

Standardisierung von Flachdichtungen in der Chemie auf Basis von SiC-gefülltem PTFE

DIPL.-ING. (FH) WOLFGANG ABT

In der chemischen Industrie sind bei der Dichtungsauswahl eine Vielzahl von Gesichtspunkten zu berücksichtigen. Um mit einem Flachdichtungswerkstoff einen Standardisierungseffekt zu erzielen, muss dieser standfest im Temperaturbereich bis mindestens 200 °C sein, sowie eine umfassende Medienbeständigkeit aufweisen. Der vorliegende Beitrag zeigt, wie mit dies mit der Flachdichtung KLINGER®top-chem 2000 auf Basis der Werkstoffkombination von PTFE und SiC möglich wird. Die besonderen Eigenschaften werden anhand des Kriech-Relaxations-Faktor PQR verdeutlicht. Einige Anwendungsbeispiele zu den Themen Ausblassicherheit, Einsatz in Nut- und Federflanschen, Standardisierung in einer Ölmühle und Dichtringe für Verschraubungen, zeigen die unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten in der Praxis.

PROBLEMSTELLUNG

Bei der Auswahl einer geeigneten Flachdichtung für den Einsatz in der chemischen Industrie sind im Vorfeld eine Vielzahl von Aspekten zu berücksichtigen, wie z. B.:

- Medienbeständigkeit (Säuren, Laugen, organische Lösungsmittel, Dampf, Wärmeträgerflüssigkeiten etc.)
- Betriebsparameter (Druck, Temperatur, zyklischer Betrieb?)
- Einbausituation (Flansch oder Verschraubung, Form der Dichtflächen, Werkstoffe von Flanschen und Schrauben etc.)
- Geforderte Zertifikate (TA Luft-Zeugnis, Fire-Safe-Test, Blow-Out-Safety etc.)
- Flanschberechnung nach EN 1591-1 erforderlich, Dichtungskennwerte dazu vorhanden?
- Weitere Anforderungen aus gesetzlichen Vorgaben und technischen Regelwerken
- Montage, Handling, Fehlerverzeihlichkeit

Aber gibt es typische Parameter für Rohrleitungen in Chemieanlagen? Nach einer Untersuchung von [1] treffen auf 90 Prozent der Rohrleitungen folgende Bedingungen zu:

- Die Nennweite ist kleiner oder gleich DN 100
- Der Nenndruck liegt zwischen 10 und 25 bar
- Die Betriebstemperatur ist kleiner oder gleich 200 °C

Soll mit dem Dichtungswerkstoff ein Standardisierungseffekt erzielt werden, muss er einen möglichst großen Bereich dieser Anforderungen im Temperaturbereich bis 200 °C abdecken, dies gilt insbesondere für die Medienbeständigkeit.

PROBLEMLÖSUNG

PTFE ist als Dichtungswerkstoff mit universeller chemischer Beständigkeit (Ausnahmen: elementares Fluor, einige Fluor-Wasserstoff-Verbindungen bei höheren Temperaturen, sowie geschmolzene Alkalimetalle wie z. B. Natrium) bekannt. PTFE kann prinzipiell im Temperaturbereich von -200 °C bis +250 °C eingesetzt werden, es altert und versprödet nicht. Es hat jedoch den entscheidenden Nachteil der fortwährenden Kriechrelaxation, das heißt des Spannungsabfalls und der Dickenabnahme unter Last. Dieser Effekt wird durch zunehmende Temperaturen verstärkt. Daher ist PTFE als Dichtungswerkstoff alleine nicht geeignet, da die Dichtverbindungen aufgrund

der Kriechrelaxation ständig nachgezogen werden müssten, da sie sonst mit der Zeit undicht oder sogar ausblasen würden. Aus diesem Grund wird PTFE-Dichtungswerkstoffen in der Regel ein mineralischer Füllstoff zugemischt, um die beschriebenen Kriechrelaxationsvorgänge zu reduzieren bzw. möglichst ganz zu vermeiden.

Welcher Füllstoff ist nun dafür am besten geeignet? Am Markt üblich sind PTFE-Dichtungen gefüllt mit Quarz (SiO₂) und Schwespat (BaSO₄). Beide haben Vor- und Nachteile und unterscheiden sich in der Medienbeständigkeit. Die Ingenieurkeramik Siliziumcarbid (SiC) dagegen weist eine umfassende chemische Beständigkeit, z. B. gegen Chlor, starke Säuren wie z. B. rauchende Salpetersäure und Flusssäure, sowie Laugen auf. Für SiC liegen außerdem langjährige positive Chemie-Einsatz Erfahrungen in Kontakt mit Medium, z. B. als Gleitlager für Chemiepumpen, vor. SiC zeichnet sich durch eine ungewöhnlich hohe Härte (9,6 Mohs - ähnlich Diamant) und eine gute Wärmeleitfähigkeit (ca. 100 bis 140 W/(m·K)) aus.

Mit KLINGER®top-chem 2000 ist ein Flachdichtungswerkstoff verfügbar, der die positiven Eigenschaften von PTFE und SiC vorteilhaft kombiniert und beide Komponenten in annähernd gleichen Teilen enthält. Die speziellen Eigenschaften von KLINGER®top-chem 2000 lassen sich am besten am PQR-Wert verdeutlichen. Der PQR-Wert ist der Kriech-Relaxations-Faktor des Dichtungswerkstoffs und wird für

die Flanschberechnung nach EN 1591-1 benötigt. Er ist nach EN 13555 definiert als Verhältnis von Rest- und Ausgangsflächenpressung der Dichtung unter Belastung (Temperatur). Er berücksichtigt den Relaxationseinfluss auf die Dichtungsbelastung zwischen dem Anziehen der Schrauben und der Langzeiteinwirkung der Betriebstemperatur. Der PQR-Wert ist ein dimensionsloser Zahlenwert zwischen 0 und 1. PQR = 0 bedeutet vollständige Kriech-Relaxation, keine Flächenpressung auf der Dichtung mehr vorhanden (die Dichtverbindung würde in der Praxis versagen). PQR = 1 bedeutet keine Kriech-Relaxation, die Montageflächenpressung der Dichtverbindung bleibt zu 100 Prozent erhalten. Je größer der PQR-Faktor, um „standfester“ ist die Dichtung im Betrieb; ein hoher PQR-Faktor ist daher gleichzusetzen mit einer hohen Betriebssicherheit der Flanschverbindung.

Die Bilder 1 und 2 vergleichen PQR-Werte im Temperaturbereich bis 250 °C für verschiedene Dichtungswerkstoffe, sie wurden anhand der auf www.gasketdata.org veröffentlichten Daten erstellt. Bild 1 vergleicht bei einer Einbauflächenpressung von 20 MPa KLINGER®top-chem 2000 mit einem handelsüblichen gefüllten PTFE und einem expandiertem PTFE (ohne mineralischen Füllstoff). Die Überlegenheit der Werkstoffkombination PTFE-SiC im gesamten Temperaturbereich wird deutlich; der PQR-Wert ist immer größer als 0,95. Bild 2 vergleicht bei einer Einbauflächenpressung

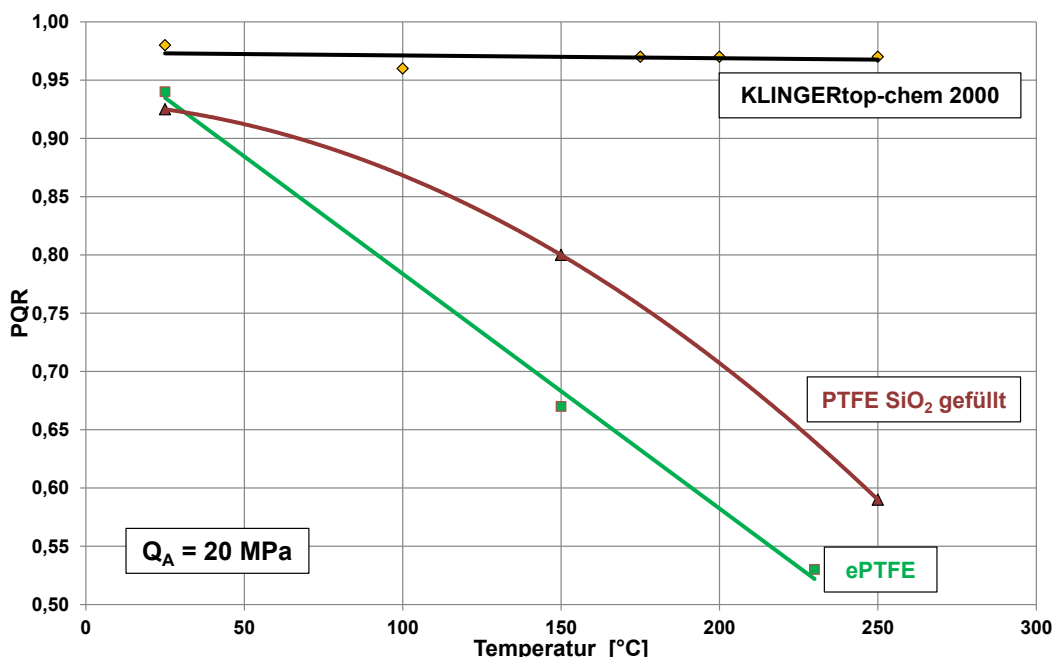


Bild 1: PQR-Vergleich verschiedener PTFE-Dichtungswerkstoffe

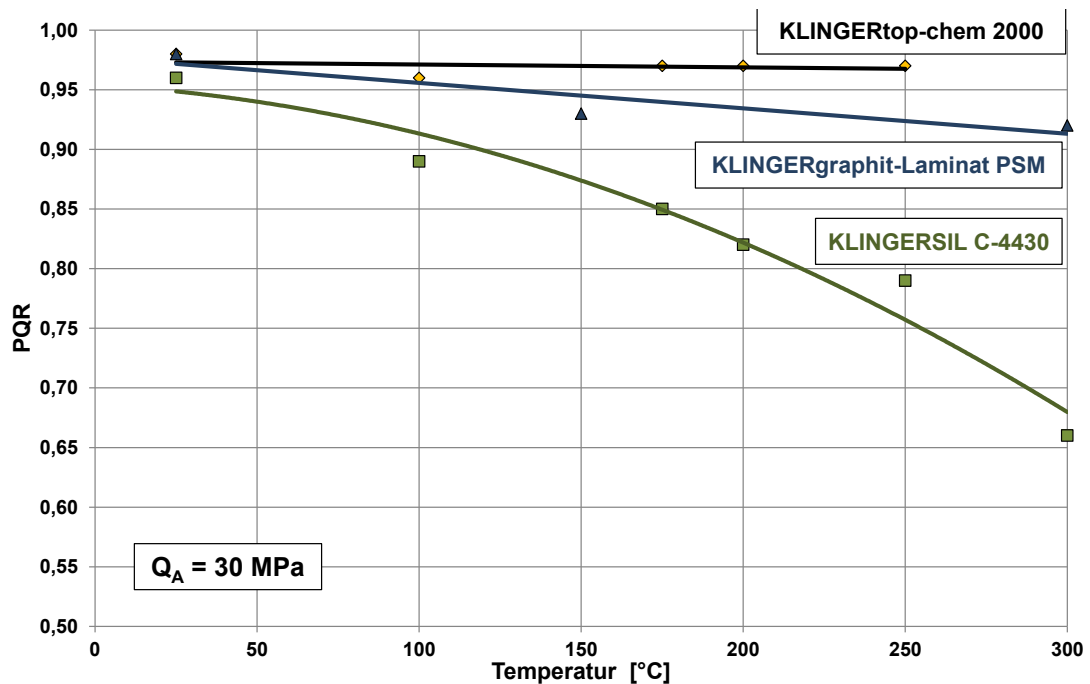


Bild 2: PQR-Vergleich von KLINGER®top-chem 2000 mit einem FA- und einem GR-Dichtungswerkstoff

von 30 MPa KLINGER®top-chem 2000 mit einer Standard-Graphit-Dichtung mit Spießblecheinlage (KLINGER®graphit-Laminat PSM) und einer für höhere Temperaturen optimierten Faser-Dichtung (KLINGERSIL® C-4430). Auch hier ergibt sich das gleiche Bild: KLINGER®top-chem 2000 ist den beiden anderen Dichtungswerkstoffen bei der Kriech-Relaxation überlegen.

KLINGER®top-chem 2000 ist bereits seit mehr als 20 Jahren auf dem Markt, so dass inzwischen vielfältige Einsatzerfahrungen vorliegen. In **Bild 3** wurden für verschiedene Mediengruppen die Druck- und Temperatur-Parameter bekannter Anwendungen in ein p-T-Diagramm eingetragen. Es wird deutlich, dass die Mehrzahl der Anwendungen im Bereich bis zu einer Temperatur von 230 °C und bis zu einem Druck von 25 bar liegt. Vergleicht man dies mit den weiter oben beschriebenen typischen Parametern für Rohrleitungen in Chemieanlagen, so erkennt man, dass 95 Prozent der Chemie-Flansch-Anwendung damit abgedeckt werden können.

ANWENDUNGSBEISPIELE

Nachfolgend werden einige Dichtungsanwendungen mit KLINGER®top-chem 2000 beschrieben.

Flanschdichtungen

Beispiel 1: PTFE-Dichtungen mit mangelnder Standfestigkeit

Bild 4 zeigt verschiedene herkömmliche PTFE-Dichtungen mit mangelnder Standfestigkeit. Je nach individueller Belastung fließen sie entweder nach außen (erkennbar an den Abdrücken der Schraubenbolzen) oder intrudieren in den Rohrleitungsquerschnitt, oder zeigen auch beide Erscheinungen. Bei Druckstößen mit einhergehender Entlastung beginnen sie an der Stelle mit der geringsten Flächenpressung aufzureißen; es kommt schließlich zum „Blow-out“, einer signifikant hohen, plötzlichen Leckage. Diese negativen Effekte traten mit KLINGER®top-chem 2000 in der Anlage nicht mehr auf. Nach einem Gutachten der MPA-Stuttgart gelten Dichtungen aus KLINGER®top-chem 2000 als ausblassicher, solange eine Berechnung nach DIN EN 1591-1 im Betrieb eine Restflächenpressung von 8 MPa oder mehr aufweist.

Beispiel 2: Dichtungen für Nut- und Federflansche

Nut- und Federflansche gelten konstruktiv als „ausblassicher“, da die Dichtung seitlich gekammert ist. Daher werden sie häufig in Anlagen mit wassergefährdenden Flüssigkeiten eingesetzt. In der Praxis sind diese Flansche nicht unbedingt beliebt, da der Austausch der Dichtungen bei der Revision erschwert ist. Durch die kleinere Dichtfläche ergeben

sich deutlich höhere Flächenpressungen als bei Flanschen mit glatter Dichtleiste. Ein hierfür geeigneter Dichtungswerkstoff muss sich durch hohe Werte für die maximale Flächenpressung im Einbau- und Betriebszustand (QS_{max}) und für den PQR-Wert auszeichnen. Damit wird sichergestellt, dass sich die Dichtung nicht in den Ringspalt zwischen Nut und Feder extrudiert. Aufgrund der positiven Betriebserfahrungen mit KLINGER®top-chem 2000 wurde in einem überbetrieblichen Regelwerk von Firmen der chemischen und pharmazeutischen Industrie eine eigene Nummer für die Anwendung in Nut- und Federflanschen festgelegt. Es ist keine andere PTFE-Dichtung dafür freigegeben.

Beispiel 3: Standardisierung

Für eine Ölmühle, in der Rapsöl zu diversen Bioölen weiterverarbeitet wird, soll die vorhandene Dichtungsvielfalt auf so wenige Qualitäten wie möglich reduziert werden um die Verwechslungsgefahr im Servicefall weitestgehend auszuschließen. Es sind nur plattenförmige Dichtungswerkstoffe erwünscht, um bei Störungen schnellstmöglich vor Ort eine Dichtung mit individuellen Abmessungen herstellen zu können. Die Anlage läuft 24 Stunden rund um die Uhr, so dass Stillstandzeiten so gering wie möglich gehalten werden müssen.

Die Randbedingungen waren:

- Sowohl Stahl- als auch Kunststoff-Flansche (GFK)
- Nennweiten DN 80 – 300
- Nenndruckstufe PN 16

- Maximale Temperatur im Produktbereich: 90 °C
- Maximale Temperatur Prozessenergie: 185 °C (Sattdampf, 12 bar)

Für einen Materialvorschlag mussten die in der Anlage vorkommenden Medien erfasst werden. Neben den diversen Ölen, Dieselkraftstoff und Kühlwasser waren dies vor allem:

- Schwefelsäure, konzentriert, max. 60 °C
- Phosphorsäure, konzentriert, max. 60 °C
- Natronlauge, 5 %, max. 60 °C
- Hexan

Nach Überprüfung der verschiedenen Medienbeständigkeiten und Berechnung einiger Flansche mit KLINGERexpert konnte eine bemerkenswert einfache Lösung gefunden werden: Alle Anforderungen lassen sich mit nur zwei verschiedenen Dichtungswerkstoffen auf PTFE-Basis abdecken. Das Besondere an der Lösung ist, dass nicht wie üblich zwischen dem Produktbereich und dem Prozessenergiebereich differenziert werden muss, sondern nur zwischen Dichtungen für die metallischen Flansche und für die Kunststoffflansche. Diese Unterscheidung ist in jedem Fall erforderlich, weil die Kunststoffflansche nur geringe Flächenpressungen zwischen 10 und 20 MPa erlauben und somit einen besonders weichen, anpassungsfähigen Dichtungswerkstoff erfordern.

Die vorgeschlagene Lösung lautet nun: KLINGER®top-chem 2000 für alle Dichtungen an den Stahlflanschen und KLINGER®top-chem 2003 für alle Dichtungen

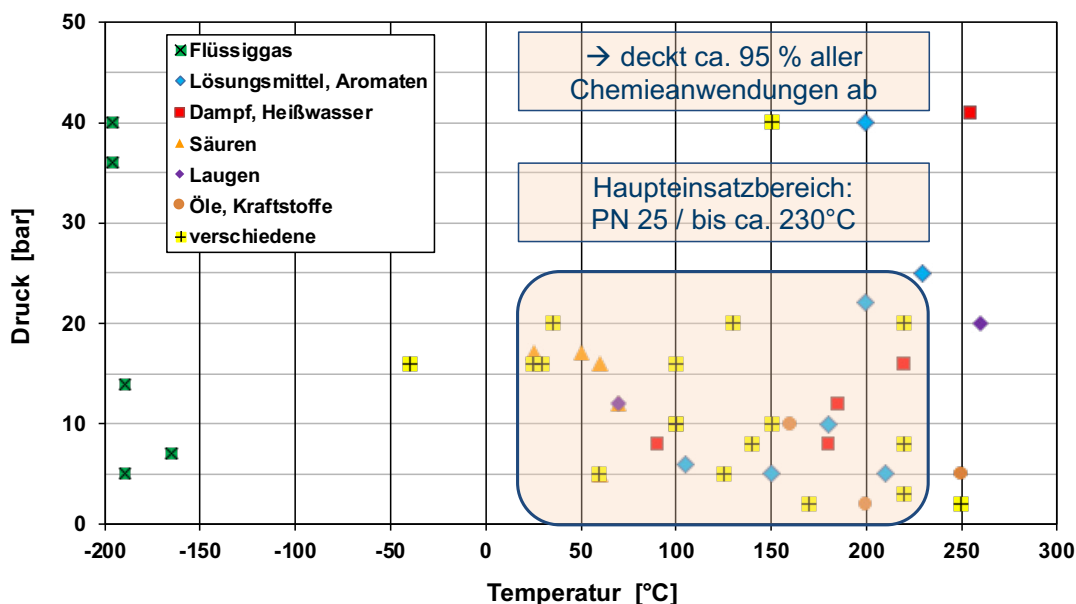


Bild 3: p,T-Diagramm: Einsatzparameter von KLINGER®top-chem 2000



Bild 4: Beispiele von PTFE-Dichtungen mit mangelhafter Standfestigkeit

an den Kunststoffflanschen. Der Instandhalter muss somit nur noch zwei Dichtungswerkstoffe bevorzugen: Eine „graue“ für alle Stahlflansche und eine „hell-beige“ für den Sonderfall der Kunststoffflansche.

Verschraubungsdichtungen

Verschraubungsdichtungen weisen – im Vergleich zur Flanschdichtung - eine Reihe von Besonderheiten auf:

- Sehr ungünstiges Breiten-Höhen-Verhältnis (bis 1 :1)
- Der Arbeitsbereich für die Flächenpressung

(zwischen dem erforderlichen Minimal- und dem zulässigen Maximalwert) ist deutlich eingeschränkt. Einer sorgfältigen Montage kommt daher eine besondere Bedeutung zu.

- Verschraubungen verhalten sich relativ starr, es fehlen die federnden Bauteile (Schrauben, Flanschblätter), die die Setzvorgänge des Dichtungswerkstoffes unter Temperatur ausgleichen können.
- Je nach Art der Verschraubung kann der Dichtring bei der Montage zusätzlich auf Torsion beansprucht werden.
- Verschraubungen, die bei höheren Temperaturen ($T > 90\text{ °C}$) und/oder häufigen Temperaturwechseln arbeiten, sind in der Praxis besonders kritisch.

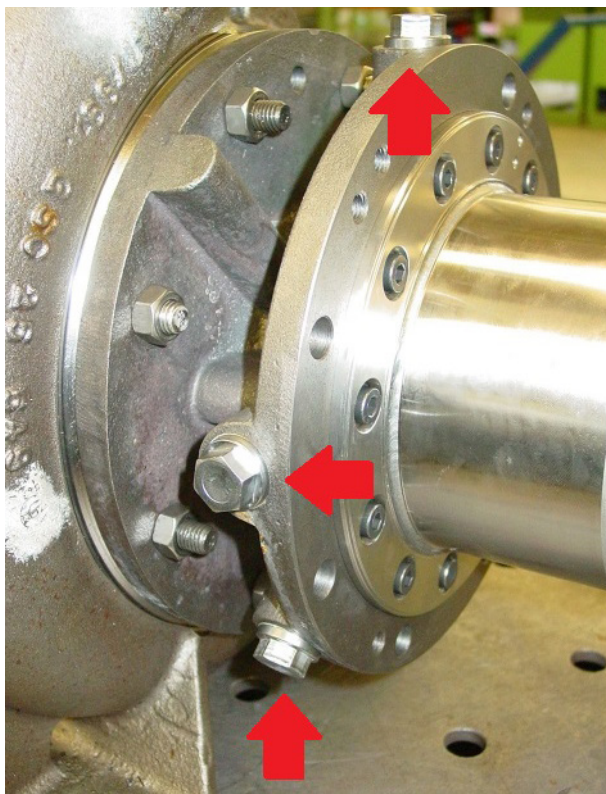


Bild 5: Verschraubungen an einer Chemiepumpe

Über die Problematik der Verschraubungen wurde bereits in der Vergangenheit ausführlich berichtet [2].

Beispiel 4: Verschraubungen an einer Chemiepumpe

An einer Chemiepumpe befinden sich verschiedene Belüftungs- und Entleerungsstopfen, siehe **Bild 5**. Wegen der Vielzahl der zu fördernden Medien kommt als Dichtungswerkstoff nur PTFE in Frage. Da immer wieder Tropfenleckage auftrat, startete der Hersteller der Chemiepumpen ein Versuchsprogramm mit neun verschiedenen Dichtungen. Die Dichtungen wurden mit einem Anzugsmoment von 40 Nm, entsprechend einer Einbauflächenpressung von 16 MPa montiert und anschließend fünf Temperaturzyklen von 20 bis 120 °C über insgesamt 110 Stunden ausgesetzt. Neben der Dickenänderung wurde das verbleibende Restdrehmoment am Versuchsende gemessen. Als Ergebnis ist der Verlust des Montagedrehmomentes in **Bild 6** dargestellt: KLINGER®top-chem 2000 weist mit ca. 12 Prozent Drehmomentverlust den gerings-

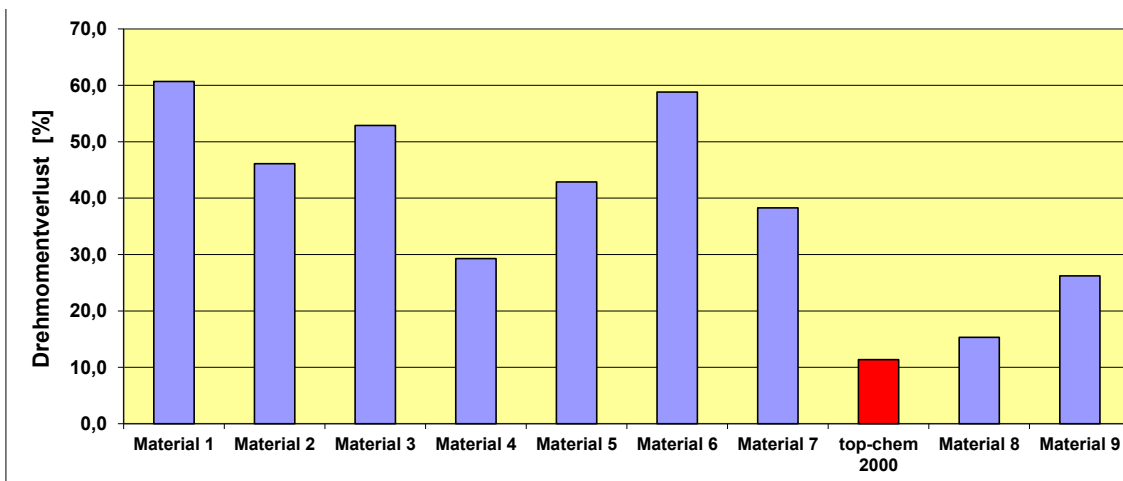


Bild 6: Verlust an Montagedrehmoment am Versuchsende

ten Wert aller geprüften PTFE-Dichtungen auf und wird seither in der Erstausrüstung der Chemiepumpen erfolgreich eingesetzt.

Beispiel 5: Verschraubungen in Fernwärmeanwendungen

Außerhalb der Chemiebranche lohnt ein Blick auf Verschraubungen in Fernwärmeanwendungen, da diese dort häufig Probleme bereiten. Fernwärmeanwendungen lassen sich durch folgende typische Einsatzbedingungen charakterisieren:

- Heißwasser, typisch: 80 – 130 °C (max. 200 °C)
- PN 16 – PN 25 (vereinzelt auch PN 40)
- Wasser teil- bis vollentsalzt, pH 9 – 11
- Wechsellastbetrieb/ständig gleitender Betrieb

In Fernwärme-Übergabestationen, sind je nach Konstruktion, etwa zehn bis zwanzig verschiedene Verschraubungen enthalten. Faserdichtungen härten mit der Zeit aus und können dann nicht mehr den Wärmedehnungen folgen. Versucht man eine solche Verschraubung durch Nachziehen wieder dicht zu bekommen, kommt es zum Bruch der Faserdichtung und damit zu einer noch größeren Leckage. Aufgrund positiver Erfahrungen stellte ein Hersteller von

LITERATUR:

- [1] Limpert, Rolf (BASF): Weiterentwicklung und Stand des Regelwerks für Rohrleitungen, die der DGRL unterliegen; 3R International (41), Heft 2/2002, Vulkan Verlag
- [2] Abt, Wolfgang: Korrekte Auslegung und Montage von Verschraubungsdichtungen; Dichtungstechnik Heft 1/2015, Vulkan Verlag

Fernwärme-Übergabestationen alle Verschraubungen auf KLINGER®top-chem 2000 um. Danach gab es keinerlei Leckagen mehr.

FAZIT

Die Eingangsfrage lautete: Ist eine Standardisierung mit einer „One for all“-Flachdichtung in der chemischen Industrie möglich? Die Antwort lautet ja, mit dem SiC-gefüllten PTFE KLINGER®top-chem 2000 ist dies möglich, sofern folgende Randbedingungen erfüllt sind:

- Stahlflansche
- Temperaturbereich -200 °C bis + 200 °C (im Einzelfall auch bis 250 °C möglich)
- Nenndruck bis PN 40
- Flanschberechnung nach EN 1591-1 erfolgreich

Wegen der umfassenden chemischen Beständigkeit können somit mehr als 95 Prozent der typischen Flachdichtungsanwendungen in der chemischen Industrie erfolgreich abgedichtet werden. Darüber hinaus bewährt sich KLINGER®top-chem 2000 auch in Fernwärme-Anwendungen, die durch permanent schwankende Betriebstemperaturen gekennzeichnet sind.

DDM: Stand D2

Autor



DIPL.-ING. (FH) WOLFGANG ABT
 Produktmanagement/Anwendungstechnik
 KLINGER GmbH
 65510 Idstein
 Tel.: +49 6126 4016 35
 wolfgang.abt@klinger.de