektrotechnik	353
8.6.3	Wichtige Kenngrößen der Chromatografie	292	11.2	Elektrischer Widerstand eines Leiters	355
8.6.4	Trennwirkung einer Säule	293	11.3	Temperaturabhängigkeit des Widerstands	356
8.6.5	Detektorempfindlichkeit-Responsefaktor	295	11.4	OHM'sches Gesetz	357
8.6.6	Auswertung Säulenchromatografischer Analysen - Kalibriermethoden	296	11.5	Reihenschaltung von Widerständen	358
8.6.6.1	Normierung auf 100% – 100%-Methode	296	11.6	Parallelschaltung von Widerständen	360
8.6.6.2	Externer Standard	297	11.7	Messbereichserweiterungen	362
8.6.6.3	Interner Standard	299	11.8	Gruppenschaltungen, Netzwerke	364
8.6.6.4	Standard-Additionsverfahren (Aufstockmethode)	300	11.9	WHEATSTONE'sche Brückenschaltung	366
	Aufgaben zu 8.6	302	11.10	Elektrische Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad	367
8.7	Partikelgrößenanalyse, Siebanalyse	307		Gemischte Aufgaben zu 11	369
8.7.1	Auswertung einer Siebanalyse	307	12	Elektrochemische Berechnungen	371
8.7.2	Auswertung im RRSB-Netz	309	12.1	Elektrolytische Stoffabscheidung	371
8.7.3	Auswertung einer Siebanalyse mit Tabellenkalkulationsprogramm	312	12.2	Leitfähigkeit von Elektrolyten	374
			12.3	Elektrochemische Potentiale	378
9	Statistik in Biologie und Analytischer Chemie	315	13	Berechnungen zur Wärmelehre	385
9.1	Datengewinnung	315	13.1	Temperaturskalen	385
9.2	Kennwerte von Datenreihen	315	13.2	Verhalten der Stoffe bei Erwärmung	386
9.2.1	Mittelwerte	316	13.2.1	Längenänderung von Feststoffen	386
9.2.2	Streuung von Stichprobenwerten	318	13.2.2	Volumenänderung von Feststoffen	387

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			
13.6.1	Reaktionsenergie, Reaktionsenthalpie ..	398	16	Berechnungen mit Beschichtungsstoffen	452
13.6.2	Heiz- und Brennwert	400			
13.6.3	Neutralisationsenthalpie	401	16.1	Gehaltsgrößen von 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 Bestimmungen	407	16.2	Bestimmung der Kenngrößen 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, 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	Röntgendichte	415	16.6	Mischen von 2-K-Lacken	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	Bestimmung der Viskosität	419			
14.2.1	Dynamische u. kinematische Viskosität .	419			
14.2.2	Kugelfall-Viskosimeter nach HÖPPLER ..	420			
14.2.3	Auslauf-Viskosimeter	421			
14.2.4	Rotations-Viskosimeter	422			
14.3	Bestimmung der Oberflächenspannung	423	17	Anhang	476
14.3.1	Abreißmethode	424		Griechisches Alphabet	476
14.3.2	Tropfenmethode	424		Physikalische Konstanten	476
14.3.3	Kapillarmethode	425		Tabelle Korrelationskoeffizient	476
14.4	Bestimmung der molaren Masse	426		Tabelle t-Verteilung (Student-Vert.) ...	477
14.4.1	Molare Masse aus den Gasgesetzen ..	426		Tabelle F-Verteilung	478
14.4.2	Dampfdruckerniedrigung	428		Tabelle χ^2 -Test	481
14.4.3	Siedepunkterhöhung	429		Tabelle nach David	482
14.4.4	Gefrierpunkterniedrigung	431		Tabelle nach Grubbs	483
14.4.5	Osmotischer Druck	434		Tabelle nach Dixon	484
				Umrechnungstabelle für Gehaltsgrößen	485
				Kopiervorlagen grafischer Papiere	486
				Literaturverzeichnis	489
				Sachwortverzeichnis	491
15	Trennen von Flüssigkeitsgemischen	436			
15.1	Destillieren	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			