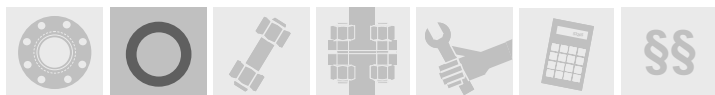


● Technische Information



● Dichtungsauslegung nach TRBS 2141 und 2152-2/TRGS 722

Die technischen Regeln zur Betriebssicherheit (TRBS, TRGS, ...) setzen die Anforderungen aus dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) und der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) um.

Im März 2019 ist **Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) 2141 Gefährdungen durch Dampf und Druck** in Kraft getreten. Sie ersetzt die im September 2009 im Sinne der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) anzuwendende **Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) 2141 Teil 3 Gefährdungen durch Dampf und Druck bei Freisetzung von Medien**. Deren inhaltlichen Bestimmungen entsprachen zum Teil der TRB 600, waren auf alle Druckgeräte ausgeweitet worden, die der BetrSichV unterliegen.

Die grundlegenden Anforderungen an Dichtungen werden in der TRBS 2141 im Abschnitt 6.1, Ermittlung von Gefährdungen beschrieben. Hier die Passagen, die direkt die Auswahl der Dichtungen und ihres Werkstoffs betreffenden Teile sind unterstrichen worden:

Zitat:

(1) Bei Freisetzung von Fluiden können beispielsweise Gefährdungen durch Freistrahlimpulse, Ersticken, Vergiften, Verätzen, Verbrennen oder Erfrieren für Beschäftigte oder andere Personen im Gefahrenbereich auftreten.

(2) Bei Anlagenteilen, die auf **Dauer technisch dicht** sind, sind keine Freisetzungen zu erwarten. Es besteht hierdurch in der umgebenden Atmosphäre keine Brand-, Explosions- oder Gesundheitsgefahr.

(3) Bei Anlagenteilen, die **technisch dicht** sind, sind seltene Freisetzungen zu erwarten.

(4) Ursachen für Gefährdungen aufgrund der Freisetzung von Fluiden können insbesondere sein:

6.1.1 Undichtigkeiten an Verschlüssen und lösbaren Verbindungen mit statischen Dichtelementen

Undichtigkeiten an Verschlüssen und lösbaren Verbindungen mit statischen Dichtelementen (z. B. Flachdichtungen, kammprofilierte Dichtungen, Metallprofildichtungen) infolge von:

- Beschädigungen der Dichtelemente oder Dichtflächen, insbesondere bei beweglichen Leitungen (Schläuche und Gelenkrohrleitungen), wenn dadurch eine sichere Verbindung und damit technische Dichtheit nicht mehr gewährleistet ist,
- gegenüber dem Fluid oder äußeren Einwirkungen nicht geeigneten Dichtelementen (z. B. Korrosionsangriff an Schrauben durch Umgebungseinflüsse),
- alterungsbedingten oder zeitabhängigen Veränderungen von Dichtelementen, z. B. Setzen, Verspröden,
- unzulässiger Beanspruchung von Dichtelementen z. B. Materialunverträglichkeiten oder Abweichungen von der bestimmungsgemäßen Betriebsweise,
- Montagefehlern, z. B. wenn die konstruktiv vorgesehenen Verschlusselemente nicht bestimmungsgemäß verwendet werden (z. B. falsches Anzugsmoment) oder wenn

unzulässige Spannungen durch falsche Anschlagpunkte eingebracht werden, die zu Verformungen führen.

- Thermoschock, z. B. beim Befüllen von drucklosen Druckbehältern mit druckverflüssigten Gasen oder beim nicht bestimmungsgemäßen Eintritt von kalten Fluiden in Anlagenteile, sofern die Dichtungen bzw. Anlagenteile für die auftretenden tiefen Temperaturen nicht ausgelegt sind.

6.1.2 Undichtigkeiten an dynamischen Dichtelementen

Undichtigkeiten an dynamischen Dichtelementen (z. B. Stopfbuchsen, Gleitringdichtungen) infolge von:

- gegenüber dem Fluid oder äußeren Einwirkungen (z. B. unzulässige Schwingungen) nicht geeigneten Dichtelementen,
- alterungsbedingten oder zeitabhängigen Veränderungen von Dichtelementen, z. B. Setzen, Verspröden, Verschleiß.
- unzulässiger Beanspruchung von Dichtelementen, z. B. Materialunverträglichkeiten oder Abweichungen von der bestimmungsgemäßen Betriebsweise,
- Montagefehlern, z. B. falsches Anzugsmoment, Ausrichtfehler.

Zitatende

Weitere Anforderungen an Dichtungen kommen aus Abschnitt 6.3, Festlegung von Schutzmaßnahmen im Rahmen der Beschaffung von Druckanlagen und deren Anlagenteilen:

Zitat:

(1) Als Basis für die Beschaffung einer Druckanlage muss die bestimmungsgemäße Betriebsweise zugrunde gelegt werden. Ferner sind mögliche äußere Einflüsse auf eine Druckanlage zu berücksichtigen.

(2) Folgende beispielhaft genannten Schutzmaßnahmen können sich für die Beschaffung von Verbindungs- und Dichtelementen ergeben:

- Verschlüsse und lösbare Verbindungen werden so ausgewählt, dass sie bei bestimmungsgemäßer Betriebsweise
- technisch dicht sind und technisch dicht bleiben,
- für den Anwendungszweck in thermischer und mechanischer Hinsicht geeignet und
- gegenüber dem Fluid chemisch und physikalisch beständig sind.
- Zusätzlich werden Schnellverschlüsse so ausgewählt, dass sie bei bestimmungsgemäßer Betriebsweise
- nicht unter Druck geöffnet und nicht im geöffneten Zustand mit Druck beaufschlagt werden können,
- nicht bei gefährlicher Temperatur (z. B. tiefkalte oder heiße Fluide) oder gesundheitsgefährdenden Fluiden geöffnet werden können.
- Auswahl geeigneter Konstruktionen, wenn auf Dauer technisch dichte Anlagenteile erforderlich sind, in Anlehnung an Abschnitt 2.4.3.2 TRGS 722. Besonderes Augenmerk ist auf den Nachweis der Ausblassicherheit zu legen, um ein Herausdrücken der Dichtung aus dem Sitz und große Leckagen auszuschließen. Darüber hinaus können zur Vermeidung von Undichtigkeiten aus dynamischen Dichtelementen doppelwirkende Gleitringdichtungen geeignet sein.

Zitatende

Dichtverbindungen sollten grundsätzlich mit Werkstoffen versehen sein gegen die Fluide beständig und nicht bedingt beständig sind. Sind die Dichtungen nur bedingt beständig kann, im technischen Sinn, keine „auf Dauer technisch dichte“ Verbindung erzeugt werden.

Technisch dicht und auf Dauer technisch dicht

Es wird unterschieden in TRBS 2141 in Abschnitt 2.14 Auf Dauer technisch dichte Anlagenteile und Abschnitt 2.15 Technisch dichte Anlagenteile. Diese Abschnitte verweisen auf die TRBS 2152 Teil 2 / TRGS 722 hin. Anlagenteile gelten als auf Dauer technisch dicht, wenn sie so ausgeführt sind, dass sie aufgrund ihrer Konstruktion technisch dicht bleiben (Abschnitt 2.4.3.2, Absatz a)) oder ihre technische Dichtheit durch Wartung und Überwachung ständig gewährleistet wird (Abschnitt 2.4.3.2, Absatz b)).

Anmerkung:

Für die Überwachung sind nur Messungen eventueller Leckagen technisch zulässig. Eine Kontrolle der Schraubenvorspannkkräfte über Drehmomente ist eine attributive Prüfung und gibt nur die Aussage, ob die Schraube fest oder lose ist. Ruhereibung/Losbrechmomente und die Tatsache, dass die Drehmomentwerkzeuge bei dieser Anwendung nicht funktionieren, verbieten diese Vorgehensweise.

Anlagenteile gelten als technisch dicht, wenn bei einer für den Anwendungsfall geeigneten Dichtheitsprüfung oder Dichtheitsüberwachung bzw. -kontrolle, z.B. mit schaubildenden Mitteln oder mit Lecksuchgeräten oder Leckanzeigegeräten, eine Undichtheit nicht feststellbar ist (siehe TRBS 2152 Teil 2 / TRGS 722 Abschnitt 2.4.3.3).

Bei Anlagenteilen, die technisch dicht sind, wären Freisetzungen zu erwarten und somit erheblicher Aufwand für Wartung und Überprüfung zu leisten. An den auf Dauer technisch dichten Anlagenteilen sind keine Freisetzungen zu erwarten. Es ist davon auszugehen, dass die Auslegung von Dichtsystemen als „auf Dauer technisch dicht“ vorgezogen wird, und zwar so, dass sie durch die Auslegung als „aufgrund ihrer Konstruktion technisch dicht bleiben“, schon um den Aufwand durch Wartung und Überwachung zu sparen.

Besonderes Augenmerk wird auf den Nachweis der Ausblassicherheit (siehe VDI 2200) gelegt, und dass die Dichtungen nicht aus ihrem Sitz herausgedrückt werden können.

Im Folgenden werden die verschiedenen Dichtungstypen betrachtet und Hinweise zur Eignung gegeben.

Weichstoffdichtungen

Es handelt sich um Dichtungen, die aus Platten gestanzt oder geschnitten werden. Die Werkstoffe sind in der Regel nicht geeignet die Anforderungen an die Minimierung schädlicher Emissionen zu erreichen. Das Minimierungsgebot kommt aus der Richtlinie zu Industrieemissionen 2010/75/EU (IE-RL) und wird durch das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) gefordert.

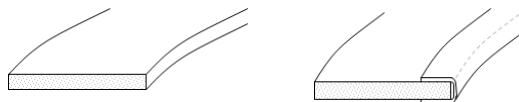


Abb.2: Flachdichtung ohne und mit Innenbördel (v.L.)

© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Weichstoffdichtungen (Abb.2) dürfen bis 25 bar ohne und müssen über 25 bar als metallinnenrandgefasste Dichtungen verwendet werden. Die Dichtungen bis DN80 entsprechen der Druckstufe PN40, eine Unterscheidung, ob die Dichtungen unter oder über 25 bar

verwendet werden sollen, ist erforderlich, könnte zu Verwechslungen führen und ist damit sicher nicht sinnvoll.

Die Verwendung von Elastomeren oder mit Elastomer gebundenen Faserstoffen sollte wegen des Alterungs- und Setzverhaltens des Werkstoffes vermieden werden. Übliche P_{QR} -Werte liegen bei $0,3 < P_{QR} < 0,7$.

Dichtungswerkstoffe wie PTFE oder ePTFE sollten wegen des Setzverhaltens und der Gesundheitsgefahr bei externem Brand sowie der aufwendigen Entsorgung, siehe Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG), vermieden werden. Übliche P_{QR} -Werte liegen bei $0,2 < P_{QR} < 0,5$ und weisen auf starkes Kriechrelaxationsverhalten hin.

Flachdichtungen aus Grafit haben üblicherweise eine metallische Folieneinlage. Sie sind alterungsbeständig und von den Weichstoffen am besten geeignet.

Die Kosten für Wellringdichtungen liegen in etwa genau so hoch wie die der metallinnenrandgefassten Dichtungen, die Leckraten aber um mehrere Zehnerpotenzen niedriger. Hieraus erklärt sich auch die Tatsache, dass inzwischen viele Anlagenbetreiber auf diese Dichtungen umgestellt haben.

Metallummantelte Dichtungen

Diese Dichtungen sind Weichstoffe, die mit einer metallischen Hülle versehen werden (Abb.3).

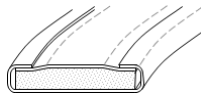


Abb.3: Metallummantelte Dichtung
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Die ebenfalls zugelassenen metallummantelten Dichtungen werden wegen der sehr hohen, in Normflanschen üblicherweise nicht zu realisierenden Mindestflächenpressungen immer seltener verwendet. Nach der DIN EN 1514-7 werden Weichstoffauflagen vorgesehen, um niedrigere Flächenpressungen zu erreichen. Es ist besser Metall-Weichstoff-Dichtungen zu verwenden.

Metall-Weichstoff-Dichtungen

Es ist kaum vorstellbar, dass Anlagenbetreiber die geringen Mehrpreise für hochwertige Dichtungen, nach TRBS 2152, Teil 2 / TRGS 722, Abschnitt 2.4.3.2, Absatz (5), Punkt e), besondere Dichtungen (Abb.1), wie Wellring-, Spiral- oder Kammprofildichtungen nicht in Kauf nehmen, wenn sie die, mit erheblichem Mehraufwand verbundenen Wartungen und Überwachungen einsparen können. Zumal diese Dichtungen durch ihre niedrigen Diffusionsraten überzeugen und einen nicht unerheblichen Beitrag zum Umweltschutz leisten.

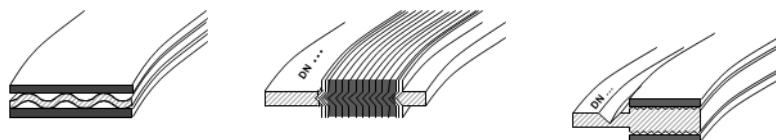


Abb.1 Wellring-, Spiral-, Kammprofildichtung (v.L.)
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Die Dichtungen sind genormt in der Reihe EN 1514 für Flansche nach EN 1092 und in EN 12560 für imperiale Flansche nach EN 1759 (entspricht ASME). Die Verwendung von

Spiraldichtungen in Rohrflanschverbindungen, genormt in EN 1514-2, ist in Deutschland eher in Anlagen üblich die nach dem ASME-Standard gebaut sind. Durch ihre übliche Lieferdicke von 4,5 mm werden sie ungern als Standardersatz für die mit überwiegend in 2 mm Dicke eher dünnen bisher verwendeten Flachdichtungen aus Weichstoff verwendet. Die gleiche Diskussion entbrennt bei Kammprofildichtungen, die nach EN 1514-6 mit 5 mm genormt sind. Es ist erforderlich diese Dichtungstypen, sie gilt immerhin als die hochwertigste und ist im Einsatz bis 400 bar in glatten Flanschen genormt, in einer Stärke von 2 oder 3 mm anzubieten. Die Wellringdichtungen, von 2,5 bis 3 mm dick, erfüllen die Anforderungen der Anlagenbetreiber in Bezug auf die Dicke.

Es ist kaum vorstellbar, dass in allgemeiner breiter Verwendung Flansche mit Schweißlippendichtungen, Nut und Feder, Vor- und Rücksprung oder V-Nuten mit V-Nutdichtungen zukünftig bevorzugt werden. Die erforderliche rechnerische Nachprüfung bei Verwendung von DIN-Flanschen auf ausreichende Sicherheit gegen die Streckgrenze, wird der Beliebtheit von Flanschverbindungen mit glatten Dichtleisten, schon wegen ihrer Montagefreundlichkeit keinen Abbruch leisten.

Leider haben diese sehr guten Dichtungstypen, auf Grund mangelnder Konstruktionsvorgaben in den Normen, je nach Hersteller stark unterschiedliche Kennwerte. Es ist darauf zu achten, dass diese Dichtungen einen hohen P_{QR} -Wert nach EN 13555 nachweisen. Der Wert sollte bei $0,9 < P_{QR} \leq 1,0$ liegen.

Bitte beachten Sie, dass dies nur ein Aspekt für die Auswahl von Dichtungen ist. Mehr Informationen finden sie unter www.thomsen-bremen.de im Bereich zu Dichtungen.

Zusammenfassung:

Die besonderen, hochwertigen Dichtungen wie Wellring-, Spiral- und Kammprofildichtungen erfüllen die Anforderungen des Umweltschutzes (z.B. Wasserhaushaltsgesetz WHG), der Betriebssicherheitsverordnung und die Wünsche der Anlagenbetreiber nach Betriebssicherheit, Standardisierung und Kosteneffizienz. Für die Dichtungsdicke müssen die Anforderungen der Anlagenbetreiber besser berücksichtigt werden.

Tipp:

Bei Verwendung von Wellringdichtungen nicht die Maße der EN 1514-4, bzw. EN 12560-4 anwenden, denn die Außendurchmesser (Zentrierung) sind so gewählt, dass die Dichtungen um 1,5 mm in die Schraubenlöcher hineinragen, was schon zu Montageproblemen geführt hat. Es ist besser die Abmessungen nach EN 1514-1, bzw. EN 12560-1 zu verwenden.

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 Dichtverbindungen sind sehr komplexe Systeme, Informationen über ihre Funktion, Anforderungen, Bauteile (Flansche, Schrauben/Muttern, Dichtungen) und Montage schule ich 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 24.12.2021