

FACHWISSEN PRÜFVERFAHREN FÜR ELASTOMERE

Ein Angebot des

 **RING**

PRÜFLABOR

RICHTER

PRÜFEN BERATEN ENTWICKELN

Quelle: www.o-ring-prueflabor.de

Stand der Information: 06/2014

Zugverformungsrestprüfung (ZVR):

Prüftechnische Grundlagen und Abgrenzung zur DVR-Prüfung

Autoren:

Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Blobner

Dipl.-Ing. Bernhard Richter

Verwendete Prüfnormen: ISO 2285 (Ausgabe 01-2013), DIN ISO 2285 (Ausgabe 12-2013), ASTM D412 – 06a (Reapproved 2013) (*chapter 12.2 Determination of Tensile Test*), ASTM D1414 – 94 (Reapproved 2008) (*chapter 9. Tension Set Test*)

Die Zugverformungsrestprüfung (ZVR-Prüfung) ist ebenso wie die Druckverformungsrestprüfung (DVR-Prüfung) eine Möglichkeit, über das Rückverformungsverhalten nach einer definierten Temperaturbeanspruchung Informationen über das Relaxationsverhalten und über den Vernetzungszustand eines Prüflings zu erhalten. In speziellen Anwendungsfällen und bei besonderen Dichtungsgeometrien ist sie eine hilfreiche Ergänzung zur Druckverformungsrestprüfung.

1. Kurze Beschreibung der ZVR-Prüfprozedur und wichtige momentan gültige internationale Prüfnormen zum Zugverformungsrest

Bei der Zugverformungsrestprüfung wird der Probekörper gedehnt. Entweder handelt es sich um eine konstante Dehnung oder um eine Dehnung unter konstanter Last¹. In diesem Fachartikel wird nur der erstere Fall behandelt, da er in unserer täglichen Prüfpraxis der bedeutendste ist.

Der Probekörper ist entweder ein Elastomerstreifen, ein Schulterstab oder ein Ring. Es handelt sich entweder um eine reine Dehnung in der Länge (siehe **Abb. 1** und **2** mit gedehnten ZVR-Normprobekörpern) oder um eine radiale Dehnung (siehe **Abb. 3** mit gedehnten O-Ringen). Die Dehnung beträgt meist 25% oder 50% und nach einer definierten:

- **Temperaturbeanspruchung** (wie z.B. 24h / 150°C)

und

- **Abkühlprozedur**²

wird der Probekörper wieder entspannt. Die bleibende Dehnung bzw. Aufweitung wird in das Verhältnis zur absoluten Dehnung bzw. Aufweitung gesetzt. Es ist keine Standardlänge für die längsgedehnten Probekörper in der Norm vorgeschrieben. Meist werden jedoch 50mm³ als Messlänge verwendet. Der Vorteil von ZVR-Schulterstäben ist, dass keine zusätzlichen Halteklammern benötigt werden, weil der Schulterstab problemlos in die Vorrichtung eingehängt werden kann. Die zu messende Länge wird am Schulterstab mit Markierstiften⁴ angezeichnet.

In früheren Normen wurden Schulterstäbe mit einer Messlänge von 100mm vorgeschrieben. Da inzwischen meist kürzere verwendet werden und weil beim ZVR in vielen Fällen keine übergroßen Dehnungen rückgemessen werden, sind genaue und exakte Messvorrichtungen unbedingt notwendig⁵. Die Längenänderung wird mit einer Genauigkeit von 0,1mm⁶ erfasst. (Das Messmittel ist in den meisten Fällen eine Schieblehre, siehe **Abb. 1** und **2**)

Das Ergebnis des ZVR korreliert in etwa mit dem Druckverformungsrest (DVR).

In den ASTM Standards ASTM D412 – 06a (Reapproved 2013) (*chapter 12.2 Determination of Tensile Test*) und ASTM D1414 – 94 (Reapproved 2008) (*chapter 9. Tension Set Test*) wird in den in Klammern genannten Kapiteln eine Zugverformungsrestprüfung beschrieben, allerdings nur bei Raumtemperatur und nach einer Belastung von 10 Minuten bei 100% Dehnung (ASTM D 1414). Dieser Kurzzeit-ZVR kommt in unserem Prüfalltag nicht vor und es ist fraglich, ob die Ergebnisse reproduzierbar messbar sind, da es sich ja bei Raumtemperatur und nach so kurzer Belastungszeit um sehr kleine ZVR-Werte handeln wird. Ferner ist unklar, welchen Nutzen diese Prüfmethode für den praktischen Anwender haben soll.

¹ vgl. DIN ISO 2285 (Ausgabe Dezember 2013), Unterpunkte 3.1 und 3.2, S.6

² Die Methoden A und C sind analog zum Druckverformungsrest nach ISO 815-1 (Ausgabe 02-2008). Unterschiede gibt es beim Abkühlverfahren nach Methode B: Während die ISO 815 (DVR) eine Abkühlung im verspannten Zustand nach Ofenentnahme auf Raumtemperatur in einem Zeitfenster von 30 bis 120 Minuten fordert, fehlt bei der ISO 2285 dieses Zeitfenster und der Hinweis, dass Raumtemperatur erreicht werden muss. Es wird in der ZVR-Norm lediglich eine Abkühlung von 30 Minuten gefordert. Die Rückmessung erfolgt dann bei beiden Normen (ISO 815 und 2285) nach Entspannung nach Ende der Abkühlzeit und weiteren 30 Minuten Wartezeit im entspannten Zustand.

³ vgl. BROWN, Roger: Physical Testing of Rubber, New York, 42006, S. 215

⁴ vgl. DIN ISO 2285 (Ausgabe Dezember 2013), Unterpunkt 6.4.1, S.10

⁵ vgl. BROWN, Roger: Physical Testing of Rubber, New York, 42006, S. 215

⁶ vgl. DIN ISO 2285 (Ausgabe Dezember 2013), Unterpunkt 4.1.3, S.7



Abb1.: Zugverformungsrestprüfung: Normprobekörper in Ausgangslage, im noch entspannten Zustand (50mm)

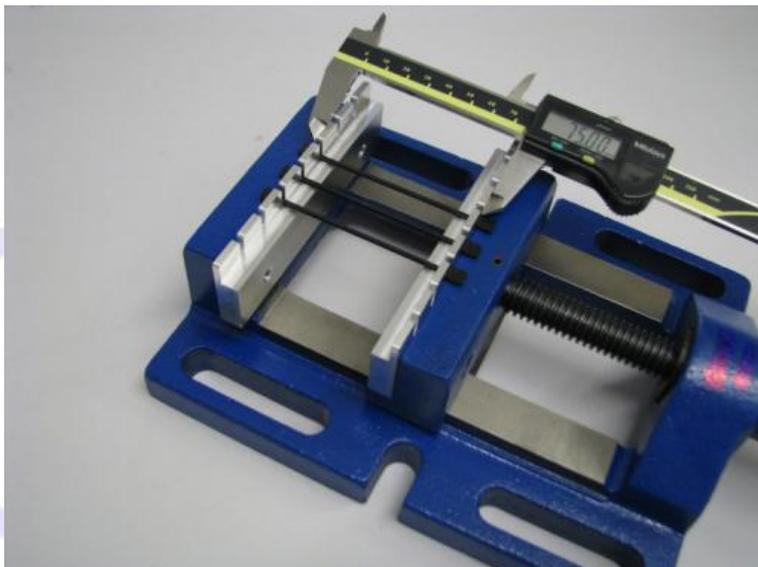


Abb2.: Zugverformungsrestprüfung: Normprobekörper im gedehnten Zustand, kurz vor Einlagerung im Ofen (50% Dehnung auf 75mm)



Abb3.: Zugverformungsrestprüfung an O-Ringen mit Hilfe eines Prüfdorns im Laborofen (radiale Dehnung)

Der Zugverformungsrest E_4 in Prozent wird wie folgt berechnet⁷:

$$E_4 = 100 \times (L_5 - L_1) / (L_2 - L_1)$$

E_4 = Zugverformungsrest [%]

L_1 = ungedehnte Ausgangsmesslänge [mm]

L_2 = gedehnte Messlänge [mm]

L_5 = Messlänge nach der Erholungsphase [mm]

Wie kommt es nun zu dieser bleibenden Dehnung? Es ist ein ähnlicher Effekt wie beim Druckverformungsrest: Zum einen wird durch Hitze und Belastung (Dehnung bzw. Aufweitung) die ursprüngliche Netzwerkstruktur teilweise zerstört. Dadurch nehmen die Rückstellkräfte ab. Und zum anderen entstehen in der gedehnten Struktur neue Vernetzungen. Diese neuen Vernetzungen wirken einer Rückverformung in die Ausgangslage entgegen. Die bleibende Verformung – die wir messen – stellt also ein Gleichgewicht der beiden gegeneinander wirkenden Kräfte dar.⁸

Wenn Sie genauere Informationen zu den theoretischen Hintergründen der Verformungsrestprüfung wünschen, empfehlen wir Ihnen die Lektüre des Artikels „Fachwissen Druckverformungsrestprüfung“ auf unserer Webseite.

Die Zugverformungsrestprüfung wird in der Regel viel seltener angewendet als die Druckverformungsrestprüfung.

⁷ Die Bezeichnungen und Abkürzungen in der Berechnungsformel zum ZVR wurden entnommen aus: DIN ISO 2285 (Ausgabe Dezember 2013), Unterpunkt 8.2 *Konstante Dehnung*, S.14

⁸ vgl. TOBOLSKY, Arthur V. und Hoffmann, Martin: Mechanische Eigenschaften und Struktur von Polymeren, Stuttgart, 1967, S.285f.

2. Vor- und Nachteile der ZVR-Prüfung (Abgrenzung zur DVR-Prüfung)

Was sind aber die Vorteile, was die Nachteile der Zugverformungsrestprüfung und wann wird sie sinnvollerweise angewendet?

- Die ZVR-Prüfung wird fast ausschließlich bei Fertigteilen angewendet. Bei O-Ringen mit sehr kleinen Schnurstärken ist hier die Messunsicherheit geringer als bei der Prüfmethode Druckverformungsrest.
- An vielen Manschetten, Stangen- und Kolbendichtungen, sowie an Radialwellendichtringen (an der mit einem Messer herausgetrennten Dichtlippe) ist die ZVR-Prüfung überhaupt die einzige Möglichkeit den Vernetzungsgrad zu messen.
- Die Durchführung ist einfacher als bei der Druckverformungsrestprüfung, ein Dorn ist leichter herzustellen als planparallele Platten und Distanzstücke. Daher bietet sich das Verfahren für immer wiederkehrende Abmessungen an, wenn man bereits den passenden Dorn hat.
- Da beispielsweise in Wareneingängen kleinerer Unternehmen nicht überall eine berührungslos arbeitende Messmaschine für O-Ringe zur Verfügung steht, ist die Genauigkeit von ZVR-Prüfungen nicht immer so hoch wie bei DVR Prüfungen. Dieser Punkt trifft selbstverständlich für unser akkreditiertes Labor nicht zu, da wir über die entsprechende Messtechnik verfügen. Außerdem bieten wir auch komplette Wareneingangsprüfungen für Unternehmen an.

PRÜFLABOR

RICHTER