

## Zusammenfassung

IGF-Vorhaben-Nr.: 19448 N

### Berücksichtigung der physikalischen Alterung bei der zeitraffenden Bestimmung des Langzeit-Kriechverhaltens von Thermoplasten

Als **physikalische Alterung** werden thermoreversible Veränderungen durch Platzwechselfvorgänge im Werkstoff bezeichnet, welche beim Erstarren des Materials während der Verarbeitung starten und stetig bis zum Erreichen des thermodynamischen Gleichgewichtszustands stattfinden. Die physikalische Alterung bewirkt eine Verringerung der Molekülbeweglichkeit und damit eine Verringerung der Kriechneigung mit der Zeit. Da dieser Effekt mit kurzen Kriechversuchen nicht ausreichend erfasst werden kann, weichen zeitraffende Vorhersagen des Langzeitkriechverhaltens mit steigendem Zeithorizont immer stärker von dem realen Kriechverhalten ab. Durch eine explizite Berücksichtigung physikalischer Alterungseffekte ließe sich die Prognosegüte nachträglich deutlich steigern, eine industrielle Anwendung scheiterte bislang jedoch an der Komplexität des Themas und dem notwendigen Prüfaufwand.

Das pragmatischere Konzept, welches im Rahmen des Forschungsvorhabens verfolgt wurde, setzt auf der sog. **Effective Time Theory (ETT)** von Struik auf. Allerdings wurden die dafür notwendigen Eingangsparameter, der Alterungszustand zum Beginn des Kriechversuchs (in Form der **Voralterungszeit  $t_e$** ) und die Alterungsgeschwindigkeit während des Versuchs (**Alterungsrate  $\mu$** ), nicht mit großem experimentellen Aufwand ermittelt. Vielmehr wurden dafür **Schätzwerte** herangezogen, deren Ableitung auf einfach und schnell zu ermittelnden Materialeigenschaften wie E-Modul und Übergangstemperaturen basiert. Durch die Berücksichtigung der physikalischen Alterung unter Verwendung der ETT und der Schätzwerte konnte **eine Verbesserung der Prognosegüte** um z. T. einen Faktor 2 erreicht werden.

Besonders hervorzuheben ist die **Entwicklung eines neuen Kriechmodells**, welches den Potenzansatz nach Findley und die *Effective Time Theory* (ETT) kombiniert, um (physikalisch) alterungsbehaftete Langzeit-Kriechdaten besser modellieren zu können. Damit können Alterungszeit und Alterungsrate auch direkt aus gemessenen Kriechdaten durch Kurvenanpassung ermittelt werden. Das entwickelte Konzept ist nicht nur auf amorphe Thermoplaste, sondern **auch auf teilkristalline Thermoplaste anwendbar**. Das Kriechmodell wurde hierzu am Beispiel von Langzeitdaten für ein Polyamid (PA12) validiert.

Insgesamt wurde das Ziel des Forschungsvorhabens erreicht. Durch Berücksichtigung der physikalischen Alterung ist es tatsächlich möglich, die zeitraffende Vorhersage des Langzeit-Kriechverhaltens noch genauer zu gestalten, auch ohne großen zusätzlichen Prüfaufwand oder Mehrkosten. Damit steht einer **Anwendung im Kontext der industriellen Praxis** nichts im Wege.

„Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht“

## Danksagung und Bestellhinweis

*Das Vorhaben 19448 N der Forschungsvereinigung Fördergemeinschaft für das Süd-deutsche Kunststoff-Zentrum e.V. – FSKZ e.V. wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrielle Forschungsvereinigungen (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.*

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Die gesamten Forschungsergebnisse können einem umfangreichen Forschungsbericht entnommen werden, der über SKZ – Das Kunststoff-Zentrum bestellt werden kann.