

ISSN: 1863-4699 Energietechnik → Energiewende? S. 8

Dichten → Erfolgreiches Dosieren basiert auf einem vertieften Verständnis S. 12

Kleben → Kleben alleine reicht nicht S. 30

DICHT!

www.isgatec.com

Dichten. Kleben. Polymer. verstehen

4.2021

Polymer

Wichtige Reaktionszeit

gewinnen S. 38



Weniger Schutz für die Umwelt?

Vergleich der Dichtheitsanforderungen aus BImSchG, alter und neuer TA Luft

CHEMIE, MASCHINEN- UND ANLAGENBAU DICHTUNGSTECHNIK ALLGEMEIN – Verwaltungsvorschriften wie die TA Luft regeln den Einsatz von Gesetzen in der Praxis. Unterschiedliche Interessen prallen dabei aufeinander und so ist es kein Wunder, dass auch um die neue TA Luft lange gerungen wurde. Neben verschiedenen dichtungstechnisch gesehen positiven Effekten ist sie trotzdem kein Fortschritt für den Umweltschutz.

Die Anforderungen an industrielle Emissionen sind in der EU-Richtlinie 2010/75/EU (IE-RL) vom 24.11.2010 [1] festgelegt. Die Richtlinie regelt, nach Kapitel I, Artikel 1 die Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzung. Gemäß Anhang II, Artikel 11, sind die besten verfügbaren Techniken anzuwenden und es dürfen keine unnötigen Umweltverschmutzungen verursacht werden. Die Umsetzung erfolgt durch nationale Gesetze. Für die BRD ist es das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) vom 15.03.1974, gültige Version vom 03.12.2020 [2]. Es verlangt nach Teil I, „§ 1 Zweck des Gesetzes:

(1) Zweck dieses Gesetzes ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen.

(2) Soweit es sich um genehmigungsbedürftige Anlagen handelt, dient dieses Gesetz auch

- der integrierten Vermeidung und Verminderung schädlicher Umwelteinwirkungen durch Emissionen in Luft, Wasser und Boden unter Einbeziehung der Abfallwirtschaft, um ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen, sowie
- dem Schutz und der Vorsorge gegen Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen, die auf andere Weise herbeigeführt werden.“

Es gilt also ein Vermeidungs- bzw. Minimierungsgebot! Die EU-Richtlinie und das BImSchG verlangen, die Möglichkeiten von Verbesserungen durch Anwendung der Zukunftstechnik umzusetzen.

Gemäß EU-Richtlinie 2009/125/EG vom 21.10.2009 [1] zum Ökodesign muss jeder Hersteller seine Produkte regelmäßig auf mögli-

che Verbesserungen überprüfen und diese auch umsetzen. Für die Zulassung von Dichtungen waren bislang die Anforderung des BImSchG, der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) vom 24.07.2002 [3] und der Bauteilversuch zur Messung der Dichtheit nach VDI 2440:2000-11 [4] gültig. Um den verschiedenen Dichtverbindungen gerecht werden zu können, hat man Mindestanforderungen an die Dichtheit festgelegt. Mit der neuen TA Luft vom 23.06.2021 [5] wurden die Anforderungen an die z.T. seit Jahren geübte Praxis angepasst. Offen bleibt derzeit allerdings die Frage, ob damit tatsächlich dem Vermeidungs- oder wenigstens dem Minimierungsgebot Rechnung getragen wurde.

Risiken und Gefahren durch Verwendung von Dichtungen

Dichtverbindungen verursachen grundsätzlich eine Leckage. Diese ist je nach Werkstoff und Form sehr unterschiedlich. Die Forderung nach Vermeidung bzw. Minimierung schädlicher Emissionen bedingt den Einsatz von Dichtungen mit möglichst niedriger Leckagerate. Immer wieder führen aber versagende Dichtungen zu Anlagenausfällen. Die Druckgeräterichtlinie (DGRL) [1] nennt hier die wesentlichen Sicherheitsanforderungen und diese gelten auch für Dichtungen. Anforderungen und Ausführungen des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG) [2] zur Minimierung oder Vermeidung von Risiken, Unfällen und Gefahren für Mensch und Umwelt werden durch die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) [2] und die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [2] mit den Technischen Regeln (TR) umgesetzt. Alle diese Vorschriften haben einen Einfluss auf die Auswahl der richtigen Dichtung. Dies sind z.B. die Risiken durch:

- Druck und Dampf – Gefährdungen über BetrSichV nach TRBS 2141;
- Explosive Atmosphäre – Beurteilung über BetrSichV nach TRBS 2152-1/TRGS 721;
- Explosion, Brand – Vermeidung über BetrSichV nach TRBS 2152-2/TRGS 722;
- Umgang mit Gasen – Schutzmaßnahmen über GefStoffV nach TRGS 407;
- Vergiftung usw. – Schutzmaßnahmen über GefStoffV nach TRGS 500;
- Brand – Schutzmaßnahmen über GefStoffV nach TRGS 800.

Damit ist eindeutig, dass allein die Tatsache, dass etwas unter Druck steht, bereits ein hohes Gefahrenpotenzial birgt. Zusätzlich führt die Gefährlichkeit eines Mediums zu besonderen Anforderungen. Dichtungen spielen hierbei eine besondere Rolle. Je nach Werkstoff oder Form können sie die Sicherheit eines Dichtsystems maßgeblich beeinflussen. Die Festlegungen zur Auswahl der richtigen Dichtungen sind in der Praxis eher dürftig. In vielen Fällen werden die Hersteller und Anlagenbetreiber mit der richtigen Auswahl allein gelassen. Darüber hinaus werden wichtige Zusammenhänge vom Dichtungswerkstoff zum Dichtsystem nicht wahrgenommen. Bereits 1940 wurde im ersten Buch von Dr.-Ing. habil. H. Wiegand und Ing. B. Haas: „Berechnung und Gestaltung von Schraubenverbindungen“ [6] zu Dichtungen in Dichtverbindungen Folgendes geschrieben: *„Im Betrieb tritt durch Kriechen und Glattrücken von Unebenheiten ein sog. ‚Setzen‘ ein, für das die Hersteller von Rohrleitungen ihre Erfahrungswerte besitzen und das sich in der Größenordnung von 50% der Montagevorspannung bewegt.“*

In der vierten Auflage erschien das Buch unter dem Titel „Schraubenverbindungen“ [7]. Zu Dichtverbindungen findet man jetzt folgende Aussage, die auch in späteren Ausgaben wiederholt wird: *„Zur Vermeidung unzulässig hoher Setz- und/oder Kriechbeträge sollten keinesfalls plastische oder quasielastische Elemente (Dichtungen) mit verspannt werden.“*

Dies ist der erste deutliche Hinweis zu einer wichtigen Eigenschaft von Dichtungen: Sie sollten keine Vorspannkraftverluste in den Schrauben verursachen.

Anforderung nach alter TA Luft

Die TA Luft vom 24.07.2002 [3] ist eine Verwaltungsvorschrift für die Behörden, zur Umsetzung der Anforderungen aus dem BImSchG. Hier gibt es in Abschnitt 5.2.6.3 Flanschverbindungen eine erste Irritation zu den Leckraten: *„Die Einhaltung einer spezifischen Leckagerate von 10^{-5} kPa · l/s · m ist durch eine Bauartprüfung gemäß VDI 2440 (Ausgabe November 2000) nachzuweisen.“*

In der VDI 2440:2000-11 „Emissionsminimierung – Mineralölraffinerien“ [4] wird im Abschnitt 3.3.1.4 Flanschverbindungen für alle Dichtsysteme, die keine Metall- oder Schweißdichtungen sind und die generell als hochwertig gelten, Folgendes verlangt: „Die Einhaltung der spezifischen Leckagerate von 10^{-4} mbar · l/(s · 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. Vor der Leckagemessung wird die Dichtung bei maximaler Betriebstemperatur im montierten Zustand an Luft gelagert (siehe dazu auch VDI 2200 [8]). Andere validierte Prüfverfahren, z.B. Druckabfallmethode nach DIN 28090-2 [9] oder Spülgasmethode, sind zulässig, hierbei ist auf die o.g. Einheit für die Leckagerate umzurechnen.“

Da 1 kPa = 10 mbar ist, handelt es sich um die gleiche Leckagerate. Also gilt:
 10^{-5} kPa · l/(s · m) = 10^{-4} mbar · l/(s · m)

Bis zur Verabschiedung und Inkraftsetzung der neuen TA Luft war diese Version rechtsgültig und damit anzuwenden. Das grundsätzliche Problem, auf das die verantwortlichen Gremien immer wieder hingewiesen wurden, liegt darin, dass die TA Luft eine Obergrenze nennt. Schon diese Anweisung hat keinen Ansatz zur Vermeidung und Minimierung von schädlichen Emissionen.

Anforderungen nach neuer TA Luft

Die neue TA Luft vom 23.06.2021 [5] enthält zum Thema im Abschnitt 5.2.6.3 Flanschverbindungen folgende Änderungen: „Für die Auswahl der Dichtungen und die Auslegung der technisch dichten Flanschverbindungen ist die Dichtheitsklasse $L_{0,01}$ mit der entsprechenden spezifischen Leckagerate $\leq 0,01$ mg/(s · m) für das Prüfmedium Helium anzuwenden.“

Hier gilt für die Leckagerate:

$$0,01 \text{ mg/(s} \cdot \text{m)} = 10^{-2} \text{ mg/(s} \cdot \text{m)}$$

Für Schweißdichtungen soll nach wie vor die grundsätzliche Hochwertigkeit ohne zusätzlichen Nachweis gelten. Für Metalldichtungen (z.B. Ring-Joint- oder Linsendichtungen) ist – soweit entsprechende Kennwerte zur Verfügung stehen – das Verfahren der VDI 2290:2012-06 [10] anzuwenden.

Der Nachweis über die Einhaltung der Dichtheitsklasse für Flanschverbindungen mit Dichtungen im Kraft Hauptschluss ist gemäß den Berechnungsvorschriften der VDI 2290:2012-06 [10] zu erbringen. Für Standardflanschverbindungen wird – die vielfach umstrittene Berechnungsmethode nach DIN EN 1591-1 [11] angewendet. Ist keine Berech-

nungsmethode verfügbar, soll jetzt Folgendes verlangt werden: „Soweit für Metalldichtungen und für sonstige Flanschverbindungen keine Dichtungskennwerte zur Verfügung stehen, ist die Richtlinie VDI 2290 (Ausgabe Juni 2012) bis auf die darin enthaltenen Berechnungsvorschriften, z.B. hinsichtlich Montage und Qualitätssicherung, anzuwenden. Für diese Fälle dürfen spätestens ab den Angaben des Tages und des Monats des Inkrafttretens dieser Verwaltungsvorschrift sowie die Jahreszahl des vierten auf das Inkrafttreten folgenden Jahres nur noch Flanschverbindungen verwendet werden, für die ein Dichtheitsnachweis durch typbasierte Bauteileversuche der Flanschverbindungen oder gleichwertige Verfahren vorliegt. Für Bauteileversuche gilt die Dichtheitsklasse $L_{0,01}$ mit der entsprechenden spezifischen Leckagerate $\leq 0,01$ mg/(s · m) für das Prüfmedium Helium. Die Prüfung ist weitestgehend am Bauteileversuch nach Richtlinie VDI 2200 (Ausgabe Juni 2007) auszurichten.“

Mit Inkrafttreten der neuen TA Luft gibt es also für die Hersteller und Betreiber von Druckgeräten viel zu tun. Eine sinnvolle Umsetzung erscheint in vielen Fällen fraglich bis unmöglich. Grundsätzlich werden aber auch hier die Anforderungen an Vermeidung oder zumindest Minimierung schädlicher Emissionen nicht beachtet.

Leckageraten gemäß der neuen TA Luft

Für die Umrechnung gibt bereits die VDI 2200:2007-06 [8] eine Hilfestellung. Im Abschnitt 8, Anforderungen an Flanschverbindungen aus anderen Normen und Regelwerken, wird im Absatz 8.1, TA Luft, die Umrechnung für das Prüfmedium Helium gezeigt. Für die Leckagerate nach VDI 2200:2007-06

[8] im Sinne der TA Luft, Abschnitt 3.3.1.4, und der VDI 2440:2000-11 für den Prüfdruck von 1 bar mit Prüfmedium Helium gilt:

$$\lambda_{\text{He,1bar}} = 10^{-4} \text{ mbar} \cdot \text{l}/(\text{s} \cdot \text{m}) \\ \approx 0,165 \cdot 10^{-4} \text{ mg}/(\text{s} \cdot \text{m})$$

Zum besseren Verständnis wird das Volumen der Leckage auf ein Jahr umgerechnet. Das ergibt umgerechnet auf ein Jahr bei einem Gewicht von Helium mit $178,5 \text{ g/m}^3$ eine zulässige Leckage von $0,517 \text{ g}/(\text{a} \cdot \text{m})$ bzw. $0,003 \text{ m}^3/(\text{a} \cdot \text{m})$.

Alternativ kann nach VDI 2200:2007-06, Anhang B, Bauteileversuch im Sinne der TA Luft, alternativ mit einem Druck von 40 bar geprüft werden, die Leckagerate wird festgelegt auf:

$$\lambda_{\text{He,40bar}} = 10^{-2} \text{ mbar} \cdot \text{l}/(\text{s} \cdot \text{m}) \\ \approx 16,5 \cdot 10^{-4} \text{ mg}/(\text{s} \cdot \text{m})$$

Das ergibt umgerechnet auf 1 Jahr eine zulässige Leckage von $51,7 \text{ g}/(\text{a} \cdot \text{m})$ bzw. $0,289 \text{ m}^3/(\text{a} \cdot \text{m})$

Da die Prüfdrücke in dem Test unterschiedlich sind, müssen diese umgerechnet werden. Gemäß VDI 2200:2007-6 [8], Absatz 4.5.5, Abhängigkeit der Leckraten von den gegebenen Einflussgrößen, Einfluss des Drucks, gilt: „Wenn der Innendruck im Dichtraum wesentlich größer ist als der Umgebungsdruck, ergeben sich als Grenzen für die Druckabhängigkeit eine lineare molekulare Strömung und eine quadratisch abhängige laminare Strömung. Je nach Dichtungsstruktur variieren die Anteile an molekularer und laminarer Strömung und die reale Leckagerate ordnet sich zwischen den genannten Grenzen ein. Unter dieser Voraussetzung lässt sich in konservativer Weise die für einen bestimmten Druck ermittelte Leckrate auf andere Drücke umrechnen.“

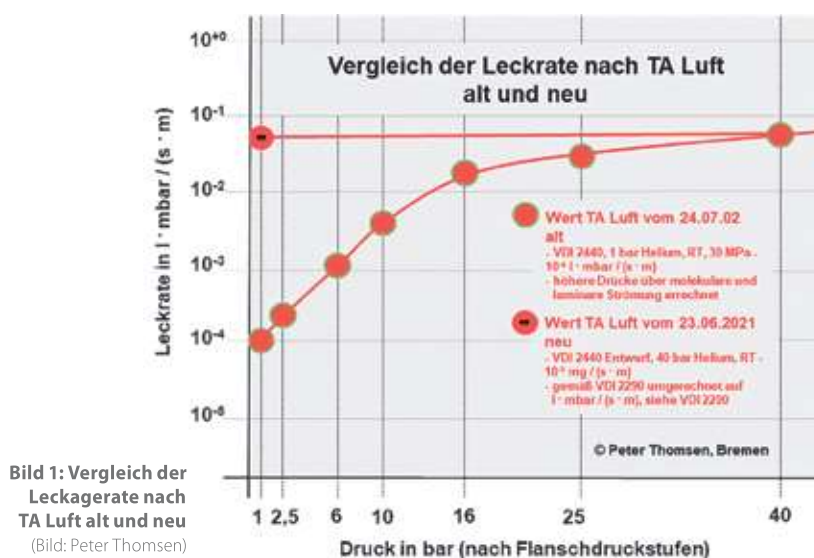


Bild 1: Vergleich der Leckagerate nach TA Luft alt und neu (Bild: Peter Thomsen)

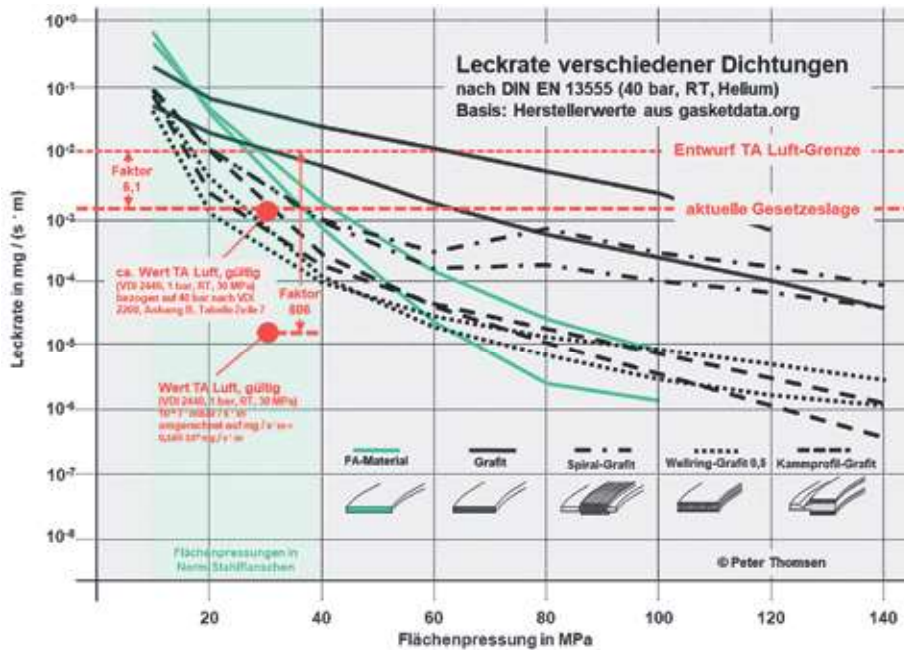


Bild 2: Leckgeraten verschiedener Dichtungen nach [12] (Bild: Peter Thomsen)

Für niedrige Druckdifferenzen unter Ansatz der linearen Druckabhängigkeit gilt für die molekulare Strömung

$$\lambda_{(p)} = (p/p_0) \cdot \lambda_{(p_0)}$$

Für höhere Druckdifferenzen gilt unter Ansatz einer quadratischen Druckabhängigkeit bei laminarer Strömung:

$$\lambda_{(p)} = (p/p_0)^2 \cdot \lambda_{(p_0)}$$

Die Anteile für die molekulare und die laminare Strömung werden konservativ, mangels eindeutiger Quellen, mit je 50% festgelegt. Daraus ergibt sich für die molekulare Strömung ein Volumen von

$$\lambda_{al(PN40\ 50\%)} = 40/1 \cdot 0,517 \cdot 0,5 = 10,34 \text{ g/(a} \cdot \text{m)}$$

und für die laminare Strömung

$$\lambda_{aq(PN40\ 50\%)} = (40/1)^2 \cdot 0,517 \cdot 0,5 = 413,6 \text{ g/(a} \cdot \text{m)}$$

Das ergibt ein Gesamtvolumen für die Leckage von

$$\lambda_{al(PN40\ 50\%)} + \lambda_{aq(PN40\ 50\%)} = 10,34 \text{ g/(a} \cdot \text{m)}$$

$$+ 413,6 \text{ g/(a} \cdot \text{m)} = 423,94 \text{ g/(a} \cdot \text{m)}$$

$$\text{bzw. } 2,375 \text{ m}^3\text{(a} \cdot \text{m)}$$

Das entspricht einer Leckage von 0,0134 mg/(s · m). Diese liegt damit 34% über der Forderung der TA Luft vom 23.06.2021 [5] mit maximal 0,01 mg/(s · m).

Das Volumen für die zulässige Leckage liegt für einen Test mit 40 bar Helium nach TA Luft bei 51,7 g/(a · m) und das vergleichbare Volumen nach TA Luft vom 26.06.2021 [5]

$$\lambda_{He,40\text{bar}} = 0,01 \text{ mg/(s} \cdot \text{m)} = 315,36 \text{ g/(a} \cdot \text{m)}$$

$$\text{bzw. } 1,766 \text{ m}^3\text{(a} \cdot \text{m)}$$

und ist damit um den Faktor 6,1 höher als

beim Test nach TA Luft mit 40 bar, gemäß VDI 2200:2007-06 [8].

Daraus ergibt sich, um das gleiche Dichtheitsniveau zu erreichen oder etwas besser zu sein, eigentlich die Anforderung für eine verbesserte Vorgabe von 0,001 mg/(s · m) = 10⁻³ mg/(s · m)

bei sehr geringer Minimierung der bisher zulässigen Emissionen. Diese Zahl wurde in der beginnenden Diskussion um die Überarbeitung genannt und später, spätestens ab 2016 im Entwurf vom 09.09.2016, verändert.

Vergleich der Jahresleckage von TA Luft vom 24.07.2002 zu 23.06.2021

Zum besseren Verständnis sind die Leckagen auf eine Jahresmenge und Kosten in € umgerechnet. Ein Vergleich mit den zulässigen Emissionen nach TA Luft im Test mit 1 bar Helium ergibt eine Leckage von 0,517 g/(a · m), gegenüber der TA Luft vom 23.06.2021 [5] mit 315,63 g/(a · m). Das ergibt eine Erhöhung um einen Faktor von

$$315,63 \text{ g/(a} \cdot \text{m)} : 0,517 \text{ g/(a} \cdot \text{m)} = 610$$

Das Verhältnis der jährlich zulässigen Emissionen für die Druckstufen der Flansche bis PN40 ist in diesem Zusammenhang interessant. Nach der TA Luft vom 23.06.2021 wäre die ca. 610-fache Emission der TA Luft vom

 Dichtdigital: Tabelle zu den abweichenden Anforderungen der TA Luft vom 23.06.2021 und der TA Luft vom 24.07.2002

24.07.2002 für den Prüfdruck bei 1 bar zulässig – für 2,5 bar das 139-fache, für 6 bar das 29-fache, für 10 bar das 11-fache, für 16 bar das 4-fache, für 25 bar das Doppelte und für 40 bar sind die Werte nach Entwurf niedriger. Bild 1 verdeutlicht die Differenzen.

Fazit

Die Anforderungen der TA Luft vom 23.06.2021 [5] und der vom 24.07.2002 [3] weichen deutlich voneinander ab. Für Flanschverbindungen der Druckstufen ≤ PN25 ergibt sich nach der TA Luft vom 23.06.2021 [5] eine z.T. deutlich höhere zulässige Leckage. Diese ist umso höher, je niedriger der Druck ist. Erst ab PN40 ergibt sich eine Minimierung bisher zulässiger Emissionen. Im Sinne der Anforderungen zur Vermeidung oder Minimierung schädlicher Emissionen aus der EU-Richtlinie 2010/75/EU (IE-RL) vom 24.11.2010 [1] und dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) vom 15.03.1974 [2] gültige Version vom 09.12.2020, ist die Umsetzung der neuen TA Luft demnach nicht zulässig.

Aber auch praktisch stehen alle Beteiligten vor großen Herausforderungen: Die Umsetzungen in der neuen TA Luft geforderten Bauteilversuche, dürfte nicht realisierbar sein.

Ein rechnerischer Nachweis der Flanschverbindung nach DIN EN 1591-1 [11] auf Dichtigkeit ist nicht zielführend – weder die Berechnung noch die eingesetzten Kennwerte für die Dichtungen erfüllen die aktuell geltenden Anforderungen an den Stand der Technik/Beste verfügbare Technik. Bild 2 zeigt diesbezüglich den Zusammenhang der Kennwerte verschiedener Dichtungen nach DIN EN 13555:2014-07 [13] im Zusammenhang mit den geltenden Anforderungen der TA Luft vom 24.07.2002.

Wie geht man jetzt in der Praxis mit der Verwaltungsvorschrift um? Es empfiehlt sich, z.B. bei der Auswahl der Dichtungen, besonders darauf zu achten, dass die Anteile der laminaren Strömung möglichst klein gehalten werden. Es ist zu empfehlen, dieses verbindlich in Verordnungen, Vorschriften, technischen Regeln und Normen in allgemein verständlicher Form aufzunehmen. Es genügt nicht, wie in der TA Luft vom 23.06.2021 [5] beschrieben, nur auf eine Leckagerate, wie L_{0,01}, bzw. 0,01 mg s⁻¹ m⁻¹ mit Nennung der Rahmenbedingung zu verweisen.

Es genügt auch nicht, dass z.B. die Dichtheitsklasse für PN40 angegeben wird. Auch

die Dichtheitsklassen für den maximal zulässigen Betriebsdruck und die Betriebstemperatur müssen ausgewiesen werden.

Bei der Dichtungsauswahl kann man die für höhere Drücke üblicherweise eingesetzten Metall-Weichstoff-Dichtungen verwenden, die die nach TA Luft geforderte Mindestdichtheit um mehrere Zehnerpotenzen unterschreiten und so Sicherheit zum Schutz der Umwelt schaffen. Der höhere Preis dieser Dichtungen spielt dabei eine untergeordnete Rolle. Die Kosten des pro Jahr diffundierten Heliums können, bei den höheren Drücken, weit über dem Preis der Dichtungen liegen.

Mit der neuen TA Luft ist eine Verwaltungsvorschrift gültig, die als ein Kompromiss, der sie letztendlich ist, den Anforderungen des Umweltschutzes keine Rechnung trägt. Umweltbewusste Anlagenbetreiber haben es aber selbst in der Hand, durch den Einsatz optimaler Dichtungen hier nachzubessern.

Literatur

- [1] www.eur-lex.europa.de für EU-Richtlinien
- [2] www.gesetze-im-internet.de für nationale Gesetze und Verordnungen
- [3] TA Luft vom 24.07.2002
- [4] VDI 2440:2000-11 Emissionsminimierung – Mineralölraffinerien – Anmerkung: Für die VDI 2440:2000-11 liegt mit der VDI 2440:2021-06 eine aktualisierte Ausgabe vor.
- [5] TA Luft vom 23.06.2021
- [6] H. Wiegand und B. Haas: Berechnung und Gestaltung von Schraubenverbindungen, Verlag Julius Springer, Berlin
- [7] H. Wiegand, K.-H. Kloos und W. Thomala: Schraubenverbindungen, Springer Verlag Berlin Heidelberg GmbH
- [8] VDI 2200:2007-06 Dichte Flanschverbindungen – Auswahl, Auslegung, Gestaltung und Montage von verschraubten Flanschverbindungen
- [9] DIN 28090-2:2014-11 Statische Dichtungen für Flanschverbindungen – Dichtungen aus Dichtungsplatten – Teil 2: Spezielle Prüfverfahren zur Qualitätssicherung
- [10] VDI 2290:2012-06 Emissionsminderung – Kennwerte für dichte Flanschverbindungen
- [11] DIN EN 1591-1:2014-04 Flansche und ihre Verbindungen – Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung – Teil 1: Berechnung
- [12] Dichtungsdatenbank www.gasketdata.org – Dichtungskennwerte
- [13] DIN EN 13555:2014-07 Flansche und ihre Verbindungen – Dichtungskennwerte und Prüfverfahren für die Anwendung der Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtungen

Weitere Informationen

Peter Thomsen-Industrie-Vertretung
Vertriebs- und Ingenieurbüro
www.thomsen-bremen.de



Von Peter Thomsen, Inhaber