

● Technische Information



● Dichtungsauswahl zur Erfüllung der Druckgeräterichtlinie (DGRL) und des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG) - TA Luft (2002)

Die Anforderungen an die Auswahl verschieden Dichtungen ist sehr komplex. In den folgenden Ausführungen sollen Hinweise zu den Anforderungen aus

- Richtlinie 2014/68/EU, ex 97/23/EG, Druckgeräterichtlinie (DGRL bzw. PED)
- Richtlinie 2010/75/EU (ex. IVU-Richtlinie) Industrieemissionen (IE-RL)
- Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG)
- TA Luft

gegeben werden. Diese Betrachtung dient der grundsätzlichen Auswahl von Dichtungen, welche die grundlegenden Anforderungen erfüllen.

Druckgeräterichtlinie

Die Druckgeräterichtlinie wird in Deutschland durch das Produktsicherheitsgesetz ProdSG umgesetzt.

Die ausgewählte Dichtung muss dem Stand der Technik entsprechen. Sie hat, gemäß Leitlinie G-23, ex. 7/23, die Anforderung der Druckgeräterichtlinie (DGRL), Anforderungen des Abschnittes 4.1, 4.2 (a) und des ersten Absatzes von 4.3 zu erfüllen:

- in ausreichendem Maße beständig sein
- chemische und physikalische Eigenschaften dürfen während der Lebensdauer nicht beeinträchtigt werden, der Hersteller des Druckgerätes legt im Hinblick auf Abschnitt 2.2.3 erforderliche Kennwerte und Eigenschaften der Werkstoffe und 4.1 Behandlung der Werkstoffe fest
- der Hersteller muss geeignete Maßnahmen ergreifen, um sicherzustellen, dass der Werkstoff den vorgegebenen Anforderungen entspricht
- insbesondere müssen für alle Werkstoffe vom Werkstoffhersteller ausgefertigte Unterlagen eingeholt werden, durch die die Übereinstimmung mit einer gegebenen Vorschrift bescheinigt wird

Im Sinne der DGRL sind Dichtungen „wichtigste“ drucktragende Bauteile, denn ihr Versagen kann zu einem plötzlichen Freisetzen von Druckenergie führen (Leitlinie G-08, ex. 7/8), bzw. sie sind Teile die wichtig für die Integrität des Druckgerätes sind, oder eine Wandung zwischen Umwelt und Medium bilden (Leitlinie G-06, ex. 7/6).

Eine, von mir beauftragte, Untersuchung zum Fließverhalten verschiedener Dichtungen hat gezeigt, dass bei verschiedenen Dichtungsarten das Fließen extreme Ausmaße annimmt (Abb.1).

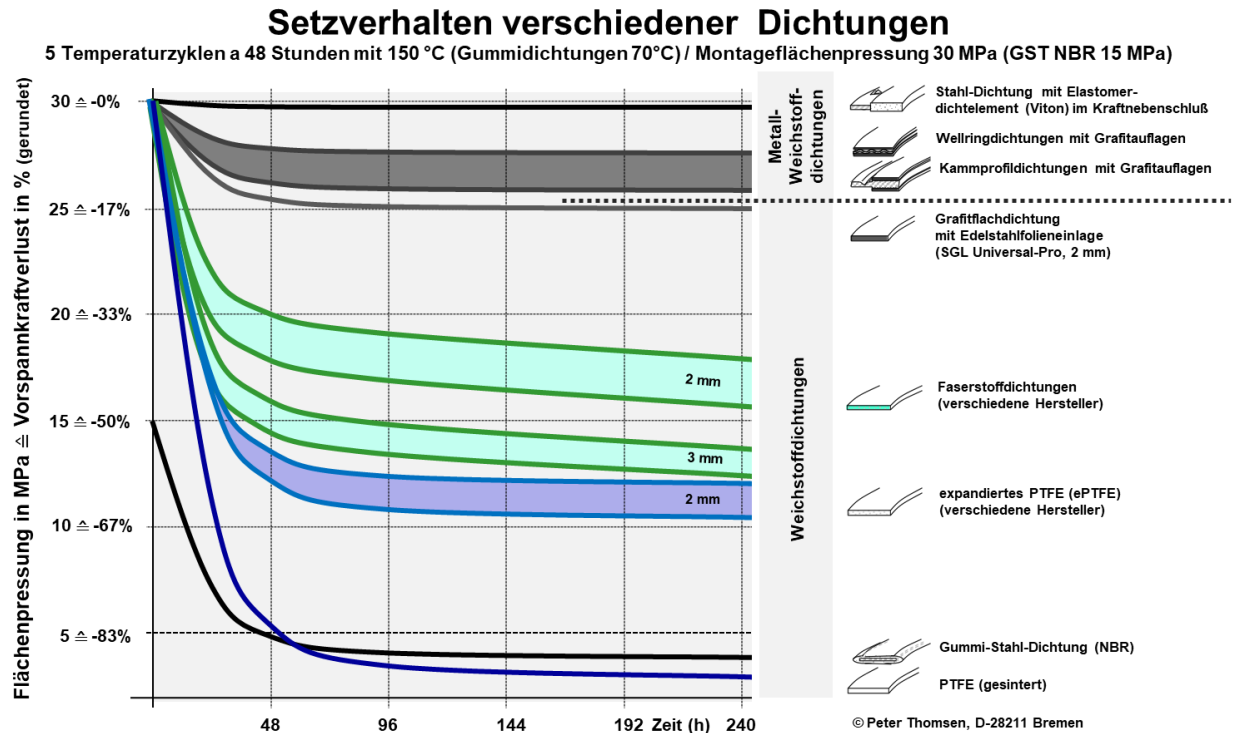


Abb.1: Untersuchungsergebnisse zum Setzverhalten verschiedener Dichtungen

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.

Richtlinie Industrieemissionen (IE-RL) – Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)

Im Bundesimmissionsschutzgesetz BImSchG werden in § 5 die Pflichten der Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen und in § 22 die für nicht genehmigungsbedürftige Anlagen geregelt. Es geht um das hohe Schutzniveau für die Umwelt. **Schädliche Belastungen sind zu vermeiden bzw. zu verhindern, wenn es nach dem Stand der Technik möglich ist. Es gilt ein Minimierungsgebot.** Diese Forderungen, besonders nach dem Minimierungsgebot, resultieren aus der Richtlinie 2010/75/EU (ex. IVU-Richtlinie) Industrieemissionen (IE-RL), und werden umgesetzt durch Anwendung der besten verfügbaren Technik (BVT), siehe Kapitel II, Artikel 11, Punkte a), b), c) und g).

Es gilt, den Bestandsschutz von Altanlagen zu beachten. Dieser ist durch die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) immer dann außer Kraft gesetzt, wenn Schutzziele nicht mehr erreicht werden. Ein Austausch einer minderwertigen Dichtung ist immer sinnvoll, denn die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) stellt in § 27 Übergangsvorschriften folgende Forderungen:

- *Der Weiterbetrieb einer überwachungsbedürftigen Anlage, die vor dem 1. Januar 2005 befügt errichtet und betrieben wurde, ist zulässig. Eine nach dem bis zu diesem Zeitpunkt geltenden Recht erteilte Erlaubnis gilt als Erlaubnis im Sinne dieser Verordnung.*
- *Für überwachungsbedürftige Anlagen, die vor dem 1. Januar 2003 bereits erstmalig in Betrieb genommen waren, bleiben hinsichtlich der an sie zu stellenden Beschaffenheitsanforderungen die bisher geltenden Vorschriften maßgebend. Die zuständige Behörde kann verlangen, dass diese Anlagen entsprechend den Vorschriften der Verordnung geändert werden, soweit nach der Art des Betriebs vermeidbare Gefahren für Leben oder Gesundheit der Beschäftigten oder Dritter zu befürchten sind. Die in der Verordnung enthaltenen Betriebsvorschriften, mit Ausnahme von § 15 Abs. 3 Satz 2 und Abs. 4, müssen spätestens bis zum 31. Dezember 2007 angewendet werden.*

Für die Auswahl der Dichtungen sind demnach folgende wesentliche Kriterien zu beachten:

- Medienbeständigkeit
- möglichst niedrige Leckrate
- keine Veränderung ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften

Eine besondere Herausforderung ist die Feststellung der Medienbeständigkeit. Geeignete Listen findet man z.B. bei der DeChema. Einfacher und besser ist es, sich die Beständigkeit schriftlich vom Dichtungshersteller bestätigen zu lassen. Diese Forderung findet sich z.B. in der Technischen Regel für Rohrfernleitungen TRFL.

TA Luft (14.07.2002)

Die Forderungen aus dem BImSchG sind aktuell geltendes Recht und müssen von der TA Luft umgesetzt werden.

Die TA Luft ist eine Verwaltungsvorschrift und regelt in 5.1.3 die grundsätzlichen Anforderungen zur Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzungen. Zitat: „Zur integrierten Emissionsvermeidung oder Emissionsminimierung sind Techniken und Maßnahmen anzuwenden, mit denen die Emissionen in die Luft, das Wasser und den Boden vermieden oder begrenzt werden und dabei ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt erreicht wird; die Anlagensicherheit, die umweltverträgliche Abfallentsorgung sowie die sparsame und effiziente Verwendung von Energie sind zu beachten.“ Zitatende

In Deutschland wird die Mindestanforderung an Dichtungen in der TA Luft, vom 24.07.2002, Abschnitt 2.2.6.3 Flanschverbindungen, Absatz 1, festgelegt:

Zitat: *Flanschverbindungen sollen in der Regel nur verwendet werden, wenn sie verfahrenstechnisch, sicherheitstechnisch oder für die Instandhaltung notwendig sind. Für diesen Fall sind technisch dichte Flanschverbindungen entsprechend der Richtlinie VDI 2440 (Ausgabe November 2000) zu verwenden.* Zitatende

Die VDI 2440:2000-11 verlangt im Abschnitt 3.3.1.4 Flanschverbindungen:

Zitat: *Eine besonders wirksame Maßnahme zur Emissionsminderung ist die Verwendung von Flanschverbindungen mit hochwertigen Dichtsystemen. Hierzu gehören Metall- und Schweißdichtungen sowie alle Dichtsysteme, die in einem speziellen Nachweisverfahren die nachfolgend beschriebenen Anforderungen erfüllen:*

- *Die konstruktive Ausführung des Dichtsystems lässt eine bestimmungsgemäße Funktion unter den Betriebsbedingungen auf Dauer erwarten.*

- Für die Dichtungsauswahl und Auslegung der Flanschverbindungen sind Dichtungskennwerte nach DIN 28090-1 (Anmerkung: Die DIN 28090-1 wurde 2005 durch die DIN EN 13555 ersetzt) bzw. DIN EN 1591 zu Grunde zu legen.
- Die Einhaltung der spezifischen Leckagerate von $10^{-4} \text{ mbar} \cdot \text{l}/(\text{s} \cdot \text{m})$ wird durch erstmalige Prüfung nachgewiesen. Hierbei wird ein Prüfverfahren mit Helium-Massenspektrometer bei einem Prüf-Differenzdruck von 1 bar und einer Flächenpressung von 30 MPa angewandt.

Zitatende

Häufig werden mit Hinweis auf die VDI 2290 andere zulässige Leckagewerte ins Spiel gebracht. Die richtige Anforderung dieser Norm in Abschnitt 7 Anforderungen/Leckagen, erster Absatz, nach der Begrenzung (Minimierungsgebot) schädlicher Emissionen, wird durch eine zulässige Leckage bei den Dichtungen, gemäß dem letzten Absatz dieses Abschnittes von $10^{-2} \text{ mg}/(\text{s} \cdot \text{m})$ konterkariert geführt. Eine Höchstgrenze ist ein klarer Widerspruch zum Minimierungsgebot.

Die Umrechnung in die Leckageklasse nach TA Luft führt bei den Prüfanforderungen nach der TA Luft mit 1 bar Differenzdruck zu einer ca. 620mal höheren Leckagerate (siehe hierzu VDI 2200, Abschnitt 8.1, TA Luft, Absatz 5. Damit ein klarer Verstoß gegen das Minimierungsgebot schädlicher Emissionen. Bei dieser Vorgehensweise wird nicht erkannt, dass die Einheit $\text{mg}/(\text{s} \cdot \text{m})$ eine Menge der Leckage darstellt, die vom Prüfdruck abhängig ist. Der Prüfdruck für die übliche Betrachtung ist weder in der DIN 13555, sie lässt verschiedenen Prüfdrücke zu, noch in den aktuellen Entwürfen zur Überarbeitung der TA Luft festgelegt.

Der, in der VDI 2290 und der neuen TA Luft geforderte, übliche rechnerische Nachweis zur zu erwartenden Leckage nach DIN EN 1591-1 ist nur für runde Flanschverbindungen möglich und in seiner technischen Qualität sehr umstritten. Besonders die letzte Überarbeitung der Norm hat zu Irritationen geführt.

Der Nachweis der Dichtheit nach TA Luft, VDI 2440 ist bei Betriebsbedingungen zu erbringen. Die VDI 2440 verlangt im Abschnitt 3.3.1.4 Flanschverbindungen, Absatz 1, Punkt 3:

Zitat: *Vor der Leckagemessung z.B. nach DIN 28090-1* wird die Dichtung bei maximaler Betriebstemperatur im montierten Zustand an Luft gelagert.* Zitatende

* Hinweis: Die DIN 28091-1:1995-09 wurde ersetzt durch die DIN EN 13555:2005-02, aktueller Stand 2014-07.

Mit maximaler Betriebstemperatur ist die Temperatur der zu betrachtenden Anlage oder eines Anlagenteils und nicht die höchste in einem Werk auftretende Temperatur gemeint. Es ist zu beachten, dass Dichtungen bei zunehmender Temperatur dichter werden. Ein großer Teil der Zertifikate, die auf Messungen bei höherer Auslegungstemperatur beruhen und die Eignung bescheinigen, gilt für Dichtungen, die bei niedrigen Temperaturen eingesetzt werden sollen, nicht. Es ist zwingend erforderlich, sich Nachweise, beim tatsächlich ungünstigen Fall mit Auslagerung bei Raumtemperatur, vorlegen zu lassen, um die erforderliche Zulässigkeit zur Anwendung nachgewiesen zu haben.

Es sollte beachtet werden, dass die Dichtungen aus Flachdichtungsplatten nahezu keine Erfüllung der gestellten Anforderungen bei niedrigen Temperaturen bieten (Abb.2).

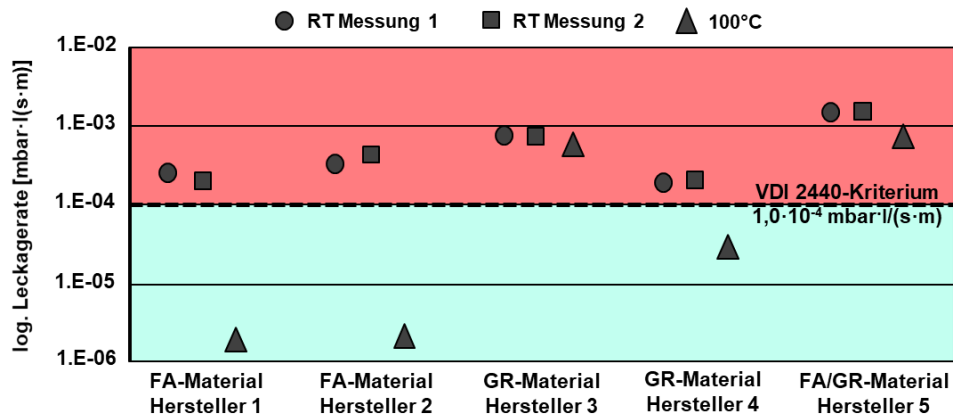
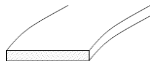
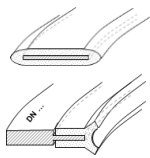

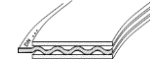
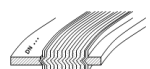
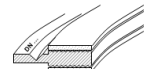


Abb.2: Prüfergebnisse für FA-Material und Grafit bei Raumtemperatur (RT) und 100 °C, Dicke 2mm; Prüfungsbericht 902 0971 000/Hh/Hae/Scr, MPA Stuttgart, 2011
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Die Leckraten üblicher Dichtungstypen sind sehr unterschiedlich, eine Auswahl für die allgemeine Güte einer Dichtungstypen bietet die folgende Tabelle (Tab.1).

Tab.1: Hilfe für die Dichtungsauswahl
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

| Dichtungselement Beschreibung | Abbildung (Standardversion) | Norm | Leckrate nach TA Luft übliche Ø-werte l x mbar : s x m | Verände- rung der Eigen- schaften (z.B. Alterung) | Eignung |
|--|---|-------------------------|---|--|---------|
| Flachdichtungen aus Elastomeren aus Elastomer gebundenen Fasern (FA) aus PTFE (TF) ¹⁾ aus Grafit (GR) |  | EN 1514-1 | 10 ⁻⁸ | ja | - |
| | | DIN 28091-2 | 10 ⁻³ | ja | - |
| | | DIN 28091-3 | 10 ⁻⁴ | ja | - |
| | | 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 mit Grafitauflagen 0,5 mm mit Grafitauflagen 0,8 mm mit PTFE-Auflagen ^{0) 3)} |  | EN 1514-4 ²⁾ | 10 ⁻⁹ | nein | ++ |
| | | | 10 ⁻⁶ | nein | + |
| | | | 10 ⁻⁶ | nein ³⁾ | + |
| Spiraldichtungen mit Wicklung aus Grafit mit Wicklung aus PTFE ¹⁾ |  | EN 1514-2 | 10 ⁻⁶ | nein | + |
| | | | 10 ⁻⁷ | nein | + |
| Kammprofildichtungen mit Grafitauflagen mit PTFE-Auflagen ^{1) 4)} |  | EN 1514-6 | 10 ⁻⁷ | nein | + |
| | | | 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

Die Qualität und Geometrie, besonders der hochwertigen Dichtungen, ist leider aufgrund fehlender oder undeutlicher Normung von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich, sodass 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.

Das 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.

© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Stand 01.02.2022