

## Kapitel 5

# Ergebnisse der Untersuchungen zu den Wärmetransporteigenschaften

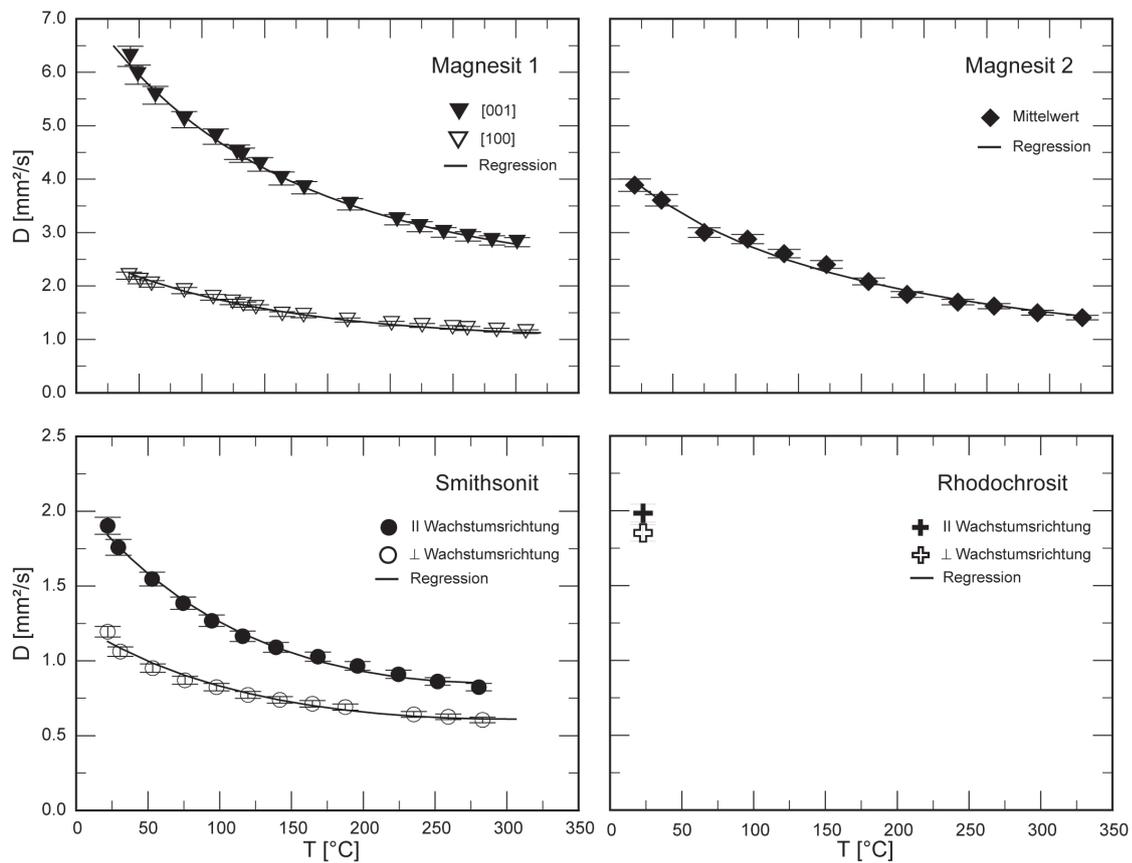
Ein Ziel dieser Arbeit ist die systematische Bestimmung des vollständigen Tensors der Temperaturleitfähigkeit von trigonalen und orthorhombischen Karbonaten. Aus diesem Grund werden die Messungen an orientierten Proben vorgenommen. Durch die Symmetrie der Karbonate müssen für diesen Tensor 2. Stufe nicht sechs unabhängige Komponenten, sondern nur zwei für trigonale Karbonate bzw. drei Komponenten für orthorhombische Karbonate bestimmt werden. Die Messungen in den einzelnen Raumrichtungen erfolgen im Temperaturbereich zwischen  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  und maximal  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Die maximale Temperatur ergibt sich aus den Dissoziationstemperaturen der Karbonate (Tab. 4.3, Abb. 4.28). Für die temperaturabhängigen Messungen werden Aufheizraten des Ofens zwischen  $2,5$  und  $5\text{ K/min}$  gewählt. Dadurch wird die Entstehung von thermischen Spannungen in den Proben vermindert und dadurch der Entstehung von Rissen vorgebeugt. Die Messungen werden in Temperaturstufen zwischen  $20\text{ Kelvin}$  und  $50\text{ Kelvin}$  durchgeführt. Bei jedem temperaturabhängigen Experiment werden zwischen  $3$  und  $5$  einzelne Messungen je Temperaturstufe durchgeführt. Um die Messungen in einem thermisch annähernd ausgeglichenen System durchführen zu können, werden zwischen den einzelnen Messungen einer Temperaturstufe Wartezeiten von  $3$  bis  $5\text{ min}$  eingehalten. Die Wartezeit ist abhängig von den thermischen Eigenschaften des gemessenen Material und der Probengröße. Die Messergebnisse repräsentieren jeweils das arithmetische Mittel dieser Einzelmessungen.

Zur Bestimmung der mittleren Temperaturleitfähigkeit aus den einzelnen richtungsabhängigen Werten einer Temperatur wird der Voigt-Reuss-Mittelwert verwendet (siehe Kapitel 2.5, Gl. 2.32).

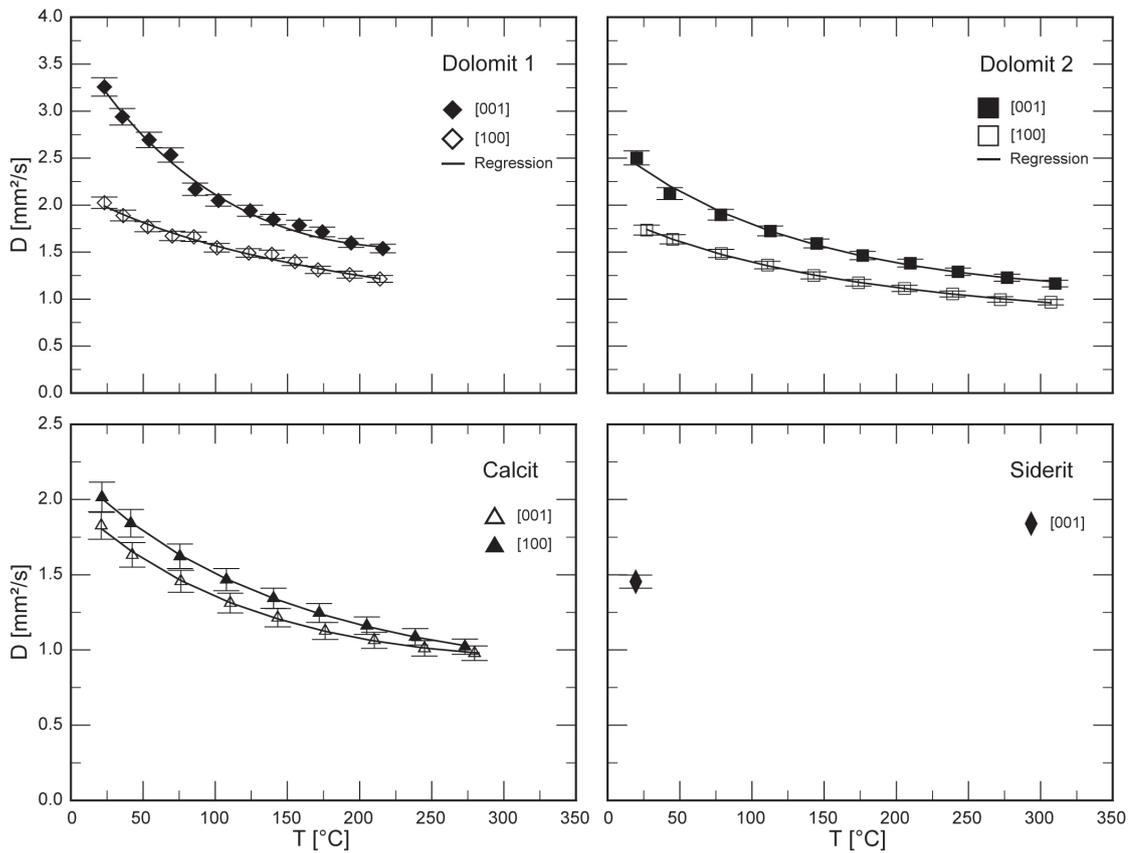
## 5.1 Trigonale Karbonate

Die Temperaturleitfähigkeit der trigonalen Karbonate variiert bei Raumtemperatur zwischen  $6,30 \text{ mm}^2/\text{s}$  für Magnesit in [001]- Richtung und  $1,20 \text{ mm}^2/\text{s}$  für Smithsonit senkrecht zur Wachstumsrichtung. Alle Karbonate zeigen die höchste Temperaturleitfähigkeit in Richtung der [001]- Richtung. Bei den Mineralproben ohne zugeordnete kristallographische Orientierung wird in maximale und minimale Temperaturleitfähigkeit unterschieden. In diesen Mineralen wird die maximale Temperaturleitfähigkeit in Richtung der Wachstumsrichtung beobachtet. Die Minerale Rhodochrosit und Siderit wurden aufgrund fehlenden Probenmaterials nur bei Raumtemperatur untersucht. In Abb. 5.1 und Abb. 5.2 sind die gemessenen Temperaturleitfähigkeiten in Abhängigkeit von der Orientierung und der Temperatur dargestellt. Die beobachtete Temperaturleitfähigkeit wird mit dem Modell von Roufosse and Klemens (1974) angepasst. Bei Temperaturerhöhung kommt es zu einer Abnahme der Temperaturleitfähigkeit. In den Tabellen 8.2 bis 8.7 ist die Temperaturleitfähigkeit, in Abhängigkeit von der Temperatur und der kristallographischen Orientierung und die Ergebnisse der Regressionsanalyse (Roufosse and Klemens (1973), Gl. 6.11) aufgelistet.

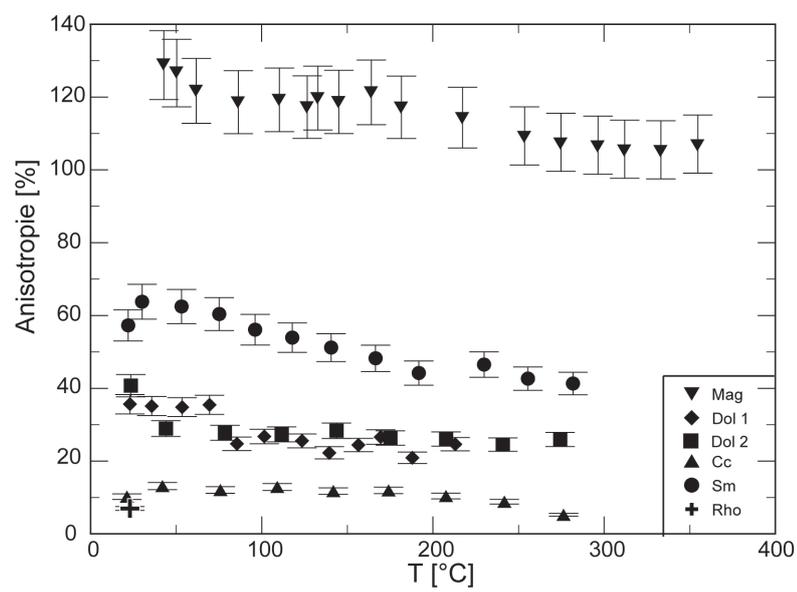
Die Anisotropie (nach Gl. 2.28) der Temperaturleitfähigkeit variiert bei den trigonalen Karbonaten zwischen 129 % im Magnesit und 7 % im Rhodochrosit. Der temperaturabhängige Verlauf der Anisotropie der trigonalen Karbonate ist in Abb. 5.3 dargestellt. Im Anhang auf Seite 92 in Tab. 8.13 ist die beobachtete Anisotropie zusammengestellt.



**Abbildung 5.1:** Der temperaturabhängige Verlauf der Temperaturleitfähigkeit trigonaler Karbonate. Die Temperaturleitfähigkeit ist für verschiedene Orientierungen dargestellt. Die gefüllten Symbole repräsentieren die kristallographische [001] Richtung bzw. die Wachstumsrichtung und die ungefüllten Symbole die [100] Richtung bzw. senkrecht zur Wachstumsrichtung. Die als durchgezogene Linie dargestellte Regressionskurve wurde nach Roufosse and Klemens (1974) berechnet.



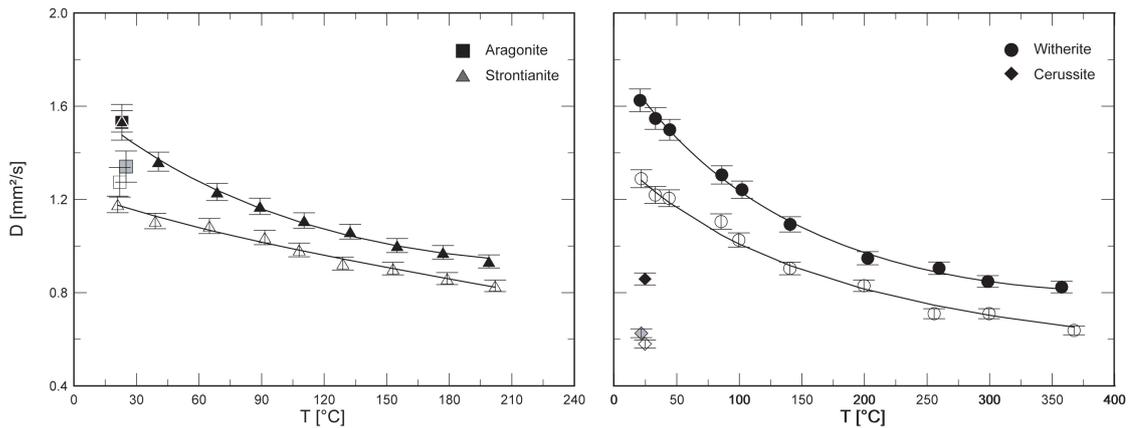
**Abbildung 5.2:** Der temperaturabhängige Verlauf der Temperaturleitfähigkeit trigonaler Karbonate. Die Temperaturleitfähigkeit ist für verschiedene Orientierungen dargestellt. Die gefüllten Symbole repräsentieren die kristallographische [001] Richtung bzw. die bevorzugte Wachstumsrichtung und die ungefüllten Symbole die [100] Richtung bzw. senkrecht zur Vorzugswachstumsrichtung. Die als durchgezogene Linie dargestellte Regressionskurve wurde nach Roufosse and Klemens (1974) berechnet.



**Abbildung 5.3:** Die Anisotropie trigonaler Karbonate als Funktion der Temperatur. Die Anisotropie ist als Funktion der Temperatur dargestellt. Die verwendeten Abkürzungen der Minerale: Mag = Magnesit, Dol 1 = Dolomit 1, Dol 2 = Dolomit 2, Cc = Calcite, Sm = Smithsonit und Rho = Rhodochrosit.

## 5.2 Orthorhombische Karbonate

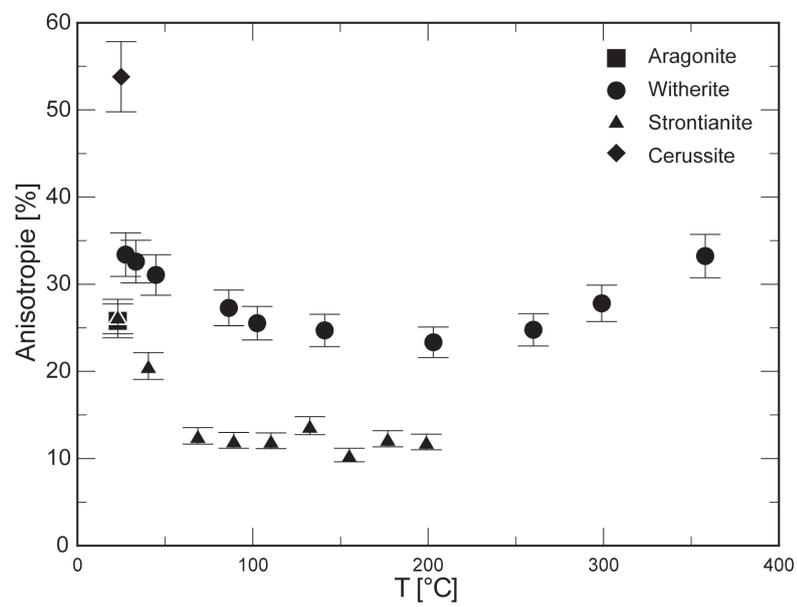
Die Temperaturleitfähigkeiten der orthorhombischen Karbonate variieren weniger als bei den trigonalen Karbonaten. Die höchste Temperaturleitfähigkeit weist Witherit in der bevorzugten Wachstumsrichtung mit  $1,63 \text{ mm}^2/\text{s}$ , die geringste Cerussit mit  $0,58 \text{ mm}^2/\text{s}$  in Richtung der kristallographischen [100] Richtung auf. Die Temperaturleitfähigkeit als Funktion der Temperatur und der Orientierung ist in Abb. 5.4 dargestellt. Eine Auflistung der Messwerte in Abhängig-



**Abbildung 5.4:** Die Temperaturleitfähigkeit der orthorhombischen Karbonate in Abhängigkeit von der Temperatur und für unterschiedliche Orientierungen. Die schwarz gefüllten Symbole repräsentieren die bevorzugte Wachstumsrichtung bzw. die kristallographische [001] Richtung, die ungefüllten Symbole die [100] Richtung bzw. senkrecht zur Wachstumsrichtung. Die Symbole mit grauer Füllung entsprechen der kristallographischen [010] Richtung.

keit von der Temperatur und kristallographischen Orientierung ist in den Tabellen 8.8 bis 8.10 zu finden.

Die Minerale Cerussit und Aragonit werden aus präparationstechnischen Gründen und zu geringen Mengen an Probenmaterial nur bei Raumtemperatur untersucht. Daher kann die Anisotropie nur bei Raumtemperatur bestimmt werden. Die maximale Anisotropie beträgt 54 % im Mineral Cerussit. Aragonit zeigt die geringste Anisotropie mit 26 % (siehe Abb. 5.5). Die berechnete Anisotropie der orthorhombischen Karbonate ist im Anhang in Tab. 8.11 aufgelistet.



**Abbildung 5.5:** Die Anisotropie der Temperaturleitfähigkeit orthorhombische Karbonate in Abhängigkeit von der Temperatur und der Orientierung.

