

# I. Inhaltsverzeichnis

	Seite:
I. Inhaltsverzeichnis	I
II. Abkürzungen	IV
1. <b>Einleitung</b>	1
1.1 <i>Einführung und Zusammenfassung der Ergebnisse</i>	1
1.1.1 Fragestellungen	1
1.1.2 Zusammenfassung der Ergebnisse	2
1.2 <i>Chondrite und Chondren</i>	5
1.3 <i>Pyroxene</i>	8
1.4 <i>Entmischung und Klinopyroxene</i>	17
1.4.1 Keimbildung und Wachstum versus spinodale Entmischung	17
1.4.2 Thermodynamik der Entmischung	18
1.4.3 Spinodale Entmischung und lamellare Gefüge	21
1.4.4 Merkmale und Nachweis einer spinodalen Entmischung	22
1.5 <i>Vergrößerung</i>	25
1.5.1 Theorie nach LIFSHITZ, SLYOZOV (1961) und WAGNER (1961)	25
1.5.2 Erweiterungen der LSW-Theorie	26
1.5.3 Vergrößerungsmechanismen	28
1.5.4 Vergrößerung von lamellaren Entmischungen in Klinopyroxenen	28
2. <b>Experimentelles</b>	31
2.1 <i>Methoden</i>	31
2.1.1 Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)	31

2.1.2	Hochauflösende TEM (HRTEM)	34
2.1.3	Energiedispersive Röntgenmikroanalyse	35
2.1.4	Elektronenstrahlmikrosonde	38
2.1.5	Röntgenpulverdiffraktometrie	39
2.2	<i>Synthese der Pyroxenphase</i>	40
2.2.1	Herstellung des Ausgangsglases	40
2.2.2	Hochdruckexperimente	40
2.3	<i>Isotherme Temperexperimente</i>	42
2.3.1	Vorbereitung des Temperofens	42
2.3.2	Eichen der Thermoelemente	43
2.3.3	Ablauf eines Temperexperiments	43
2.4	<i>Kühlexperimente</i>	45
3	<b>Ergebnisse</b>	47
3.1	<i>Charakterisierung des Ausgangsmaterials</i>	47
3.1.1	Glasphase für die Hochdrucksynthese	47
3.1.2	Pyroxenphase	48
3.2	<i>Ergebnisse der isothermen Temperexperimente</i>	50
3.2.1	Einleitung und Zusammenfassung der Ergebnisse	50
3.2.2	Lamellare Entmischung	59
3.2.3	Vergrößerung der entmischten Lamellen	73
3.2.4	Temperexperiment mit der Glasprobe	85
3.3	<i>EDX-Analyse einzelner vergrößerter Lamellen</i>	85
3.4	<i>Zwillinge nach (100)</i>	87
3.5	<i>Häufigkeitsverteilungen der gemessenen Lamellenbreiten bei 1100, 1200 und 1300 °C</i>	88
3.6	<i>Ergebnisse der Kühlexperimente</i>	89
3.6.1	Einleitung und Zusammenfassung	89

3.6.2	Kühlgeschwindigkeit: 1,2 K/h	93
3.6.3	Kühlgeschwindigkeit: 2,4 K/h	97
3.6.4	Kühlgeschwindigkeit: 10,2 K/h	100
3.6.5	Experimente mit einer Starttemperatur von 1450 °C	102
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>104</b>
4.1	<i>Entmischung unter isothermen Bedingungen</i>	105
4.1.1	Einleitung und Zusammenfassung	105
4.1.2	Diskussion des Entmischungsverlaufs	107
4.1.3	Richtungen der Entmischung	111
4.1.4	Grenze zwischen Entmischung und Vergrößerung	114
4.2	<i>Vergrößerung unter isothermen Bedingungen</i>	114
4.2.1	Einleitung, Definition von $t_0$ und $\lambda_0$	114
4.2.2	Mechanismus der Vergrößerung	115
4.2.3	Vergrößerungstheorien	116
4.2.4	Vergleich der neuen Daten mit den Daten von MCCALLISTER (1978)	129
4.2.5	EDX-Analysen einzelner Lamellen	133
4.3	<i>Vergrößerte Lamellen nach "100"</i>	134
4.4	<i>Antiphasendomänen</i>	135
4.5	<i>Kühlexperimente</i>	135
4.6	<i>Auswirkungen der Ergebnisse auf die Ermittlung von Abkühlgeschwindigkeiten der Chondren</i>	138
<b>5.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>141</b>
<b>6.</b>	<b>Anhang</b>	<b>150</b>

## II. Abkürzungsverzeichnis

### *Im Text verwendete Abkürzungen von Methoden:*

TEM	Transmissionselektronenmikroskopie ( <b>T</b> ransmission <b>E</b> lectron <b>M</b> icroscopy)
HRTEM	Hochauflösende Transmissionselektronenmikroskopie ( <b>H</b> igh- <b>R</b> esolution <b>T</b> ransmission <b>E</b> lectron <b>M</b> icroscopy)
EELS	Elektronen-Energieverlust-Spektroskopie ( <b>E</b> lectron- <b>E</b> nergy- <b>L</b> oss- <b>S</b> pectroscopy)
GIF	<i>Gatan</i> Image-Filter
EDX	Energiedispersive Röntgenmikroanalyse ( <b>E</b> nergy- <b>D</b> ispersive <b>X</b> -Ray Analysis)
ESMA	Elektronen-Strahl-Mikro-Analyse

### *Im Text verwendete Abkürzungen:*

HF	TEM Hellfeld
DF	TEM Dunkelfeld
SAED	Feinbereichsbeugung ( <b>S</b> electe <b>A</b> re <b>E</b> lectron- <b>D</b> iffraction)
$a^*, c^*$	Richtungen im reziproken Raum
a-Reflexe	Reflexe des Typs $h + k = 2n$
b-Reflexe	Reflexe des Typs $h + k = 2n + 1$
HDE	Hochdruckexperiment
APD	Antiphasendomänen
Di	Diopsid
En	Enstatit
Pig	Pigeonit
$\Delta G$	Gibbs'sche freie Enthalpie
$c, c_a, c_b$	Chemische Konzentration (allgemein bzw. des Stoffs a oder b)
$k^*_{CaSi}$	k-Faktor nach CLIFF & LORIMER (1975) für At.-%
$I_a, I_b$	Intensität der Röntgenmaxima des Stoffs a bzw. b

N	Anzahl der Zählereignisse
LSW-Theorie	Vergrößerungstheorie nach LIFSHITZ, SLYOZOV (1961) und WAGNER (1961)
$\rho$	Obere Grenze einer Größenklasse von vergrößerten Partikeln
H( $\rho$ )	Häufigkeitsverteilung
T	Temperatur
t	Zeit
R	Gaskonstante (8,314 J/mol· K)
r	Partikelradius
$\bar{r}$	Mittlerer Partikelradius
$\bar{r}_t$	Mittlere Größe eines Partikels nach der Zeit t
$\bar{r}_0$	Mittlere Größe eines Partikels zu Beginn der Vergrößerung
$\lambda$	Wellenlänge einer lamellaren Entmischung
$\lambda_0$	Wellenlänge einer lamellaren Entmischung zu Beginn der Vergrößerung (initiale Wellenlänge)
$t_0$	Dauer bis Entmischungsprozess beendet ist und die Vergrößerung beginnt
k, K	Konstanten in Vergrößerungsgesetzen
D	Diffusionskoeffizient
$C_\alpha$	Sättigungskonzentration für den Grenzfall unendlich großer Partikel
$V_m$	Molvolumen
$\sigma$	Grenzflächenspannung
$\Delta H^*$	Aktivierungsenthalpie
$3\sigma$	Dreifache Standardabweichung (Fehler der Zählstatistik von gaußverteilten Intensitätsmaxima bei EDX)
$R^2$	Bestimmtheitsmaß