



Walter Wittenberger

Rechnen in der Chemie

Grundoperationen
Stöchiometrie

Zehnte, verbesserte Auflage

Springer-Verlag Wien GmbH



Dr. techn. Ing. Walter Wittenberger
Offenbach/Main

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

© 1946, 1949, 1955, 1958, 1961, 1964, 1968, 1971, 1976, and 1979

Springer-Verlag Wien

Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag/Wien 1979

Softcover reprint of the hardcover 10th edition 1979

Mit 292 entwickelten Übungsbeispielen, 1090 Übungsaufgaben
samt Lösungen und 46 Abbildungen

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Waren- und Apparatebezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Wittenberger, Walter:

Rechnen in der Chemie / Walter Wittenberger. —

Wien, New York: Springer.

[Teil 1]. Grundoperationen, Stöchiometrie. — 10.,
verb. Aufl. — 1979.

ISBN 978-3-7091-4191-5

ISBN 978-3-7091-4191-5 ISBN 978-3-7091-4190-8 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-7091-4190-8

Vorwort zur neunten Auflage

Die vorliegende neunte Auflage ist völlig neu bearbeitet und auf den modernen Anschauungen und Erkenntnissen aufgebaut. Voll berücksichtigt ist das „Gesetz über die Einheiten im Meßwesen“, durch das eine große Zahl der bisher gebräuchlichen Einheiten (z. B. Torr, Atmosphäre, Atomgewicht, Kalorie u. a.) durch international vereinbarte Einheiten (z. B. Millibar, relative Atommasse, Joule usw.) ersetzt werden. Als Basiseinheit für die Stoffmenge wird das Mol verwendet, und zwar — wie gefordert — für die Atom-, Molekül- und Äquivalentmasse.

Schon im Vorwort zur ersten Auflage (1947) wurde betont, daß jeder, der sich in das „Chemische Rechnen“ einarbeiten will, mit den Rechenregeln allgemeiner Art vertraut sein muß. Der erste Abschnitt des Buches soll daher dem Anfänger die Wiederholung dieser Grundkenntnisse ermöglichen. Auch auf die graphische Darstellung von Meßergebnissen und die einfacheren Formen des graphischen Rechnens wird eingegangen.

Ausführlich behandelt werden die Abschnitte über die Dichte, über Gehalts- und Konzentrationsangaben von Mischphasen sowie die Gasgesetze.

Bei der Auswahl des Stoffes über das „Chemische Rechnen“ wurde Wert darauf gelegt, alle wichtigen, im Laboratorium und Betrieb vorkommenden Rechnungen zu berücksichtigen. Das Buch enthält daher neben den Grundgesetzen der Chemie, dem Rechnen mit Reaktionsgleichungen usw., auch die einfacheren physikalisch-chemischen Rechnungen. Physikalische Rechnungen ergänzen den Inhalt.

Jedem Abschnitt sind vollständig entwickelte Beispiele beigefügt, die den genauen Rechen- und Gedankengang für die Lösung der gestellten Aufgabe klarmachen. Sicherheit im chemischen Rechnen ist nur durch Übung zu erreichen. Insgesamt 1090 Übungsaufgaben werden diesem Vorhaben gerecht. Zur Selbstkontrolle der errechneten Ergebnisse sind am Schluß des Buches die „Lösungen zu den Aufgaben“ wiedergegeben, falls erforderlich mit Hinweisen für den Lösungsgang.

Es wird sicher einige Zeit dauern, bis in der Praxis die neuen gesetzlichen Einheiten ausschließlich verwendet werden. Um den Übergang zu erleichtern, wurden — wo es angebracht schien — die früheren Einheiten in Klammer gesetzt. Selbstverständlich sind auch die erforderlichen Umrechnungstabellen eingefügt.

Am Schluß des Buches sind einige wichtige Tabellen sowie die fünfstellige Logarithmentafel aufgenommen, um vor allem dem Anfänger den Gebrauch dieser Rechenhilfen und das Aufsuchen und Interpolieren von Tabellenwerten zu erleichtern.

Ein Buch wird seinem Benutzer dann zum Erfolg führen, wenn er es oft und gern zur Hand nimmt. Wenn ein Buch, wie das vorliegende, bereits neun Auflagen erreicht hat, kann angenommen werden, daß diese Voraussetzung erfüllt ist.

Der Springer-Verlag in Wien hat durch die vorbildliche Ausstattung des Buches dieses Bestreben unterstützt, wofür ihm aufrichtig zu danken ist.

Offenbach/Main, im Frühjahr 1976 **Walter Wittenberger**

Vorwort zur zehnten Auflage

Das Vorwort zur vorangegangenen neunten Auflage, die eine vollständige Neubearbeitung des Buches darstellte, hat uneingeschränkt auch für die zehnte Auflage Gültigkeit.

In der vorliegenden Ausgabe wurden die international festgelegten Werte der Atommassen einiger Elemente nach dem letzten Stand korrigiert. Ebenso wurden die Bezeichnungen der Mischphasen entsprechend der Neufassung der DIN-Norm 1310 geändert.

Durch diese Verbesserungen wurde erreicht, daß das Buch auf dem neuesten Stand gehalten ist. Damit kann auch die Neuauflage unserem „Chemie-Nachwuchs“ ein verlässlicher Helfer während der Ausbildung und im Berufsleben sein.

Offenbach/Main, im Sommer 1979 **Walter Wittenberger**

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeines Rechnen	1
A. Mathematische Schreibweise und Genauigkeit	1
Dezimalzahlen und vielstellige Zahlen 1. — Genauigkeit im Zahlenrechnen 1. — Mathematische Zeichen 3. — Formel- und Einheitenzeichen 3. — Dezimale Vielfache und dezimale Teile von Einheiten 3. — Das griechische Alphabet 4.	
B. Bruchrechnen	4
Teilbarkeit der Zahlen 4. — Umformen von Brüchen 4. — Kürzen und Erweitern von Brüchen 6. — Addieren von Brüchen 7. — Subtrahieren von Brüchen 7. — Multiplizieren von Brüchen 7. — Dividieren von Brüchen 8.	
C. Proportionen (Verhältnisgleichungen)	9
Schlußrechnung (Dreisatz) 9. — Proportionen 10. — Der abgekürzte Dreisatz 11. — Umgekehrte Verhältnisse 12.	
D. Prozentrechnen	14
E. Mittelwert (Arithmetisches Mittel)	15
F. Der „aliquote Teil“	16
G. Errechnen von Zwischenwerten aus Tabellen (Interpolieren)	17
H. Potenzieren und Radizieren (Wurzelziehen)	18
Potenzieren 18. — Radizieren 19.	
J. Grundzüge der Algebra	19
Allgemeine und relative Zahlen 19. — Addieren und Subtrahieren 21. — Multiplizieren 23. — Dividieren 25. — Gleichungen mit einer Unbekannten 27. — Gleichungen mit 2 Unbekannten 31. — Quadratische Gleichungen mit einer Unbekannten 33.	
K. Rechnen mit Logarithmen	33
Begriff des Logarithmus 33. — Sätze über Logarithmen 35. — Die Logarithmentafel 36. — Rechnen mit Logarithmen 39.	

L. Der logarithmische Rechenschieber	43
Einrichtung des Rechenschiebers 43. — Ablesen und Einstellen 43. — Multiplizieren 45. — Dividieren 46. — Potenzieren 47. — Ziehen der Quadratwurzel 48.	
M. Einheiten im Meßwesen	48
Länge 49. — Fläche 49. — Volumen 50. — Ebene Winkel 51. — Masse 51. — Zeit 52.	
N. Flächenberechnung	52
Pythagoreischer Lehrsatz 52. — Quadrat 54. — Rechteck 54. — Parallelogramm 55. — Dreieck 55. — Trapez 56. — Unregelmäßiges Viereck (Trapezoid) 56. — Regelmäßiges Vieleck 57. — Kreis 57. — Kreissektor (Kreisausschnitt) 58. — Kreisabschnitt 58. — Kreisring 58. — Ellipse 59. — Unregelmäßige Flächen 59.	
O. Körperberechnung	59
Würfel 59. — Prisma 60. — Zylinder 61. — Regelmäßige Pyramide 62. — Kegel 63. — Pyramiden- und Kegelstumpf 63. — Kugel 64. — Kugelsegment (Kugelklotze) 64. — Kugelsektor 65. — Kugelzone 65. — Liegende Zylinder 65. — Gefäße mit eingebauten Apparate-teilen 66.	
P. Grundbegriffe der Trigonometrie	66
R. Graphisches Rechnen	69
Graphische Darstellung von Meßergebnissen 69. — Graphische Interpolation 72. — Graphische Rechentafeln (Nomogramme) 72. — Graphische Darstellung von Mischsystemen 77.	
2. Dichte	80
A. Berechnen der Dichte	80
Der Begriff Dichte 80. — Temperaturabhängigkeit der Dichte 81.	
B. Bestimmen der Dichte	83
Auftriebsmethode 83. — Bestimmen der Dichte mit dem Pyknometer 85. — Schüttdichte 87.	
3. Chemische Grundrechnungen	88
A. Atom- und Molekülmasse — Stöchiometrische Grundgesetze	88
Chemische Formeln 88. — Atommasse 89. — Grundgesetze der Stöchiometrie 90. — Molekülmasse 91. — Der Molbegriff 92.	
B. Berechnen der prozentualen Zusammensetzung einer Verbindung	95
C. Berechnen der empirischen Formel einer Verbindung	96

D. Chemische Reaktionsgleichungen	98
Bedeutung der Reaktionsgleichung 98. — Aufstellen einer Reaktionsgleichung über die Stoffbilanz 98. — Auffinden der Koeffizienten nach der algebraischen Methode 100. — Aufstellen von Summgleichungen 101. — Aufstellen von Reaktionsgleichungen über die Elektronenbilanz 102.	
E. Berechnen des Umsatzes bei chemischen Reaktionen	108
F. Äquivalentmasse der Elemente	111
4. Mischphasen	115
A. Gehalts- und Konzentrationsangaben	115
Allgemeines 115. — Massenanteil (Prozentgehalt) 117. — Volumenanteil 119. — Lösungen mit Angabe Gramm gelöster Stoff in 100 Gramm Lösungsmittel („Löslichkeit“) 121. — Lösungen mit der Angabe Gramm Stoff in einem bestimmten Volumen der Lösung 124. — Lösungen mit Angabe des Mischungsverhältnisses 125. — Stoffmengenkonzentration und Stoffmengenanteil 125. — Normalität 127.	
B. Mischungsrechnen	128
Verdünnen einer Lösung mit Wasser 128. — Mischungsrechnen 129.	
5. Gravimetrie	137
Feuchtigkeit und Glührückstand 137. — Gravimetrische Analysen 139.	
6. Volumetrie	143
A. Normallösungen	143
Begriff der Normallösung 143. — Äquivalentmasse chemischer Verbindungen in der Neutralisationsanalyse 144. — Redox-Äquivalentmasse 146. — Herstellen von Normallösungen 148.	
B. Titrationsberechnungen	152
Neutralisations-Titrationsen 152. — Redox-Titrationsen 157. — Fällungs-Titrationsen 163. — Komplexometrische Titrationsen (Chelatometrie) 165. — Diazotierungs-Titrationsen 168. — Gemischte Aufgaben aus der Volumetrie und Gravimetrie 169.	
7. Indirekte Analyse	171
8. Physikalische Rechnungen	175
A. Temperaturmessung	175
Temperaturskalen 175. — Fadenkorrektur bei Quecksilberthermometern 176. — Korrektur des Siedepunktes in Abhängigkeit vom Druck 177.	

B. Wärmeenergie	178
Spezifische Wärmekapazität 178. — Schmelz- und Verdampfungswärme 181.	
C. Grundgesetze der Elektrizität	183
Ohmsches Gesetz 183. — Der unverzweigte Stromkreis (Reihenschaltung) 184. — Der verzweigte Stromkreis (Parallelschaltung) 186. — Widerstandsmessung mit Hilfe der Wheatstoneschen Brücke 188. — Spezifischer elektrischer Widerstand 189. — Leistung und Energie des elektrischen Stromes 190. — Wärmewirkung des elektrischen Stromes 191.	
D. Viskosität	192
9. Gasvolumina	194
A. Druck	194
Druck und Kraft 194. — Frühere Einheiten und Umrechnung 194. — Reduzieren des Barometerstandes 196.	
B. Gasgesetze	197
Boyle-Mariottesches Gesetz 197. — Gay-Lussacsche Gesetze 198. — Allgemeine Gasgleichung 200.	
C. Molvolumen	203
Avogadrosches Gesetz 203. — Allgemeine Gaskonstante 205.	
D. Dichte der Gase	206
Dichte und relative Dichte von Gasen 206. — Abhängigkeit der Gasdichte von Druck und Temperatur 207. — Dichte und Molekülmasse 207.	
E. Gasgemische	208
Daltonsches Gesetz 208. — Sättigung eines Gases mit Feuchtigkeit 210. — Reduktion feuchter Gasvolumina auf den Normzustand 211.	
F. Gasanalyse	212
Gesetz der einfachen Volumenverhältnisse 212. — Methoden der Gasanalyse 213.	
10. Physikalisch-chemische Rechnungen	217
A. Optisches Drehvermögen	217
B. Elektrolyse	218
C. Chemisches Gleichgewicht	222
Massenwirkungsgesetz und Gleichgewichtskonstante 222. — Gasgleichgewichte 224. — Elektrolytische Dissoziation 226. — pH-Wert 228. — Säuren-Basen-Gleichgewicht 231. — Puffern 237. — Löslichkeitsprodukt 240. — Komplex-Gleichgewichte 242. — Verteilungsgleichgewicht 243.	

D. Bestimmung der Molmasse	245
Aus der Elementarzusammensetzung 245. — Aus der Gasdichte 245. — Mit Hilfe der allgemeinen Gasgleichung 246. — Aus der Dampfdruckerniedrigung 247. — Aus der Siedepunkterhöhung und Gefrierpunkterniedrigung 248.	
E. Thermochemische Rechnungen	250
Wärmetönung chemischer Reaktionen 250. — Reaktionsenergie und Reaktionsenthalpie 251. — Heizwert und Brennwert 254.	
11. Lösungen zu den Aufgaben	257
12. Tabellen und Tafeln	284
Tab. 1. Flüssigkeitsinhalte liegender Zylinder	66
Tab. 2. Trigonometrische Funktionen	70
Tab. 3. Zusammenhang SI-Einheiten/frühere Einheiten ..	195
Tab. 4. Relative Atommassen der Elemente	284
Tab. 5. Relative Molekülmassen häufiger verwendeter Verbindungen	285
Tab. 6. Analytische Faktoren	287
Tab. 7. Maßanalytische Äquivalente	288
Tab. 8. Löslichkeit einiger Salze in Wasser	290
Tab. 9. Dichte und Gehalt wäßriger Lösungen	290
Tab. 10. Dichte des Wassers in Abhängigkeit von der Tem- peratur	295
Tab. 11. Sättigungsdruck des Wasserdampfes über Wasser	296
Tab. 12. Litermasse einiger Gase	296
Tab. 13. Fünfstellige Logarithmen (Mantissen)	297
Sachverzeichnis	315