

# Identifikation der Materialparameter von Kunststoffen

Messung von Elastizitätsmodul und Dämpfung (Verlustfaktor, Schwinggüte, Absorptionskoeffizient)

## Elastizität und Dämpfung von Kunststoffen

Technische Produkte werden heutzutage üblicherweise am Rechner konstruiert. Zur Berechnung von statischen und dynamischen Verformungen und Spannungen werden dabei zahlenmäßige Annahmen über Elastizitäten der Werkstoffe zugrunde gelegt. Während es sich bei Metallen im Allgemeinen um verlässliche Zahlenwerte handelt, bestehen bei technischen Kunststoffen und auch bei keramischen Werkstoffen häufig erhebliche Unsicherheiten, ob die in Datenblättern angegebenen Zahlenwerte für Elastizitätsmoduli tatsächlich den realen Gegebenheiten entsprechen. Dies gilt insbesondere bei Kunststoffen mit Glas- oder Carbonfaseranteilen, die zunehmend Eingang in die Produktionstechnik finden. In diesem Zusammenhang ist der innovative Ansatz des „Tailoring of Materials“ zu nennen, bei dem über die Mikrostruktur von Werkstoffen deren Eigenschaften gezielt gezüchtet werden.

Noch weniger belastbare Angaben als zur Elastizität findet man meist zur Dämpfung in Materialien. Bei dynamischer oder zyklischer Beanspruchung handelt es sich aber um eine wichtige charakteristische Eigenschaft, denn sie entscheidet maßgeblich über dissipierte Leistungen und über die Eigenerwärmung von Bauteilen. Charakterisiert wird Dämpfung in Festkörpern häufig durch einen Verlustfaktor  $\eta$  (oder alternativ durch ihren Kehrwert, die Schwinggüte  $Q$ ) im nun komplexwertigen Elastizitätsmodul

$$\underline{E} = E (1 + j \eta) = E \left( 1 + \frac{j}{Q} \right).$$

Bei bekannter Frequenz kann aus der Schwinggüte  $Q$  ein Absorptionskoeffizient (Schallschwächungskoeffizient)

$$\alpha = \frac{k}{2Q} \quad (\text{in } 1/m)$$

bestimmt werden ( $k$  ist die Wellenzahl, also der Quotient aus Kreisfrequenz  $\omega$  und Wellengeschwindigkeit  $c$ ), der üblicherweise in ein Dämpfungsmaß

$$\alpha_L = \frac{\alpha}{8.7} \quad (\text{in } dB/m)$$

umgerechnet wird.

## Dynamisch-mechanische Analyse (DMA), Temperaturabhängigkeiten, Glasübergangstemperatur

Zur Bestimmung von Temperaturabhängigkeiten und der Glasübergangstemperatur von Polymeren wird üblicherweise die dynamisch-mechanische Analyse (DMA) angewendet. Dabei werden Proben zyklisch verformt (Fre-

quenzen typisch im Bereich 1 bis 100 Hz) und der Elastizitätsmodul und die Dämpfung aus subresonanten Spannungs-Dehnungs-Messungen abgeleitet.

## Resonanzverfahren mit Frequenzen im kHz-Bereich

Bei der ATHENA Technologie Beratung GmbH werden Elastizität und Dämpfung ebenfalls an stabförmigen Proben gemessen. Wir verwenden jedoch ein laserbasiertes Messverfahren, bei dem die Probe sinusförmig in ihrer Eigenresonanz erregt wird (typischerweise im zweistelligen kHz-Bereich). Dieses Verfahren erlaubt eine sehr genaue Bestimmung des Elastizitätsmoduls  $E$  und der Schwinggüte  $Q$  (bzw. Verlustfaktor  $\eta$ ) sowie des Absorptionskoeffizienten  $\alpha$  im höheren kHz-Bereich, wobei ggf. auch Frequenzabhängigkeiten im Bereich weniger kHz bis etwa 500 kHz definiert aufgenommen werden können.

Da unser Versuchsstand in einem Ofen platziert werden kann, sind wir darüber hinaus in der Lage Temperaturabhängigkeiten des Elastizitätsmoduls und der Schwinggüte für Ihre Werkstoffe zu vermessen.

## „Time-of-flight“-Messungen

Alternativ lassen sich Elastizitätsmoduli durch sogenannte „time-of-flight“-Messungen bestimmen. Dabei wird ein kurzer Puls oder Burst (MHz-Bereich) stirnseitig in eine stabförmige Probe eingekoppelt und gemessen, wie lange es dauert, bis die Welle durch den Stab hindurchgelaufen ist. Bei bekannter Probenlänge lässt sich daraus die Wellengeschwindigkeit und – bei zuvor bestimmter Dichte – der Elastizitätsmodul ermitteln. Aus der Schallschwächung lässt sich der Dämpfungskoeffizient  $\alpha_L$  ableiten. In der Praxis ist das Verfahren allerdings nicht immer ganz einfach anwendbar.

## Kontakt

Autor: Dr.-Ing. Walter Littmann, Leiter der Technischen Entwicklung der ATHENA Technologie Beratung GmbH



ATHENA  
Technologie Beratung GmbH  
Technologiepark 13  
33100 Paderborn

Tel.: +49-52 51-3 90 65 60  
Fax: +49-52 51-3 90 65 63

E-Mail: [info@myATHENA.de](mailto:info@myATHENA.de)  
<http://www.myATHENA.de>