

Montageanleitung

Dokumentation der Vorgehensweise zur Erreichung von Flanschsystemdichtheit nach TA Luft für Stahl – Email - Systeme

Herausgeber dieser Montageanleitung: VCI

Gesamtumfang des Berichts: 12 Seiten

Herausgeber dieser Montageanleitung: VCI

Vorbemerkung:

Der nachstehende Text beschreibt eine Vorgehensweise zum Nachweis der Erfüllung der Vorgaben nach TA Luft bei der Montage von Stahl - Email - Flanschsystemen an Rohrleitungen.

Der Schwerpunkt der Montageanleitung liegt auf der TA Luft konformen Montage der Flanschverbindungen zwischen Rohrleitungselementen bzw. Rohrleitungselementen und Armaturen. Für Verbindungen Rohrleitungen an Apparate und Rohrleitungen aus anderen Werkstoffkombinationen sind die angegebenen Anziehungsmomente im Einzelfall zu überprüfen, sie können unter Umständen zu hoch sein. Ein Dichtheitsnachweis nach TA Luft ist für diese Verbindungskombination wie auch für andere Betriebsparameter ggf. neu zu erbringen.

Bei Verwendung der in dieser Montageanleitung aufgeführten Flanschausführungen, Losflanschsystemen, Schrauben und Dichtungen wurde der Dichtheitsnachweis nach TA Luft erbracht und die Prüfberichte sind beim jeweiligen Hersteller anzufordern oder neu zu erstellen. Für alle Dichtungen, die in normenkonformen Stahl – Email – Flanschverbindungen verbaut sind und für die ein Prüfbericht mit Erfüllung der TA Luft Dichtheitsanforderungen vorliegt, kann diese Montageanleitung angewendet werden.

Zur bestimmungsgemäßen Montage der gesamten Rohrleitung sind ggf. die speziellen Montageanleitungen der aufgeführten Hersteller zu Rate zu ziehen.

Der VCI Montageleitfaden für metallische Flanschverbindungen in verfahrenstechnischen Anlagen ist für die Prüfung und Qualitätssicherung zusätzlich zu dieser Montageanleitung für Stahl – Email – Flanschverbindungen anzuwenden.

Inhalt

1	Geltungsbereich	3
2	Beschreibung des Flanshsystems	3
3	Geltende Normen und Standards	4
3.1	Flanschbund und Losflansch	4
3.2	Spannelemente	4
3.3	Dichtungen	5
3.4	Mischbarkeit von Flanschsystemelementen unterschiedlicher Stahl-Email Hersteller	5
4	Einsatzgrenzen für den Betrieb	5
5	Festigkeitsnachweis	6
5.1	Vorgehensweise	6
5.2	Berechnungsergebnisse und Drehmomentvorgaben	6
6	Dichtheitsnachweis durch Bauteilversuch	7
7	Montage- und Prüfvorgaben	7
7.1	Vorgaben zur Montagevorbereitung	8
7.2	Montagedurchführung	8
7.3	Spezielle Vorgaben und Inbetriebnahme	10
7.4	Anforderungen an die Personalqualifikation	11
8	Unterstützende Systemhersteller	11

Anhang:

Anhang A: Vorgaben zum Prüfablauf bei der Bauteilprüfung für Stahl-Email-Flanschverbindungen

1 Geltungsbereich

Unter den Geltungsbereich des vorliegenden Dokuments fallen alle Flanschverbindungen an emaillierten Rohrleitungen, die mit Bauteilen erstellt sind, wie sie in den Regelwerken / Normen / Standards nach Abschnitt 3 aufgeführt sind. Abweichungen von den Regelwerken widersprechen dem Geltungsbereich.

Weiterhin sind alle Betriebsbedingungen, welche weder die minimale / maximal zulässige Betriebstemperatur (TS) noch den maximal zulässigen Betriebsdruck (PS) überschreiten, durch diese Dokumentation abgedeckt.

Die Montageanleitung wurde von VCI - Mitgliedsfirmen mit den Firmen Estrella AG und Düker Email Technologie GmbH zusammen erarbeitet.

2 Beschreibung des Flanschsystems

Eine Stahl-Email-Flanschverbindung, vgl. Bild 1, besteht in Regel aus den Komponenten Flansche, Schrauben, Muttern, Dichtung und Unterlegscheiben.

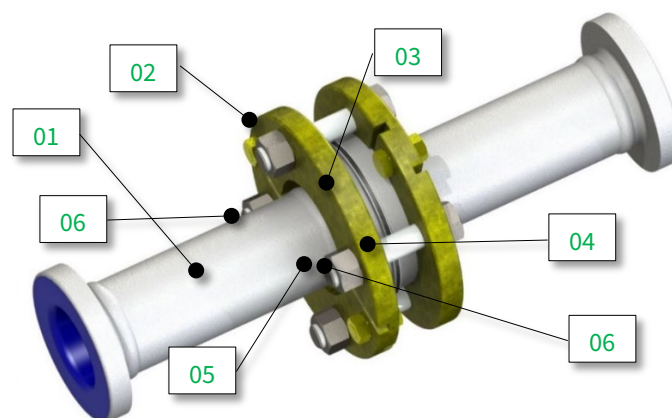


Bild 1: Stahl-Email-Flanschverbindung in ISO-Ansicht (Bildquelle: Düker)

Legende zu Bild 1:

Pos. 01: Rohrleitung mit Bund

Pos. 02: Losflansch (in unterschiedlicher Ausführung)

Pos. 03: Dichtung

Pos. 04: Schraube

Pos. 05: Mutter

Pos. 06: Unterlegscheibe beidseitig (nicht dargestellt)

Erdungssysteme sind nicht dargestellt, Mögliche Lösungen siehe Kapitel 7

3 Geltende Normen und Standards

3.1 Flanschbund und Losflansch

- ◆ DIN 2873:2002-06
Flansch-Rohre aus Stahl und Flansch-Formstücke aus Stahl mit Emaillierung - PN 10 und PN 25
- ◆ DIN EN ISO 28721-4:2016-03
Emails und Emaillierungen - Emaillierte Apparate für verfahrenstechnische Anlagen - Teil 4: Qualitätsanforderungen an Flansch-Rohre und Flansch-Formstücke aus Stahl mit Emaillierung (ISO 28721-4:2015); Deutsche Fassung EN ISO 28721-4:2015
- ◆ DIN 28150:2018-09
Losflansche, geteilt, für emaillierte Vorschweißbunde - Nenndruck PN 10

3.2 Spannelemente

- ◆ DIN EN ISO 4014:2022-10
Sechskantschrauben mit Schaft - Produktklassen A und B (ISO 4014:2022); Deutsche Fassung EN ISO 4014:2022
- ◆ DIN EN ISO 4016:2022-10
Sechskantschrauben mit Schaft - Produktklasse C (ISO 4016:2022); Deutsche Fassung EN ISO 4016:2022
- ◆ DIN EN ISO 4017:2022-10
Mechanische Verbindungselemente; Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf; Produktklassen A und B (ISO 4017:2022); Deutsche Fassung EN ISO 4017:2022
- ◆ DIN EN ISO 4032:2013-04
Sechskantmuttern (Typ 1) - Produktklassen A und B (ISO 4032:2012); Deutsche Fassung EN ISO 4032:2012
- ◆ DIN EN ISO 4034:2013-04
Sechskantmuttern (Typ 1) - Produktklasse C (ISO 4034:2012); Deutsche Fassung EN ISO 4034:2012

Besondere Bedingungen bei Anwendung der Normen:

Die Festigkeit bzw. Streckgrenze oder 0,2 %-Dehngrenze der Schrauben muss mindestens 300 N/mm² betragen, entsprechend der Qualität 5.6 oder höherwertig.

Die Festigkeit der Muttern muss mindestens denen der Schrauben entsprechen.

Unterlegscheiben müssen mindestens eine Härte von 200HV aufweisen.

3.3 Dichtungen

Es sind ausschließlich Dichtungen zugelassen, die produktseitig aus PTFE bestehen und für die die Einhaltung der Dichtheitsklasse $L_{0,01}$ in einem Bauteilversuch nach TA Luft mit Erfolg durchgeführt wurde. Für die vom Betreiber vorgesehenen Dichtungen ist der Prüfbericht für den typbasierten Bauteilversuch der jeweiligen Baureihe mit der Dichtung bei den jeweiligen Herstellern anzufordern. Sollte kein Prüfbericht für die vorgesehene Dichtung vorliegen, hat der Betreiber eine Bauteilprüfung zu veranlassen.

Alle Dichtungen sind üblicherweise bis 200 °C einsetzbar, abweichende zulässige Betriebstemperaturen sind besonders zu kennzeichnen. Faserdichtungen dürfen nach längerer Betriebsdauer bei höheren Temperaturen nicht nachgezogen werden. (Gefahr der Versprödung und Bruch der Dichtung). Die Dichtungsabmessungen sind nach DIN EN 1514-1 zu wählen.

3.4 Mischbarkeit von Flanschsystemelementen unterschiedlicher Stahl-Email Hersteller

Flanschsystemelemente unterschiedlicher Hersteller sind nach Prüfung durch den Betreiber mischbar. Der Dichtheitsnachweis für Flanschsysteme mit Normlosflansch nach DIN EN 28150 und den jeweiligen Sicherheitslosflanschen der genannten Firmen im Geltungsbereich wurde erbracht. Die Drehmomentvorgaben (Tabelle 1) sind sowohl für Losflansche nach DIN 28150, die speziellen Losflanschsysteme der Firmen im Geltungsbereich, wie auch für gemischte Flanschverbindungen unterschiedlicher Hersteller anwendbar.

4 Einsatzgrenzen für den Betrieb

Die Dichtheitsnachweise wurden unter folgenden Versuchsbedingungen durchgeführt und entsprechen damit den betrieblichen Einsatzgrenzen:

PN 10: zulässiger Betriebsdruck	PS: -1 / 10 bar
zulässige Betriebstemperatur	TS: -10 / 200 °C
PN 25: zulässiger Betriebsdruck	PS: -1 / 25 bar
zulässige Betriebstemperatur	TS: -10 / 200 °C

Medien: Die Eignung des verwendeten Emails und des Dichtungswerkstoffes für die eingesetzten Medien hat der Betreiber nachzuweisen.

5 Festigkeitsnachweis

5.1 Vorgehensweise

Der Festigkeitsnachweis für das Druckgerät (Rohrleitung bzw. Apparat) wurde vom Hersteller nach dem Stand der Technik durchgeführt und deckt die Einsatzgrenzen nach Abschnitt 4 ab. Der Hersteller hat die Richtigkeit des Festigkeitsnachweises mit einer Konformitätserklärung bzw. einer Herstellererklärung und ggf. einer Betriebsanleitung bestätigt, die dem Verfasser der Montageanleitung vorliegt. Eine entsprechende Dokumentation des Festigkeitsnachweises liegt vor. Soweit erforderlich liegt auch eine Konformitätsbescheinigung einer notifizierten Stelle vor.

5.2 Berechnungsergebnisse und Drehmomentvorgaben

Auf Basis der im Festigkeitsnachweis ermittelten Schraubenkräfte wurden für alle zugelassenen Nennweiten die maximal möglichen Anzugsmomente ermittelt. Die kleinste erreichbare Flächenpressung über alle geprüften Nennweiten wurde für den Dichtheitsnachweis (siehe Anhang: Randbedingungen zum Bauteilversuch) herangezogen.

Die nachstehende **Drehmomenttabelle** (Tab.1) gilt für Rohrleitungsverbindungen bei der Montage.

Bei Übergängen von Rohrleitungsflanschen auf Apparatflansche sind die Drehmomente mit dem Apparatelhersteller abzustimmen. Die ggf. reduzierten Drehmomentvorgaben, sind dadurch begründet, dass die radiale Wölbung bei Apparatflanschen fertigungsbedingt größer als bei Rohrleitungsflanschen ist. Hierdurch ergeben sich partiell deutlich höhere Dichtungsflächenpressungen, was ein „Durchdrücken“ einer PTFE-Dichtung zur Folge haben kann, was in jedem Fall zu vermeiden ist.

Sofern sichergestellt ist, dass bei Anwendung der Drehmomenttabelle ein „Durchdrücken“ nicht erfolgt, ist diese auch bei Übergängen von Rohrleitungs- auf Apparatflansche anzuwenden.

Die in den obigen Tabellen angegebenen Flächenpressungen bei Montage sind auf eine Geometrie bezogen, die durch den Innendurchmesser einer Dichtung nach EN 1514-1 und den Außendurchmesser des Flanschbundes nach DIN 2873 (Tabelle 13) gegeben sind. Die wirklich auftretende, maximale Dichtflächenpressung wird regelmäßig über diesen Werten liegen, bedingt durch die fertigungsbedingte Wölbung der Flanschdichtflächen beim Emailieren.

Die obigen Tabellen sind abdeckend, sofern beim Festigkeitsnachweis nach Tabelle 1 ein Reibbeiwert $\mu = 0,13$ verwendet wurde. Es ist sicherzustellen, dass bei der Montage ein Schmiermittel eingesetzt wird, womit die obigen Reibbeiwerte erreicht werden. Beidseitig sind Unterlegscheiben zu verwenden. Die Montagevorgaben nach Abschnitt 7 sind einzuhalten. Als Anziehverfahren ist die Anwendung eines Drehmomentschlüssels erforderlich.

Nennweite	Schrauben- größe	Montageanziehdreh- moment in [Nm]	Prüfdrehmoment [Nm]
DN 25	M 12	35	25
DN 32	M 16	50	35
DN 40	M 16	75	55
DN 50	M 16	75	55
DN 65	4 x M 16	90	65
DN 65	8 x M 16	55	40
DN 80	M 16	75	55
DN 100	M 16	75	55
DN 125	M 16	85	60
DN 150	M 20	125	90
DN 200	M 20	145	100
DN 250	M 20	145	100
DN 300	M 20	145	100
DN 350	M 20	180	130
DN 400	M 24	300	210

Tab. 1: Drehmomentangaben für Rohrleitungsflanschverbindungen

Sofern bei Übergängen von Stahl - Email - Flanschen auf andere Flanschmaterialien, beispielsweise Stahlflansche, Kunststoffflansche usw., geringere Drehmomentanforderungen vorliegen, sind die dort geforderten Drehmomente anzuwenden.

6 Dichtheitsnachweis durch Bauteilversuch

Der Dichtheitsnachweis für die Flanschverbindung von L_{0,01} wurde vom Betreiber oder Herstellern oder einem beauftragten Prüfinstitut nach dem Stand der Technik durchgeführt und deckt die Einsatzgrenzen nach Abschnitt 4 ab. Firmen, die die Montageanleitung für sich in Kraft setzten, haben sich von der Richtigkeit der Dichtheitsnachweise überzeugt und die entsprechenden Prüfberichte liegen vor.

7 Montage- und Prüfvorgaben

Zur Qualitätssicherung, Prüfung und Dokumentation sind die in der VCI Montagerichtlinie beschriebenen Vorgehensweisen zur Klassifizierung von Rohrleitungen, Einordnung in Montageklassen und Dokumentationsvorgaben anzuwenden. Anstelle der im VCI Montageleitfaden genannten Prüfdrehmomente sind für Stahl - Email - Flanschverbindungen sind die in Tabelle 1 aufgeführten **Prüfdrehmomente** zu verwenden.

Die Prüfdrehmomente berücksichtigen das Setzverhalten der Dichtungen nach der Montage ausgewiesen durch den PQR – Wert der Dichtung bei Raumtemperatur. Um ein einheitliches Prüfdrehmoment bei Raumtemperatur nach Setzen der Dichtung für die Qualitätssicherung zu erhalten, wurde unter Berücksichtigung eines mittleren PQR - Wertes bei Raumtemperatur der in Tabelle 1 aufgeführten Dichtungen und der Streuungen des angewendeten Montageanziehverfahrens das Prüfdrehmoment mit 70 % des Montageanziehdrehmomentes festgelegt. Die Vorgehensweise ist praxiserprobt, eine spezifische individuelle Berücksichtigung des PQR – Werte jeder einzelnen Dichtung würde zu einer unnötigen großen Anzahl von Prüfdrehmomenten führen.

Zur Montage des Gesamtrohrleitungssystems ist die Montage-/Betriebsanleitung des jeweiligen Herstellers der Stahl-Email Komponenten der Gesamtrohrleitung zu berücksichtigen.

Zusammenfassend wird auf folgende Schwerpunkte hingewiesen.

7.1 Vorgaben zur Montagevorbereitung

Stahl-Email-Bauteile müssen sicher und sauber verpackt angeliefert werden. Der Zustand der Verpackung ist zu kontrollieren. Erst nach Feststellung der einwandfreien Verpackung ist das Material auszupacken.

Nach Entfernung der Gummikappen/Schutzdeckel sind die Teile visuell auf Emailschäden zu prüfen. Schadhafte oder fragwürdige Teile dürfen keinesfalls verwendet werden. Die Gummikappen/Schutzdeckel sind nach der Prüfung wieder anzubringen und die Bauteile schlagfrei zur Montagestelle zu transportieren.

Vor der Montage der Bauteile prüft der Monteur jedes Teil nochmals visuell auf Emailschäden. Schadhafte und fragwürdige Teile werden keinesfalls montiert. Entsprechende Stellen sind über die schadhafte Teile zu unterrichten.

7.2 Montagedurchführung

Neben dieser Montageanleitung ist der VCI Montageleitfaden speziell mit den grundlegenden zur Montagedurchführung, der Behandlung von Dichtungen sinngemäß anzuwenden.

1. Ein erstes Rohrteil eines Rohrleitungsabschnitts ist beweglich, d.h. verschieb- und verdrehbar, in der günstigsten Anschlussposition aufzuhängen oder zu unterbauen.
2. Ein zweites Rohrteil ist so anbauen, dass nach Einlage der Dichtung die Dichtflächen der beiden Bunde planparallel zueinanderstehen. Mittels Rotieren der Rohrteile gegeneinander kann diese Position erreicht werden.

3. Flanschverbindung erst von Hand leicht anziehen, anschließend mit Drehmomentschlüssel mehrmals über Kreuz mit zunehmendem Drehmoment (30/60/100%) anziehen, gefolgt von einem umlaufenden Nachziehen, bis kein Setzen mehr feststellbar ist. Beim ggf. notwendigen Nachziehen ist ebenso zu verfahren.
4. Während der Montage sind die Leitungen zu unterstützen/aufhängen.
5. Ergeben die vorgeschriebenen Baulängen keinen spannungsfreien Zusammenschluss des Rohrleitungsabschnittes, sind Distanzstücke zur Überbrückung der fehlenden Längen zu verwenden.
6. Erst nachdem die Leitung sauber und spannungsfrei montiert ist, sind die Halterungen an den vorhandenen Leitungsverlauf anzupassen.
7. Emaillierte Rohrleitungen sind spannungsfrei zu verlegen, jedes Beiziehen der Leitung ist verboten.

Die hier weiter aufgeführten Punkte geben eine grundsätzliche Übersicht zum Montagevorgang wieder, detaillierte Vorgaben sind den ausführlichen Montageanleitungen der jeweiligen Hersteller zu entnehmen und ersetzen diese nicht.

Wichtige Hinweise zur sicheren Montage und zum sicheren Betrieb

- Verbindungsschrauben der Losflansche sind vor der Montage festzuziehen.
- Losflansche sind sorgfältig über den Bund zu zentrieren.
- Die Dichtung ist kraftfrei und sorgfältig zwischen den Dichtflächen zu zentrieren.
- Zur Minimierung der Reibkräfte sind die Gleitflächen der Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben vor dem Anziehen mit geeigneten Schmierstoffen zu behandeln.
- Unterlegscheiben sind bei der Mutter einzulegen.
- Kompensatoren sind bei der Montage mittels ihren Distanzbolzen auf das vorgegebene Einbaumaß zu fixieren.
- Jeder Rohrleitungsabschnitt verfügt über einen Festpunkt, um eine definierte Ausdehnung zu gewährleisten.

- ◆ Apparate- oder Pumpenstutzen gelten als Festpunkte, es sei denn, sie üben durch eigene thermische Ausdehnung eine Querkraft aus, in welchem Fall das erste Leitungsteil passend abgestützt werden muss.
- ◆ Jede Armatur oder Armaturengruppe ist unabhängig von der Rohrleitung zu halten.
- ◆ Jeder Kompensator ist einseitig mit Festpunkt, gegenseitig mit Gleitpunkt zu führen.
- ◆ Festpunkte sind so zu gestalten, dass dadurch keine zusätzlichen Spannungen in der Rohrleitung erzeugt werden.
- ◆ Gleitpunkte sind frei beweglich zu gestalten.
- ◆ Halterungen sind so zu gestalten, dass durch Maßungenauigkeiten keine zusätzlichen Spannungen in der Rohrleitung erzeugt werden.
- ◆ Zwischen Rohr und Rohrschelle sind Weichstoffeinlagen vorzusehen, damit keine zusätzlichen Spannungen in der Rohrleitung auftreten.
- ◆ An emaillierten Rohren soll niemals geschweißt werden. Alle Halterungen, Halterungsteile und -hilfsmittel sind mittels Schraubverbindungen zu gestalten. Für ausreichenden Ableitwiderstand zur Erdung ist durch Anbringen von Erdungsbrücken zu gewährleisten.
- ◆ Die Anforderung an das Nachziehen der Schrauben ergibt sich aus der betrieblichen Temperaturbelastung, bei Betrieb bei Raumtemperatur kann Warmprüfung entfallen.

7.3 Spezielle Vorgaben und Inbetriebnahme

1. Kontrolle vor Inbetriebnahme des Rohrleitungssystems durch visuelle Überprüfung:

- a. Sind alle Rohrteile sauber ausgerichtet?
- b. Sind alle Flanschverbindungen angezogen? (Anzugsmomente aus Abschnitt 5.2)
- c. Sind die Halterungen korrekt montiert, vollständig, und ist ihre Bewegungsfreiheit sichergestellt?
- d. Sind die vorgesehenen Rohrspannweiten eingehalten?
- e. Sind die Armaturen sicher gehalten?
- f. Sind die Kompensatoren korrekt gehalten und vorgespannt, damit ihre vorgesehene Bewegung sichergestellt ist?
- g. Werden keine zusätzlichen Kräfte und/oder Momente auf die Leitung ausgeübt?
- h. Ist die Leitung nirgendwo verklemmt?

Jeder Rohrleitungsabschnitt wird im Abnahmeprotokoll einzeln aufgeführt.

2. Kontrolle der Montagequalität der Flanschverbindung

Die Vorgehensweise nach VCI-Montageleitfaden ist umzusetzen. Prüfdrehmomente sind nach Tabelle 2 zu verwenden. Der Prüfumfang ist ggf. anzupassen.

3. Warm/kalt Prüfung vor Inbetriebnahme:

- a. Jedes Rohrsystem ist flüssigkeitsgefüllt, jedoch ohne Prozesschemikalien, auf 95 °C bzw. bis zur Betriebstemperatur zu erwärmen. Es ist zu überprüfen, ob das System sauber in den Halterungen arbeitet, ob keine Kompensatoren ausknicken und ob es undichte Flanschverbindungen gibt.
- b. Behinderungen der freien Bewegung des Rohrsystems werden im heißen Zustand beseitigt.
- c. Undichte Stellen bei Flanschverbindungen sind zu markieren und zu dokumentieren. Das Rohrsystem wird zuerst auf Raumtemperatur abgekühlt, die markierten Flanschverbindungen werden visuell überprüft und mit den vorgegebenen Anzugsmomenten in kaltem Zustand nachgezogen.
- d. Im letzten Schritt werden die eingebauten Filter gereinigt. Falls sie dauerhaft eingebaut sind, sind die Filterkörbe wieder zu installieren.

Ein ggf. erforderliches Nachziehen darf nur im kalten Zustand erfolgen.

7.4 Anforderungen an die Personalqualifikation

Der Betreiber hat sicherzustellen, dass dem Montagepersonal für die Montage der Flanschverbindungen Montageanweisungen auf Basis der vorliegenden Dokumentation und Vorgaben zur Qualitätskontrolle nach der Richtlinie VDI 2290 (Ausgabe Juni 2012) zugänglich sind und das Montagepersonal eine Qualifikation gemäß DIN EN 1591-4 (Ausgabe Dezember 2013) oder nach der Richtlinie VDI 2290 (Ausgabe Juni 2012) aufweist.

8 Unterstützende Systemhersteller

Die vorliegende Montageanleitung **insbesondere bezüglich der ermittelten Drehmomente** wird von den im Geltungsbereich aufgeführten an der Erstellung mitgearbeiteten Herstellern von Flanschsystemen akzeptiert. Eine entsprechende Erklärung liegt dem Ersteller der Montageanleitung vor. Revisionen der Montageanleitung, soweit sie Belange der gelisteten Hersteller betreffen, sind nur mit Zustimmung der entsprechenden Hersteller möglich.

Anhang A: Vorgaben zum Prüfablauf bei der Bauteilprüfung für Stahl-E-Mail-Flanschverbindungen

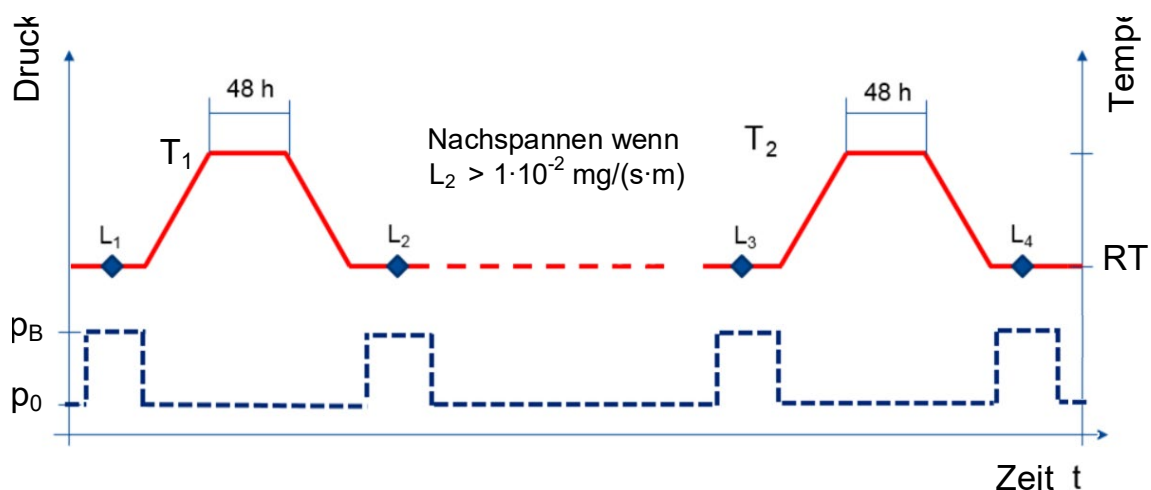
Beispiel Prüfflanschverbindung:

Montage einer Flanschverbindung mit

- Flanschen: DN 40 / PN 10 oder DN 40 / PN 25 - mit einer
- Dichtung: ID 49 mm, AD 88 mm;
- Spannelement mit einer Dichtkraft von 84 kN
 - entspricht 21 kN pro Schraube und etwa 20 MPa Flächenpressung mit $\mu = 0,13$,

Prüfablauf:

Verlauf von Prüftemperatur und Prüfdruck



- T_1 Temperatur der ersten Warmlagerung - **48 h bei 95 °C**
- T_2 Temperatur der zweiten Warmlagerung - **48 h bei 200 °C (150 °C Aramid Dichtungen)**
- L_1 Messung der Leckagerate bei Raumtemperatur (RT) vor der Warmlagerung
- L_2 Messung der Leckagerate nach der ersten Warmlagerung
- L_3 Messung der Leckagerate nach dem Nachspannen
- L_4 Messung der Leckagerate nach dem Nachspannen und nach zweiter Warmlagerung
- p_0 Umgebungsdruck
- p_B Druck des Prüfmediums - **10 bar bzw. 25 bar**

Dichtheitsklasse:

- L0,01
- Leckagerate $10^{-2} \text{ mg / (s} \cdot \text{m)}$

Bemerkungen:

Aramidhaltige Dichtungen dürfen nur bis max. 150 °C eingesetzt werden (Versprödungsgefahr).
Bei Begrenzung der Einsatztemperatur auf 95 °C kann die Prüfung nach L_2 beendet werden.