

## › XP-Technologie verbessert Qualität der Dichtverbindung

# Auf die Reste kommt es an

Zur stetigen Verbesserung der Qualität, Senkung der diffusen Emissionen und die damit einhergehende Optimierung der Dichtverbindung wird ein hoher Aufwand betrieben. Seitens der Dichtungshersteller werden Dichtungskennwerte ermittelt, die für Berechnungen nach neuesten Normen erforderlich sind. Seitens der Betreiber wird immer mehr Aufwand in die Qualifizierung des Montagepersonals investiert, um die Fehlerquellen durch den «Faktor Mensch» zu minimieren. Die vorliegende Untersuchung liefert einen detaillierten Einblick auf die Auswirkungen von nicht ordnungsgemäss gereinigten Dichtflächen auf die Performance im Flansch. Frenzelit präsentiert mit der neuen XP-Technologie für novaphit eine Weiterentwicklung der Graphitdichtung.

### › Marco Schildknecht<sup>1</sup>

Wie bei vielen technischen Gegenständen ist die Geschichte der Flachdichtung jung und bewegt. Aufgekommen mit der Industrialisierung durch die Dampfmaschine begann ein mühevoller Leidensweg mit der Haut von Tieren: Leder. Mit steigenden Temperaturen verkürzte sich die Standzeit der Dichtungen stetig. Ein revolutionärer Sprung gelang mit der Einführung der Asbestdichtung. Plötzlich waren vernünftige, den Wartungsintervallen der Dampfaggregate angemessene Standzeiten möglich. Nach rund 80 bis 90 Jahren kam es zu einer neuerlichen Revolution: Asbest wurde als Werkstoff in weiten Teilen Europas verboten. Nach einigen zum Teil schmerzlichen Lernprozessen in der asbestfreien Dichtungswelt hat man jedoch schnell begriffen, dass ohne Asbest als Hauptwirkstoff die Herstellung von wesentlich leistungsfähigeren Dichtwerkstoffen hinsichtlich der Leckage möglich geworden ist.

Nicht zuletzt durch eine immer mehr in den Fokus rückende Nachhaltigkeit im Sinne von Emissionsreduzierung, wurden Leckagen von Dichtverbindungen mehr und mehr Aufmerksamkeit gewidmet. Ebenso wurde vermehrt der materielle Verlust eines Mediums wahrgenommen. Durch Regelwerke wie die TA Luft [1] und die inhaltlich damit verbundenen VDI-Richtlinien 2240 [2], 2200 [3] und neuerdings auch 2290 [4] ist ein neuer Stan-

dard in der Dichtungstechnik gesetzt worden. Vereinfacht ausgedrückt: Dichtungen müssen einen gewissen Mindeststandard erfüllen und die unvermeidlichen Dichtverbindungen sind durch einen rechnerischen Dichtheitsnachweis in der Lage, eine Dichtheitsklasse LO,01 im Betrieb einzuhalten. Für diesen rechnerischen Nachweis ist ein umfangreicher Satz dichtungstechnischer Kennwerte für den jeweiligen Dichtungstyp gemäss DIN EN 13555 [5] anzufertigen. Über diese Thematik ist bereits viel geschrieben und zum Teil kontrovers diskutiert worden.

### Die Praxis

Bei Berechnungen von Dichtverbindungen geht man grundsätzlich von korrekt positionierten Dichtflächen aus, das heisst Form- und Lagetoleranzen bewegen sich auf einem Niveau, welches eine einwandfreie Montage ermöglicht. In der Praxis erhält man durch den rechnerischen Dichtheitsnachweis üblicherweise Anziehdrehmomente für die korrekte Montage der Dichtverbindung. Die möglichen Streuungen durch das Anziehverfahren sind in der Berechnung bereits berücksichtigt. Dabei ist der «Faktor Mensch» mathematisch jedoch nicht kalkulierbar. Es können sich unter anderem folgende Fehler einstellen:

- Falsche oder fehlende Schraubenbehandlung (Schmierung)
- Schraubenmontage mit einem zu geringen oder zu hohen Anziehdrehmoment
- Anziehen der Schrauben in der falschen Reihenfolge

- Aufbringen des Anziehdrehmomentes in zu wenigen Schritten (insbesondere bei anpassungsfähigen Graphitdichtungen kann sich das zu starke Anziehen der ersten Schraube extrem nachteilig auswirken)
- Unsachgemässe und ungenügende Entfernung der Dichtungsreste von den Dichtflächen

### Gegenstand der Untersuchung

Während beispielsweise das Anziehen der Schrauben «über Kreuz» und in mehreren Schritten unbestreitbar zu einer korrekten Dichtungsmontage dazugehört, gibt es beim Reinigen der Flansche keine all-gemeingültige Vorgehensweise. Nachfolgend sollen die Auswirkungen einer nur teilweisen oder nicht erfolgten Flanschreinigung untersucht werden. Beim Reinigen der Flansche gibt es nur einen schmalen Grat, der einen dauerhaft sicheren Betrieb einer Dichtverbindung zulässt. Genau dann, wenn durch die Flanschreinigung die Reste der alten Dichtung komplett entfernt, jedoch der Dichtfläche keinerlei Beschädigungen zugefügt worden sind, ist der optimale Zustand erreicht. In der Praxis ist dies allerdings sehr unwahrscheinlich. Viel häufiger findet man entweder mehr oder weniger stark beschädigte Flansche oder Dichtungsreste auf der Dichtfläche.

### Graphit haftet immer am Flansch

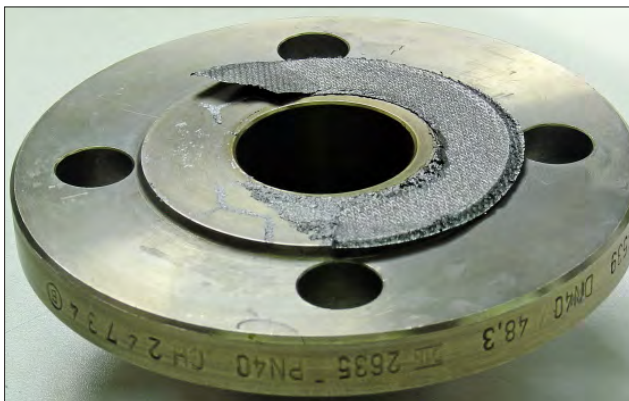
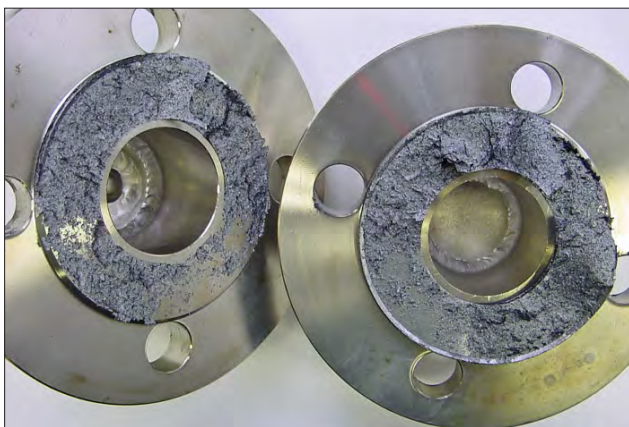
Graphit hat sich als Dichtungswerkstoff weltweit durchgesetzt. Die universelle

<sup>1</sup> Marco Schildknecht ist Leiter Anwendungstechnik Dichtungen, Frenzelit Werke GmbH.

chemische Eignung und das unkomplizierte Temperaturverhalten hochwertiger Graphitprodukte hat diese Erfolgsgeschichte möglich gemacht. Wo Licht ist, gibt es auch Schatten. Graphit hat durchaus auch Schwachpunkte. In diesem Zusammenhang sei das unvermeidliche Anhaften des Graphits an den Dichtflächen genannt. Eine aufwändige Reinigung der Flanschflächen ist praktisch immer erforderlich – mit allen oben beschriebenen Problemstellungen. *Bilder 1 und 2* zeigen typische Erscheinungsbilder beim Ausbau von Graphitdichtungen. In *Bild 1* ist eine hochwertige Graphitfolie (99% Reinheit) zu sehen, welche mit 30MPa Flächenpressung zwischen zwei Edelstahlflanschen verbaut, 48 Stunden bei 300°C ausgelagert, und anschliessend wieder demontiert worden ist. *Bild 2* zeigt die Reste einer mit Edelstahleinlage verstärkten Graphitdichtung, wie sie üblicherweise eingesetzt wird.

Die Verteilung der Graphitreste ist vollkommen zufällig. Auf beiden Bildern kann man jedoch gut erkennen, dass Bereiche mit Anhaftungen grosser Dicke direkt neben Bereichen ohne Anhaftungen liegen können. Die nachfolgenden topographischen Aufnahmen (*Bilder 3 und 4*) zeigen beispielhaft den Dickenverlauf der Graphitreste einer demontierten Flanschhälfte.

Die Grösse der Dicken sprünge hängt selbstverständlich von der vorher verwendeten Dichtungsdicke ab. In der nachfolgenden Betrachtung gehen wir von einer marktüblichen Graphitrohddichte von  $1\text{ g/cm}^3$  aus. Bei einer 2 mm dicken



Bilder: Frenzelt

*Bild 1 und Bild 2. Typische Erscheinungsbilder beim Ausbau von Graphitdichtungen.*

# Flüssigkeitsdosierung ist jetzt einfacher denn je.

## Das ist ~~unmöglich!~~

# KNF!



#### Leistungsbereiche SIMDOS®

Förderleistung: 1-100 ml/min  
 Dosiervolumen: 1-1000 ml  
 max Druckhöhe: > 60 mWS  
 max. Saughöhe: > 3mWS



Die neue SIMDOS® Dosierpumpe erlaubt auf einfache Art und Weise genaues Dosieren und den kontinuierlichen Transfer von praktisch jeder Flüssigkeit für den Laborgebrauch. Das klare Display, die benutzerfreundliche Schnittstelle und die gradlinige Steuerung gewährleisten eine intuitive Bedienung und mühelose Überwachung.

**Mit der kompakten und wartungsarmen SIMDOS® ist das Dosieren jetzt besonders einfach.**

#### KNF NEUBERGER AG

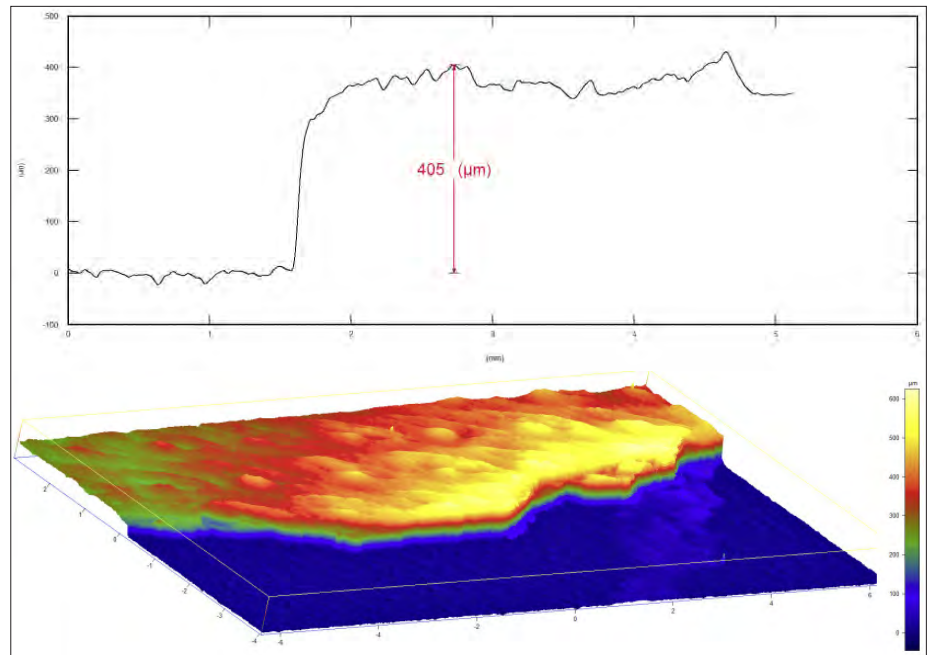
Stockenstrasse 6  
 8362 Balterswil  
 Telefon 071 973 99 30  
 Fax 071 973 99 31  
 knf@knf.ch  
 www.knf.ch



Dichtung mit einer Verstärkungseinlage beträgt die unverpresste Graphitschichtdicke 1,0 mm. Im ausgebauten – also verpressten – Zustand stellt sich bei üblichen Flächenpressungen eine Dicke der Graphitschicht von etwa 0,6 mm ein. Im ungünstigsten Fall kann es also zu Dicksprüngen von circa 0,6 mm kommen, wie in der Topographie auf *Bild 4* ermittelt worden ist. Bei 3 mm Dichtungsdicke können die verpressten Graphitreste entsprechend dicker ausfallen. In der Praxis kann sich die verbleibende Restschichtdicke noch verdoppeln, weil grundsätzlich beide Dichtflächen betroffen sind.

### Leckagemessungen an nicht gereinigten Flanschen

Nun soll der Einfluss der nicht ordnungsgemäss gereinigten Dichtflächen auf die Dichtheit untersucht werden. Dazu wurden verschiedene Graphitdichtungstypen betrachtet. Um die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, wurden die Verunreinigungen durch vorverpresste Graphitstapel verschiedener Dicken simuliert. Einzellagen aus 0,25 mm dickem Graphit der Dichte 1,0 g/cm<sup>3</sup> wurden verpresst und versetzt gestapelt, wie *Bild 5* zeigt. Es wurden Muster zur Graphitrestsimulation folgender Dicken verwendet: 0,55 mm, 0,64 mm, 0,79 mm, 0,88 mm, 0,96 mm und 1,08 mm. Dabei wurde ei-



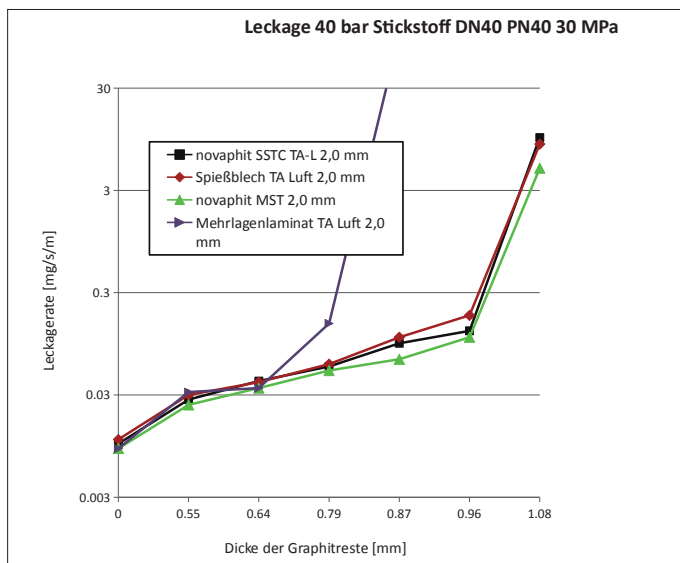
*Bild 3 und Bild 4. Topographische Aufnahmen zeigen beispielhaft den Dickenverlauf der Graphitreste einer demontierten Flanschhälfte.*

nerseits ein stufenweiser Anstieg der Schichtdicke, andererseits ein in der Praxis vorkommender Komplettabriss des Graphits simuliert. Die Muster wurden einseitig auf die zu testende Dichtung aufgelegt.

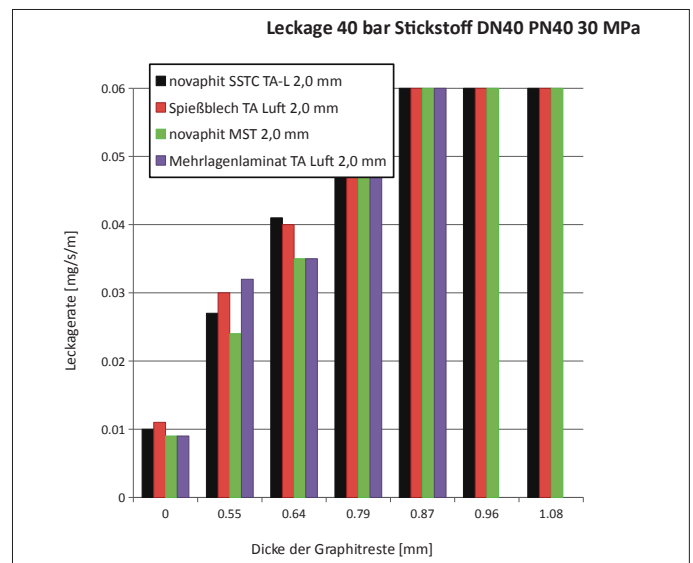
*Bild 6* zeigt die Verteilung der Pressung mittels Fujifilm-Messung mit der Empfindlichkeit medium bei 30 MPa installierter durchschnittlicher Flächenpressung.

*Diagramm 1* zeigt die Ergebnisse der Leckagemessungen, die an Flanschen DN40 PN40 mit einer Dichtflächenrauheit von  $R_z=6,3 \mu\text{m}$  und einer Einbauflächenpressung von 30 MPa durchgeführt worden sind.

In *Diagramm 2* wird insbesondere der Unterschied zwischen einem sauberen Flansch und einer nur relativ geringen Graphitrestdicke deutlich. Die Leckage



*Diagramm 1. Ergebnisse der Leckagemessungen an Flanschen DN40 PN40 mit einer Dichtflächenrauheit von  $R_z=6,3 \mu\text{m}$  und einer Einbauflächenpressung von 30 MPa.*



*Diagramm 2. Unterschied zwischen einem sauberen Flansch und einer nur relativ geringen Graphitrestdicke.*





Bild 5. Verpresste und versetzt gestapelte Einzellagen aus 0,25 mm dickem Graphit der Dichte 1,0 g/cm<sup>3</sup>.

verdreifacht sich im Schnitt, bezogen auf die Ausgangsmessung bei einer Schichtdicke von nur 0,55 mm.

## Der Ausweg aus dem Dilemma

Wie vermeidet man den drastischen Anstieg der Leckage? Die Schlussfolgerung aus den Untersuchungen ist eindeutig: Eine sorgfältige Flanschreinigung ist unerlässlich, wenn man das berechnete Niveau der Dichtheit einhalten möchte. Eine weitere Möglichkeit wäre die Verwendung von Antihaftbeschichtungen. Die herkömmlichen Antihaftbeschichtungen basieren auf organischen Bestandteilen, die in Sachen Temperatur- und Medienbeständigkeit weit hinter den Eigenschaften des Graphits liegen. Erfahrungsgemäss sorgen diese organischen Antihaftbeschichtungen für eine deutliche Verschlechterung der Leckage. Sie schwächen daher die Gesamtkonstruktion der Dichtung systematisch.

## Eine innovative Entwicklung

Die XP-Technologie für novaphit wurde Ende 2012 von den Frenzelit Werken zur Serienreife gebracht. Diese Technologie ist eine völlig neuartige Veredelung des Graphits. Sie kommt ohne jede Organik aus und ist im gesamten Temperaturspektrum einer Graphitdichtung einsetzbar. Sie wurde bereits mit verschiedensten Medien, wie Abgas, Dampf und Lösemitteln in verschiedenen Temperaturbereichen bis zu 550 °C über mehrere Monate getestet. Die Wirksamkeit ist stets vollständig gegeben.

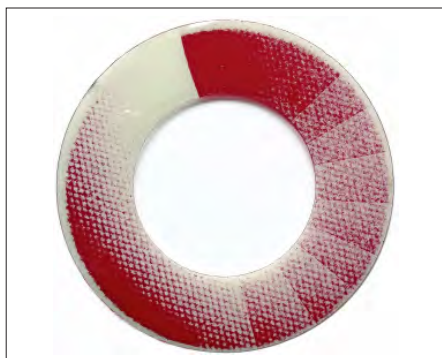


Bild 6. Verteilung der Pressung mittels Fuji-film-Messung mit der Empfindlichkeit medium bei 30 MPa installierter durchschnittlicher Flächenpressung.

Die XP-Technologie kann optional auf die Dichtungsprodukte der novaphit-Linie angewandt werden. Sie wirkt sich in zweierlei Richtungen aus. Zum einen erhöht sich die Oxidationsbeständigkeit des Graphits, was sich positiv auf die Langzeitperformance in Anwendungen bei höheren Temperaturen auswirkt. Zum anderen verhilft diese Technologie der Dichtung zu einer nachhaltig wirksamen Antihaft-Eigenschaft. Bild 7 zeigt den Paralleltest zum Bild 1. Hier wurde die Graphitfolie mit XP-Technologie behandelt. Nach dem Lösen der Schrauben konnte das Flanschpaar ohne grossen Kraftaufwand getrennt und die Graphitdichtung rückstandsfrei entfernt werden.

## Vorteile und Nutzen

Der in der Regel absolut rückstandsfreie Ausbau der Graphitdichtung sorgt nicht nur für eine perfekte Ausgangslage für die neue Dichtungsmontage und somit zur Einhaltung der berechneten Werte. Darüber hinaus muss keine Beschädigung der Flansche durch den Reinigungsprozess mehr befürchtet werden. Dies steigert weiterhin die Prozesssicherheit der Anlage. Ebenso stellt das enorme Zeiteinsparpotenzial einen weiteren signifikanten Vorteil dar, denn aufwändige Flanschreinigungen entfallen. Die neue Dichtverbindung kann in der Praxis das halten, was die theoretische Berechnung zum Beispiel nach DIN EN 1591-1 [6] ergeben hat. Diffuse Emissionen bleiben auf denkbar kleinem Niveau – ein Beitrag zur Nachhaltigkeit der Dichtverbindungen in jeder Produktionsanlage.

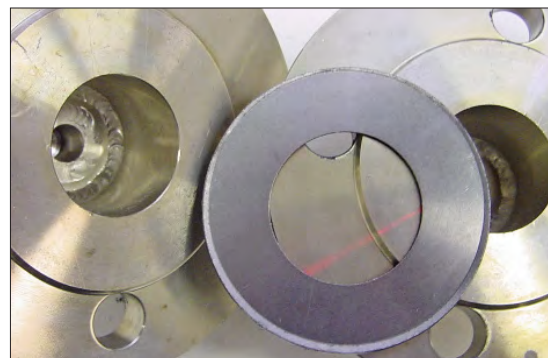


Bild 7. Paralleltest zum Bild 1: Hier wurde die Graphitfolie mit XP-Technologie behandelt.

## Literaturverzeichnis

- [1] Technische Anleitung zur Reinerhaltung der Luft (TA Luft); 24. Juli 2002; Inkrafttreten: 1. Oktober 2002
- [2] VDI 2240 Emissionsminderungen Mineralölindustrie (11-2000)
- [3] VDI 2200 Dichte Flanschverbindungen – Auswahl, Auslegung, Gestaltung und Montage von verschraubten Flanschverbindungen Emissionsminderungen Mineralölindustrie (07-2007)
- [4] VDI 2290 Emissionsminderung – Kennwerte für dichte Flanschverbindungen (06-2012)
- [5] DIN EN 13555 Flansche und ihre Verbindungen – Dichtungskennwerte und Prüfverfahren für die Anwendung der Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtungen (02-2005)
- [6] DIN EN 1591-1 Flansche und Flanschverbindungen – Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung – Teil 1: Berechnungsmethode (08-2011)

## Kontakt



Marco Schildknecht  
Leiter Anwendungs-  
technik Dichtungen  
Frenzelit Werke GmbH  
Frankenhammer

DE-95460 Bad Berneck  
Telefon +49 (0)9273 72 140  
marco.schildknecht@frenzelit.de  
www.frenzelit.com