Flanschberechnung nach DIN EN 1591-1:2011
Version 2.0

Regelwerk DIN EN 1591-1:2011-08; AMTEC-Amendment 1:2009;
Entwurf des VDI 2290:2010.
Physikalische Kennwerte der Werkstoffe nach DIN EN 13480-3.
Mit der beiliegenden CD können Integralflansche, Vorschweißflansche, Aufschweißflansche, ASME-Flansche und Apparateflansche unter Beachtung der vorgegebenen Regeln nach der Norm und dem Booklet berechnet werden. Die Auswahl der geometrischen Daten von Flanschen, Schrauben und Dichtungen erfolgt aus hinterlegten Datenbanken.
Berechnungsziel ist der Tragfähigkeits- und Dichtheitsnachweis der gewählten Flanschverbindung für **3 Lastfälle:**
Montage, Prüfung und Betrieb.

Zahlreiche Berechnungen und die Prüfung der Konformität der Umsetzung der Norm mit dem Excel-Tabellenblatt «FL» wurden mit den Programmen der BASF, Ludwigshafen, und der Amtec-Software verglichen.
Die Vergleiche durch den Sachverständigen, Herrn Dipl.-Ing. Rolf Limpert, BASF, bestätigten die einwandfreie Funktionalität des Programms und ergaben völlige Übereinstimmung in den Ergebnissen.

Haftungsausschluss

Die Software des Excel-Tabellenblattes «FL» wurde mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt, getestet und fachlich begutachtet. Trotzdem können Softwarefehler nicht völlig ausgeschlossen werden. Verlag und Autor übernehmen deshalb für Fehler und deren Folgen aus den Berechnungen weder juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung.

Folgende Einzelnachweise und Angaben werden dokumentiert:

Flanschneigung:
Sie beträgt nach dem geforderten Dichtheitsnachweis der Norm ≤0,5°.

Auslastung von:
Schraube / Dichtung / Flansch.

Schrauben-Anzugsmoment:
Die Berechnung erfolgt für die Montage, mit oder ohne Messung.

Dichtheit der Verbindung:
Sie wird von der TA Luft und vom VDI deklariert.
Geforderte Leckrate: L = 0,01 mg/ms.
Wenn erforderlich, werden auch kleinere Leckraten nachgewiesen.

Fachliche Anfragen per E-Mail an: **module@vogel-buchverlag.de**

Implementierte Datenbanken

Geometriedaten: Flansche nach DIN EN 1092 (Tabellenblatt FL) Schrauben und Dichtungsabmessungen soweit vorhanden:

Gewählte Abmessungen für Flansche – Schrauben – Dichtungen werden nach den vom Bearbeiter eingetragenen Parametern (**PN** / **DN**) automatisch in das Berechnungsblatt übertragen.
Bei Sonderberechnungen, z.B. ASME-Flansch oder Apparateflansch mit Abmessungen außerhalb der Norm DIN EN 1092, können die Maße der Norm als Richtwerte abgerufen werden. Sie müssen dann manuell mit dem Konstruktionsmaß oder der ASME-Abmessung überschrieben werden.

Werkstoffdatenbank (Tabellenblatt DB)

Zur Verfügung steht eine Werkstoffdatenbank mit ausgewählten Stählen und Schrauben: Schmiedestahl – Blech – Rohrstahl – Schrauben. Diese Datenbank ist frei editierbar. Werkstoffe können getauscht und neue Stähle nachgetragen werden. Die Auswahl der Werkstoffe bzw. Bauteile erfolgt aus DropDown-Menüs.

Dichtungen (Tabellenblätter D1...D12)

Formatierte Excel-Datenblätter stehen für die Aufnahme von 12 Dichtungen zur Verfügung. Bereits eingepflegte Dichtungen: 2 x Graphit-, 2 x PTFE-, 2 x Faser-, 2 x Kammprofildichtungen, 1 Wellring-, 1 Spiraldichtung, und 2 Leerblätter zur Neuaufnahme. Dichtungsdatenblätter für weitere oder zu ergänzende Dichtungen, erhalten Sie in der Online-Datenbank **«gasketdata.org»** oder vom Dichtungshersteller. Diese Datenbank der FH Münster ist für jeden Anwender frei verfügbar. Für verwendete Faserstoffdichtungen, Weichstoff- / Verbundstoffdichtungen, werden Druckstufen von 10 bar / 25 bar / 40 bar / 80 bar verwendet. Dies ermöglicht eine dem Berechnungsdruck angemessene bessere Auswahl der Kennwerte für den vorhandenen Berechnungsdruck.
Generell gilt: Druckstufen, soweit möglich, abwägen. Eine gegebene Druckstufe im Originaldichtungsblatt mit z.B. 20 bar anstelle 25 bar, kann durch einfaches interpolieren bzw. aufrunden in die Stufe 25 bar gewandelt werden. Mehr als 12 Dichtungen kann man in die Arbeitsmappe nicht übernehmen. Sind weitere Dichtungen erforderlich, ist eine neue Arbeitsmappe anzulegen. Dichtungen, die vom Bearbeiter in Leerblätter eingepflegt werden, sind vom Originaldichtungsdatenblatt zu übernehmen. Standard ist L = 0,01 mg/ms. Kleinere Leckraten *L* = 0,001 mg/ms erfordern höhere Dichtungskennwerte (s. dazu die *Infos* in **Zeile 60...64**). Der Eintrag der Kennwerte in Leerblätter von Excel-Dateien ist 1 : 1 zu übernehmen. Die beigefügte Interpolationshilfe ist ggf. bei der PQR-Bestimmung erforderlich.

Berechnungshilfen in der Benutzeroberfläche

Die Eingabe aller Daten erfolgt nur in den gelb hinterlegten Zellen. Die Anzeige «Datenbank» oder «Datei» weist darauf hin, dass die Wahl aus einem Menü erfolgt. Bewährte praktische Parameter sind in der jeweiligen Zelle für den Zustand «Montage mit Messung» im Eingabeblatt bereits vorgegeben.
Zusätzlich gibt es zahlreiche Informationen, Kommentare, die eingeblendet werden können (Cursor auf die Zelle mit *Info* setzen). Darin befinden sich maßgebliche Hinweise für Eingaben und Alternativen. Vom Bearbeiter ist immer zu prüfen, ob alle Bedingungen erfüllt sind (Häkchen √ bzw. Hinweis: erfüllt oder gepr.).

Berechnungsprogramm

Die Berechnungsblätter finden Sie im Excel-Tabellenblatt «FL».
Die Dateneingabe erfolgt nur auf den Berechnungsblättern 1 und 2, und zwar nur in den gelben Zellen.
Details und wichtige Zwischendaten enthält Berechnungsblatt 3 automatisch.

Berechnungsblatt 1:
enthält die maßgebliche Geometrie, technische Daten und physikalische Kennwerte.

Berechnungsblatt 2:
enthält Kennwerte der Dichtung und gewählte Führungsgrößen derBerechnung. Hier wird die iterative Berechnung vorgenommen, und Ergebnisse werden angezeigt. Die Werte sind sachkundig zu prüfen, Unter- bzw. Überbelastungen der Bauteile zu beurteilen, ggf. müssen Korrekturen der Eingaben erfolgen.

Berechnungsblatt 3:
enthält alle Ergebnisse und Berechnungswerte, die der fachlichen Vertiefung und dem vollständigen Nachweis dienen.

Empfehlung: Legen Sie sich 2 Ordner an.

Ordner 1: Original mit eingetragenem Beispiel.

Ordner 2: Ihre Berechnungen, Ihre Varianten
(Speichern Sie Ihre Varianten mit einer unverwechselbaren Bezeichnung ab).

Berechnungsblatt 1: Werte, Werkstoffe, Flansche, Schrauben ...

Die Eingabe für Ihre Berechnungen erfolgen nur in den gelben Zellen.

Zeile 1: Aufgabenstellung:
Tragen Sie in die gelbe Zelle die genaue Bezeichnung ein.

Zeile 5: **Montage (0) – Prüfzustand (1) – Betriebszustand (2)**
gelten als Mindestnachweis.

Zeile 6: Wählen: Vorschweißflansch oder Aufschweißflansch.

Zeile 7: Berechnungsdruck für Betrieb und Prüfung eintragen.
Wert eingeben, Einheit bar erscheint automatisch.

Zeile 8: Berechnungstemperatur.: Flansch + Dichtung/Schraube (Prüf. 20 °C).
Es ist keine Temperaturangabe für die Prüfung erforderlich.

Zeile 10: Vorhandene Zusatzkraft bei Montage ≥0 kN, dieser Wert gilt auch für den Prüfzustand. Mindestens 0 eintragen. Wird keine Angabe der Zusatzkraft gewählt, dann gilt: = 0.

Zeile 11: In Betrieb gilt als Zusatzkraft: ≥0 kN / Biegemoment ≥0 Nm

Hinweis: Nach DIN EN 1092 wird gefordert, dass jeder Flansch mit einer Zusatzkraft im Betriebszustand nachzuweisen ist. Ist der vom Bearbeiter eingetragene Wert kleiner als der, den die Norm fordert, dann sollte in der Folgeberechnung die maßgebende größere Kraft in **Zeile 57** eingetragen und verwendet werden.

Zeile 12: Sicherheitswert für den Betriebszustand ≥1,5 / Prüfzustand ≥1,05.

Zeile 13: Zuschlag $C1 + C2 \geq 0$ mm. Flansche werden in der Regel mit $C = 0$ gerechnet. Wenn $C > 0$, wirkt nur auf die Innenschale.

Zeile 16 bis 20: **linke Seite** Flansch / Rohranschluss / Schraube.
Aus der Datenbank sind die jeweiligen Stähle zu wählen.
Lesen Sie die Infos. Alle erforderlichen Kennwerte werden in der gleichen Zeile rechts eingefügt.

Hinweis: Die nebenstehenden Eingabezellen (gelb) sind eine Option für benutzerdefinierte E-Module und Ausdehnungskennwerte, die eingetragen werden können. Es gelten dann die eingetragenen Daten.

Eingabezeile 21...22 linke Seite:

Zeile 21: Lesen Sie die Infos, und wählen Sie dann den Schrauben-Typ.

Zeile 22: Wählen Sie die Montagetechnik. Empfohlen wird nach dieser Norm immer ein **kontrolliertes Anziehen der Schrauben**.

Eingabezeile 23...24 linke Seite:

Zeile 23: Wählen Sie die Dichtung.

Zeile 24: Bestimmen Sie den TYP:
Weichstoff- / Verbundstoff- oderFaserstoffdichtung.

Zeile 25: Die Berechnung erfolgt für die Standard-Leckrate für gasdichte Verbindungen. Dies entspricht der angezeigten Leckrate. Niedrigere Leckraten sind möglich. Informationen finden Sie dazu im Eingabeblock ab **Zeile 60** auf dem Berechnungsblatt 2.

*Nach diesen Eingaben muss in **Zeile 26** links und rechts erfüllt angezeigt werden.*

Zeile 27: **Geometriedaten**

Zeile 28: Lesen Sie die ***Info*** im Berechnungsblatt.
Klicken Sie in **«FL nach EN 1091-1».** Maße dieser Norm für Flansche, Schrauben, Dichtungen sind in einer Datenbank hinterlegt,für Dichtungen nur bis PN 40.

Zeile 29: Klicken Sie in **Nenndruck PN**. Beachten Sie den Berechnungsdruck und die Berechnungstemperatur.
Hier erfolgt keine Prüfung auf eine korrekte Eingabe.
Der Nenndruck kann, muss aber nicht immer größer als der Berechnungsdruck sein. Dies ist abhängig, insbesondere von Temperatur und Nennweite.

Zeile 30: Wählen Sie die **Nennweite DN**.

Damit sind die maßgebenden Bestimmungsgrößen der Flanschgeometrie festgelegt.

Zeile 31: ***Klicken Sie in die Zelle mit dem Ring.***

Alle Daten ab **Zeile 32...57** werden automatisch eingefügt.

Ist der Vorgang korrekt verlaufen, dann befindet sich der Cursor in **Zeile 57** in der Eingabezelle der Dichtungsdicke. Die Oberfläche springt leider nach rechts. Bitte zurückziehen.

Ist die Flanschverbindung eine Ausführung nach ASME oder ein Konstruktionsflansch mit benutzerdefinierten Maßen, dann müssen ggf. bestimmte eingetragene Maße überschrieben werden.
Um letztlich das Berechnungsdokument fachlich korrekt abschließen zu können, sollten Sie dann in **Zeile 28** die jeweilige Benennung ändern.

Dann jedoch nicht mehr klicken!

Achten Sie bei der Überprüfung vor allem auf folgende Abmessungen:

- Ø Dichtleiste / Höhe der Dichtleiste.
- Wenn Nut / Feder, dann erforderliche Maße der Nut, «Breite x Tiefe», eintragen.
- Scheibendicke, angezeigt wird nur die Dicke für 1 Scheibe. Werden 2 Scheiben. eingesetzt, dann ist die Dicke beider Scheiben zu addieren.
- Schaftlänge der Sechskantschraube, siehe dazu ***Info***.
- Außen-Ø der Dichtung.
- Innen-Ø der Dichtung.
- Die Dichtungsdicke von 2 mm wird als Standard angezeigt. Bestimmte Dichtungen, z.B. Kammprofildichtungen, sind >3 mm.

Zeile 57 links

Zeile 57: Angezeigt wird die nach EN 1092-1 geforderte und berechnete Zusatzkraft bzw. die resultierende Kraft, wenn die Eingabedaten in **Zeile 10...11 > 0** sind.
Empfohlen:
Aus beiden Werten ist die größte Zusatzkraft einzutragen.
Zulässig:
$F_z = 0$ einsetzen, d.h., eine äußere Belastung ist nicht vorhanden.

*Nach diesen Einträgen muss in **Zeile 58** links / rechts **erfüllt** angezeigt werden. D.h., alle Abmessungen und Werte sind eingetragen, geprüft und real ausführbar.*

Berechnungsblatt 2: Eingabe der Dichtungsparameter

Die Eingabe für Ihre Berechnungen erfolgen nur in den gelben Zellen.

Zeile 60: Wählen Sie die Druckstufe.
Für einige Dichtungen gibt es nur 1 oder 2 Stufen.

Zeile 61: Angezeigt wird der *Richtwert* $Q_{min(L)}$. Empfohlen: $Q_{min(L)} \geq$

Zeile 62: Angezeigt wird der *Richtwert* $Q_{Smin(L)}$.
Empfohlen: = Richtwert, aber auch < zulässig.

Zeile 63: Q_A = Anfangspressung bei Montage. Der Richtwert muss mindestens eingetragen werden. Die zugehörige ***Info*** lesen.

«Eingabe abgeschlossen» nach korrekter Vorgehensweise.

Ist das nicht der Fall, muss überprüft und korrigiert werden. Dies ist i.d.R. nachzuvollziehen bzw. angezeigt. Es sei denn, es werden gravierende Fehleingaben gemacht, wie z.B.: E-Modul Stahl = 210,0 anstelle 210.000,0

Zeile 73: ***Cursor in die gelbe Zelle setzen und klicken.***

Die Iteration (Wiederholung, schrittweise Annäherung) wird hier gestartet. Der Anfangswert der Iteration ist die vorhandene theoretische Dichtungsbreite. Der Zielwert ist die effektive Dichtungsbreite. Verwendet wird die Breite, die in der Folgezeile angezeigt wird.

Auswertung 1: Zeile 75...78

Das Dichtheitskriterium ist erst dann erfüllt, wenn alle Werteingaben korrekt mit einem Häkchen freigegeben sind.
Ist ein Wert nicht erfüllt, ist Q_A **(Zeile 63)** zu korrigieren.
Hinweis: Bei kleinen Nennweiten und mittleren bzw. großen Drücken kann der Anfangswert schon bei 60 MPa liegen.

Auswertung 2: ab Zeile 82

1. **Tragfähigkeitsnachweis der Schrauben:**
   Die Auslastung bei der Montage sollte >1/3 sein.
   Eine optimale Auslastung ist ca. 0,4...0,85.
   In jedem Fall ist der Wert <1.

2. **Tragfähigkeitsnachweis der Dichtung:**
   Erfahrungsgemäß wird sie nicht überlastet.
   Die Auslastung ist sowohl von Q_A, der Leckrate,
   der Temperatur als auch der Druckentlastung abhängig.

3. **Tragfähigkeitsnachweis des Flansches:**
   Die Auslastung kann im Bereich von 0,2...0,95 liegen.
   Ist sie niedrig im Montagezustand, dann gilt das Gleiche
   wie bei der Schraube.

Das Anzugsmoment ist aufzurunden, zu beachten ist ggf. der Reibungswert. Die Einhaltung der Flanschgeometrie bei Neukonstruktionen ist zu gewährleisten.

Die Flanschverbindung kann innerhalb einer Anlage gegenüber jeder anderen Verbindungsart die sensibelste Schwachstelle darstellen. Daher muss ein besonderer Wert auf die fachgerechte Montage gelegt werden.

Berechnungsblatt 3: Details, Zwischendaten

Auswertung nur in Verbindung mit der Norm DIN EN 1591-1:2011.
Details und wichtige Zwischendaten enthält Berechnungsblatt 3 automatisch aus den Berechnungen der Berechnungsblätter **1 und 2.**