

Berger/Kiefer (Hrsg.)

DICHTUNGS TECHNIK

JAHRBUCH 2017

ISGATEC®

Statische Dichtungen/ Formteile/Profile



>> Berger S2B® – über 85 Jahre Erfahrung in der Elastomer- und Dichtungstechnik.
Technische Lösungen und Dienstleistungen für OEMs.

Negative Auswirkungen durch Eindringen von Flanschdichtungen in den inneren Rohrdurchmesser

2014 wurde die europäische Norm für Dichtungsmaterialien EN 13555 aktualisiert. Eine große Veränderung stellt dabei eine neue Methode zur Bestimmung der maximal zulässigen Flächenpressung der Dichtung bei Betriebsbedingungen dar (Q_{Smax}). Diese legt fest, dass die Probe unter Last nicht in den Innendurchmesser der Flanschverbindung eindringen darf, gemessen an einem DN40 PN40 Flansch.

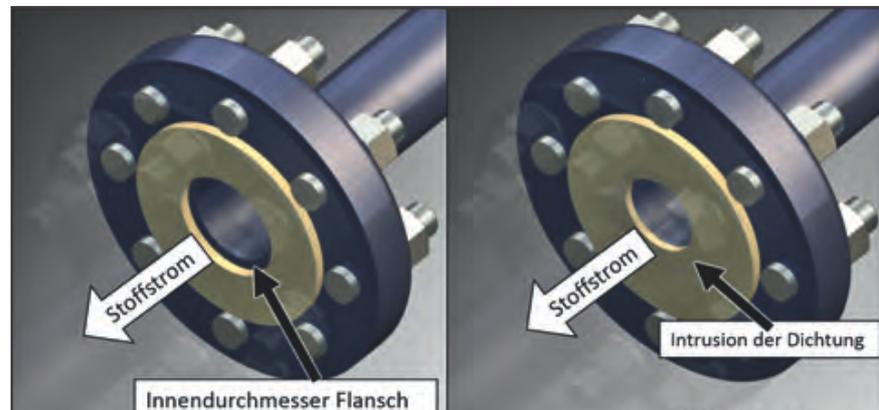
Eine Intrusion $\gg 1$ tritt auf, wenn sich der Innendurchmesser einer Dichtung verkleinert. Dies kann über die Zeit aufgrund erhöhter Flächenpressung oder insbesondere durch Kriecheffekte aufgrund von Temperaturbelastung geschehen.

Die europäischen Dichtungshersteller, die aktiv am Standard EN 13555 mitgewirkt haben, einigten sich darauf, dass eine Dichtung nicht in den Innendurchmesser eines Flansches während des Betriebs eindringen sollte, da dies schließlich negative Effekte auf einen Prozess bzw. eine Rohrleitung haben kann. Die negativen Effekte müssen dabei unter verschiedenen Aspekten diskutiert werden.

Folgen für die Dichtung

Statische Flanschdichtungen bestehen aus „weichen“ Materialien. Sie müssen weicher als die Flanschmaterialien sein, damit sie sich unter Last verformen und die Flanschunebenheiten ausgleichen, um Leckagen zu vermeiden. Wenn eine Intrusion in den inneren Rohrdurchmesser auftritt, wird ein Teil der Dichtung direkt dem Stoffstrom ausgesetzt. Das bedeutet, die Dichtung ist nun Kräften durch das fließende Medium ausgesetzt. Der konstante Schub und Zug des turbulent fließenden Mediums kann Ermüdungen an diesen Stellen verursachen, weshalb – mit der Zeit – Teile der Dichtung abbrechen können. In Verbindung mit kleinteiligerem Abrieb vom Dichtungsmaterial werden so verschiedene, lose Partikel freigesetzt und direkt im Medienstrom aufgenommen. Dies führt eventuell zu Problemen in der nachfolgenden Prozesslinie, wie blockierten Ventilen

>>1: Flansch mit
Dichtung, rechts
Intrusion der Dichtung



oder Pumpen sowie zu unerwünschter Kontamination des Fertigprodukts. Falls die äußere Schicht bestimmter Dichtungstypen (z.B. Hüllringdichtungen oder ummantelte Dichtungen) beschädigt wird, können innere, normalerweise chemisch sensiblere Werkstoffe aggressiven Medien ausgesetzt werden. Diese Medien greifen das Dichtungsinnere ggf. so an, dass ein Dichtungsausfall möglich wird.

Folgen für den Stoffstrom

Da der Stoffstrom die intrudierte Dichtung beeinflusst, muss die Dichtung umgekehrt auch diesen beeinträchtigen. Wenn die Dichtung in das Rohr ragt, behindert es den Stoffstrom in der Rohrleitung. Dies funktioniert ähnlich wie bei einem Volumenstrommessgerät. Berechnungsmethoden wie nach Darcy-Weisbach ermitteln dabei den Druckverlust durch Verringerung des Durchflusses bei einem definierten Öffnungsdurchmesser.

Der Gesamtdruckverlust wird berechnet als Summe des Druckverlustes aufgrund der Reibung (h_F), aufgrund der Steigung (h_E) und aufgrund der Rohrform (z.B. Ventile, Rohrbögen und Öffnungen), h_L . Die Größen h_F und h_E sind üblicherweise bekannt und werden hier nicht betrachtet. Der Druckverlust aufgrund der Rohrform (h_L) wird berechnet als Summe aus dem Druckverlust durch jedes Rohrstück.

$$h_L = \sum K \frac{V^2}{2g}$$

K ist dabei der spezifische Widerstandskoeffizient des Rohrstückes, V die Geschwindigkeit des Mediums und g die Beschleunigung aufgrund der Schwerkraft

(9.81 m/s²). Für einen engen Durchfluss kann der Wert K anhand des bekannten Innendurchmessers des Rohrs (D_1) und dem Durchmesser des Durchflusses (D_2) berechnet werden. Der Durchmesser der Öffnung ist gleich dem Rohrdurchmesser minus zweimal die Dichtungsintrusion (G), unter der Annahme, dass die Dichtungsintrusion gleichmäßig rund um den inneren Rohrumfang verteilt ist.

$$D_2 = D_1 - 2G_1$$

So ergibt sich bei einem DN 50 Flansch und einer Rohrwanddicke von 1 mm ein Innendurchmesser D_1 von 52,5 mm. Falls das Medium Wasser ist (Dichte $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, Viskosität $\mu = 1000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$) und der Durchfluss 5 m³/h (entspricht einer Fließgeschwindigkeit von etwa 0,64 m/s) beträgt, resultiert daraus eine turbulente Reynolds-Zahl $Re = 33682$ auf Basis folgender Formel:

$$Re = D_1 V \frac{\rho}{\mu}$$

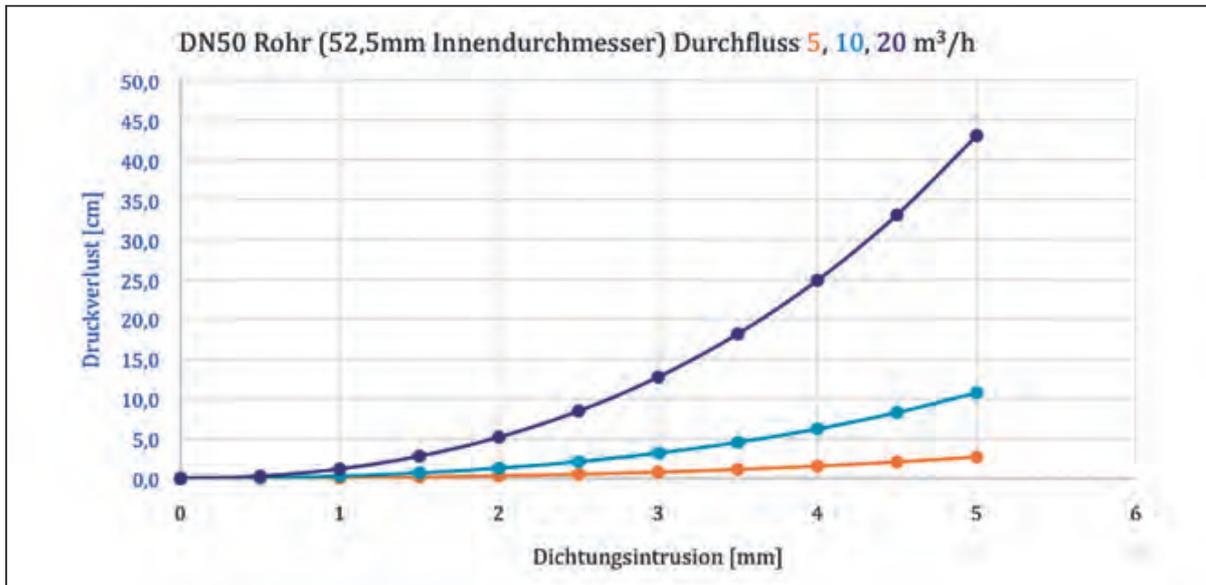
Die Gleichung für die Berechnung des K-Werts [1] für einen engen Durchfluss in einem turbulenten Materialfluss mit einem Öffnungsdurchmesser D_2 lautet:

$$K = \left(2.72 + \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2 \cdot \left(\frac{4000}{Re} \right) \right) \left(1 - \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2 \right) \left(\left(\frac{D_1}{D_2} \right)^4 - 1 \right)$$

Der dadurch bedingte Druckverlust lässt sich nun für verschiedene Dichtungsintrusionswerte bestimmen >>2.

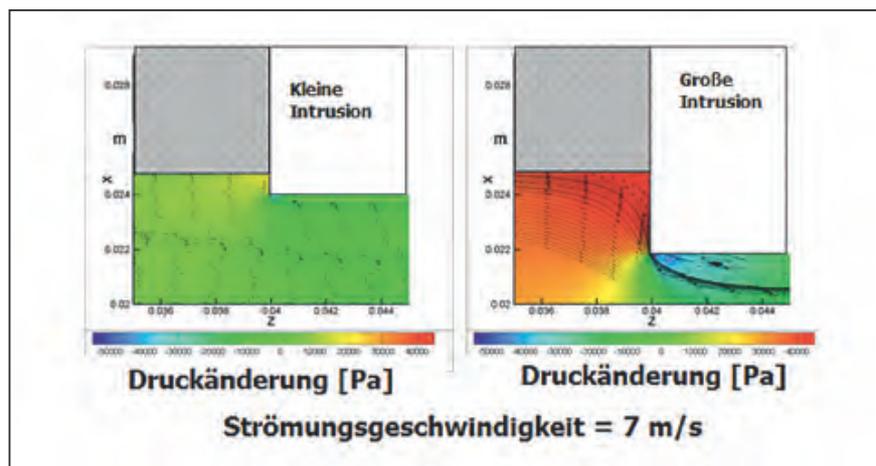
Die Werte für einen einzelnen Flansch sind zwar klein bei den gewählten Durchflusswerten, aber die meisten Systeme besitzen viele Flanschverbindungen in Serie und der Effekt addiert sich auf. Er wird in Systemen mit höheren Strömungsgeschwindigkeiten gravierender, denn mit steigendem Durchfluss steigt der Druckverlust exponentiell an. Der Druckverlust führt dazu, dass die Pumpensysteme mehr Energie benötigen, um die vorgegebene Durchflussrate und den vorgegebenen Druck aufrecht zu erhalten.

Zusätzlich zu dem Effekt des verengten Durchlasses verursacht die hineinragende Dichtung auch eine Erhöhung der Turbulenz in der Rohrleitung. Dies bedeutet eine stärkere Mischung des Produkts und mehr notwendige Energie zum Pumpen im Rohrsystem aufgrund der höheren Reibung.



>>2: Berechneter Druckverlust (cm) aufgrund von Dichtungsintrusion (mm) [1]

>>3: Toträume durch Intrusion (Bilder: W. L. Gore & Associates GmbH)



Zudem verursachen Wirbelströme, die sich kurz nach dem Strömungshindernis bilden, eine weitere lokale Reibungswirkung. Die Praxis hat gezeigt, dass die Reibungserhöhung durch lokale Wirbelströme erheblichen Schaden durch Abrasion kurz hinter dem Strömungshindernis verursachte.

Erzeugung von Spaltkorrosion

Die Intrusion des Dichtungsmaterials in die lichte Weite befördert möglicherweise zudem Spaltkorrosion, die sich an einem toten oder langsamen Flusspunkt der Rohrleitung bildet. Je größer die Intrusion in das Innere ist, desto größer wird der dadurch erzeugte tote Punkt. >>3 zeigt eine Simulation der Strömungsdynamik, dabei zeigt rot die Bereiche mit höherem Druck und dadurch geringerem Fluss. Ein toter Punkt wirkt wie eine Zentrifuge, die schwerere Partikel sammelt.



>>4: Reinigungsmolch für eine 28-Zoll-Rohrölpipeline mit Plastikmanschetten zur Reinigung (Bild: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NWO-MolchPlastik2.jpg>)

Jedwede Partikel oder Ionen im Medium werden sich im toten Bereich ansammeln. Sie verkleben miteinander und formen größere Partikel, die sich wiederum ablösen können und in den Medienfluss gelangen. Zudem konzentrieren sich Ionen aus dem Medium im Totraum und können entweder das Dichtungsmaterial oder das Flanschmaterial angreifen. Dieser Effekt ist bekannt als Spaltkorrosion. Er beginnt sehr langsam und beschleunigt sich mit der Zeit. Der Unterschied in der Konzentration der Ionen im unteren Bereich des Spaltes, verglichen mit den oberen Bereichen, erzeugt eine elektrochemische Zelle, welche die Materialien rund um den Spalt nutzt, um Elektronen zuzuführen. Diese Reaktion trägt die Materialoberfläche ab, so werden weitere Spalte erzeugt, die dann ebenfalls entsprechende Effekte zeigen.

In geeigneten Medien wie Wasser können auch biologische Prozesse entstehen. Eine Ansammlung von Biomasse im toten Bereich ist dann möglich. Diese kann sich vermehren, nach ausreichend Wachstum irgendwann abbrechen und so das Prozessmedium kontaminieren.

In Rohrsystemen, in denen regelmäßig Verunreinigungen und Anbackungen vorkommen, werden diese häufig durch Durchräumen mittels entsprechender Geräte von den Rohrwänden beseitigt. Dieser Prozess wird Molchen >>4 genannt. Ragt nun die Dichtung zu weit in das Rohr hinein, kann ein solcher Molch stecken bleiben, was die Demontage dieses Rohrstücks zum Lösen nach sich zieht.

Fazit

Der Standard EN 13555:2014 [2] wird genutzt, um die Dichtungsparameter für die Berechnungen nach EN 1591 [3] zu ermitteln. Die an seiner Entwicklung be-

teiligten Dichtungshersteller einigten sich darauf, dass Dichtungsintrusionen in den Innendurchmesser eines Flansches sowohl für die Dichtung als auch für das Flanschsystem schädlich sind. Daher wurde die nach EN 13555 [3] maximal erlaubte Flächenpressung bei Betriebsbedingungen (Q_{Smax}) als Wert festgelegt, an dem entweder die DN40 PN40 Dichtung beschädigt wird oder in den Innendurchmesser eines DN40 PN40 Flansches ragt.

Die Intrusion der Dichtung hat schädliche mechanische Effekte für die Dichtung selbst. Darüber hinaus wird die Effizienz des Medienflusses durch erhöhte Turbulenz sowie Druckverlust beeinträchtigt. Die Gefahr von Toträumen führt zu einem höheren Risiko durch Spaltkorrosion und Verunreinigung, was schließlich das Reinigen von Rohren durch Molchen erschwert oder sogar unmöglich macht.

Literatur

[1] Pipe Fitting Losses, <http://cheguide.com/category/fluid-flow/> erstellt 02.09.2015, abgerufen 03.05.2016

[2] DIN EN 13555:2014-07 (D) – Flansche und ihre Verbindungen – Dichtungskennwerte und Prüfverfahren für die Anwendung der Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtungen

[3] DIN EN 1591 Teil 1 bis 4 – Flansche und ihre Verbindungen – Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NWO-MolchPlastik2.jpg>

Rückenwind durch Kompetenz = Σ (Erfahrung + Wissen)



Konstruktion & Entwicklung/Beratung:

Unsere Experten beschleunigen Ihren Entwicklungsprozess durch **anwendungstechnische Beratung**. Die fachkompetente **Marketing- und Managementberatung** sowie die **Vermittlung von Unternehmenskäufen und -verkäufen** durch unser Netzwerk bringen Sie sicher ans Ziel.



Seminare (auch Inhouse), Foren, Kongress:

Wir vermitteln das Wesentliche rund um die Themen **Dichtungs-, Klebe- und Polymertechnik** und der angrenzenden Bereiche praxisnah, herstellernerneutral, kompetent.



Fachliteratur:

Das **Fachmagazin DICHT!** und die **DICHTUNGSTECHNIK JAHRBÜCHER** informieren über Trends und Entwicklungen, präsentieren die Systemalternativen differenziert nach den unterschiedlichen Einsatzbereichen und Branchen. Die **WÖRTERBÜCHER DER DICHTUNGSTECHNIK** vereinen Sprach- und Fachkompetenz.



Online Portal:

Online finden Sie Lieferanten unter **LÖSUNGEN FINDEN**, Fach- und Führungskräfte im **KARRIERENETZWERK**, Informationen, Links, Trends u.v.m. unter **WISSENSWERTES**. Dies unterstützt und beschleunigt Ihre tägliche Arbeit. Partizipieren Sie an unserer Erfahrung, dem Wissen und den Kontakten.

Rufen Sie uns an! Telefon: +49 (0) 621-717 68 88-0

DICHTEN KLEBEN POLYMER
WWW.ISGATEC.COM