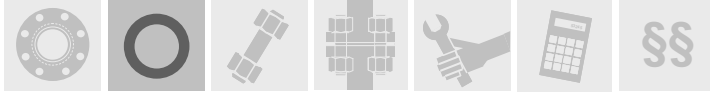


## ● Technische Information



## ● Dichtungskosten

### „Können wir uns billige Dichtungen leisten?“ - Untersuchung der Kosten verschiedener Dichtungen für Flansche DN50 PN40

#### 1. Vorwort

Die Auswahl der richtigen Dichtung ist sehr aufwendig und kann ohne Kenntnis der Anforderungen durch die Vorschriften und Regelwerke nicht sachlich richtig durchgeführt werden. Es gibt kaum Unterstützung, was daran liegt, dass die Dichtungen nach den verschiedenen Regelwerken und Vorschriften unterschiedliche Anforderungen erfüllen müssen. Immer neue Regeln, wie zuletzt die TRBS 2141-3:2009-09 „Gefährdungen durch Dampf und Druck bei Freisetzung von Medien“ zur Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) und die aktuell laufende Festlegung der Dichtheitsanforderung an das Dichtsystem nach der VDI 2290:2012-06 „Emissionsminderung - Kennwerte für dichte Flanschen“ zum Bundesimmissionsschutzgesetz (BlmschG).

Die üblicherweise verwendete Flachdichtung aus Plattenmaterial, wie Elastomer gebundene Fasern (FA-Material), PTFE (TF-Material) und Grafit (GR-Material) werden sehr häufig von den Betreibern eingesetzt. Wegen ihrer günstigen Beschaffungspreise (Stückpreise) gegenüber Metall-Weichstoff-Dichtungen, welche die Anforderungen der Regelwerke ohne Probleme sicher erfüllen, wird auf die technischen Vorteile, den Nutzen für Betriebssicherheit und Umweltschutz verzichtet. Dichtungen haben den Nachteil, dass sie betriebswirtschaftlich als C-Artikel behandelt werden, obwohl sie sicherheitsrelevante Bauteile sind.

#### 2. Ziel

Die Untersuchung hat das Ziel nachzuweisen, dass die Verwendung hochwertiger Dichtungen nicht zu Mehrkosten sondern zur Kostenreduzierung beiträgt.

#### 3. Dichtungen

##### 3.1 Dichtungen aus Plattenmaterial

Die Plattenmaterialien werden nach DIN 28091-1 in verschiedene Werkstoffkategorien eingeteilt. Aus den Platten werden die gewünschten Abmessungen mit Messern, Stanzen, Wasserstrahlanlagen geschnitten. Die Dichtungen (Form FF) sind mit Schraubenlöchern (Form FF)(Abb.1) versehen. Dichtungen ohne Schraubenlöcher (Form IBC)(Abb.1) werden an der Schraubeninnenseite zentriert. Weitere Formen sind Dichtungen für Flansche mit Nut und Feder (Form TG) oder Vor- und Rücksprung (Form SR).

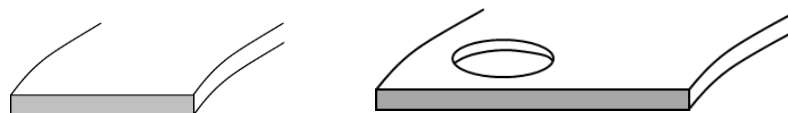


Abb.1: Flachdichtung Form IBC und Form FF

Anwendung in glatten Flanschen bis 63 bar nach aktueller und 40 bar nach alter Normung.

### 3.1.1 FA-Material

Fasern und Füllstoffe werden mit Elastomer auf Kalandern zu einer Dichtungsplatte gewalzt. Diese Dichtungswerkstoffe sind sehr stark verbreitet. Einsatztemperaturen von -20 üblich bis 150, teilweise bis 300 °C. Die Einsatztemperaturen liegen sehr hoch über der maximalen Einsatztemperatur der Elastomer-Binder. Diese Dichtungen haben ein recht hohes Setzpotential.

### 3.1.2 TF-Material

Das universell beständige PTFE (Polytetrafluoräthylen) wird, mit oder ohne Füllstoff oder expandiert als ePTFE, sehr gerne in chemischen und Anlagen der Lebensmittelindustrie verwendet. PTFE kann bis zu 250°C eingesetzt werden. Nachteilig sind seine Fließeigenschaften und dass es sich um einen Werkstoff handelt der als Sondermüll entsorgt werden muss. Bei Bränden entsteht Flusssäure und die gefährliche PFOA (Perfluoroktansäure). PTFE-Dichtungen sind relativ teuer.

### 3.1.2 GR-Material

Grafit ist ebenfalls ein universell verwendbarer Werkstoff der von -200 bis zu 550 °C eingesetzt werden kann. Grafit wird wegen der geringen Eigenstabilität häufig auf Metallfolien (glatte Folien, Klett- oder Spießblech oder Streckmetall) geliefert.

Zur Verbesserung des Handlings und der Dichteigenschaft, wird das Material häufig imprägniert. Die Imprägnierungen können zum Verkleben auf den Flanschen führen. Das Material hat sich als universeller Dichtungswerkstoff durchgesetzt, weil es nicht zum Fließen neigt.

## 3.2. Metall-Weichstoffdichtungen

Diese Dichtungen zeichnen sich durch eine Reduzierung des Diffusionsquerschnittes durch metallische Tragkörper oder Wicklungen aus. Je nach Werkstoffkombination ertragen sie Temperaturen von -200 bis 550 oder mehr °C. Sie sind wegen des höheren Werkstoffaufwandes teurer als Weichstoffdichtungen. Durch niedrige erforderliche Flächenpressungen und hohe Stabilität haben sich diese Dichtungen als Problemlöser bewährt. Die Funktion ist abhängig von der Geometrie. Leider werden diese Dichtungen sehr häufig in schlechter Qualität aus Billiglohnländern importiert, was immer wieder zu Betriebsstörungen oder Unfällen führt.

### 3.2.1 Wellringdichtungen

Ein Blech, meistens 0,5 mm dick wird in konzentrischen Kreisen gewellt und beidseitig mit Weichstoff belegt (Abb.2).

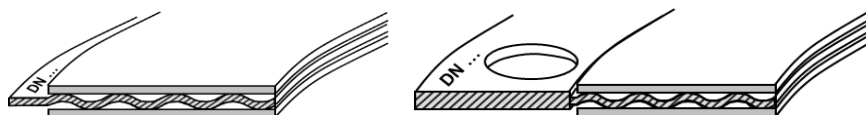


Abb.2: Wellringdichtungen mit und ohne Stützring

Günstigste Metall-Weichstoffdichtung mit hervorragender Dichteigenschaft. Die Normung ist kümmerlich.

Bei der Montage wird der Weichstoff von beiden Seiten in die Welltäler gedrückt, was diese stabil hält. Mit Stützring versehen (Bild 2), können diese Dichtungen in den sich mehr in mehr durchsetzenden Leichtbauflanschen verwendet werden.

### 3.2.2 Spiraldichtungen

Ein Metallband wird zusammen mit Weichstoff, meistens Grafit oder PTFE gewickelt. Zusätzlich werden die Dichtungen für Verwendung in Rücksprüngen oder in nicht kammernden Flanschformen, wie keiner oder glatter Dichtleiste, mit Druck- und/oder Zentrierringen versehen (Abb.3).

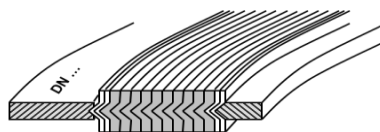


Abb.3: Spiraldichtung

Spiraldichtungen werden sehr häufig in Anlagen mit imperialen Flanschen (ASME) eingesetzt.

### 3.2.3 Kammprofildichtungen

In Bleche werden in konzentrischen Kreisen die Kämme eingedreht und mit Weichstoffauflagen belegt (Abb.4).

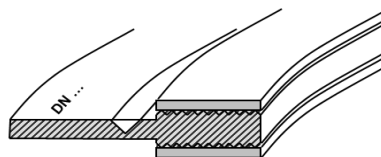


Abb.4: Kammprofildichtung

Ähnlich der Wellringdichtung wird der Weichstoff in die Kammtäler eingepresst und hält sich stabil. Kammprofile benötigen nur geringe Flächenpressungen, ertragen sehr hohe Flächenpressungen und sind damit fast unzerstörbar. Sie sind als die technisch besten Dichtungen anerkannt und bis 400 bar in glatten Flanschen genormt. Die aktuelle europäische Normung (EN 1514-6) ist unpräzise und führt zur Produktion von schlechten Dichtungen. Wegen der üblichen Lieferdicke von 5 mm werden sie nur ungern in Altanlagen eingesetzt. Diese Dichtungstypen findet man sehr häufig in schlechter Qualität mit entsprechenden Folgen.

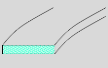
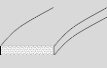
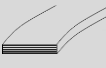
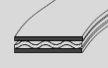
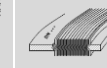
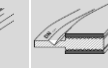
## 4. Kosten

Neben dem Preis entstehen für die Verwendung weitere Kosten für Beschaffung, Logistik, Qualitätssicherung, Entwicklung, Montage, Nachziehen, Wartung, Überprüfung und durch Medienverlust durch Leckage. Die Monteurstunde wurde mit 40,- € angesetzt, was den Kosten von Billiglohnschlossern entspricht. Die Werte wurden mit mehreren erfahrenen Monteuren, Technikern und Ingenieuren abgestimmt. Die Kosten wurden insgesamt niedrig angesetzt und werden allgemein höher eingeschätzt.

Die Logistikkosten wurden auf die Beschaffung von 100 Stück bezogen. Die Kosten für die Wartung/Prüfung werden in vielen Anlagen bisher nur gering oder gar nicht anfallen, weil entsprechende Arbeiten nur selten durchgeführt werden, obwohl die gültigen Regeln diese verlangen. Zusätzlich wurden noch die Kosten für den vorbeugenden Aufwand zur Vermeidung von an den Dichtflächen anhaftenden Werkstoffen und die Demontage mit einbezogen. Die

tatsächlichen Kosten für die Beschaffung, Lagerung und Ausgabe dürften die tatsächlichen Kosten noch deutlich erhöhen.

Die folgende Tabelle (Tab.1) zeigt die Bewertung, die sich aus den Diskussionen ergeben hat.

Kosten verschiedener Dichtungsarten DN50 PN40 für 5-jährigen Zyklus und Demontage in €						
Dichtungsgruppe	Plattenmaterial 2mm			Metall-Weichstoffdichtungen		
Dichtungsart	FA*	TF** 1)	GR***	Wellringdichtung	Spiraldichtung	Kammprofil
						
<b>Stückpreis und Handhabungskosten</b>						
Preis pro Stück	0,75	6,25	1,05	1,25	3,85	4,75
Verpackung	0,10	0,10	0,10	0,20	0,30	0,35
Beschaffungskostenanteil	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Logistikkostenanteil	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Qualitätssicherungskostenanteil	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Entwicklungskostenanteil	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
<b>Montagekosten (mehrere Montagestellen bei einander)</b>						
Montage ca. 15 min	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
1. Nachziehen ca. 10 min.	6,66	6,66				
2. Nachziehen ca. 10 min	6,66	6,66				
Nachziehen im Betrieb (Gefahr!)	10,00	10,00				
<b>Überprüfung und Wartung nach TRBS 2151-2 und 2141-3</b>						
2x per anno für 5 Jahre	100,00	100,00				
1x per anno für 5 Jahre			50,00			
<b>Verlust durch Emission****</b>						
Verlust durch Emission****	10,00	10,00	10,00	0,02	0,02	0,01
<b>Kosten der Dichtung für 5 Jahre</b>	<b>145,12</b>	<b>150,62</b>	<b>72,10</b>	<b>12,42</b>	<b>15,12</b>	<b>16,06</b>
<b>Demontage</b>						
Antihaftrüstung bei Montage **** 2) 3) 4)	3,45		3,45			
Kosten der Dichtflächenreinigung **** 5) 6)	14,35	3,85 7)	14,35	2,95	2,95	2,95
<b>Kosten der Demontage</b>	<b>17,80</b>	<b>3,85</b>	<b>17,80</b>	<b>2,95</b>	<b>2,95</b>	<b>2,95</b>
<b>Gesamtkosten</b>	<b>162,92</b>	<b>154,47</b>	<b>89,90</b>	<b>15,37</b>	<b>18,07</b>	<b>19,01</b>
* Asbestfreie Faserstoffplatte ** gefülltes PTFE *** Grafit mit Metallfolieneinlage **** geschätzt						
1) PTFE ist nicht ohne Belastung der Umwelt zu entsorgen, Richtlinie 2008/98/EG und KrWG sind zu beachten, Verwendung vermeiden oder auf Minimum reduzieren						
2) einschmieren der Dichtflächen mit Trennmittel um eine einfachere Demontage zu erreichen, incl. Arbeitszeit, Werkzeug und Trennmittel						
3) das verwenden von Trennmitteln ist nach TRBS 2141-3, Abschnitt 4.1.3 nur in begründeten Einzelfällen erlaubt						
4) übliche Trennmittel verursachen Gefahren für die Umwelt und ggfs. auch Gesundheitsgefahren für den Monteur						
5) reinigen der Dichtflächen von Rückständen und Anhaftungen, incl. Arbeitszeit, Werkzeug und Reinigungsmittel						
6) übliche Reinigungsmittel verursachen Gefahren für die Umwelt und ggfs. auch Gesundheitsgefahren für den Monteur						
7) PTFE ist als Sondermüll zu entsorgen!						

Tab.1: Dichtungskosten

Bei der Betrachtung der Gesamtkosten einer Flanschverbindung fällt auf, dass diese durch die Montage und Prüfkosten bestimmt werden. Die anteiligen Kosten der Bauteile liegen bei einer „schwarzen“ Dichtverbindung bei ca. 15 bis 20%, bei einer „weißen“ Verbindung um ca. 25 bis

30% (Abb.5). Der Anteil der Dichtung liegt bei FA-, Grafit-Material oder Wellringdichtungen unter 1%, bei PTFE-Material, Spiral- oder Kammprofildichtungen zwischen 2 und 4%.

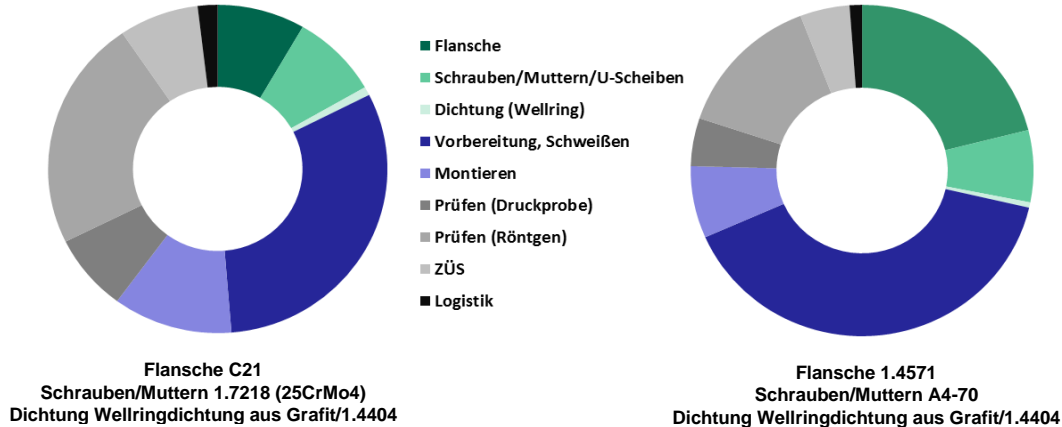


Abb.5: Kosten einer Dichtverbindung DN50 PN40 aus Stahl oder Edelstahl

## 5. Bewertungsergebnisse

Die „billigen“ Flachdichtungen erweisen sich über die Jahre als relativ teuer, während sich die „teuren“ Metall-Weichstoffdichtungen als die günstigere Variante herausstellen. Es fällt auf, dass die Kosten der Dichtungen im Wesentlichen aus dem Nachziehen bei der Montage und vor allem aus der Prüfung/Wartung resultieren. Insgesamt verursachen die Metall-Weichstoffdichtungen deutlich weniger Kosten für flüchtige Emissionen. Gefährliches Nachziehen im Betrieb ist für die Metall-Weichstoffdichtungen nicht erforderlich, kommt aber bei schlechter Montage auch vor.

## 7. Ergebnis

Die kaufmännische Betrachtungsweise der Beschaffung der Dichtungen über den Stückpreis ist nicht sinnvoll. Die Qualität der Dichtungen steht im Vordergrund auch für die Kosten. Hochwertige Dichtungen, wie Metall-Weichstoffdichtungen erweisen sich mittel- und langfristig als das richtige Mittel zur Erfüllung der Anforderungen der Richtlinien, Gesetze, Verordnungen und Regeln. Besonders die Anforderungen der HSE (Health-Safety-Environmental) werden von ihnen erfüllt. Das Poster unter [www.flangevalid.com](http://www.flangevalid.com), Downloads, Poster, Dichtungen, Dichtungsauswahl gibt weitere Hinweise zur Regelkonformität.

## 8. Danksagung

Ich bedanke mich für die besondere Unterstützung bei allen, die für mich die Tabelle überprüft und überarbeitet haben. Ganz besonders möchte ich mich bei Dipl.-Ing. Rolf Hardorp, Wilhelmshaven und Dipl.-Ing. Joachim Lehmer, Delmenhorst für ihre Geduld und Unterstützung bei der Umsetzung meiner Ideen bedanken.

Mehr zu Schrauben, Flanschen, Dichtungen und Dichtsystemen und deren Montage finden Sie in dem von uns herausgegebenen Dichtungsvademecum (ISBN-13: 978-3-934736-23-8, PP Publico Publications, [www.pp-publico.de](http://www.pp-publico.de)), in der lizenzierten Übersetzung der ASME PCC-1-2010 zur Montage von genormten Stahlflanschverbindungen (ISBN-13: 978-3-934736-22-1, PP Publico Publications, [www.pp-publico.de](http://www.pp-publico.de)) und in unserem Handbuch „Technische Informationen

für Dichtverbindungen“ ([www.flangevalid.com](http://www.flangevalid.com)). Ebenfalls bei PP Publico Publications, [www.pp-publico.de](http://www.pp-publico.de), ist unser Buch „10 Schritte zu optimalen auf Dauer technisch dichten Dichtverbindungen“ erschienen.

Weitere interessante Informationen zu verschiedenen Themen finden Sie auf der Homepage [www.flangevalid.com](http://www.flangevalid.com).

Zur technischen Beratung stehe ich Ihnen selbstverständlich gerne auch kurzfristig persönlich zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen aus Bremen  
Peter Thomsen

**Haftungsausschluss:**

Die Inhalte der Regeln sind zum Teil zitiert, zum Teil in den Worten der Regeln wiedergegeben, die Anmerkungen und Auslegungen beruhen auf langjähriger Erfahrung, dienen der Entscheidungshilfe und begründen keinen Anspruch auf Gewährleistung.

© Peter Thomsen / flangevalid

Stand 30.11.2018