

DIN EN 13445-3/A6

ICS 23.020.30

Änderung von
DIN EN 13445-3:2018-12**Unbefeuerte Druckbehälter –
Teil 3: Konstruktion;
Deutsche Fassung EN 13445-3:2014/A6:2019**

Unfired pressure vessels –
Part 3: Design;
German version EN 13445-3:2014/A6:2019

Réceptifs sous pression non soumis à la flamme –
Partie 3: Conception;
Version allemande EN 13445-3:2014/A6:2019

Gesamtumfang 54 Seiten

DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13445-3:2014/A6:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 012-00-05 AA „Unbefeuerte Druckbehälter“ im DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA).

Dieses Dokument enthält Änderungen zu DIN EN 13445-3:2018-12.

Es ist vorgesehen, den Inhalt dieses Dokumentes bei einer Folgeausgabe von DIN EN 13445-3 einzuarbeiten.

Deutsche Fassung

Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 3: Konstruktion

Unfired pressure vessels —
Part 3: Design

Réipients sous pression non soumis à la flamme —
Partie 3: Conception

Diese Änderung A6 modifiziert die Europäische Norm EN 13445-3:2014. Sie wurde vom CEN am 27. August 2018 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen diese Änderung in der betreffenden nationalen Norm, ohne jede Änderung, einzufügen ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Änderung besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC-Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Änderung zu Abschnitt 2, Normative Verweisungen.....	5
2 Änderung zu G.1, Zweck	5
3 Löschen von Anhang GA (informativ), Alternativverfahren zur Auslegung von Flanschen und Flanschverbindungen mit Dichtung.....	5
4 Änderung des Anhangs J (normativ), Alternativverfahren zur Auslegung von Rohrböden für Wärmeaustauscher	6
Anhang J (normativ) Alternativverfahren zur Auslegung von Rohrböden für Wärmeaustauscher.....	6
J.1 Zweck.....	6
J.2 Zusätzliche Definitionen	6
J.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen	6
J.3.1 Allgemeines	6
J.3.2 Indizes.....	9
J.3.3 Symbole	10
J.4 Allgemeines	16
J.4.1 Anwendungsbereich.....	16
J.4.2 Mechanisches Modell	17
J.4.3 Berechnungsverfahren.....	18
J.5 Parameter für alle Typen.....	21
J.5.1 Durchmesser und Breiten	21
J.5.2 Mit Löchern versehener Bereich des Rohrbodens am Rohrboden	29
J.6 Nicht durch Rohre gestützte Rohrböden	30
J.6.1 Allgemeines	30
J.6.2 Aktive Drücke	30
J.6.3 Bestimmender Druck und Verteilungsparameter	30
J.7 Durch gerade Rohre gestützte Rohrböden.....	30
J.7.1 Allgemeines und konstante Parameter	30
J.7.2 Aktive direkte Drücke.....	34
J.7.3 Rohrabstützung.....	34
J.7.4 Reaktive Drücke.....	36
J.7.5 Aktiver resultierender Druck	36
J.7.6 Bestimmender Druck, der die resultierende effektive Axialkraft repräsentiert	37
J.8 Randbiegemomente.....	39
J.8.1 Allgemeines	39
J.8.2 Aktives Biegemoment durch Bolzenbelastung M_A	41
J.8.3 Aktives Biegemoment durch Fluiddruck M_B	42
J.8.4 Reaktives Biegemoment von verbundenen Bauteilen M_C	42
J.8.5 Begrenzung des reaktiven Biegemoments durch den Rohrboden M_D	42
J.8.6 Resultierendes optimales Randbiegemoment.....	43
J.8.7 Druck, welcher das Moment repräsentiert.....	43
J.9 Grenzlastbedingungen für sämtliche Rohrböden.....	43
J.9.1 Biegen innerhalb des berohrten Bereichs.....	43
J.9.2 Prüfungen am Rand des berohrten Bereichs und an der Flanschverlängerung des Rohrbodens	43
J.9.3 Örtliche Belastung in unberohrte Bereiche.....	45
J.9.4 Zusätzliche Wirkung der Eigenlast	45
J.9.5 Zusammenwirken verschiedener Belastungen.....	46

J.10	Berechnung auf Ermüdungslebensdauer für Festkopf-Wärmeaustauscher ohne Kompensator.....	46
J.10.1	Befreiung von der Berechnung auf Ermüdungslebensdauer	46
J.10.2	Vereinfachte Berechnung auf Ermüdungslebensdauer	46
J.10.3	Ausführliche Berechnung auf Ermüdungslebensdauer	47

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 13445-3:2014/A6:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis September 2019, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2019 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil von EN 13445-3:2014 ist.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1 Änderung zu Abschnitt 2, Normative Verweisungen

Die folgende neue Verweisung ist an der richtigen Stelle hinzuzufügen:

„EN 13555:2014, Flansche und ihre Verbindungen — Dichtungskennwerte und Prüfverfahren für die Anwendung der Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtungen“

2 Änderung zu G.1, Zweck

Der Inhalt dieses Abschnittes ist mit dem folgenden Text zu ersetzen:

„Dieser Anhang regelt die Berechnung verschraubter runder Flanschverbindungen mit Dichtung. Er gilt für Flansche und verschraubte gewölbte Böden und stellt eine Alternative zu den Verfahren in Abschnitt 11 und Abschnitt 12 dar. Zweck des Anhangs ist es, die konstruktive Druckfestigkeit und Dichtheit einer Verbindung zu gewährleisten, die aus zwei Flanschen, Schrauben und einer Dichtung besteht. Die am Flansch wirkenden Lasten sind in Bild G.3-1 dargestellt. Bild G.3-2 bis Bild G.3-3 zeigen verschiedene Arten von Schrauben und Dichtungen.

Die Anwendung dieses alternativen Verfahrens wird insbesondere dann empfohlen, wenn eine genauere Berechnung durch einen der folgenden Umstände vorgenommen wird:

- a) Notwendigkeit, die Dichtheit beim Vorhandensein von gefährlichen Flüssigkeiten sicherzustellen;
- b) mehrere Auslegungs- und Prüfbedingungen;
- c) Auftreten von zusätzlichen äußeren Lasten;
- d) Auftreten von Temperaturunterschieden zwischen den verschiedenen Komponenten der Schraubverbindung;
- e) Notwendigkeit der Vermeidung einer Überlastung der Schrauben und/oder der Dichtung.

Bei der Anwendung dieses alternativen Berechnungsverfahrens wird ein kontrolliertes Einbauverfahren (siehe Tabelle G.8-2) empfohlen, das vom Hersteller im Benutzerhandbuch dokumentiert werden sollte.

Dieser Anhang basiert auf EN 1591-1:2001, *Flansche und ihre Verbindungen — Regeln für die Berechnung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtungen — Teil 1: Berechnungsmethode*. Die neue Ausgabe dieser Norm, EN 1591-1:2013, regelt die Berechnung einer Schraubverbindung unter Berücksichtigung der spezifizierten Leckrate durch die Dichtung. Eine solche Berechnung ist jedoch nur möglich, wenn der Dichtungshersteller ausreichende Dichtungsparameter zur Verfügung stellt, oder wenn diese Parameter das Ergebnis spezifischer Prüfungen nach EN 13555:2014 sind. Daher ist, sofern die spezifizierten Leckraten eine Konstruktionsanforderung sind und ausreichend Dichtungsdaten verfügbar sind, EN 1591-1:2013 als Alternative zu diesem Anhang oder Abschnitt 11 und Abschnitt 12 anzuwenden. Die Anwendung von EN 1591-1:2013 gilt nicht für Schraubverbindung zwischen Flansch und der Flanschverlängerung eines Wärmetauscherrohrbodens (siehe Bild J.12 und Bild J.13) und für einen Rohrboden, der zwischen zwei Flanschen eingespannt ist (siehe Bild J.11).“.

3 Löschen von Anhang GA (informativ), Alternativverfahren zur Auslegung von Flanschen und Flanschverbindungen mit Dichtung

Der gesamte informative Anhang GA ist zu löschen.

4 Änderung des Anhangs J (normativ), Alternativverfahren zur Auslegung von Rohrböden für Wärmeaustauscher

Der bestehende Anhang ist mit Folgendem zu ersetzen:

”

Anhang J (normativ)

Alternativverfahren zur Auslegung von Rohrböden für Wärmeaustauscher

J.1 Zweck

Dieser Anhang legt alternative Regeln fest, die von den Regeln in Abschnitt 13 zur Auslegung von Rohrbündelwärmeaustauschern abweichen. Sie gelten für folgende Typen von Wärmeaustauschern:

- U-Rohr-Wärmeaustauscher, siehe Bild J.1; auch für Wärmeaustauscher mit Rohren mit Verschlusskappen und nur einem Rohrboden, und Wärmeaustauscher mit gekrümmten Rohren und einer beliebigen Anzahl separater Rohrböden;
- Wärmeaustauscher mit eingetauchtem Schwimmkopf; siehe Bild J.2.a) und Bild J.2.b);
- Wärmeaustauscher mit außen abgedichtetem Schwimmkopf; siehe Bild J.3;
- Wärmeaustauscher mit innen abgedichtetem Schwimmkopf; siehe Bild J.4;
- Festkopf-Wärmeaustauscher mit Kompensator; siehe Bild J.5;
- Festkopf-Wärmeaustauscher ohne Kompensator; siehe Bild J.6.

J.2 Zusätzliche Definitionen

Die folgenden Definitionen gelten zusätzlich zu denen in Abschnitt 3.

J.2.1

äußerer Rohrbodenrand

Kreis, der alle Rohre umschließt

J.2.2

Auslastungsgrad

Quotient aus berechneter Last oder berechnetem Moment an einem Bauteil und zulässiger Last bzw. zulässigem Moment

J.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen

J.3.1 Allgemeines

Die folgenden Symbole und Abkürzungen gelten zusätzlich zu denen in Abschnitt 4.

Bild J.1 bis Bild J.6 zeigen die sechs Haupttypen von Rohrbündelwärmeaustauschern. Bild J.7 bis Bild J.13 decken spezifische Detaildarstellungen ab. Alle Bilder veranschaulichen allgemeine Eigenschaften. Sie sind nicht dazu gedacht, alle möglichen Kombinationen für welche das Verfahren anwendbar ist, abzudecken.

In Bild J.1 bis Bild J.6 kann der äußere Teil des Festkopfrohrbodens entweder an den/die benachbarten Mantel/Mäntel angeschraubt oder angeschweißt sein. Die Detaildarstellungen dieses oberen Teils des Rohrbodens mit den entsprechenden Flanschen (falls vorhanden) wurden mit einer dunklen Farbe skizziert, da diese für die Bestimmung der Axialkräfte (Berechnungsparameter PR) nicht erforderlich sind. Zur Vereinfachung wurden alle Enden flach dargestellt (obgleich diese in der Regel gewölbt sind).

Leitbleche und Stützplatten werden in den Bildern nicht gezeigt.

Andere Typen, die nicht in Bild J.1 bis Bild J.6 gezeigt werden, umfassen:

- Bild J.1: Gerade Rohre mit Verschlusskappen; allgemein gekrümmte Rohre mit zwei oder mehr Rohrböden;
- Bild J.2: Schwimmkopfboden, vollständig verschweißt;
- Bild J.3: Andere Arten von Abdichtungen (z. B. O-Ring statt Stopfbuchse);
- Bild J.4: Andere Arten von Abdichtungen (z. B. Stopfbuchse);
- Bild J.5: Andere Arten von Kompensatoren;
- Bild J.6: Rohrböden, welche sehr dünn sind.

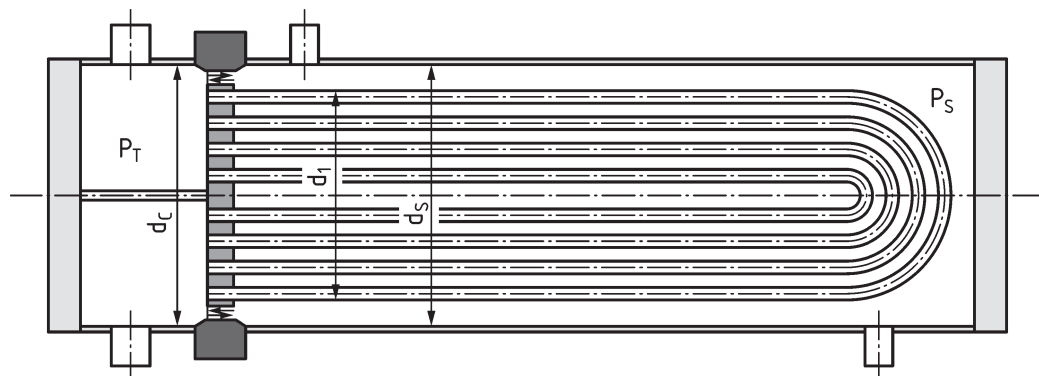


Bild J.1 — U-Rohr-Wärmeaustauscher

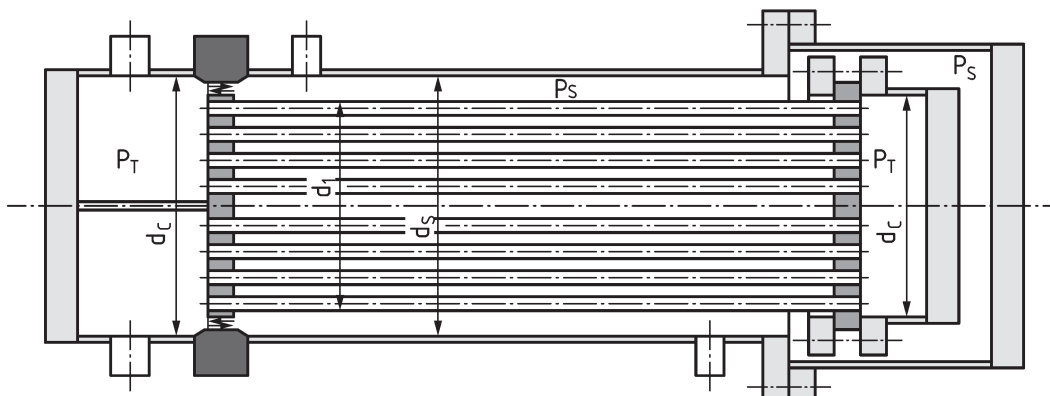


Bild a) — Schwimmkopf-Wärmeaustauscher mit eingetauchtem Schwimmkopf
(Schwimmkopf eingespannt zwischen zwei Flanschen)

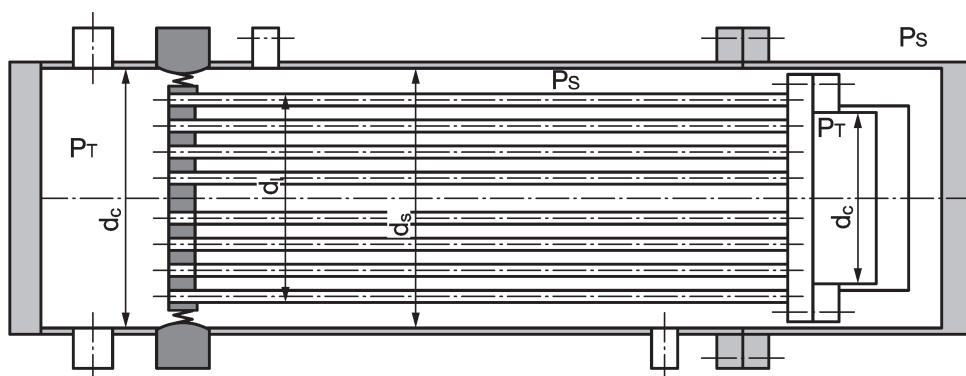


Bild b) — Schwimmkopf-Wärmeaustauscher mit eingetauchtem Schwimmkopf
(Schwimmkopf mit Flanschverlängerung)

Bild J.2 — Schwimmkopf-Wärmeaustauscher mit eingetauchtem Schwimmkopf

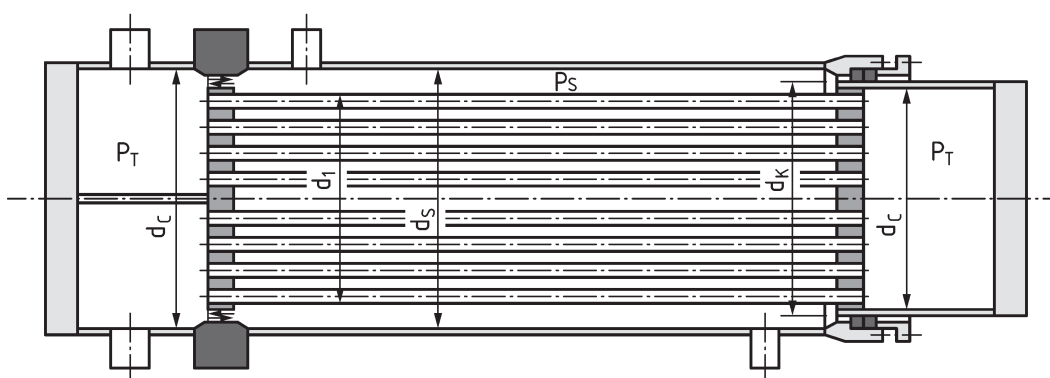


Bild J.3 — Schwimmkopf-Wärmeaustauscher mit außen abgedichtetem Schwimmkopf

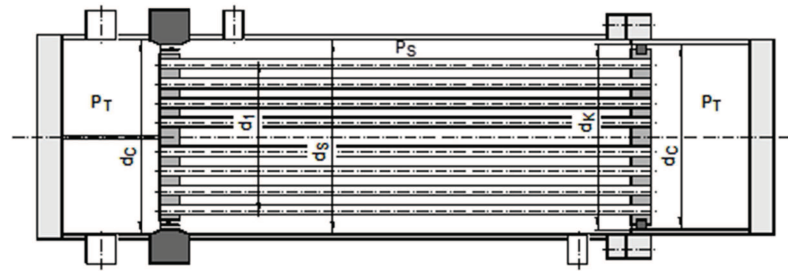


Bild J.4 — Schwimmkopf-Wärmeaustauscher mit innen abgedichtetem Schwimmkopfrohrboden

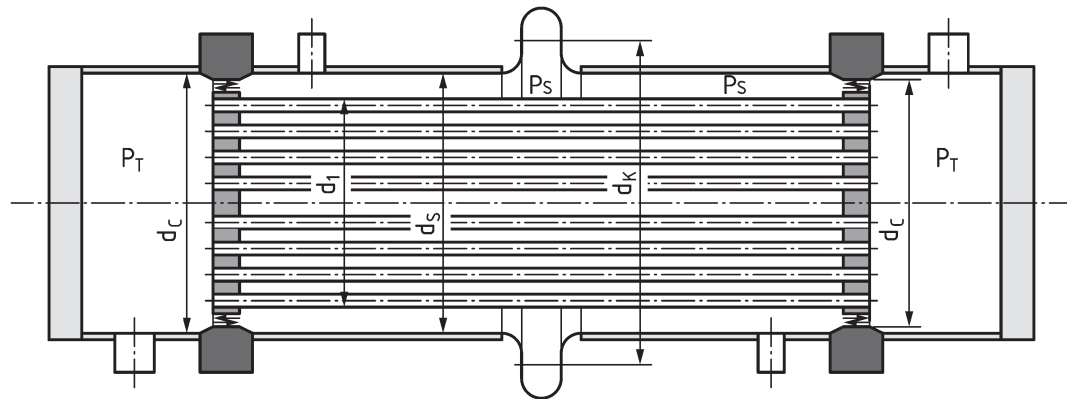


Bild J.5 — Festkopf-Wärmeaustauscher mit einem Kompensator

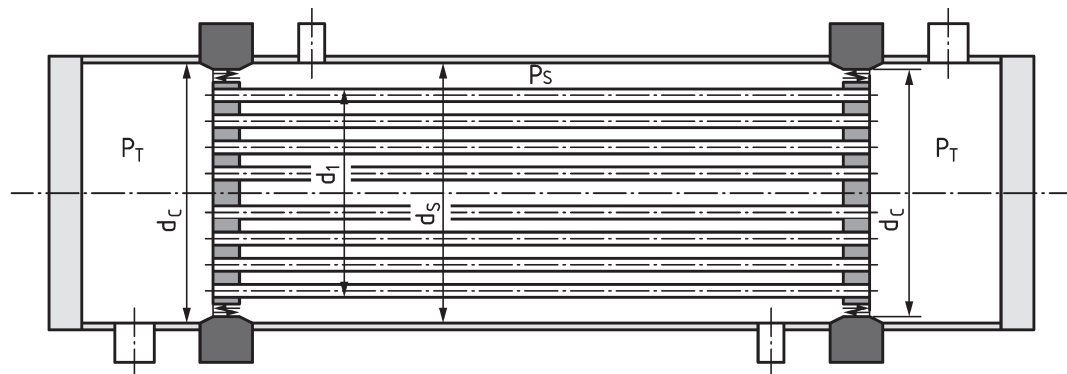


Bild J.6 — Festkopf-Wärmeaustauscher ohne Kompensator

J.3.2 Indizes

ANMERKUNG Lateinische Großbuchstaben beziehen sich auf Bauteile oder Bereiche von Bauteilen oder beschreiben Werte. Lateinische Kleinbuchstaben bezeichnen Eigenschaften oder Arten von Belastungen oder Arten von Reaktionen.

A	für	Außenbereich des mit Löchern versehenen Bereichs des Rohrbodens;
B	für	Bolzen oder Leitblech;
C	für	Vorkammer;
D	für	Differenz zwischen zwei Werten;
E	für	effektive Werte;
F	für	Flansch;
G	für	Dichtung;

I	für	Innenbereich des mit Löchern versehenen Bereichs des Rohrbodens;
J	für	Kompensator {C: Abschnitt 13};
K	für	Kompensation;
M	für	momentbezogene Werte;
P	für	Platte (Rohrboden); oder Druckbezogene Werte;
Q	für	lastbezogene Werte {C: ähnlich zu „P“ und „R“};
R	für	resultierende Last; oder Rohrbündel, mit Löchern versehener Bereich des Rohrbodens; oder beliebiger Wert zwischen „Q“ und „S“;
S	für	Mantel;
T	für	Rohre oder Rohrseite (Vorkammer-Seite);
U	für	nicht mit Löchern versehener Bereich des Rohrbodens;
W	für	Gewicht; oder Schweißnaht;
X	für	Verbindung Rohr-Rohrboden;
av	für	Durchschnittswert;
b	für	Biegung;
c	für	zusammendrückend, Druck- (Beanspruchung oder Kraft);
e	für	Außen-, äußerer (Druck); oder effektiv;
i	für	Innen-, innerer (Druck);
l	für	Längs-;
min	für	minimaler Wert;
max	für	maximaler Wert;
opt	für	optimaler Wert;
red	für	reduzierter Wert;
t	für	Zug- (Beanspruchung oder Kraft); oder Gesamtmenge.

J.3.3 Symbole

ANMERKUNG Maßeinheiten sind in eckigen Klammern angegeben; [1] bezeichnet eine „dimensionslose“ Größe.

A_R	Querschnittsfläche des mit Löchern versehenen Bereichs des Rohrbodens, [mm ²];
$A_{R(min)}$	Mindestfläche des mit Löchern versehenen Bereichs des Rohrbodens, [mm ²], siehe J.5.1.1.3.2;
A_X	Querschnittsfläche der Verbindung zwischen Rohr und Rohrboden, [mm ²];
a_T	effektive Nahthöhe der Schweißnaht am Rohrende, [mm], wie folgt präzisiert: $a_{T,p}$ an der Platte (Rohrboden); $a_{T,T}$ am Rohr; $a_{T,R}$ zwischen Platte und Rohr;
B_0	der entstehende Faktor für das Rohrbündel, den Mantel und die Vorkammer [1];
B_{R1}, B_{R2}, B_{R3}	Faktoren des Rohrbündels [1];
B_{S1}, B_{S2}, B_{S3}	Faktoren des Mantels und Vorkammer [1];

b_F	die tatsächliche Breite der Flanschverlängerung des Rohrbündels [mm], siehe Bild J.10 bis Bild J.13;
b_R	mittlere Breite des unberohrten Randes, auf den beidseitig Druck einwirkt [mm], siehe J.5.1;
b_S	tatsächliche Breite des unberohrten Randes [mm], auf den einseitig Druck einwirkt, Wert kann positiv oder negativ sein; siehe J.5.1;
b_U	größte Breite des unberohrten Randes [mm], gemäß Konstruktionszeichnung des Rohrbodens; siehe Bild J.7 und J.9.3;
$C_0, C_A, C_C,$ C_{AA}, C_{AC}, C_{CC}	Beiwerte [1] zur Bestimmung der Knicklänge, siehe J.7.1.3;
C_1, C_2	Faktoren für die Berechnung auf Ermüdungslebensdauer [1], siehe Bild J.15;
D_J	Innendurchmesser des Kompensators, [mm]; siehe 13.5;
d_C, d_S	Innendurchmesser des Vorkammerzylinders (C) bzw. des Mantelzylinders (S), [mm];
$d_0, d_{0,e}$	Rohrlochdurchmesser [mm], d_0 ist der tatsächliche Wert, $d_{0,e}$ ist der effektive Wert;
d_F	Durchmesser, an welchem sich die Dicke der Rohrbodens von e_p zu e_F ändert;
d_1	Durchmesser des mit Löchern versehenen Bereichs des Rohrbodens, der bei der Berechnung verwendet wird [mm], siehe J.5.1;
$d_{1(av)}$	Mittelwert von $d_{1(min)}$ und $d_{1(max)}$, [mm], siehe J.5.1.1.4;
$d_{1(max)}$	maximaler Wert von d_1 , [mm], siehe J.5.1.1.2;
$d_{1(min)}$	minimaler Wert von d_1 , [mm], siehe J.5.1.1.3;
d_2	tatsächlicher Durchmesser, [mm], an dem P_S und P_T wirken;
$d_3, d_{3,e}$	Lochkreisdurchmesser, [mm]; d_3 für den tatsächlichen Wert, $d_{3,e}$ für den effektiven Wert;
d_{GC}, d_{GS}	effektive Dichtungsdurchmesser, [mm], für Vorkammerseite (C) bzw. Mantelseite (S);
d_K	Durchmesser, über welchen die Axialkräfte wirken, [mm]; für Schwimmköpfe ist dies der Durchmesser der Gleitfläche an einer gefüllten Stopfbuchse oder einer O-Ring-Dichtung; für Kompensatoren ist dies der mittlere Innendurchmesser des Kompensators: $d_K = D_J + h_j$;
d_T	Rohraußendurchmesser, [mm];
E_P, E_T	E-Moduln von Rohrboden (P = Platte) bzw. Rohren (T), [MPa];
E_C, E_S	E-Moduln von Vorkammer (C) bzw. Mantel (S), [MPa];
E^*	effektiver E-Modul des Rohrbodens [MPa], siehe Bild 13.7.8-1 und/oder Bild 13.7.8-2;
e_C	Berechnungswanddicke des Vorkammerzylinders im an den Rohrboden angrenzenden Abschnitt, [mm];
e_F	die durchschnittliche Dicke der Flanschverlängerung des Rohrbündels [mm], siehe Bild J.10 bis Bild J.13;
e_p	Berechnungswanddicke des Rohrbodens (Platte), [mm], im mit Löchern versehenen Bereich des Rohrbodens und unberohrten Randes;
$e_{P,red}$	eventuell reduzierte Dicke des Rohrbodens (Platte) an seinem Außenumfang, [mm]; $e_{P,red} \leq e_p$;

e_S	Berechnungswanddicke des Mantelzylinders im an den Rohrboden angrenzenden Abschnitt, [mm];
$e_{S,av}$	mittlere Dicke des Mantelzylinders über die Gesamtlänge L_T [mm];
e_T	Rohrwanddicke [mm];
e_U	Berechnungswanddicke des Rohrbodens im nicht mit Löchern versehenen Bereich des Rohrbodens [mm]; normalerweise $e_U = e_P$;
F_B	Gesamtkraft durch die Schrauben (Gesamtkraft für eine Flanschverbindung) [N], siehe Anhang G; Bis zur Einführung eines spezifischen Verfahrens zur Berechnung der Bolzenbelastung in der Verbindung zwischen Flansch und angeschraubtem Rohrboden (siehe Bild J.12 und Bild J.13), darf der Wert F_B durch Betrachtung des Rohrbodens als flachen Abschluss der selben Dicke berechnet werden. Bei Rohrböden, die zwischen zwei Flanschen eingespannt sind (siehe Bild J.11), darf die Flanschberechnung über eine modifizierte Dichtung unter Berücksichtigung des Rohrbodens ausgeführt werden. Siehe J.4.3.1 für weitere Einzelheiten;
$F_{G,C}, F_{G,S}$ $[F_t], [F_c]$	Gesamt-Reaktionskraft der Dichtung, [N], Vorkammerseite (C) bzw. Mantelseite (S); zulässige Gesamt-Axialkräfte in dem Mantel, [N], $[F_t]$ für Zugbeanspruchung, $[F_c]$ für Druckbeanspruchung, siehe J.7.5;
F_R	Gesamt-Axialkraft, die auf Rohrbündel und Mantel wirkt, [N], siehe J.7.5;
F_W	Gesamtgewicht, das als Kraft auf einen Rohrboden wirkt, [N], siehe J.9.4;
f_C	Berechnungsnennspannung des Vorkammerzylinders im an den Rohrboden angrenzenden Abschnitt, [MPa];
f_F	Berechnungsnennspannung der Flanschverlängerung des Rohrbodens (Platte), [MPa]; normalerweise $f_F = f_P$;
f_P	Berechnungsnennspannung des Rohrbodens (Platte), [MPa];
f_S	Berechnungsnennspannung des Mantelzylinders im an den Rohrboden angrenzenden Mantelabschnitt, [MPa];
f_T	Berechnungsnennspannung der Rohre, [MPa];
$f_{T,t}$	zulässige Längsspannung in zugbeanspruchten Rohren, [MPa], siehe J.7.3;
$f_{T,c}$	zulässige Längsspannung in druckbeanspruchten Rohren, [MPa], siehe J.7.3;
f_X	zulässige Berechnungsspannung für die Verbindung Rohr/Rohrboden, [MPa], siehe J.7.3; $f_{X,E}$ und $f_{X,W}$ sind spezielle Werte von f_X ;
H_1, H_2, H_3	Faktoren, die bei der Berechnung auf Ermüdungslebensdauer verwendet werden, [1], siehe Bild J.15;
h_I	Innenhöhe des Kompensators, [mm]; siehe 13.5;
j	ganze Zahl zur Angabe einer trapezförmigen Fläche (berohrt oder unberohrt);
k	ganze Zahl zur Angabe eines unberohrten Bereiches (Durchgangstrennwand);
K_{e1}, K_{e2}, K_{e3}	wirksame Spannungserhöhungsfaktoren, [1], die bei der Berechnung auf Ermüdungslebensdauer verwendet werden, siehe J.10;

L_1, L_2, L_3	Belastungsparameter, [1], die bei der Berechnung eines Auslastungsgrades verwendet werden, siehe J.9.1;
L_T	tatsächliche Gesamtlänge der Rohre, [mm]; in Bild J-9 zwischen den Außenflächen der Rohrböden dargestellt;
l_A	nicht gestützte Länge der Rohre, [mm], zwischen dem ersten Rohrboden und dem ersten Stützblech, siehe Bild J.9;
l_B	Höchstwert der ungestützten Länge des Rohrs, [mm], zwischen zwei benachbarten Stützblechen, siehe Bild J.9;
l_C	ungestützte Länge des Rohrs, [mm], zwischen dem letzten Stützblech und dem zweiten Rohrboden, siehe Bild J.9;
l_R	charakteristische Länge des Rohrbündels, [mm], die für die Berechnung auf Ermüdungslebensdauer verwendet wird, siehe J.10.3;
$l_{T,K}$	Knicklänge der Rohre, [mm], siehe J.7.1;
l_X	Kontaktlänge zwischen Rohr und Rohrboden [mm], siehe J.5.2.1;
M_1	resultierendes Biegemoment [Nmm/mm] am Durchmesser d_1 ;
M_2	resultierendes Biegemoment [Nmm/mm] am Durchmesser d_2 ;
M_A	aktives Biegemoment durch Bolzenbelastung [Nmm/mm] am Durchmesser d_2 , siehe J.8.2;
M_B	aktives Biegemoment durch Fluidruck [Nmm/mm] am Durchmesser d_2 , siehe J.8.3;
M_C	reaktives Biegemoment [Nmm/mm] von verbundenen Bauteilen, siehe J.8.4;
M_D	Begrenzung des reaktiven Biegemoments [Nmm/mm] am Durchmesser d_2 , siehe J.8.5;
N_B	Anzahl der Leitbleche [1]; $N_{B,t}$ ist die tatsächliche Anzahl, $N_{B,e}$ die wirksame Anzahl;
N_C	Anzahl der Lastzyklen [1];
N_I	die Anzahl der möglichen Rohre, [1]; siehe J.5.1;
$N_{I(min)}$	Mindestanzahl möglicher zusätzlicher Rohre für den gesamten mit Löchern versehenen Bereich des Rohrbodens, [1], siehe J.5.1.1.3.2;
$N_{I(k)}$	Anzahl möglicher zusätzlicher Rohre in einem bestimmten unberohrten trapezförmigen Bereich, [1], siehe J.5.1.1.3.2;
$N_{I(r)}$	Anzahl möglicher zusätzlicher Rohre in einer bestimmten Rohrreihe, [1], siehe J.5.1.1.3.2;
N_T	Anzahl der Rohrlöcher [1];
n_B	Anzahl der Schrauben, [1], in einer Flanschverbindung;
P_A, P_I	Resultierende von aktiven und reaktiven Axialkräften je Flächeneinheit im Rohrbündel im mit Löchern versehenen Bereich des Rohrbodens [$N/mm^2 = MPa$]; P_A im Außenbereich, P_I im Innenbereich, siehe J.7.6;
P_D	direkte Fluidruckdifferenz zwischen Rohrseite und Mantelseite, [MPa], siehe J.6.2, J.7.2;
P_E	effektive Druckdifferenz im mit Löchern versehenen Bereich des Rohrbodens, [MPa], siehe J.7.2;

P_M	äquivalenter Druck [MPa], welcher das resultierende Biegemoment M_1 (resultierendes Moment aus aktivem und reaktivem Moment, kann den Wert Null haben) am Durchmesser des mit Löchern versehenen Bereichs des Rohrbodens repräsentiert, siehe J.8.6;
P_Q	äquivalenter Druck [MPa], welcher die resultierende effektive Axialkraft (resultierende Kraft aus aktiver und reaktiver Kraft, kann den Wert Null haben) am Durchmesser des mit Löchern versehenen Bereichs des Rohrbodens repräsentiert, [MPa], siehe J.6.3, J.7.6;
P_R	äquivalenter Druck [MPa], welcher die resultierende aktive axiale Schubkraft am Durchmesser des mit Löchern versehenen Bereichs des Rohrbodens repräsentiert, [MPa], siehe J.6.2, J.7.5;
p	Rohrteilung im mit Löchern versehenen Bereich des Rohrbodens, [mm], siehe Bild J.7;
p_b	Rohrteilung im Verhältnis zur Höhe der trapezförmigen Fläche, [mm];
p_c	Rohrteilung im Verhältnis zur Breite der trapezförmigen Fläche, [mm];
Q_A, Q_I	reaktive Axialkräfte je Flächeneinheit des Rohrbündels im mit Löchern versehenen Bereich des Rohrbodens [MPa]; Q_A im Außenbereich, Q_I im Innenbereich, siehe J.7.4;
$[Q_t], [Q_c]$	zulässige Axialkräfte je Flächeneinheit des Rohrbündels im mit Löchern versehenen Bereich des Rohrbodens, [MPa]; $[Q_t]$ für Zugbeanspruchung, $[Q_c]$ für Druckbeanspruchung, siehe J.7.3;
q	Faktor für die Rohrabstützung, [1], siehe J.9.3;
r	ganze Zahl zur Angabe einer Rohrreihe;
r_o	Radius der äußersten Rohrlochmitte [mm]; siehe Bild J.7(a) und Anmerkung in J.5.1.1.2 (siehe auch Bild 13.7.3-1);
T_S, T_T	Temperaturbereiche, [K], zwischen Maximal- und Minimaltemperatur von Mantel (S) bzw. Rohren (T). Zum Zwecke der Berechnung dieser Werte wird eine Umgebungstemperatur von +20 °C angenommen;
u, v, w	Faktoren [1], welche in J.7.6 verwendet werden;
x_S, x_T	relative Flächen des Rohrbodens, [1], auf die P_S bzw. P_T einwirkt; siehe J.7.1;
Y	Faktor [1], welcher in J.7.1 verwendet werden;
α_S, α_T	Wärmeausdehnungsbeiwerte des Mantels bzw. der Rohre [K ⁻¹];
β	Faktor, der durch die Gleichung (J.10.2-3) bestimmt wird;
γ_R	Steifigkeitsbeiwert des unberohrten Randes, siehe J.10.3;
$\Delta d_{(act)}$	die Differenz zwischen $d_{1(max)}$ und $d_{1(min)}$, [mm];
$\Delta d_{(all)}$	die zulässige Differenz zwischen $d_{1(max)}$ und $d_{1(min)}$, [mm];
$\Delta M_1, \Delta M_2$	Schwingbreite der Biegemomente im Rohrboden, [Nmm/mm], in einer Berechnung auf Ermüdungslebensdauer verwendet;
$\Delta P_F, \Delta P_S, \Delta P_T$	Schwingbreite der Drücke, [MPa], in einer Berechnung auf Ermüdungslebensdauer verwendet, siehe J.10.2;
$\Delta S_1, \Delta S_2$	Schwingbreite der Schubkräfte im Rohrboden, [N/mm], in einer Berechnung auf Ermüdungslebensdauer verwendet, siehe J.10.3;
$\Delta \sigma_{b1}, \Delta \sigma_{b2}$	Schwingbreite der rechnerischen Biegespannungen im Rohrboden, [MPa], in einer Berechnung auf Ermüdungslebensdauer verwendet, siehe J.10.3;

$\Delta\sigma_{\text{T}}$	Schwingbreite der berechneten Längsspannungen in den Rohren [MPa], in einer Berechnung auf Ermüdungslebensdauer verwendet;
$\Delta\sigma_{\text{R}}$	erlaubte Spannungsschwingbreite des Rohrbodens (Platte) [MPa], in einer Berechnung auf Ermüdungslebensdauer verwendet;
δ_{X}	Beiwert für die relative Festigkeit der Verbindung Rohr/Rohrboden, [1], siehe J.5.2;
ζ	Kraftverteilungsparameter, [1], für gestützte Rohrböden; dies ist der relative Radius der Grenze zwischen den Reaktionen Q_{I} und Q_{A} , siehe J.7.1.1 und J.7.6.2;
η	Momentverteilungsparameter, [1], für alle Rohrböden; dies ist der relative Radius der Grenze zwischen dem konstantem und dem variablem, tangentialem Biegemoment im Rohrboden, siehe J.6.3, J.7.1.1 und J.7.6.3;
ϑ	relative Querschnittsfläche der Rohre, [1], siehe J.7.1;
κ_{P}	relative Schubfestigkeit des Rohrbodens, [1], siehe J.5.2;
$\lambda_{\text{A}}, \lambda_{\text{C}}$	geometrische Parameter für das Knicken von Rohren, [1], siehe J.7.1;
$\lambda_{\text{R}}, \lambda_{\text{S}}$	geometrische Parameter für unberohrte Ränder, [1], siehe J.5.1;
μ_{X}	Reibungsbeiwert, [1], der Verbindung Rohr/Rohrboden bei Dehnung, siehe J.7.3;
μ^*	Rohrlochsteg-Verschwächungsbeiwert des Rohrbodens bei Biegebeanspruchung (Abschnitt 13); wird in diesem Anhang durch φ_{P} ersetzt;
ν_{P}	Querkontraktionszahl des nicht mit Löchern versehenen Rohrbodens (Platte), [1];
ν_{S}	Querkontraktionszahl des Mantelzylinders, [1];
ν_{T}	Querkontraktionszahl der Rohre, [1];
ν^*	effektive Querkontraktionszahl für den mit Löchern versehenen Rohrboden, [1], erhalten aus 13.7;
σ	allgemeines Symbol für aktive Spannung, [MPa], das durch Indizes näher zu bezeichnen ist, siehe J.7.3, $\sigma_{\text{T(P)}}$;
$[\sigma]$	allgemeines Symbol für zulässige Spannung, [MPa], das durch Indizes näher zu bezeichnen ist, siehe J.7.5;
$\sigma_{\text{T(P)}}$	mittlere Längsspannung in den Rohren, [MPa], dividiert durch den Sicherheitsfaktor 1,50, siehe J.7.3;
$\phi_{\text{B}}, \phi_{\text{S}}, \phi_{\text{U}},$ ϕ_{W} und $\phi_{\text{P,t}}$	sind Auslastungsgrade [1], siehe J.2.2 und J.9;
φ_{P}	relative Biegefestigkeit des Rohrbodens, [1], siehe J.5.2;
χ	Parameter für den nicht mit Löchern versehenen Bereich des Rohrbodens am Rand, [1], siehe J.9.3;
ψ_{E}	Steifigkeitsparameter für den nicht mit Löchern versehenen Bereich des Rohrbodens, [1], siehe J.10.3;
ω_{R}	Steifigkeitsbeiwert für den nicht mit Löchern versehenen Bereich des Rohrbodens, [1], siehe J.10.3.