

# **ASME PCC-1 Appendix O – Dichtheitsnachweis im ASME-Code**

**Stephan Schöckle**

amtec

**IDT | SGL Symposium Dichtungstechnik  
11. November 2025**

- **ASME PCC-1**
- **Appendix O**
- **Dichtungskennwerte**
- **Berechnungsbeispiel**
- **Zusammenfassung**

- **„Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly“  
American Society of Mechanical Engineers (ASME)**
  - Gilt für Flanschverbindungen, die Teil von Drucksystemen sind  
(z. B. Rohrleitungen, Druckbehälter, Wärmetauscher)
  - Leitlinie für bewährte Praxis („Best Practice“)
  
- **Schulung und Qualifikation**  
(geschulte Monteure „Bolting Assembler“-Appendix A...)
  
- **Bauteilanforderungen**  
(Rauheiten, Materialauswahl-/ Kompatibilität, Reinigung, Schmiermittel...)
  
- **Vorbereitung der Montage**  
(Sichtprüfung, Ausrichtung, Schmierung...)

- **Montageverfahren**  
(meist über Drehmoment / Ziel: gleichmäßige Verteilung der Vorspannkraft über mehrstufiges Anziehen „Star Pattern“...)
- **Qualitätssicherung**  
(Sicht- / Dichtheitsprüfung, Dokumentation...)
- **Demontage**
  
- **Anhänge (Nonmandatory Appendices)**  
(Qualifikationsrichtlinien für Montagepersonal, Tabellen, Checklisten zur Montage, Berechnungsbeispiele, Detailbeschreibungen...)

- ASME PCC-1
- **Appendix O**
- Dichtungskennwerte
- Berechnungsbeispiel
- Zusammenfassung



- **Anleitung zur Ermittlung einer geeigneten Montageschraubenspannung  
- Fokus auf Dichtungsflächenpressung (Zielwert)**
- **a.) Einfache Vorgehensweise („Simple Approach“)**
- **b.) Komplexerer Ansatz („Joint Component Approach“ - Betrachtung aller Komponenten und zusätzliche Einflussfaktoren, z.B. Dichtungsrelaxation)  
Zustand der Verbindungskomponenten muss innerhalb akzeptabler Grenzen  
und verbleibende Dichtungsflächenpressung über Grenzwert liegen**

**Annahmen:**

- **Kriech-/Relaxation der Dichtung sorgt dafür, dass die Schraubenspannung im Betrieb nicht zunimmt**
- **Duktile Werkstoffe werden verwendet**

- **Auswahl einer geeigneten Montage-Schraubenspannung  $Sb_{sel}$  unter Berücksichtigung von:**
  - **Integrität (Festigkeitsnachweis – „stress proof“)**  
Dichtung,  
Schraube und  
Flansch (auch Rotation des Flanschblatts)
  - **Dichtheit („tightness proof“)**  
ausreichende Flächenpressungen in Montage („seat the gasket“)  
und Betrieb

$$S_{b,sel} = S_{gT} \cdot \frac{A_G}{n_B \cdot A_B} \quad \rightarrow \quad T = \frac{S_{b,sel} \cdot K \cdot A_B \cdot \phi_B}{1,000}$$

$S_{b,sel}$	selected assembly bolt stress	[MPa]	$T$	assembly bolt torque	[Nm]
$S_{gT}$	target assembly gasket stress	[MPa]	$K$	nut factor	[-]
$A_G$	gasket area	[mm <sup>2</sup> ]			
$n_B$	number of bolts	[-]			
$A_B$	bolt root area	[mm <sup>2</sup> ]			

- vereinfachter Ansatz für „unkritische“ Standard-Verbindungen
- Zielflächenpressung  $S_{gT}$  in der Montage für den ausgewählten Dichtungstyp als „Minimalanforderung“
- Bei Bedarf: Erweiterung auf den “Joint Component Approach” um die Grenzen für die verwendeten Bauteile zu berücksichtigen.



- **erweiterter Ansatz mit zusätzlicher Berücksichtigung („selected by the user“) von Festigkeitsgrenzen:**
  - **$Sb_{\max}$  maximale Schraubenspannung**
    - Vermeidung von Überbeanspruchung
    - (typically: 40-70 %  $R_{p0,2 \text{ RT}}$ )
  - **$Sb_{\min}$  minimale Schraubenspannung**
    - Vermeidung von losen Schrauben → „self loosening“
    - (typically: 140 – 245 MPa)
  - **$Sf_{\max}$  maximale Flanschspannung**
    - Vermeidung von Überbeanspruchung
    - Abhängig vom Flanschtyp und Werkstoff
    - Grenzen sollen bestimmt werden mittels (WRC Bulletin 538)
      - O-5.1 Elastic Analysis
      - O-5.2 FEM-Analysis (elastisch-plastisch nonlinear)

$$Sb_{sel} = Sg_T \cdot \frac{A_G}{n_B \cdot A_B} \quad \rightarrow \quad T = \frac{Sb_{sel} \cdot K \cdot A_B \cdot \phi_B}{1,000}$$

$$Sb_{sel} = \min(Sb_{sel}; Sb_{max}) \quad Sb_{sel} = \min(Sb_{sel}; Sf_{max})$$

$$Sb_{sel} = \max(Sb_{sel}; Sb_{min})$$

- **erweiterter Ansatz mit zusätzlicher Berücksichtigung von Dichtungsparametern („provided by the manufacturer“):**
  - **$Sg_T$  Zielflächenpressung der Dichtung**
    - „selected by user (experience or consultation of manufacturer)“
    - möglichst nahe an oberer Grenze (maximale Dichtheit)
  - **$Sg_{max}$  maximale Montageflächenpressung der Dichtung**
    - Vermeidung von Überbeanspruchung
  - **$Sg_{min-S}$  minimale Montageflächenpressung („seating stress“)**
    - Verteilung Füllstoffe / Anpassung an Flanschdichtflächen
  - **$Sg_{min-O}$  minimale Betriebsflächenpressung („operational stress“)**
    - Vermeidung von Leckagen

- **erweiterter Ansatz mit zusätzlicher Berücksichtigung von Dichtungsparametern („provided by the manufacturer“):**
  - **$\phi_g$  Dichtungsrelaxation**
    - default: 0.7 (wenn keine Daten vorhanden)
  - **$\theta_g$  maximal erlaubte Flanschrotation (pro Seite)**
    - derzeit kein Standard zur Ermittlung vorhanden
    - typical limits: 0.3 deg (ePTFE) bis 1.0 deg (Metалldichtungen mit Grafit)

$$Sb_{sel} = Sg_T \cdot \frac{A_G}{n_B \cdot A_B} \quad \Rightarrow \quad T = \frac{Sb_{sel} \cdot K \cdot A_B \cdot \phi_B}{1,000}$$

$$Sb_{sel} = \min(Sb_{sel}; Sb_{max})$$

$$Sb_{sel} = \min(Sb_{sel}; Sf_{max})$$

$$Sb_{sel} = \max(Sb_{sel}; Sb_{min})$$

$$Sb_{sel} \geq Sg_{min-s} \cdot \frac{A_G}{n_B \cdot A_B}$$

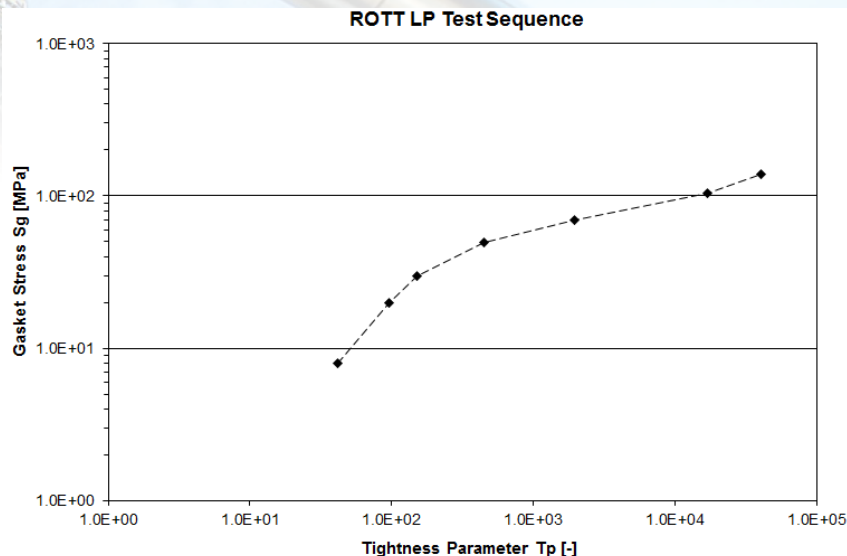
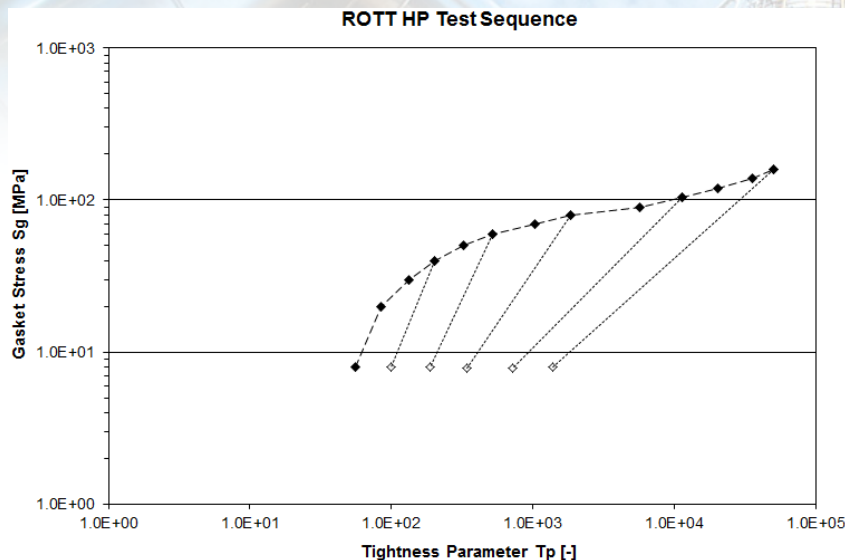
$$Sb_{sel} \geq \frac{Sg_{min-o} \cdot A_G + \frac{\pi}{4} \cdot P_{max} \cdot G_{ID}^2}{\phi_G \cdot n_B \cdot A_B}$$

$$Sb_{sel} \leq Sg_{max} \cdot \frac{A_G}{n_B \cdot A_B}$$

$$Sb_{sel} \leq Sf_{max} \cdot \frac{\theta g_{max}}{\theta f_{max}}$$



- ASME PCC-1
- Appendix O
- **Dichtungskennwerte**
- Berechnungsbeispiel
- Zusammenfassung

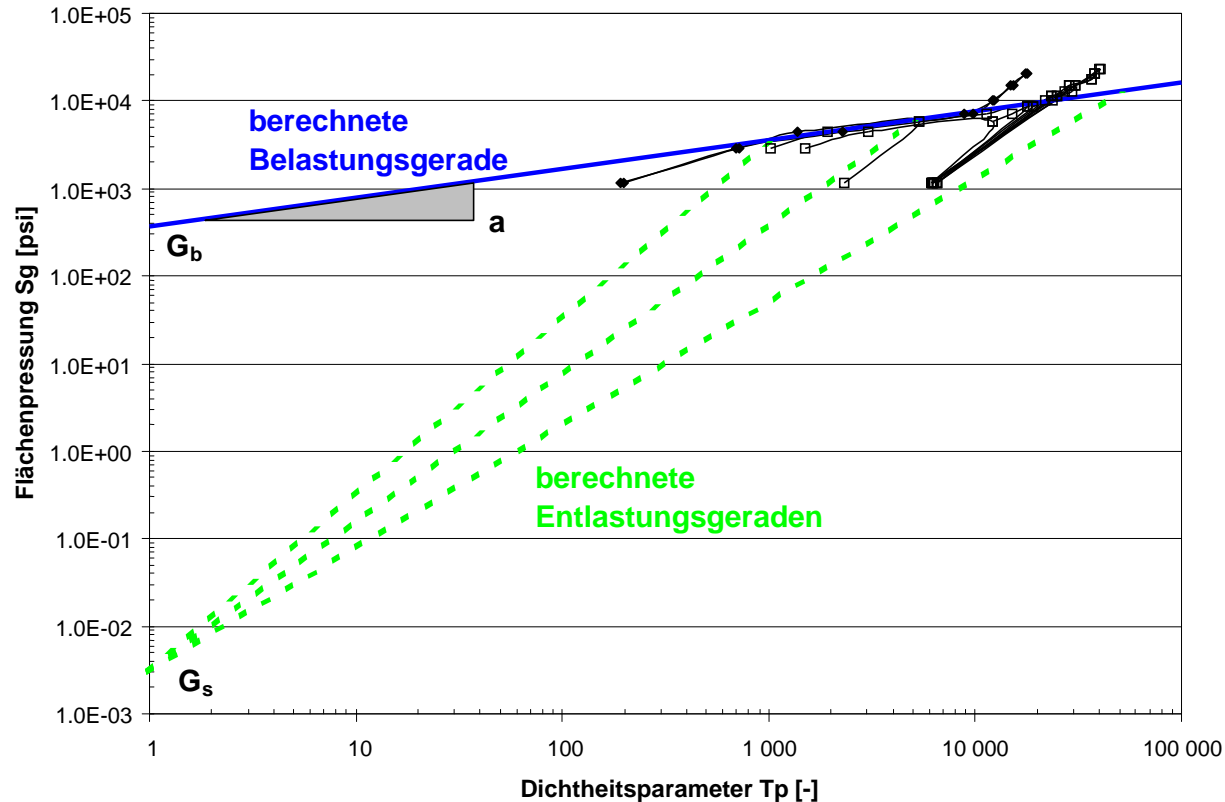


nach ASTM F2836-18 (2024):

- **HP („high pressure test sequence“-Part B)**  
Prüfdruck 60 bar mit Entlastungen
- **LP („low pressure test sequence“-Part A)**  
Prüfdruck 20 bar ohne Entlastungen

$$T_p = \frac{P}{P^*} \cdot \left( \frac{L_{rm}^*}{L_{rm}} \right)^{0.5}$$

## ROTT Auswertung



gasket constants:

- $G_b$  (Belastung):  
Schnittpunkt mit  $T_p=1$
- $a$  (Belastung):  
Steigung der errechneten Belastungsgeraden
- $G_s$  (Entlastung):  
Schnittpunkt mit  $T_p=1$

**Verformungseigenschaften**

$Q_{Smax}(RT)$	MPa	Maximal zulässige Flächenpressung bei RT
$Q_{Smax}(T)$	MPa	Maximal zulässige Flächenpressung bei T
$E_G$	MPa	Ersatzelastizitätsmodul
$P_{QR}$	-	Kriech-/Relaxationsfaktor

 $Sg_{max}$ 

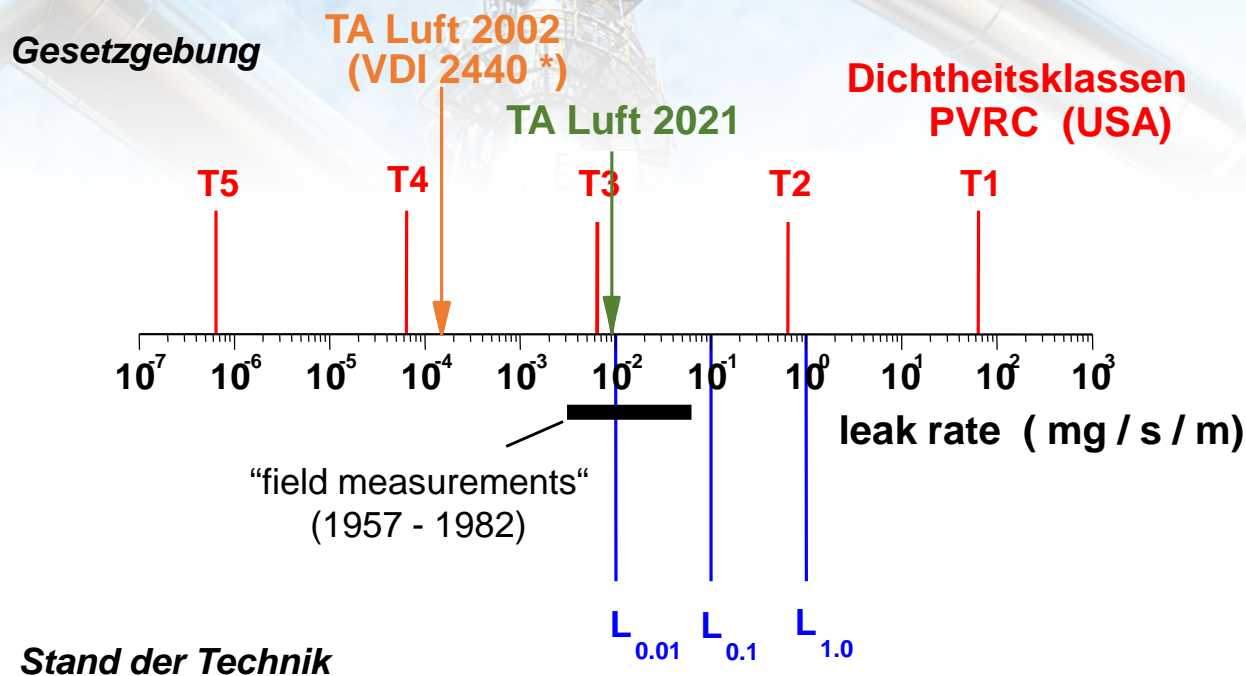
-

 $\phi_g$ **Abdichteigenschaften**

$Q_{min(L)}$	MPa	Mindestflächenpressung der Dichtung für die Dichtheitsklasse L im Montagezustand
$Q_{Smin(L)}$	MPa	Mindestflächenpressung der Dichtung für die Dichtheitsklasse L im Betriebszustand

 $Sg_{min-S}$  $Sg_{min-O}$ **Zusätzliche Paramter**

$\mu_G$	-	Reibfaktor zwischen Dichtung und Flanschdichtfläche zur Berücksichtigung von Querkräften und Torsionsmomenten
---------	---	---



**Dichtheitsklassen nach  
DIN 28090 und EN 13555**

**\*) Bauteilversuch:**  
Flanschpaar PN40/DN40  
mit 1 bar Prüfdruck  
(nach VDI 2200)



- ASME PCC-1
- Appendix O
- Dichtungskennwerte
- **Berechnungsbeispiel**
- Zusammenfassung

## Auslegung

Auslegungsdruck	$P_0$	5.12	MPa
Auslegungstemperatur	$T_0$	20.00	°C

## Flansch

Flanschtyp	6 - Integral-Type Flange - Weldneck - mit Hub		
Außendurchmesser	A	210.00	mm
Innendurchmesser	B	84.68	mm
Flanschdicke	t	27.00	mm
Lochkreisdurchmesser	C	168.30	mm
Höhe kon. Ansatz	h	51.00	mm
Rohrwanddicke	$g_0$	2.11	mm
Dicke konischer Ansatz	$g_1$	16.16	mm
Dichtflächentyp	1a B - glatt, mit Dichtleiste		
Innendurchmesser Dichtleiste	$d_{G1}$	84.68	mm
Außendurchmesser Dichtleiste	$d_{G2}$	130.00	mm

## Werkstoff

Werkstoffbezeichnung/-nummer	A105 (K03504, Carbon Steel)		
Regelwerk	Section II/Part D:2011		
0.2% - Dehngrenze	$R_{p0.2T}$	248	MPa
E-Modul	$E_F$	202350	MPa
Max. zul. Einzelflanschverformung für das Dichtungs	$Sf_{max}$	430	MPa
Flanschrotation bei max. Schraubenspannung ( $Sf_{ma}$ )	$\theta_{f_{max}}$	0.23	°

## Dichtung

Dichtungsform	Spiraldichtung		
Innendurchmesser	$G_{I.D.}$	101.60	mm
Außendurchmesser	$G_{O.D.}$	120.70	mm
Dichtungshöhe	T	3.00	mm
Dichtungshersteller	IDT Industrie- und Dichtungstechnik GmbH		
Dichtungsbezeichnung	IDT Spiral Wound Gasket, WS 1.4541/Graphite/St37, SD10, 4.5 mm, Rev. 02		

## Werkstoff

Gültigkeitsbereich	80 bar - L 0.01		
Quelle Dichtungskennwerte	ESAdat.org - ID: 1111226		
Ziel-Dichtungsflächenpressung	$Sg_T$	33	MPa
Maximal zulässige Flanschverformung (Rotation) für	$\theta_{g_{max}}$	1.00	°
Minimale Flächenpressung	$Sg_{min-S}$	33	MPa
Minimale Flächenpressung	$Sg_{min-O}$	33	MPa
Maximale Flächenpressung	$Sg_{max}$	300	MPa
Kriechfaktor	$\phi_g$	0.96	MPa

## Schrauben

Schraubenart	Starrschraube		
Norm	ANSI 18.2.1:1972		
Gewinde	3/4"		
Gewindesteigung	$p_t$	2.54	mm
Nenndurchmesser	$d_{B0}$	19.05	mm
Kerndurchmesser	$d_{B3}$	16.30	mm
Flankendurchmesser	$d_{B2}$	17.04	mm
Schaftdurchmesser	$d_{BS}$	16.30	mm
Anzahl Schrauben	$n_B$	8	-

## Werkstoff

Werkstoffbezeichnung/-nummer	A193 B7M (G41400, 1Cr-1/5Mo)		
Regelwerk	Section II/Part D:2011		
0.2% - Dehngrenze	$R_{p0.2T}$	552	MPa
Untere Grenze		30	%
Obere Grenze		70	%
Min. Schraubenspannung	$Sb_{min}$	242	MPa
Max. Schraubenspannung	$Sb_{max}$	517	MPa

## Montageverfahren

Bezeichnung	Drehmomentschlüssel = Schraubenschlüssel mit Drehmoment-Messung		
Gewindereibungskoeffizient	$\mu_t$	0.160	-
K-Faktor		0.2	

## Minimum required gasket stress in assembly $Q_{min(L)}$

L / mg/m/s	$10^0$		$10^{-1}$		$10^{-2}$
p / bar	80	160	80	160	160
$Q_{min(L)} / \text{MPa}$	10	40	14	40	33

Ergebnisse 1 Ergebnisse 2 Zwischenergebnisse 1 Zwischenergebnisse 2

### Ausgaben

Schritt 1 O-1: Ziel-Schraubenspannung $S_{bsel}$ festlegen	$S_{bsel} = S_g T \cdot (A_g / A_{bnb})$	65.9 [MPa]
Schritt 2 O-4: Oberen Grenzwert der Schraubenspannung $S_{bsel}$	$S_{bsel} = \min(S_{bsel}, S_{bmax})$	65.9 [MPa]
Schritt 3 O-5: Unteren Grenzwert der Schraubenspannung $S_{bsel}$	$S_{bsel} = \max(S_{bsel}, S_{bmin})$	242.0 [MPa]
Schritt 4 O-6: Flansch-Grenzwert der Schraubenspannung $S_{bsel}$	$S_{bsel} = \min(S_{bsel}, S_{fmax})$	242.0 [MPa]
Schritt 5 O-7: Wurde die notwendige Montagepressung auf die Dichtung erreicht?	$S_{bsel} \geq S_{gmin} - S \cdot (A_g / A_{bnb})$	ok
Schritt 6 O-8: Bleibt die Dichtungsflächenpressung im Betrieb erhalten?	$S_{bsel} \geq (S_{gmin} - O_{Ag} + (n/4) P_{max} G_{l.D.}) / (\phi_g A_{bnb})$	ok
Schritt 7 O-9: Wird die maximale zulässige Dichtungsflächenpressung erreicht?	$S_{bsel} \leq S_{gmax} (A_g / A_{bnb})$	ok
Schritt 8 O-10: Wird die zulässige Flanschverformung überschritten?	$S_{bsel} \leq S_{fmax} (\theta_{gmax} / \theta_{fmax})$	ok
O-2: Drehmoment berechnen	$T_b = S_{bsel} K A_b \phi_b$	192 [Nm]

30 %  $R_{p0.2}$

## Auslegung

Auslegungsdruck	$P_0$	5.12	MPa
Auslegungstemperatur	$T_0$	20.00	°C

## Flansch

Flanschttyp	6 - Integral-Type Flange - Weldneck - mit Hub		
Außendurchmesser	A	210.00	mm
Innendurchmesser	B	84.68	mm
Flanschdicke	t	27.00	mm
Lochkreisdurchmesser	C	168.30	mm
Höhe kon. Ansatz	h	51.00	mm
Rohrwanddicke	$g_0$	2.11	mm
Dicke konischer Ansatz	$g_1$	16.16	mm
Dichtflächentyp	1a B - glatt, mit Dichtleiste		
Innendurchmesser Dichtleiste	$d_{G1}$	84.68	mm
Außendurchmesser Dichtleiste	$d_{G2}$	130.00	mm

## Werkstoff

Werkstoffbezeichnung/-nummer	A105 (K03504, Carbon Steel)		
Regelwerk	Section II/Part D:2011		
0.2% - Dehngrenze	$R_{p0.2T}$	248	MPa
E-Modul	$E_F$	202350	MPa
Max. zul. Einzelflanschverformung für das Dichtungs	$Sf_{max}$	430	MPa
Flanschrotation bei max. Schraubenspannung ( $Sf_{ma}$ )	$\theta_{f_{max}}$	0.23	°

## Dichtung

Dichtungsform	Spiraldichtung		
Innendurchmesser	$G_{I.D.}$	101.60	mm
Außendurchmesser	$G_{O.D.}$	120.70	mm
Dichtungshöhe	T	3.00	mm
Dichtungshersteller	IDT Industrie- und Dichtungstechnik GmbH		
Dichtungsbezeichnung	IDT Spiral Wound Gasket, WS 1.4541/Graphite/St37, SD10, 4.5 mm, Rev. 02		

## Werkstoff

Gültigkeitsbereich	80 bar - L 0.01		
Quelle Dichtungskennwerte	ESAdata.org - ID: 1111226		
Ziel-Dichtungsflächenpressung	$Sg_T$	300	MPa
Maximal zulässige Flanschverformung (Rotation) für	$\theta_{g_{max}}$	1.00	°
Minimale Flächenpressung	$Sg_{min-S}$	33	MPa
Minimale Flächenpressung	$Sg_{min-O}$	33	MPa
Maximale Flächenpressung	$Sg_{max}$	300	MPa
Kriechfaktor	$\phi_g$	0.96	MPa

## Schrauben

Schraubenart	Starrschraube		
Norm	ANSI 18.2.1:1972		
Gewinde	3/4"		
Gewindesteigung	$p_t$	2.54	mm
Nenndurchmesser	$d_{B0}$	19.05	mm
Kerndurchmesser	$d_{B3}$	16.30	mm
Flankendurchmesser	$d_{B2}$	17.04	mm
Schaftdurchmesser	$d_{BS}$	16.30	mm
Anzahl Schrauben	$n_B$	8	-

## Werkstoff

Werkstoffbezeichnung/-nummer	A193 B7M (G41400, 1Cr-1/5Mo)		
Regelwerk	Section II/Part D:2011		
0.2% - Dehngrenze	$R_{p0.2T}$	552	MPa
Untere Grenze		30	%
Obere Grenze		70	%
Min. Schraubenspannung	$Sb_{min}$	242	MPa
Max. Schraubenspannung	$Sb_{max}$	517	MPa

## Montageverfahren

Bezeichnung	Drehmomentschlüssel = Schraubenschlüssel mit Drehmoment-Messung		
Gewindereibungskoeffizient	$\mu_t$	0.160	-
K-Faktor		0.2	

## Maximum allowable gasket stress $Q_{Smax}$

T / °C	20	100
$Q_{Smax}$ / MPa	300	300



Ergebnisse 1 Ergebnisse 2 Zwischenergebnisse 1 Zwischenergebnisse 2

### Ausgaben

Schritt 1 O-1: Ziel-Schraubenspannung  $S_{bsel}$  festlegen

$$S_{bsel} = S_g T \cdot (A_g / A_{bnb})$$

599.3 [MPa]

Schritt 2 O-4: Oberen Grenzwert der Schraubenspannung  $S_{bsel}$

$$S_{bsel} = \min(S_{bsel}, S_{bmax})$$

517.0 [MPa]

70 %  $R_{p0.2}$

Schritt 3 O-5: Unteren Grenzwert der Schraubenspannung  $S_{bsel}$

$$S_{bsel} = \max(S_{bsel}, S_{bmin})$$

517.0 [MPa]

Schritt 4 O-6: Flansch-Grenzwert der Schraubenspannung  $S_{bsel}$

$$S_{bsel} = \min(S_{bsel}, S_{fmax})$$

430.0 [MPa]

Schritt 5 O-7: Wurde die notwendige Montagepressung auf die Dichtung erreicht?

$$S_{bsel} \geq S_{gmin-OAg} \cdot (A_g / A_{bnb})$$

ok

Schritt 6 O-8: Bleibt die Dichtungsflächenpressung im Betrieb erhalten?

$$S_{bsel} \geq (S_{gmin-OAg} + (n/4)P_{maxGI.D.}) / (p_g A_{bnb})$$

ok

Schritt 7 O-9: Wird die maximale zulässige Dichtungsflächenpressung erreicht?

$$S_{bsel} \leq S_{gmax}(A_g / A_{bnb})$$

ok

Schritt 8 O-10: Wird die zulässige Flanschverformung überschritten?

$$S_{bsel} \leq S_{fmax}(\theta_{gmax} / \theta_{fmax})$$

ok

O-2: Drehmoment berechnen

$$T_b = S_{bsel} K A_b \phi_b$$

342 [Nm]



- ASME PCC-1
- Appendix O
- Dichtungskennwerte
- Berechnungsbeispiel
- **Zusammenfassung**

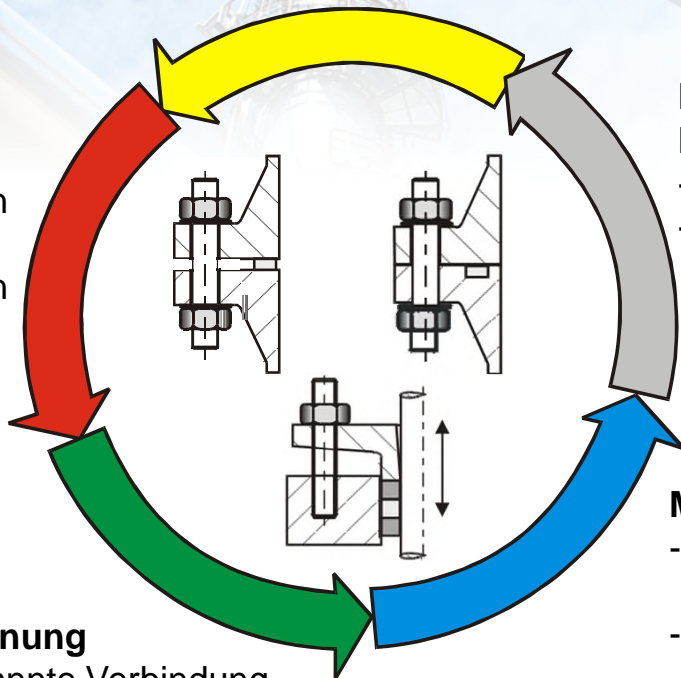
**Dichtungskennwerte:**  
**ROTT, HOBT,**  
**EN 13555**



## **Konstruktion**

- Abmessungen (Steifigkeiten)
- Eigenschaften
- Dichtung

**Belastungen**  
- alle Zustände, auch veränderliche



## **Rückfluss der Erfahrungen**

- Meldung
- Auswertung

## **Montage**

- entsprechend Anforderungen
- Qualitätssicherung (Kontrolle)

## **Berechnung**

- verspannte Verbindung
- Dichtungsverhalten
- Montagewert, Dichtheitsnachweis, Festigkeitsnachweis



**ASME BPVC.VIII.2**  
**ASME PCC-1 App. O,**  
**EN 1591-1**



**ASME PCC-1 App. A,**  
**EN 1591-4**

- Es gibt diverse rechnerische Ansätze zur Betrachtung von Flanschverbindungen in amerikanischen bzw. europäischen Regelwerken.
- Methode in ASME PCC-1 ist ein guter Ansatz für einen Dichtheitsnachweis, aber die Definition der Dichtungskennwerte und definierte Leakagegrenzen (L0.01 ? – Prüfmedium Helium und Methan) fehlen bzw. müssen aus anderen Quellen herangezogen werden.
- ASME PCC-1 ist seit Veröffentlichung stetig erweitert und überarbeitet worden. Mittlerweile speziell in der US-Industrie sehr präsent. Erweiterung um fehlende Punkte wird diskutiert (EN 13555 <-> ROTT).
- Überarbeitung der Methode in ASME BPVC ist angedacht, das Resultat ist aber aktuell noch nicht zu bewerten.
- EN 1591-1 bietet neben dem Festigkeits- auch einen Dichtheitsnachweis und erfüllt somit alle regulatorischen Anforderungen in Deutschland.

**Für weitere Informationen können Sie uns gerne kontaktieren:**

**amtec**

**Advanced Measurement  
Messtechnischer Service GmbH  
Hoher Steg 13  
74348 Lauffen  
Germany  
[www.amtec.de](http://www.amtec.de)  
Tel. +49 7133 9502-0  
E-Mail: [temes@amtec.de](mailto:temes@amtec.de)**