

<b>1</b>	<b>Grundlegende Größen der Physik und Stöchiometrie</b>	<b>9</b>
<b>1.1</b>	<b>Physikalische Größen</b>	<b>9</b>
1.1.1	Dichte	9
1.1.2	Druck	10
1.1.3	Elektrische Stromstärke, elektrische Spannung und elektrischer Widerstand	12
<b>1.2</b>	<b>Stöchiometrische Grundbegriffe</b>	<b>13</b>
1.2.1	Grundgesetze der Stöchiometrie	13
1.2.2	Atom- und Molekülmasse	14
1.2.3	Umsatz- und Ausbeuteberechnung	15
1.2.4	Gehaltsangaben von Mischphasen	17
<b>1.3</b>	<b>Aktivität und Fugazität</b>	<b>19</b>
1.3.1	Aktivität	20
1.3.2	Fugazität	21
<b>2</b>	<b>Gase</b>	<b>22</b>
<b>2.1</b>	<b>Ideale Gase</b>	<b>22</b>
<b>2.2</b>	<b>Gasgesetze idealer Gase</b>	<b>22</b>
2.2.1	Isotherme Zustandsänderung	23
2.2.2	Isobare Zustandsänderung	24
2.2.3	Isochore Zustandsänderung	26
2.2.4	Die allgemeine Zustandsgleichung für ideale Gase (1. Form)	27
2.2.5	Das Gesetz von <i>Avogadro</i>	28
2.2.6	Die universelle Zustandsgleichung idealer Gase (allgemeine Zustandsgleichung 2. Form)	28
<b>2.3</b>	<b>Die Bestimmung der molaren Masse</b>	<b>30</b>
<b>2.4</b>	<b>Mischungen idealer Gase</b>	<b>32</b>
2.4.1	Das Gesetz von <i>Dalton</i>	33
2.4.2	Feuchte Gase	35
2.4.3	Mittlere molare Masse einer Gasmischung	37
2.4.4	Thermische Dissoziation	38
<b>2.5</b>	<b>Reale Gase</b>	<b>41</b>
2.5.1	<i>Van-der-waalssche</i> -Zustandsgleichung	43
2.5.2	Anwendung der <i>van-der-Waals</i> -Gleichung	44
2.5.3	Zustandsgebiete	46
2.5.4	Gasverflüssigung durch den <i>Joule-Thomson</i> -Effekt	46
	<b>Übungen zu Kapitel 2</b>	<b>47</b>
<b>3</b>	<b>Das chemische Gleichgewicht</b>	<b>49</b>
<b>3.1</b>	<b>Das Massenwirkungsgesetz</b>	<b>49</b>
<b>3.2</b>	<b>Berechnung von Gleichgewichten</b>	<b>52</b>
<b>3.3</b>	<b>Die Gleichgewichtskonstante <math>K_p</math> für Gasgleichgewichte</b>	<b>56</b>
<b>3.4</b>	<b>Heterogene Gleichgewichte</b>	<b>59</b>
<b>3.5</b>	<b>Die Verschiebung der Gleichgewichtslage</b>	<b>60</b>

<b>3.6</b>	<b>Protolysegleichgewichte</b> .....	<b>63</b>
3.6.1	Autoprotolyse des Wassers .....	63
3.6.2	pH- und pOH-Wert starker Säuren und Basen .....	64
3.6.3	pH- und pOH-Wert schwacher Säuren und Basen .....	66
3.6.4	pH-Wert von Salzlösungen .....	72
3.6.5	Pufferlösungen .....	75
3.6.6	Protolyse mehrprotoniger Säuren .....	78
3.6.7	Löslichkeitsprodukt .....	79
	<b>Übungen zu Kapitel 3</b> .....	<b>83</b>
<b>4</b>	<b>Energie und Molekularbewegung</b> .....	<b>87</b>
4.1	Energiebegriff und Energieerhaltungssatz .....	87
4.2	Kinetische Gastheorie oder das molekulare Modell des idealen Gases .....	88
4.3	Temperatur, kinetische Energie und Wärme .....	90
4.4	<i>Maxwell/Boltzmann</i> -Verteilung .....	92
4.5	Wärmelehre, Reaktionswärme, Brennwert und Heizwert .....	96
	<b>Übungen zu Kapitel 4</b> .....	<b>104</b>
<b>5</b>	<b>Allgemeine und chemische Thermodynamik</b> .....	<b>106</b>
5.1	System und Phase .....	107
5.2	Zustandsgröße und Zustandfunktion .....	108
5.3	Volumenänderungsarbeit .....	110
5.4	Reversible und irreversible Prozesse .....	111
5.5	Nullter Hauptsatz der Thermodynamik .....	115
5.6	Erster Hauptsatz der Thermodynamik .....	115
5.6.1	Die innere Energie und die Enthalpie .....	118
5.6.2	Molare Bildungsenthalpie und molare Bildungsenergie .....	122
5.6.3	Der Satz von <i>Heß</i> und die Reaktionsenthalpie .....	123
5.6.4	Phasenumwandlungsenthalpien .....	127
5.6.5	Isochore und isobare Zustandsänderung des idealen Gases .....	131
5.6.6	Enthalpieänderung in Lösungen .....	133
5.6.7	Molekulare Interpretation der Wärmekapazität .....	137
5.6.8	Temperaturabhängigkeit der Wärmekapazität .....	142
5.6.9	Temperaturabhängigkeit der Reaktionsenthalpie .....	144
5.6.10	Zustandsänderung des idealen Gases im adiabatischen System .....	146
5.6.11	Polytrope Prozesse .....	150
5.7	Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik .....	152
5.7.1	Die Entropie als kalorische Größe .....	153
5.7.2	Entropie bei Zustandsänderungen von Gasen .....	158
5.7.3	Entropie und Wahrscheinlichkeit .....	160
5.7.4	Der <i>Carnot</i> -Kreisprozess und der Wirkungsgrad von Wärmekraftmaschinen .....	167
5.7.5	Exergie und Anergie .....	171
5.7.6	Phasenumwandlungsentropien .....	174
5.7.7	Steckbrief der Entropie .....	175
5.8	Der dritte Hauptsatz der Thermodynamik .....	175
5.9	Die Spontanität chemischer Reaktionen .....	176
5.9.1	Der <i>gibbssche</i> Satz .....	177

5.9.2	Anwendung des <i>gibbs</i> schen Satzes auf das chemische Gleichgewicht	183
5.9.3	Temperatur- und Druckabhängigkeit der Gleichgewichtskonstante	189
	<b>Übungen zu Kapitel 5</b>	192
<b>6</b>	<b>Reaktionskinetik</b>	<b>198</b>
6.1	Die Reaktionsgeschwindigkeit	198
6.2	Konzentrationsabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	201
6.3	Zeitabhängigkeit der Konzentration	204
6.3.1	Reaktionen 1. Ordnung	204
6.3.2	Reaktionen 2. Ordnung	208
6.3.3	Reaktionen nullter Ordnung	211
6.4	Reaktionsordnung und Reaktionsmolekularität	212
6.4.1	Elementarreaktionen	213
6.4.2	Elementarreaktionen und ihre Geschwindigkeitsgesetze	214
6.4.3	Der Mechanismus einer Reaktion	216
6.5	Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	218
6.6	Katalyse	222
6.6.1	Homogene Katalyse	224
6.6.2	Heterogene Katalyse	225
	<b>Übungen zu Kapitel 6</b>	229
<b>7</b>	<b>Phasengleichgewichte</b>	<b>231</b>
7.1	Der Dampfdruck	231
7.2	Phasendiagramme von Einkomponentensystemen	234
7.3	Phasendiagramme von Mehrkomponentensystemen und Systeme mit Mischungslücken	236
7.4	Phasengleichgewichte flüchtiger Zweikomponentensysteme	239
7.4.1	Dampfdruckdiagramme	239
7.4.2	Isotherme Gleichgewichtskurve	240
7.4.3	Isobares Siedediagramm	241
7.4.4	Destillation	243
7.4.5	Rektifikation	246
7.4.6	Trägerdampfdestillation	248
7.5	Phasengleichgewichte nichtflüchtiger Zweikomponentensysteme	250
7.6	Absorptionsgleichgewicht und <i>henry-dalton</i> sches Gesetz	254
7.7	<i>Nemst</i> scher Verteilungssatz	255
7.8	Adsorptionsgleichgewichte	258
	<b>Übungen zu Kapitel 7</b>	259
<b>8</b>	<b>Lösungen</b>	<b>262</b>
8.1	Kolligative Eigenschaften	262
8.2	Binäre Mischungen mit nur einer flüchtigen Komponente	262
8.2.1	Dampfdruckerniedrigung	262
8.2.2	Siedepunktserhöhung	265
8.2.3	Gefrierpunktserniedrigung	266
8.2.4	Osmose	270
8.2.5	Kolligative Eigenschaften von Elektrolytlösungen	274
	<b>Übungen zu Kapitel 8</b>	276

<b>9</b>	<b>Elektrochemie</b>	<b>277</b>
9.1	Elektrolyte	277
9.2	Elektrolyse	279
9.2.1	Vorgänge bei der Elektrolyse	279
9.2.2	Elektrolyse wässriger Lösungen	280
9.2.3	Quantitative Gesetze der Elektrolyse	282
9.3	Leitfähigkeit	285
9.4	Wanderungsgeschwindigkeit und Ionenbeweglichkeit	288
9.5	Molare Leitfähigkeit	293
9.6	Die Leitfähigkeit starker und schwacher Elektrolyte	295
9.7	Hittorfsche Überführungszahlen	301
9.8	Praktische Anwendungen von Leitfähigkeitsmessungen	304
9.8.1	Bestimmung der Protolysekonstante	304
9.8.2	Bestimmung des Löslichkeitsprodukts	305
9.8.3	Leitfähigkeitstitration (Konduktometrie)	306
9.9	Galvanische Elemente	308
9.9.1	Galvanisches Halbelement und galvanische Kette	308
9.9.2	Das Potential einer Zelle und die Potentialdifferenz	310
9.9.3	Elektrochemische Spannungsreihe	312
9.9.4	Nernstsche Gleichung	316
9.9.5	Elektroden 1. und 2. Art	322
9.9.6	Potentiometrie	325
9.9.7	Elektrolyse und galvanische Polarisation	326
9.9.8	Technisch wichtige galvanische Elemente	330
9.9.9	Korrosion	334
	Übungen zu Kapitel 9	336

## **Anhang** **340**

<b>Tabelle A I:</b>	Molare Bildungsenthalpien, molare freie Bildungsenthalpien und molare Reaktionsentropien	340
<b>Tabelle A II:</b>	Wärmekapazitäten	346
<b>Tabelle A III:</b>	Molare Schmelzenthalpien und molare Verdampfungsenthalpien	348
<b>Tabelle A IV:</b>	Elektrochemische Spannungsreihe mit den Standardpotentialen wichtiger Redoxpaare	349
<b>Tabelle A V:</b>	Leitfähigkeiten bei unendlicher Verdünnung von Kationenäquivalenten und Anionenäquivalenten	350
<b>Tabelle A VI:</b>	Leitfähigkeiten von Äquivalenten ausgewählter Elektrolytlösungen	350
<b>Tabelle A VII:</b>	Leitfähigkeiten und Äquivalentleitfähigkeiten wässriger Lösungen von Verbindungen bei unterschiedlichen Massenanteilen	351
	Lösungen zu den Übungsaufgaben	354
	Sachwortverzeichnis	395
	Formelzeichen	401