

<b>Berücksichtigung von Stutzenlasten an Apparaten in verfahrenstechnischen Anlagen</b>  <b>Consideration of Nozzle Loads on Vessels in Process Plants</b>	<b>NozzleSpecApp</b>
--	----------------------

**Hinweis**

Diese Spezifikation wurde durch folgende Unternehmen erarbeitet:

BASF AG  
 Bayer Technology Services GmbH  
 Degussa AG  
 Ingenieurbüro Peter  
 LII Europe GmbH  
 Linde AG  
 Lurgi AG

**Note**

*This specification has been developed by the following companies:*

**Inhalt**

	Seite	<b>Contents</b>	Page
1 Anwendungsbereich	1	1 <i>Scope</i>	1
2 Allgemeines	2	2 <i>General</i>	2
3 Konstruktionsgrundsätze	2	3 <i>Design Principles</i>	2
4 Rechnerische Nachweise	3	4 <i>Calculation</i>	3
5 Stutzenlast-Tabelle	5	5 <i>Nozzle Load Table</i>	5
6 Stutzenlast-Angaben auf Zeichnungen	5	6 <i>Indication of Nozzle Loads on Drawings</i>	5
Anhang	6	<i>Appendix</i>	6
Nomenklatur	11	<i>Nomenclature</i>	11
Zitierte Normen / Veröffentlichungen	12	<i>Standards referred to / Publications</i>	12

**1 Anwendungsbereich**

Nachstehende Anforderungen beziehen sich nur auf die Berücksichtigung der Stutzenlasten an Apparaten aus metallischen Werkstoffen in verfahrenstechnischen Anlagen unter statischer Belastung. Die Stutzenlasten sind sowohl bei dem rechnerischen Nachweis der lokalen Spannungen (siehe Abschnitt 4.3) als auch bei dem globalen Nachweis (siehe Abschnitt 4.4) zu berücksichtigen.

Die Konstruktionsgrundsätze dieser Spezifikation (siehe Abschnitt 3) sind für alle **Rohrleitungs-Anschlussstutzen**, unabhängig von deren Nenndurchmesser, einzuhalten.

Die in dieser Spezifikation geforderten rechnerischen Nachweise sind nur für Stutzen erforderlich, die vom Auftraggeber in der Apparatespezifikation entsprechend bezeichnet sind.

**1 Scope**

*The following requirements refer to static nozzle loads on metallic apparatus in process plants only.*

*The nozzle loads have to be considered for both the calculation of local stresses (see chapter 4.3) and global stresses (see chapter 4.4).*

*The design principles of this specification (see chapter 3) shall be applied for **all nozzle pipe connections**, independent of their nominal sizes.*

*Calculations as demanded in this specification are required only for those nozzles indicated in the Technical Specification of the apparatus.*

## 2 Allgemeines

In dieser Spezifikation wird beschrieben, welche rechnerischen Nachweise zu führen sind.

Nur für Stutzen, die gemäß Vorgabe (Anfrage und Bestellung) höhere Festigkeitsreserven benötigen, sind Nachweise zu führen. Dies erfolgt durch Berücksichtigung von Lasten gemäß Tabelle 1.

Der Auftraggeber muss sicherstellen, dass die im Zuge der Rohrleitungsplanung berechneten tatsächlichen Lasten nicht höher sind als Lasten nach Tabelle 1 oder es ist durch nachträgliche Stutzenberechnungen nachzuweisen, dass die Forderungen des Regelwerkes eingehalten werden.

Für besonders kritische Apparate oder Rohrleitungen (z.B. größere Nenndurchmesser/Lasten, als in Tabelle 1 enthalten, teure Sonderwerkstoffe) ermittelt der Auftraggeber die bei der Festigkeitsauslegung zu berücksichtigenden Lasten und gibt diese in der Apparatespezifikation an.

In diesem Fall sind **diese** Lasten vom Apparathersteller und dem Rohrleitungsplaner bei der Planung zu berücksichtigen.

In der Apparatezeichnung sind die Stutzenlasten für die vom Auftraggeber vorgegebenen Stutzen tabellarisch aufzuführen (Muster siehe Abschnitt 6).

Bei Nenndurchmessern < DN 50 wird davon ausgegangen, dass die Lasten aus den Rohrleitungsanschlüssen vernachlässigbar sind.

## 3 Konstruktionsgrundsätze

- Festlegungen des anzuwendenden Regelwerkes sind stets einzuhalten.
- Falls für einen Stutzen keine zusätzlichen Lasten angegeben werden, muss die Innendruckauslegung mit einem um 10% erhöhten Innendruck erfolgen, wobei eine eventuell notwendige Verstärkung in der Grundschale und/oder im Stutzen vorgenommen werden muss.
- Die Stutzenwanddicke darf nicht kleiner sein als der größere der beiden folgenden Werte:
  - Mindestdicke nach anzuwendendem Regelwerk
  - 0,5 x Grundkörperwanddicke
- Das Verhältnis der ausgeführten Stutzen-/Mantel-Wanddicke darf den Wert 1,6 nicht überschreiten. Bei scheibenförmig verstärkten Stutzen wird die Summe aus Grundkörper- und Scheibendicke als Mantel-Wanddicke in obige Formel eingesetzt.

## 2 General

*This specification describes which analyses shall be performed.*

*Calculations only have to be performed for those nozzles that require higher mechanical strength reserves as specified in the inquiry or order. Loads according to table 1 shall be applied for these analyses.*

*The orderer has to ensure that the actual loads, calculated as part of the piping design, are not higher than the loads in table 1. Otherwise additional analyses shall be executed to show that the code requirements are met.*

*For particularly critical apparatuses or piping (e.g. larger nominal diameters / loads than included in table 1, expensive special materials) the orderer determines the loads to be applied for the analyses and indicates them in the Technical Specification of the apparatus.*

*In this case **these** indicated loads shall be considered by the manufacturer of the apparatus as well as by the piping designer.*

*The nozzle loads for nozzles indicated by the orderer shall be listed in table form on the drawing (sample see Chapter 6).*

*For nominal diameters < DN 50 loads of pipe connections are assumed to be negligible.*

## 3 Design Principles

- *Stipulations of the applicable code are always mandatory.*
- *If there are no additional loads specified, a 10% increased internal pressure shall be considered for the dimensioning of nozzles and the related openings, whereby a reinforcement shall only be provided in the shell and/or the nozzle, if required.*
- *The nozzle wall thickness shall not be smaller than the larger of following values:
  - Minimum wall thickness according to the applicable code
  - 0,5 x shell wall thickness*
- *The ratio of the completed nozzle- / shell-wall thickness must not exceed a value of 1,6. At nozzles with reinforcement pads the sum of shell- and pad-wall thicknesses shall be used as shell-wall thickness in the formula mentioned above.*

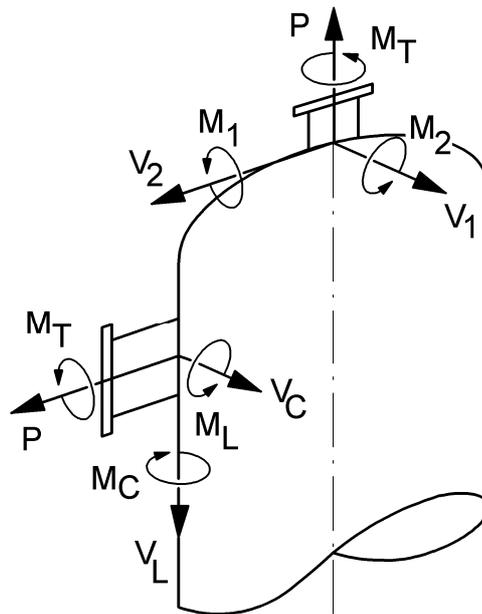
## 4 Rechnerische Nachweise

Alle Nachweise müssen mit Wanddicken abzüglich aller Zuschläge (z.B. Minustoleranzen) durchgeführt werden.

### 4.1 Lastrichtungen

Alle Lastangaben dieser Spezifikation beziehen sich auf den Verschneidungspunkt zwischen Stutzen und Grundkörper (außen) und die in Abbildung 1 angegebenen Bezeichnungen.

Das Koordinatensystem gilt immer lokal zum Stutzen.



**Abbildung 1 / Figure 1:**  
Lastrichtung der Stutzenlasten  
Orientation of Nozzle Loads

## 4 Calculation

All analyses shall be carried out with wall thicknesses minus any tolerance (e.g. mill undertolerance).

### 4.1 Load-Directions

All indicated loads of this specification refer to the intersection point of nozzle and shell (outside) and the declarations of figure 1.

The coordinate system shall always be applied locally to the nozzle.

### 4.2 Spannungsbewertung

Die Bewertung der für das einzelne Bauteil (z.B. Flansch, Tragelement, Verbindung Stutzenrohr/Schale) ermittelten Spannungen muss nach dem jeweils anzuwendenden Regelwerk erfolgen (z.B. nach [1], [2], [3]).

### 4.3 Lokaler Spannungsnachweis

Der lokale Spannungsnachweis bezieht sich auf die Bauteile des Stutzens und dessen Anschluss zum Grundkörper.

Für die Nachweise sind, sofern nicht anders angegeben, alle Stutzenlasten und der Innendruck zu berücksichtigen.

Für Punkte außerhalb des Verschneidungspunktes (z.B. Flanschanschluss) kann eine Transformation der Lasten vorgenommen werden.

### 4.2 Stress Evaluation

The stress evaluation for each component (e.g. flange, support, connection pipe/shell) shall be verified according to the applicable code (e.g. acc. [1], [2], [3]).

### 4.3 Local Stress Analysis

The local stress analysis refers to structural parts of the nozzle and its attachment to the shell.

For the analysis all nozzle loads as well as the internal pressure shall be considered if not stipulated otherwise.

For any position beyond the intersection point (e.g. flange connection) a transformation of the loads may be applied.

Der lokale Spannungsnachweis ist für folgende Bauteile, soweit vorhanden, durchzuführen<sup>1</sup>:

- **Stutzenflansch**, falls mindestens eine der folgenden Bedingungen zutrifft
  - der Flansch entspricht nicht DIN EN 1092-1, Typ 11 bzw. ASME B16.5 oder ASME B16.47/B
  - Nenndurchmesser > DN 1000
  - die Stutzenlasten sind größer als in Tabelle 1 angegeben.
- **Stutzenanschluss** zum Grundkörper

#### 4.4 Globaler Nachweis

##### 4.4.1 Allgemeines

Der globale Nachweis berücksichtigt die Auswirkung der Stutzenlasten auf den gesamten Apparat und dessen Tragkonstruktionen. Dabei muss ggf. die Überlagerung der Lasten aus mehreren Stutzen berücksichtigt werden. Stutzenlasten, die auf andere Weise aufgenommen werden (z.B. ein auf Konsolen gelagertes Brüdenrohr) sind hier nicht zu berücksichtigen.

Der globale Nachweis umfasst sowohl Spannungs- als auch Stabilitätsnachweise.

Falls bei einem Apparat für mehrere Stutzen Zusatzlasten zu berücksichtigen sind, ist für den globalen Nachweis die Überlagerung dieser Lasten wie folgt vorzunehmen:

- Stutzenlasten, die vom Auftraggeber mit ihren korrekten Vorzeichen angegeben sind, müssen vorzeichengerecht berücksichtigt werden.
- Stutzenlasten nach Tabelle 1 sind durch quadratische Überlagerung zu berücksichtigen (siehe Anhang, Abschnitt 2).

Die so ermittelten Schnittgrößen aller Stutzen sind zu summieren. Die Schnittgrößen aus quadratisch überlagerten Lasten sind sowohl mit positivem als auch negativem Vorzeichen den Schnittgrößen aus Lasten mit korrektem Vorzeichen zu überlagern.

Die Schnittgrößen aus den Stutzenlasten sind stets mit den Schnittgrößen aus gleichzeitig wirkenden anderen Lasten zu kombinieren.

#### 5 Stutzenlast-Tabelle

Die in Tabelle 1 angegebenen Lasten beziehen sich auf den Verschneidungspunkt zwischen Stutzen und Grundkörper (außen) und können auch in die entgegengesetzte Richtung wirken.

*The local stress analysis shall be carried out for the following components, if included:*

- **Nozzle flange**, if at least one of the following conditions applies:
  - *the flange does not comply with DIN EN 1092-1, Type 11 respectively ASME B16.5 or ASME B16.47/B*
  - *Nominal diameter > DN 1000*
  - *Nozzle loads are larger than specified in table 1.*
- **Nozzle attachment** to shell.

#### 4.4 Global Analysis

##### 4.4.1 General

*The global analysis considers the effects of the nozzle loads on the entire apparatus and its support structures. For this the superposition of several loads shall be considered, if applicable. Nozzle loads diverted in a different way (e.g. vapour pipes supported on brackets) shall not be considered here.*

*The global analysis comprises stress analyses as well as stability analyses.*

*If there are loads to be considered for several nozzles of an apparatus these loads have to be superposed for the global analysis as follows:*

- *Nozzle loads indicated by the orderer with a correct algebraic sign have to be applied respectively.*
- *Nozzle loads according to table 1 shall be considered by squared superposition (see appendix, section 2).*

*The internal forces of all nozzles determined in that way shall be summarized. The internal forces so derived by squared superposition shall be superimposed with positive and negative sign to the internal forces due to loads with correct sign.*

*The internal forces of nozzle loads shall always be combined with those of simultaneously acting loads.*

#### 5 Nozzle Load Table

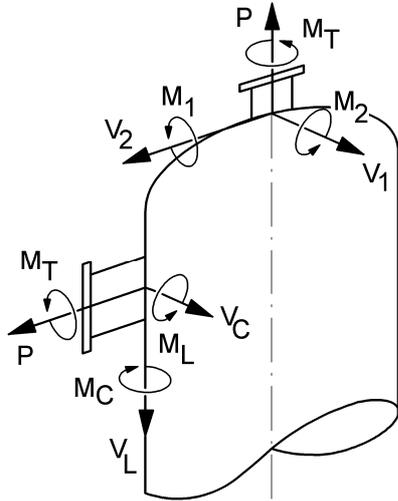
*The loads indicated in table 1 refer to the intersection point of nozzle and shell (outside) and may act in opposite direction as well.*

---

<sup>1</sup> Erläuterungen zu den verschiedenen Nachweisen siehe Anhang, Abschnitt 1  
*Explanations to the different analyses see appendix, chapter 1*

**Tabelle 1 : Stutzenlasten für Apparatestutzen und Rohrleitungen<sup>1,2</sup>**  
**Table 1 : Nozzle Loads for Nozzles and Piping<sup>1,2</sup>**

DN NPS	N			Nm		
	P	V <sub>L</sub> V <sub>1</sub>	V <sub>C</sub> V <sub>2</sub>	M <sub>L</sub> M <sub>1</sub>	M <sub>C</sub> M <sub>2</sub>	M <sub>T</sub>
50	2300	3100	2300	500	400	800
80	3500	4100	3000	1400	900	1800
100	4300	4800	3500	2100	1400	2600
150	6700	6800	4800	4000	2600	4800
200	9500	9300	6300	6400	4200	7300
250	12600	12200	8000	9100	6100	10200
300	16200	15500	9800	12200	8300	13400
350	20100	19300	11900	15700	10900	16900
400	24300	23400	14000	19600	13800	20900
450	29000	28000	16400	23900	17000	25200
500	34000	33000	18900	28500	20500	29800
600	45200	44300	24500	39000	28600	40100
700	57900	57200	30700	51000	38000	51800
800	72100	71800	37600	64600	48700	65000
900	87700	88100	45200	79700	60600	79600
1000	104900	106100	53500	96300	73900	95500



**6 Stutzenlast-Angaben auf Zeichnungen**

Für alle Stutzen, bei denen äußere Stutzenlasten zu berücksichtigen sind, sind auf der Zeichnung die Lasten anzugeben (Muster siehe Tabelle 2).

Die o.g. Lasten sind an der Verschneidungsstelle von Stutzenrohr und Behälterschale anzusetzen. Ist bei FE-Berechnungen nur eine Eingabe von Lasten am Stutzenende möglich, sind die obigen Lasten bei einer fiktiven Stutzenlänge von 100 mm einzusetzen.

Für Stutzen auf Böden, innerhalb von 0,6 x D<sub>a</sub>, gilt:

**6 Indication of Nozzle Loads on Drawings**

For all nozzles with external loads to be considered the loads have to be listed on the drawing (sample see table 2).

Above mentioned nozzle loads shall be applied at the intersection point of the nozzle pipe to the shell.

If an FE-analysis does allow the input of loads at the end of a nozzle only, the loads shall be applied at a fictitious length of 100 mm.

For nozzles on heads within a sphere of 0,6 x D<sub>a</sub> the following shall be met:

$$F_R = (F_{long}^2 + F_{circum}^2)^{0,5}$$

$$M_R = (M_{long}^2 + M_{circum}^2)^{0,5}$$

<sup>1</sup> Flansche nach DIN EN 1092-1, Entwurf April 2005, ASME B16.5-2003 oder ASME B16.47/B-1996  
 Flanges per DIN EN 1092-1, Draft April 2005, ASME B16.5-2003 or ASME B16.47/B-1996

<sup>2</sup> Beim Einsatz von Flanschen nach ASME B16.5 und ASME B16.47/B können sich, abhängig vom Rating und der eingesetzten Dichtung, andere Lasten ergeben. Diese sind zwischen Auftraggeber und Hersteller zu vereinbaren.  
 If flanges per ASME B16.5 or ASME B16.47/B are used, dependent on the rating and the used gasket, different loads may arise. These loads shall be agreed by the orderer and manufacturer.

**Hinweis**

Ggf. notwendige Verstärkungen am Stutzenanschnitt sind, sofern technisch möglich und vom jeweils anzuwendenden Regelwerk erlaubt, vorzugsweise mit Verstärkungsscheiben und/oder dickerem Stutzenrohr auszuführen.

Falls sich im Zuge der Apparateauslegung durch den Hersteller herausstellt, dass wegen der Stutzenlasten die Behälterschale dicker ausgeführt werden muss, ist der Auftraggeber anzusprechen, um das weitere Vorgehen festzulegen.

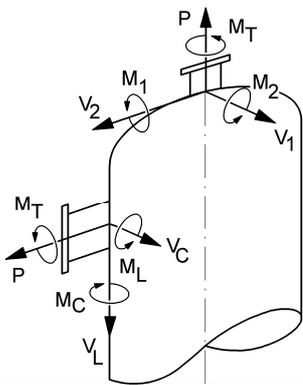
**Notice**

*Required reinforcements at the nozzle connection to the vessel shell must primarily be carried out by means of reinforcement pads and / or an increased thickness of nozzle pipes, if feasible and allowed by the applicable code.*

*If an increase of the shell thickness is inevitable in the course of the design, the manufacturer shall reconcile the further procedure with the orderer.*

**Tabelle 2 : Stutzenlast-Angaben auf Zeichnungen**  
**Table 2 : Indication of Nozzle Loads on Drawings**

Stutzen Nozzle	N			Nm		
	P	V <sub>L</sub> V <sub>1</sub>	V <sub>C</sub> V <sub>2</sub>	M <sub>L</sub> M <sub>1</sub>	M <sub>C</sub> M <sub>2</sub>	M <sub>T</sub>
N1						
N2						
:						
:						
:						



## Anhang

### 1 Erläuterungen zum lokalen Spannungsnachweis

#### 1.1 Stutzenflansch

Es sind die Lasten nach Tabelle 1 bzw. die vom Auftraggeber vorgegebenen Lasten zu berücksichtigen. Die Querkräfte und das Torsionsmoment dürfen unberücksichtigt bleiben.

Folgende Nachweise können alternativ verwendet werden.

##### 1.1.1 Nachweis durch Rating-Vergleich

Aus den Stutzenlasten (ggf. transformiert) wird ein äquivalenter Innendruck errechnet, welcher zum Innendruck addiert wird. Der resultierende Druck darf nicht größer sein als der Ratingdruck des Flansches bei der Berechnungstemperatur.

Diese Vorgehensweise führt zu konservativen Ergebnissen.

Durchführung des Rating-Vergleiches wie folgt:

Effektiver Lochkreisdurchmesser	$K_e = K \left( 1 - \frac{2}{n_B^2} \right)$	<i>Effective bolt circle diameter</i>
---------------------------------	--	---------------------------------------

Resultierendes Biegemoment	<p style="text-align: center;">Zylinder / Cylinder</p> $M = \sqrt{M_L^2 + M_C^2}$	<i>Resulting bending moment</i>
----------------------------	---	---------------------------------

Kugel / Sphere

$$M = \sqrt{M_1^2 + M_2^2}$$

Zusatzkraft	$F_Z = P + \frac{4M}{K_e}$	<i>Additional Force</i>
-------------	----------------------------	-------------------------

Äquivalenter Innendruck	$p_{eq} = \frac{4F_Z}{p \cdot d_G^2}$	<i>Equivalent internal pressure</i>
-------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------

Rating-Vergleich	$p_s + p_{eq} \leq p_{Rating}$	<i>Rating check</i>
------------------	--------------------------------	---------------------

##### 1.1.2 Detaillierter Nachweis

Es ist ein rechnerischer Nachweis nach dem anzuwendenden Regelwerk unter Berücksichtigung der Stutzenlasten und der Druckbeanspruchung zu führen. Hierbei ist die Axiallast P in gleicher Richtung wirkend wie die Innendruckkraft anzunehmen.

## Appendix

### 1 Explanations to Local Stress Analysis

#### 1.1 Nozzle-Flange

The loads as specified in table 1 or specified by the orderer shall be considered. Lateral forces and torsion moments may be neglected.

Following analyses may be applied instead:

##### 1.1.1 Evaluation by Rating-Comparison

Based on the nozzle loads (possibly transformed) an equivalent internal pressure is calculated and added to the design pressure. The resulting pressure must not exceed the rating pressure of the flange at design temperature.

This procedure leads to conservative results.

Execution of rating-comparison as follows:

##### 1.1.2 Detailed Analysis

An analysis according to the applicable code shall be performed considering nozzle- and pressure loads. The axial load P acts in the same direction as the internal pressure load.

## 1.2 Stutzenanschluss zum Grundkörper

Für den Nachweis des Stutzenanschlusses zum Grundkörper dürfen die nachstehenden Methoden unter Einhaltung der in den Regelwerken genannten Randbedingungen und Anwendungsgrenzen verwendet werden.

Bei der Ermittlung von Berechnungsbeiwerten/-faktoren aus Kurventafeln ist folgendes zu berücksichtigen:

- die Parameter der Kurven dürfen nicht extrapoliert werden,
- die Parameterwerte auf der Diagramm-Abszisse dürfen um maximal 10 % extrapoliert werden.

1.2.1 EN 13445-3 [2]

1.2.2 PD 5500 [4]

Die in diesem Regelwerk genannten Methoden dürfen nur für Stutzen in Kugelschalen verwendet werden.

1.2.3 WRC Bulletin 107 [5] und  
WRC Bulletin 297 [6]

Den mit diesen Methoden ermittelten Spannungen aus den Stutzenlasten sind die Spannungen am Ausschnitt infolge Innendruck zu überlagern.

Zusätzlich ist für das Stutzenrohr an der Verschneidungsstelle ein Spannungsnachweis unter Berücksichtigung aller Lasten zu führen.

1.2.4 Finite Element Berechnung

Für diesen Nachweis sind allgemein anerkannte Programme einzusetzen.

## 2 Erläuterungen zur quadratischen Überlagerung von Stutzenlasten

Stutzenlasten beanspruchen einen Apparat nicht nur lokal an der Verschneidungsstelle und dem Stutzenflansch, sondern sie haben auch Auswirkungen auf die Gesamtkonstruktion (z.B. Lagerung des Behälters).

Um die Höhe der Zusatzbeanspruchungen an den maßgebenden Stellen zu bestimmen, müssen die Stutzenlasten (nach Tabelle 1 oder tatsächlich berechnete Lasten) an diese Stellen transformiert werden.

Das nachfolgend dargestellte Prinzip für die Transformation der Stutzenlasten bezieht sich ausschließlich auf statisch bestimmte Systeme.

Bei statischer Unbestimmtheit (z.B. Kolonne mit Führung) ist diese Vorgehensweise nicht ohne weiteres anwendbar, hier müssen weitere Betrachtungen nach den Regeln der technischen Mechanik vorgenommen werden.

## 1.2 Nozzle Attachment to Shell

*For the analysis of the nozzle attachment to the shell the following methods may be applied under consideration of the boundary conditions and application limits of the codes.*

*Determining calculation coefficients / factors from curve tables the following shall be considered:*

- *curve parameters must not be extrapolated,*
- *parameter values on diagram abscissa may be extrapolated by 10% in maximum.*

1.2.1 EN 13445-3 [2]

1.2.2 PD5500 [3]

*Methods of this code may only be applied for nozzles in spherical shells.*

1.2.3 WRC Bulletin 107 [5] and  
WRC Bulletin 297 [6]

*The stresses due to nozzle loads determined by these methods shall be superimposed by stresses resulting from internal pressure.*

*Additionally a stress analysis shall be performed for the nozzle pipe at intersection point under consideration of all loads.*

1.2.4 Finite Element Method

*For this analysis general recognized software may be used.*

## 2 Explanations to Quadratic Superposition of Nozzle Loads

*Nozzle loads do not only affect an apparatus locally at the intersection point and the nozzle flange, but also have an effect on the entire apparatus (e.g. support structures).*

*In order to determine the additional load to be considered at the points in question all nozzle loads (acc. table 1 or actual calculated values) have to be transformed to these locations.*

*The following procedure for the transformation of nozzle loads refers exclusively to statically determinate systems.*

*For statically indeterminate systems (e.g. guided columns) this procedure cannot be used without further considerations. In that case additional mechanical engineering practices have to be applied.*

Vor der quadratischen Überlagerung müssen die Stutzenlasten, bezogen auf das lokale Koordinatensystem nach Abbildung 1, den Achsen des globalen Koordinatensystems zugeordnet werden.

Liegen die Stutzen nicht in den Hauptachsen des globalen Koordinatensystems, so sind die lokalen Stutzenlasten zuerst über Transformationen der entsprechenden Drehachse und Drehwinkel in die Richtung der globalen Hauptachsen umzurechnen.

Die nachfolgenden Transformationsgleichungen beziehen sich auf die Stutzenstellungen der Abbildung 2.

Die Gleichungen sollen das Prinzip der Überlagerung verdeutlichen, bei dem Kräfte und Momente transformiert werden, wobei die Kräfte über ihre Hebelarme zusätzliche Biegemomente erzeugen.

Um unabhängig von der Wirkrichtung zu sein, werden die Schnittgrößen vorzeichenfrei überlagert, d.h. sie sind immer als Betrag in  $\pm$  Richtung zu betrachten.

*Before application of squared superposition the nozzle loads referring to the local system of coordinates acc. figure 1 have to be allocated to the axes of the global coordinate system.*

*If the nozzles are not orientated to the main axes of the global coordinate system, the local nozzle loads have to be converted to the global system by angular and rotational transformation of the loads.*

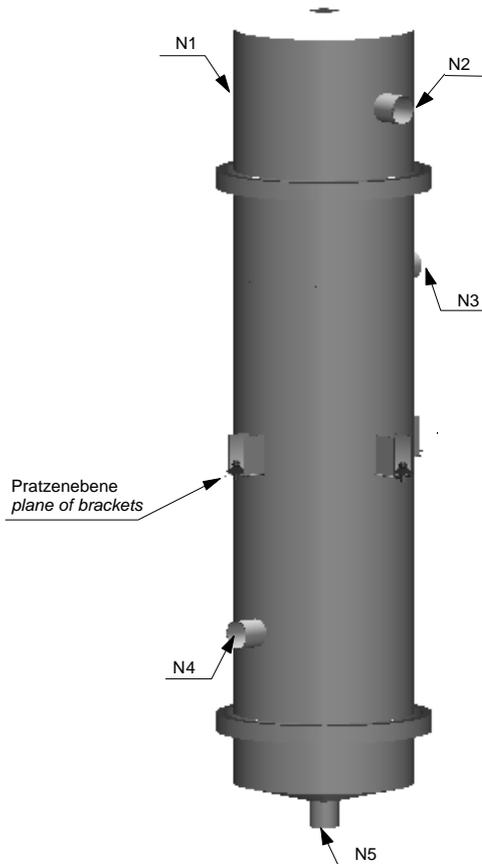
*The following transformation equations refer to the nozzle orientation to figure 2.*

*The equations shall exemplify the principle of the squared superposition that applies the transformation of forces and moments whereby the forces cause additional bending moments due to their leverage.*

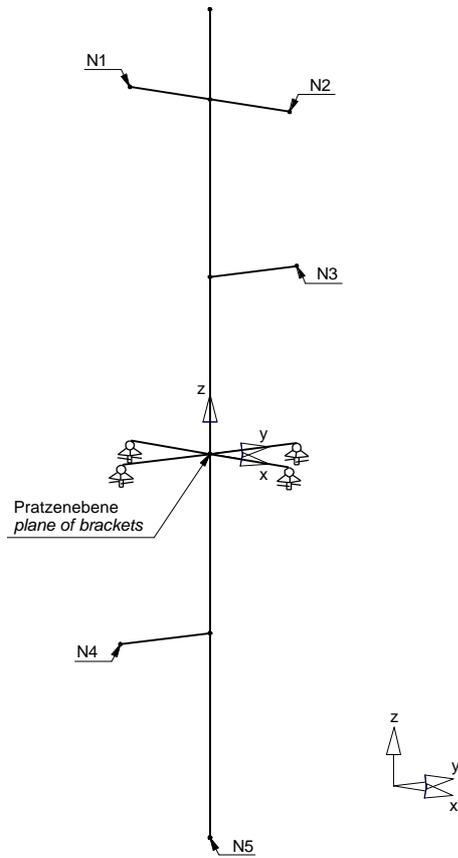
*In order to be independent of the effective load direction the internal forces are superimposed regardless of any dedicated algebraic signs.*

*That means the force values shall be considered in  $\pm$  direction.*

**2.1 Beispiel  
Quadratische Überlagerung**



**2.1 Example  
Squared Superposition**



**Abbildung 2:** Beispiel zur quadratischen Überlagerung  
**Figure 2:** Example for Squared Superposition

2.1.1 Globale Koordinaten

Der Ursprung des globalen Koordinatensystems wird in Höhe der Pratzenebene auf die Achse des Apparates gelegt.

Auf dieses System werden die Koordinaten der einzelnen Lastangriffspunkte bezogen.

2.1.1 Global Coordinates

The point of origin of the global coordinate system shall be located on the axis of the apparatus in height of the bracket plane.

The coordinates of each force shall be referred to this system.

**Tabelle 3: Stützenkoordinaten  
Table 3: Coordinates of Nozzles**

Stützen Ni	Koordinaten		
	xi	yi	zi
N1	x1	y1	z1
N2	x2	y2	z2
N3	x3	y3	z3
N4	x4	y4	z4
N5	x5	y5	z5

2.1.2 Transformation der Kräfte

2.1.2 Transformation of Loads

**Tabelle 4: Transformation der Kräfte**  
**Table 4: Transformation of Loads**

Stutzen Ni	Transformierte Einzelkraft		
	F <sub>xTi</sub>	F <sub>yTi</sub>	F <sub>zTi</sub>
N1	F <sub>x1</sub>	F <sub>y1</sub>	F <sub>z1</sub>
N2	F <sub>x2</sub>	F <sub>y2</sub>	F <sub>z2</sub>
N3	F <sub>x3</sub>	F <sub>y3</sub>	F <sub>z3</sub>
N4	F <sub>x4</sub>	F <sub>y4</sub>	F <sub>z4</sub>
N5	F <sub>x5</sub>	F <sub>y5</sub>	F <sub>z5</sub>

Transformierte Gesamtkräfte:

Transformed Total Forces:

$$F_{xT} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^{i=5} F_{xTi}^2} ; F_{yT} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^{i=5} F_{yTi}^2} ; F_{zT} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^{i=5} F_{zTi}^2}$$

2.1.3 Transformation der Momente

2.1.3 Transformation of Moments

**Tabelle 5: Transformation der Momente**  
**Table 5: Transformation of Moments**

Stutzen Ni	Transformiertes Einzelmoment		
	M <sub>xTi</sub>	M <sub>yTi</sub>	M <sub>zTi</sub>
N1	M <sub>x1</sub>   +  F <sub>y1</sub> *z <sub>1</sub>	M <sub>y1</sub>   +  F <sub>x1</sub> *z <sub>1</sub>   +  F <sub>z1</sub> *x <sub>1</sub>	M <sub>z1</sub>   +  F <sub>y1</sub> *x <sub>1</sub>
N2	M <sub>x2</sub>   +  F <sub>y2</sub> *z <sub>2</sub>	M <sub>y2</sub>   +  F <sub>x2</sub> *z <sub>2</sub>   +  F <sub>z2</sub> *x <sub>2</sub>	M <sub>z2</sub>   +  F <sub>y2</sub> *x <sub>2</sub>
N3	M <sub>x3</sub>   +  F <sub>y3</sub> *z <sub>3</sub>   +  F <sub>z3</sub> *y <sub>3</sub>	M <sub>y3</sub>   +  F <sub>x3</sub> *z <sub>3</sub>	M <sub>z3</sub>   +  F <sub>x3</sub> *y <sub>3</sub>
N4	M <sub>x4</sub>   +  F <sub>y4</sub> *z <sub>4</sub>   +  F <sub>z4</sub> *y <sub>4</sub>	M <sub>y4</sub>   +  F <sub>x4</sub> *z <sub>4</sub>	M <sub>z4</sub>   +  F <sub>x4</sub> *y <sub>4</sub>
N5	M <sub>x5</sub>   +  F <sub>y5</sub> *z <sub>5</sub>	M <sub>y5</sub>   +  F <sub>x5</sub> *z <sub>5</sub>	M <sub>z5</sub>

Transformierte Gesamtmomente:

Transformed Total Moments:

$$M_{xT} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^{i=5} M_{xTi}^2} ; M_{yT} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^{i=5} M_{yTi}^2} ; M_{zT} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^{i=5} M_{zTi}^2}$$

## Nomenklatur

## Nomenclature

Zeichen Sign	Bedeutung Designation	Einheit Unit
$a$	Abstand des Nachweisortes vom Verschneidungspunkt, auf Stutzenachse gemessen <i>Distance from location under consideration to intersection, measured on nozzle's axis</i>	mm
$d_G$	Wirksamer Dichtungsdurchmesser (konservativ: mittlerer Dichtungsdurchmesser) <i>Effective gasket diameter (conservative: mean gasket diameter)</i>	mm
$F_{xi}, F_{yi}$ $F_{zi}$	Stutzenkräfte eines Einzelstutzens, bezogen auf globales Koordinatensystem <i>Nozzle forces of a single nozzle, referring to the global coordinate system</i>	N
$F_{xTi}, F_{yTi}$ $F_{zTi}$	Transformierte Stutzenkräfte, Einzelstutzen, bezogen auf globales Koordinatensystem <i>Transformed nozzle forces, single nozzle, referring to the global coordinate system</i>	N
$F_{xT}, F_{yT}$ $F_{zT}$	Quadratisch überlagerte Stutzenkräfte, bezogen auf globales Koordinatensystem <i>Squared superposed nozzle forces, referring to the global coordinate system</i>	N
$F_Z$	Zusatzkraft <i>Additional force</i>	N
$K$	Lochkreisdurchmesser <i>Bolt circle diameter</i>	mm
$K_e$	Effektiver Lochkreisdurchmesser <i>Effective bolt circle diameter</i>	mm
$M$	Resultierendes Biegemoment <i>Resulting bending moment</i>	Nm
$M_1$	Moment in Richtung 1; bei Kugeln <i>Moment in direction 1; at spheres</i>	Nm
$M_2$	Moment in Richtung 2; bei Kugeln <i>Moment in direction 2; at spheres</i>	Nm
$M_C$	Umfangsmoment bei Zylindern <i>Circumferential moment at cylinders</i>	Nm
$M_L$	Längsmoment bei Zylindern <i>Longitudinal moment at cylinders</i>	Nm
$M_T$	Torsionsmoment <i>Torsional moment</i>	Nm
$M_{xi}, M_{yi}$ $M_{zi}$	Stutzenmomente eines Einzelstutzens, bezogen auf globales Koordinatensystem <i>Nozzle moments of a single nozzle, referring to the global coordinate system</i>	Nm
$M_{xTi}, M_{yTi}$ $M_{zTi}$	Transformierte Stutzenmomente, Einzelstutzen, bezogen auf globales Koordinatensystem <i>Transformed nozzle moments, single nozzle, referring to the global coordinate system</i>	Nm
$M_{xT}, M_{yT}$ $M_{zT}$	Quadratisch überlagerte Stutzenmomente, bezogen auf globales Koordinatensystem <i>Squared superposed nozzle moments, referring to the global coordinate system</i>	Nm
$n_B$	Schraubenanzahl <i>Number of bolts</i>	---
$P$	Last in Stutzenlängsrichtung <i>Force in nozzle axis-direction</i>	N
$p_{eq}$	Äquivalenter Innendruck aus Zusatzkraft <i>Equivalent internal pressure due to additional force</i>	N/mm <sup>2</sup>
$p_s$	Maximal zulässiger Druck (Überdruck) <i>Max. allowable pressure (gage)</i>	N/mm <sup>2</sup>
$p_{Rating}$	Rating-Druck für Flansch bei Berechnungstemperatur <i>Rating-pressure for flange at design temperature</i>	N/mm <sup>2</sup>
$s_{s,min}$	Mindest-Stutzenwanddicke <i>Minimum wall thickness of nozzle necks</i>	mm

$V_1$	Querkraft in Richtung 1; bei Kugeln <i>Shear force in direction 1; at spheres</i>	N
$V_2$	Querkraft in Richtung 2; bei Kugeln <i>Shear force in direction 2; at spheres</i>	N
$V_C$	Querkraft in Zylinder-Umfangsrichtung <i>Shear force in circumferential direction of cylinder</i>	N
$V_L$	Querkraft in Zylinder-Längsrichtung <i>Shear force in longitudinal direction of cylinder</i>	N
$x, y, z$	Koordinaten des Lastangriffspunktes, bezogen auf das globale Koordinatensystem <i>Coordinates of loaded point, referring to the global coordinate system</i>	mm

<b>Index</b>	<b>Bedeutung</b>
<b>Index</b>	<b>Designation</b>

$T$	Transformierte Last (z.B. $M_{L,T}$ = transformiertes Längsmoment bei Zylindern) <i>Transformed load (e.g. <math>M_{L,T}</math> = transformed longitudinal moment at cylinders)</i>
-----	--

**Zitierte Normen / Veröffentlichungen**

Es ist stets die aktuelle Ausgabe der zitierten Norm/Veröffentlichung anzuwenden.

**Standards referred to / Publications**

*The most recent edition of the referenced Standard / Publication must always be used.*

- |     |  |
|-----|--|
| [1] | <i>AD2000-Merkblatt</i> , Carl Heymanns-Verlag, Köln   |
| [2] | <i>EN 13445-3</i> , Beuth-Verlag, Berlin   |
| [3] | <i>ASME-Code, Section VIII, Division 2</i> , The American Society of Mechanical Engineers, New York  |
| [4] | <i>PD 5500: Specification for Unfired fusion welded pressure vessels</i> , British Standards Institution   |
| [5] | K. R. Wichman, A. G. Hopper, J. L. Mershon, <i>Local stresses in spherical cylindrical shells due to external loadings</i> , <i>Welding Research Council Bulletin 107</i> , Welding Research Council, New York                   |
| [6] | J. L. Mershon, K. Mokhtarian, G. V. Ranjan, E. C. Rodabaugh, <i>Local stresses in cylindrical shells due to external loadings on nozzles</i> , <i>Welding Research Council Bulletin 297</i> , Welding Research Council, New York |
| [7] | <i>DIN EN 1092-1, Entwurf</i> , Beuth-Verlag, Berlin   |
| [8] | <i>ASME B16.5, ASME B16.47</i> , American Society of Mechanical Engineers, New York  |