

Creep rupture LPG (CRL)

Verfahrensbeschreibung für den Aspekt

Langzeit-Kriech-Bersten von LPG-Flaschen ohne mittragendem Liner

Für Druckgefäße ohne mittragenden Liner ist eine Prüffrist von mehr als 5 Jahren nur bei Verwendung für Gase mit einem Prüfdruck von nicht mehr als 30 bar nach P 200 möglich. Es werden hierzu Nachweise gefordert, dass der Prüfdruck auch bei hohen Temperaturen ($>+65^{\circ}\text{C}$) selbst über 20 Jahre nicht zum Kriechbersten führt (Extrapolation aus Versuchen von mindestens 180 Tagen sind zulässig).

Sicherheitstechnischer Hintergrund: Composite-Druckgefäße, insbesondere solche ohne mittragendem Liner unterliegen einer erhöhten Festigkeitsabnahme unter einer lang anhaltenden Druckbelastung. Je nach Fasertyp, Gelegart und -aufbau kann diese sicherheitstechnisch relevante Eigenschaft stark variieren.

Schutzziel: Uneingeschränkter Schutz vor Beeinträchtigung von Gesundheit und Eigentum des Eigentümers, des Besitzers und unbeteiligter Dritter im von außen unbeeinträchtigten normalen Umgang.

Anwendungsbereich: Festlegung von Prüffristen für Composite-Druckgefäßen; insbesondere für die Verwendung von Flaschen ohne mittragendem Liner.

Dieses Verfahren könnte und sollte die aktuellen Prüfvorschriften zur Ermittlung des Berstdruckes nach Auslagerung (Zeitstandsversuch) ersetzen.

Wirkvorschrift zur Erreichung des Schutzzieles: Die Druckgeräte dürfen auch ohne Nutzung (keine Entleerung nach Transport oder „in Vergessenheit geraten“ nach Teilentleerung) durch den Endnutzer selbst unter ungünstigen Umständen (hohe Umgebungstemperaturen) nicht bersten oder undicht werden. Dies muss auch gelten, wenn das Druckgefäß ein Mehrfaches der Prüffrist in diesem Zustand verbleibt.

Umsetzung: Im Rahmen der Baumusterprüfungen wird ein mittlerer Berstdruck ermittelt. Der Druck der üblicherweise das maximale Innendruckniveau (Dampfdruck bei 70°C) darstellt ist der Prüfdruck. Die Druckgefäße haben nun nachzuweisen,

- dass der Prüfdruck (PH) über einen Zeitraum vom doppelten der angestrebten Prüffrist hinaus bei RT ohne Undichtigkeit gehalten werden kann.
- dass ein reduzierter Druck (preduziert) bei mindestens +70°C ±5°C über die einfache angestrebte Prüffrist hinaus ohne Undichtigkeit gehalten werden kann.

Der reduzierte Druck trägt den erhöhten Isolationswerten der Composite-Druckgefäße Rechnung. Er sollte über den entwickelten Druck, kann aber auch durch Messung der Temperatur in der Flüssigphase und Zuhilfenahme einer Dampfdrucktabelle ermittelt werden.

Hierzu sollte das Druckgefäß mit einem Füllgrad von ca. 10% bei RT gefüllt werden und für 12 Stunden unter konstant mindestens 70°C ±5°C Außentemperatur gehalten werden. Maßgeblich ist der ermittelte Druck nach 12 Stunden. Es muss gewährleistet sein, dass während der Messung immer Flüssigphase vorhanden ist.

Der Nachweis der geforderten Zeitspannen kann in beiden Fällen per Extrapolation im halb-logarithmischen Diagramm aus je zwei Punkten erfolgen. Je einer der Punkte (p_{Zeit}) muss einer Zeitspanne von mindestens 2000 Stunden entsprechen. Der je andere Punkt sollte ein Ergebnis von ca. 500 Stunden darstellen. Jeder dieser vier Punkte muss mit mindestens 2 Versuchen bestätigt werden, indem gezeigt wird, dass der Behälter länger als die vorbestimmte Zeit dicht bleibt. Die zugehörigen Drücke (p_{Zeit}) können ermittelt werden nach:

$$p_{Zeit1} \approx p_{Berst50\%} + m_{RT \text{ oder } 70^\circ C} \cdot (\log_{10}(t_1) - \log_{10}(t_{Berst})) \quad \text{mit } t_1 \approx 500 \text{ h}$$

$$p_{Zeit2} \approx p_{Berst50\%} + m_{RT \text{ oder } 70^\circ C} \cdot (\log_{10}(t_2) - \log_{10}(t_{Berst})) \quad \text{mit } t_2 \geq 2000 \text{ h}$$

mit:

$$m_{RT} \approx \frac{p_{Berst} - PH}{\log_{10}(t_{Berst}) - \log_{10}(2 \cdot t_{Frist})}$$

$$m_{70^\circ C} \approx \frac{p_{Berst} - p_{reduziert}}{\log_{10}(t_{Berst}) - \log_{10}(t_{Frist})}$$

p_{Zeit_i}	Druck bei dem der Behälter die Zeitspanne t_i dicht bleiben soll.
$p_{Berst50\%}$	durchschnittlicher Berstdruck (Berstwahrscheinlichkeit 50%)
$m_{RT}, m_{65^\circ C}$	Neigung der temperaturabhängigen Grenzgeraden

Für die Ermittlung der gesuchten Zeitstandswerte sind die Druckgefäße mit den angemessenen Drücken über den gesamten Zeitraum unter den genannten Umgebungsbedingungen konstant zu halten ($T = 70^\circ C \pm 5^\circ C$; $p = p_{Zeit} \pm 5\% p_{Zeit}$). Vergl. hierzu **Bild 1**.

Hierbei wird die Dauer für den statischen Berstversuch in der Dimension von 0,1 Stunden gesehen ($t_{Berst}=0,1h$).

Eine Prüffrist, die unter dem doppelten des im ersten Fall ermittelten Wertes (Schnittpunkt der Geraden bei RT mit dem Prüfdruck) oder dem einfachen des im zweiten Fall (Schnittpunkt der Geraden bei 70°C mit dem Prüfdruck oder dem reduzierten (12h-) Druck) ermittelten Wertes liegt, kann nicht unterstützt werden. Deuten die vier Versuchspunkte zu einer Temperatur darauf hin, dass eine lineare Extrapolation im halblogarithmischer Darstellung nicht zulässig ist, sind weitere Punkte bei niedrigerem Druck (längerer Prüfzeit) zur Extrapolation hinzuzuziehen.

Es kann auf die Versuchsreihe bei RT verzichtet werden, wenn dafür zwei zusätzliche Versuche bei 70°C im zur Ermittlung des Druckes im Bereich von 10.000 h durchgeführt werden und eine lineare Extrapolation zulässig ist.

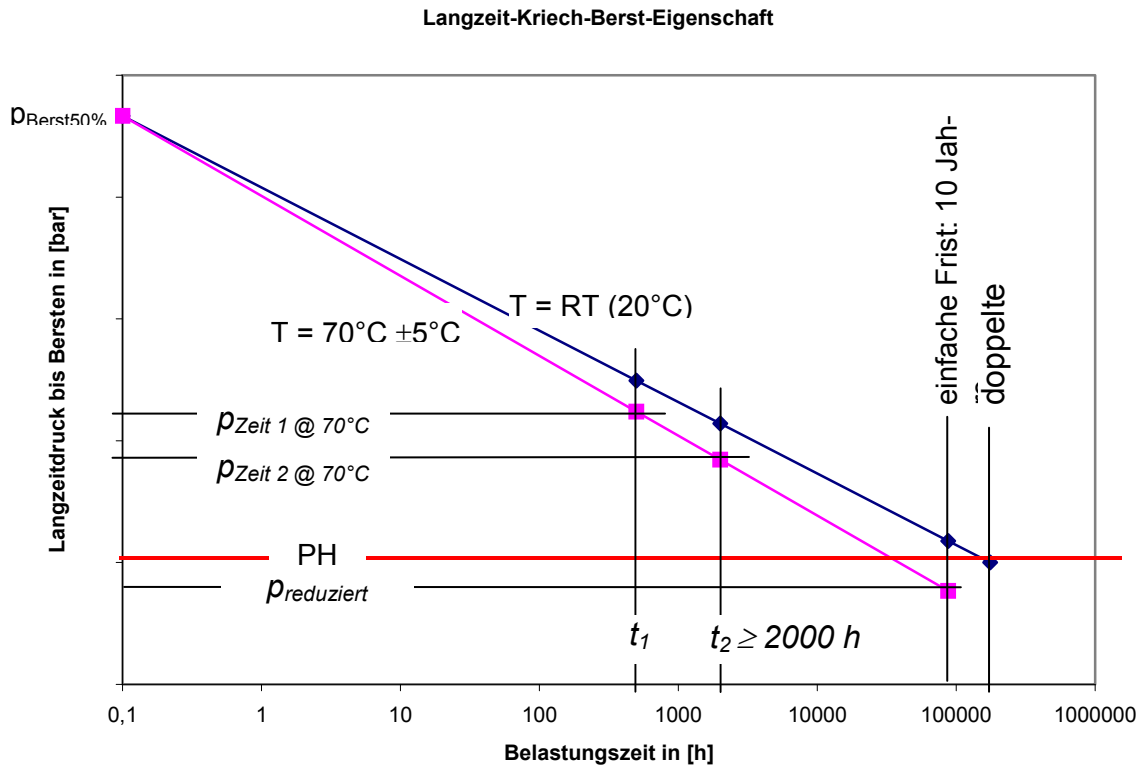


Bild 1: Langzeit-Kriech-Berst-Eigenschaft an einem Beispiel für 10 Jahre

Kommentar: Die Sicherheitsmarge die dadurch entsteht, dass ein Druckgefäß auch in den Mittelmeerländern kaum mit konstant 65°C oder höher unter realen Bedingungen gelagert wird, reflektiert auf der einen Seite die Tatsache, dass beim Kunden in „Vergessenheit“ gefertigte Druckgefäße auch mehrere Prüfristen stehen bleiben können und auf der anderen Seite, dass die ermittelten Werte auch bei hoher Fertigungsqualität streuen.

Die Interaktion von Beschaffenheitsanforderungen bzw. deren Nachweis und sicherheitstechnisch zu vertretenden Lebensdauern bzw. Prüfristen ist als hoch zu bewerten.