



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Chemieberufe

**Lösungsvorschläge
für die Aufgaben im Buch
Technische Mathematik
und Datenauswertung
für Laborberufe**

7. Auflage

Ernst Bartels, Klaus Brink, Gerhard Fastert, Eckhard Ignatowitz

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 71764

Autoren:

Dr. Ernst Bartels, StD	Hannover
Dr. Klaus Brink, StR	Leverkusen
Gew. Lehrer Gerhard Fastert, OStR †	Stade
Dr. Eckhard Ignatowitz, StR	Waldbronn

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat:

Dr. Eckhard Ignatowitz

Bildentwürfe:

Die Autoren

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Hinweise für den Benutzer:

Das vorliegende Buch enthält Lösungsvorschläge für sämtliche Aufgaben im Buch „Technische Mathematik und Datenauswertung für Laborberufe“. Teilweise wurde für eine Aufgabe sowohl ein Lösungsweg mit Größengleichungen und ein Lösungsweg mit Schlussrechnung ausgeführt.

Die Lösungsvorschläge sind in derselben Reihenfolge wie die Aufgaben im Buch „Technische Mathematik und Datenauswertung für Laborberufe“ (TML) angeordnet. Die Seitenzahl von TML ist jeweils in den Kapitelüberschriften und am Außenrand einer jeden Buchseite angegeben.

Das Auffinden des Lösungsvorschlags einer bestimmten Aufgabe ist mit Hilfe des Inhaltsverzeichnisses und der TML-Seitenzahl leicht möglich.

Das vorliegende Buch wurde auf der Grundlage der aktuellen amtlichen Rechtschreibregeln erstellt.

7. Auflage 2018

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-2561-6

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2018 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.Europa-Lehrmittel.de>

Umschlaggestaltung: MediaCreativ, Hr. Kuhl, 40723 Hilden

Umschlagfoto: © kwanchaifai – stock.adobe.com

Satz & Grafik: Wissenschaftliche PublikationsTechnik Kernstock, 73230 Kirchheim/Teck

Druck: Media-Print Informationstechnologie, 33100 Paderborn

Inhaltsverzeichnis

1	Mathematische Grundlagen, praktisches Rechnen	7	2.5.1	Datenauswertung mit Tabellenkalkulationsprogrammen	47
1.1	Zahlenarten	7	2.5.2	Grafische Aufbereitung von Versuchs- und Prozessdaten, Diagrammarten	49
1.3	Grundrechnungsarten	7	2.5.3	Computergestützte Auswertung von Messreihen durch Regression	50
1.3.1	Addieren und Subtrahieren.	7			
1.3.2	Multiplizieren.	7			
1.3.3	Dividieren.	8			
1.4	Berechnen zusammengesetzter Ausdrücke	8	3	Ausgewählte physikalische Berechnungen	65
1.5	Bruchrechnen	9	3.1	Größen, Zeichen, Einheiten, Umrechnungen	65
1.5.1	Zusammenfassen	9	3.2	Berechnung von Längen, Flächen, Oberflächen und Volumina	67
1.6	Rechnen mit Potenzen	12	3.2.1	Längenberechnung	67
1.7	Wurzeln.	13	3.2.2	Umfangs- und Flächenberechnung	67
1.7.1	Rechnen mit Wurzeln	13	3.2.3	Oberflächen- und Volumenberechnung	68
1.8	Rechnen mit Logarithmen	14	3.3	Berechnung von Masse, Volumen und Dichte	69
1.8.2	Berechnen dekadischer Logarithmen	14	3.4	Bewegungsvorgänge	74
1.8.3	Berechnen natürlicher Logarithmen	14	3.5	Strömungsvorgänge	76
1.8.4	Logarithmengesetze.	14	3.6	Kräfte	77
1.8.5	Logarithmieren bei der pH-Wert-Berechnung	15	3.7	Arbeit	78
1.9	Lösen von Gleichungen	15	3.8	Leistung.	79
1.9.1	Lineare Bestimmungsgleichungen.	15	3.9	Energie	79
1.9.2	Quadratische Bestimmungsgleichungen	16	3.10	Wirkungsgrad	80
1.9.3	Wurzelgleichungen	19	3.11	Druck und Druckarten.	81
1.9.4	Exponentialgleichungen	20	3.12	Druck in Flüssigkeiten.	81
1.9.5	Umstellen von Großengleichungen	21	3.13	Auftriebskraft	83
1.10	Rechnen mit Winkeln und Winkelfunktionen	22	3.14	Gaskinetik	84
1.11	Berechnung mit dem Dreisatz	23	3.15	Druck in Gasen.	84
1.12	Berechnung mit Proportionen	23	3.16	Sättigungsdampfdruck, Partialdruck	85
1.13	Rechnen mit Anteilen	24	3.17	Luftfeuchtigkeit	85
2	Auswertung von Messwerten und Prozessdaten	36	4	Stöchiometrische Berechnungen	91
2.1	Messtechnik in der Chemie.	36	4.2	Chemische Elemente	91
2.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik, Messunsicherheit, Messgenauigkeit.	36	4.3	Kernreaktionen	91
2.2	Rechnen mit Messwerten	36	4.4	Symbole und Ziffern in chemischen Formeln.	92
2.3	Auswertung von Messwertreihen	37	4.5	Quantitäten von Stoffportionen	93
2.4	Darstellung von Messergebnissen.	38	4.6	Zusammensetzung von Verbindungen und Elementen.	96
2.4.1	Messwerte in Wertetabellen	38	4.7	Elementar- und Molekülformel	101
2.4.2	Grafische Darstellung von Messwerten	39	4.8	Gase und Gasgesetze	109
2.4.3	Arbeiten mit Diagrammen in der Chemie	40	4.8.1	Gase bei Normbedingungen	109
2.4.4	Interpretation von Graphen.	42	4.8.2	Gase bei beliebigen Drücken und Temperaturen	111
2.4.5	Linearisieren einer Kurve	43	4.9	Rechnen mit Reaktionsgleichungen.	113
2.4.6	Verwendung grafischer Papiere	44	4.9.1	Reaktionsgleichungen.	113
2.5	Versuchs- und Prozessdatenauswertung mit Computern.	47			

Inhaltsverzeichnis

4.9.2	Aufstellen von Reaktionsgleichungen	113	6.2.3	Einfluss der Temperatur auf die Reaktionsgeschwindigkeit	188
4.9.3	Oxidationszahlen	115	6.6	Verschiebung der Gleichgewichtslage	193
4.10	Umsatzberechnung	120			
4.10.1	Umsatzberechnung bei reinen Stoffen	120	7	Rechnen mit Ionengleichgewichten	195
4.10.2	Umsatzberechnung bei verunreinigten oder gelösten Stoffen	123	7.1	Protolysegleichgewichte	195
4.10.3	Umsatzberechnung bei Gasreaktionen	129	7.1.1	Protolysegleichgewicht des Wassers	195
4.10.4	Umsatzberechnung unter Berücksichtigung der Ausbeute	132	7.1.2	Der pH-Wert	195
5	Rechnen mit Mischphasen	144	7.1.3	pH-Wert starker Säuren und Basen	196
5.1	Gehaltsgrößen von Mischphasen	144	7.1.4	Dissoziationsgrad α , Protolysegrad	198
5.1.1	Massenanteil w	144	7.1.5	Säure- und Basenkonstante.	200
5.1.2	Volumenanteil φ	146	7.1.6	pH-Wert schwacher Säuren und Basen	201
5.1.3	Stoffmengenanteil x	147	7.1.7	pH-Wert mehrprotoniger Säuren.	202
5.1.4	Umrechnung der verschiedenen Anteile	151	7.1.8	Das Ostwald'sche Verdünnungsgesetz	204
5.1.5	Massenkonzentration β	154	7.1.9	pH-Wert von Pufferlösungen	205
5.1.6	Volumenkonzentration σ	154	7.1.10	Lage von Protolysegleichgewichten	208
5.1.7	Stoffmengenkonzentration c , Äquivalentkonzentration $c(1/z^*X)$	155	7.2	Löslichkeitsgleichgewichte	209
5.1.8	Umrechnen der verschiedenen Konzentrationen	156			
5.1.9	Löslichkeit L^*	159	8	Analytische Bestimmungen	220
5.2	Umrechnen von Anteilen \Leftrightarrow Konzentrationen \Leftrightarrow Löslichkeiten	161	8.1	Gravimetrie	220
5.2.1	Umrechnung Massenanteil $w(X)$ \Leftrightarrow Stoffmengenkonzentration $c(X)$	161	8.1.1	Feuchtigkeits- und Trockengehaltsbestimmungen von Feststoffen.	220
5.2.2	Umrechnung Massenanteil $w(X)$ \Leftrightarrow Massenkonzentration $\beta(X)$	162	8.1.2	Bestimmung des Wassergehalts in Ölen	221
5.2.3	Umrechnung Massenanteil $w(X)$ \Leftrightarrow Volumenkonzentration $\sigma(X)$	163	8.1.3	Glührückstandsbestimmungen.	221
5.2.4	Umrechnung Massenanteil $w(X)$ \Leftrightarrow Löslichkeit $L^*(X)$	164	8.1.4	Thermogravimetrie	223
5.3	Mischen, Verdünnen und Konzentrieren von Lösungen	169	8.1.5	Gravimetrische Fällungsanalysen	224
5.3.1	Mischen von Lösungen	169	8.2	Volumetrie (Maßanalyse)	226
5.3.2	Verdünnen von Lösungen	169	8.2.2	Maßlösungen.	226
5.3.3	Mischen von Lösungs-Volumina	171	8.2.2.1	Gehaltsangaben von Maßlösungen	226
5.3.4	Konzentrieren von Lösungen	172	8.2.2.2	Herstellen von Maßlösungen	227
6	Berechnungen zum Verlauf chemischer Reaktionen	183	8.2.2.3	Titer von Maßlösungen	229
6.1	Die Reaktionsgeschwindigkeit	183	8.2.2.4	Einstellen einer Maßlösung.	229
6.2	Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit	184	8.2.3	Berechnung von Maßanalysen – Neutralisationstitrationsen.	230
6.2.1	Einfluss der Konzentration auf die Reaktionsgeschwindigkeit	184	8.2.3.1	Neutralisationstitrationsen, Direkttitrationen	230
6.2.2	Grafische Ermittlung der Reaktionsordnung	185	8.2.3.2	Bestimmung des Titers von Maßlösungen.	233
			8.2.3.3	Rücktitrationen.	234
			8.2.3.4	Mehrstufige Neutralisationstitrationsen	236
			8.2.3.5	Indirekte Titration	238
			8.2.3.6	Oleum-Bestimmungen	240
			8.2.4	Redox-Titrationen (Oxidimetrie)	244
			8.2.4.1	Manganometrische Titrationen	244
			8.2.4.2	Iodometrische Titrationen	245
			8.2.4.4	Bestimmung des CSB-Wertes	249
			8.2.5	Fällungstitrationsen.	249
			8.2.6	Komplexometrische Titrationen	252

Inhaltsverzeichnis

8.3	Maßanalytische Kennzahlen organischer Substanzen	259	11.5	Reihenschaltung von Widerständen	339
8.3.1	Säurezahl SZ	259	11.6	Parallelschaltung von Widerständen	340
8.3.2	Verseifungszahl VZ	259	11.7	Messbereichserweiterung von Strom- und Spannungsmessgeräten.	341
8.3.3	Esterzahl EZ	260	11.8	Gruppenschaltungen, Netzwerke	342
8.3.4	Hydroxylzahl OHZ	261	11.9	Wheatstone'sche Brückenschaltungen	344
8.3.5	Iodzahl IZ	262	11.10	Elektrische Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad	344
8.4	Maßanalytische Bestimmungen mit elektrochemischen Methoden	265	12	Elektrochemische Berechnungen	349
8.4.1	Potentiometrische Neutralisationstitrationen.	265	12.1	Elektrolytische Stoffabscheidung	349
8.4.2	Leitfähigkeitstitrationen (Konduktometrie)	269	12.2	Leitfähigkeit von Elektrolyten	351
8.5	Optische Analyseverfahren	274	12.3	Elektrochemische Potentiale.	353
8.5.1	UV/VIS-Spektroskopie.	274	13	Berechnungen zur Wärmelehre	358
8.5.2	Refraktometrie	279	13.1	Temperaturskalen	358
8.5.3	Polarimetrie	281	13.2	Verhalten der Stoffe bei Erwärmung	358
8.6	Chromatografie	282	13.2.1	Thermische Längenänderung von Feststoffen.	358
8.7	Partikelgrößenanalyse, Siebanalyse	289	13.2.2	Thermische Volumenänderung von Feststoffen.	358
8.7.3	Auswertung einer Siebanalyse mit einem Tabellenkalkulationsprogramm	296	13.2.3	Thermische Volumenänderung von Flüssigkeiten	359
9	Statistische Methoden in Biologie und Analytischer Chemie	301	13.2.4	Thermische Volumenänderung von Gasen	360
10	Qualitätssicherung in der Analytischen Chemie	322	13.3	Wärmeinhalt von Stoffportionen	360
10.1	Validierung analytischer Verfahren	322	13.4	Aggregatzustandsänderungen.	361
10.1.2	Untersuchung der Richtigkeit von Messwerten	322	13.4.1	Schmelzen, Erstarren	361
10.1.3	Untersuchung der Präzision von Messwerten	324	13.4.2	Verdampfen, Kondensieren.	361
10.1.4	Prüfung von Messwertreihen auf Ausreißer.	326	13.5	Temperaturänderung beim Mischen	362
10.2	Qualitätsregelkarten in der Analytischen Chemie	329	13.6	Reaktionswärmen bei chemischen Reaktionen	365
10.2.2	Regelgrenzen in Lage-Qualitätsregelkarten	329	13.6.1	Reaktionsenergie, Reaktionsenthalpie.	365
10.2.3	Bewertung von Lage-Qualitätsregelkarten	330	13.6.2	Heiz- und Brennwert.	366
10.2.4	Regelgrenzen in Streuungs-Qualitätsregelkarten	330	13.6.3	Neutralisationsenthalpie	366
10.2.6	Erstellen und Führen von Qualitätsregelkarten.	331	13.6.4	Lösungsenthalpie	367
11	Berechnungen zur Elektrotechnik	338	13.6.5	Freie Reaktionsenthalpie, Entropie.	367
11.1	Grundbegriffe der Elektrotechnik	338	14	Physikalisch-chemische Bestimmungen	375
11.2	Elektrischer Widerstand eines Leiters	338	14.1	Dichtebestimmungen	375
11.3	Temperaturabhängigkeit des Widerstands	339	14.1.1	Dichtebestimmung mit dem Pyknometer	375
11.4	Ohm'sches Gesetz.	339	14.1.4	Dichtebestimmung nach dem Tauchkörper-Verfahren	377
			14.1.5	Dichtebestimmung mit dem Aräometer.	377
			14.1.6	Dichtebestimmung nach der Schwebemethode	377
			14.1.7	Bestimmung der Röntgendiffektivität	377
			14.1.8	Bestimmung der Schütt- und Rütteldichte.	377

Inhaltsverzeichnis

14.1.9	Dichtebestimmung nach der Schwingungsmethode	378	16	Berechnungen mit Beschichtungsstoffen	406
14.2	Bestimmung der Viskosität	379	16.1	Gehaltsgrößen von Beschichtungsstoffen	406
14.2.1	Kugelfall-Viskosimeter nach Höppler	379	16.1.1	Massenanteile in Beschichtungsstoffen	406
14.3	Bestimmung der Oberflächenspannung	382	16.1.2	Volumenanteile in Beschichtungsstoffen	407
14.4	Bestimmung der molaren Masse	383	16.1.3	Pigment-Bindemittel-Massenverhältnis	408
14.4.1	Molare Masse aus den Gasgesetzen.	383	16.1.4	Umrechnung von Rezepturen.	409
14.4.2	Molare Masse aus der Dampfdruckerniedrigung	384	16.2	Bestimmung der Kenngrößen von Beschichtungen	413
14.4.3	Molare Masse aus der Siedepunkterhöhung	385	16.3	Schichtdicke von Beschichtungen	414
14.4.4	Molare Masse aus der Gefrierpunktterniedrigung.	387	16.4	Verbrauch und Ergiebigkeit von Beschichtungsstoffen	416
14.4.5	Molare Masse aus dem osmotischen Druck	389	16.5	Maßanalytische Kennzahlen von Beschichtungsstoffen	417
15	Trennen von Flüssigkeitsgemischen	391	16.5.1	Aminzahl, H-aktiv-Äquivalentmasse.	417
15.1	Destillieren	391	16.5.2	Epoxid-Äquivalentmasse, Epoxidwert.	420
15.1.1	Dampfdruck von Flüssigkeiten	391	16.6	Mischen von Zweikomponenten-Lacken (2K-Lacke)	420
15.1.2	Siedeverhalten homogener Flüssigkeitsgemische	391	16.6.1	2-Komponenten-Lacke mit Hydroxylgruppen und Isocyanatgruppen	420
15.1.3	Siedediagramm	392	16.6.2	2-Komponenten-Lacke mit Epoxid-Gruppen und aktivem Wasserstoff.	421
15.1.4	Gleichgewichtsdiagramm.	392			
15.1.5	Durchführen einer Destillation	392			
15.1.6	Zeitlicher Verlauf einer Destillation	392			
15.2	Wasserdampfdestillation	397			
15.3	Rektifikation (Gegenstromdestillation)	399			
15.4	Flüssig-Flüssig-Extraktion	404			