

Jahre in nur wenigen Tagen simulieren

Zeitrafende Prüfmethode für das Langzeit- und Alterungsverhalten von Kunststoffen

Kunststoffbauteile besitzen eine immer höhere Lebensdauer. Klassische Methoden zur Bestimmung des Langzeit- und Alterungsverhaltens stoßen deshalb bereits seit längerem an ihre Grenzen. Eine Reihe von neu entwickelten zeitraffenden Prüfverfahren kann dafür Abhilfe schaffen.



Im Gegensatz zu vielen pflanzlichen Produkten lassen sich die Veränderungen von Kunststoffen über ihre Lebensdauer nicht kurzfristig beobachten (© SKZ)

Die von Kunststoffbauteilen geforderten Nutzungsdauern überschreiten die Entwicklungszeiten oft erheblich. Von Kunststoffrohren oder -dichtungsbahnen werden zum Beispiel Nachweise der Lebensdauer von bis zu 100 Jahren gefordert.

Ihre Eigenschaften können deshalb nur noch zeitraffend ermittelt und nachgewiesen werden (**Titelbild**). Aber auch Zeiträume von wenigen Jahren lassen sich klassisch nicht mehr sinnvoll prüfen. Eine einfache Extrapolation von Messdatenverläufen ist ebenfalls, wenn überhaupt, nur über relativ kleine Zeiträume sicher möglich.

Die sicherlich am weitesten verbreitete Methode zur zeitraffenden Prüfung von Kunststoffen ist die Erhöhung der Temperatur. Durch höhere Temperaturen verkürzen sich die Relaxationszeiten der Polymere, und physikalische und chemische Alterungsvorgänge werden beschleunigt. Solange durch die Temperaturerhöhung kein Wechsel im Versagensmechanismus hervorgerufen wird, ist die Anwendung dieses Zeit-Temperatur-Verschiebungsprinzips, zumindest für ingenieurmäßige Zwecke, häufig möglich. In der Vergangenheit wurde es bereits bei einer Vielzahl an Kunststoffen erfolgreich angewendet. In vielen Fällen lassen sich die Verschiebungsfaktoren über eine Arrhenius- oder WLF-Beziehung beschreiben.

Der Autor

Dr. Kurt Engelsing ist Gruppenleiter Bauteileigenschaften am SKZ, Würzburg.

Gewidmet Prof. Günter Mennig anlässlich seines 80. Geburtstags.

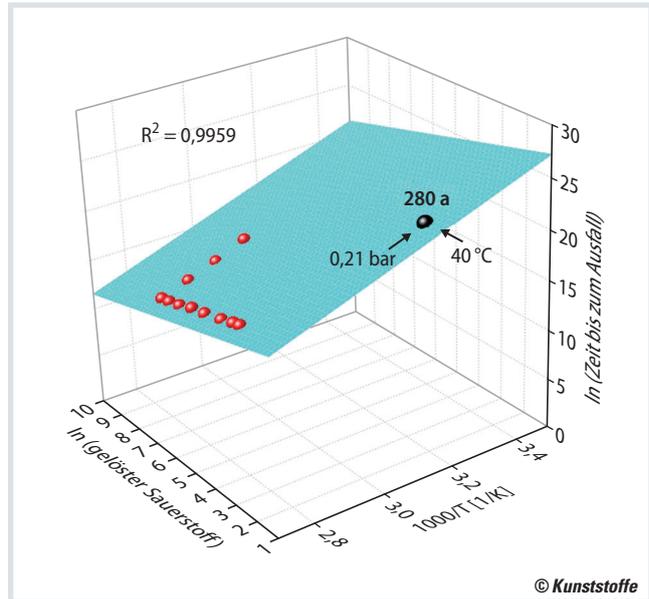
Service

Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/2019-11



Bild 1. Alterungsprüfungen werden mittlerweile auch in Hochdruckautoklaven (links) durchgeführt. Dadurch lässt sich das thermo-oxidative Versagen von Kunststoffbauteilen zeitraffend ermitteln (rechts) (© SKZ)



In den letzten Jahren wurden außerdem zahlreiche neue Methoden zur Zeitraffung beziehungsweise Schnelltestverfahren zur Beschreibung des Langzeit- und Alterungsverhaltens von Kunststoffen erarbeitet oder weiterentwickelt. Beispiele dafür sind die Stepped Isothermal Method (SIM) [1] und die Stepped Stress Method (SSM) [2] zur zeitraffenden Ermittlung des Langzeitkriechverhaltens. Dabei durchlaufen die Probekörper im Kriechversuch Temperaturstufen (SIM) bzw. Spannungsstufen (SSM). Aus der resultierenden Dehnungsantwort wird eine Kriech-Masterkurve erstellt. Dadurch ist es möglich, mittels der Messung von ein bis zwei Tagen, das Kriechverhalten über viele Jahre zu prognostizieren.

Zur Vorhersage des langsamen Risswachstums, also des Spannungsrissversagens, von Polyolefin-Werkstoffen wurden mit dem Cracked-Round-Bar-Test (CRB) [3] und dem Strain-Hardening-Test (SHT) [4] zwei Prüfmethoden entwickelt. Sie haben kürzlich Einzug in die ISO-Normung gehalten. Sowohl der im SHT ermittelte Dehnverfestigungsmodul als auch die im CRB-Test ermittelte Bruchschwingspielzahl korrelieren mit den in wesentlich zeitaufwendigeren Medien-Zeitstandversuchen ermittelten Versagenszeiten.

Alterungstests in Hochdruckautoklaven

Anstelle von Alterungstests in Wärmeöfen werden mittlerweile auch Alterungstests in Hochdruckautoklaven durchgeführt, um das thermo-oxidative Versagen von Kunststoffen stark beschleunigt zu prüfen [5]. Dort werden neben moderat erhöhten Temperaturen zusätzlich erhöhte Sauerstoffpartialdrücke zur Beschleunigung der Alterung genutzt. Mit einem um den Alterungsfaktor Sauerstoffpartialdruck modifizierten Arrheniusansatz lassen sich dann Aussagen zum thermo-oxidativen Versagen unter Einsatzbedingungen treffen (Bild 1).

Die angeführten Methoden stellen einen Ausschnitt an neuen Verfahren dar, um das Langzeit- und Alterungsverhalten von Kunststoffen schneller und genauer zeitraffend zu ermit-

eln. Mit Sicherheit wird es zukünftig auf dem Gebiet noch zusätzliche interessante Weiter- und Neuentwicklungen geben, die den Weg sowohl in die Normung als auch eine breitere Anwendung finden. ■