

● Technische Information



● VDI 2290:2012-06 – Auswahl der Bauteile für Dichtverbindungen

Die im Juni 2012 herausgegebene VDI 2290:2012-06 hat Folgen für die Betreiber von Anlagen, in denen gefährliche flüssige oder gasförmige Stoffe des Absatzes 5.2.7 der TA-Luft gefördert oder gelagert werden. Sie wendet sich an Betreiber von Anlagen und Apparaten, Hersteller von Flanschverbindungen, Konstrukteure, Projekt Ingenieure. Sie stellt den Stand der Technik dar und gibt Hinweise zur Montage und Instandhaltung, die somit im Sinne des Bundesimmissionschutzgesetzes BImSchG (§3 Abs.6) und nach der Betriebssicherheitsverordnung BetrSichV (§4 und §12) anzuwenden sind. Sie besitzt nicht nur einen empfehlenden Charakter, sondern unterstützt Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden im Rahmen ihrer Tätigkeit. Sie unterstützt das Ziel des BImSchG §5 und §22 zur Minimierung schädlicher Emissionen. Sie gilt für Stahlflanschverbindungen und kann als Erkenntnisquelle für emaillierte Flansche, Flansche aus Glas, Kunststoff oder mit Kunststoffauskleidungen herangezogen werden. erstmals sollen die Dichtverbindungen rechnerisch auf Leckage nachgewiesen werden. Folgende Anforderungen werden gestellt:

- Minimierung von Emissionen
- rechnerischer Nachweis der Dichtheit (z.B. nach EN 1591-1 oder Finite Elemente Methode)
- Ausschöpfen der zulässigen Spannungen der Bauteile
- Anziehverfahren mit Kontrolle der Schraubkraft
- Verfahrensanweisungen zur Montage
- technisch sachgerechte Durchführung der Montage durch sachkundiges Personal
- stichprobenartige Kontrolle nach Gefährdungsbeurteilung oder sicherheitstechnischer Bewertung
- Verfahrensanweisung zur Dokumentation und Qualitätssicherung

Das einzig Neue, ist der rechnerische Nachweis. Alle anderen Anforderungen bestehen schon in gültigen Gesetzen, Regeln und Vorschriften.

Anforderungen an die Bauteile

Die verwendeten Bauteile haben der Richtlinie 2014/68/EU, Druckgeräterichtlinie (DGRL) zu entsprechen. Nicht geeignete Bauteile stehen nicht unter dem Bestandsschutz, sondern müssen gegebenenfalls auf Verlangen der Behörden nach Betriebssicherheitsverordnung BetrSichV §27 Übergangsvorschriften Absatz 2 ausgetauscht werden.

Zitat:

(2) 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.

Zitatende

Folgende Anforderungen gelten an die einzelnen Bauteile:

- Dichtelemente
 - ✓ Nachweis der Dichtheit nach VDI 2440
 - ✓ Mindestens erforderliche Leckagerate $\leq 0,01 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$
 - ✓ Einhaltung des Minimierungsgebotes für Emissionen nach TA-Luft, Forderung aus dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)
 - ✓ Ausschöpfung der zulässigen Spannungen
 - ✓ Anmerkung: die Anforderungen der Druckgeräte-richtlinie sind zu beachten
- Flansche
 - ✓ parallele, fluchtende Flanschblätter
 - ✓ Ausschöpfung der zulässigen Spannungen
- Verbindungselemente
 - ✓ Ausschöpfung der zulässigen Spannungen

Auswahl der Dichtelemente (Dichtungen)

Die Dichtungen sind nach Druckgeräte-richtlinie so zu wählen, dass sie die Werkstoffanforderungen des Abschnittes 4.1, 4.2 (a) und des ersten Absatzes von 4.3 erfüllen. Damit gilt:

- sie müssen im ausreichenden Maße beständig sein
- chemische und physikalische Eigenschaften dürfen während der Lebensdauer nicht beeinträchtigt werden. Der Hersteller des Druckgerätes legt in 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

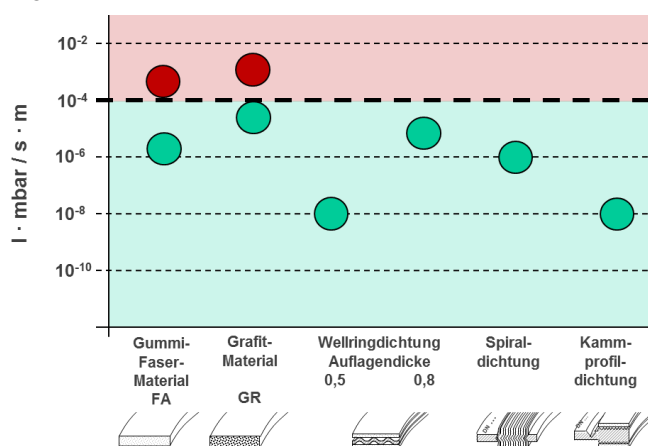


Abb.1: Vergleich der Leckageraten verschiedener Dichtungstypen

Es gilt zu beachten, dass Dichtelemente aus Elastomer gebundenen Fasern und Grafit die Anforderungen der VDI 2440 bei Raumtemperatur und niedrigen Betriebstemperaturen nicht erfüllen (rote Punkte)

© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Es sollten Dichtelemente gewählt werden, die die Anforderungen an die Leckageraten sicher erfüllen. Abb.1 zeigt erreichbare minimale Leckagerate verschiedener Dichtungstypen.

Zur Erfüllung der Anforderung nach Ausschöpfung der zulässigen Spannungen sollten Dichtelemente mit niedriger erforderlicher Mindestflächenpressung und möglichst hoher, ertragbarer maximaler Flächenpressung genutzt werden (Abb.2).

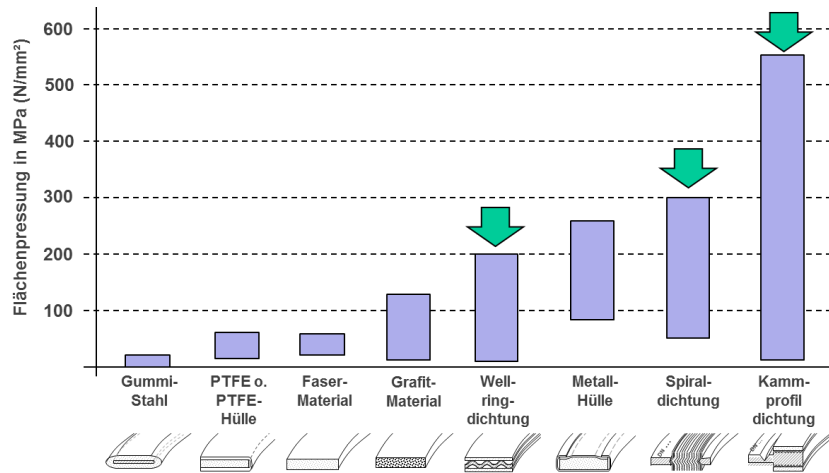


Abb.2: Vergleich der erforderlichen Mindestflächenpressung und maximal ertragbare Flächenpressung verschiedener Dichtungstypen
Auffällig gute Dichtungstypen sind mit einem grünen Pfeil gekennzeichnet.
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Setzen und Fließen von Dichtwerkstoffen ist nicht zulässig.

Verbindungselemente

Üblicherweise werden, meist aus Kostengründen, sehr niedrig legierte Verbindungselemente (Schrauben/Muttern) verwendet. Diese sind häufig nicht in der Lage, die erforderlichen Flächenpressungen für die Dichtelemente zu erzeugen. Es gibt Schrauben aus verschiedenen Werkstoffen, in Abb.3 sind gängige Werkstoffe miteinander verglichen.

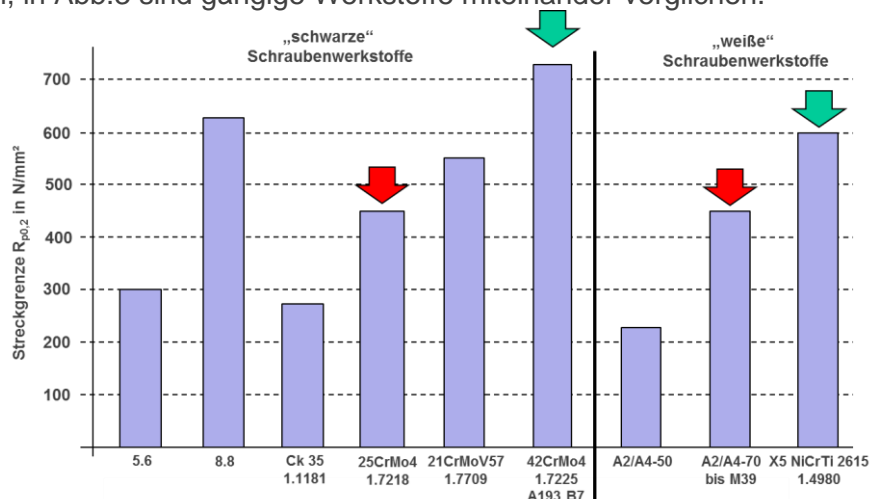


Abb.3: Vergleich verschiedener Schraubenwerkstoffe,
die roten Pfeile kennzeichnen die Schraubenauswahl üblicher aktualisierter Verfahrensanweisungen
die grünen Pfeile zeigen mögliche feste Schraubenwerkstoffe
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Der Werkstoff 42CrMo4 entspricht dem weltweit am meisten verwendeten Werkstoff ASTM A193 Gr.B7. Die Verwendung fester Werkstoffe ist also mehr als bewährt.

Üblicherweise werden für Flanschverbindungen die Verbindungselemente aus 25CrMo4 (1.7218) verwendet. Dieser Werkstoff ist für die übliche Geometrie der Normflansche ausreichend, weil festere Werkstoffe die Flansche unzulässig überlasten.

Ein weiteres Thema ist die Verwendung von Dehnschrauben. Hierzu finden Sie auf meiner Homepage/Downloads unter dem Icon für Schrauben eine entsprechende ausführliche technische Information.

Schrauben sollten grundsätzlich mit 70% ihrer Streckgrenze ($R_{p0,2}$) ausgelastet werden.

Flanschverbindungen

Die Auslastung der Flanschverbindungen stellt üblicherweise ebenfalls kein Problem dar. Sollten Flanschverbindungen sich unter hoher Schraubenauslastung zu stark verformen, können Stützringe Abhilfe schaffen. Zukünftig werden sich wohl Flanschverbindungen anderer Bauart durchsetzen (Abb.4).

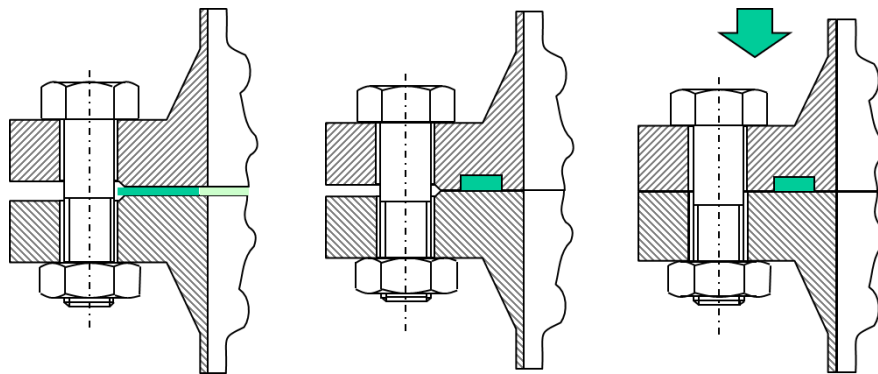


Abb.4: Vergleich verschiedener Flanschtypen

Der grüne Pfeil zeigt die, leider bisher unübliche, aber technische beste Art einer Flanschverbindung in Blocklage
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Das Problem bei Flanschverbindungen ist das Festhalten an den Normen, die ihren Ursprung in den 30-er Jahren des letzten Jahrhunderts haben. In dieser Zeit erhob sich erstmals die Junkers JU-52 (Abb.5) als erstes anerkanntes Reiseverkehrsflugzeug in die Lüfte.

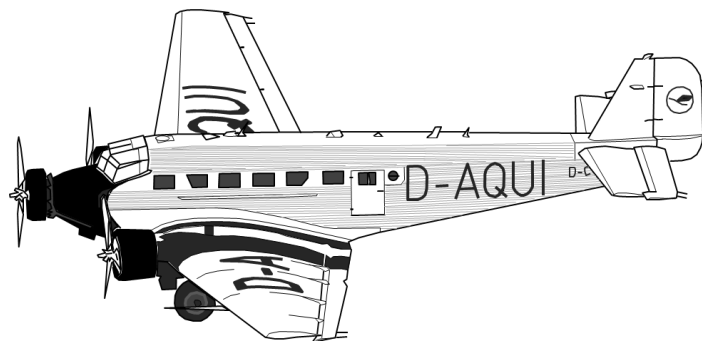


Abb.5: Junkers JU-52 das erste anerkannte Reiseverkehrsflugzeug

© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Demnach entsprechen unsere üblichen Flanschverbindungen dem Stand der Technik von 1930. Es zeigt, mit welchen Flugzeugen wir heute fliegen würden, wenn wir sie ebenfalls nicht weiterentwickelt hätten. Die alten genormten Verbindungen werden aus Gründen der Kompatibilität immer wieder verwendet.



Die abgebildete Flanschverbindung (8“2500lbs) zeigt die Möglichkeiten der Gewichtersparnis bei konstruktiv richtiger Auslegung.

165kg : 638kg

Diese Flanschen werden in Norwegen nach der Norsok-Norm und an vielen Orten auf dieser Welt eingesetzt. Sie sind aktuell als DIN EN ISO 27509 genormt.

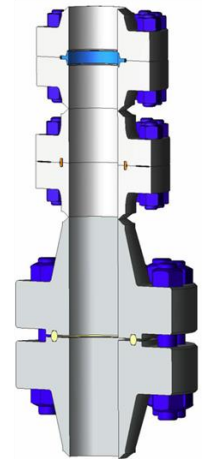


Abb.6: Vergleich alter genormter Flanschverbindungen mit kompakten Flanschverbindungen
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Nach aktuellen Berechnungsmethoden sind die vorhandenen Flanschblätter auch noch dicker ausgeführt. Zukünftig werden kompakte Flanschverbindungen (Abb.6), schon allein wegen des geringeren Massebedarfs, mehr und mehr verwendet werden.

Zusammenfassung

Das Kennzeichen vieler aktueller Dichtverbindungen sind überdimensionierte Flanschverbindungen mit Dichtelementen mit hohem Fließ- und Setzpotential (P_{QR} -Werte nach EN 13555 von 0,3; 0,5 und kleiner sind keine Seltenheit), die somit nur niedrig ausgelastet werden.

Die einzig austauschbaren Bauteile in bestehenden Anlagen sind die Dichtelemente und die Schrauben, diese sollte die Anforderungen erfüllen. Mit folgenden Grundsätzen erhält man Dichtverbindungen, die die Anforderungen an minimale Leckage und Ausschöpfung der Bauteilfestigkeit erfüllen:

- Dichtelemente
 - ✓ sollen eine minimale Leckrate haben
 - ✓ sollen schon mit niedriger Flächenpressung sicher Abdichten
 - ✓ dürfen nicht überpresst werden können
 - ✓ dürfen sich nicht Setzen oder Fließen
 - ✓ dürfen nicht altern
 - ✓ müssen beständig gegen das Betriebsmedium sein
- Verbindungselemente
 - ✓ sollen eine möglichst hohe Festigkeit aufweisen
 - ✓ werden mit 70% ihrer Mindeststreckgrenze ausgelastet
 - ✓ werden kontrolliert montiert

- Flansche
 - ✓ müssen von ausreichender Festigkeit sein
 - ✓ werden gegebenenfalls durch Stützringe versteift
 - ✓ werden bei Neukonstruktion möglichst in kompakter Bauweise erstellt

Diese Philosophie wird von uns seit mehr als 30 Jahren erfolgreich angewendet.

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 02.01.2022