

Inhaltsverzeichnis

	Verzeichnis der häufig benutzten Symbole.....	5
1.	Einleitung.....	8
2.	Thermodynamische Systeme.....	10
2.1.	Phasen.....	11
2.2.	Komponenten.....	12
3.	Zustandsfunktionen.....	13
3.1.	Druck.....	15
3.2.	Temperatur.....	15
3.3.	Chemische Zusammensetzung.....	16
3.3.1.	Graphische Darstellungen der Zusammensetzungen.....	18
4.	Thermische Zustandsgleichung.....	30
4.1.	Volumen reiner Phasen.....	30
4.1.1.	Ausdehnungs-, Kompressibilitäts- und Spannungskoeffizient.....	32
4.1.1.1.	Rechenbeispiele zur thermischen Ausdehnung und Kompressibilität.....	40
4.1.2.	Volumen idealer und realer Gase als Zustandsfunktion.....	48
4.1.3.	Volumen kondensierter Stoffe.....	49
4.1.4.	Bestimmungen der Molvolumina von Mineralen aus röntgenographischen Daten und Dichteangaben.....	52
4.2.	Volumina der Mischphasen.....	54
4.2.1.	Partielles Molvolumen.....	55
4.2.2.	Mittleres Molvolumen.....	57
4.2.3.	Volumina binärer Mischungen.....	58
4.2.4.	Reaktionsvolumen.....	62
4.2.5.	Mineralogische Beispiele für Volumina in Mischphasen....	63
5.	Kalorische Zustandsgleichungen.....	72
5.1.	Erster Hauptsatz der Thermodynamik.....	72
5.1.1.	Volumenarbeit.....	73
5.1.2.	Enthalpie.....	77
5.1.3.	Innere Energie und Enthalpie reiner Phasen.....	79
5.1.3.1.	Molwärmen C_V und C_P	80
5.1.3.1.1.	Temperaturabhängigkeit der Molwärmen.....	84
5.1.3.1.2.	Temperaturabhängigkeit der Enthalpie reiner Phasen.....	89
5.1.3.2.	Umwandlungsenthalpie reiner Stoffe.....	91
5.1.4.	Enthalpie zusammengesetzter Systeme und Phasen	

	(Mischphasen)	95
5.1.4.1.	Beispiel für Mischungswärmen bzw. mittlere molare sowie partielle molare Enthalpien in einem binären System.....	100
5.1.4.2.	Reaktionsenthalpie.....	103
5.1.4.2.1.	Temperaturabhängigkeit der Reaktionsenthalpie.....	105
5.1.4.3.	Heßscher Satz.....	107
6.	Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik (Entropiesatz)...	109
6.1.	Definition der Entropie.....	110
6.2.	Entropie reiner Phasen.....	111
6.2.1.	Temperaturabhängigkeit der Entropie.....	113
6.2.2.	Entropieänderungen bei Phasenumwandlungen.....	117
6.2.3.	Entropieänderungen bei irreversiblen Phasentransformationen.....	119
6.3.	Entropie zusammengesetzter Systeme.....	124
6.3.1.	Mischungsentropie idealer Gasmischungen.....	124
6.3.2.	Mischungsentropie idealer Mischkristalle.....	127
6.3.3.	Reaktionsentropie und ihre Abhängigkeit von der Temperatur.....	130
7.	Gibbs'sche Freie Energie und Freie Enthalpie.....	133
7.1.	Chemisches Potential reiner Phasen.....	135
7.1.1.	Chemisches Potential reiner idealer Gase.....	136
7.1.2.	Chemisches Potential reiner realer Gase.....	136
7.1.3.	Chemisches Potential reiner fester Phasen.....	140
7.2.	Chemisches Potential von Komponenten in Mischphasen.....	141
7.2.1.	Chemisches Potential eines idealen Gases in idealen Gasmischungen.....	144
7.2.2.	Chemisches Potential realer Gase in idealen und realen Gasmischungen.....	146
7.2.3.	Chemisches Potential der Komponenten in idealen kondensierten Mischphasen.....	149
7.2.4.	Chemisches Potential der Komponenten in realen kondensierten Mischungen.....	155
7.2.4.1.	Die Abhängigkeit des Aktivitätskoeffizienten von der Zusammensetzung der Mischphase.....	155
7.2.4.2.	Das Standardpotential (Normierung).....	157
7.2.4.3.	Temperatur- und Druckabhängigkeit des	

	Aktivitätskoeffizienten.....	162
7.2.5.	Mittlere molare Freie Mischungsenthalpie.....	164
7.2.5.1.	Aktivitätskoeffizienten symmetrischer und asymmetrischer Mischungen.....	166
7.2.5.2.	Aktivitätskoeffizienten in ternären Mischungen.....	178
7.3.	Freie Reaktionsenthalpie.....	180
7.3.1.	Standardreaktion und Freie Standardreaktionsenthalpie ..	181
8.	Thermisches Gleichgewicht.....	184
8.1.	Stabilität und Phasengleichgewichte in Einstoff- systemen.....	184
8.1.1.	Druck- und Temperaturabhängigkeit von Phasengleichgewichten in Einstoffsysteinen.....	188
8.2.	Gleichgewichtsbedingungen in reaktionsfähigen Systemen.....	191
8.2.1.	Thermodynamisches Gleichgewicht in Reaktionen mit Beteiligung reiner fester Phasen.....	192
8.2.2.	Fest-Festreaktionen mit Beteiligung von Mischphasen...	200
8.2.3.	Reaktionsgleichgewichte mit Beteiligung von Gasen.....	206
8.2.3.1.	Reaktionen unter Beteiligung idealer Gase in idealen Gasmischungen.....	206
8.2.3.2.	Reaktionen mit realen Gasen in idealen und realen Gasmischungen.....	211
8.3.	Druck- und Temperaturabhängigkeit der thermo- dynamischen Gleichgewichtskonstante.....	214
8.4.	Gleichgewichts- und Stabilitätsbedingungen bei Mischphasen.....	217
8.4.1.	Beziehungen zwischen der mittleren molaren Freien Enthalpie bzw. mittleren molaren Freien Mischungs- enthalpie und dem Phasendiagramm in binären Systemen.....	226
8.5.	Gibbs'sche Phasenregel.....	230
8.6.	Verteilungskoeffizient.....	234
8.6.1.	Temperatur- und Druckabhängigkeit des Verteilungs- koeffizienten.....	241
9.	Thermodynamik wäßriger Lösungen und silikatischer Schmelzen.....	244
9.1.	Wäßrige Lösungen.....	244
9.2.	Schmelzen.....	261
9.2.1.	Schmelzen reiner Phasen.....	261

9.2.2.	Schmelzen mehrkomponentiger Systeme.....	263
10.	Geothermometrie und Geobarometrie.....	268
10.1.	Beispiele für Geothermo- und Geobarometer.....	270
10.1.1.	Phasengleichgewichte in Einstoffsystemen.....	270
10.1.1.1.	Intrakristalline Gleichgewichte.....	272
10.1.2.	Phasengleichgewichte in einem Zweistoffsystem.....	275
10.1.3.	Reaktionsgleichgewichte mit festen Phasen als Reaktionsteilnehmer.....	278
10.1.4.	Reaktionsgleichgewichte mit Beteiligung gasförmiger Komponenten.....	283
11.	Gewinnung thermodynamischer Daten aus den Gleichgewichtsuntersuchungen an Ein- und Mehrstoffsystemen.....	288
11.1.	Fehlerfortpflanzung.....	294
12.	Literatur.....	297
13.	Sachverzeichnis.....	307