

Diplomand	Claudio Corbisieri
Examinator	Prof. Dr. Pierre Jousset
Experte	Prof. Dr.-Ing. Michael Niedermeier, Hochschule Ravensburg-Weingarten, Weingarten, BW, DE
Themengebiet	Plastics Technology
Projektpartner	Prof. Dr. Markus Roos, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Winterthur, ZH, CH



Claudio Corbisieri

Entwicklung thermomechanischer Modelle

Materialmodellierung des thermomechanischen Verhaltens von technischen Kunststoffen

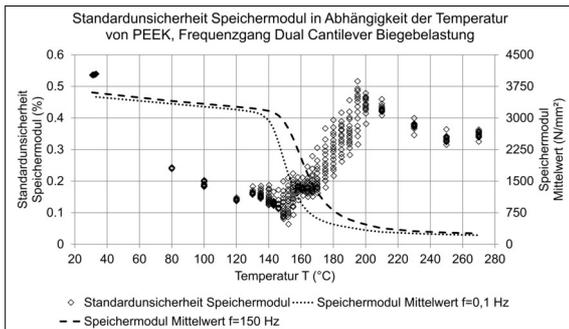


Abb. 1: Frequenz- und temperaturabhängiges Antwortverhalten von PEEK ermittelt mit dynamisch-mechanischer Analyse
Eigene Darstellung

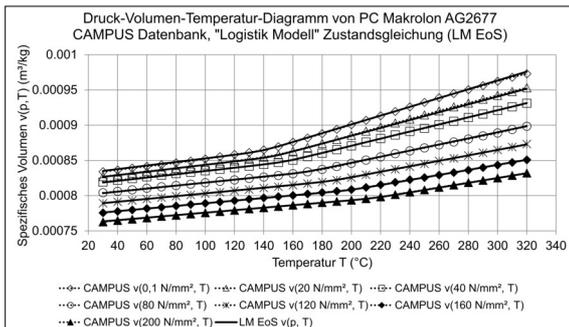


Abb. 2: Druck-Volumen-Temperatur-Diagramm von PC Makrolon AG2677 und Ergebnisse der "Logistik Modell" Zustandsgleichung
Druck-Volumen-Temperatur-Daten der CAMPUS Datenbank

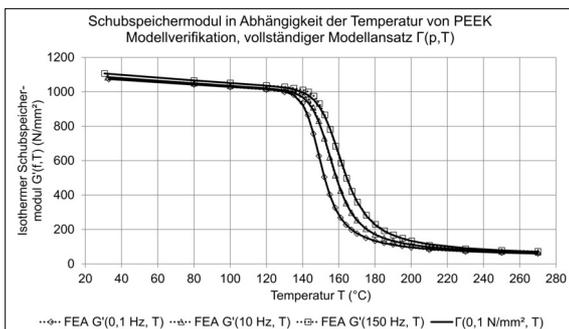


Abb. 3: Berechneter isothermer Schubspeichermodul aus FEA und temperaturabhängiger Modul mit vollständigem Modellansatz
Eigene Darstellung

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 Materialverhaltens. 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 Materials 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 Masterarbeit dient der Entwicklung eines konstitutiven Modells, welches der Modellierung des thermomechanischen Verhaltens von technischen Kunststoffen dient.

Vorgehen: Die folgenden Arbeitsschritte wurden zur Entwicklung thermomechanischer Modelle durchgeführt:

- Neben umfassenden Recherchen wurden sowohl die Grundlagen der Thermodynamik als auch der linearen Spannungs-Dehnungsgleichung reversibler Zustandsänderungen erarbeitet.
- Konstitutive Modelle zur Beschreibung des Druck-Volumen-Temperatur Verhaltens amorpher Thermoplaste respektive des reversiblen, linear-elastischen, thermomechanischen Steifigkeitsverhaltens isotroper Thermoplaste wurden entwickelt. Dies umfasst die "Logistik Modell" Zustandsgleichung respektive Ansätze zur Modellierung des temperaturabhängigen Moduls.
- Das frequenz- und temperaturabhängige Antwortverhalten der Thermoplaste Polyetheretherketon (PEEK) und Polycarbonat (PC) konnte mit dynamisch-mechanischer Analyse gemessen werden (Abb. 1).
- Die Messdatenauswertung erfolgte mittels Finite Elemente Analyse (FEA) anhand meist repräsentativer Einzelmessungen.
- Die entwickelten thermomechanischen Modelle wurden anhand von Vergleichsdaten und ausgewerteten Messdaten mit Hilfe eigens im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit entwickelter Programme verifiziert.

Ergebnis: Es konnte, dargestellt am Beispiel der Druck-Volumen-Temperatur-Daten der CAMPUS Datenbank von PC Makrolon AG2677, eine hohe Übereinstimmung zwischen den Druck-Volumen-Temperatur-Daten der untersuchten Stichproben aus Datenbanken und den Ergebnissen der entwickelten "Logistik Modell" Zustandsgleichung nachgewiesen werden (Abb. 2). Die definierte charakteristische Temperaturabhängigkeit wird sowohl vom temperaturabhängigen Modul mit reduziertem Modellansatz als auch vom temperaturabhängigen Modul mit vollständigem Modellansatz grundsätzlich erfasst (Abb. 3). Dies führte bei PEEK respektive PC zu einer weitgehend hohen respektive akzeptablen Übereinstimmung zwischen den Vergleichsdaten und den Ergebnissen des entwickelten Modells.