



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  
Düsseldorfer Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 71764**

**Autoren:**

Dr. Ernst Bartels, StD

Dr. Klaus Brink, StR

Gew. Lehrer Gerhard Fastert, OStR †

Dr. Eckhard Ignatowitz, StR

Hannover

Leverkusen

Stade

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: © kwanchaift – stock.adobe.com

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

Druck: Media-Print Informationstechnologie, 33100 Paderborn

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Mathematische Grundlagen, praktisches Rechnen</b>	<b>7</b>	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	<b>3</b>	<b>Ausgewählte physikalische Berechnungen</b>	<b>65</b>
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 Größengleichungen . . . . .	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
<b>2</b>	<b>Auswertung von Messwerten und Prozessdaten</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>Stöchiometrische Berechnungen</b>	<b>91</b>
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			

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

<b>8.3</b>	<b>Maßanalytische Kennzahlen organischer Substanzen.</b>	259	<b>11.5</b>	<b>Reihenschaltung von Widerständen</b>	339
8.3.1	Säurezahl SZ	259	<b>11.6</b>	<b>Parallelschaltung von Widerständen</b>	340
8.3.2	Verseifungszahl VZ	259	<b>11.7</b>	<b>Messbereichserweiterung von Strom- und Spannungsmessgeräten.</b>	341
8.3.3	Esterzahl EZ	260	<b>11.8</b>	<b>Gruppenschaltungen, Netzwerke</b>	342
8.3.4	Hydroxylzahl OHZ	261	<b>11.9</b>	<b>Wheatstone'sche Brückenschaltungen</b>	344
8.3.5	Iodzahl IZ	262	<b>11.10</b>	<b>Elektrische Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad</b>	344
<b>8.4</b>	<b>Maßanalytische Bestimmungen mit elektrochemischen Methoden</b>	265	<b>12</b>	<b>Elektrochemische Berechnungen</b>	349
8.4.1	Potentiometrische Neutralisationstitrations.	265	<b>12.1</b>	<b>Elektrolytische Stoffabscheidung</b>	349
8.4.2	Leitfähigkeitstitrations (Konduktometrie)	269	<b>12.2</b>	<b>Leitfähigkeit von Elektrolyten</b>	351
<b>8.5</b>	<b>Optische Analyseverfahren.</b>	274	<b>12.3</b>	<b>Elektrochemische Potentiale.</b>	353
8.5.1	UV/VIS-Spektroskopie.	274	<b>13</b>	<b>Berechnungen zur Wärmelehre</b>	358
8.5.2	Refraktometrie	279	<b>13.1</b>	<b>Temperaturskalen</b>	358
8.5.3	Polarimetrie	281	<b>13.2</b>	<b>Verhalten der Stoffe bei Erwärmung</b>	358
<b>8.6</b>	<b>Chromatografie</b>	282	13.2.1	Thermische Längenänderung von Feststoffen.	358
<b>8.7</b>	<b>Partikelgrößenanalyse, Siebanalyse</b>	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
<b>9</b>	<b>Statistische Methoden in Biologie und Analytischer Chemie</b>	301	13.2.4	Thermische Volumenänderung von Gasen	360
<b>10</b>	<b>Qualitätssicherung in der Analytischen Chemie</b>	322	<b>13.3</b>	<b>Wärmeinhalt von Stoffportionen</b>	360
<b>10.1</b>	<b>Validierung analytischer Verfahren</b>	322	<b>13.4</b>	<b>Aggregatzustandsänderungen.</b>	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	<b>13.5</b>	<b>Temperaturänderung beim Mischen</b>	362
<b>10.2</b>	<b>Qualitätsregelkarten in der Analytischen Chemie</b>	329	<b>13.6</b>	<b>Reaktionswärmen bei chemischen Reaktionen</b>	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
<b>11</b>	<b>Berechnungen zur Elektrotechnik</b>	338	13.6.5	Freie Reaktionsenthalpie, Entropie.	367
<b>11.1</b>	<b>Grundbegriffe der Elektrotechnik</b>	338	<b>14</b>	<b>Physikalisch-chemische Bestimmungen</b>	375
<b>11.2</b>	<b>Elektrischer Widerstand eines Leiters</b>	338	<b>14.1</b>	<b>Dichtebestimmungen</b>	375
<b>11.3</b>	<b>Temperaturabhängigkeit des Widerstands</b>	339	14.1.1	Dichtebestimmung mit dem Pyknometer	375
<b>11.4</b>	<b>Ohm'sches Gesetz.</b>	339	14.1.4	Dichtebestimmung nach dem Tauchkörper-Verfahren	377
			14.1.5	Dichtebestimmung mit dem Ärometer.	377
			14.1.6	Dichtebestimmung nach der Schwebemethode	377
			14.1.7	Bestimmung der Röntgengichte	377
			14.1.8	Bestimmung der Schütt- und Rütteldichte.	377

14.1.9	Dichtebestimmung nach der Schwingungsmethode . . . . .	378
<b>14.2</b>	<b>Bestimmung der Viskosität . . . . .</b>	<b>379</b>
14.2.1	Kugelfall-Viskosimeter nach Höppler . . . . .	379
<b>14.3</b>	<b>Bestimmung der Oberflächenspannung . . . . .</b>	<b>382</b>
<b>14.4</b>	<b>Bestimmung der molaren Masse . . . . .</b>	<b>383</b>
14.4.1	Molare Masse aus den Gasgesetzen. . . . .	383
14.4.2	Molare Masse aus der Dampfdruckerniedrigung . . . . .	384
14.4.3	Molare Masse aus der Siedepunkterhöhung . . . . .	385
14.4.4	Molare Masse aus der Gefrierpunkterniedrigung. . . . .	387
14.4.5	Molare Masse aus dem osmotischen Druck . . . . .	389
<b>15</b>	<b>Trennen von Flüssigkeitsgemischen . . . . .</b>	<b>391</b>
<b>15.1</b>	<b>Destillieren . . . . .</b>	<b>391</b>
15.1.1	Dampfdruck von Flüssigkeiten . . . . .	391
15.1.2	Siedeverhalten homogener Flüssigkeitsgemische . . . . .	391
15.1.3	Siedediagramm . . . . .	392
15.1.4	Gleichgewichtsdigramm. . . . .	392
15.1.5	Durchführen einer Destillation . . . . .	392
15.1.6	Zeitlicher Verlauf einer Destillation . . . . .	392
<b>15.2</b>	<b>Wasserdampfdestillation . . . . .</b>	<b>397</b>
<b>15.3</b>	<b>Rektifikation (Gegenstromdestillation). . . . .</b>	<b>399</b>
<b>15.4</b>	<b>Flüssig-Flüssig-Extraktion . . . . .</b>	<b>404</b>

<b>16</b>	<b>Berechnungen mit Beschichtungsstoffen . . . . .</b>	<b>406</b>
<b>16.1</b>	<b>Gehaltsgrößen von Beschichtungsstoffen . . . . .</b>	<b>406</b>
16.1.1	Massenanteile in Beschichtungsstoffen. . . . .	406
16.1.2	Volumenanteile in Beschichtungsstoffen . . . . .	407
16.1.3	Pigment-Bindemittel-Massenverhältnis. . . . .	408
16.1.4	Umrechnung von Rezepturen. . . . .	409
<b>16.2</b>	<b>Bestimmung der Kenngrößen von Beschichtungen. . . . .</b>	<b>413</b>
<b>16.3</b>	<b>Schichtdicke von Beschichtungen. . . . .</b>	<b>414</b>
<b>16.4</b>	<b>Verbrauch und Ergiebigkeit von Beschichtungsstoffen . . . . .</b>	<b>416</b>
<b>16.5</b>	<b>Maßanalytische Kennzahlen von Beschichtungsstoffen . . . . .</b>	<b>417</b>
16.5.1	Aminzahl, H-aktiv-Äquivalentmasse. . . . .	417
16.5.2	Epoxid-Äquivalentmasse, Epoxidwert. . . . .	420
<b>16.6</b>	<b>Mischen von Zweikomponenten-Lacken (2K-Lacke) . . . . .</b>	<b>420</b>
16.6.1	2-Komponenten-Lacke mit Hydroxylgruppen und Isocyanatgruppen . . . . .	420
16.6.2	2-Komponenten-Lacke mit Epoxid-Gruppen und aktivem Wasserstoff. . . . .	421