

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----------|
| 1 Allgemeines Rechnen – Funktionen | 1 |
| 1.1 Wichtige Formeln aus der Algebra | 1 |
| 1.1.1 Potenzieren und Radizieren | 1 |
| 1.1.2 Logarithmieren | 1 |
| 1.1.3 Gleichungen | 2 |
| 1.1.4 Determinanten | 2 |
| 1.2 Allgemeines über Funktionen | 5 |
| 1.2.1 Der Funktionsbegriff | 5 |
| 1.2.2 Explizite und implizite Funktionen | 6 |
| 1.3 Darstellung von Funktionen | 6 |
| 1.3.1 Tabellarische Darstellung | 6 |
| 1.3.2 Graphische Darstellung in einem kartesischen Koordinaten-System | 7 |
| 1.3.3 Unterdrückter Nullpunkt | 9 |
| 1.3.4 Mehrdeutige und unstetige Funktionen | 10 |
| 1.3.5 Mehrere Kurven in einem Koordinatensystem | 11 |
| 1.3.6 Transformation der Koordinaten | 12 |
| 1.3.7 Polarkoordinaten | 14 |
| 1.3.8 Räumliche Koordinaten | 15 |
| 1.3.9 Analytische Darstellung | 15 |
| 1.4 Wichtige Funktionstypen | 15 |
| 1.4.1 Die Konstante | 15 |
| 1.4.2 Die Proportionalität | 16 |
| 1.4.3 Die lineare Funktion | 16 |
| 1.4.4 Die Parabel | 17 |
| 1.4.5 Die umgekehrte Proportionalität | 19 |
| 1.4.6 Die Logarithmusfunktion | 20 |
| 1.4.7 Die Exponentialfunktion $y = a^x$ | 21 |

| | |
|--|-----------|
| 1.4.8 Die Funktion $y = ae^{-\frac{b}{x}}$ | 22 |
| 1.4.9 Die Funktion $y = e^{-x^2}$ | 24 |
| 1.4.10 Die trigonometrischen und zyklometrischen Funktionen | 24 |
| 2 Differenzieren und Integrieren | 27 |
| 2.1 Differentialrechnung | 27 |
| 2.1.1 Der Differentialquotient | 27 |
| 2.1.2 Zusammenstellung der Differentialquotienten der einfachen Funktionen | 28 |
| 2.1.3 Differentiationsregeln | 29 |
| 2.1.4 Die zweite Ableitung und der zweite Differentialquotient | 34 |
| 2.1.5 Extremwerte und Wendepunkte | 35 |
| 2.1.6 Unbestimmte Ausdrücke | 39 |
| 2.2 Integralrechnung | 41 |
| 2.2.1 Das unbestimmte Integral | 41 |
| 2.2.2 Grundintegrale | 42 |
| 2.2.3 Sätze und Integrationsmethoden | 42 |
| 2.2.4 Das bestimmte Integral | 46 |
| 2.2.5 Mittelwert einer Funktion | 49 |
| 2.2.6 Länge ebener Kurven (Rektifikation) | 50 |
| 2.2.7 Berechnung des Flächeninhaltes (Quadratur) | 50 |
| 2.2.8 Oberfläche von Rotationskörpern (Komplanation) | 52 |
| 2.2.9 Rauminhalt von Rotationskörpern (Kubatur) | 52 |
| 2.3 Reihen | 53 |
| 2.3.1 Allgemeines | 53 |
| 2.3.2 Formeln für die Reihenentwicklung | 54 |
| 2.3.3 Integration durch unendliche Reihen | 57 |
| 2.4 Anwendung auf physikalisch-chemische Aufgaben | 58 |
| 2.4.1 Stoffmengenbezogene (molare) Wärmekapazität | 58 |
| 2.4.2 Temperaturabhängigkeit der paramagnetischen Suszeptibilität | 58 |
| 2.4.3 Genauigkeit eines Meßergebnisses | 59 |
| 2.4.4 Differenz der molaren Wärmekapazitäten | 59 |
| 2.4.5 Größte Dichte des Wassers | 61 |
| 2.4.6 Brechungsgesetz | 61 |
| 2.4.7 Maximale Konzentration eines Zwischenproduktes bei Folgereaktionen | 63 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4.8 Bestimmung der kritischen Daten aus der van der Waalsschen Zustandsgleichung | 63 |
| 2.4.9 Lambert-Beersches Gesetz | 64 |
| 2.4.10 Volumenbeständige Reaktion 1. Ordnung | 65 |
| 2.4.11 Beschreibung des zeitlichen Reaktionsablaufs durch den Umsatz | 65 |
| 2.4.12 Zerfall von Distickstoffmonoxid | 66 |
| 2.4.13 Volumenbeständige Reaktion 2. Ordnung | 67 |
| 2.4.14 Arbeit bei der isothermen Gaskompression | 68 |
| 2.4.15 Mittlere Reaktionsgeschwindigkeit für eine Reaktion 1. Ordnung | 69 |
| 2.4.16 Molare Wärmekapazität fester Körper | 70 |
| | |
| 3 Das Meßergebnis | 72 |
| 3.1 Genauigkeit des Meßergebnisses und Kontrolle des Rechenergebnisses | 72 |
| 3.1.1 Genauigkeit des Meßergebnisses | 73 |
| 3.1.2 Runden von Zahlen | 73 |
| 3.1.3 Kontrolle des Rechenergebnisses | 73 |
| 3.2 Schreibweise der Zahlen und Formeln; Maßeinheiten | 74 |
| 3.2.1 Mathematische Zeichen | 74 |
| 3.2.2 Schreibweise der Zahlen | 74 |
| 3.2.3 Formel- und Einheitenzeichen | 75 |
| 3.2.4 Größen, Einheiten, Größengleichungen und Einheitensysteme | 79 |
| 3.2.4.1 Umrechnung von Zahlenwerten von einer Einheit auf eine andere | 83 |
| 3.2.4.2 Herleitung von Zahlenwertgleichungen aus Größengleichungen | 84 |
| 3.2.5 Gehalts- und Konzentrationsangaben von Mischphasen | 85 |
| 3.3 Näherungsverfahren | 88 |
| 3.3.1 Rechenhilfen beim Zahlenrechnen | 88 |
| 3.3.2 Näherungsweise Lösung numerischer Gleichungen | 89 |
| 3.3.3 Graphisches Differenzieren | 94 |
| 3.3.4 Graphische Integration | 95 |
| 3.3.5 Numerische Integration | 98 |
| 3.4 Darstellung von Meßergebnissen | 100 |
| 3.4.1 Funktionen einer Veränderlichen | 100 |
| 3.4.2 Funktionen zweier Veränderlichen als Tabelle | 100 |
| 3.4.3 Funktionen zweier Veränderlichen in graphischer Darstellung | 100 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 3.4.4 | Graphische Darstellung binärer Gemische | 102 |
| 3.4.5 | Graphische Darstellung ternärer Gemische | 103 |
| 3.4.6 | Graphische Papiere | 107 |
| 3.4.7 | Streckung von Kurven | 111 |
| 3.5 | Nomogramme | 114 |
| 3.5.1 | Netztafeln | 114 |
| 3.5.2 | Funktionsleitern (Doppelteileitern) | 115 |
| 3.5.3 | Projektive Leitern | 116 |
| 3.5.4 | Symmetrische Leitertafeln | 117 |
| 3.5.5 | Unsymmetrische Leitertafeln | 119 |
| 3.5.6 | Leitertafeln mit schräger Mittelleiter | 123 |
| 3.5.7 | Zusammengesetzte Nomogramme | 124 |
| 3.6 | Aufstellung einer Formel aus den Meßergebnissen | 126 |
| 3.6.1 | Allgemeines und Anhaltspunkte | 126 |
| 3.6.2 | Bestimmung der Konstanten einer Gleichung auf graphischem Wege | 128 |
| 3.6.3 | Ausgleichsrechnung | 133 |
| 3.6.4 | Bestimmung der Ausgleichsgeraden auf graphischem Wege | 136 |
| 3.6.5 | Interpolation | 138 |
| 3.6.6 | Extrapolation | 142 |
| 3.7 | Fehlerrechnung | 143 |
| 3.7.1 | Mittelwert, Standardabweichung, Vertrauensbereich . . | 143 |
| 3.7.2 | Fehlerfortpflanzung | 148 |
| 3.7.3 | Das Gaußsche Fehlerverteilungsgesetz | 149 |
| 3.7.3.1 | Bestimmung der Standardabweichung aus experimentellen Daten | 151 |
| 3.7.3.2 | Berechnung von Fehlerwahrscheinlichkeiten . . | 154 |
| 3.8 | Korrelationsrechnung | 155 |
| 4 | Ideale und reale Gase | 160 |
| 4.1 | Ideale Gase | 160 |
| 4.1.1 | Zustandsgleichung idealer Gase | 160 |
| 4.1.2 | Normzustand | 161 |
| 4.1.3 | Korrektur der Barometerstandablesung | 161 |
| 4.1.4 | Avogadroscher Satz und ideales Gasgesetz | 161 |
| 4.1.5 | Daltonsches Partialdruckgesetz | 162 |
| 4.1.6 | Sättigung eines Gases mit Feuchtigkeit | 165 |
| 4.1.7 | Teilweise Sättigung eines Gases mit Feuchtigkeit . . | 166 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 4.2 | Dichte der Gase | 168 |
| 4.3 | Löslichkeit der Gase | 169 |
| 4.4 | Kinetische Theorie der idealen Gase | 171 |
| 4.4.1 | Grundgleichung, Stoßzahl und mittlere freie Weglänge . | 171 |
| 4.4.2 | Stoffmengenbezogene (molare) Wärmekapazität | 175 |
| 4.5 | Reale Gase | 178 |
| 4.5.1 | Zustandsgleichung nach van der Waals | 178 |
| 4.5.2 | Kritische Daten, reduzierte Zustandsgleichung und Kompressibilitätsfaktor | 181 |
| 4.5.3 | Fugazität | 184 |
| 5 | Phasengleichgewichte in Einstoffsystmen | 188 |
| 5.1 | Definitionen | 188 |
| 5.2 | Clausius-Clapeyronsche Gleichung | 188 |
| 6 | Mischungen und Lösungen | 193 |
| 6.1 | Definitionen | 193 |
| 6.2 | Extensive und intensive Eigenschaften von Mischungen | 193 |
| 6.3 | Partielle molare Größen | 194 |
| 6.3.1 | Partielles molares und spezifisches Volumen | 196 |
| 6.4 | Raoult'sches Gesetz | 198 |
| 6.5 | Siedepunktserhöhung und Gefrierpunktserniedrigung | 200 |
| 6.6 | Osmotischer Druck verdünnter Lösungen | 202 |
| 6.7 | Aktivität | 204 |
| 6.8 | Löslichkeitskurven | 208 |
| 6.9 | Mischungsrechnung | 210 |
| 6.10 | Lösungen von Salzgemischen | 212 |
| 7 | Phasengleichgewichte von Mehrstoffsystmen | 215 |
| 7.1 | Phasengesetz | 215 |
| 7.2 | Diagramme zweikomponentiger Systeme mit flüssigen und festen Phasen | 216 |
| 7.2.1 | Konstruktion von Schmelzdiagrammen (Thermische Analyse) | 221 |
| 7.3 | Diagramme dreikomponentiger Systeme mit flüssigen und festen Phasen | 225 |
| 7.4 | Gleichgewichte zwischen flüssigen und gasförmigen Phasen | 228 |
| 7.4.1 | Gleichgewichtsbeziehungen | 228 |
| 7.4.2 | Unbegrenzt mischbare Flüssigkeiten | 230 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 7.4.3 | Begrenzt mischbare Flüssigkeiten | 234 |
| 7.4.4 | Praktisch vollkommen unlösliche Flüssigkeiten | 235 |
| 7.5 | Gleichgewichte zwischen flüssigen Phasen | 239 |
| 7.6 | Verteilungsgleichgewichte | 242 |
| 7.7 | Adsorption | 245 |
| 8 | Chemische Thermodynamik | 250 |
| 8.1 | Erster Hauptsatz der Thermodynamik | 250 |
| 8.1.1 | Spezielle Zustandsänderungen | 251 |
| 8.1.2 | Innere Energie und Enthalpie | 256 |
| 8.1.3 | Heßscher Satz | 257 |
| 8.1.4 | Reaktions-, Bildungs- und Verbrennungsenthalpien . . . | 257 |
| 8.1.5 | Temperaturabhängigkeit der Reaktionsenthalpie und Reaktionsenergie | 261 |
| 8.1.6 | Temperaturabhängigkeit der molaren Verdampfungsenthalpie | 266 |
| 8.1.7 | Lösungsenthalpie | 267 |
| 8.2 | Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik | 268 |
| 8.2.1 | Allgemeines | 268 |
| 8.2.2 | Carnotscher Kreisprozeß | 268 |
| 8.2.3 | Entropie | 271 |
| 8.3 | Freie Energie und freie Enthalpie | 280 |
| 8.3.1 | Molare freie Standard-, Reaktions- und Bildungsenthalpien | 283 |
| 8.3.2 | Druck- und Temperaturabhängigkeit der freien Energie und freien Enthalpie | 285 |
| 8.3.3 | Chemisches Potential einer Komponente in idealen und realen Mischphasen | 287 |
| 8.3.4 | Chemisches Potential einer Komponente in idealen und realen Mischungen (allgemein) | 290 |
| 8.4 | Chemisches Gleichgewicht | 291 |
| 8.4.1 | Homogene Gasgleichgewichte | 292 |
| 8.4.2 | Berechnung der Gleichgewichtszusammensetzung | 294 |
| 8.4.3 | Heterogene chemische Gleichgewichte | 303 |
| 8.4.4 | Temperaturabhängigkeit der Gleichgewichtskonstante . | 305 |
| 8.4.5 | Thermodynamische Berechnung der Gleichgewichtskonstanten | 311 |
| 9 | Elektrochemie | 316 |
| 9.1 | Elektrolytlösungen | 316 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 9.1.1 | Elektrische Leitfähigkeit | 316 |
| 9.1.2 | Theorie der elektrolytischen Dissoziation von Arrhenius | 321 |
| 9.1.3 | Dissoziationsgleichgewichte | 322 |
| 9.1.4 | Ionenprodukt des Wassers und pH-Wert | 326 |
| 9.1.5 | Protolytische Reaktionen in wässrigen Elektrolytlösungen | 327 |
| 9.1.6 | Aktivität von Elektrolyten | 342 |
| 9.1.7 | Löslichkeitsprodukt | 346 |
| 9.2 | Elektrolyse und Überführungszahlen | 350 |
| 9.2.1 | Elektrolyse | 350 |
| 9.2.2 | Überführungszahlen | 352 |
| 9.2.3 | Messung der Überführungszahlen nach Hittorf | 354 |
| 9.3 | Galvanische Zellen | 357 |
| 9.3.1 | Elektromotorische Kraft | 357 |
| 9.3.2 | Elektrodentypen | 363 |
| 9.3.3 | Konzentrationszellen | 366 |
| 9.3.4 | Konzentrationszellen mit Überführung | 368 |
| 9.3.5 | Bestimmung thermodynamischer Funktionen aus EMK-Messungen | 369 |
| 10 | Reaktionskinetik | 371 |
| 10.1 | Homogene Reaktionen | 371 |
| 10.1.1 | Reaktionsgeschwindigkeit, Geschwindigkeitsgleichung und Reaktionsordnung homogener Reaktionen | 371 |
| 10.1.2 | Einteilung der Reaktionen nach kinetischen Gesichtspunkten | 375 |
| 10.1.3 | Kinetik zusammengesetzter Reaktionen | 382 |
| 10.1.4 | Methoden zur Bestimmung der Reaktionsordnung und der Geschwindigkeitskonstante | 388 |
| 10.1.5 | Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit | 395 |
| 10.2 | Heterogene Reaktionen | 397 |
| 11 | Optische Eigenschaften und Photochemie | 401 |
| 11.1 | Optisches Drehvermögen | 401 |
| 11.2 | Brechungsgesetz | 402 |
| 11.3 | Kolorimetrie | 406 |
| 11.4 | Photochemie | 407 |
| 12 | Grenzflächenspannung und Zähigkeit | 409 |
| 12.1 | Grenzflächenspannung | 409 |

| | |
|--|------------|
| 12.1.1 Grenzflächenspannung und Grenzflächenenergie | 409 |
| 12.1.2 Messung der Oberflächenspannung von Flüssigkeiten | 410 |
| 12.1.3 Temperaturabhängigkeit der Oberflächenspannung | 411 |
| 12.1.4 Der Parachor | 413 |
| 12.2 Zähigkeit | 414 |
| 12.2.1 Zähigkeit von Flüssigkeiten | 414 |
| 12.2.2 Zähigkeit von Gasen | 416 |
| 13 Lösungen zu den Aufgaben | 418 |
| 14 Tabellen | 450 |
| Relative Atommassen der Elemente | 450 |
| Wasserdampftafel (Sättigungszustand) | 451 |
| Einschlägige, benutzte und weiterführende Literatur | 454 |
| Sachverzeichnis | 457 |