

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 Prozessdatenauswertung 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	3	Ausgewählte physikalische Berechnungen	72
1.8.2	Berechnen dekadischer Logarithmen	21	3.1	Größen, Zeichen, Einheiten, Umrechnungen	72
1.8.3	Berechnen natürlicher Logarithmen	21	3.2	Berechnung von Längen, Flächen, Oberflächen und Volumina	76
1.8.4	Logarithmengesetze	22	3.2.1	Längenberechnung	76
1.8.5	Logarithmieren bei der pH-Wert-Berechnung	22	3.2.2	Umfangs- und Flächenberechnung	77
1.9	Lösen von Gleichungen	23	3.2.3	Oberflächen- und Volumenberechnung	78
1.9.1	Lineare Bestimmungsgleichungen	23	3.3	Masse, Volumen und Dichte	79
1.9.2	Quadratische Bestimmungsgleichungen	24	3.4	Bewegungsvorgänge	84
1.9.3	Wurzelgleichungen	25	3.5	Strömungsvorgänge	87
1.9.4	Exponentengleichungen	25	3.6	Kräfte	89
1.9.5	Umstellen von Größengleichungen	26	3.7	Arbeit	92
1.10	Winkel und Winkelfunktionen	27	3.8	Leistung	94
1.11	Berechnungen mit dem Dreisatz	28	3.9	Energie	95
1.12	Berechnungen mit Proportionen	29	3.10	Wirkungsgrad	96
1.13	Rechnen mit Anteilen	30	3.11	Druck und Druckarten	98
	Gemischte Aufgaben zu 1	31	3.12	Druck in Flüssigkeiten	99
2	Auswertung von Messwerten und Prozessdaten	34	3.13	Auftriebskraft	101
2.1	Messtechnik in der Chemie	34	3.14	Gaskinetik	103
2.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik	34	3.15	Druck in Gasen	104
2.1.2	Unsicherheit von Messwerten	35	3.16	Sättigungsdampfdruck, Partialdruck	106
2.1.3	Messgenauigkeit im Labor und Chemiebetrieb	36	3.17	Luftfeuchtigkeit	107
2.2	Rechnen mit Messwerten	40		Gemischte Aufgaben zu 3	109
2.2.1	Signifikante Ziffern	40	4	Stöchiometrische Berechnungen	112
2.2.2	Runden	40	4.1	Grundgesetze der Chemie	112
2.2.3	Rechnen mit Messwerten ohne angegebene Unsicherheit	41	4.2	Chemische Elemente	112
2.2.4	Rechnen mit Messwerten mit angegebener Unsicherheit	42	4.3	Kernreaktionen	114
2.3	Auswertung von Messwertreihen	43	4.4	Symbole und Ziffern in Formeln	116
2.3.1	Arithmetischer Mittelwert	43	4.5	Quantitäten von Stoffportionen	117
2.3.2	Absoluter und relativer Fehler	43	4.6	Zusammensetzung von Verbindungen und Elementen	120
2.3.3	Standardabweichung, Normalverteilung	44	4.7	Elementar- und Molekülfomel	122
2.3.4	Auswertung mit dem Taschenrechner und Computer	45	4.7.1	Elementaranalyse	123
2.4	Darstellung von Messergebnissen	47	4.7.2	Berechnung der Elementarformel	124
2.4.1	Messwerte in Wertetabellen	47	4.7.3	Berechnung der Molekülfomel	124
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	Protonengleichgewichte	208
4.10	Umsatzberechnung	142	7.1.1	Protonengleichgewicht 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 , Protonengrad	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
			7.1.8	Das OWTALD'sche Verdünnungsgesetz	217
5	Rechnen mit Mischphasen	156	7.1.9	pH-Wert von Pufferlösungen	218
5.1	Gehaltgrößen von Mischphasen	156	7.1.10	Lage von Protonengleichgewichten	220
5.1.1	Massenanteil w	158	7.2	Löslichkeitsgleichgewichte	221
5.1.2	Volumenanteil φ	160		Gemischte Aufgaben zu 7	223
5.1.3	Stoffmengenanteil χ	161			
5.1.4	Umrechnung der verschiedenen Anteile	163	8	Analytische Bestimmungen	225
5.1.5	Massenkonzentration β	165	8.1	Gravimetrie	226
5.1.6	Volumenkonzentration σ	166	8.1.1	Feuchtigkeits- und Trockengehaltsbestimmungen von Feststoffen	226
5.1.7	Stoffmengenkonzentration c , Äquivalentkonzentration $c(1/z^*)$	167	8.1.2	Bestimmung des Wassergehalts in Ölen	227
5.1.8	Umrechnen der verschiedenen Konzentrationen	169	8.1.3	Glührückstandsbestimmungen	228
5.1.9	Löslichkeit L^*	171	8.1.4	Thermogravimetrie	229
5.2	Umrechnen von Anteilen \leftrightarrow Konzentrationen \leftrightarrow Löslichkeiten	173	8.1.5	Gravimetrische Fällungsanalysen	231
5.2.1	Umrechnung Massenanteil $w \leftrightarrow$ Stoffmengenkonzentration c	173	8.2	Volumetrie (Maßanalyse)	234
5.2.2	Umrechnung Massenanteil $w \leftrightarrow$ Massenkonzentration β	174	8.2.1	Maßanalyse mit aliquoten Teilen	234
5.2.3	Umrechnung Massenanteil $w \leftrightarrow$ Volumenkonzentration σ	174	8.2.2	Maßlösungen	235
5.2.4	Umrechnung Massenanteil $w \leftrightarrow$ Löslichkeit L^*	175	8.2.2.1	Gehaltangaben von Maßlösungen	235
5.3	Mischen, Verdünnen und Konzentrieren von Lösungen	177	8.2.2.2	Herstellen von Maßlösungen	237
5.3.1	Mischen von Lösungen	177	8.2.2.3	Titer von Maßlösungen	238
5.3.2	Verdünnen von Lösungen	179	8.2.2.4	Einstellen einer Maßlösung	239
5.3.3	Mischen von Lösungs-Volumina	180	8.2.3	Berechnung von Maßanalysen-Neutralisationstitrations	240
5.3.4	Konzentrieren von Lösungen	181	8.2.3.1	Berechnung von Direkttitrations	240
	Gemischte Aufgaben zu 5	183	8.2.3.2	Bestimmung des Titers	243
			8.2.3.3	Rücktitrationen	245
			8.2.3.4	Mehrstufige Neutralisations-titrations	247
6	Der Verlauf chemischer Reaktionen	185			
6.1	Die Reaktionsgeschwindigkeit	185	8.2.3.5	Indirekte Titration	248
6.2	Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit	188	8.2.3.6	Oleum-Bestimmungen	249
6.2.1	Einfluss der Konzentration	188	8.2.4	Redox-Titrationen (Oxidimetrie)	250
6.2.2	Grafische Ermittlung der Reaktionsordnung	192	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	chi 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			
8.4	Maßanalytische Bestimmungen mit elektrochemischen Methoden	270	10	Qualitätssicherung in der Analytischen Chemie	329
8.4.1	Potentiometrie	270	10.1	Validierung analytischer Verfahren	329
8.4.2	Leitfähigkeitstitrationen	273	10.1.1	Richtigkeit und Präzision von Messwerte	329
8.5	Optische Analyseverfahren	275	10.1.2	Richtigkeit von Messwerten	330
8.5.1	UV/VIS-Spektroskopie	275	10.1.3	Präzision von Messwerten	335
8.5.1.1	Physikalische Größen der Spektroskopie	275	10.1.4	Ausreißertests	341
8.5.1.2	Auswertung fotometrischer Bestimmungen	277	10.2	Qualitätsregelkarten in der Analytischen Chemie	343
	Aufgaben zu 8.5.1		10.2.1	Aufbau von Qualitätsregelkarten (QRK)	343
	UV/VIS-Spektroskopie	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	Dünnenschicht- 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
	Aufgaben zu 8.6	302		Gemischte Aufgaben zu 11	369
8.7	Partikelgrößenanalyse, Siebanalyse	307			
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			
9.1	Datengewinnung	315	13	Berechnungen zur Wärmelehre	385
9.2	Kennwerte von Datenreihen	315	13.1	Temperaturskalen	385
9.2.1	Mittelwerte	316	13.2	Verhalten der Stoffe bei Erwärmung	386
9.2.2	Streuung von Stichprobenwerten	318	13.2.1	Längenänderung von Feststoffen	386
			13.2.2	Volumenänderung von Feststoffen	387

13.2.3	Volumenänderung von Flüssigkeiten	388
13.2.4	Volumenänderung von Gasen	389
13.3	Wärmeinhalt von Stoffportionen	390
13.4	Aggregatzustandsänderungen	391
13.4.1	Schmelzen, Erstarren	391
13.4.2	Verdampfen, Kondensieren	392
13.5	Temperaturänderung beim Mischen	393
13.6	Reaktionswärmen	398
13.6.1	Reaktionsenergie, Reaktionsenthalpie	398
13.6.2	Heiz- und Brennwert	400
13.6.3	Neutralisationsenthalpie	401
13.6.4	Lösungsenthalpie	402
13.6.5	Freie Reaktionsenthalpie, Entropie	403
	Gemischte Aufgaben zu 13	405
14	Physikalisch-chemische Bestimmungen	407
14.1	Dichtebestimmungen	407
14.1.1	Pyknometer-Verfahren	408
14.1.2	Hydrostatische Waage	411
14.1.3	WESTPHAL'sche Waage	412
14.1.4	Tauchkörper-Verfahren	413
14.1.5	Aräometer-Verfahren	414
14.1.6	Schwebemethode	414
14.1.7	Röntgendiffizite	415
14.1.8	Schütt- und Rütteldichte	416
14.1.9	Schwingungsmethode	417
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
14.3.1	Abreißmethode	424
14.3.2	Tropfenmethode	424
14.3.3	Kapillarmethode	425
14.4	Bestimmung der molaren Masse	426
14.4.1	Molare Masse aus den Gasgesetzen	426
14.4.2	Dampfdruckerniedrigung	428
14.4.3	Siedepunkterhöhung	429
14.4.4	Gefrierpunktterniedrigung	431
14.4.5	Osmotischer Druck	434
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
15.2	Wasserdampfdestillation	443
	Aufgaben zu 15.2	444
15.3	Rektifikation	445
	Aufgaben zu 15.3	448
15.4	Flüssig-Flüssig-Extraktion	449
	Aufgaben zu 15.4	451
16	Berechnungen mit Beschichtungsstoffen	452
16.1	Gehaltsgrößen von Beschichtungsstoffen	452
16.1.1	Massenanteile	453
16.1.2	Volumenanteile	455
16.1.3	Pigment-Bindemittel-Massenverhältnis	456
16.1.4	Umrechnung von Rezepturen	457
16.2	Bestimmung der Kenngrößen von Beschichtungen	459
16.3	Schichtdicke von Beschichtungen	461
16.4	Verbrauch und Ergiebigkeit	464
16.5	Maßanalytische Kennzahlen	468
16.5.1	Aminzahl, H-aktiv-Äquivalentmasse	468
16.5.2	Isocyanatmassenanteil, Isocyanat- Äquivalentmasse	470
16.5.3	Hydroxylzahl, OH-Äquivalentmasse	470
16.5.4	Epoxid-Äquivalentmasse, Epoxidwert	472
16.6	Mischen von 2-K-Lacken	473
16.6.1	2-K-Lacke mit Hydroxylgruppen und Isocyanatgruppen	473
16.6.2	2-K-Lacke mit Epoxid-Gruppen und aktivem Wasserstoff	474
17	Anhang	476
	Griechisches Alphabet	476
	Physikalische Konstanten	476
	Tabelle Korrelationskoeffizient	476
	Tabelle t-Verteilung (Student-Vert.)	477
	Tabelle F-Verteilung	478
	Tabelle χ^2 -Test	481
	Tabelle nach David	482
	Tabelle nach Grubbs	483
	Tabelle nach Dixon	484
	Umrechnungstabelle für Gehaltsgrößen	485
	Kopiervorlagen grafischer Papiere	486
	Literaturverzeichnis	489
	Sachwortverzeichnis	491