

PUR-Weichschaumstoffe in der Wärmealterung

Lydia Schulz-Sluka, Sindelfingen

Die Automobilindustrie benötigt meist kurzfristig Aussagen zur Lebensdauer der Werkstoffe. Daher wird bevorzugt mit zeitraffenden Testmethoden gearbeitet, die durch Freibewitterungsuntersuchungen unterstützt werden können. Anhand gezielter Laboralterungen von PUR-Weichschaumstoffen wird zunächst die Möglichkeit zur Extrapolation der Ergebnisse auf übliche Gebrauchstemperaturen diskutiert und anschließend ein Vergleich zum Alterungsverhalten dieser Materialien in freibewitterten Fahrzeugen dargestellt.

Bei der Auswahl der PUR-Weichschaumstofftypen und -qualitäten für die Fahrzeuginnenausstattung spielt die Wärmealterung eine entscheidende Rolle, denn flacher und größer werdende Glasscheiben sorgen für immer höhere Spitzentemperaturen im Fahrzeuginnenraum. Zeitraffende Prüfungen geben Hinweise auf das in der Praxis zu erwartende Alterungsverhalten und damit eine Entscheidungshilfe für die Werkstoffwahl. Exemplarische Freibewitterungsuntersuchungen in Arizona und Florida bestätigen die Aussagen der im Labor durchgeführten Kurzzeitprüfungen. Nachfolgend sind

die Alterungsverhalten der Kunststoffe allgemein und noch weniger zur Alterung von PUR-Weichschaumstoffen. Tatsächlich stellt sich in der Praxis aber auch weniger die Frage, welcher Abbaumechanismus in der Wärme vorliegt. Viel interessanter ist für Schaumstoffproduzenten und Kunden, wie lange ein Produkt aus PUR-Weichschaumstoff tatsächlich ohne größere sichtbare oder spürbare Veränderungen z.B. der mechanischen Kennwerte eingesetzt werden kann.

Schaumstoffsysteme haben sich in den vergangenen Jahrzehnten stark verändert. Weichschaumstoffe sind heute

Freibewitterung als Basis für Spezifikationen

Eine wichtige Grundlage für die Festlegung neuer Spezifikationen ist der Zustand von PUR-Schaumstoffen nach der Freibewitterung. Entsprechende Daten wurden an Schaumstoffen (Kalt- und Heißschäume, PUR-Blockschäume) ermittelt, die in Arizona und Florida über ein bis fünf Jahre in Fahrzeugen den Einflüssen der Freibewitterung ausgesetzt waren.

Die Oberfläche solcher Schaumstoffteile ist zum Teil stark zerstört (Bild 1). Der dreidimensionale Zellaufbau hat sich durch Einwirkung von Sonne, Wärme und Feuchte in ein dreidimensionales Fasergeflecht umgewandelt, so daß die Oberfläche einen Wildledercharakter aufweist. Die chemische Analyse zeigt, daß der ursprüngliche Anteil an Flammenschutzmitteln, Aktivatoren und Aminien (Katalysator) weitgehend erhalten blieb. Bei stark wärmebeschädigten Schaumstoffteilen wurde allerdings eine Wanderung des Flammenschutzmittels zur Oberfläche beobachtet, d.h. das Flammenschutzmittel war nur noch in den oberen Schichten nachzuweisen.

Die Schaumstoffe aus den freibewitterten Fahrzeugen (ab zwei Jahre Arizona-Klima und drei Jahre Florida-Klima) haben zum Teil hohe Brennraten (nahe 100mm/min nach FMVSS 302). Da an diesen Schaumstoffen bei der Bemusterung und Produktionsüberwachung nach Normklimalagerungen und Wärmealterungen keine auffallend hohen Brennraten gemessen wurden, ist das Material durch Hitzestau oberflächlich



A



B

Bild 1. Schaumstoffoberfläche einer neuen (A) Kopfstütze und einer Kopfstütze aus einem Fahrzeug nach dreijähriger Freibewitterung in Arizona (B)

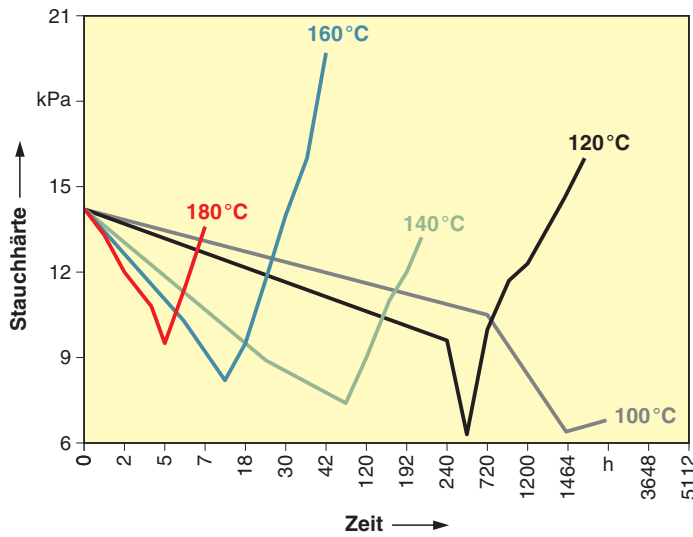
Untersuchungen der Wärmealterung von PUR-Weichschaumstoffen zusammengefaßt, die zur Erstellung der Liefervorschriften herangezogen werden können.

Moderne Weichschaumstoffe leben länger

In der Literatur findet sich nur wenig Information zum Mechanismus der Alte-

rung deutlich langlebiger als in den 50er und 60er Jahren. Außerdem erfolgte die Umstellung auf FCKW-frei hergestellte Schaumstoffe. Für Anwender bedeutet diese Evolution, daß sie ihr Anforderungsprofil in bestimmten Abständen überprüfen und gegebenenfalls neu definieren müssen.

Bild 2. Änderung der Stauchhärte nach DIN 53577 in Abhängigkeit von der Dauer der Wärmelagerung bei unterschiedlichen Temperaturen (Schaumstoff Nr. 2)



Temperaturen über 100 °C wurde zusätzlich der Beginn der Zersetzung der PUR-Schaumstoffe (Onset) mittels TGA-Analyse (Luft, 5K/min) bestimmt und in die Auswertung einbezogen.

Die Bilder 2 bis 5 zeigen die Einflüsse der Wärmealterung auf die Eigenschaften der genannten Musterschaumstoffe in Abhängigkeit von der Temperatur. Daraus ist zu erkennen, daß PUR-Weichschaumstoffe nach einem für Duroplaste üblichen Muster altern. Bis zu einem gewissen Grad verkräfteten PUR-Schaumstoffe die Wärmeeinwirkung ohne sichtbare und dramatische Veränderung. Bei weiterer Wärmeeinwirkung werden die Zellstege der Schaumstoffe porös und beginnen zu brechen. Die Schaumstruk-

offensichtlich stärker geschädigt als erwartet. Außerdem wurden in den Kernen der Formschäumlinge Verdichtungen um bis zu 40% gemessen, typischerweise an lederbezogenen Schaumstoffteilen von freibewitterten Fahrzeugen.

Laboruntersuchungen an Musterschäumen

Im Labor wurden Änderungen der Dichte, der Zugfestigkeit, der Bruchdehnung, der Stauchhärte, des Druckverformungsrests und des Brennverhaltens der PUR-Weichschaumstoffe nach Wärmealterung untersucht. Dafür stellte Dura Tufting, Großelnüder, spezielle, nicht dem Serienstand entsprechende, nicht wärmostabile, übervernetzte (Nr. 1) und untervernetzte (Nr. 2) Kaltformschaumstoffe zur Verfügung. Die F.S. Fehrer Gummihaar- und Schaumpolsterfabrik, Kitzingen,

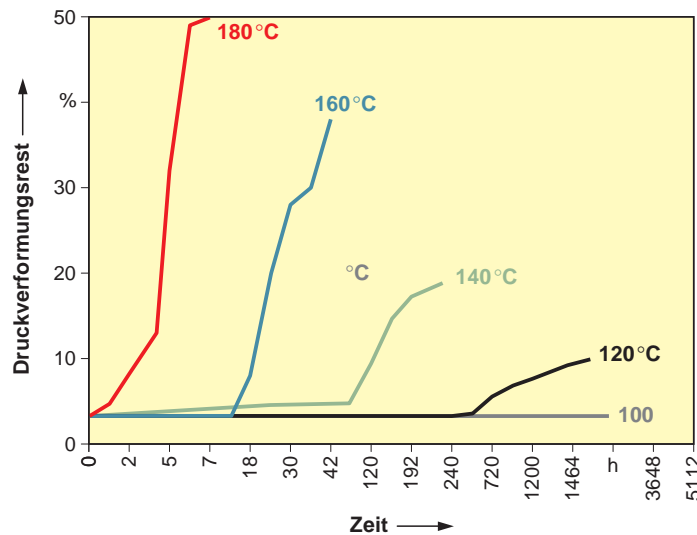


Bild 3. Änderung des Druckverformungsrests nach DIN/EN/ISO 1856 in Abhängigkeit von der Dauer der Wärmelagerung bei unterschiedlichen Temperaturen (Schaumstoff Nr. 1)

fertigte Kalt- und Heißschaumstoffblöcke (Nr. 3 bzw. Nr. 4) nach ihren Serienschäumrezepturen. Entsprechend DIN 53578 wurde die Temperatur und die Dauer der Wärmealterung variiert. Bei

tur beginnt sich aufzulösen, und die Funktion der Teile ist nicht mehr gegeben.

Wann beginnt der Abbau?

Der Beginn dieses Abbaus (analog zum Onset in der TGA) ist in den Bildern 2 und 3 gut zu erkennen, weil sich dort die Stauchhärte und der Druckverformungsrest der Schaumstoffe deutlich ändern. Diese Onset-Punkte spielen eine wichtige Rolle im Lebenslauf von PUR-Weichschaumstoffen. Trägt man die zugehörigen Zeiten logarithmisch über der entsprechenden Alterungstemperatur auf (Bild 6), resultieren für alle vier geprüften Schaumstoffe lineare Kurvenverläufe, die sich gemäß der Gleichung $t = A \times B^T$ darstellen lassen, mit t =Zeit in h, T =Temperatur in °C und den Konstanten A und B (vgl. auch Arrhenius-Gleichung).

Aus den gewählten Werten für die Temperatur und den gemessenen Wer-

Bild 4. Änderung der Zugfestigkeit nach DIN 53571 in Abhängigkeit von der Dauer der Wärmelagerung bei unterschiedlichen Temperaturen (Schaumstoff Nr. 3)

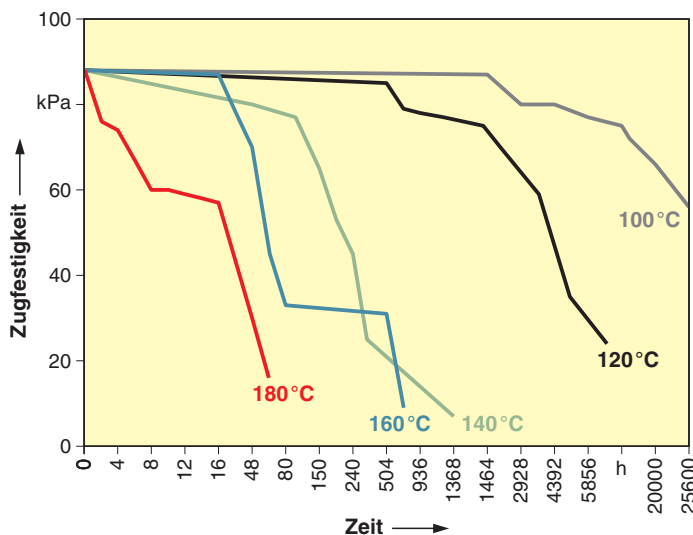
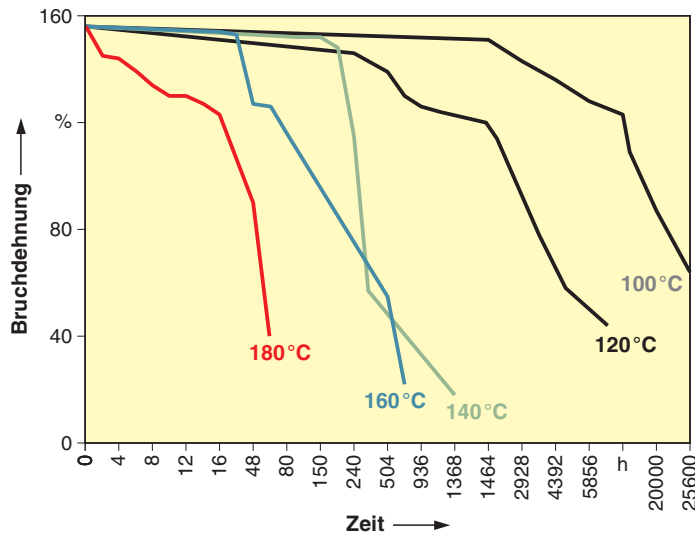


Bild 5. Änderung der Bruchdehnung nach DIN 53571 in Abhängigkeit von der Dauer der Wärmelagerung bei unterschiedlichen Temperaturen (Schaumstoff Nr. 4)



Prüfung dar. Sie sind so gewählt, daß das Risiko einer Beanstandung (in USA gilt 4 Jahre Garantie für alle Innenausstattungsmaterialien) ausgeschlossen werden kann.

Korrelation zwischen Laborversuch und Freibewitterung

Der direkte Eigenschaftsvergleich zeigt, daß die zeitgeraffte Alterung in der Laborwärme (7 Tage bei 140 °C) zu ähnlichen Ergebnissen führt, wie eine kontinuierliche Freibewitterung über drei Jahre in Arizona und über fünf Jahre in Florida (jeweils in eingebautem Zustand). Die zum Teil erhöhte Brennrate

ten für die Zeit können die Konstanten A und B berechnet werden. Mit ihnen wiederum läßt sich dann für eine bestimmte Temperatur die Zeit berechnen, bei der die Wärmealterung zu einer unzulässigen Zerstörung des Schaumstoffs führt. Durch Extrapolation der resultierenden Geraden lassen sich schließlich die Zeiten für die Wärmebeständigkeit von PUR-Weichschaumstoffen für die üblichen Gebrauchstemperaturen (50 °C bis 80 °C) bestimmen (Tabelle 1). Die so gefundenen Zeiten gelten für kontinuierliche Temperatureinwirkung und müssen deshalb noch mit tages- und jahreszeitbedingter Temperaturabsenkung korrigiert werden.

Mit Hilfe dieser Methode lassen sich aussagekräftige, zeitraffende Testbedingungen in den Liefervorschriften festlegen. Da für einen Werkstoff für alle Fahrzeuge (unabhängig vom Klima des Landes, dem die Fahrzeuginnenausstattung ausgesetzt wird) ein einheitliches Anforderungsprofil erstellt wird, verfährt man dabei in der Praxis ein-

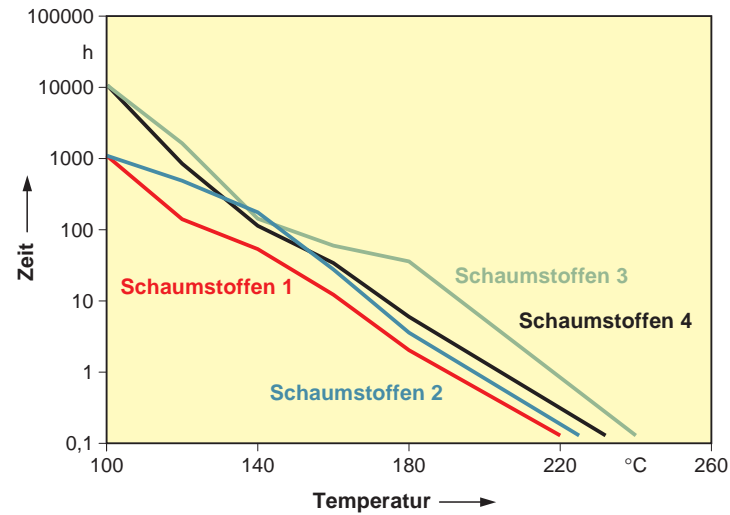


Bild 6. Wärmebeständigkeit von PUR-Weichschaumstoffen in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur

fachheitshalber nach dem „worst-case“-Prinzip. Die seit 1972 in Daimler-Benz-Liefervorschriften für Wärmealterungen von PUR-Weichschaumstoffen geltenden Bedingungen (7 Tage, 140 °C) stellen somit auch für aktuelle PUR-Schaumstoffe einen Kompromiß zwischen Zeit und Temperatur bzw. eine zeitgeraffte

der freibewitterten Schaumstoffe konnte durch die Laboralterung allerdings nicht zufriedenstellend nachgestellt werden. Deren Ermittlung ist allerdings für die Erfüllung der Anforderungen der FMVSS 302 auch nicht vorgeschrieben.

Die Extrapolation kann auch für unübliche Gebrauchstemperaturen durchgeführt werden (z. B. für 0 °C, siehe Tabelle 1). Unabhängig davon, wie exakt der dabei resultierende Zeitwert ist – weil neben Wärme und Feuchte auch z.B. Sonnenlicht, Bakterien, Chemikalien usw. alterungsbeschleunigend wirken – zeigt er doch eines deutlich: Auf Deponien beginnt die Zerstörung von PUR-Schaumstoffen unter Ausschluß von Licht und anderen äußeren Bedingungen erst nach sehr langer Zeit.

Die Autorin dieses Beitrags

Dr. Lydia Schulz-Sluka, ist seit 1986 in der Daimler-Benz AG (jetzt DaimlerChrysler AG) tätig.

| Temperatur °C | Schaumstoff Nr. 1 | Schaumstoff Nr. 2 | Schaumstoff Nr. 3 | Schaumstoff Nr. 4 |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 0 | 242 Jahre | 405 Jahre | 2268 Jahre | 1953 Jahre |
| 20 | 55 Jahre | 92 Jahre | 540 Jahre | 394 Jahre |
| 50 | 6 Jahre | 10 Jahre | 52 Jahre | 36 Jahre |
| 80 | 8 Monate | 13 Monate | 5 Jahre | 3 Jahre |
| 100 | 2 Monate | 3 Monate | 13 Monate | 8 Monate |
| 120 | 13 Tage | 20 Tage | 3 Monate | 49 Tage |
| 140 | 3 Tage | 5 Tage | 17 Tage | 10 Tage |

Tabelle 1. Berechnungen der maximalen Wärmebeständigkeit von PUR-Weichschaumstoffen in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur