



**Im Fokus: Dynamische Dichtungen**  
**Verschiedene Wege zur Wirtschaftlichkeit** 11



**Branchenübergreifend**  
**Märkte nachhaltig mitentwickeln** 18

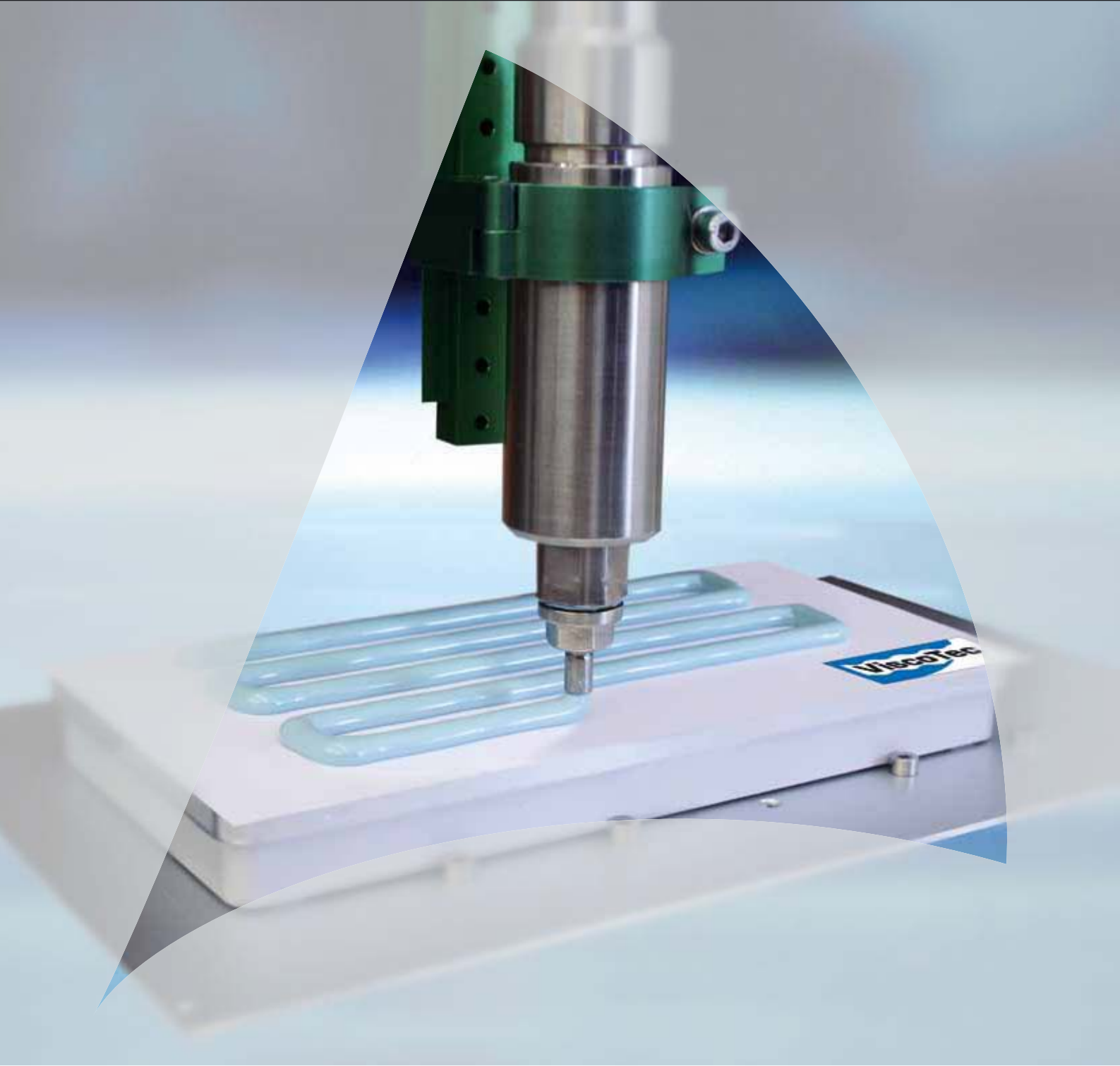


**IN!STAND**  
**Standing in the Rain** 28

# D I C H T !

**TRIALOG DER DICHTUNGS-, KLEBE- UND ELASTOMERTECHNIK**

01-2013 | € 8,50



# Standing in the Rain

Die richtige Flanschmontage – ein schwieriges Thema

**STATISCHE/DYNAMISCHE DICHTUNGEN – In den Prozessanlagen sind die Flanschverbindungen in den letzten Jahren immer mehr in den Fokus geraten. Zum einen verursachen fehlerhaft montierte Dichtungen erhebliche wirtschaftliche Schäden durch Produktionsstörung bis hin zum Ausfall, zum anderen belasten sie die Umwelt. Ein Hauptschuldiger ist mit dem Monteur bzw. Instandhalter meist schnell gefunden, doch halt: Diese Berufsgruppen stehen selber oft „im Regen“.**

Ein Teil „dieses Regens“ wird durch das Regelwerk verursacht. Zur Reduzierung der Umweltbelastungen wurden die Anforderungen im Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) mit der TA Luft für gefährliche Stoffe verschärft. Zuletzt sind die Mindestanforderungen durch die VDI 2290-06.2012 festgeschrieben worden. Verlangt werden hier ein rechnerischer Nachweis der Dichtigkeit, Personalqualifizierung, Verfahrensanweisungen, Dokumentation und Prüfung. Dabei wirft die neue Norm jedoch verschiedene Fragen auf, die in der Praxis zu kaum lösbaren Problemen führen.

## Annahmen spiegeln die Realität nicht wider

Der rechnerische Nachweis kann nach EN 1591-1 oder numerisch, z.B. durch eine Finite Elemente Analyse (FEA) durchgeführt werden. Moderne Berechnungssoftware spiegelt dabei die mechanischen Modelle der Flansche bei einer FEA beliebig genau wider. Um die analytische Berechnung eines Flanschmodells zu ermöglichen,

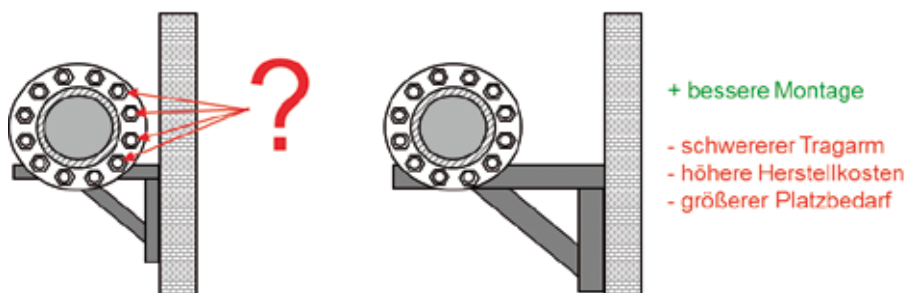
müssen jedoch viele vereinfachende Annahmen getroffen werden, sodass die Realität häufig nicht richtig abgebildet wird. So geht das mechanische Modell der Norm von linearem Werkstoffverhalten und Rotationssymmetrie aus. Deshalb gilt die Norm auch nur für runde metallische Flanschverbindungen. Diese Annahmen sind jedoch nur zulässig, wenn für Geometrie und Belastung eine Rotationssymmetrie angenommen werden kann. Da die am Flansch wirkenden Rohrleitungsreaktionen in fast allen Fällen nicht rotationssymmetrisch sind, ist diese Annahme besonders kritisch zu sehen. Eine Untersuchung des TÜV-Süd bestätigt dies. In dieser Untersuchung wurden analytische Berechnungsergebnisse nach EN 1591-1 und eine FEA mit experimentellen Untersuchungen verglichen. Im Fall von nicht rotationssymmetrischen Rohrleitungsreaktionen ergab der Vergleich, dass nur ein dreidimensionales mechanisches Modell die Realität hinreichend genau widerspiegelt. Dieses dreidimensionale Modell kann jedoch nur noch numerisch z.B. mit der FEA berechnet werden.

## Dichtungskennwerte sind ein Problem

Neben der Diskussion über die Richtigkeit der Berechnung gibt es einen zunehmenden Zweifel an den verwendeten Dichtungskennwerten. Diese werden nach der EN 13555 ermittelt. Bedient man sich der numerischen Berechnungsmethoden, die derzeit Stand der Technik sind, so ist eine sehr realitätsnahe mechanische Modellierung der Flanschverbindung möglich. Dies

## MEHR FÜR INSTANDHALTER

- 11 **Im Fokus**  
Dynamische Dichtungen: Verschiedene Wege zur Wirtschaftlichkeit
- 22 **Branchenübergreifend**  
Kleiner Aufkleber, großer Nutzen
- 26 **Chemie**  
Licht und Schatten
- 47 **Wissen**  
Veranstaltungen



» 1 Beispielhafte Darstellung fehlenden Platzes mit möglichen Ursachen

betrifft aber vor allem den Kontakt zwischen Flansch und Dichtung, das nichtlineare Dichtungsverhalten und das örtliche Fließen an einigen Stellen der Flanschverbindung.

### Präferierte Montageverfahren sind suboptimal

Zur Qualifizierung des Personals werden erhebliche Anstrengungen unternommen. Aktuell zwingend erforderlich sind regelmäßige Schulungen und Unterweisungen nach §9 der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV). Die TS 1591-4 ist eine „Technical Specification“, hat empfehlenden Charakter und soll aktuell zur EN umgeschrieben werden. Mit der Normung steigt die Verbindlichkeit. Haben bisher nur der Ungelernte und Ungeübte eine theoretische und praktische Schulung mit anschließender Prüfung zu absolvieren, so sollen nach den Entwürfen der Norm alle Monteure für Flanschverbindungen regelmäßig geschult und geprüft werden. Da Untersuchungen belegen, dass die Hauptursache versagender Verbindungen in der Montage liegen, scheint dies allzu berechtigt.

Nicht berechtigt ist es, den Monteuren pauschal die Verantwortung für versagende Verbindungen anzulasten. Betrachtet man die anzuwendenden Montageverfahren für die Schrauben, fällt auf, dass das Heil in einer Montage mit Drehmoment kontrollierenden Werkzeugen gesucht wird. Nahezu alle bekannten Verfahrensanweisungen, z.B. der „Leitfaden zur Montage von Flanschverbindungen in verfahrenstechnischen Anlagen“ vom Verband der chemischen Industrie (VCI) und auch die ASME PCC-01-2010 geben Tabellen mit Drehmomenten heraus. Ein Rückschluss auf die Dichtigkeit der Flanschverbindung über das eingebrachte Drehmoment ist aber nur dann möglich, wenn der zum Fügen der Verbindung verlorene Kraftanteil bekannt ist.

Aufgrund der Platzverhältnisse in den Anlagen sind an vielen Stellen die Werkzeuge nicht einsetzbar »1. Hier fehlen Lösungsansätze. Die bisher üblichen Montagewerkzeuge wie Schraubenschlüssel mit langem Hebelarm und Schlagschlüssel werden bei einem nennenswerten Anteil der Flanschverbindungen aktuell nicht wegzudenken sein. Mit der VDI 2862-2 „Mindestanforderungen zum Einsatz von Schraubensystemen und -werkzeugen im Anlagen- und Maschinenbau sowie von Flanschverbindungen für drucktragende Bauteile“ werden Regeln und Anforderungen für die jeweiligen Montageverfahren in Abhängigkeit von einer von der Verbindung ausgehenden Gefahr festgelegt. Den Konstrukteuren kann man nur nahelegen, die benötigten Räume auch zu schaffen. Die bekannten Montage- und Verfahrensanweisungen beschäftigen sich mit den eigentlich unproblematischeren runden, genormten Stahlflanschen. Hilfestellungen und Hinweise für Kunststoffflanschverbindungen, emaillierte Flansche, Flansche mit Beschichtungen aus Elastomeren und rechteckige Verbindungen werden nicht betrachtet »2. Auch hier benötigen die Monteure dringend Unterstützung. >>

Wissen nutzen –  
erfolgreicher sein!



© Prof. Dr.-Ing. Paul Ludwig Geiß

## TechnoBond Fachtagung industrielle Klebtechnik

am 13./14. Mai 2013 in Memmingen

- Adhäsion und Oberflächenbehandlung
- Neue Klebstoffe und Verfahren
- Klebtechnische Anwendungen
- Berechnung und Simulation
- Verarbeitung und Applikation
- Prozessbeherrschung und Prozessintegration
- Fach- und Posterausstellung

Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (OTTI)  
Regensburg · Telefon +49 941 29688-34  
E-Mail [helmut.reff@otti.de](mailto:helmut.reff@otti.de)

[www.otti.de](http://www.otti.de)

## „Keine Schikane, sondern eine Chance für die Effizienz und Umwelt“

**Aus Sicht vieler Anwender sind die aktuellen Normen eine Schikane oder verursachen hohe Kosten. Peter Thomsen hat im Gespräch mit DIGHT! durchaus Vorbehalte gegen die neuen Normen, empfiehlt aber eine differenzierte Sicht.**

**Wie hoch ist der wirtschaftliche Schaden, der in Deutschland durch Leckagen verursacht wird?**

**Thomsen:** Nach meinem aktuellen Kenntnisstand gibt es keine explizite Untersuchung zum Thema Leckage und die dadurch verursachten wirtschaftlichen Schäden. Hochgerechnet aus älteren Untersuchungen in anderen Ländern gehe ich in Deutschland von Emissionsschäden im Wert von bis zu 0,5 Mrd. € aus. Die Folgekosten für den Betreiber aus versagenden Verbindungen dürften mindestens genauso hoch, wenn nicht noch höher sein.

**Es gibt jetzt verschiedene Montageleitfäden für den Monteur – welchen kann man guten Gewissens verwenden?**

**Thomsen:** Das Problem ist, dass sowohl der vom VCI 2011 rausgegebene Leitfaden zur Montage von Flanschverbindungen in verfahrenstechnischen Anlagen als auch die mehr als ein Jahr vorher herausgegebene amerikanische ASME PCC-01-2010 sich nur mit der Montage runder metallischer Flanschverbindungen beschäftigen und damit nur einen Teil der Dichtverbindungen abdecken. Wir bieten seit mehr als sieben Jahren eine Verfahrensanweisung an, die auch die Anforderungen an die Montage anderer Flansche, z.B. emailierte Flansche, Kunststoffflansche und rechteckige Flansche berücksichtigt.

**Was kritisieren Sie am Montageleitfaden des VCI?**

**Thomsen:** Da gibt es verschiedene Punkte. Neben der Einschränkung auf runde metallische Flansche, sind die festgelegten Schraubenwerkstoffe problematisch. Bei der Auswahl der Schrauben wurden die Schraubenwerkstoffe mit relativ niedriger Streckgrenze aus 25CrMo4 oder A2/A4-70 festgelegt. Die VDI 2290 verlangt, wie die TA Luft eine Ausnutzung der Festigkeiten der Bauteile. Wir haben mit dem Einsatz deutlich fester Schraubenwerkstoffe als 21CrMoV5-7 und 42CrMo4 in den vergangenen zwanzig Jahren positive Erfahrungen gemacht. Zudem wird sich bei der Leckageklasse an der Mindestanforde-

rung orientiert, nicht aber wie im Bundesimmissionsschutzgesetz BImSchG und der TA Luft gefordert, an der Minimierung schädlicher Emissionen (Minimierungsgebot). In der Tabelle für die Montagedrehmomente werden darüber hinaus für eine Schraubengröße zwei deutlich unterschiedliche Drehmomente angegeben. Der Wert für Verbindungen mit Weichstoffdichtungen liegt meistens doppelt so hoch wie der Wert für Metall-Weichstoffdichtungen oder Flanschverbindungen mit Nut und Feder. Dies ist technisch nicht nachvollziehbar, resultiert aus den Flächenpressungsgrenzen weicher Dichtwerkstoffe. Für die Überprüfung der Dichtverbindung gibt es einen Entwurf eines Prüfblattes. Die hier genannten Drehmomente sind niedriger als die Montage-drehmomente. Hier stellt sich die Frage, was soll geprüft werden? Denn zur Überwindung des Ruhereibungskoeffizienten sind i.d.R. deutlich höhere Drehmomente erforderlich. Eine Prüfung eines Drehmomentes mit einem Drehmomentschlüssel ist technisch, aufgrund der fehlenden Aussagekraft, nicht zulässig. Bei der Erarbeitung der 2013 als Entwurf erscheinenden VDI 2862 wurde festgelegt, dass eine in Flanschverbindungen montierte Schraube nur über Kraft- und Längenmessung technisch prüfbar ist. Grundsätzlich ist die Anwendung von drehmomentgesteuerten Werkzeugen, oft aus Platzgründen, in Prozessanlagen nicht immer möglich. Hier fehlen Aussagen und Hilfestellungen.

**Wo liegen die Grenzen der ASME PCC-1-2010?**

**Thomsen:** Unsere amerikanischen Kollegen haben sich bei der Erarbeitung der ASME PCC-1-2010 sehr viel Mühe gemacht. Nahezu alle Aspekte sind berücksichtigt. Wir persönlich sind Fans dieser Arbeit, weil sie alles bestätigt, was wir die letzten 20 bis 25 Jahre, den Anwendern empfohlen haben. Sie beinhaltet jedoch Aussagen, wie z.B. die Berufsgenossenschaftlichen Regeln-BGR,

**„Richtig ausgeführte Dichtverbindungen und Einhaltung der Regeln und Vorschriften führen zu wesentlich besser funktionierenden Anlagen und helfen damit die Betriebsergebnisse deutlich zu steigern. Und ganz nebenbei tut man auch noch etwas Gutes für unsere Umwelt.“ – Peter Thomsen, Geschäftsführer, Lannwehr + Thomsen GmbH & Co. KG**



die so bei uns nicht angewendet werden können oder dürfen.

**Eine weitere Norm, die dieses Thema behandelt, ist die VDI 2862-2...**

**Thomsen:** ...richtig, beim VDI wird die VDI 2862-2 „Mindestanforderungen zum Einsatz von Schraubsystemen und -werkzeugen im Anlagen- und Maschinenbau sowie von Flanschverbindungen für drucktragende Bauteile“ erarbeitet. Sie ist eine Weiterentwicklung auf Basis der Erkenntnisse aus der gültigen VDI 2862 (zukünftig VDI 2862-1) für die Automobilindustrie. Das Ziel ist es, die Anforderungen an das Gefährdungspotenzial der Schraub-, hier Dichtverbindung anzupassen. Der 2013 erscheinende Entwurf zeigt klar die technisch physikalischen Grenzen verschiedener Montageverfahren auf. Üblicherweise wird hier das Montageergebnis über den Drehwinkel validiert. Und hier zeigt sich der große Unterschied für die Flanschverbindung. Die beim Vorspannen verformten Flansche lassen eine allgemeine Nutzung der Erkenntnisse aus dem Drehwinkel nicht zu. Je nach Werkstoffpaarung oder Geometrie müssten die richtigen Drehwinkel ermittelt werden. Dies ist so kaum realisierbar.

**Können moderne Tools wie Augmented Reality, basierend auf den richtigen Informationen, eine Lösung bei dem leidigen Thema der Flanschmontage sein?**

**Thomsen:** Ja, eindeutig. Viele Betreiber beschäftigen sich inzwischen mit solchen Lösungen für die Zukunft. Bisher wird eher in Richtung Identifizierung über Barcodes oder Sensorchips nachgedacht. Solche Verfahren werden weltweit bereits eingesetzt. Tools wie Augmented Reality werden mit Sicherheit die Zukunft sein. Das Flansch-Monitoring ist aus mehreren Gründen sehr wichtig. Zum einen zur Festlegung der erforderlichen Arbeiten und Nennung der Bauteile, zur Dokumentation und Prüfung und in Zukunft auch zur Funktion der Dichtverbindung. Man kann dieses Thema aber auch von einer anderen Seite betrachten. Die regelmäßige Prüfung bedeutet für den Betreiber hohe Kosten. Vor diesem Hintergrund halten wir es insgesamt für besser die Dichtverbindungen so auszulegen, dass sie auf Dauer technisch dicht sind und dabei kommt der Dichtungsauswahl eine zentrale Bedeutung zu.

**Vielen Dank für das Gespräch.**

Kriterien	ASME PCC-1-2010	VCI-IGR	flangevalid
technische Plausibilität	■	□	■
Erfüllung nationaler Anforderungen	□	□	■
Erfüllung internationaler Anforderungen	■	□	■
runde genormte Flanschverbindungen	■	■	■
runde Sonderflanschverbindungen	□	□	■
eckige Flanschverbindungen	□	□	■
Risiken und deren Bewertung	□	□	■

## »2 Vergleich verschiedener Montageverfahrensanweisungen

### Wie überprüft man richtig?

In vielen Fällen wird die angezogene Schraube mittels Klanghammer oder Drehmoment stichprobenartig geprüft. Bei der Überprüfung mit Drehmoment wird mit einem vorgegebenen Drehmoment an der Schraube gezogen. Das Prüfen eines aufgetragenen Drehmomentes mit einem Drehmoment ist nicht zulässig, denn es bringt keine wirklich verwertbare Erkenntnis. Die Ausnahme ist ein mögliches Nachziehen einer durch Setzen der Dichtung gelösten Schraube. Diese würde nachgezogen. Ist dies der Fall, müssen alle ähnlichen Verbindungen überprüft werden. Allein die Unkenntnis des zu überwindenden Ruhereibungskoeffizienten zeigt auf, dass kein gesicherter Rückschluss auf das Montageergebnis möglich ist. Nur eine Prüfung der erzeugten Schraubenkraft über Kraftmessung oder über die erreichte Schraubenlänge ist technisch sinnvoll möglich.

### Fazit

Grundsätzlich sind die zu verwendenden Bauteile zu prüfen. Doch macht es wirklich Sinn, Dichtungen mit hohem Setz- und Fließpotenzial in der bisherigen Form zu verwenden? Ist die Bauform der üblichen Flanschverbindungen noch Stand der Technik? Die Berechnung und Erzeugung einer richtigen, betriebssicheren Flanschverbindung ist viel komplexer als allgemein angenommen. Benötigt werden Montageanweisungen, die allen Anforderungen gerecht werden. Stimmige Anweisungen erhöhen auch die Akzeptanz durch das Montagepersonal. Die dadurch erreichten Flanschverbindungen sind betriebssicher, erhöhen die Erträge und leisten ganz nebenbei einen erheblichen Beitrag zum Schutz unserer Umwelt.

#### FAKTEN FÜR KONSTRUKTEURE

- Bei Flanschen den notwendigen Platz für die Dichtungsmontage berücksichtigen

#### FAKTEN FÜR EINKÄUFER

- Auf Dauer technisch dichte Verbindungen sparen die Überprüfungs-kosten

#### FAKTEN FÜR INSTANDHALTER

- Die Grenzen der Verfahrensanweisungen berücksichtigen und je nach Flanschgeometrie die richtige Anweisung verwenden

Lannewehr + Thomsen GmbH & Co. KG  
www.flangevalid.com

Von Peter Thomsen, Dipl.-Ing. Gerd  
Lannewehr, Geschäftsführung und  
B. Eng. Tobias Vonstein, Berechnungen, Konstruktion

WATERJET  
SOLUTIONS  
WWW.STM.AT



## STM WASSERSTRAHL SCHNEIDSYSTEME

Ganz gleich, welche Ideen Sie gerade haben!



### VERSCHIEDENE MATERIALIEN:

Dichtungen, Gummi, Hartgewebe, Holz,  
Weichfaserplatten

Stein-Moser GmbH | Salzburger Str. 77 | A-5500 Bischofshofen  
Telefon +43.(0) 6462.30 30 | Fax +43.(0) 6462.30 30 - 5 | www.stm.at



## Nordson EFD- Dosierventilsysteme für höchste Ansprüche!

Präzise • Schnell • Zuverlässig

HANNOVER  
MESSE  
8-12 APRIL 2013  
Halle 16, Stand F 08



Für eine präzise und konstante Dosierung von:  
Klebstoffen, Epoxidharzen, Silikonem,  
Lotpasten, etc.



75172 Pforzheim  
Tel. +49 (0) 7231 9209-0  
info.de@nordsonefd.com  
www.nordsonefd.com/de

**Nordson**  
EFD