

Lebensdauer von Kunststoffrohren

Die Sanitärtechnik fordert eine Mindest-Lebensdauer für Kunststoffrohre von 50 Jahren bei einem Druck-Temperatur-Kollektiv von 10 bar und 70 °C. Allerdings sind Kunststoffrohre für die Trinkwasserinstallation wie auch die Heizkörperanbindung und Flächentemperierung erst seit rund 30 Jahren auf dem Markt. Es stellt sich also die Frage, wie der geforderte Lebensdauer-Nachweis für sie erbracht werden kann.

Polymere altern – einige schneller, andere weniger schnell. Der Wissenschaft ist es belegbar gelungen, diesen Alterungsprozess einzuschätzen. Die Grundlage für die Bestimmung ihrer Lebensdauer bildet

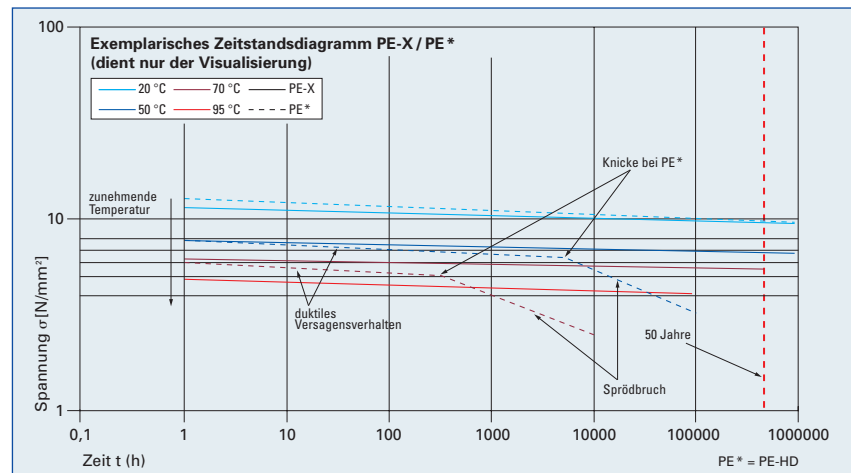
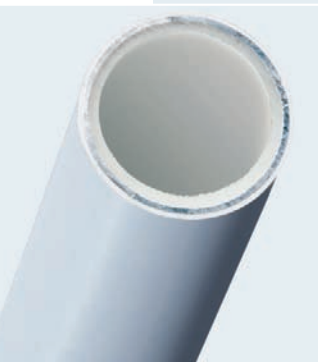
das in Fachkreisen bekannte und bewährte Zeit-Temperatur-Verschiebungsprinzip (ZTV). Es besagt, dass sich mit über einen kürzeren Zeitraum laufenden Prüfungen bei höheren Temperaturen

Werte ermitteln lassen, die zuverlässige Aussagen über das Verhalten der Prüflinge (hier der Kunststoffrohre) über einen längeren Zeitraum bei niedrigeren Temperaturen ermöglichen.

Zeitstandverhalten von MT-Verbundrohren

Das Zeitstandverhalten von MT-Verbundrohren zu ermitteln, ist komplexer als bei Vollkunststoffrohren. Denn aufgrund ihres mehrschichtigen Aufbaus – in der Regel aus einem PE-Xc-Innenrohr, einer Aluminiumschicht und einem PE-X-Außenmantel – lässt sich dieses nicht aus nur einem Zeitstanddiagramm bestimmen. Zur Berechnung der Zeitstandfestigkeit des gesamten Rohres sind vielmehr die verschiedenen temperaturabhängigen

Werte der einzelnen Materialschichten zu berücksichtigen. Durch dieses Vorgehen ist es Hewing möglich, individuelle Zeitstanddiagramme für MT-Verbundrohre jeder Dimension und Schichtdickenkombination zu erstellen.



Grafik 1: Exemplarisches Zeitstandsdiagramm PE-X / PE

Basis ist die Zeitstandprüfung

Um die benötigten Werte zur Bestimmung der Lebensdauer von Kunststoffrohren zu ermitteln, werden Zeitstandprüfungen eingesetzt. Im hauseigenen Qualitätslabor der Hewing GmbH existieren dazu Kapazitäten, um zeitgleich bis zu 1.500 Rohrmuster dieser grundlegenden Prüfung zu unterziehen. Dabei können die Prüflinge verschieden hohen Druckstufen und Temperaturniveaus

ausgesetzt werden. Dies geschieht entweder im Wasserbad bei z. B. 95 °C über 22, 168 oder 1000 Stunden, oder in der Wärmekammer bei 110 °C über 8760 Stunden mit einem dimensionsabhängigen Druck. Bei einem Rohr der Dimension 16 x 2 mm beträgt der Prüfdruck bei 95 °C über 22 Stunden 13,43 bar. Die Ergebnisse bilden anschließend die Basis für die Berechnung des Zeitstand-Innendruckverhaltens der

>> Fortsetzung von Seite 1

Rohre (siehe Infokasten). Die diesbezüglichen Normenanforderungen sind z. B. für PE-X-Rohre in der DIN 16892 festgelegt.

PE-X ist langlebiger

Visualisiert werden die Ergebnisse durch Zeitstanddiagramme. Im exemplarischen Diagramm (s. Grafik 1) steht die durchgezogene Linie für den Werkstoff PE-X und die gestrichelte Linie für den unvernetzten, teilkristallinen Werkstoff PE. Wie insbesondere im Bereich der höheren Prüftemperaturen gut zu erkennen ist, weist das PE im Gegensatz zum PE-X im Zeitablauf Knicke auf. Diese verdeutlichen, dass sich das Bruchverhalten von einem duktilen Versagen hin zu einem Sprödbbruch verändert. Denn in der Praxis verliert der unvernetzte Werkstoff ab einem bestimmten Zeitpunkt – in Abhängigkeit

von der Temperatur- und Druckbelastung – schneller an Festigkeit. Dies geschieht umso früher, je höher die Temperatur ist. Das Gleiche gilt für den umgekehrten Fall: Je niedriger die Temperatur ist, desto länger bleiben die Rohre uneingeschränkt einsatzfähig – im Fall der PE-X-Rohre auch weit über die geforderten 50 Jahre hinaus.

Eine besonders lange Prüfzeit haben Hewing PE-Xc-Rohre inzwischen im Rahmen von Langzeittests bei Bodycote Polymer AB absolviert: Diese laufen bereits seit 1995 ohne Unterbrechung unter konstanter Temperatur- und Druckbelastung.

Einer von bis zu 1.500 Zeitstand-Prüflingen im Hewing Qualitätslabor – hier aus dem bis zu 95°C heißen Wasserbad.



Die Berechnung des Zeitstand-Innendruckverhaltens

Die Ermittlung des Zeitstand-Innendruckverhaltens für thermoplastische Werkstoffe durch statistische Extrapolation sowie Interpolation ist in der EN ISO 9080 beschrieben. Als Bezug wird eine Vergleichsspannung σ über die so genannte „Kesselformel“ wie folgt berechnet:

$$\sigma = p (d-s) / (2s)$$

σ = Vergleichsspannung in N/mm², p = Innendruck in N/mm², d = Außendurchmesser in mm, s = Mindestwanddicke in mm

Die Anzahl der in der Zeitstandprüfung erforderlichen Prüftemperaturen richtet sich nach der Differenz zwischen den Schmelz- bzw. Erweichungstemperaturen sowie dem zu beschreibenden Temperaturniveau. Mindestens fünf Druckniveaus müssen pro Temperatur mehrfach geprüft werden.

Die Extrapolationsbasis bildet gemäß ISO 9080 das folgende 4-Parameter-Modell:

$$\log_{10} t = c_1 + c_2 / T + c_3 \log_{10} \sigma + c_4 (\log_{10} \sigma) / T + e$$

t = Zeit bis zum Versagen in h, T = Temperatur in K, σ = Vergleichs- oder Umfangsspannung in Mpa, c_1 = Parameter, die über die Matrizenrechnung bei Vorliegen genügender Prüfpunkte ermittelt werden, e = Fehlervariable einer Laplace-Gauß-Verteilung

Die so ermittelte werkstoffeigene Funktion in Abhängigkeit von Zeit, Temperatur und Vergleichsspannung lässt Rückschlüsse auf das Versagensverhalten der Rohre zu. Für das in der DIN 16892 definierte Zeitstandverhalten von PE-X-Rohren bedeutet dies: Die in Abhängigkeit von der Standzeit doppelt logarithmisch aufgetragenen Vergleichsspannungen ergeben im Zeitstanddiagramm (siehe Grafik 1) parallele Geraden mit gleicher negativer Steigung.