

Rückstellungstests für Elastomerdichtungen – Die Antwort liefert der GABO DMA EPLEXOR®

Einleitung

Als **Dichtung** bezeichnet man in der Technik Elemente oder Konstruktionen, die die Aufgabe haben, ungewollte Stoffübergänge von einem Ort zu einem anderen zu verhindern oder zu begrenzen. Wenn etwa ein abgesperrter Wasserhahn noch tropft, so ist dessen Dichtung defekt [1]. Elastomerdichtungen werden daher in einer Vielzahl technischer Anwendungen eingesetzt und erfüllen unterschiedlichste Dichtungsaufgaben. Je nach Anwendung ist die Auswahl der Werkstoffe, deren konstruktive Ausführung, die benötigte Dichtungsgeometrie bzw. Dichtungsform und natürlich die physikalischen und chemischen Randbedingungen unter denen die maßgeschneiderten Dichtungen zum Einsatz kommen sollen, von fundamentaler Bedeutung.

Daher sind detaillierte Kenntnisse über die auftretenden physikalischen und chemischen Zustände, der die Anwendung ausgesetzt ist, wie z.B. Temperatur- und Druckbereiche, die chemische Beständigkeit und damit die Auswahl geeigneter inerter Stoffe, die Voraussetzung für ein erfolgreiches Design einer Dichtung.

Medienbeständigkeit

Es reicht jedoch nicht aus, allein die Medienbeständigkeit der Ausgangsstoffe (Edukte), beispielsweise innerhalb einer technischen chemischen Produktionskette, zu bedenken. Die Dichtung muss auch chemisch resistent gegen die im Herstellungsprozess erzeugten Produkte sein. Die geforderte Medienbeständigkeit betrifft demnach den in Kontakt mit den zu trennenden oder abzudichtenden Medien, die während des Betriebs entstehenden Medien, der Umgebungsluft, Additiven wie Schmierstoffe und Verbrauchsstoffe wie Reinigungsmittel.

Temperaturbeständigkeit

Der Temperatureinsatzbereich für Dichtungswerkstoffe wird auf der Basis einer möglichen Dauereinsatztemperatur mit genügend Sicherheitsreserven bestimmt. Dabei

ist auch zu bedenken, das unter Umständen Zersetzungsreaktionen während des Betriebes stattfinden können, die ein Schrumpfen bzw. eine Quellung des Dichtungswerkstoffes verursachen. Darüber hinaus können sich die Ausgangsbedingungen durch Temperatur, Druck und Verschleiß ändern.

Ein wichtiger Bestandteil des Entwicklungsprozesses von Elastomerdichtungen sind neben den Eignungstests die gründliche Werkstoffprüfung. Dabei spielen „Creep Recovery“-Experimente (Rückstellungstests) eine Schlüsselrolle.

Was sind Rückstellungstests?

Während eines Rückstellungstests wird ein elastomere Prüfkörper, in der Regel eine zylindrische Probe, die einer Kompressionslast ausgesetzt ist, bei einer konstanten Temperatur für eine vorgegebene Zeitspanne deformiert. Im Anschluss erfolgt eine Entlastungsphase (d.h. Entfall der Last/Kraft), die üblicherweise bei der gleichen Temperatur stattfindet. Auch hier wird eine definierte Zeitspanne für die „Probenerholung“ angesetzt. Eine ideale Dichtung würde einer Entlastung augenblicklich folgen und sich ohne Zeitverzögerung auf die Ausgangshöhe „aufrichten“ (z.B. elastische Feder).

Reale Dichtungen verhalten sich allerdings davon abweichend. Je nach Werkstoff, seiner inneren Struktur, der Umgebungstemperatur und dem Einfluss des Mediums verlaufen die „Aufricht“- oder Rückstellprozesse sehr unterschiedlich. Es können oft mehrere Stunden oder sogar Tage vergehen, bis die Ausgangshöhe wieder erreicht ist. Es besteht auch die Möglichkeit, dass Werkstoffe ihre Ausgangshöhe nicht mehr erreichen und dauerhaft irreversibel verformt bleiben. Ein wichtiges Qualitätskriterium für eine Dichtung ist also ihre Rückstelleigenschaft:

Wie schnell und auf welche Höhe im Vergleich zur „jungfräulichen“ Ausgangshöhe stellt sich der Werkstoff im Test zurück?

Messbedingungen

In der Regel werden in der Materialprüfung für signifikante belastbare Aussagen sogenannte „Bulk“-Eigenschaften benötigt. Gemeint ist hier ein großvolumiger Probenkörper. Sind die Abmessungen der Probenkörper zu klein, wird das Verhältnis von Probenoberfläche und Probenvolumen ungünstig. Die ermittelten Prüfergebnisse sind dann nicht mehr direkt auf die Werkstoffeigenschaften übertragbar. Aus diesem Grund sollten großvolumige Prüfkörper den in der Anwendung auftretenden Verformungen ausgesetzt werden.

Rückstellungstests werden in diesem Beispiel an einer zylinderförmigen rußgefüllten Probe (Höhe 25 mm, Durchmesser 20 mm) eines elastomeren Dichtungswerkstoff bei Raumtemperatur in einem Hochlast-DMA GABO EPLXOR® 2000 N durchgeführt.

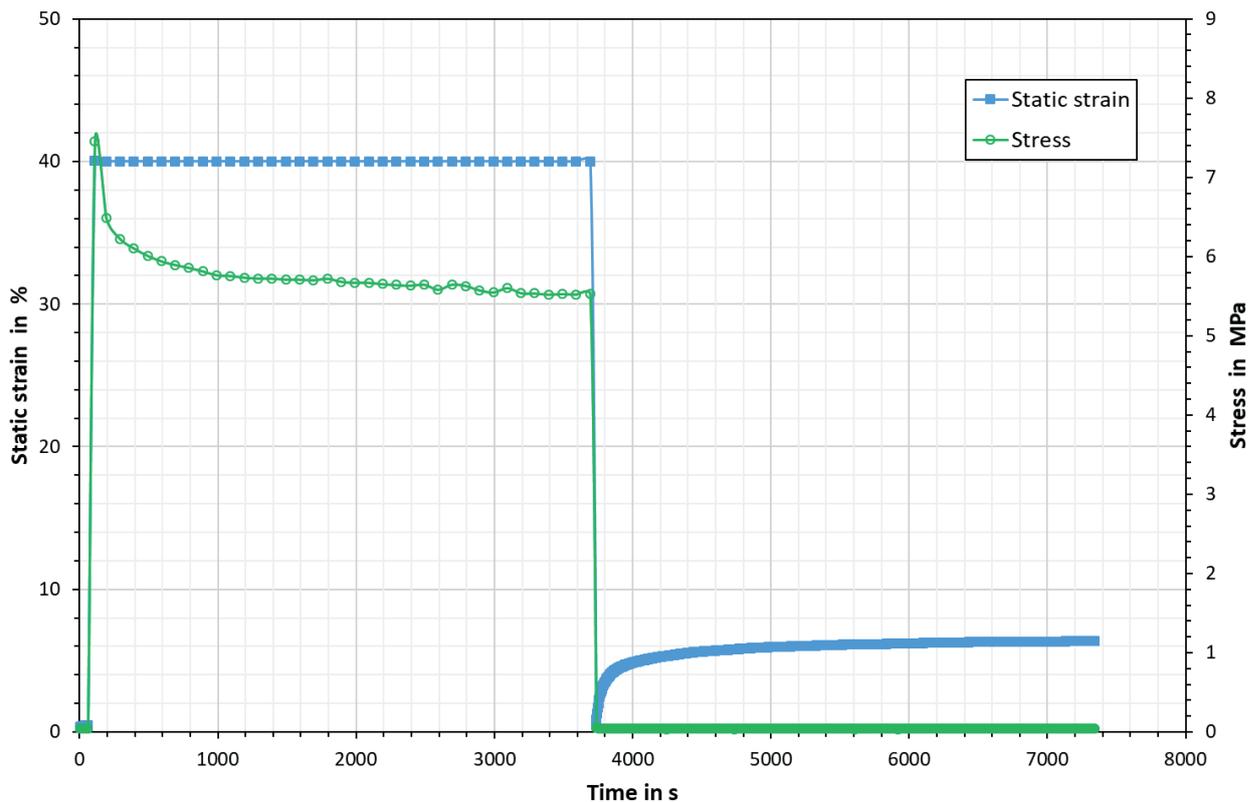
Dazu wurde eine statische Stauchung von 40 % bezogen auf die Probenhöhe des Zylinders aufgebracht. Diese

Deformation wurde für einen Zeitraum von einer Stunde eingeregelt und konstant gehalten. Im Anschluss wurde die statische Kraft, die zur Stauchung um 40 % benötigt wurde, „schlagartig“ entfernt, eine Kontaktkraft von 2 N angelegt und der dadurch entstehende Erholungsprozess eine Stunde lang aufgezeichnet. Diese geringe Kraftkomponente von 2 N hat keinerlei Einfluss auf den „Aufricht“-Prozess, wird jedoch zur Halterung der Probe in ihrer Position benötigt.

Messergebnisse

Abbildung 1 verdeutlicht den zeitlichen Verlauf der Deformation und Spannung während des Rückstellungstests.

Die Probe wird um 40 % gestaucht. Zunächst steigt die mechanische Spannung sprunghaft an. Die erforderliche Anfangskraft beträgt ca. 2.400 N ($7,5 \text{ MPa} \times 314 \text{ mm}^2 \sim 2400 \text{ N}$). Beim Halten des Deformationszustandes über einen Zeitraum von einer Stunde wird ein Abfall der aufgetragenen Spannung gemessen. Abhängig von den



1 Rückstellungstest eines elastomeren Dichtungswerkstoff bei Raumtemperatur

APPLICATIONNOTE Rückstellungstests für Elastomerdichtungen – Die Antwort liefert der GABO DMA EPLEXOR® 2000 N

eingesetzten Werkstoffen, deren innerem Aufbau und Struktur sind die stofftypischen intrinsischen molekularen Beweglichkeiten oft sehr verschieden. Durch sogenannte Relaxationsprozesse bauen die Werkstoffe die aufgebrachten Spannungen unterschiedlich schnell ab. Das erreichte Spannungsniveau und die Zeitspanne, die vergeht, bis dieser "quasi-stationäre" Zustand erreicht wird, gibt Auskunft über das Langzeitverhalten und ermöglicht eine Abschätzung des Eigenschaftsprofils in der realen Anwendung. In diesem Fall erreicht die Spannung einen nahezu konstanten Wert von 5,5 MPa.

In einem zweiten Schritt wird die statische Kraft schlagartig entfernt und zum Festhalten der Probe eine Kontaktkraft von 2 N aufgetragen. Dieser Spannungsabbau wird von einer spontanen Rückdeformation begleitet, die im vorliegenden Fall nur eine relativ kurze Zeit dauert. Die Probe kriecht oder dehnt sich aus und erreicht bereits nach einer Stunde allerdings nur noch 94 % (100 % - 6 % = 94 %) ihrer Ausgangslänge. Die bleibende Stauchung von 6 % beruht auf einem nichtlinearen, viskoelastischen Verhalten des hier getesteten Werkstoffs und weist auf einen irreversiblen Zustand hin.

Zusammenfassung

Rückstellungstests zeichnen die Längenänderung der Elastomerdichtungen als Funktion der Belastung, Haltezeit und Temperatur auf. Sie sind ein unumgängliches Mittel, um die Anforderungen an Elastomerdichtungen zu überprüfen und zu verifizieren.

Die untersuchte Probe hat nach einer Belastungs- und Entlastungsphase eine bleibende Stauchung von 6 % gezeigt und konnte in ihre ursprüngliche Form nicht zurückkehren.

Entscheidend für eine erfolgreiche Messung ist demnach die zur Verfügung stehende Maximalkraft, der maschinenspezifische Verformungsbereich und natürlich eine stabile Temperaturregelung, die einen möglichst großen Temperaturbereich abdecken sollte. Dafür ist ein Hochlast-DMA vom Typ GABO EPLEXOR® 2000 N oder – noch besser – ein Hochlast-DMA vom Typ GABO EPLXOR® 4000 N die erste Wahl.

Literatur

- [1] [https://de.wikipedia.org/wiki/Dichtung_\(Technik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Dichtung_(Technik))