

Temperaturabhängigkeit der elastischen Materialkonstanten von Gläsern

Einleitung und Zielsetzung

Die elastischen Konstanten stellen wichtige Kenngrößen zur Charakterisierung von Werkstoffen dar. Mit Hilfe von Ultraschallwellen können die elastischen Konstanten von homogenen Gläsern aufgrund der Isotropie der Eigenschaften leicht bestimmt werden. Aus der longitudinalen und transversalen Schallgeschwindigkeit in dem Material wird bei Kenntnis der Dichte der gesamte Satz der elastischen Konstanten ermittelt.

Die elastischen Konstanten von Gläsern hängen von der chemischen Zusammensetzung ab. Für bestimmte Anwendungen wie z.B. Ultraschallverzögerungsleitungen kommen Gläser bestimmter Zusammensetzung zum Einsatz, bei denen unter nicht zu starken Temperaturschwankungen eine Konstanz der Verzögerungszeit gewährleistet sein muß. Die meisten verwendeten Gläser weisen jedoch eine mehr oder weniger starke Abhängigkeit dieser Eigenschaften von der Temperatur auf. Diese Temperaturabhängigkeit wird über die Änderung der Laufzeit von Ultraschallwellen bestimmt.

Experimentelles

Eine quaderförmige Glasprobe, die mit einem einstufigen Profil versehen ist, wird auf den Stirnflächen planparallel präpariert. Mit der Stufe voran wird diese Probe in einem elektrisch beheizten Temperofen positioniert. Das andere Ende der Probe wird in einer Halterung fixiert und durch die Wasserkühlung bei Raumtemperatur gehalten. Dadurch sind die temperaturempfindlichen Piezokeramik-Schallwandler, die an diese Seite angekoppelt werden, von der heißen Zone thermisch getrennt. Die Temperatursteuerung erfolgt über einen PID-Regler. Die Glasprobe wird auf die gewünschten Temperaturen gebracht. Die Höhe der Stufe stellt dabei die Meßstrecke dar. Nach dem Temperatúrausgleich wird die Messung durchgeführt.

Mit dem Impuls-Echo-Verfahren wird die Schallgeschwindigkeit bestimmt, die sich aus der Laufzeitdifferenz der beiden Rückwandechos und der Laufstrecke des Signals ergibt. Die Laufstrecke im Glas wird dabei wegen der thermischen Ausdehnung entsprechend korrigiert.

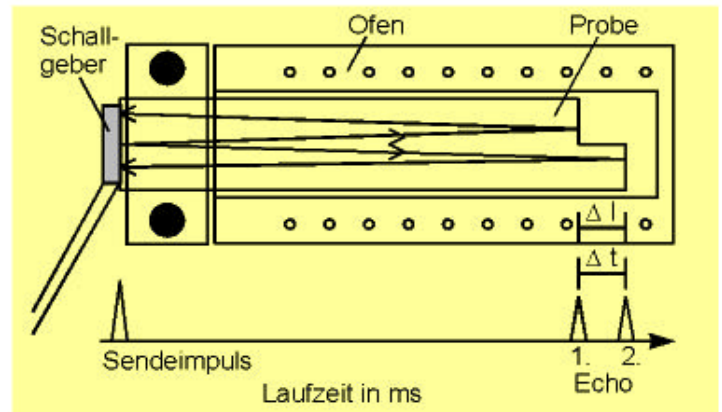


Abbildung 1: Schemazeichnung der Versuchsanordnung

Ergebnis

Für das Standardglas I der DGG, (Zusammensetzung in Gew.-%: 71.7 SiO₂, 1.2 Al₂O₃, 0.19 Fe₂O₃, 0.137 TiO₂, 0.436 SO₃, 6.73 CaO, 4.18 MgO, 14.95 Na₂O, 0.38 K₂O) als Beispiel wird die Temperaturabhängigkeit der elastischen Materialkonstanten in Abbildung 2 dargestellt. Mit steigender Temperatur wird eine Abnahme der elastischen Moduln beobachtet. Von Raumtemperatur bis in den Bereich der Transformationstemperatur (T_g) bei 540 °C beträgt diese Abnahme ca. 8%. Oberhalb von T_g verstärkt sich dieses Verhalten deutlich aufgrund der schwächer werdenden Bindungskräfte und den damit verbundenen strukturellen Änderungen im Glasnetzwerk.

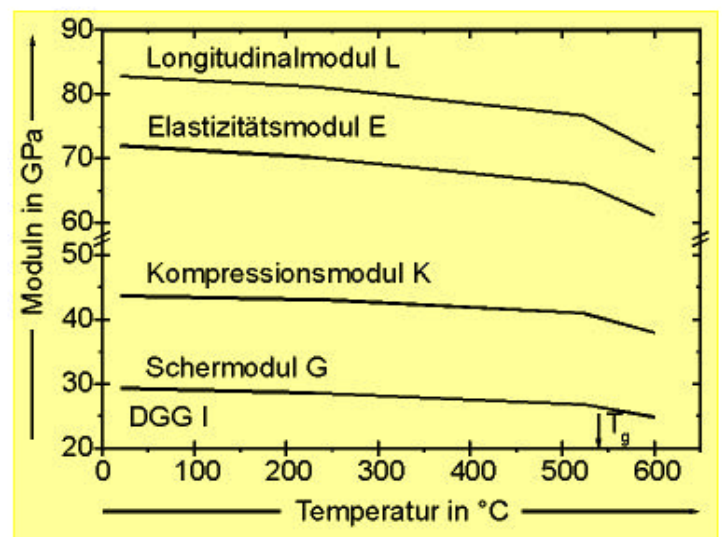


Abbildung 2: Elastische Konstanten als Funktion der Temperatur