

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Allgemeines Rechnen – Funktionen</b>	<b>1</b>
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
<b>2</b>	<b>Differenzieren und Integrieren</b> . . . . .	<b>27</b>
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	GröÙte 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
<b>3</b>	<b>Das Meßergebnis . . . . .</b>	<b>72</b>
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 (Doppelleitern) .....	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 Einstoffsystemen	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	Raoultsches Gesetz	198
6.5	Siedepunktserhöhung und Gefrierpunktniedrigung	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 Mehrstoffsystemen	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
<b>8</b>	<b>Chemische Thermodynamik . . . . .</b>	<b>250</b>
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
<b>9</b>	<b>Elektrochemie . . . . .</b>	<b>316</b>
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 Elektrolyt- lösungen	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
<b>10</b>	<b>Reaktionskinetik</b>	<b>371</b>
10.1	Homogene Reaktionen	371
10.1.1	Reaktionsgeschwindigkeit, Geschwindigkeitsgleichung und Reaktionsordnung homogener Reaktionen	371
10.1.2	Einteilung der Reaktionen nach kinetischen Gesichts- punkten	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
<b>11</b>	<b>Optische Eigenschaften und Photochemie</b>	<b>401</b>
11.1	Optisches Drehvermögen	401
11.2	Brechungsgesetz	402
11.3	Kolorimetrie	406
11.4	Photochemie	407
<b>12</b>	<b>Grenzflächenspannung und Zähigkeit</b>	<b>409</b>
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
<b>13 Lösungen zu den Aufgaben . . . . .</b>	<b>418</b>
<b>14 Tabellen . . . . .</b>	<b>450</b>
Relative Atommassen der Elemente . . . . .	450
Wasserdampf tabel (Sättigungszustand) . . . . .	451
<b>Einschlägige, benutzte und weiterführende Literatur . . . . .</b>	<b>454</b>
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>457</b>