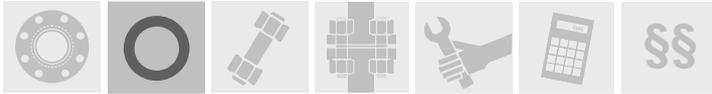


● Technische Information



● Dichtverbindungen mit Metall-Weichstoff-Dichtungen

Die Anforderungen an die Auswahl verschieden Dichtungen ist sehr komplex. In den folgenden Ausführungen sollen Hinweise zum Vorteil und den Anforderungen an Metall-Weichstoff-Dichtungen geben.

Dichtheit - Leckagerate

Metall-Weichstoff-Dichtungen gehören zu den Dichtungen mit der niedrigsten Leckagerate und werden nur von den Metalledichtungen übertroffen (Abb.1). Diese sind noch deutlich dichter, aber wegen der sehr hohen erforderlichen Flächenpressungen und des Risikos der Deformation der Dichtflächen können sie nicht in den üblichen Flanschverbindungen verwendet werden.

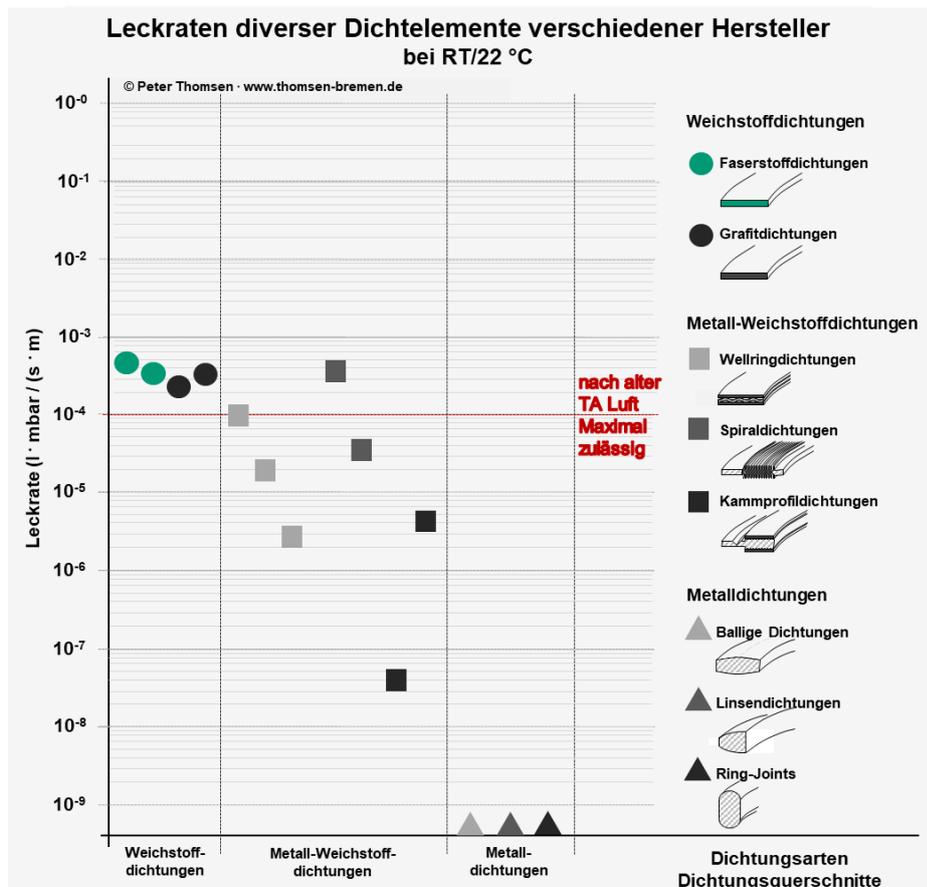


Abb.1: Untersuchungsergebnisse zur Leckagerate verschiedener Dichtungen

Es fällt auf, dass die Metall-Weichstoff-Dichtungen sich in den Dichtungstypen deutlich unterscheiden. Die Ursache hierfür ist die nicht eindeutige Festlegung zur besten Ausführung in den Normen. Die Normen werden von den Herstellern deshalb individuell ausgelegt.

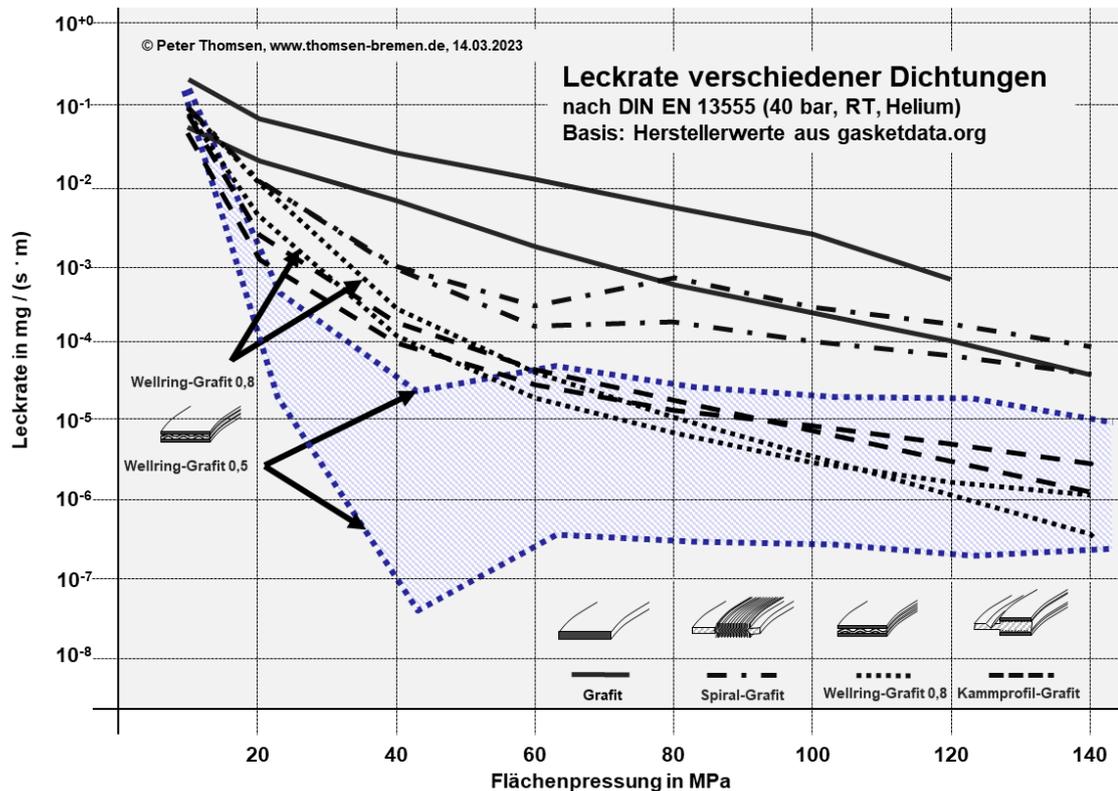


Abb.2: Leckagerate verschiedener Dichtungstypen nach DIN EN 13555

Die Leckrate verschiedener Dichtungstypen, gemessen für die Kennwerte nach DIN EN 13555 zeigt deutliche Unterschiede. Zum Vergleich wurden als Weichstoffdichtung zwei Grafitflachdichtungen mit angegeben. Für übliche Flanschverbindungen ist das Dichtverhalten bei Flächenpressungen zwischen 15 und 50 MPa entscheidend. Während Spiraldichtungen die höchste Leckrate aufweisen, liegen Wellringdichtungen mit 0,8 mm Grafitauflagen mit Kammprofildichtungen mit Grafitauflagen in etwa auf einem Niveau. Wellringdichtungen mit 0,5 mm Grafitauflagen zeigen ihre Vorteile bei den für Normflanschverbindungen übliche Flächenpressungen.

In den folgenden Ausführungen sollen weitere, bisher oft nicht eindeutig erkannte, Kriterien zur Dichtungsauswahl aufgezeigt werden.

Minimierungsgebot für schädliche Emissionen

Die europäische Richtlinie zu Industrieemissionen (IE-RL) 2010/65/EU, das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) verlangen eindeutig eine Minimierung schädlicher Emissionen. Es gilt ein Minimierungsgebot. Das Schutzziel wird, was logisch ist, durch Verwendung von Dichtungen mit der niedrigsten Leckagerate am besten erreicht. Das übliche Festlegen von Höchstgrenzen

maximal zulässiger Emissionen ist, im Sinne der europäischen Richtlinien und der nationalen Gesetze, unzulässig.

Aus der Richtlinie 2009/125/EG zum Ökodesign lässt sich für die Hersteller von Dichtungen klar die Aufgabe zur regelmäßigen Prüfung und Umsetzung von erkanntem Verbesserungspotential ableiten. Noch deutlicher wird die DIN EN 16524:2021-01, Mechanische Produkte - Methodik zur Verminderung der Umweltauswirkungen bei Produktgestaltung und Entwicklung. Sie fordert die Hersteller dazu auf, sich bezüglich des möglichen Verbesserungspotentials ggfs. auch an den Marktbegleitern zu orientieren.

Fließ- und Setzverhalten

Eine, von mir beauftragte, Untersuchung zum Fließverhalten verschiedener Dichtungen hat gezeigt, dass bei verschiedenen Dichtungsarten das Fließen extreme Ausmaße annimmt (Abb.3).

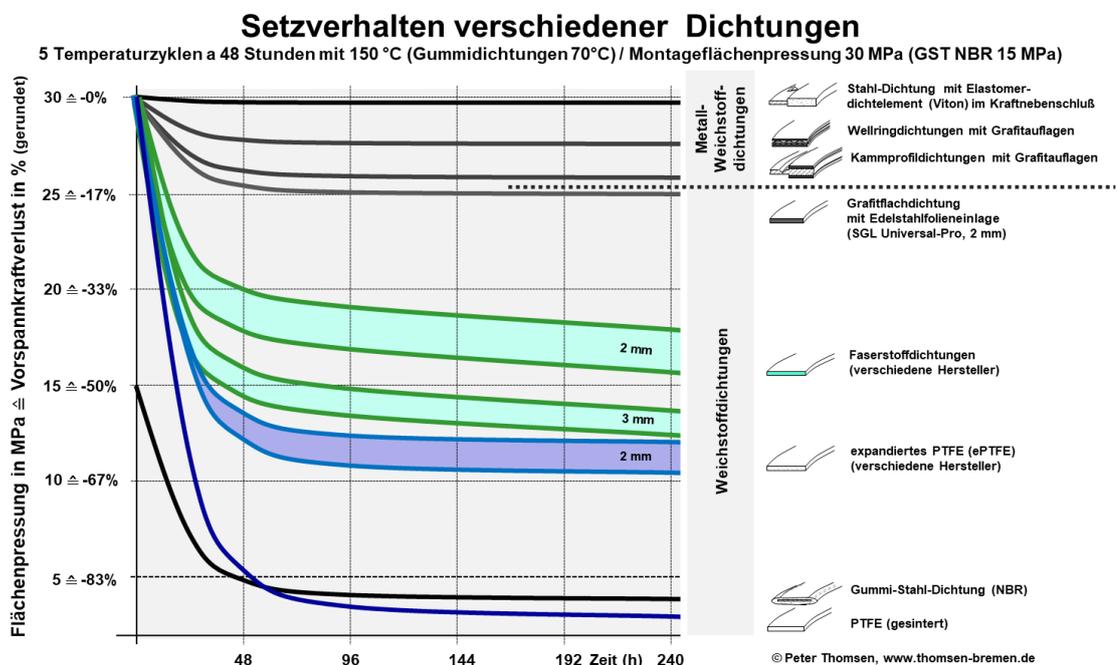


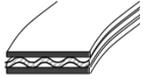
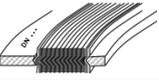
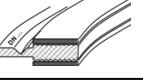
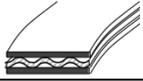
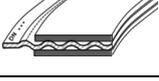
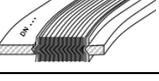
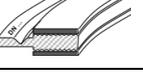
Abb.3: Untersuchungsergebnisse zum Setzverhalten verschiedener Dichtungen

Die Untersuchung wurde im Testflanschsystem (DN40 PN40) zur Messung der Leckagerate nach TA Luft durchgeführt, weil hier klare Vorgaben zur Montage und die passenden Messschrauben bereits vorhanden sind. Die zu erwartenden Vorspannkraftverluste der Schrauben führen zu erhöhten Leckageraten bis zum Versagen von Dichtverbindungen.

Gemäß den Anforderungen der Druckgeräterichtlinie (DGRL) 2014/68/EU, des Produktsicherheitsgesetzes (ProdSG) und des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG) dürfen Werkstoffe, die zu Alterung und Versprödung neigen, aber auch zu starker Relaxation, in den Dichtverbindungen führen nicht verwendet werden. In der kürzlich von mir herausgegebenen technischen Information „Verbindungselemente in Dichtverbindungen“ habe ich dargestellt, dass im Sinne der Schraubentechnik solche Werkstoffe in Schraubenverbindungen nichts zu suchen haben. Ein weiteres Votum für Metall-Weichstoff-Dichtungen.

Metall-Weichstoff-Dichtungen – Unterschiede sowie Vor- und Nachteile

Die gängigsten Metall-Weichstoff-Dichtungen sind Wellring-, Spiral- und Kammprofildichtungen. Die Dichtungstypen unterscheiden sich in den Geometrien, aber auch in den genormten Abmessungen, siehe folgende Tabelle (Tab.1).

Tab.1: Dichtungsabmessungen verschiedener Metall-Weichstoff-Dichtungen						
© Peter Thomsen, www.thomsen-bremen.de						
Normen		Dichtungstyp	Abmessungen			Kurzbezeichnung A)
			Dichtelement		Zentrierring	
Flansche Nennweite Dichtfläche	Dichtungen Abmessungen		Innen-Ø mm	Außen-Ø mm	Außen-Ø mm	Dichtfläche
DIN EN 1092-1 Typ 11 Form B DN100 PN40 11.597 mm²	DIN EN 1514 Teil 1		115	168		CG-FG ¹⁾ 10.220 mm²
	DIN EN 1514 Teil 2		127	143	168	SWG ²⁾ 3.391 mm ²
	DIN EN 1514 Teil 6		118	138		GG-FG ³⁾ 4.019 mm²
ASME B16.5 Typ WN (Welding Neck) Form RF (Raised Face) 4" Class300 11.184 mm²	ASME B16.21		114	181		CG-FG ¹⁾ 9.197 mm ²
	mit freiem Zentrierring nicht genormt!		114	167	181	CG-FG-CR ¹⁾ 9.197 mm²
	ASME B16.20		127	149		SWG-CR-IR ²⁾ 4.860 mm²
			124	154		GG-FG-CR ³⁾ 6.581 mm²

A) meine Idee einer eindeutigen, internationalen Typenbezeichnung, wie z.B. bei Schrauben
 1) CG-FG steht für die englische Bezeichnung Corrugated Gasket – Flat Gasket (als Auflagen), CR = Centering Ring
 2) SWG-CR-IR steht für die englische Bezeichnung Spiral-Wound-Gasket – Centering Ring – Inner Ring
 3) GG-FG-CR steht für die englische Bezeichnung Grooved Gasket – Flat Gasket (als Auflagen) - Centering Ring

Die Dichtungen nutzen nur einen Teil der Dichtfläche. Die Ausführung, die genutzte Dichtflächenbreite und die Ausnutzung der Dichtfläche ist in der folgenden Abbildung (Abb.4) aufgezeigt. Spiraldichtungen haben die schmalste Dichtfläche, Kammprofildichtungen nutzen etwas mehr, aber beide nur einen Teil der Dichtfläche und lassen vor allen Dingen, am Außenrand, die Dichtfläche der Flansche, siehe Abb.4, ungeschützt.

Wellringdichtungen bieten den Dichtflächen der Flansche, siehe Abb.4, einen konstruktiven Korrosionsschutz. Für den Einsatz in Flansche nach ASME könnte ein Teil der Belegung des relativ breiten Zentrierbereichs entfallen. Der Außendurchmesser des Dichtelementes wird dann so gewählt, das auch bei exzentrischem Einbau, die Dichtleiste sicher geschützt ist (Tab.1).

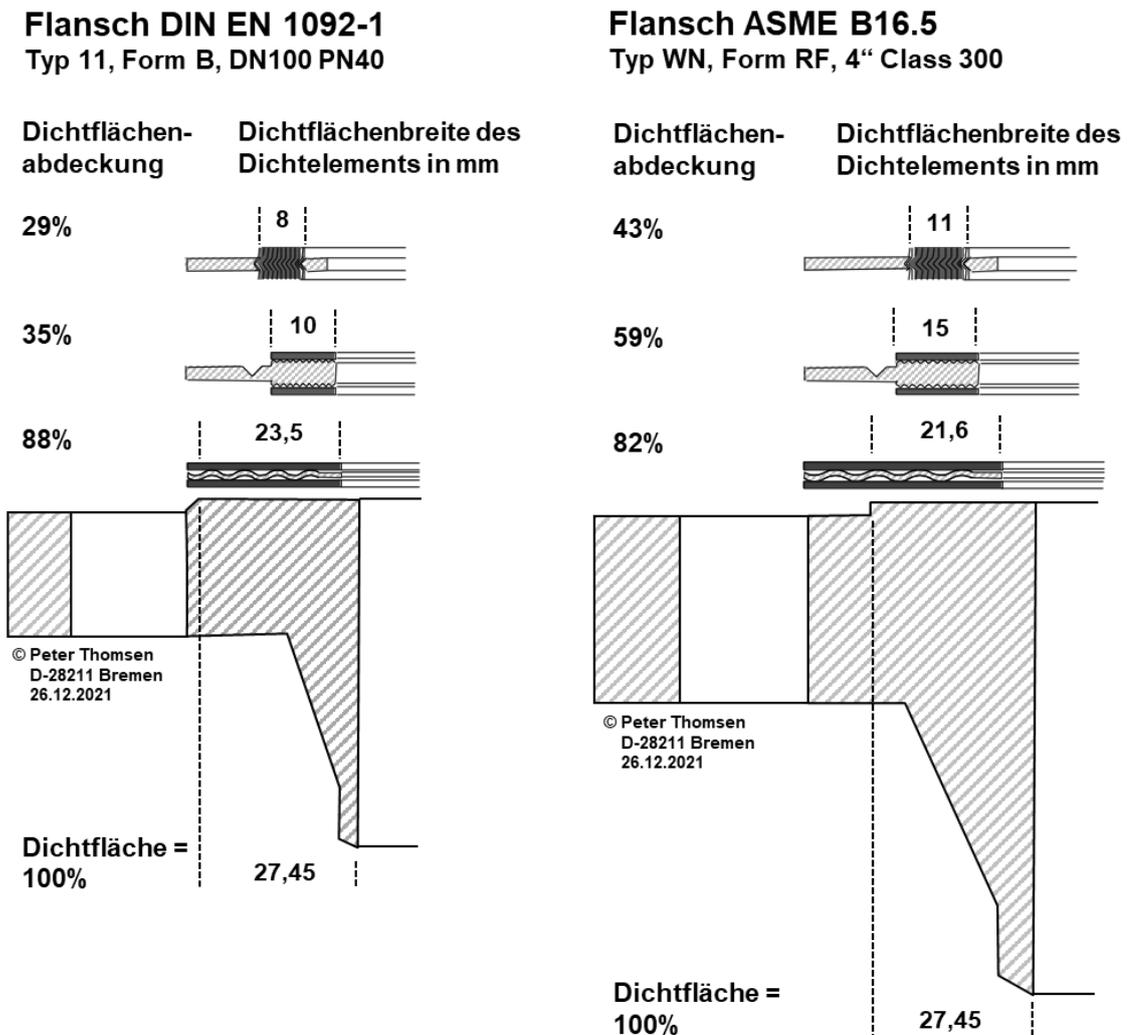


Abb.4: Darstellung des Flansches nach DIN EN und ASME, die Breite des Dichtelements und die Nutzung der Dichtfläche
© Peter Thomsen, www.thomsen-bremen.de

Ebenfalls fällt auf, dass die Flansche nach ASME-Standard deutlich massiver sind als die nach DIN EN.

Materialsparende Kompaktflansche setzen sich seit Jahrzehnten nur schwer gegen die Standards von der Mitte des letzten Jahrhunderts, des letzten Jahrtausend, durch.

Zulässige Flanschbeschädigungen

Viele kleine Beschädigungen, wie Kerben, Dellen und Kratzer, sind tolerierbar. In der folgenden Abbildung (Abb.5) werden zulässige Beschädigungen der Dichtfläche, nach ASME PCC-1-2019, Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly, Appendix D, aufgezeigt.

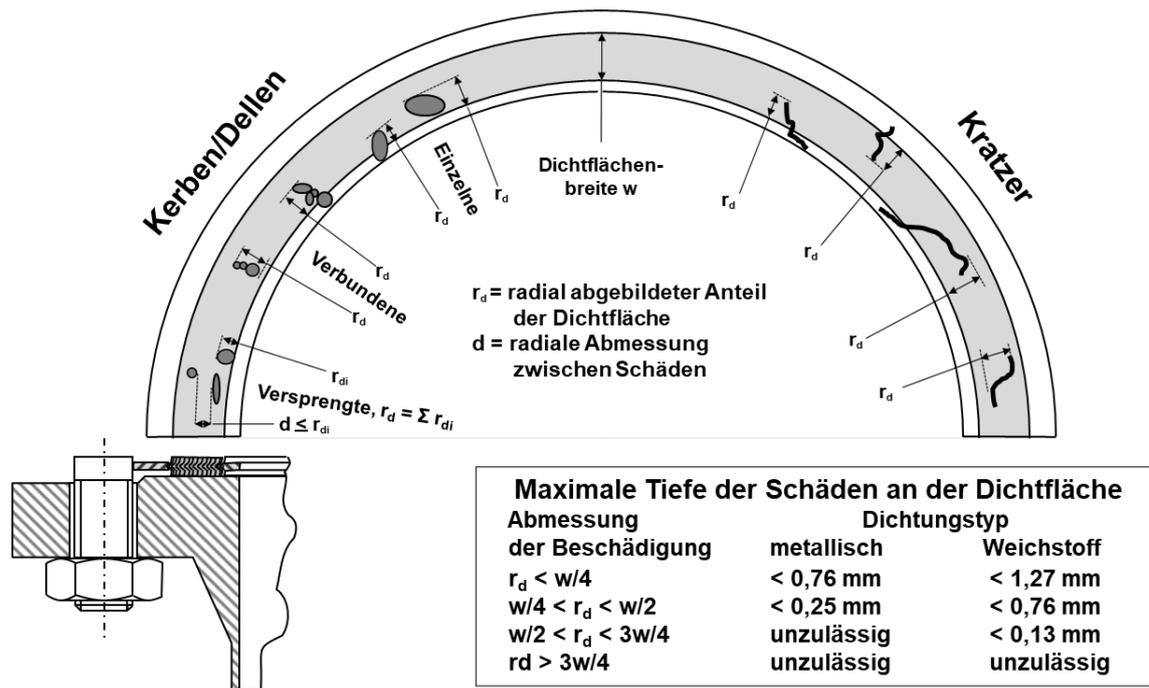


Abb.5: Maximal zulässige Beschädigung der Dichtflächen nach ASME PCC-1-2019, Appendix D
© Peter Thomsen, www.thomsen-bremen.de

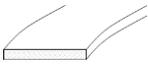
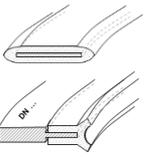
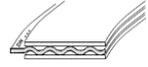
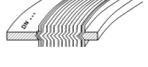
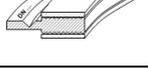
Mit Dichtungen aus Weichstoff sind sowohl Weichstoffdichtungen als auch Metall-Weichstoffdichtungen, wie Wellring-, Spiral- und Kammprofilabdichtungen, gemeint.

Die Größe der zulässigen Beschädigungen ist abhängig von der Breite der, von der jeweiligen Dichtung, genutzten Dichtfläche. Die dargestellte Spiraldichtung nutzt, wegen ihrer schmalen Dichtbreite, nur einen Teil der Dichtfläche. Kammprofilabdichtungen nutzen geringfügig mehr. Dies führt auch zu Korrosion an den außen freiliegenden Dichtflächen der Flansche.

Besser sind hochwertige Dichtungen, z.B. Wellringdichtungen mit Auflagen. Diese schützen, richtig gewählt (Abb.4), den äußeren Teil der Dichtfläche und erlauben, wegen ihrer größeren Breite, größer Beschädigungen. Dieser Vorteil ist oft bei älteren, ggfs. häufiger geöffneten Flanschverbindungen gegeben.

Dichtungsauswahlhilfe

Die folgende Tabelle (Tab.2) bietet eine schnelle Hilfe für die Dichtungsauswahl.

Tab.2: Schnellhilfe für die Dichtungsauswahl					
© Peter Thomsen, www.thomsen-bremen.de					
Dichtungstyp	Bild	Norm	Leckrate n. TA Luft übliche Ø-werte	Veränderung der Eigenschaften	Eignung
			l x mbar : s x m	ja o. nein	- / + / ++
Flachdichtungen		EN 1514-1			
aus Elastomeren			10 ⁻⁸	ja	-
aus Elastomer gebundenen Fasern (FA)		DIN 28091-2	10 ⁻³	ja	-
aus PTFE (TF) ¹⁾		DIN 28091-3	10 ⁻⁴	ja	-
aus Grafit (GR)		DIN 28091-4	10 ⁻³	nein	-
Gummi-Stahl-Dichtungen ³⁾		DIN 682	10 ⁻⁸	ja	-
Dichtungen mit PTFE-Hülle ¹⁾		EN 1514-3	10 ⁻⁶	ja	-
Wellringdichtungen		EN 1514-4 ²⁾			
mit Grafitauflagen 0,5 mm			10 ⁻⁹	nein	++
mit Grafitauflagen 0,8 mm			10 ⁻⁶	nein	+
mit PTFE-Auflagen ^{1) 3)}			10 ⁻⁶	nein ³⁾	+
Spiraldichtungen		EN 1514-2			
mit Wicklung aus Grafit			10 ⁻⁶	nein	+
mit Wicklung aus PTFE ¹⁾			10 ⁻⁷	nein	+
Kammprofildichtungen		EN 1514-6			
mit Grafitauflagen			10 ⁻⁷	nein	+
mit PTFE-Auflagen ^{1) 4)}			10 ⁻⁸	nein ⁴⁾	+

¹⁾ Bei Verwendung von PTFE müssen die Anforderungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes KrWG gesondert beachtet werden
²⁾ Für die Abmessungen ist es sinnvoll, die Werte der EN 1514-1 zu verwenden
³⁾ Gummi-Stahl-Dichtungen mit Stützring aus Stahl erfüllen die Anforderungen, unterliegen aber Alterung und können die Anforderungen zum externen Brand (DGRL, ArbSchG, BetrSichV) nicht erfüllen
⁴⁾ Die Auflagendicke darf nicht zu hoch sein, sonst verhält sich die Dichtung wie eine Flachdichtung aus PTFE

Bei Beachtung der Tabelle und der vorhergehenden Texte kommt man sehr schnell zur „einzig wahren und besten Dichtung“.

Weitere Hilfestellung bietet meine technische Information „Dichtungskosten“.

Die Qualität und Geometrie, besonders der hochwertigen Dichtungen, ist leider aufgrund fehlender oder undeutlicher Normung von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich, so dass die tatsächlichen Werte vom Dichtungshersteller einzuholen sind. Die Veränderung der physikalischen Eigenschaften zeigt sich besonders durch Setzen/Fließen.

Hinweis:

Auf der Homepage www.thomsen-bremen.de finden Sie einen aktuellen Fachartikel zur aktuellen TA Luft in „Information“ unter der Rubrik „Fachartikel“.

Fazit:

Zur Erfüllung der Anforderungen der Industrieemissionen-Richtlinie 2010/75/EU (IE-RL) und des BImSchG müssen die Dichtungen mit der niedrigsten Leckagerate verwendet werden. Die dichteste Dichtung führt zwangsläufig zu Minimierung schädlicher Emissionen an der Dichtverbindung.

Dies macht schon deshalb Sinn, weil sie nicht die teuersten, sondern ganzheitlich betrachtet, die günstigsten sind. Wenn Sie so wollen, ist hoher Umweltschutz hier sogar mit Kosteneffizienz und erhöhter Betriebssicherheit verbunden.

Es müssen Dichtwerkstoffe verwendet werden, die sich im Betrieb weder chemisch noch physikalisch verändern. Sie sollten sich weder setzen/fließen noch relaxieren.

Anmerkung:

Dichtungen, übrigens auch Schrauben/Muttern, sind sicherheitsrelevante Bauteile und keine C-Artikel. Bei der richtigen Auswahl und der Erstellung von technischen Bestellvorschriften (TBV), die dem aktuellen Standard der Regelwerke entsprechen, unterstütze ich Sie gerne.

Die Dichtsysteme sind sehr komplexe Gebilde, Informationen über ihre Funktion, Anforderungen, Bauteile (Flansche, Schrauben/Muttern, Dichtungen) und Montage schule ich regelmäßig im Haus der Technik oder auf Wunsch ganz speziell Ihren persönlichen Bedürfnissen angepasst bei Ihnen vor Ort.

Weitere interessante Informationen zu verschiedenen Themen finden Sie auf der Homepage www.thomsen-bremen.de.

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.