

# Typbasierter Bauteilversuch im Sinne der TA Luft:2021

*Dieses Dokument wurde im VCI adhoc AK „Alternative Flanschversuche nach novellierter TA Luft“ erarbeitet.*

*Zielsetzung der Untersuchung ist der Nachweis der Dichtheitsklasse L0,01 der Flanschverbindung nach der Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum BImSchG – Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft), Kapitel 5.2.6.3.*

*Die TA Luft:2021 fordert für alle Flanschverbindungen die Einhaltung der Dichtheitsklasse L0,01 mit der spezifischen Leckagerate 0,01 mg/(s·m) für das Prüfmedium Helium oder andere geeignete Medien.*

*Der Dichtheitsnachweis ist für Flanschverbindungen im Krafthauptschluss nach Richtlinie VDI 2290 (06-2012) und den darin zugrunde gelegten Berechnungsvorschriften oder einem nachgewiesenen gleichwertigen Verfahren zu erbringen. Möglich ist z. B. die Berechnung einer Stahlflanschverbindung nach DIN EN 1092-1 unter Zuhilfenahme von Dichtungen der Normenreihe DIN EN 1514 für die Kennwerte nach DIN EN 13555 vorliegen.*

*Liegen keine Dichtungskennwerte für die vorgesehene Flanschverbindung vor, dürfen alternativ auch Flanschverbindungen im Krafthauptschluss oder Kraftnebenschluss eingesetzt werden, die in einem typbasierten Bauteilversuch die Dichtheitsklasse L0,01 für das Prüfmedium Helium oder anderer geeigneter Medien nachweisen konnten.*

*Aus diesen Vorgaben wurde durch den Ad-hoc-Arbeitskreis „Alternativer Bauteilversuch nach novellierter TA Luft“ unter dem Dach des Vereins der chemischen Industrie (VCI) eine typbasierte Bauteilprüfung in Anlehnung an die Richtlinie VDI 2200 (06-2007) entwickelt.*

## Anwendungsbereich

In diesem Dokument werden Randbedingungen für den typbasierten Bauteilversuch festgelegt, mit dem der Nachweis technischer dichter Flanschverbindungen im Sinne der Neufassung der TA Luft von 18. August 2021, erbracht werden kann.

Dieser Bauteilversuch ist eine Weiterentwicklung des Versuchs nach Richtlinie VDI 2200.

Gemäß der TA Luft:2021 ist für technisch dichte Flanschverbindungen die Dichtheitsklasse L0,01 mit der entsprechenden spezifischen Leckagerate  $\leq 0,01$  mg/(s·m) für das Prüfmedium Helium einzuhalten.

Für die zu prüfenden Flanschverbindungen ist ein Festigkeitsnachweis nach einschlägigen Normen mit den Festlegungen zu den Montagebedingungen z. B. Flächenpressungen oder Anzugsmomente erforderlich, die der Auftraggeber liefert oder die in Abstimmung mit dem durchführenden Prüflabor des Bauteilversuches festgelegt werden.

## Festlegungen für den Bauteilversuch

In Tabelle 1 sind die Randbedingungen für den Bauteilversuch festgelegt.

**Tabelle 1: Festlegungen für den Bauteilversuch**

<b>Dichtsystem</b>	<p>Flanschpaar vorzugsweise DN 40 gemäß der entsprechenden Flanschnorm.</p> <p>Eine für den Prüfflansch in Form und Dimension passende Dichtung/Dichtelement.</p> <p>Für den Prüfflansch passende Verspannungselemente.</p>
<b>KHS<sup>a</sup>: Dichtungs- pressung</b> oder	Bei Krafthauptschluss-Verbindungen hängt die Dichtungspressung vom eingesetzten Dichtsystem ab. Dieser Wert ist unter Berücksichtigung der Festigkeit festzulegen.
<b>KNS<sup>b</sup>: Vorverformung</b>	Bei Kraftnebenschluss-Verbindungen ist sicherzustellen, dass der Kraftnebenschluss erreicht ist. Der Hersteller der Verbindung hat eine ausreichende Verpressung nachzuweisen, beispielsweise nach DIN ISO 3601-2 für O-Ringe.
<b>KHS<sup>a</sup>: Montage</b>	<p>Die Schraubenkraft ist entsprechend den Montagevorgaben aufzubringen.</p> <p>Die Montage hat bevorzugt kraftkontrolliert zu erfolgen, z. B. mit kraftkalibrierten Messschrauben oder kalibriertem Drehmomentschlüssel.</p>
<b>KNS<sup>b</sup>: Montage</b>	<p>Die Montage hat nach Herstellervorgaben zu erfolgen.</p> <p>Das Erreichen der Blocklage des KNS ist sicherzustellen, z. B. durch optische Kontrolle.</p>
<b>Warmlagerung</b>	<p>Warmlagerungstemperatur und Warmlagerungsdauer sind von Dichtungs- und Flanschwerkstoffen abhängig. Sie sollen die Betriebsbedingungen abdecken und werden vom Auftraggeber festgelegt.</p> <p>Die Warmlagerungsdauer soll für alle Dichtungswerkstoffe mindestens 48 h betragen.</p>

	Warmlagerung kann in einem Ofen oder durch eine geeignete Innenbeheizung erfolgen.  Bei Flanschverbindungen, die ausschließlich bei Raumtemperatur betrieben werden, kann die Warmlagerung entfallen.
<b>Nachspannen</b>	Ein Nachspannen ist prinzipiell möglich und muss im Prüfbericht dokumentiert und in der Montageanweisung beschrieben werden.
<b>Prüfdruck</b>	Der Prüfdruck ist abdeckend zu wählen. Das Leckageratenkriterium ist auf $1 \cdot 10^{-2} \text{ mg / (s} \cdot \text{m)}$ festgelegt.
<b>Prüfmedium</b>	Helium oder andere geeignete Prüfmedien, wie z.B. Methan.

<sup>a</sup> KHS = Kraftauptschluss

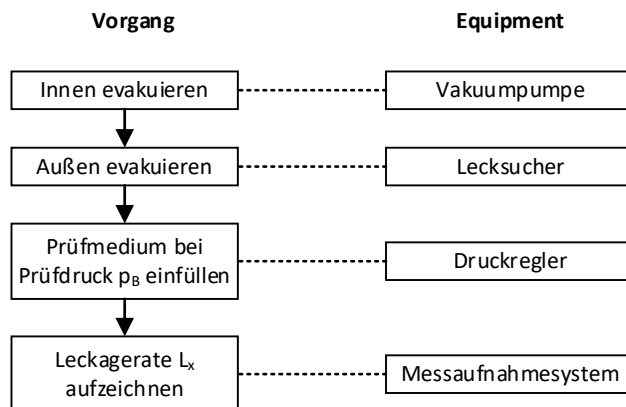
<sup>b</sup> KNS = Kraftnebenschluss

## Ermittlung der Leckagerate

Geprüft wird in der Regel mittels Helium-Massenspektrometer nach dem Vakuumverfahren, vgl. DIN EN 1779. Andere validierte Verfahren sind zulässig, z. B. Spülgasmethode.

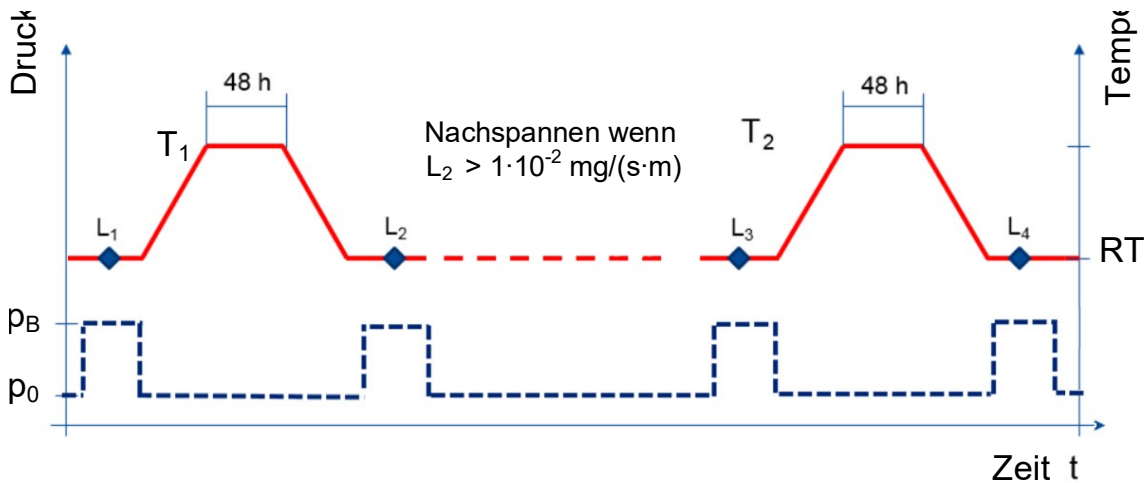
Die einzelnen Schritte der Leckageermittlung und das zugehörige Equipment zeigt Bild 1:

**Bild 1: Leckage-Ermittlung**



Der Temperatur- und Druckverlauf und die Zeitpunkte für die Messung der Leckagerate sind in Bild 2 dargestellt.

**Bild 2: Verlauf von Prüftemperatur und Prüfdruck**



- T<sub>1</sub> Temperatur der ersten Warmlagerung
- T<sub>2</sub> Temperatur der zweiten Warmlagerung (mit T<sub>2</sub> ≥ T<sub>1</sub>)
- L<sub>1</sub> Messung der Leckagerate bei Raumtemperatur (RT) vor der Warmlagerung
- L<sub>2</sub> Messung der Leckagerate nach der ersten Warmlagerung
- L<sub>3</sub> Messung der Leckagerate nach dem Nachspannen
- L<sub>4</sub> Messung der Leckagerate nach dem Nachspannen und nach zweiter Warmlagerung
- p<sub>0</sub> Umgebungsdruck
- p<sub>B</sub> Druck des Prüfmediums

Bei Flanschverbindungen, die nach Vorgaben des Auftraggebers nachgespannt werden müssen, kann die Ermittlung bei L<sub>1</sub> und L<sub>2</sub> entfallen.

Die Leckagerate wird als Funktion der Zeit registriert und nach 24 h mit dem Leckageratenkriterium  $1 \cdot 10^{-2} \text{ mg}/(\text{s} \cdot \text{m})$  nach TA Luft:2021 verglichen.

Die Leckageprüfung nach Warmlagerung ist für alle Druck-Temperatur-Kombinationen abdeckend, die unterhalb der Prüfbedingungen liegen.

Für die Umrechnung der Helium-Leckagerate gilt nach Richtlinie VDI 2200 bei 20°C:

$$1,0 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mbar} \cdot \text{l}}{\text{s} \cdot \text{m}} \approx 0,165 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mg}}{\text{s} \cdot \text{m}}$$

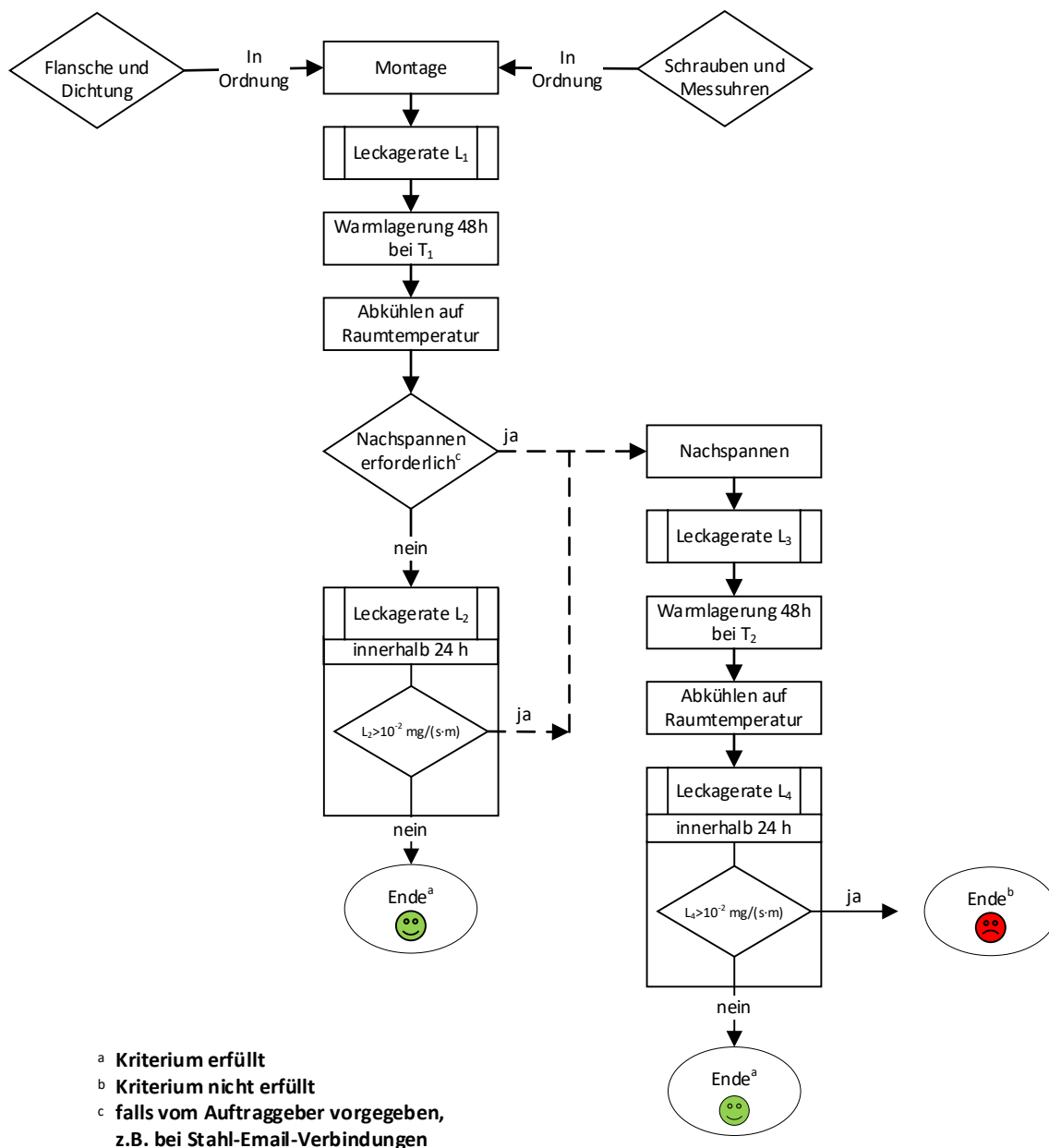
bzw.

$$1,0 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mg}}{\text{s} \cdot \text{m}} \approx 6,06 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mbar} \cdot \text{l}}{\text{s} \cdot \text{m}}$$

Der Ablauf der Leckageprüfung sowie die Abbruchkriterien im Hinblick auf die Erfüllung oder Nichterfüllung der Dichtheitsanforderung nach TA Luft:2021 sind in Bild 3 festgelegt.

Vor der Demontage ist die Restschraubenkraft bzw. die Restflächenpressung zu ermitteln und im Prüfbericht zu dokumentieren.

**Bild 3: Ablauf der Prüfung im Hinblick auf die Erfüllung oder Nichterfüllung der Dichtheitsanforderung nach TA Luft:2021**



## Mindestinhalte für den Prüfbericht

In dem Prüfbericht zum Bauteilversuch zum Nachweis der Dichtheit von Flanschverbindungen nach TA Luft:2021 sind nachstehenden Mindestinhalte anzugeben.

### Daten zur Identifikation der Prüfungsverantwortlichen

- Name, Anschrift des Auftraggebers
- Name, Anschrift des Prüflabors
- Datum der Prüfung
- Gültigkeitsdauer Prüfbescheinigung  
Sofern keine Änderung an den Systembauteilen stattfindet, gilt die Prüfbescheinigung unbefristet.

### Ausführung der Flanschverbindung

- Bauteilspezifikationen; Werkstoffe, Abmessungen des Prüflings, KHS/KNS
- Regelwerk / Norm

### Vorgegebene Anzugsmomente (Schraubenkraft, Federkraft)

- Ggf. Angaben zum Festigkeitsnachweis (Regelwerk / Norm)
- Max. zulässige Betriebstemperatur
- Max. zulässiger Betriebsdruck

### Dichtheitsnachweis

- Prüfmedium
- Aufbau der Prüfvorrichtung
- Angaben zur Probenvorbereitung (Konditionierung der Dichtung/des Dichtelements)
- Beschreibung der Messmethode (Massenspektrometrie, Druckabfallmethode etc.)
- Ablauf der Versuchsdurchführung
- Art der Aufheizung (innen/außen, Aufheizrate)
- Besondere Bedingungen z. B. Nachziehen in Abstimmung mit dem Auftraggeber
- Nachgewiesene Leckagerate / Dichtheitsklasse
- Angabe der Restflächenpressung und/oder Restschraubenkraft

## Literatur

TA Luft	Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) von 18. August 2021
DIN EN 1779	Zerstörungsfreie Prüfung - Dichtheitsprüfung - Kriterien zur Auswahl von Prüfmethode und -verfahren (10.1999)
DIN ISO 3601-2	Fluidtechnik - O-Ringe - Teil 2: Einbauräume für allgemeine Anwendungen (08.2010)
VDI 2200	Dichte Flanschverbindungen – Auswahl, Auslegung, Gestaltung und Montage von verschraubten Flanschverbindungen (06.2007)
VCI-Montageleitfaden	Leitfaden zur Montage von Flanschverbindungen in verfahrenstechnischen Anlagen (03.2016)

## Änderungen

Gegenüber der Ausgabe 10.09.2019 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Normative Verweisungen aktualisiert
- b) Redaktionell überarbeitet
- c) Zielsetzung ergänzt