



Claudio Corbisieri

Student	Claudio Corbisieri
Examinator	Prof. Dr. Pierre Jousset
Themengebiet	Plastics Technology

Grundlagen der Materialmodellentwicklung

Materialmodellierung des thermomechanischen Verhaltens von technischen Kunststoffen

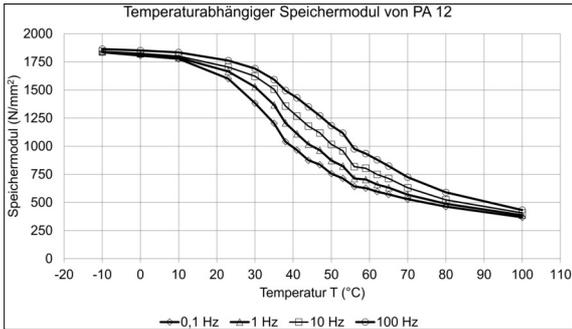


Bild 1: Speichermodul von PA 12 der durchgeführten dynamisch-mechanischen Analyse im Bereich des Glasübergangs
Eigene Darstellung

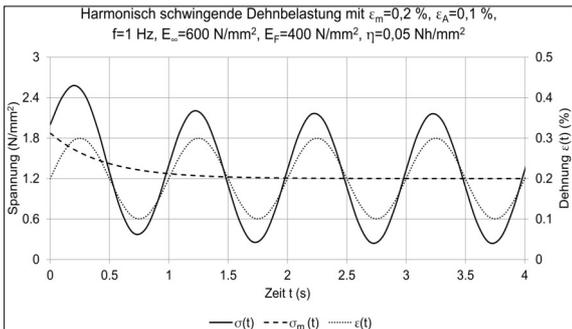


Bild 2: Antwortverhalten des linear-viskoelastischen Materialmodells bei harmonisch schwingender Dehnbelastung
Eigene Darstellung

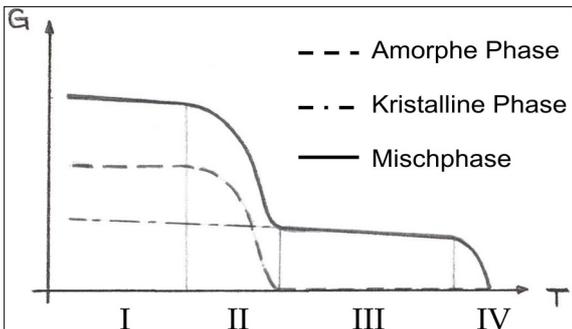


Bild 3: Zu erwartendes Antwortverhalten der unterschiedlichen Phasen abgeleitet aus den durchgeführten Messreihen
Eigene Darstellung

Aufgabenstellung: Das gleichzeitige Einwirken von thermischer und mechanischer Belastung auf ein mechanisches Bauteil respektive System erschwert dessen Entwicklungsprozess massgeblich. Hauptgründe sind die komplexe Wechselwirkung beider Einflussfaktoren und die zeitintensiven Prüfmethode zur messtechnischen Erfassung des Werkstoffverhaltens. Hinzu kommt der steigende wirtschaftliche und regulatorische Druck, welcher immer kürzere Entwicklungszeiten und einen effizienteren Betrieb erfordert. All diese Gründe erfordern umfassende Materialmodelle, welche präzise Prognosen des thermomechanischen Antwortverhaltens eines Werkstoffes ermöglichen. Direkt davon betroffen sind technische Kunststoffe, da diese bereits bei geringen Temperaturschwankungen markante Eigenschaftsunterschiede aufweisen. Umfassende Materialmodelle können helfen, die Prüfverfahren zu standardisieren, den Prüfaufwand und die Entwicklungszeit zu reduzieren sowie die Sicherheit im Betrieb zu erhöhen. Diese Projektarbeit dient der Erarbeitung von Grundlagen zur darauffolgenden Entwicklung von Modellansätzen, welche der Beschreibung des thermomechanischen Verhaltens von technischen Kunststoffen dienen. Das Ziel ist es, auf Basis der Grundlagen dieser Projektarbeit, das thermomechanische Verhalten von technischen Kunststoffen auf makromolekularer Ebene zu modellieren.

Vorgehen: Die folgenden Arbeitsschritte wurden zur Erarbeitung der Grundlagen der Materialmodellentwicklung durchgeführt:

- Das thermomechanische Verhalten von technischen Kunststoffen wurde anhand von teilweise eigens in dieser Projektarbeit dafür durchgeführten Messreihen systematisch untersucht und aufbereitet (Bild 1).
- Die Grundlagen der Kontinuumsmechanik wurden erarbeitet, da diese zur Entwicklung konstitutiver Modelle zwingend benötigt werden.
- Die bestehenden Modelle zur Modellierung der mechanischen Eigenschaften wurden untersucht (Bild 2). Im Fokus stand das linear-viskoelastische Materialmodell.
- Die materialunabhängigen Gleichungen wurden untersucht. Diese bilden die Grundlage von konstitutiven Modellen. Ein konstitutives Modell muss die materialunabhängigen Gleichungen erfüllen, damit dieses thermomechanisch konsistent ist. Die erarbeiteten Gleichungen der statistischen Thermodynamik sind nur auf den reversiblen Grenzfall anwendbar.
- Aus thermomechanisch konsistenten, materialabhängigen Gleichungen wurden Desiderata an die zu entwickelnden Modellansätze abgeleitet. Die identifizierten reversiblen Grenzfälle können anhand von Methoden der statistischen Thermodynamik modelliert werden.

Ergebnis: Dank des systematischen Vorgehens konnten fundierte Grundlagen der Materialmodellentwicklung zur makromolekularen Materialmodellierung des thermomechanischen Verhaltens von technischen Kunststoffen erarbeitet werden. Es ist gelungen, thermomechanisch konsistente, materialabhängige Gleichungen zu entwickeln, aus denen Desiderata an die zu entwickelnden Modellansätze abgeleitet wurden. Die Grundlagen dazu sind die angewandten Gleichungen des isothermen und adiabaten Prozesses. Die daraus identifizierten reversiblen Grenzfälle können anhand von Methoden der statistischen Thermodynamik modelliert werden. Deren zu erwartendes Antwortverhalten kann aus den teilweise eigens in dieser Projektarbeit dafür durchgeführten Messreihen abgeleitet werden (Bild 3).