

1	Einleitung	1
Teil I Chemische Thermodynamik		
2	Der 0. und der I. Hauptsatz der Thermodynamik	5
2.1	Der 0. Hauptsatz der Thermodynamik	5
2.2	Der I. Hauptsatz der Thermodynamik	5
2.3	Innere Energie, Enthalpie und Wärmemengen bei konstantem Volumen und konstantem Druck	10
2.4	Temperaturabhängigkeit von Inneren Energien und Enthalpien bei chemischen Reaktionen	12
2.5	Anwendungen des I. Hauptsatzes	16
2.5.1	Isotherme Zustandsänderung eines idealen Gases	16
2.5.2	Adiabatische Zustandsänderung eines idealen Gases	16
2.5.3	Ausdehnungskoeffizient, Kompressibilität und Druckkoeffizient	18
2.5.4	Beziehung zwischen C_p und C_v für ideale Gase	18
2.6	Beispiele	19
3	Der II. und III. Hauptsatz der Thermodynamik	23
3.1	Isotherme reversible Prozesse	24
3.1.1	Ausdehnung eines Gases	24
3.1.2	Elektrochemische Prozesse	26
3.1.3	Chemische Reaktionen (van't Hoff'scher Gleichgewichtskasten); thermodynamische Ableitung des Massenwirkungsgesetzes (MWG)	28
3.2	Nicht-isotherme reversible Prozesse	30
3.2.1	Carnot'scher Kreisprozess, Wirkungsgrad von Wärmemaschinen	30
3.2.2	Gibbs-Helmholtz'sche Gleichungen	32
3.2.3	Die Entropie	33
3.2.4	Berechnung der Entropie für eine Temperatur T	34
3.2.5	Prozesse, Chemische Reaktionen	38

3.3	Irreversible Prozesse	42
3.3.1	Ausdehnung eines idealen Gases ins Vakuum	42
3.3.2	Vermischung von zwei idealen Gasen	44
3.3.3	Wärmeleitung	45
3.4	Die Grundgleichungen der Thermodynamik	46
3.5	Beispiele	47
3.5.1	Allgemeine Beziehung zwischen C_V und C_p	47
3.5.2	Joule–Thomson-Effekt	48
3.6	Berechnung von Gleichgewichtskonstanten chemischer Reaktionen und physikalischer Übergänge aus thermodynamischen Daten	50
3.6.1	Temperatur- und Druckabhängigkeit eines Gleichgewichts	51
3.6.2	Verdampfungsgleichgewicht	54
3.6.3	Lösungsgleichgewicht	57
3.6.4	Verteilungsgleichgewicht, Nernst'scher Verteilungssatz	58
3.6.5	Heterogene Gleichgewichte	60
3.6.6	Le Chatelier'sches Prinzip: Prinzip des kleinsten Zwanges	60
3.7	Phasengleichgewichte	61
3.7.1	Phasengesetz, Gibbs'sche Phasenregel	61
3.7.2	Verlauf von Phasengrenzlinien, Clapeyron- und Clausius-Clapeyron-Gleichung	63
4	Thermodynamik der Mischphasen	65
4.1	Definitionen	65
4.2	Gibbs-Helmholtz'sche Gleichungen für Mischungen	67
4.3	Partielles molares Volumen	67
4.4	Kalorische Größen	72
4.4.1	Partielle molare Enthalpie	72
4.4.2	Mischungs- und Lösungsenthalpie	76
4.5	Mischungsentropie	79
4.6	Gibbs-Duhem'sche Gleichung	81
4.7	Chemisches Potential	83
4.7.1	Konzentrations- und Druckabhängigkeit des chemischen Potentials	84
4.7.2	Chemisches Potential bei Phasenübergängen	86
4.8	Kolligative Eigenschaften	87
4.8.1	Dampfdruckerniedrigung	87
4.8.2	Siedepunktserhöhung	88
4.8.3	Gefrierpunktserniedrigung	89
4.8.4	Osmotischer Druck	91

Teil II Statistische Thermodynamik

5 Energieverteilung und Entropie in der statistischen Thermodynamik	97
5.1 Boltzmann-Statistik	97
5.1.1 Boltzmann-Verteilung	98
5.1.2 Verhältnis der Besetzungszahlen $N_{\varepsilon_2}/N_{\varepsilon_1}$ eines Systems mit zwei Energiezuständen	103
5.1.3 Boltzmann-Faktor	105
5.2 Statistisch-thermodynamische Behandlung der Entropie S	106
6 Zustandssumme und thermodynamische Größen	109
6.1 Innere Energie U und Wärmekapazität C_V	109
6.2 Entropie S , Freie Energie A , Zustandsgleichung $p = f(V, T)$, Enthalpie H , Wärmekapazität C_p und Freie Enthalpie G	111
7 Thermodynamische Eigenschaften	113
7.1 Berechnung thermodynamischer Größen aus der Zustandssumme für Translations-, Rotations-, Schwingungs- und Elektronenanregungsfreiheitsgrade	114
7.1.1 Translationsbewegung	114
7.1.1.1 Innere Translationsenergie und Wärmekapazität	116
7.1.1.2 Translationsentropie, Sackur-Tetrode-Gleichung	116
7.1.2 Rotationsbewegung	119
7.1.2.1 Innere Rotationsenergie und Wärmekapazität	120
7.1.2.2 Rotationsentropie	121
7.1.3 Schwingungsbewegung	122
7.1.3.1 Einstein-Theorie	123
7.1.3.2 Molwärme von Gasen	126
7.1.3.3 Molwärme von Festkörpern, Dulong-Petit'sches Gesetz	131
7.1.3.4 Molwärme von Festkörpern, Debye-Theorie	135
7.1.4 Elektronenanregung	138
7.2 Gase: Ideales Gasgesetz, Freie Enthalpie und Freie Energie	138
7.2.1 Ideales Gasgesetz	138
7.2.2 Freie Enthalpie	138
7.2.3 Freie Energie	139
7.2.4 Gemeinsamer Energienullpunkt bei Molekülen	140
7.3 Das Gleichgewicht auf statistischer Grundlage	143
8 Kinetische Theorie von Gasen	149
8.1 Modell des idealen Gases	149
8.2 Maxwell-Boltzmann'sche Energieverteilung	151
8.3 Maxwell-Boltzmann'sche Geschwindigkeitsverteilung	154

Teil III Anhang**9 Mathematische Hilfsmittel, Physikalische Größen,**

Einheiten und Konstanten	163
9.1 Differenzialrechnung	163
9.2 Integralrechnung	165
9.3 Arithmetik, Reihen	171
9.4 Ausgleichsrechnung, Methode der kleinsten Quadrate	171
9.5 Physikalische Größen, Konstanten, Abkürzungen	172
9.5.1 Physikalische Größen und Einheiten (International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) 1996)	172
9.5.2 Physikalische Konstanten (IUPAC 1996; Physikalisch-Technische Bundesanstalt 2019)	175
9.5.3 Umrechnungsfaktoren (Physikalisch-Technische Bundesanstalt 2019)	176
9.5.4 Abkürzungen (IUPAC 1996)	176

Literatur	177
------------------------	-----

Stichwortverzeichnis	179
-----------------------------------	-----