



Fassung  
September 2017

Programme

# RF-PIPING

Zusatzmodule für Rohrleitungssysteme

## Programmbeschreibung

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der DLUBAL SOFTWARE GMBH ist es nicht gestattet, diese Programmbeschreibung oder Teile daraus auf jedwede Art zu vervielfältigen.



© Dlubal Software GmbH 2017

**Am Zellweg 2  
93464 Tiefenbach  
Deutschland**

**Tel.: +49 9673 9203-0  
Fax: +49 9673 9203-51  
E-mail: [info@dlubal.com](mailto:info@dlubal.com)  
Web: [www.dlubal.de](http://www.dlubal.de)**



# Inhalt

|           | Inhalt  | Seite     |
|-----------|---|-----------|
| <b>1.</b> | <b>Einleitung</b>                                     | <b>3</b>  |
| 1.1       | Module RF-PIPING und RF-PIPING Design                 | 3         |
| 1.2       | Gebrauch des Handbuchs                                | 3         |
| <b>2.</b> | <b>RF-PIPING</b>                                      | <b>4</b>  |
| 2.1       | Aufruf von RF-PIPING                                  | 4         |
| 2.1.1     | Rohrleitungsanalyse - Einstellungen                   | 5         |
| 2.1.2     | Erweiterung für Symbolleisten, Navigator und Tabellen | 7         |
| 2.2       | Dialoge von RF-PIPING                                 | 8         |
| 2.2.1     | Rohrleitung   | 8         |
| 2.2.1.1   | Definieren von Rohrleitungen                          | 9         |
| 2.2.1.2   | Neuer Rohrleitungsquerschnitt                         | 11        |
| 2.2.1.3   | Materialbibliothek                                    | 14        |
| 2.2.2     | Reduzierstück   | 16        |
| 2.2.3     | Ventil  | 18        |
| 2.2.4     | Dreiwegeventil  | 20        |
| 2.2.5     | Vierwegeventil  | 21        |
| 2.2.6     | Biegung   | 22        |
| 2.2.7     | Flansch   | 23        |
| 2.2.8     | Blindflansch  | 24        |
| 2.2.9     | T-Stück   | 25        |
| 2.2.10    | Abzweiganschluss - Faktoren                           | 27        |
| 2.2.11    | Axialkompensator                                      | 28        |
| 2.2.12    | Angularkompensator                                    | 31        |
| 2.3       | Lastfälle und Kombinationen                           | 33        |
| 2.3.1     | Lastfälle   | 33        |
| 2.3.2     | Rohrleitungs-Kombinationen (RK)                       | 34        |
| 2.3.3     | Ergebniskombinationen (EK)                            | 35        |
| 2.4       | Rohrleitungslasten                                    | 37        |
| 2.5       | Selektion und Änderung von Rohrleitungen              | 38        |
| 2.6       | Grafische Darstellung                                 | 41        |
| 2.7       | Berechnungseinstellungen                              | 41        |
| 2.8       | Ergebnisse  | 42        |
| <b>3.</b> | <b>RF-PIPING Design</b>                               | <b>43</b> |
| 3.1       | Aufruf von RF-PIPING Design                           | 43        |
| 3.2       | Eingabedaten  | 44        |
| 3.2.1     | Basisangaben  | 45        |
| 3.2.2     | Materialien   | 47        |
| 3.2.3     | Querschnitte  | 48        |
| 3.3       | Berechnung  | 50        |
| 3.3.1     | Detaileinstellungen                                   | 50        |
| 3.3.2     | Start der Berechnung                                  | 51        |
| 3.4       | Ergebnisse  | 52        |
| 3.4.1     | Innendruckanalyse                                     | 53        |
| 3.4.2     | Nachweise lastkombinationsweise                       | 54        |
| 3.4.3     | Nachweise querschnittsweise                           | 55        |
| 3.4.4     | Nachweise rohrleitungsweise                           | 56        |



|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 3.4.5     | Nachweise stabweise .....                     | 56        |
| 3.4.6     | Nachweise x-stellenweise .....                | 57        |
| 3.4.7     | Maßgebende Schnittgrößen stabweise .....      | 58        |
| 3.4.8     | Maßgebende Schnittgrößen rohrlungsweise ..... | 59        |
| 3.4.9     | Stückliste rohrlungsweise .....               | 60        |
| 3.5       | Ergebnisauswertung .....                      | 61        |
| 3.5.1     | Ergebnisse am RFEM-Modell .....               | 62        |
| 3.5.2     | Ergebnisverläufe .....                        | 64        |
| 3.6       | Filter für Ergebnisse .....                   | 65        |
| 3.7       | Allgemeine Funktionen .....                   | 66        |
| 3.7.1     | Bemessungsfälle .....                         | 66        |
| 3.7.2     | Einheiten und Dezimalstellen .....            | 67        |
| 3.7.3     | Datenaustausch .....                          | 67        |
| 3.7.3.1   | Materialexport nach RFEM .....                | 67        |
| 3.7.3.2   | Export der Ergebnisse .....                   | 68        |
| <b>4.</b> | <b>Ausdruck</b> .....                         | <b>69</b> |
| 4.1       | Ausdruckprotokoll .....                       | 69        |
| 4.2       | Grafikausdruck .....                          | 70        |
| <b>A.</b> | <b>Literatur</b> .....                        | <b>72</b> |
| <b>B.</b> | <b>Index</b> .....                            | <b>73</b> |

# 1 Einleitung

## 1.1 Module RF-PIPING und RF-PIPING Design

Rohrleitungen dienen als Transportmittel für Fluide. Sie kommen in allen Bereichen des Bauwesens zum Einsatz. Für den Entwurf und die Bemessung von Rohrleitungen sind die beiden US-Normen ASME B31.1 [1] und ASME B31.3 [2] wegweisend. Die DIN EN 13480-3 [3] beinhaltet die entsprechenden Richtlinien für metallische industrielle Rohrleitungen. Die drei genannten Regelwerke sind in den RF-PIPING-Modulen implementiert.

Mit dem RFEM-Zusatzmodul **RF-PIPING** bietet DLUBAL ein leistungsstarkes Werkzeug für die Modellierung von Rohrleitungssystemen an. Umgesetzt wurde dies als Aufsatz zur RFEM-Oberfläche, sodass der Anwender beim Modellieren der Rohrleitungen auf die gewohnte benutzerfreundliche Bedienung von RFEM zurückgreifen kann.

Die Rohrleitungen können in der RFEM-Oberfläche wie Stäbe modelliert werden. Verbindungen wie T-Stücke und rohrleitungstypischen Armaturen können über entsprechende Dialoge mit grafischer Unterstützung eingefügt werden. Eine große Hilfe bieten die im Programm hinterlegten Bibliotheken für Rohrleitungen, Flansche und andere Bauteile.

Die Lasteingabe und die Kombination der Lastfälle erfolgt analog den bekannten Vorgehensweisen. Der Anwender kann entscheiden, ob die Lastfälle automatisch oder manuell überlagert werden.

Die Berechnung der Schnittgrößen, Verformungen und Lagerkräfte entspricht dem allgemeinen Prinzip von RFEM. Für die Auswertung der Ergebnisse steht die grafische Oberfläche mit allen Funktionen zur Verfügung.

Mit dem zweiten Modul der Reihe, **RF-PIPING Design**, werden die Rohrleitungen entsprechend der zuvor festgelegten Norm ([1], [2] oder [3]) bemessen. Beim derzeitigen Entwicklungsstand des Moduls werden Spannungsnachweise aufgrund ständiger, gelegentlicher oder außergewöhnlicher Lasten geführt.

Im zentralen Ausdrucksprotokoll von RFEM können sämtliche Daten, von der Modellierung bis hin zur Bemessung, übersichtlich dokumentiert werden.

Wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg mit RF-PIPING und RF-PIPING Design.

Ihr DLUBAL-Team

## 1.2 Gebrauch des Handbuchs

Da die Themenbereiche Installation, Benutzeroberfläche, Ergebnisauswertung und Ausdruck im RFEM-Handbuch ausführlich erläutert sind, wird hier auf eine Beschreibung verzichtet. Der Schwerpunkt dieses Handbuchs liegt auf den Besonderheiten, die sich im Rahmen der Arbeit mit RF-PIPING und RF-PIPING Design ergeben.



Das Handbuch orientiert sich an der Reihenfolge und am Aufbau der Eingabe- und Ergebnismasken. Im Text sind die beschriebenen **Schaltflächen** (Buttons) in eckige Klammern gesetzt, z. B. [Alle Stäbe voreinstellen]. Sie sind auch am linken Rand abgebildet. Die **Begriffe**, die in Dialogen, Tabellen und Menüs erscheinen, sind in *Kursivschrift* hervorgehoben, sodass die Erläuterungen gut nachvollzogen werden können.

Am Ende des Handbuchs befindet sich ein Stichwortverzeichnis. Sollten Sie dort nicht fündig werden, können Sie die Suchfunktion für die [Knowledge Base](#) auf unserer Website nutzen, um unter den Beiträgen zur Branche „Rohrleitungssysteme“ eine Lösung zu finden. Auch unsere [FAQs](#) bieten eine Reihe an Hilfestellungen.

## 2 RF-PIPING

In diesem Kapitel werden die verschiedenen Dialoge und Funktionen des Zusatzmoduls RF-PIPING vorgestellt.

### 2.1 Aufruf von RF-PIPING

RF-PIPING stellt eine Erweiterung von RFEM dar. Die Funktionen des Rohrleitungsmoduls werden freigeschaltet, wenn die **Rohrleitungsanalyse** im Dialog *Basisangaben*, Register *Optionen* aktiviert wird.

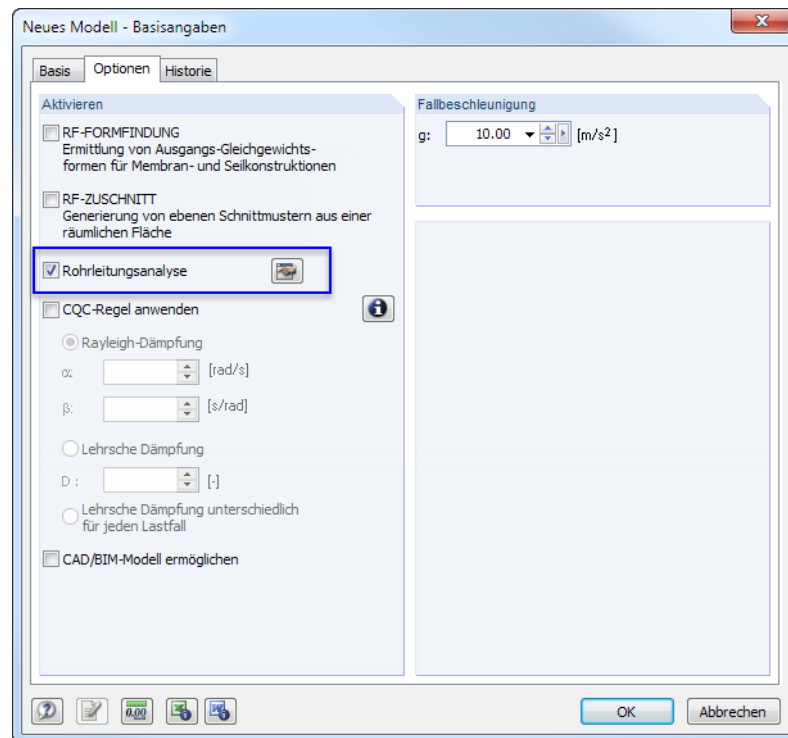
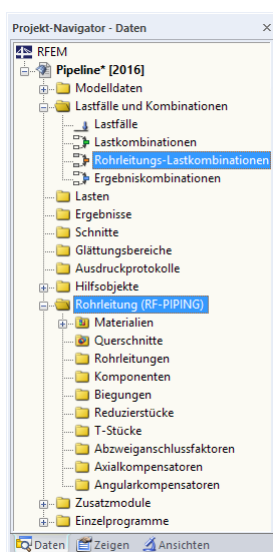


Bild 2.1: Dialog Neues Modell - Basisangaben, Register Optionen

Nach dem Schließen des Dialogs stehen zusätzliche Navigatoreinträge und Tabellen sowie eine neue Symbolleiste zur Verfügung. Sie sind im [Kapitel 2.1.2](#) beschrieben.



Daten-Navigator



Bild 2.2: Symbolleiste Rohrleitung

## 2.1.1 Rohrleitungsanalyse - Einstellungen



Die Detailsinstellungen für RF-PIPING sind über die Schaltfläche [Bearbeiten] zugänglich (siehe Bild 2.1). Es erscheint ein Dialog mit wichtigen Vorgaben für die Rohrleitungsanalyse.

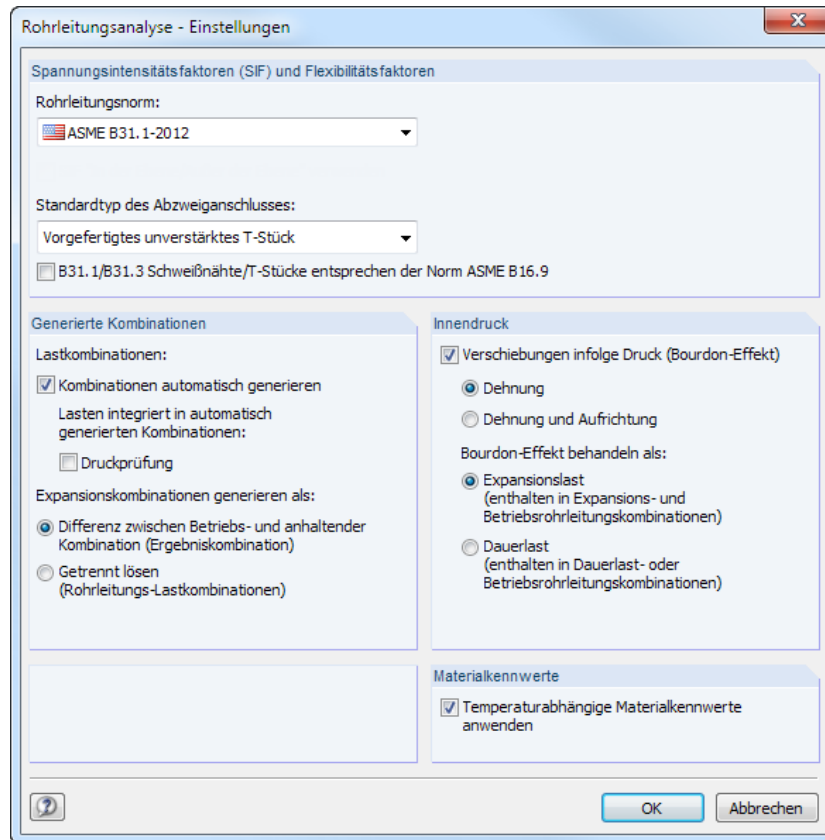
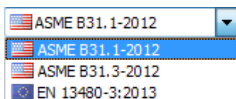


Bild 2.3: Dialog Rohrleitungsanalyse - Einstellungen

## Spannungsintensitätsfaktoren (SIF) und Flexibilitätsfaktoren



In der Liste **Rohrleitungsnorm** stehen folgende Normen zur Auswahl:

- ASME B31.1-2012 [1]
- ASME B31.3-2012 [2]
- EN 13480-3:2013 [3]

Für die korrekte Bemessung im Modul RF-PIPING Design sind genaue Angaben zur Ausführung des T-Stücks erforderlich. Die Liste **Standardtyp des Abzweiganschlusses** enthält folgende Auswahlmöglichkeiten:

- Geschweißtes geschmiedetes T-Stück
- Vorgefertigtes verstärktes T-Stück mit Unterlage oder Sattelstütze
- Vorgefertigtes unverstärktes T-Stück
- Extrudergeschweißtes T-Stück
- Eingeschweißte Kontureinlage
- Angeschweißtes Abzweigfitting (integral verstärkt)
- Benutzerdefiniert

Das Kontrollfeld **B31.1/B31.3 Schweißnähte/T-Stücke entsprechen der Norm ASME B16.9** steuert, ob bei den Abzweiganschlusstypen *Geschweißtes geschmiedetes T-Stück* und *Eingeschweißte*

*Kontureinlage* die Parameter  $r_x$  und  $T_c$  zugänglich sind (siehe [Kapitel 2.2.10, Seite 27](#)). Diese Option bezieht sich somit auf Notiz (7) in [1] Tabelle D-1 bzw. Notiz (8) in [2] Tabelle D300.

## Generierte Kombinationen

Dieser Abschnitt steuert, wie die Lastfälle kombiniert werden.

### Kombinationen automatisch generieren

Die Überlagerung der Lastfälle erfolgt in sogenannten *Rohrleitungs-Kombinationen*. Ist das Kontrollfeld angehakt, so werden diese Kombinationen automatisch gebildet. Weitere Kombinationen lassen sich dabei individuell definieren.

Beim Anhaken des Kontrollfeldes *Druckprüfung* werden zusätzlich Rohrleitungs-Kombinationen für den hydrostatischen Testdruck gebildet.

### Expansionskombinationen generieren

Die Temperatur-Kombinationen können nach zwei verschiedenen Verfahren gebildet werden:

- Differenz zwischen Betriebs- und anhaltender Kombination (Ergebniskombination)
- Getrennt lösen (Rohrleitungs-Lastkombination)

Im ersten Fall werden Ergebniskombinationen erzeugt, im zweiten Fall Lastkombinationen. Die Unterschiede zwischen den beiden Kombinationsmöglichkeiten sind im RFEM-Handbuch, Kapitel 5.5 und 5.6 erläutert.



Generell sind Ergebniskombinationen zu empfehlen: Damit werden die thermischen Lastfälle differenziert erfasst, die in Interaktion mit den anderen Lasten stehen.

## Innendruck

Ein Innendruck führt zur Dehnung und Aufrichtung von Rohren. Über das Kontrollfeld *Verschiebung infolge Druck (Bourdon Effekt)* und die beiden Auswahlfelder unterhalb kann gesteuert werden, ob und wie dieser Effekt berücksichtigt werden soll.

Bei der Berücksichtigung des Bourdon-Effekts ist ferner anzugeben, ob der Innendruck als *Expansionslast* oder als *Dauerlast* wirkt.

## Materialkennwerte

Das Kontrollfeld steuert, ob die temperaturabhängigen Materialkennwerte verwendet werden sollen, die in der Bibliothek hinterlegt sind (siehe [Kapitel 2.2.1.3, Seite 14](#)). Wird die Standardeinstellung deaktiviert, so werden die Werte benutzt, die der in Tabelle 6.1 - *Materialien* angegebenen Referenztemperatur  $T_{ref}$  entsprechen.

## 2.1.2 Erweiterung für Symbolleiste, Navigator und Tabellen

Die Integration von RF-PIPING in die RFEM-Oberfläche erfolgt in Form einer Erweiterung der Symbolleiste, des Navigators und der Tabellen.

### Symbolleiste

Durch die Aktivierung des Modules RF-PIPING wird die zugehörige Symbolleiste freigeschaltet (siehe Bild 2.2, Seite 4). Die darin enthaltenen Funktionen dienen der Modellierung der Rohrleitung.

| Schaltfläche  | Bezeichnung                       |
|---|-----------------------------------|
|    | Neue Rohrleitung                  |
|    | Neue Reduzierung                  |
|    | Neues Ventil                      |
|    | Neues Dreiwegeventil              |
|    | Neues Vierwegeventil              |
|    | Neue Biegung                      |
|    | Neuer Flansch                     |
|    | Neuer Blindflansch                |
|    | Neues T-Stück                     |
|    | Neuer Abzweiganschluss - Faktoren |
|   | Neuer Axialkompensator            |
|  | Neuer Angularkompensator          |

Tabelle 2.1: Schaltflächen von RF-PIPING

Die Schaltflächen und die zugeordneten Dialoge sind im Kapitel 2.2 beschrieben.

### Navigator

Im Navigator wird die Kategorie *Lastfälle und Kombinationen* um den Eintrag **Rohrleitungs-Kombinationen** erweitert. Ferner wird die neue Kategorie **Rohrleitung (RF-PIPING)** hinzugefügt. Dort werden sämtliche Daten bezüglich der Materialien, Querschnitte und Rohrleitungen abgelegt.

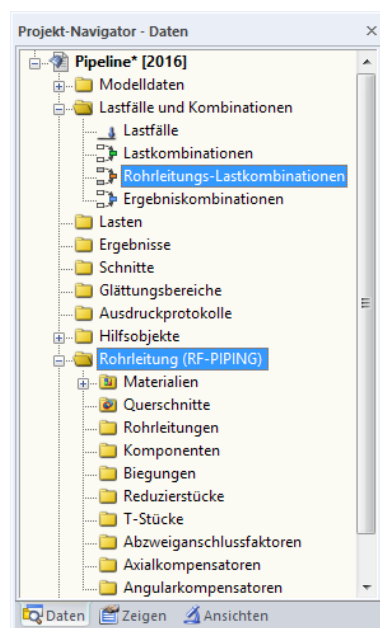


Bild 2.4: Daten-Navigator für RF-PIPING



## Tabellen



Alle Angaben zu den Rohrleitungen werden in den Tabellen 6.1 bis 6.10 abgelegt. Diese Tabellen sind über die links dargestellte Schaltfläche zugänglich.

6.4 Komponenten

| Nr. | Komponenten-<br>typ | Rohrleitung<br>Nr. | Stab<br>Nr. | Knoten<br>Nr. | Projizierte Länge<br>dX [mm] dY [mm] dZ [mm] | Länge<br>L [mm] | Querschnitt Nr.<br>Anfang Ende | Gewicht<br>W [kg] | Kommentar |
|-----|---------------------|--------------------|-------------|---------------|--|-----------------|--------------------------------|-------------------|-----------|
| 1   | Dreiwegeventil      | 1                  | 12          | 23 48         | 600.0  | 600.0           | 1 1                            | 48.2              | Y         |
| 2   | Biegung             | 1                  | 27,13       | 48 24         | 2400.0                                       | 2400.0          | 1 1                            | 204.4             | Y         |
| 3   | Rohr                | 1                  | 14          | 24 67         | -1286.0                                      | 1286.0          | 1 1                            | 82.9              | X         |
| 4   | Biegung             | 1                  | 46,15       | 67 25         | -1714.0                                      | 1714.0          | 1 1                            | 149.3             | X         |
| 5   | Rohr                | 1                  | 16          | 25 61         | 784.0  | 784.0           | 1 1                            | 42.6              | Y         |
| 6   | T-Stück             | 1                  | 36          | 61 50         | 216.0  | 216.0           | 1 1                            | 17.3              | Y         |
| 7   | T-Stück             | 1                  | 34          | 50 62         | 216.0  | 216.0           | 1 1                            | 17.3              | Y         |
| 8   | Biegung             | 1                  | 37,17       | 62 29         | 784.0  | 784.0           | 1 1                            | 74.6              | Y         |
| 9   | Rohr                | 1                  | 18          | 29 1          | 1466.5                                       | 1466.5          | 1 1                            | 97.4              | X         |
| 10  | Biegung             | 1                  | 48,19       | 1 33          | 1533.5                                       | 1533.5          | 1 1                            | 134.8             | X         |
| 11  | Biegung             | 1                  | 20,21       | 33 37         | 2000.0                                       | 2000.0          | 1 1                            | 151.9             | Y         |
| 12  | Rohr                | 1                  | 22          | 37 63         | 1154.0                                       | 1154.0          | 1 1                            | 72.3              | X         |
| 13  | Reduzierstück       | 1                  | 42          | 63 64         | 800.0  | 800.0           | 1 2                            | -5.0              | X         |
| 14  | Rohr                | 1                  | 39          | 64 75         | 2046.0                                       | 2046.0          | 2 2                            | 935.5             | X         |
| 15  | Rohr                | 1                  | 49          | 75 41         | 1000.0                                       | 1000.0          | 2 2                            | 457.2             | X         |

Materialien | Querschnitte | Rohrleitungen | Komponenten | Biegungen | Reduzierstücke | T-Stücke | Abzweiganschlüsse - Faktoren

Bezeichnung der Rohrleitungskomponente (F7 zum Wählen)

Bild 2.5: Tabellen 6.xx für RF-PIPING

Die Funktionsweise der Tabellen ist im RFEM-Handbuch, Kapitel 11.5 erläutert.

## 2.2 Dialoge von RF-PIPING

### 2.2.1 Rohrleitung



Eine Rohrleitung ist ein zusammenhängender Strang von Stäben des Typs *Rohrleitung*. Mit der Schaltfläche [Neue Rohrleitung] können neue Stabstränge modelliert werden. Es erscheint ein Dialog, in dem rohrleitungsspezifische Angaben getroffen werden können.

Neue Rohrleitung

Basis

Nr. 3 Rohrleitungsbezeichnung Stab Nr. 17

Querschnitt  
1 DN 200

Biegung EN 10253-2 - Type A  
☒ Vorhanden

Biegeradius:  
2D  
☒ 3D  
5D  
Benutzerdefiniert:  
R: 203.0 [mm]

DN 200 (219.1x6.3) | EN 10220  
DN 200 (219.1x6.3) | EN 10253-2 - Type A

Biegungsfaktoren ASME B31.1-2012  
☐ Benutzerdefiniert

Flexibilitätsfaktor k: 9.72 [-]

Spannungsintensitätsfaktoren i: 2.94 [-]

OK Abbrechen

Bild 2.6: Dialog Neue Rohrleitung

## Nr.

Es kann eine beliebige Nummer vergeben werden. Diese kann nachträglich nicht geändert werden.


## Rohrleitungsbezeichnung

Für die Rohrleitung kann eine beliebige Bezeichnung eingegeben werden.

## Stab Nr.

Die Nummer kennzeichnet den ersten Stab der neuen Rohrleitung. Sie kann beliebig definiert werden. Weitere Stäbe der gleichen Rohrleitung werden fortlaufend nummeriert.

## Querschnitt

Im Eingabefeld ist der Querschnitt der Rohrleitung festzulegen. Über die Schaltfläche  kann ein Profil aus der Rohrleitungs-Bibliothek ausgewählt werden (siehe [Kapitel 2.2.1.2, Seite 11](#)).

Allgemeine Informationen zu den Querschnitten sind im RFEM-Handbuch, Kapitel 4.13 zu finden.

## Biegung

In diesem Abschnitt kann geregelt werden, ob bei der anschließenden Modellierung die Biegungen automatisch generiert werden sollen und welcher Biegeradius infrage kommt.

## Biegungsfaktoren

Die in diesem Abschnitt angegebenen Werte des *Flexibilitätsfaktors* sowie der *Spannungsintensitätsfaktoren* werden automatisch berechnet. Sie können jedoch auch benutzerdefiniert angegeben werden.

Der Flexibilitätsfaktor  $k$  beeinflusst die Biegesteifigkeit des Rohrbogens. Die Spannungsintensitätsfaktoren  $i$  wirken sich erst bei der Bemessung der Rohrleitung mit RF-PIPING Design aus.

### 2.2.1.1 Definieren von Rohrleitungen

Sind die Angaben vollständig, kann der Dialog mit [OK] geschlossen werden. Die Rohrleitung kann nun im Arbeitsfenster als Polylinie definiert werden. Es erscheint folgender Dialog:

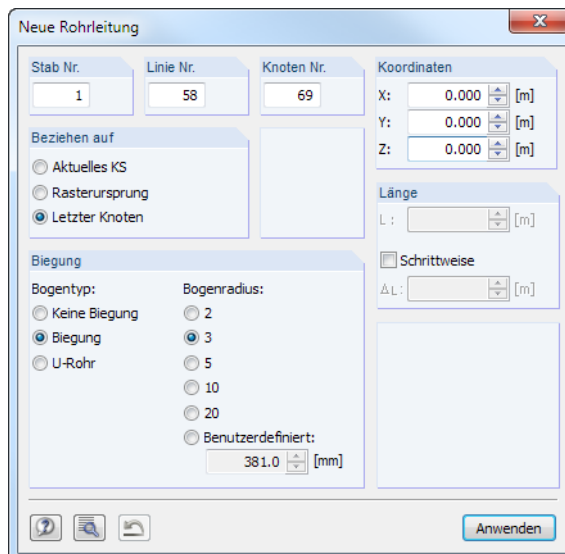
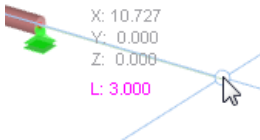


Bild 2.7: Dialog *Neue Rohrleitung*

In Dialog *Neue Rohrleitung* sind die Nummern der neuen Stäbe, Linien und Knoten voreingestellt, können aber bei Bedarf geändert werden.

Für die Eingabe der Koordinaten bestehen drei Möglichkeiten:

- **Aktuelles KS:** Die Koordinaten werden stets auf den Ursprung des Koordinatensystems bezogen. Das Raster ist fix.
- **Rasterursprung:** Die Koordinaten werden auf den Ursprung des Rasters bezogen.
- **Letzter Knoten:** Die Koordinaten werden immer auf den zuletzt definierten Knoten bezogen. Der Rasterursprung wird ebenfalls in den letzten Knoten gelegt.



Der Abschnitt *Biegung* steuert, ob beim schrittweisen Definieren der Polygonlinie Bögen erzeugt werden und welche Form sie aufweisen. Die Parameter sind auf der vorhergehenden Seite erklärt.

Beim Anhaken des Kontrollfeldes *Schrittweise* wird die Länge der Rohrleitung L am Cursor angezeigt, die ggf. das Modellieren der Rohrleitung erleichtert.

## Schaltflächen

Zwei Schaltflächen in diesem Dialog sind nützlich für die Modellierung.



### Details

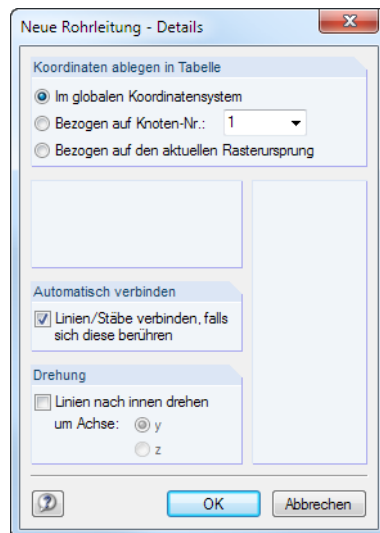


Bild 2.8: Dialog *Neue Rohrleitung - Details*

**Koordinaten ablegen in Tabelle:** Die Eingabedaten werden in der RFEM-Tabelle *1.1 Knoten* abgelegt. Die Knoten können dabei im globalen Koordinatensystem oder auf einen anderen Knoten bezogen gespeichert werden.

**Automatisch verbinden:** Das Kontrollfeld steuert, ob zwischen zwei Rohrleitungen eine Verbindung erzeugt wird, wenn z. B. der Endpunkt auf eine vorhandene Rohrleitung platziert wird. Ist der Haken gesetzt, wird die bestehende Leitung in diesem Knoten geteilt; beide Rohrleitungen sind damit verbunden. Ist die Option deaktiviert, wird die vorhandene Leitung nicht geteilt. Je nachdem, ob die Option *Teilung der Stäbe durch die Knoten, die auf den Stäben liegen* im Dialog *FE-Netz Einstellungen* aktiviert ist, sind die beiden Rohrleitungen verbunden oder nicht.

**Drehung:** Diese Option kann bei Biegungen hilfreich sein, die im Rendering verdreht aussehen. Die Verdrehung entsteht durch einen Wechsel der lokalen z-Achsenrichtung.

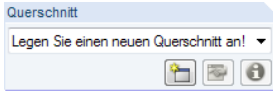



### Rückgängig



Die Modellierung einer Rohrleitung entspricht der eines Polygonzuges. Vom Anfang bis zum Ende werden durchgehend alle Teilstücke abgesetzt. Sollte ein Fehler unterlaufen, kann die Eingabe mit der Schaltfläche schrittweise rückgängig gemacht werden, ohne das Rohr zu löschen.

### 2.2.1.2 Neuer Rohrleitungsquerschnitt



Im Dialog *Neue Rohrleitung* ist ein Querschnitt festzulegen (siehe Bild 2.6, Seite 8). Dies kann über die Schaltfläche  erfolgen.

Es erscheint die Querschnittsbibliothek, in der der Rohrquerschnitt ausgewählt werden kann. Dieser Dialog ist im RFEM-Handbuch, Kapitel 4.13 beschrieben.

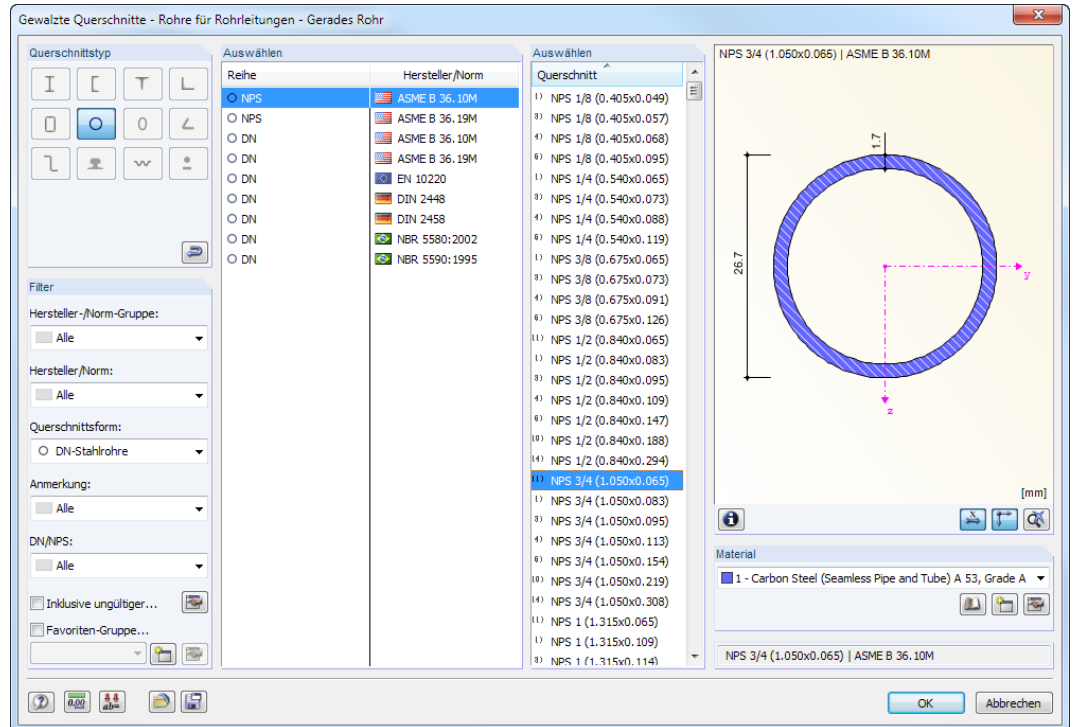


Bild 2.9: Dialog *Gewalzte Querschnitte - Rohre für Rohrleitungen - Gerades Rohr*

Nach [OK] erscheint der Dialog *Neuer Rohrleitungsquerschnitt* (siehe Bild 2.10). Dieser Dialog ermöglicht spezifische Angaben im Hinblick auf den Querschnitt, die Biegung, den Aufbau der Rohrleitung und die Spannungsanalyse.

Der Dialog ermöglicht getrennte Vorgaben zwischen geraden Abschnitten und Biegungen einer Rohrleitung.

## Gerades Rohr

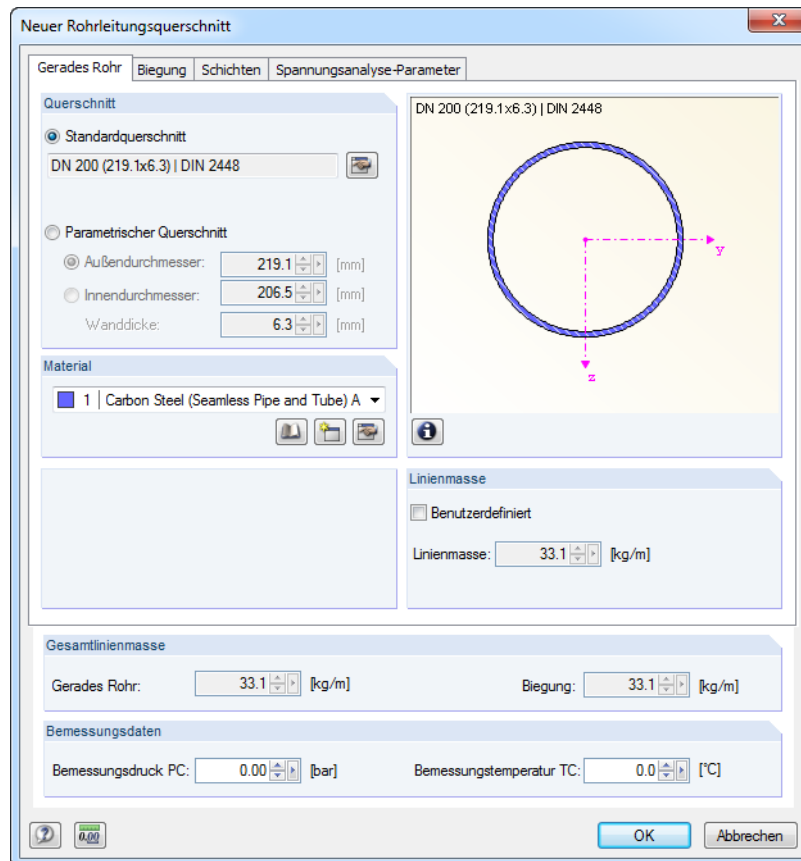


Bild 2.10: Dialog *Neuer Rohrleitungsquerschnitt*

Im ersten Register sind die Angaben zum Querschnitt von geraden Abschnitten zu treffen. Gewählt werden kann zwischen einem *Standardquerschnitt* aus der Bibliothek oder einem *Parametrischen Querschnitt*, definiert durch Außen- bzw. Innendurchmesser mit entsprechender Wanddicke.

Das *Material* des Querschnitts kann in der Liste der bereits definierten Materialien ausgewählt werden. Die Schaltflächen unterhalb der Liste ermöglichen den Zugang zur Materialbibliothek sowie das Anlegen oder Bearbeiten eines Materials. Nähere Informationen zur Materialbibliothek bietet das [Kapitel 2.2.1.3, Seite 14](#) und das RFEM-Handbuch, Kapitel 4.3.

Die *Linienmasse* wird per Voreinstellung automatisch aus dem Querschnitt und dem Material berechnet, kann jedoch auch benutzerdefiniert angegeben werden.

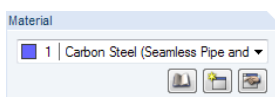
Im Abschnitt unterhalb wird die *Gesamtlinienmasse* der geraden Rohrabschnitte und Biegungen ausgegeben. Sie beinhaltet zusätzliche Massen aus dem Register *Schichten*.

Im letzten Abschnitt kann der *Bemessungsdruck PC* und die *Bemessungstemperatur TC* definiert werden.

Falls Armaturen wie z. B. Flansche aus den Bibliotheken verwendet werden, wird automatisch entsprechend des Bemessungsdrucks die Liste der Möglichkeiten auf adäquate Elemente reduziert. Ebenso gehen diese Werte in die Innendruckanalyse (Überprüfung der Mindestwanddicken) ein.

## Biegung

Die Einstellmöglichkeiten dieses Registers betreffen ausschließlich Biegungen von Rohrleitungen. Das Konzept entspricht dem der Rohre (siehe oben).



## Schichten

Gerades Rohr | Biegung | **Schichten** | Spannungsanalyse-Parameter

**Isolierung**

☒ Anwenden

Wichte:  [kN/m³]

Dicke  $t_i$ :  [mm]

**Weißblech**

☒ Anwenden

Wichte:  [kN/m³]

Dicke  $t_i$ :  [mm]

**Futter**

☐ Anwenden

Wichte:  [kN/m³]

Dicke  $t_i$ :  [mm]

**Linienmasse**

☐ Benutzerdefiniert

Linienmasse - Rohr:  [kg/m]

Linienmasse - Biegung:  [kg/m]

Bild 2.11: Dialogregister *Schichten*

Dieses Register ermöglicht weitere Angaben zum Aufbau des Rohres. So kann jeweils für *Isolierung*, *Weißblech* und *Futter* die Dicke der Schicht sowie die Wichte des Materials angegeben werden.

Bei einer benutzerdefinierten Eingabe der *Linienmasse* werden die Werte der zuletzt berechneten Linienmassen zugänglich, sodass eigene Werte für Rohr und Biegung eingetragen werden können.

## Spannungsanalyse-Parameter

Gerades Rohr | Biegung | Schichten | **Spannungsanalyse-Parameter**

**Gerades Rohr**

Korrosionszuschlag  $c_0$ :  [mm]

Absolutwert der Minustoleranz  $c_1$ : ☒ 12.5 [%] ☐ 0.4 [mm]

Fertigungszuschlag  $c_2$ :  [mm]

Schweißnahtfaktor  $z$ :  [-]

**Biegung**

Korrosionszuschlag  $c_0$ :  [mm]

Absolutwert der Minustoleranz  $c_1$ : ☒ 12.5 [%] ☐ 0.4 [mm]

Fertigungszuschlag  $c_2$ :  [mm]

Schweißnahtfaktor  $z$ :  [-]

**Biegeradius**  $R$ :  [mm]

**Anschlusswanddicke**  $e_n$ :  [mm]


**Innenwanddicke**  $T_{int}$ :  [mm]

**Außenwanddicke**  $T_{ext}$ :  [mm]

Bild 2.12: Dialogregister *Spannungsanalyse-Parameter*

Die Vorgaben dieses Registers sind für die Nachweise mit dem Modul RF-PIPING Design relevant (siehe Kapitel 3). Es können separat für gerade und gebogene Rohrabschnitte die *Zuschläge* bzw. *Toleranzen*  $c_0$ ,  $c_1$  und  $c_2$  sowie der *Schweißnahtfaktor*  $z$  bzw.  $E$  festgelegt werden.

### 2.2.1.3 Materialbibliothek

Die Materialien für RF-PIPING werden separat von RFEM in der Kategorie *Rohrleitung (RF-PIPING)* verwaltet. Das Anlegen eines neuen Materials ist wie gewohnt über das Navigator-Kontextmenü oder die Schaltfläche  in Tabelle 6.1 *Materialien*, Spalte A zugänglich.

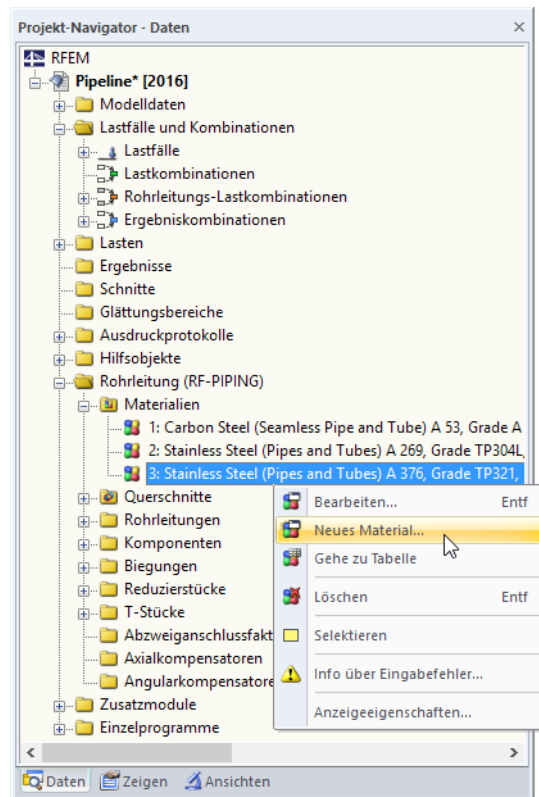


Bild 2.13: *Materialien*-Kontextmenü



Im Dialog *Neues Rohrleitungsmaterial* kann das Material dann über die Schaltfläche [Bibliothek] in der Materialbibliothek ausgewählt werden (siehe Bild 2.14).

Der Abschnitt *Filter* ermöglicht eine spezifische Selektion von Materialien für Rohrleitungen. Die Auswahl von Materialien aus der Bibliothek ist im Kapitel 4.3 des RFEM-Handbuchs ausführlich beschrieben.



Wird die Rohrleitung mit RF-PIPING Design bemessen, sollte das Material konform zur Bemessungsnorm ausgewählt werden.

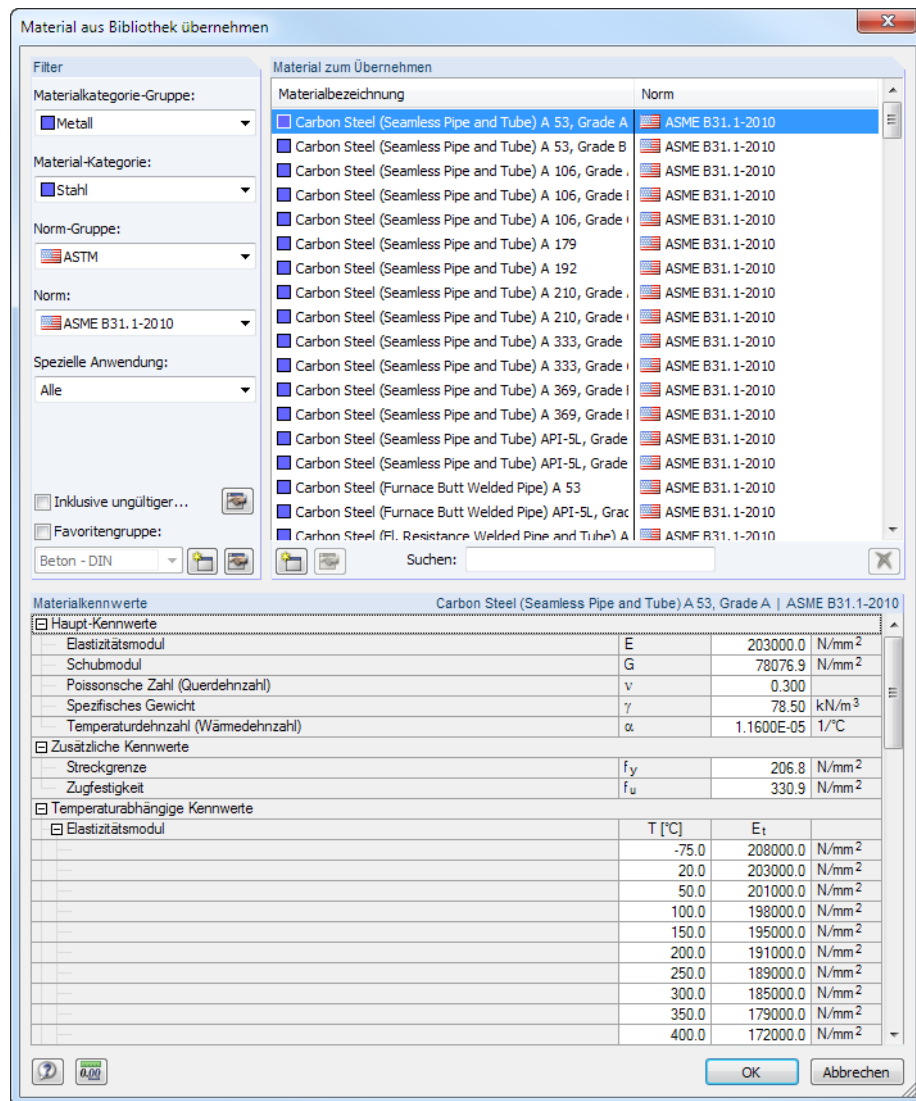


Bild 2.14: Dialog *Material aus Bibliothek übernehmen*

Charakteristisch für Rohrleitungsmaterialien sind die temperaturabhängigen Festigkeiten, die im Abschnitt *Materialkennwerte* angegeben werden.

Im Kapitel 4.3 des RFEM-Handbuchs ist beschrieben, wie Materialien in der Bibliothek ausgewählt, geändert oder ergänzt werden können.



## 2.2.2 Reduzierstück



Reduzierstücke werden zur Änderung des Rohrquerschnitts verwendet. Nach dem Anklicken der Schaltfläche [Neue Reduzierung] kann der Stab im Arbeitsfenster ausgewählt werden, an dem die Reduzierung vorgenommen werden soll.



Reduzierstücke sind auf Knoten bezogen. Soll eine Querschnittsänderung innerhalb eines Stabes erfolgen, ist dieser vorher an der entsprechenden Stelle zu teilen.

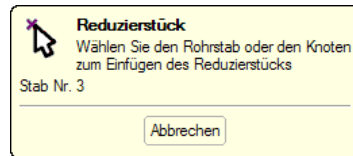


Bild 2.15: Stab im Arbeitsfenster auswählen

Nach dem Anklicken des Stabes erscheint der Dialog *Neues Reduzierstück*.

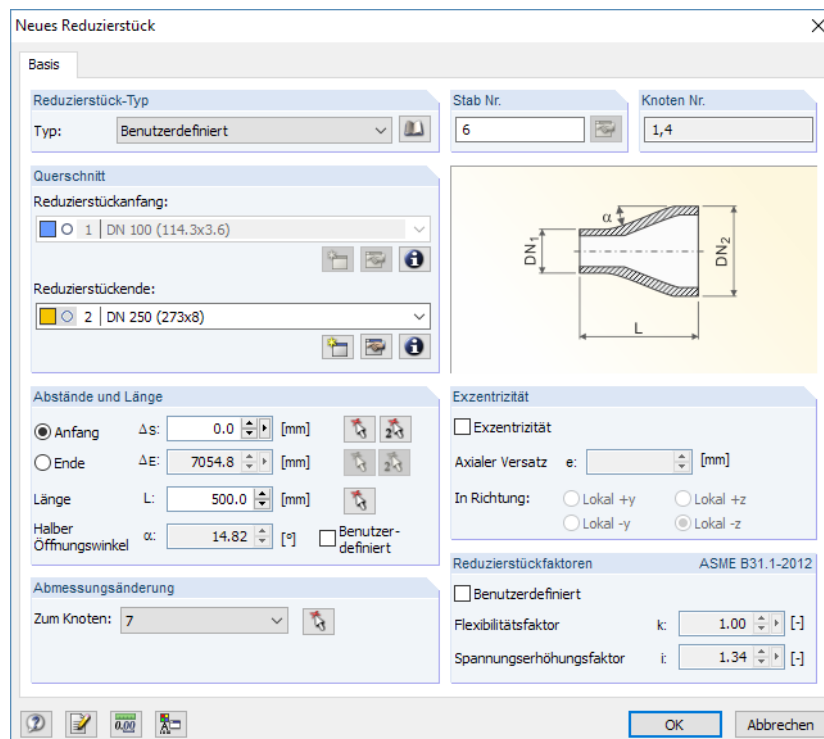


Bild 2.16: Dialog *Neues Reduzierstück*

## Reduzierstück-Typ

Wird das Reduzierstück *Benutzerdefiniert* festgelegt, kann die Geometrie der Reduzierung in den weiteren Abschnitten frei festgelegt werden.

Die Schaltfläche  ruft eine Bibliothek mit genormten Reduzierstücken auf (siehe Bild 2.17).

Ist z. B. für das *Reduzierstückende* (Abschnitt unterhalb) bereits ein Querschnitt festgelegt, sind in der Bibliothek DN-kompatible Lösungen voreingestellt.

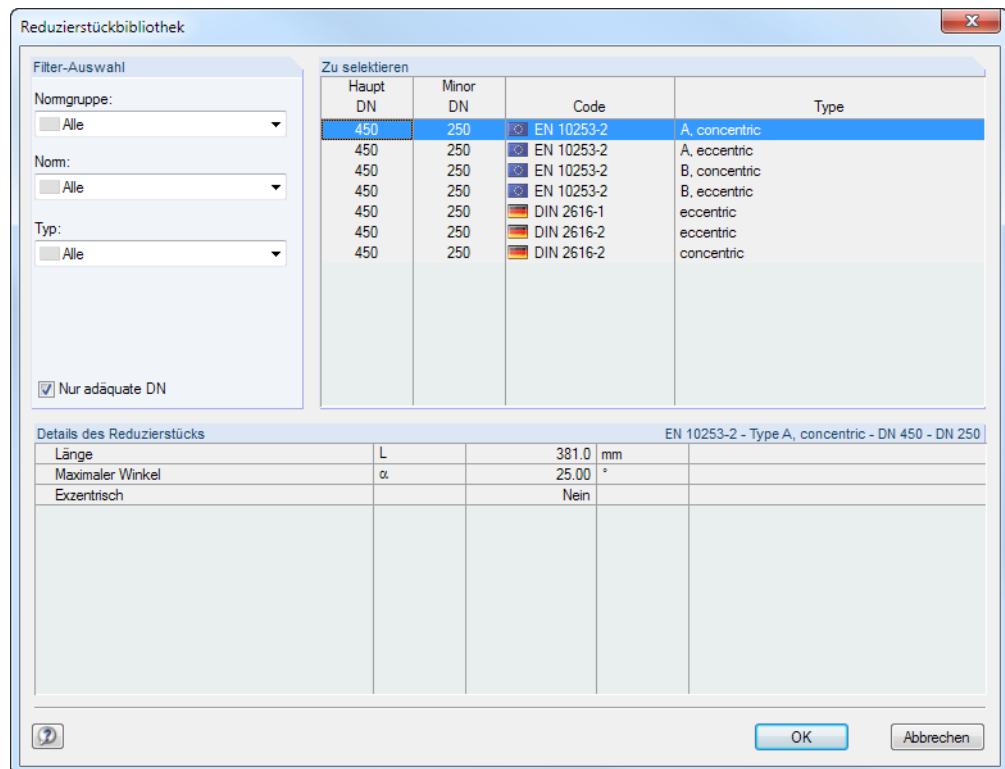


Bild 2.17: Bibliothek für Reduzierstücke

## Querschnitt

Eine Reduzierung wird – ähnlich einer Voute – durch einen Anfangs- und Endquerschnitt definiert. Je nachdem, welcher Knoten des Stabes im Abschnitt *Abmessungsänderung* ausgewählt wurde, ist entweder der *Reduzierstückanfang* oder das *Reduzierstückende* für Änderungen zugänglich.

## Abstände und Länge

Bei einer benutzerdefinierten Definition des Reduzierstücks sind neben den Querschnitten noch der Abstand vom Stabanfang  $\Delta_S$  bzw. Stabende  $\Delta_E$  (x-Stelle entlang der Stabachse) sowie die Länge der Reduzierung festzulegen. Dies kann mit und auch grafisch erfolgen.

Der *Halbe Öffnungswinkel* kann bei Bedarf benutzerdefiniert angegeben werden.

## Abmessungsänderung

Der hier angegebene *Knoten* legt fest, welches Rohrende von der Profiländerung betroffen ist.

## Exzentrizität

Rohre sind immer auf den Querschnittsschwerpunkt bezogen (Drahtmodell). Bei Reduzierungen führt dies dazu, dass das Rohr mit dem kleineren Querschnittsumfang mittig fortgeführt wird. Soll jedoch beispielsweise die Unterseite des Rohres durchgehend verlaufen, kann nach dem Anhängen des Kontrollfeldes *Exzentrizität* ein *Axialer Versatz* der lokalen Stabachsen festgelegt werden.

## Reduzierstückfaktoren

Der *Flexibilitätsfaktor* und *Spannungsintensitätsfaktor* können bei Bedarf benutzerdefiniert festgelegt werden.

### 2.2.3 Ventil



Die Definition eines Ventils dient programmintern der korrekten Erfassung des Gewichts und der Steifigkeit. Nach dem Anklicken der Schaltfläche [Neues Ventil] kann der Stab ausgewählt werden, an dem das Ventil angebracht werden soll.



Ventile sind auf Stäbe bezogen. Sie können daher innerhalb eines Stabes angeordnet werden.

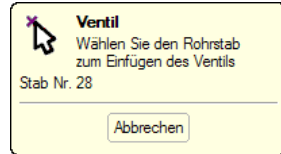


Bild 2.18: Stab im Arbeitsfenster auswählen

Nach dem Anklicken des Stabes erscheint der Dialog *Neues Ventil*.

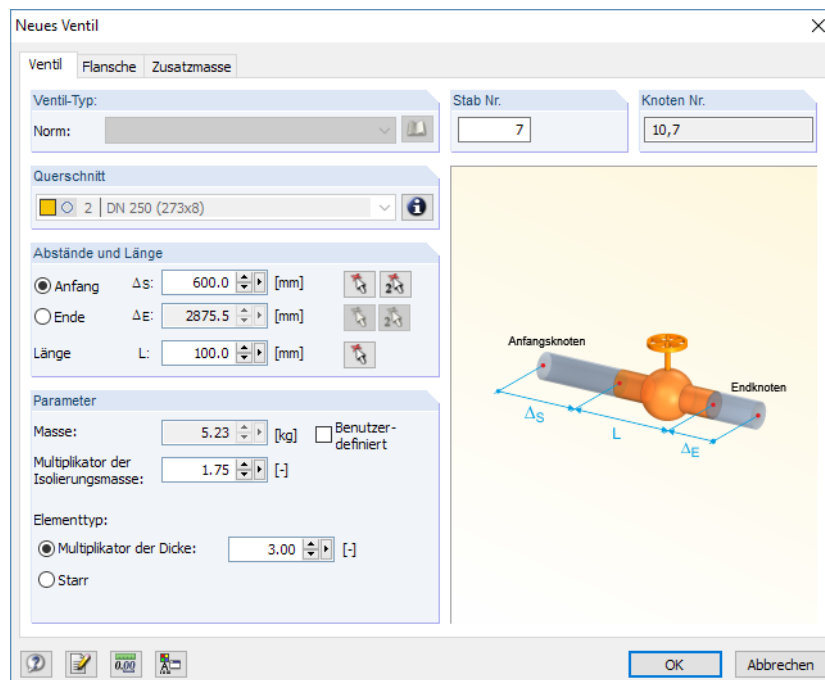


Bild 2.19: Dialog *Neues Ventil*

### Ventil-Typ

Aktuell stehen noch keine vordefinierten Ventile zur Verfügung.

### Querschnitt

Der Querschnitt des Stabes wird zur Information angezeigt.

### Abstände und Länge

Für die Positionierung des Ventils am Stab ist der Abstand vom Stabanfang  $\Delta_s$  bzw. Stabende  $\Delta_E$  (x-Stelle entlang der Stabachse) sowie die Länge des Ventils festzulegen. Mit und können die Stellen auch grafisch bestimmt werden.

## Parameter

In diesem Abschnitt befinden sich Optionen zur Anpassung der *Masse* von Ventil und Isolierung sowie Einstellmöglichkeiten bezüglich der Steifigkeit. Die Masse wird gleichmäßig über die Länge des Ventils „verschmiert“.


## Flansche

Bild 2.20: Dialog *Neues Ventil*, Register *Flansche*



Das zweite Register des Dialogs ermöglicht es, beidseits des Ventils Flansche anzuordnen. Damit lässt sich die Lastsituation korrekt erfassen. Die [Bibliothek] hilft bei der Findung des korrekten Flanschtyps und somit der richtigen Last (siehe Bild 2.21).

Alternativ können die Flansche manuell über die *Masse* und den *Nennndruck* definiert werden.

Soll beidseits der gleiche Flanschtyp verwendet werden, kann der Flansch mit der Schaltfläche  in den anderen Abschnitt übergeben werden.

| DN  | PN   | Code      | Typ     |                              |
|-----|------|-----------|---------|------------------------------|
| 250 | 2.5  | EN 1092-1 | 02 + 32 | Loser Flansch + glatter Bund |
| 250 | 6.0  | EN 1092-1 | 02 + 32 | Loser Flansch + glatter Bund |
| 250 | 10.0 | EN 1092-1 | 02 + 32 | Loser Flansch + glatter Bund |
| 250 | 16.0 | EN 1092-1 | 02 + 32 | Loser Flansch + glatter Bund |
| 250 | 25.0 | EN 1092-1 | 02 + 32 | Loser Flansch + glatter Bund |
| 250 | 40.0 | EN 1092-1 | 02 + 32 | Loser Flansch + glatter Bund |

|       |   |      |     |  |
|-------|---|------|-----|--|
| Masse | M | 10.6 | kg  |  |
| Druck | p | 2.50 | bar |  |
| Länge | L | 42.0 | mm  |  |

Bild 2.21: Bibliothek für Flansche

## Zusatzmasse

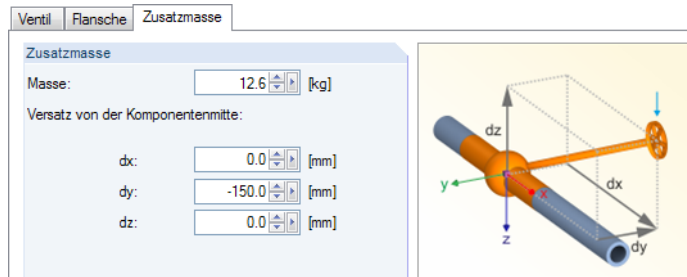


Bild 2.22: Dialog *Neues Ventil*, Register *Zusatzmasse*

Zur Berücksichtigung der exzentrischen Masse des Handrads kann in diesem Register die *Masse* und der *Versatz* von der Rohrmittellinie angegeben werden.

### 2.2.4 Dreiwegeventil



Dreiwegeventile können an Knoten angeordnet werden, an denen drei Rohre anschließen. Nach dem Anklicken der Schaltfläche [Neues Dreiwegeventil] kann der relevante Knoten ausgewählt werden.

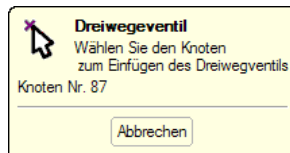


Bild 2.23: Knoten im Arbeitsfenster auswählen

Nach dem Anklicken des Knotens erscheint der Dialog *Neues Dreiwegeventil*.

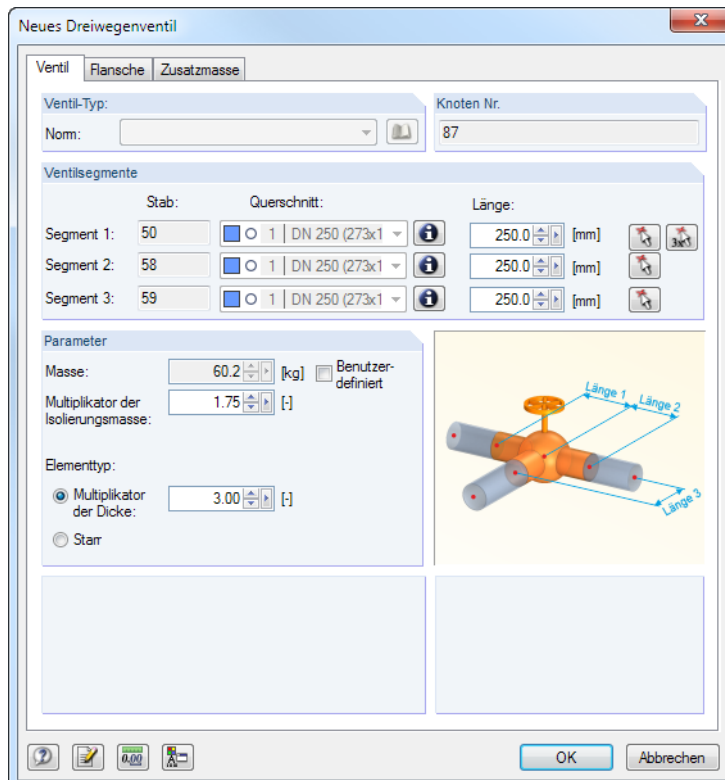


Bild 2.24: Dialog *Neues Dreiwegeventil*

## Ventil-Typ

Aktuell stehen noch keine vordefinierten Dreiwegeventile zur Verfügung.

## Ventilsegmente

In diesem Abschnitt ist die *Länge* der einzelnen Segmente anzugeben. Mit den Schaltflächen und können sie auch grafisch bestimmt werden.



Der Abschnitt *Parameter* und die weiteren Register *Flansche* und *Zusatzmasse* sind im [Kapitel 2.2.3](#) beschrieben.

### 2.2.5 Vierwegeventil



Vierwegeventile können an Knoten angeordnet werden, an denen vier Rohre anschließen. Nach dem Anklicken der Schaltfläche [Neues Vierwegeventil] kann der relevante Knoten ausgewählt werden.

| Segment    | Teilstabs | Querschnitt   | Länge      |
|------------|-----------|---------------|------------|
| Segment 1: | 50        | DN 250 (273x) | 250.0 [mm] |
| Segment 2: | 58        | DN 250 (273x) | 250.0 [mm] |
| Segment 3: | 59        | DN 250 (273x) | 250.0 [mm] |
| Segment 4: | 60        | DN 250 (273x) | 250.0 [mm] |

Parameter

Masse: 80.3 [kg] ☐ Benutzer-definiert

Multiplikator der Isolierungsmasse: 1.75 [-]

Elementtyp:

☒ Multiplikator der Dicke: 3.00 [-]

☐ Starr

Bild 2.25: Dialog *Neues Vierwegeventil*

Aktuell stehen noch keine vordefinierten Vierwegeventile zur Verfügung.

Die Abschnitte des Dialogs sind im [Kapitel 2.2.3](#) und [Kapitel 2.2.4](#) beschrieben.

## 2.2.6 Biegung



Ist im Dialog *Neue Rohrleitung* das Kontrollfeld für die Generierung von Biegungen angehakt (siehe [Bild 2.6, Seite 8](#)), so werden beim Setzen der Rohrleitung automatisch Biegungen zwischen den geraden Leitungsabschnitten erzeugt. Mit der Schaltfläche [Neue Biegung] kann eine Biegung nachträglich definiert werden, um zwei gerade Rohrleitungsabschnitte zu verbinden.

Nach dem Anklicken des relevanten Knotens erscheint der Dialog *Neue Biegung*.

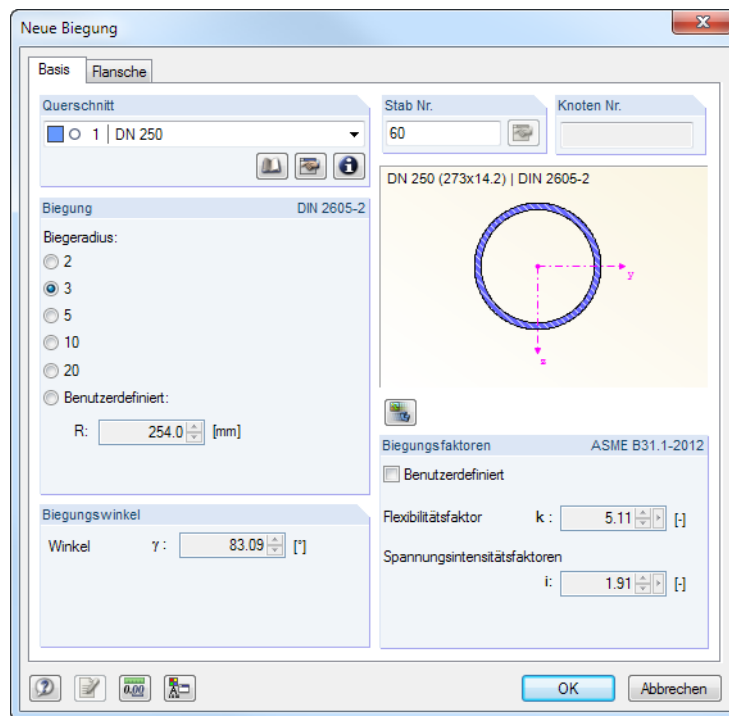


Bild 2.26: Dialog *Neue Biegung*

Im ersten Register sind der Querschnitt sowie die Stabnummer der Biegung festzulegen.

Die Abschnitte *Biegung* und *Biegeformfaktoren* sind im [Kapitel 2.2.1](#) erläutert, das Register *Flansche* im [Kapitel 2.2.3](#).

Zur Information wird der *Biegungswinkel* angezeigt.

## 2.2.7 Flansch



Zur detailgetreuen Abbildung der Belastung können Flansche definiert werden. Nach dem Anklicken der Schaltfläche [Neuer Flansch] kann der Knoten oder Stab im Arbeitsfenster ausgewählt werden, an dem ein Flansch angeordnet werden soll.

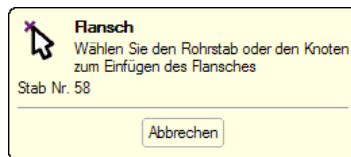


Bild 2.27: Stab im Arbeitsfenster auswählen

Nach dem Anklicken des Knotens bzw. Stabes erscheint der Dialog *Neuer Flansch*.

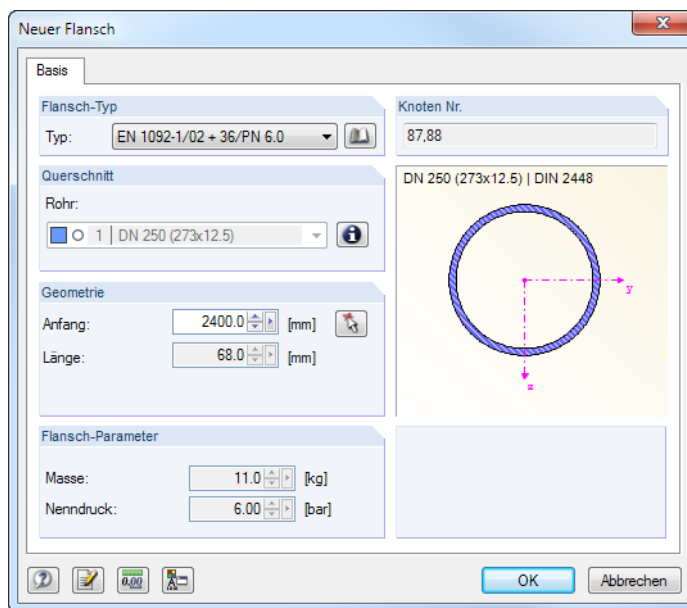


Bild 2.28: Dialog *Neuer Flansch*

## Flansch-Typ

Wird der Flansch *Benutzerdefiniert* festgelegt, können die Parameter in den weiteren Abschnitten frei festgelegt werden.

Die Schaltfläche ruft eine Bibliothek mit genormten Flanschen auf (siehe Bild 2.20, Seite 19). Dort sind bereits Lösungen voreingestellt, die sich für den Querschnitt eignen. Die Bibliothek bietet dabei die Möglichkeit, nach DN- und PN-kompatiblen Einträgen zu filtern.

## Querschnitt

Zur Information wird der aktuelle Rohrleitungsquerschnitt angegeben.

## Geometrie

Bei einer benutzerdefinierten Definition des Flansches ist der *Anfang* (x-Stelle längs der Stabachse) sowie die *Länge* des Flansches festzulegen. Dies kann mit auch grafisch erfolgen.

Bei Flanschen aus der Bibliothek braucht nur die Position des Flansches angegeben werden.



## 2.2.8 Blindflansch



Blindflansche werden zum Verschließen von Stutzen oder Rohrleitungsenden verwendet. Nach dem Anklicken der Schaltfläche [Neuer Blindflansch] kann der relevante Knoten im Arbeitsfenster ausgewählt werden.

Nach dem Anklicken des Knotens erscheint der Dialog *Neuer Blindflansch*.

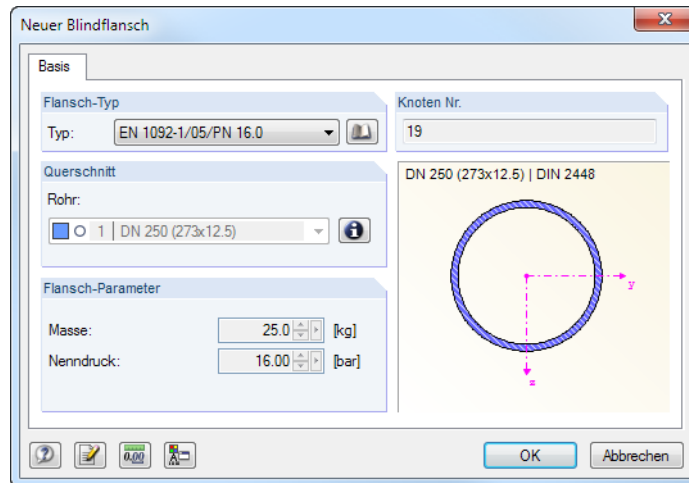


Bild 2.29: Dialog *Neuer Blindflansch*

## Flansch-Typ

Wird der Flansch *Benutzerdefiniert* festgelegt, können die Parameter im Abschnitt unterhalb frei festgelegt werden.

Die Schaltfläche ruft eine Bibliothek mit genormten Blindflanschen auf (siehe Bild 2.30). Dort sind bereits Lösungen voreingestellt, die sich für den Querschnitt eignen. In der Bibliothek besteht die Möglichkeit, nach DN- und PN-kompatiblen Einträgen zu filtern.

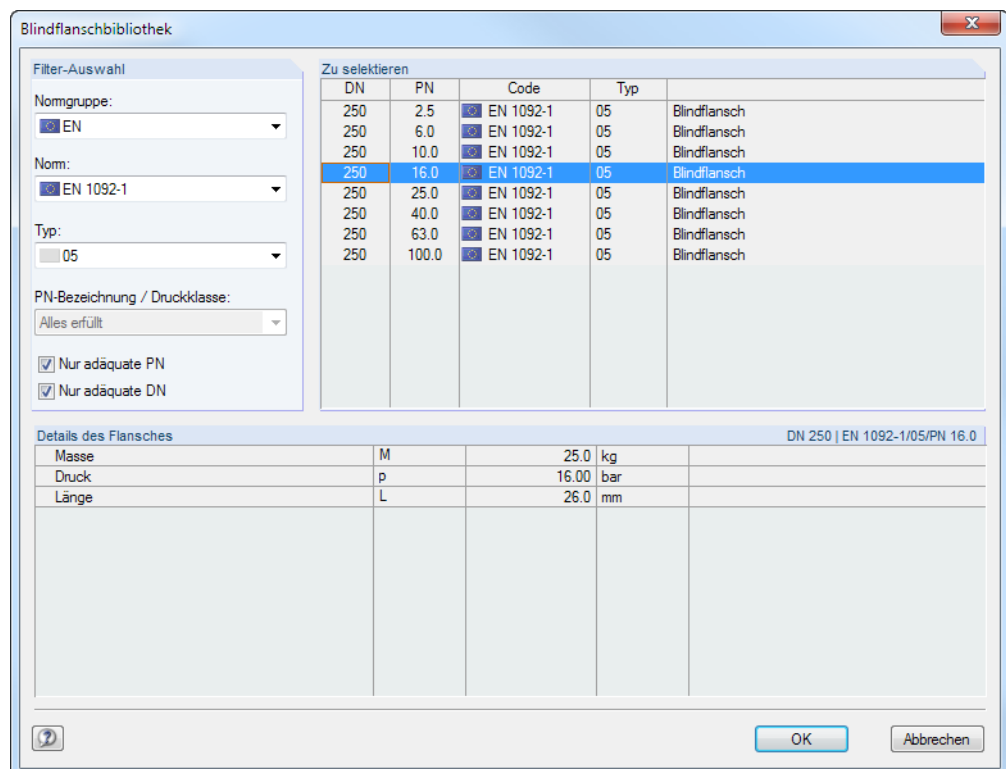


Bild 2.30: Bibliothek für Blindflansche

## Querschnitt

Zur Information wird der aktuelle Rohrleitungsquerschnitt angegeben.

## Flansch-Parameter

Wurde der Blindflansch aus der Bibliothek ausgewählt, so sind *Masse* und *Nenndruck* voreingestellt. Die Druckklassen beziehen sich dabei auf den Bemessungsdruck, der im Rohrleitungsquerschnitt definiert werden kann.

Wenn der Blindflansch *Benutzerdefiniert* festgelegt wird, können die beiden Parameter manuell definiert werden. In die Berechnung geht nur die Masse als zusätzliche Last ein.

### 2.2.9 T-Stück



Wird ein Rohr an eine bestehende Rohrleitung angeschlossen, können diese Verbindungsstellen durch vorgefertigte T-Stücke realisiert werden. Nach dem Anklicken der Schaltfläche [Neues T-Stück] kann der relevante Knoten im Arbeitsfenster ausgewählt werden.



Es sind nur Knoten zulässig, an denen zwei Rohre gerade durchlaufen. Das dritte Rohr kann beliebig angeschlossen sein.

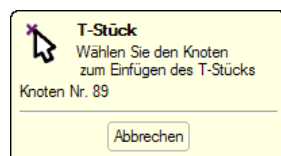


Bild 2.31: Knoten im Arbeitsfenster auswählen

Nach dem Anklicken des Knotens erscheint der Dialog *Neues T-Stück*.

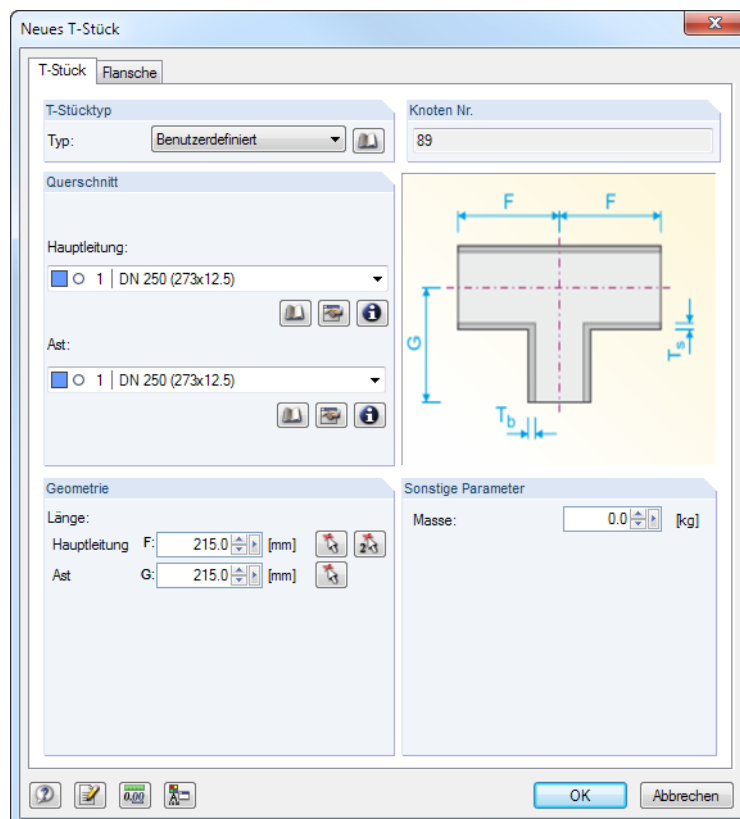


Bild 2.32: Dialog *Neues T-Stück*

## T-Stücktyp

Wird das T-Stück *Benutzerdefiniert* festgelegt, können dessen Parameter in den Abschnitten unterhalb individuell festgelegt werden.

Die Schaltfläche ruft eine Bibliothek mit genormten T-Stücken auf (siehe Bild 2.33). Dort sind bereits Lösungen voreingestellt, die sich für die Verbindung eignen. In der Bibliothek besteht die Möglichkeit, nach DN-kompatiblen Einträgen zu filtern.

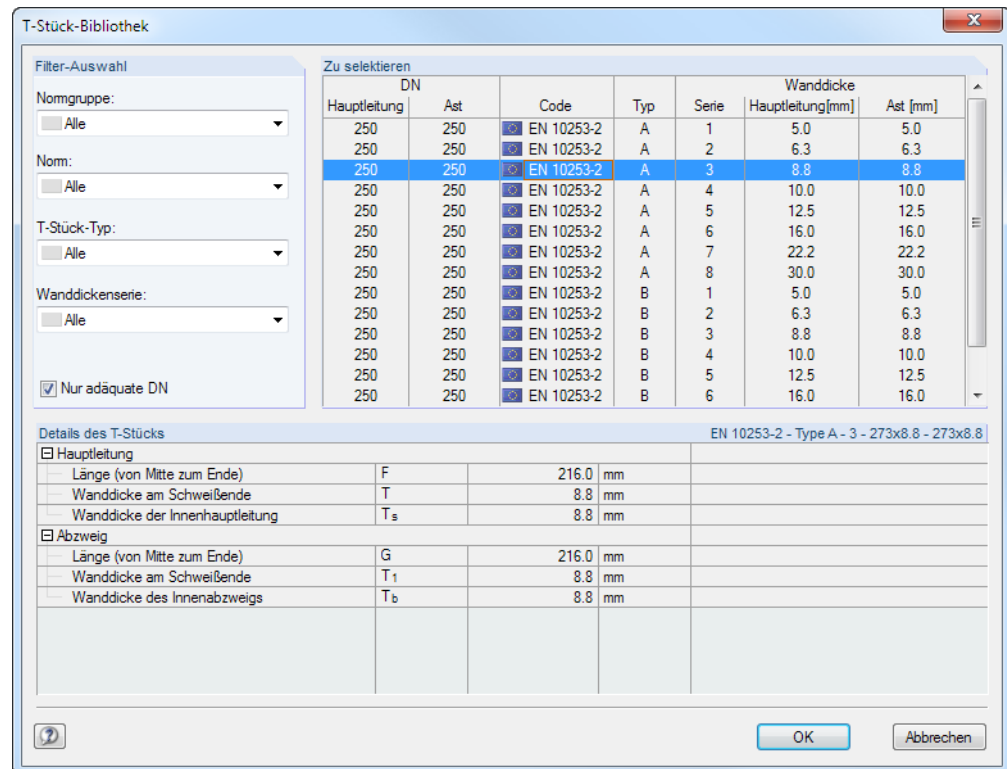


Bild 2.33: Bibliothek für T-Stücke gemäß EN 10253-2 [4]

## Querschnitt

Bei einer benutzerdefinierten Eingabe des T-Stücks können die Querschnitte für die *Hauptleitung* und den *Ast* festgelegt werden.

## Geometrie

Wird das T-Stück aus der Bibliothek ausgewählt, so werden die Geometrieparameter der Verbindung automatisch eingetragen. Bei einer benutzerdefinierten Eingabe sind die *Länge* und innere *Wanddicke* des T-Stücks für Hauptleitung und Ast anzugeben. Die Längen lassen sich mit den Schaltflächen und auch grafisch festlegen.

## Sonstige Parameter

Die *Masse* des T-Stücks wird als Streckenlast gleichmäßig über die Abschnitte des T-Stücks verteilt. Bei dem Wert 0 wird nur das entsprechende Rohrgewicht berücksichtigt.

## Flansche

Im zweiten Dialogregister besteht die Möglichkeit, Flansche an der Verbindung anzuordnen. Die Funktionen dieses Register sind im Kapitel 2.2.3 auf Seite 19 erläutert.

## 2.2.10 Abzweiganschluss - Faktoren



Die für die Bemessung relevanten Spannungsintensitätsfaktoren (SIF) unterscheiden sich je nach Ausführung des T-Stücks. Standardmäßig wird der in den Basiseinstellungen festgelegte Typ verwendet (siehe [Kapitel 2.2.9](#)). Über die Schaltfläche [Neuer Abzweiganschluss] können die Faktoren individuell für jeden Anschluss neu festgelegt werden.

Nach dem Anklicken des relevanten Knotens erscheint der Dialog *Neuer Abzweiganschluss - Faktoren*.

Bild 2.34: Dialog *Neuer Abzweiganschluss - Faktoren*

## T-Stücktyp

Die Liste enthält verschiedenen Typen an T-Stücken gemäß [1] (siehe auch [Kapitel 2.1.1, Seite 5](#)). Je nach Auswahl sind weitere Angaben wie z. B. Radien oder Wanddicken erforderlich.

Bild 2.35: T-Stücktypen



Die Option *Benutzerdefiniert* ermöglicht es, die Flexibilitäts- und Spannungsintensitätsfaktoren manuell festzulegen.

## 2.2.11 Axialkompensator



Mit sogenannten Axialkompensatoren lassen sich axiale Längenänderungen ausgleichen, die vor allem durch thermische Beanspruchungen entstehen. Nach dem Anklicken der Schaltfläche [Neuer Axialkompensator] kann der Stab im Arbeitsfenster ausgewählt werden, an dem der Kompensator platziert werden soll.

Es erscheint der Dialog *Neuer Axialkompensator*.

Bild 2.36: Dialog *Neuer Axialkompensator*, Register *Basis*

### Identifikation

Die Schaltfläche ruft eine Bibliothek mit genormten Kompensatoren auf (siehe Bild 2.37). Dort sind bereits Lösungen voreingestellt, die sich für die Verbindung eignen.

In der Bibliothek besteht die Möglichkeit, nach DN- und PN-kompatiblen Einträgen zu filtern.

### Querschnitt

Zur Information wird der aktuelle Rohrleitungsquerschnitt angegeben.

### Abstände und Länge

Bei einer benutzerdefinierten Definition des Kompensators ist der Abstand vom Stabanfang  $\Delta_s$  bzw. Stabende  $\Delta_e$  (x-Stelle längs der Stabachse bezogen auf den Stabanfang) sowie die Länge des Kompensators festzulegen. Dies kann mit den Schaltflächen auch grafisch erfolgen.

Bei Kompensatoren aus der Bibliothek braucht nur die Position des Kompensators, d. h. der *Anfang* oder das *Ende*, angegeben werden.

**Axialkompensatorbibliothek**

**Filter-Auswahl**

Hersteller:

Reihe:

Nenndruck PN:

Nenn Durchmesser DN:

☒ Nur adäquate PN

☒ Nur adäquate DN

**Zu selektieren**

| Typ                      | PN [bar]  | DN [-]     | 2δ <sub>N</sub> [mm] |
|--------------------------|-----------|------------|----------------------|
| ABN 02.0200.060.0        | 2.5       | 200        | 60                   |
| ABN 02.0200.110.0        | 2.5       | 200        | 110                  |
| ABN 02.0200.190.0        | 2.5       | 200        | 190                  |
| ABN 06.0200.040.0        | 6         | 200        | 40                   |
| ABN 06.0200.080.0        | 6         | 200        | 80                   |
| ABN 06.0200.140.0        | 6         | 200        | 140                  |
| <b>ABN 10.0200.040.0</b> | <b>10</b> | <b>200</b> | <b>40</b>            |
| ABN 10.0200.080.0        | 10        | 200        | 80                   |
| ABN 10.0200.110.0        | 10        | 200        | 110                  |
| ABN 16.0200.030.0        | 16        | 200        | 30                   |
| ABN 16.0200.060.0        | 16        | 200        | 60                   |
| ABN 16.0200.097.0        | 16        | 200        | 97                   |
| ABN 25.0200.026.0        | 25        | 200        | 26                   |
| ABN 25.0200.046.0        | 25        | 200        | 46                   |
| ABN 25.0200.071.0        | 25        | 200        | 71                   |


**Details des Axialkompensators** Typ ABN 10.0200.040.0

|                                     |                 |        |                 |
|-------------------------------------|-----------------|--------|-----------------|
| Nenndruck                           | PN              | 10.00  | bar             |
| Nenn Durchmesser                    | DN              | 200    | -               |
| Nennwert der Axialbewegungsaufnahme | 2δ <sub>N</sub> | 40.0   | mm              |
| Gesamtänge                          | L <sub>0</sub>  | 164.0  | mm              |
| <b>Masse</b>                        |                 |        |                 |
| <input type="checkbox"/> Balg       |                 |        |                 |
| Außendurchmesser                    | D <sub>o</sub>  | 257.0  | mm              |
| Gewellte Länge                      | L <sub>b</sub>  | 68.0   | mm              |
| Wirksame Querschnittsfläche         | A <sub>e</sub>  | 430.00 | cm <sup>2</sup> |
| <b>Federsteifigkeiten</b>           |                 |        |                 |
| Axial                               | C <sub>d</sub>  | 340.0  | N/mm            |
| Winkel                              | C <sub>a</sub>  | 41.0   | Nm/deg          |

Bild 2.37: Bibliothek für Axialkompensatoren

## Balg

In diesem Abschnitt ist der *Außendurchmesser*, die *Gewellte Länge* sowie die *Wirksame Querschnittsfläche* des Kompensators anzugeben. Bei einem Kompensator aus der Bibliothek sind die Felder ausgegraut; sie dienen lediglich der Information.

Die wirksame Querschnittsfläche wird für die Ermittlung der axialen Druckkraft benötigt. Sie kann über die Schaltfläche  berechnet werden.

Aus dem Außen- und Innendurchmesser ermittelt sich der mittlere Durchmesser  $D_m$  wie folgt:

$$D_m = \frac{D_o + D_u}{2} \quad (2.1)$$

Mit dem mittleren Durchmesser kann die wirksame Querschnittsfläche  $A_e$  bestimmt werden.

$$A_e = \frac{\pi}{4} \cdot D_m^2 \quad (2.2)$$

## Sonstige Parameter

Die *Masse* des Kompensators wird als Streckenlast gleichmäßig über die Länge verteilt.

Wird ein Kompensator aus der Bibliothek verwendet, kann zwischen der Masse mit oder ohne *Leitrohr* unterschieden werden.

## Druckkraft

Im zweiten Register des Dialogs *Neuer Axialkompensator* besteht die Möglichkeit, die Wirkungsweise der Druckkraft infolge Innendrucks zu berücksichtigen.

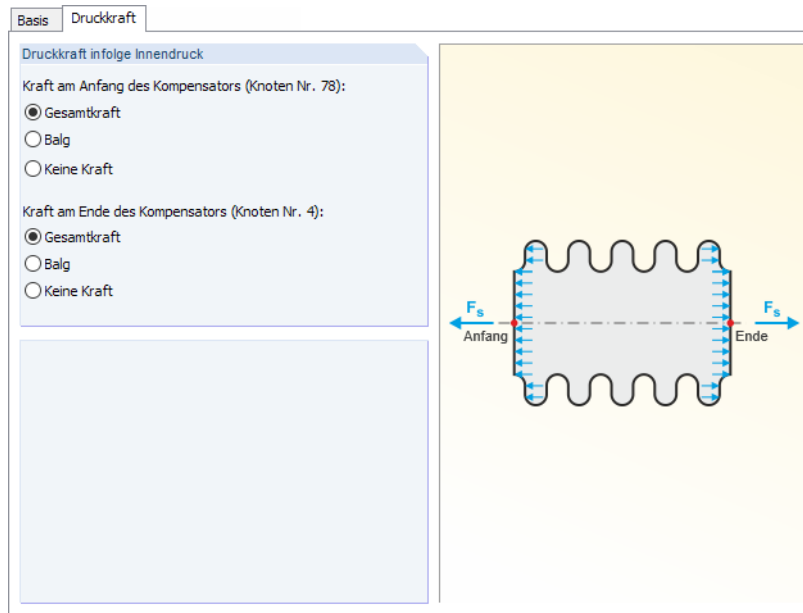


Bild 2.38: Dialog *Neuer Axialkompensator*, Register *Druckkraft*

Die Druckkraft kann als *Gesamtkraft* an den Enden des Kompensators angesetzt werden. Hierfür wird der Innendruck mit der effektiven Querschnittsfläche multipliziert:

$$F = 0,01 \cdot P [\text{bar}] \cdot A_e [\text{mm}^2] \quad (2.3)$$

Alternativ kann ausschließlich die *Balg*-Fläche berücksichtigt werden:

$$F = 0,01 \cdot P \cdot (A_e - A) \quad (2.4)$$

mit

$A$  : Fläche basierend auf Rohrrinnendurchmesser

Die Dialoggrafik stellt die gewählten Einstellungen interaktiv dar.

## 2.2.12 Angularkompensator



Angularkompensatoren können aufgrund des Gelenks keine axialen Bewegungen ausführen. Sie nehmen hauptsächlich Bewegungen senkrecht zur Kompensatorachse auf. Nach dem Anklicken der Schaltfläche [Neuer Angularkompensator] kann der Stab im Arbeitsfenster ausgewählt werden, an dem der Kompensator platziert werden soll.

Es erscheint der Dialog *Neuer Angularkompensator*.

Bild 2.39: Dialog *Neuer Angularkompensator*

### Identifikation

Die Schaltfläche ruft eine Bibliothek mit genormten Kompensatoren auf (siehe Bild 2.40). Sie beinhaltet vordefinierte Lösungen für unterschiedliche Nenndrücke und Nenndurchmesser.

Die Bibliothek bietet die Möglichkeit, nach Gelenkversionen, Reihen und DN- oder PN-kompatiblen Einträgen zu filtern.

### Querschnitt

Zur Information wird der aktuelle Rohrleitungsquerschnitt angegeben.

### Abstände und Länge

Bei einer benutzerdefinierten Definition des Kompensators ist der Abstand vom Stabanfang  $\Delta_S$  bzw. Stabende  $\Delta_E$  (x-Stelle längs der Stabachse bezogen auf den Stabanfang) sowie die Länge des Kompensators festzulegen. Dies kann mit den Schaltflächen auch grafisch erfolgen.

Bei Kompensatoren aus der Bibliothek braucht nur die Position des Kompensators, d. h. der *Anfang* oder das *Ende*, angegeben werden.



Angularkompensatorbibliothek

Filter-Auswahl

Hersteller:

Version:

Reihe:

Nennndruck PN:

Nennndurchmesser DN:

☒ Nur adäquate PN

☒ Nur adäquate DN

Zu selektieren

| Typ               | Version       | PN [bar] | DN [-] | 2α <sub>N</sub> [deg] |
|-------------------|---------------|----------|--------|-----------------------|
| WBN 16.0200.220.0 | Einfachgelenk | 16       | 200    | 22                    |
| WBN 16.0200.310.0 | Einfachgelenk | 16       | 200    | 31                    |
| WBN 25.0200.140.0 | Einfachgelenk | 25       | 200    | 14                    |
| WBN 25.0200.220.0 | Einfachgelenk | 25       | 200    | 22                    |
| WFK 06.0200.230.0 | Kardangelen   | 6        | 200    | 23                    |
| WFK 06.0200.340.0 | Kardangelen   | 6        | 200    | 34                    |
| WFK 10.0200.220.0 | Kardangelen   | 10       | 200    | 22                    |
| WFK 10.0200.320.0 | Kardangelen   | 10       | 200    | 32                    |
| WFK 16.0200.220.0 | Kardangelen   | 16       | 200    | 22                    |
| WFK 16.0200.310.0 | Kardangelen   | 16       | 200    | 31                    |
| WFK 25.0200.140.0 | Kardangelen   | 25       | 200    | 14                    |
| WFK 25.0200.220.0 | Kardangelen   | 25       | 200    | 22                    |
| WFN 06.0200.230.0 | Einfachgelenk | 6        | 200    | 23                    |
| WFN 06.0200.340.0 | Einfachgelenk | 6        | 200    | 34                    |
| WFN 10.0200.220.0 | Einfachgelenk | 10       | 200    | 22                    |
| WFN 10.0200.320.0 | Einfachgelenk | 10       | 200    | 32                    |
| WFN 16.0200.220.0 | Einfachgelenk | 16       | 200    | 22                    |
| WFN 16.0200.310.0 | Einfachgelenk | 16       | 200    | 31                    |

Details des Angularkompensators

Typ WFK 10.0200.320.0

|  |                 |       |              |
|--|-----------------|-------|--------------|
| Nennndruck   | PN              | 10.00 | bar          |
| Nennndurchmesser   | DN              | 200   | -            |
| Nennwert der Winkelbewegungsaufnahme                                   | 2α <sub>N</sub> | 32.00 | °            |
| Gesamtlänge  | L <sub>0</sub>  | 240.0 | mm           |
| Masse  | G               | 44.00 | kg           |
| <input checked="" type="checkbox"/> Federsteifigkeiten                 |                 |       |              |
| <input type="checkbox"/> Druckabhängige Winkelreibungsteifigkeit       | C <sub>r</sub>  | 4.0   | Nm/bar       |
| <input type="checkbox"/> Druckunabhängige elastische Winkelsteifigkeit | C <sub>α</sub>  | 25.0  | Nm/deg       |
| <input type="checkbox"/> Druckabhängige elastische Winkelsteifigkeit   | C <sub>p</sub>  | 1.7   | Nm/(deg·bar) |
| <input type="checkbox"/> Torsionssteifigkeit                           | C <sub>T</sub>  | 0.0   | Nm/deg       |

OK Abbrechen

Bild 2.40: Bibliothek für Angularkompensatoren

## Kompensator-Version

In diesem Abschnitt ist die Ausführungsart (*Einfachgelenk* oder *Kardangelen*) des Kompensators anzugeben. Bei Einfachgelenk-Versionen ist zusätzlich die Ausrichtung der *Rotationsachse* festzulegen. Sie ist auf die Stabachse y oder z bezogen, kann aber über einen Winkel  $\alpha$  individuell angepasst werden.

Bei einem Kompensator aus der Bibliothek sind die Felder ausgegraut.

## Steifigkeiten

Hier können die für die Berechnung relevante Gelenksteifigkeit definiert werden. Bei einem Kompensator aus der Bibliothek wird die angulare Steifigkeit  $C_{\alpha}$  automatisch übernommen.

## Sonstige Parameter

Die *Masse* des Kompensators wird als Streckenlast gleichmäßig über die Länge verteilt.

Die *Maximale Winkelbewegung* regelt, ab welcher Rotation das Gelenk wieder als starre Verbindung angenommen wird.

Über das *Reibungsmoment* wird ein Moment festgelegt, das durch Reibung aufgenommen wird. Nach der Überschreitung dieses Moments wird die Gelenkeigenschaft des Kompensators aufgehoben.

## 2.3 Lastfälle und Kombinationen

Die im Rohrleitungsmodell wirkenden Lasten werden in unterschiedlichen Lastfällen verwaltet. Diese Lastfälle können – manuell oder automatisch – in **Rohrleitungs-Kombinationen** (RK) und in **Ergebniskombinationen** (EK) überlagert werden.

Die Funktionalität der beiden Kombinationsmöglichkeiten ist an die Last- und Ergebniskombinationen von RFEM angelehnt. Diese sind im Kapitel 5 des RFEM-Handbuchs beschrieben. Im Folgenden werden nur die für den Rohrleitungsbau spezifischen Besonderheiten vorgestellt.

### 2.3.1 Lastfälle

Lastfälle dienen der einwirkungsspezifischen Sortierung der Lasten. Mit dem Aktivieren von RF-PIPING im *Basisangaben*-Dialog erweitert sich die Liste möglicher Einwirkungskategorien.

| Einwirkungskategorie |   | ASME B31.1-2012 |
|----------------------|---|-----------------|
| <b>G</b>             | Ständige Lasten   |                 |
| <b>Qn.G</b>          | Nutzlasten - Kategorie G: Verkehrslasten - Fahrzeuglast $\leq 160$ kN |                 |
| <b>Qn.H</b>          | Verkehrslasten - Kategorie H: Dächer                                  |                 |
| <b>Qs</b>            | Schnee ( $H \leq 1000$ m über NN)                                     |                 |
| <b>Qs</b>            | Schnee ( $H > 1000$ m über NN)  |                 |
| <b>Qw</b>            | Wind  |                 |
| <b>Qt</b>            | Temperatur (ohne Brand)   |                 |
| <b>Qf</b>            | Baugrundsetzungen   |                 |
| <b>Qa</b>            | Andere  |                 |
| <b>A</b>             | Außergewöhnlich   |                 |
| <b>AE</b>            | Erdbeben  |                 |
| <b>Imp</b>           | Imperfektion  |                 |
| <b>Usr</b>           | Benutzerdefiniert   |                 |
| <b>W0</b>            | Eigengewicht des Rohrs  | 1               |
| <b>W1</b>            | Flüssigkeit   | 2               |
| <b>W2</b>            | Testflüssigkeit   | 3               |
| <b>T</b>             | Temperatur  | 4               |
| <b>P</b>             | Druck   | 5               |
| <b>HP</b>            | Testdruck   | 6               |
| <b>S</b>             | Schnee  | 7               |
| <b>W</b>             | Wind  | 8               |
| <b>V</b>             | Verschiebung  | 9               |
| <b>CS</b>            | Kaltvorspannung   | 10              |
| <b>H1</b>            | Hänger-Warmlasten   | 11              |
| <b>H2</b>            | Hänger-Kaltlasten   | 12              |

Bild 2.41: Einwirkungskategorien für Rohrleitungslastfälle (markiert)

Die Einwirkungskategorien für die Klassifizierung von Rohrleitungslasten sind:

- Eigengewicht der Rohrs
- Flüssigkeit
- Testflüssigkeit
- Temperatur
- Druck
- Testdruck
- Schnee
- Wind
- Verschiebung
- Kaltvorspannung
- Hänger-Warmlasten
- Hänger-Kaltlasten

Ein Lastfall, der für die Auslegung der Rohrleitung infrage kommt, muss in eine der rohrleitungsspezifischen Einwirkungskategorien eingeordnet werden. Diese Kategorien sind z. B. in [3] Abschnitt 4.2.5 als Auslegungsbedingungen beschrieben.

Werden die Lastkombinationen gemäß Vorgabe im Dialog *Einstellungen* automatisch generiert (siehe Bild 2.3, Seite 5), so werden nur die als Rohrleitungslastfälle klassifizierten Lastfälle für die Bildung von Rohrleitungs-Kombinationen und Ergebniskombinationen herangezogen. Lastfälle anderer Einwirkungskategorien bleiben außen vor.

## 2.3.2 Rohrleitungs-Kombinationen (RK)

Die Überlagerung der Lastfälle erfolgt in der Regel in sogenannten *Rohrleitungs-Kombinationen*. Diese basieren auf dem Prinzip der Lastkombinationen: Die Belastungen der einzelnen Lastfälle werden gemäß Kombinationskriterium zu einem „großen Lastfall“ zusammengeführt.

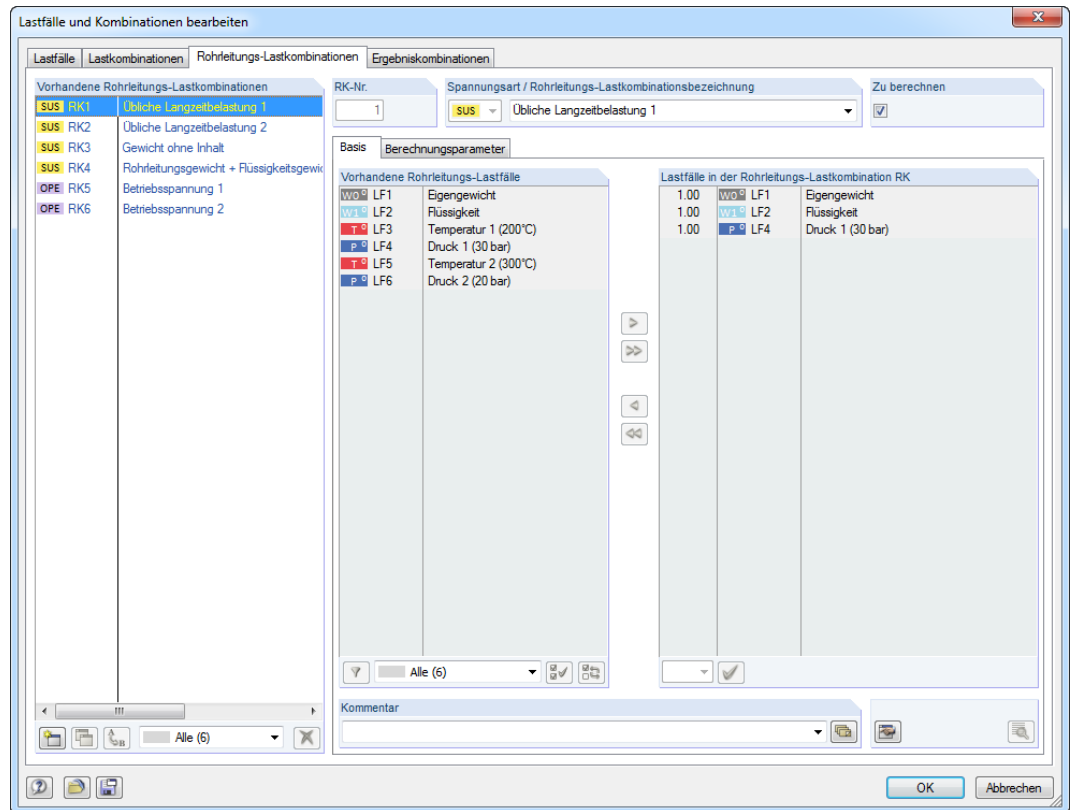


Bild 2.42: Dialog *Lastfälle und Kombinationen bearbeiten*, Register *Rohrleitungs-Lastkombinationen*

Je nach Lastsituation sind unterschiedliche Kombinationen der Lastfälle zu bilden. Diese werden über die *Spannungsarten* unterschieden. Bei der manuellen Definition einer Kombination bestehen folgende Auswahlmöglichkeiten:

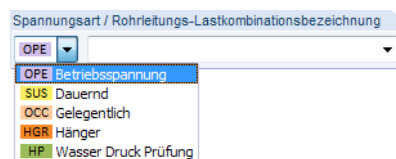



Bild 2.43: Spannungsarten

Die Spannungsart einer Rohrleitungs-Kombination entscheidet später bei der Bemessung im Modul RF-PIPING Design, welcher Nachweis mit den daraus resultierenden Schnittgrößen geführt wird. Bei der manuellen Definition von Kombinationen ist auf die korrekte Zuweisung zu achten.

Bei der automatischen Generierung (siehe *Einstellungen*-Dialog, Bild 2.3, Seite 5) werden die Rohrleitungs-Kombinationen automatisch den entsprechenden Spannungsarten zugeordnet.

Falls mehrere zugehörige Temperatur-/Drucklastfälle vorliegen, sind die Paare vor der Kombination in geeigneter Weise festzulegen. Hierzu erscheint vor der Kombination eine entsprechende Aufforderung. Die Zuweisung kann jedoch auch nachträglich über die Schaltfläche  unten im Dialog *Lastfälle und Kombinationen bearbeiten* erfolgen. Sie ruft den Dialog *Gruppierung von thermischen und Innendruck-Lastfällen für Betriebskombinationen* auf (siehe Bild 2.44).

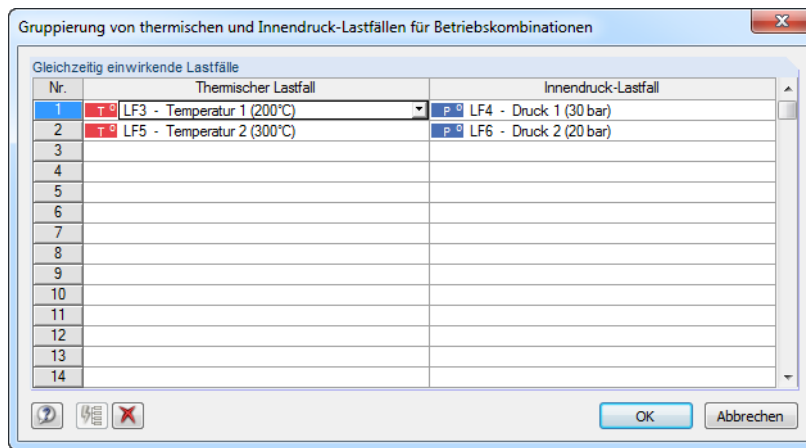


Bild 2.44: Dialog *Gruppierung von thermischen und Innendruck-Lastfällen für Betriebskombinationen*

### 2.3.3 Ergebniskombinationen (EK)

Die Funktionsweise von Ergebniskombinationen ist im RFEM-Handbuch, Kapitel 5.6 beschrieben.

Ergebniskombinationen finden im Rohrleitungsbau Anwendung, um Temperaturkombinationen zu bilden. Wurde im *Einstellungen*-Dialog die automatische Generierung von Kombinatorion vorgegeben (siehe Bild 2.3, Seite 5), so werden die Kombinationen der Spannungsart *Expansion* als Ergebniskombination angelegt. Die resultierenden Schnittgrößen ergeben sich dabei aus der Differenz zwischen Betriebsspannungs-Rohrleitungskombinationen (OPE) und anhaltenden Rohrleitungskombinationen (SUS).

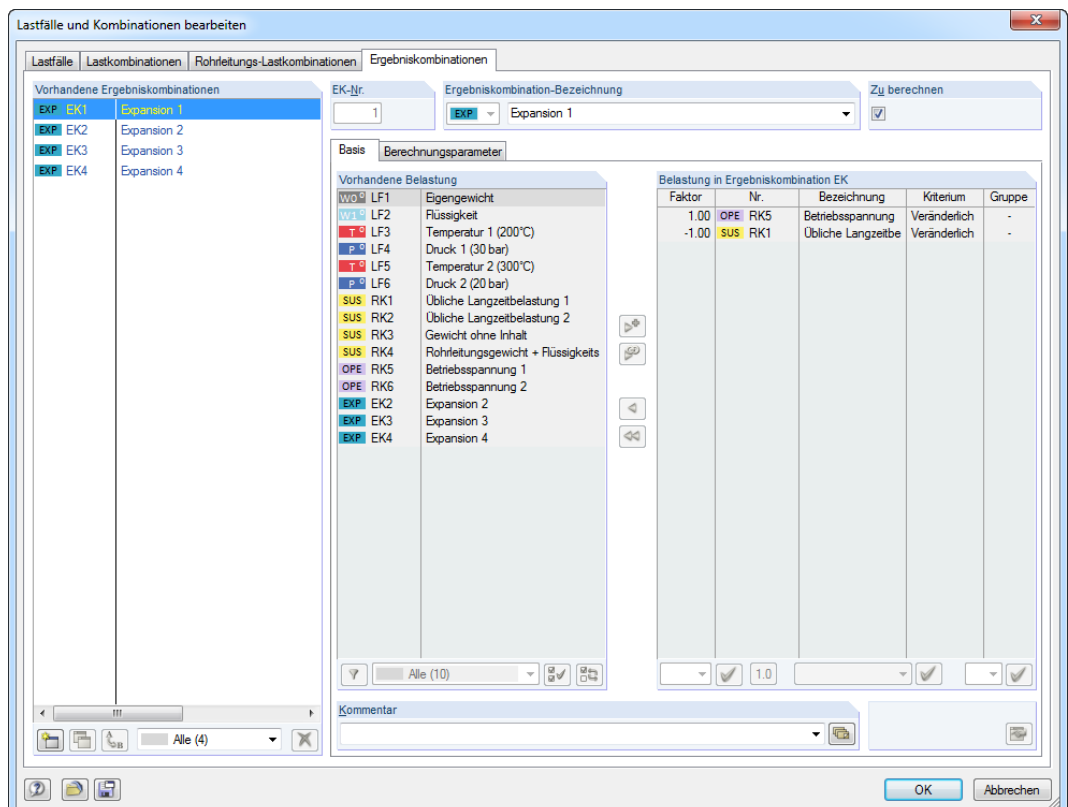


Bild 2.45: Dialog *Lastfälle und Kombinationen bearbeiten*, Register *Ergebniskombinationen*

Die Option *Getrennt lösen (Rohrleitungs-Lastkombinationen)* im *Einstellungen*-Dialog (siehe Bild 2.3, Seite 5) bewirkt, dass keine Ergebniskombinationen gebildet werden. Die Situationen *Expansion* werden in diesem Fall durch Rohrleitungs-Kombinationen abgebildet.

## OCC-Kombinationen

Ergebniskombinationen sind ebenso für die Bildung von gelegentlichen (OCC) Lastsituationen zu verwenden. Dies resultiert aus den Bemessungsformeln der Normen, welche die resultierenden Momente getrennt für ständig wirkende sowie gelegentlich wirkende Einwirkungen fordern.

Da die automatische Kombinatorik die Bildung von gelegentlichen Lastsituationen nicht beinhaltet, sind diese manuell zu definieren. Hierfür sind zwei Varianten möglich.

### Variante 1

|     |              |    |                        |
|-----|--------------|----|------------------------|
| LF1 | Eigengewicht | W0 | Eigengewicht des Rohrs |
| LF2 | Flüssigkeit  | W1 | Flüssigkeit            |
| LF3 | Druck        | P  | Druck                  |
| LF4 | Temperatur   | T  | Temperatur             |
| LF5 | Wind +X      | W  | Wind                   |

|     |     |   |    |     |    |     |   |     |   |     |
|-----|-----|---|----|-----|----|-----|---|-----|---|-----|
| RK1 | SUS | Übliche Langzeitbelastung                 | W0 | LF1 | W1 | LF2 | P | LF3 |   |     |
| RK2 | SUS | Gewicht ohne Inhalt                       | W0 | LF1 |    |     |   |     |   |     |
| RK3 | SUS | Rohrleitungsgewicht + Flüssigkeitsgewicht | W0 | LF1 | W1 | LF2 |   |     |   |     |
| RK4 | OPE | Betriebsspannung                          | W0 | LF1 | W1 | LF2 | T | LF4 | P | LF3 |
| RK5 | OCC | Gelegentlich (nur Wind)                   | W  | LF5 |    |     |   |     |   |     |

|     |     |            |       |     |     |    |      |     |     |    |
|-----|-----|------------|-------|-----|-----|----|------|-----|-----|----|
| EK1 | EXP | Expansion  | -1.00 | SUS | RK1 | /s | 1.00 | OPE | RK4 | /s |
| EK2 | OCC | SUS + Wind | 1.00  | SUS | RK1 | /s | 1.00 | OCC | RK5 | /s |

Bild 2.46: Kombinationsschema für gelegentliche Lastsituation – Variante 1

Bei dieser Variante wird eine Rohrleitungs-Lastkombination mit dem Attribut OCC für den Windlastfall angelegt. Diese RK5 wird anschließend in einer neuen Ergebniskombination EK2 mit den üblichen Langzeitbelastungen kombiniert. Das Moment kann somit in die einzelnen Anteile  $M_A$  und  $M_B$  aufgeteilt werden.

### Variante 2

|     |              |    |                        |
|-----|--------------|----|------------------------|
| LF1 | Eigengewicht | W0 | Eigengewicht des Rohrs |
| LF2 | Flüssigkeit  | W1 | Flüssigkeit            |
| LF3 | Druck        | P  | Druck                  |
| LF4 | Temperatur   | T  | Temperatur             |
| LF5 | Wind +X      | W  | Wind                   |

|     |     |   |    |     |    |     |   |     |   |     |
|-----|-----|---|----|-----|----|-----|---|-----|---|-----|
| RK1 | SUS | Übliche Langzeitbelastung                 | W0 | LF1 | W1 | LF2 | P | LF3 |   |     |
| RK2 | SUS | Gewicht ohne Inhalt                       | W0 | LF1 |    |     |   |     |   |     |
| RK3 | SUS | Rohrleitungsgewicht + Flüssigkeitsgewicht | W0 | LF1 | W1 | LF2 |   |     |   |     |
| RK4 | OPE | Betriebsspannung                          | W0 | LF1 | W1 | LF2 | T | LF4 | P | LF3 |
| RK5 | OPE | Betriebsspannung + Wind +x                | W0 | LF1 | W1 | LF2 | P | LF3 | T | LF4 |

|     |     |                                       |       |     |     |    |      |     |     |    |
|-----|-----|---------------------------------------|-------|-----|-----|----|------|-----|-----|----|
| EK1 | EXP | Expansion                             | -1.00 | SUS | RK1 | /s | 1.00 | OPE | RK4 | /s |
| EK2 | OCC | Wind [(Betrieb inkl. Wind) - Betrieb] | -1.00 | OPE | RK4 | /s | 1.00 | OPE | RK5 | /s |
| EK3 | OCC | SUS + Wind                            | 1.00  | OCC | EK2 | /s | 1.00 | SUS | RK1 | /s |

Bild 2.47: Kombinationsschema für gelegentliche Lastsituation – Variante 2

Die zweite Variante ermöglicht es, die Wirkung der Windlasten im Zusammenspiel mit den anderen Lastfällen genauer zu untersuchen. Daher wird eine neue Rohrleitungs-Lastkombination RK5 erzeugt, die wie RK4 aufgebaut ist und zusätzlich den Windlastfall beinhaltet. In EK 2 werden diese beiden Betriebsspannungssituationen voneinander subtrahiert, sodass nur die Schnittgrößen aus Wind und evtl. Theorie II. Ordnungs-Effekten übrig bleiben. Diese Schnittgrößen werden dann in EK3 wieder mit den üblichen Langzeitbelastungen überlagert.

Die rot markierten Kombinationen in Bild 2.46 und Bild 2.47 sind für die Bemessung im Modul RF-PIPING Design vorgesehen.



Weitere Informationen zu OCC-Kombinationen finden Sie in folgendem Fachbeitrag:

<https://www.dlubal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/001467>

## 2.4 Rohrleitungslasten

Die Belastung der Rohrleitung kann in Form von Knoten- und Stablasten erfolgen.

Bei den Stablasten stehen neben Temperaturlasten auch rohrleitungsspezifische Lastarten wie *Rohrinhalt - voll/teilweise* und *Rohrinnendruck* zur Auswahl.

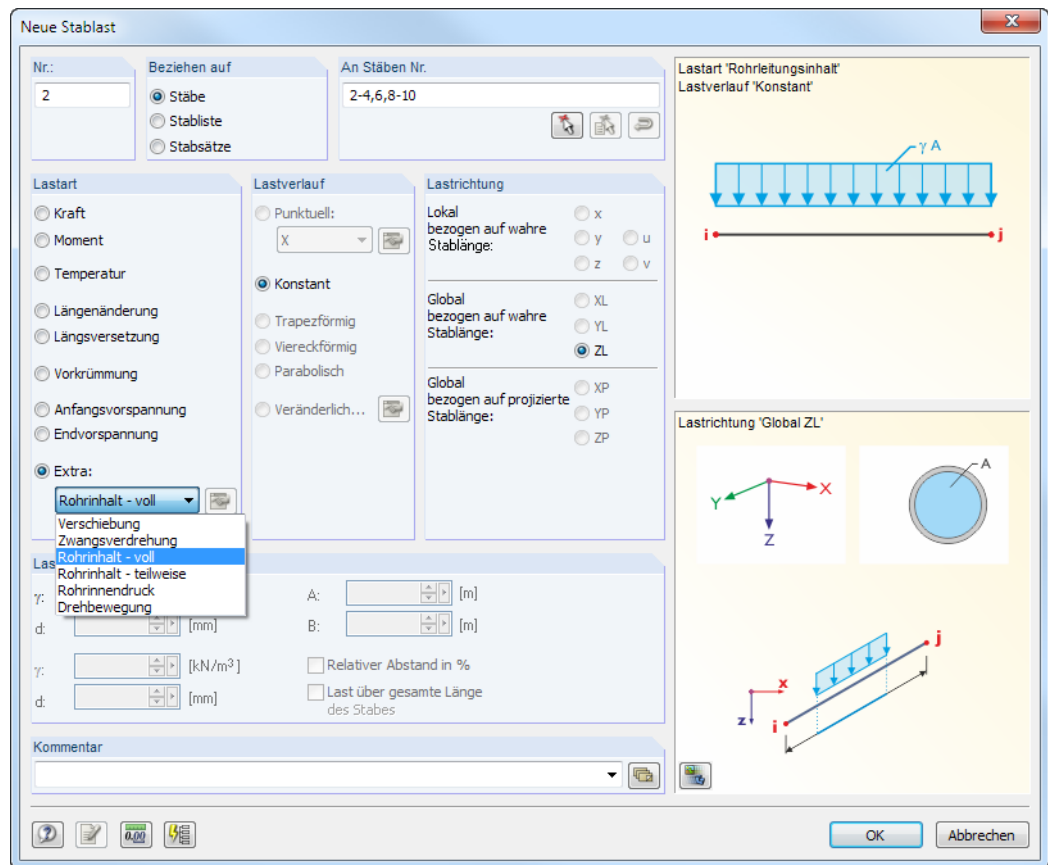
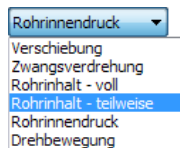


Bild 2.48: Dialog *Neue Stablast* mit Auswahlmöglichkeiten für Rohrleitungslasten

In folgender Tabelle sind die rohrleitungsspezifischen Lastarten kurz vorgestellt.

| Lastart                | Beschreibung   |
|------------------------|--|
| Temperatur             | Gleichmäßig über den Stabquerschnitt verteilte Temperaturlast<br>Es ist die Erwärmung $T_c$ bezogen auf die Stabmittellinie anzugeben. |
| Rohrinhalt - voll      | Streckenlast infolge vollständiger Füllung eines Rohres<br>Es ist die Wichte $\gamma$ des Rohrinhalts anzugeben.                       |
| Rohrinhalt - teilweise | Streckenlast infolge teilweiser Füllung eines Rohres<br>Neben der Wichte $\gamma$ des Rohrinhalts ist die Füllhöhe $d$ anzugeben.      |
| Rohrinnendruck         | Gleichmäßiger Innendruck eines Rohres<br>Es ist der Wert des Innendrucks anzugeben.  |

Tabelle 2.2: Spezifische Lastarten für Rohrleitungen

Die Definition von Knoten- und Stablasten ist im RFEM-Handbuch, Kapitel 6.1 und 6.2 erläutert.

## 2.5 Selektion und Änderung von Rohrleitungen

Um Rohre oder Rohrleitungen zu bearbeiten, sind die relevanten Objekte vorher zu selektieren. Hierzu bestehen verschiedene Möglichkeiten:

- Selektion im Arbeitsfenster durch Anklicken des Objekts
- Selektion im *Daten-Navigator* durch Anklicken des Eintrags
- Selektion in der Tabelle durch Klicken in die Zeile

Die Selektion von Rohrleitungen im Arbeitsfenster erfolgt analog den Stäben: Das Anklicken mit der linken Maustaste selektiert das Objekt, ein Doppelklick öffnet den Bearbeitungsdialog des Rohres oder der Komponente (Rohr, Biegung, Reduzierstück etc.).

Bei einem Rechtsklick auf das Objekt erscheint ein Kontextmenü, das verschiedene Bearbeitungsmöglichkeiten bietet.

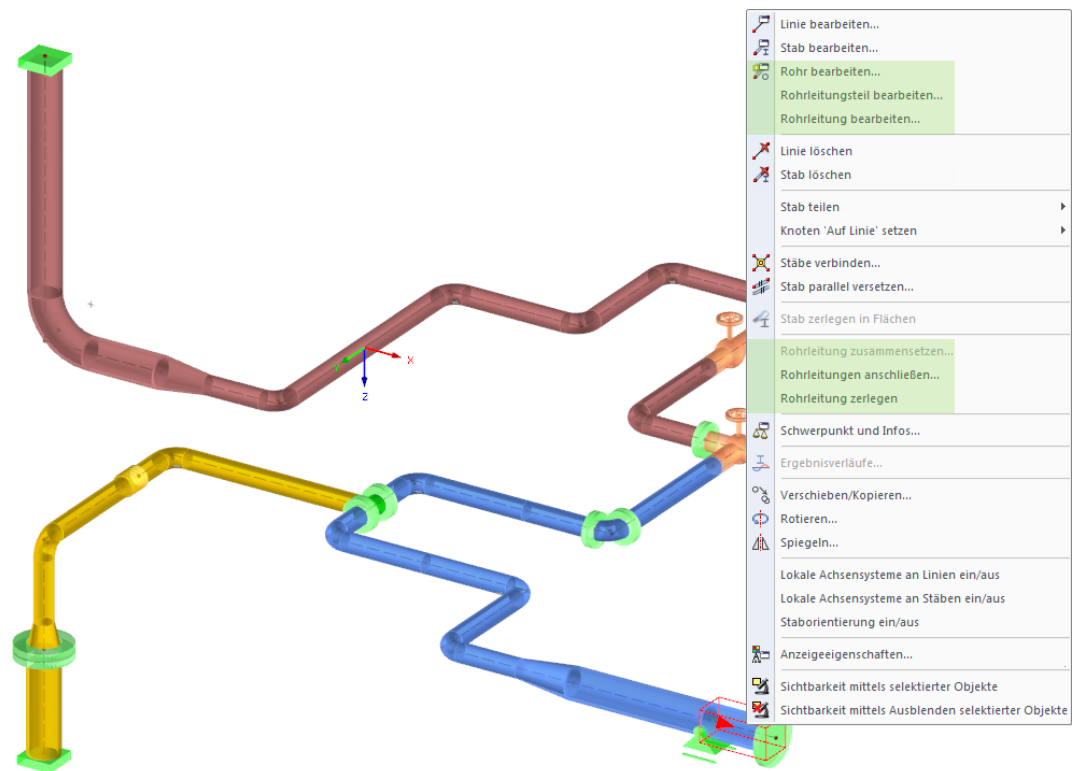


Bild 2.49: Rohr-Kontextmenü mit Bearbeitungsfunktionen (markiert)

### Rohr bearbeiten

Diese Option entspricht dem Doppelklick auf das Objekt. Es erscheint der Dialog zum Bearbeiten des Rohrs (bzw. Ventils, Flanschs etc.).

### Rohrleitungsteil bearbeiten

Mit dieser Funktion wird der gesamte Rohrleitungsstrang für die Bearbeitung zugänglich. Im Dialog *Rohrleitungsteil ... bearbeiten* (siehe Bild 2.50) kann dann z. B. der Biegeradius aller Biegungen oder der Querschnitt der Rohrleitung neu festgelegt werden.

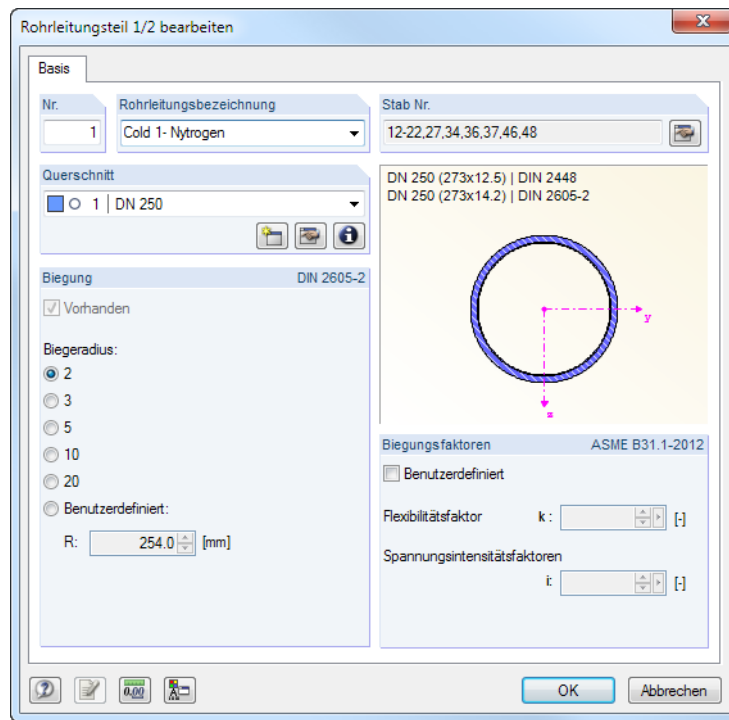


Bild 2.50: Dialog *Rohrleitungsteil 1/2 bearbeiten*

### Rohrleitung bearbeiten

Diese Funktion ermöglicht es, die *Beschreibung* der Rohrleitung anzupassen und die *Stäbe* zu ändern, die die Rohrleitung abbilden. So können z. B. nachträglich Stäbe ergänzt werden.

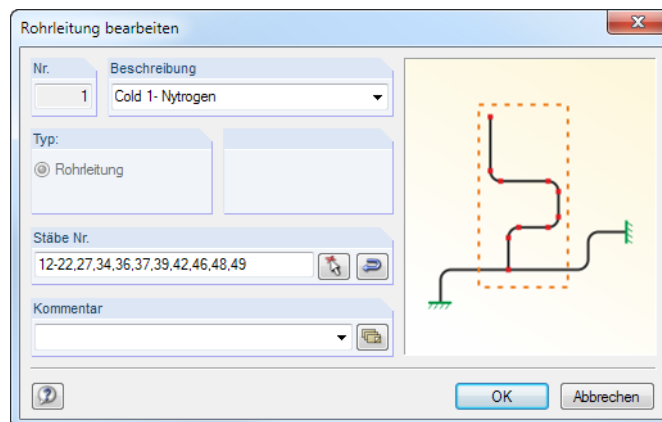


Bild 2.51: Dialog *Rohrleitung bearbeiten*

### Rohrleitung löschen

Die selektierte Rohrleitung bzw. das selektierte Objekt wird gelöscht.



### Rohrleitung zusammensetzen

Sind zusammenhängende Rohrelemente (Stäbe des Stabtyps *Rohrleitung*) vorhanden, die keiner Rohrleitung zugeordnet wurden, so kann mit dieser Funktion eine neue Rohrleitung definiert werden.

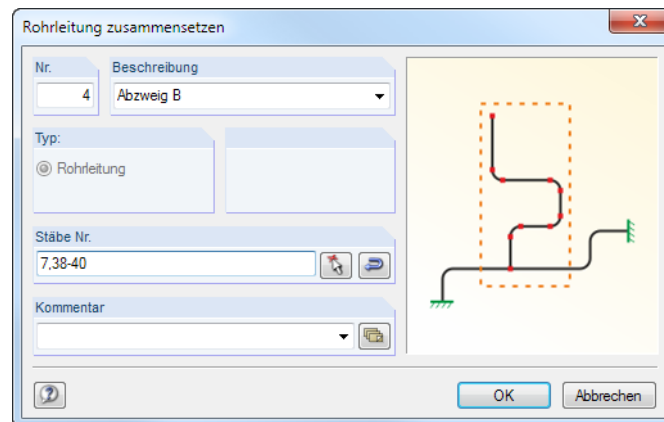


Bild 2.52: Dialog *Rohrleitung zusammensetzen*

### Rohrleitung anschließen

Diese Funktion ermöglicht das Vereinen mehrerer Rohrleitungsstränge. Diese müssen jedoch den Kriterien eines Stabzugs entsprechen, d. h. die Stäbe eines jeden Strangs dürfen nicht verzweigen.

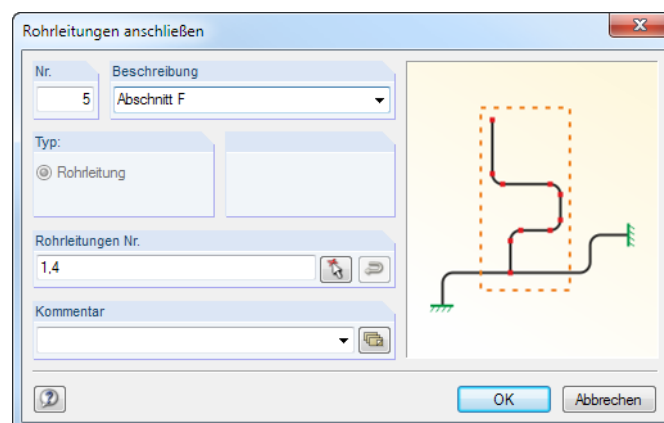


Bild 2.53: Dialog *Rohrleitung anschließen*

### Rohrleitung zerlegen

Die selektierte Rohrleitung wird in ihre einzelnen Elemente aufgelöst. Diese können anschließend wieder neu zusammengesetzt werden.



Rohre, die keiner Rohrleitung angehören, können später nicht mit dem Modul RF-PIPING Design bemessen werden.

## 2.6 Grafische Darstellung

Zur visuellen Kontrolle und übersichtlichen Darstellung kann jede Rohrleitung andersfarbig dargestellt werden. Die entsprechende Funktion ist im *Zeigen*-Navigator einstellbar:

**Farben in Grafik nach → Rohrleitung.**

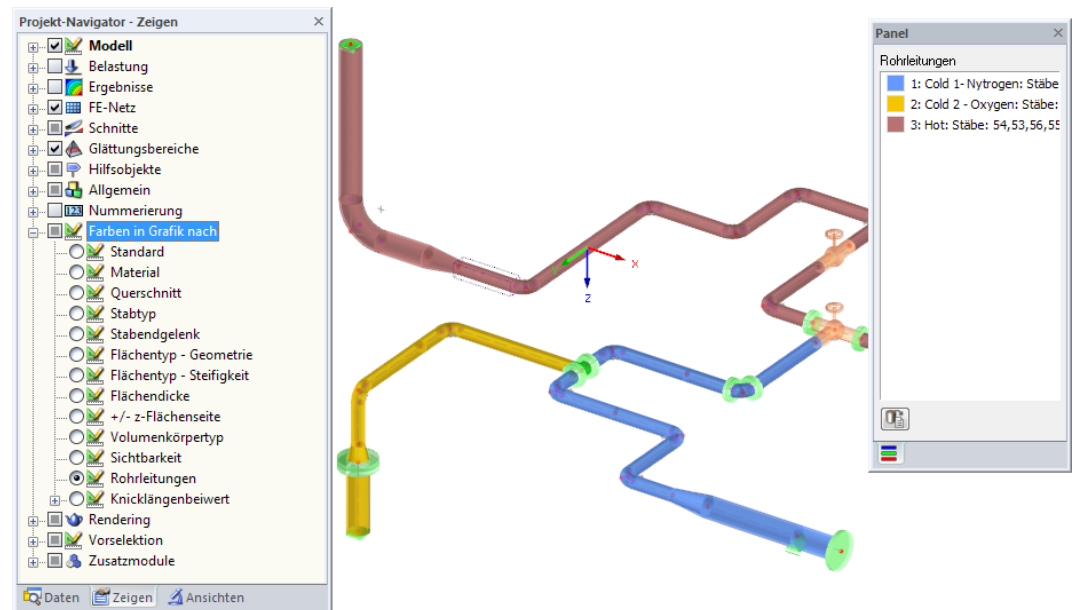


Bild 2.54: Rohrleitungen im Rendering

Die Funktionen der grafischen Oberfläche sind im RFEM-Handbuch, Kapitel 11 beschrieben.

## 2.7 Berechnungseinstellungen

Rohrleitungsspezifische Vorgaben für die Berechnung können im Dialog *Rohrleitungsanalyse - Einstellungen* getroffen werden (siehe [Kapitel 2.1.1, Seite 5](#)). Dieser Dialog verwaltet die globalen Einstellungen für Spannungsintensitätsfaktoren, Lastkombinationen, Innendruck- und Materialparameter.

Die Vorgaben für Innendruck werden mit dem RFEM-Dialog *Berechnungsparameter*, Register *Globale Berechnungsparameter* abgeglichen: Wird z. B. der Bourdon-Effekt für das Zusatzmodul RF-PIPING angehakt, so wird auch das Kontrollfeld für die RFEM-Berechnung aktiviert.

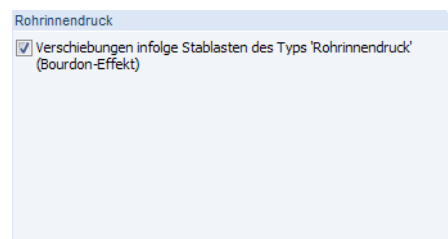


Bild 2.55: Abschnitt *Rohrinnendruck* im RFEM-Dialog *Berechnungsparameter*



Der Bourdon-Effekt wird nur für Stäbe des Typs *Rohrleitung* in vollem Umfang berücksichtigt: Normale Stäbe erfahren nur Dehnungen, bei Rohrleitungen werden zusätzlich die Krümmungen erfasst (Option *Dehnung und Aufrichtung*).

## 2.8 Ergebnisse

Für RF-PIPING bestehen die gleichen Möglichkeiten für die Ergebnisausgabe und -auswertung wie für normale Lastfälle und Kombinationen. Diese sind im RFEM-Handbuch, Kapitel 8 und 9 ausführlich beschrieben.

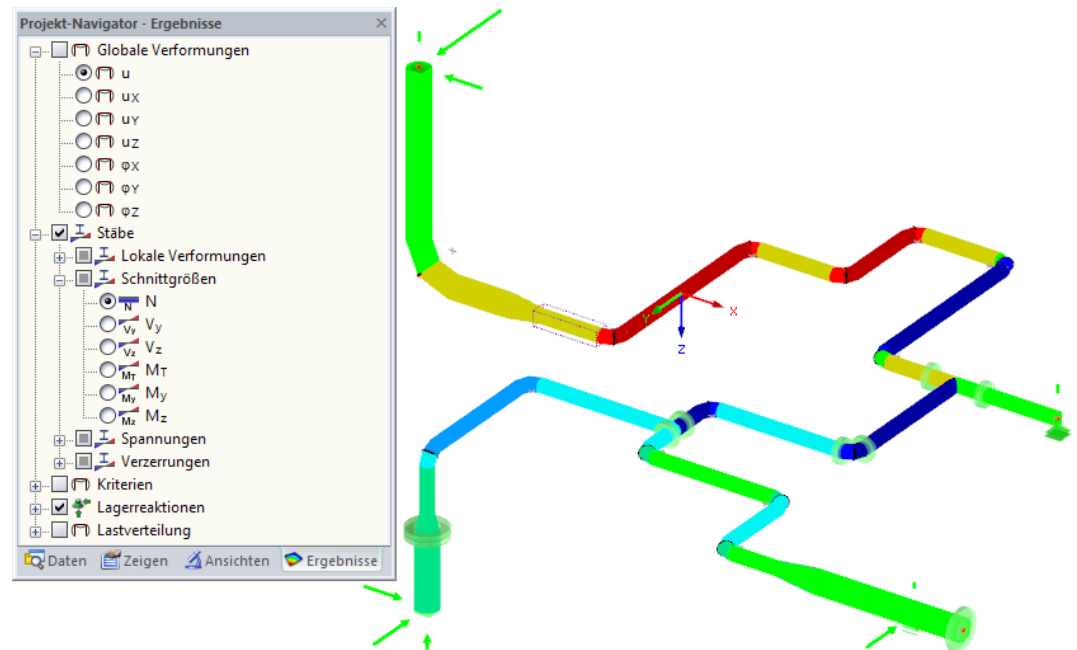


Bild 2.56: Normalkräfte eines RF-PIPING-Lastfalls mit Darstellungsart *Querschnitte*

Die Ergebnisse lassen sich im Ausdruckprotokoll dokumentieren (siehe [Kapitel 4, Seite 69](#)).

## 3 RF-PIPING Design

Das Zusatzmodul RF-PIPING Design ist ein Werkzeug zur Bemessung von Rohrleitungen nach den Normen ASME B31.1 [1], ASME B31.3 [2] und DIN EN 13480-3 [3]. Dabei werden die Spannungsnachweise aufgrund ständiger und gelegentlicher Lasten sowie aus Wärmeausdehnung geführt.

RF-PIPING Design ist in die RFEM-Umgebung integriert. So sind die bemessungsrelevanten Eingabedaten nach dem Aufruf des Moduls voreingestellt. Nach der Bemessung kann die grafische Oberfläche von RFEM zur Auswertung der Ergebnisse genutzt werden. Die Nachweise lassen sich im RFEM-Ausdruckprotokoll dokumentieren.

### 3.1 Aufruf von RF-PIPING Design

Es bestehen in RFEM folgende Möglichkeiten, das Zusatzmodul RF-PIPING Design zu starten.

#### Menü

Sie können das Zusatzmodul aufrufen mit dem RFEM-Menü

**Zusatzmodule → Rohrleitung → RF-PIPING Design.**

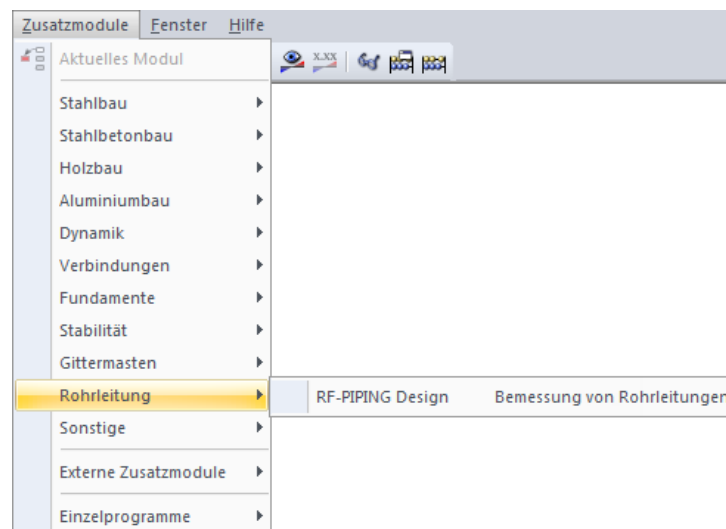


Bild 3.1: Menü Zusatzmodule → Rohrleitung → RF-PIPING Design

## Navigator

Alternativ rufen Sie das Zusatzmodul im *Daten-Navigator* auf durch Anklicken des Eintrags

**Zusatzmodule** → **RF-PIPING Design**.

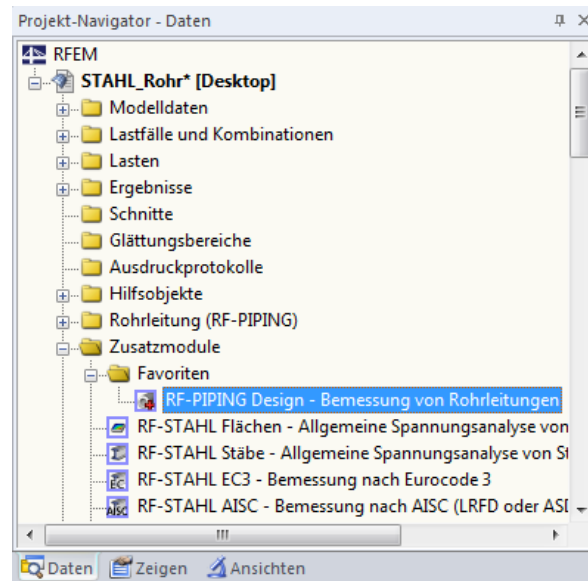


Bild 3.2: Daten-Navigator *Zusatzmodule* → *RF-PIPING Design*

## 3.2 Eingabedaten

Nach dem Aufruf des Zusatzmoduls erscheint ein neues Fenster. Links wird ein Navigator angezeigt, der die verfügbaren Masken verwaltet. Darüber befindet sich eine Pulldownliste mit den Bemessungsfällen (siehe [Kapitel 3.7.1, Seite 66](#)).

Die bemessungsrelevanten Eingabedaten sind in drei Masken abgelegt. Beim ersten Aufruf von RF-PIPING Design werden folgende Parameter automatisch eingelesen:

- Rohrleitungen
- Rohrleitungs-Kombinationen (*RK*) und Rohrleitungs-Ergebniskombinationen (*EK*)
- Materialien
- Querschnitte



Eine Maske lässt sich durch Anklicken des Eintrags im Navigator aufrufen. Mit den links dargestellten Schaltflächen wird die vorherige bzw. nächste Maske eingestellt. Das Blättern durch die Masken ist auch mit den Funktionstasten [F2] (vorwärts) und [F3] (rückwärts) möglich.



[OK] sichert die Eingaben. RF-PIPING Design wird beendet und es erfolgt die Rückkehr nach RFEM. [Abbrechen] beendet das Zusatzmodul, ohne die Daten zu speichern.

## 3.2.1 Basisangaben

In Maske 1.1 *Basisangaben* sind die zu bemessenden Rohrleitungen und Kombinationen auszuwählen. Die Norm ist bereits durch die Vorgabe für RF-PIPING festgelegt (siehe [Kapitel 2.1.1](#), [Seite 5](#)).

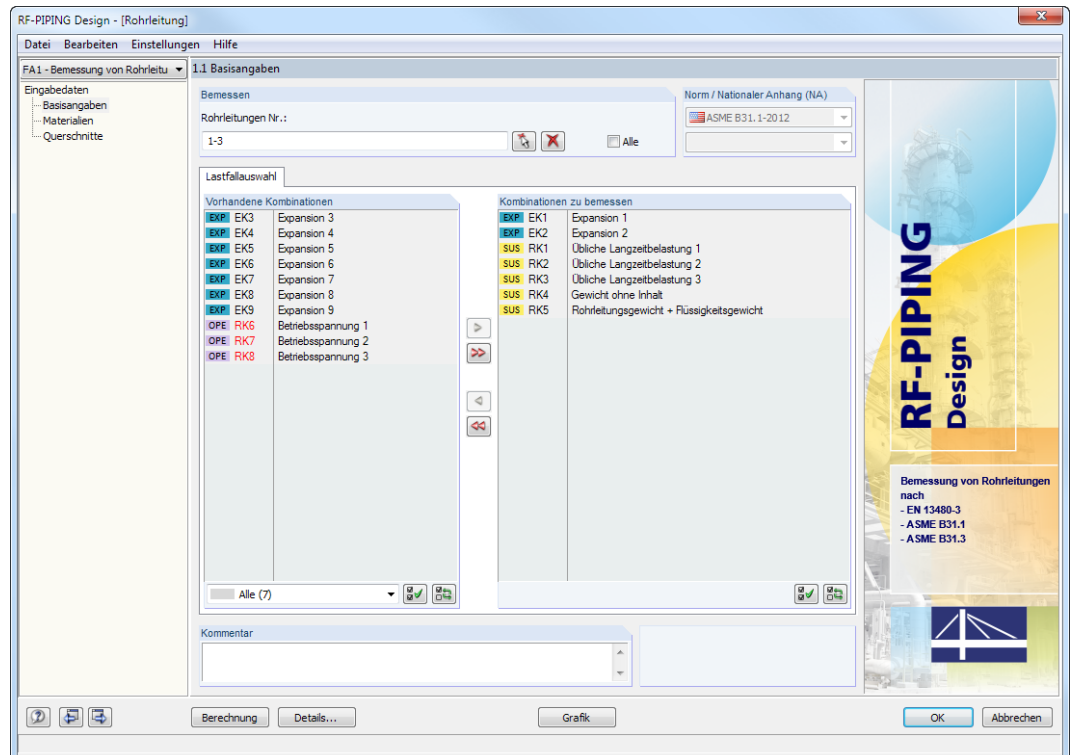


Bild 3.3: Maske 1.1 *Basisangaben*

## Bemessen

Es können nur *Rohrleitungen* bemessen werden. Einzelne Rohrelemente, die keiner Rohrleitung zugeordnet sind, stehen nicht zur Auswahl.



Falls nur bestimmte Rohrleitungen nachgewiesen werden sollen, ist das Kontrollfeld *Alle* zu deaktivieren: Damit werden das Eingabefeld zugänglich, in das die Nummern der relevanten Leitungen eingetragen werden können. Die Schaltfläche [Löschen] leert die Liste der voreingestellten Nummern. Über die Schaltfläche [Auswählen] lassen sich die Rohrleitungen auch grafisch im RFEM-Arbeitsfenster auswählen.



## Norm / Nationaler Anhang (NA)

In diesem Abschnitt wird die Bemessungsnorm angezeigt, die im RFEM-Dialog *Basisangaben* für die Berechnung mit RF-PIPING vorgegeben ist (siehe [Bild 2.3](#), [Seite 5](#)). Es bestehen folgende Möglichkeiten:

- ASME B31.1-2012 [1]
- ASME B31.3-2012 [2]
- EN 13480-3:2013 [3]

## Lastfallauswahl

In der Spalte *Vorhandene Kombinationen* sind alle Rohrleitungs-Kombinationen *RK* und Ergebniskombinationen *EK* aufgelistet, die in RFEM angelegt wurden.

Mit der Schaltfläche  lassen sich selektierte Einträge in die Liste *Kombinationen zu bemessen* nach rechts übertragen. Die Übergabe kann auch per Doppelklick erfolgen. Die Schaltfläche  übergibt die komplette Liste nach rechts.

Die Mehrfachauswahl von Kombinationen ist – wie in Windows üblich – mit gedrückter [Strg]-Taste möglich. So lassen sich mehrere Kombinationen gleichzeitig übertragen.

Falls die Nummer einer Kombination rot dargestellt ist wie z. B. RK 6 im [Bild 3.3](#), so kann diese nicht bemessen werden: Hier handelt es sich um eine Kombination ohne Lastdaten. Bei der Übergabe erscheint eine entsprechende Warnung.

Am Ende der Liste sind mehrere Filteroptionen verfügbar. Sie erleichtern es, die Kombinationen nach bestimmten Kriterien zuzuweisen.

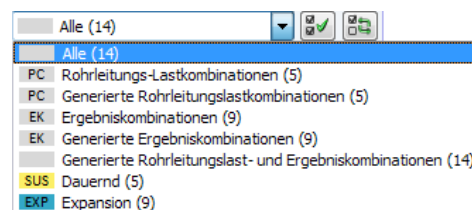


Bild 3.4: Filtermöglichkeiten für Kombinationen

Die Schaltflächen sind mit folgenden Funktionen belegt:





|   |  |
|---|--|
|  | Alle Kombinationen in der Liste werden selektiert. |
|  | Die Auswahl der Kombinationen wird umgekehrt.      |

Tabelle 3.1: Schaltflächen für Lastfallauswahl

In der Spalte *Kombinationen zu bemessen* werden die zur Bemessung ausgewählten Rohrleitungs-Kombinationen und Ergebniskombinationen aufgelistet. Mit  oder per Doppelklick lassen sich selektierte Einträge wieder aus der Liste entfernen. Die Schaltfläche  leert die ganze Liste.

## Kommentar

In diesem Eingabefeld sind benutzerdefinierte Anmerkungen möglich, die z. B. den aktuellen Bemessungsfall beschreiben.

### 3.2.2 Materialien

Diese Maske ist zweigeteilt. Im oberen Abschnitt sind alle Materialien aufgelistet, die in RFEM angelegt wurden. Im Abschnitt *Materialkennwerte* werden die Eigenschaften des aktuellen Materials angezeigt, d. h. des Materials, dessen Zeile im oberen Abschnitt selektiert ist.

Bild 3.5: Maske 1.2 Materialien

Materialien, die bei der Bemessung nicht benutzt werden, erscheinen in grauer Schrift. Unzulässige Materialien sind in roter Schrift, geänderte Materialien in blauer Schrift dargestellt.

Das Kapitel 4.3 des RFEM-Handbuchs beschreibt die Materialkennwerte, die zur Ermittlung der Schnittgrößen benutzt werden (*Hauptkennwerte*). In der globalen Materialbibliothek sind auch die Eigenschaften der Materialien gespeichert, die für die Bemessung benötigt werden. Diese Werte sind voreingestellt (*Zusätzliche Kennwerte*).

Die Einheiten und Nachkommastellen der Kennwerte und Spannungen lassen sich über Menü **Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen** anpassen (siehe [Kapitel 3.7.2, Seite 67](#)).

### Materialbezeichnung

Die in RFEM definierten Materialien sind voreingestellt, können aber jederzeit geändert werden: Klicken Sie das Material in Spalte A an und setzen so das Feld aktiv. Dann klicken Sie auf die Schaltfläche oder betätigen die Funktionstaste [F7], um die Materialliste zu öffnen.

|   |                 |
|---|-----------------|
| Carbon Steel (Seamless Pipe and Tube) A 53, Grade A   ASME B31.1-2010 | ASME B31.1-2010 |
| Carbon Steel (Seamless Pipe and Tube) A 53, Grade A                   | ASME B31.1-2010 |
| Carbon Steel (Seamless Pipe and Tube) A 53, Grade B                   | ASME B31.1-2010 |
| Carbon Steel (Seamless Pipe and Tube) A 106, Grade A                  | ASME B31.1-2010 |
| Carbon Steel (Seamless Pipe and Tube) A 106, Grade B                  | ASME B31.1-2010 |
| Carbon Steel (Seamless Pipe and Tube) A 106, Grade C                  | ASME B31.1-2010 |
| Carbon Steel (Seamless Pipe and Tube) A 179                           | ASME B31.1-2010 |
| Carbon Steel (Seamless Pipe and Tube) A 192                           | ASME B31.1-2010 |
| Carbon Steel (Seamless Pipe and Tube) A 210, Grade A1                 | ASME B31.1-2010 |
| Carbon Steel (Seamless Pipe and Tube) A 210, Grade C                  | ASME B31.1-2010 |
| Carbon Steel (Seamless Pipe and Tube) A 333, Grade 1                  | ASME B31.1-2010 |

Bild 3.6: Liste der Materialien

Gemäß Bemessungskonzept stehen nur rohrlitungsspezifische Materialien zur Auswahl.



## Materialbibliothek

Viele Materialien sind in einer Datenbank hinterlegt. Diese wird aufgerufen über das Menü

**Bearbeiten** → **Materialbibliothek**



oder die links dargestellte Schaltfläche.

Die Materialbibliothek ist im [Kapitel 2.2.1.3](#) auf [Seite 14](#) beschrieben.

### 3.2.3 Querschnitte

Diese Maske verwaltet die Querschnitte, die für die Bemessung verwendet werden.

1.3 Querschnitte

| Querschnitt Nr. | Material Nr. | Querschnittsbezeichnung | Querschnittstyp für Klassifizierung | Max. Ausnutzung | Anmerkung | Kommentar |
|-----------------|--------------|-------------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------|-----------|
| 1               | 1            | DN 250                  | Rohr                                | 1.06            |           |           |
| 2               | 2            | DN 450                  | Rohr                                | 0.68            |           |           |

Querschnittswerte - DN 250

| Querschnittstyp               | Rohr                                    |
|-------------------------------|---|
| Außendurchmesser              | d 273.0 mm                              |
| Wanddicke                     | t 12.5 mm                               |
| Querschnittsfläche            | A 102.30 cm <sup>2</sup>                |
| Wirksame Schubfläche          | A <sub>vy</sub> 65.12 cm <sup>2</sup>   |
| Wirksame Schubfläche          | A <sub>vz</sub> 65.12 cm <sup>2</sup>   |
| Flächenträgheitsmoment        | I <sub>y</sub> 8697.45 cm <sup>4</sup>  |
| Flächenträgheitsmoment        | I <sub>z</sub> 8697.45 cm <sup>4</sup>  |
| Torsionsträgheitsmoment       | I <sub>t</sub> 17394.90 cm <sup>4</sup> |
| Trägheitsradius               | r <sub>y</sub> 92.2 mm                  |
| Trägheitsradius               | r <sub>z</sub> 92.2 mm                  |
| Elastisches Widerstandsmoment | W <sub>ely</sub> 637.18 cm <sup>3</sup> |
| Elastisches Widerstandsmoment | W <sub>elz</sub> 637.18 cm <sup>3</sup> |
| Plastisches Widerstandsmoment | W <sub>ply</sub> 848.90 cm <sup>3</sup> |
| Plastisches Widerstandsmoment | W <sub>plz</sub> 848.90 cm <sup>3</sup> |
| Wölbwiderstand                | I <sub>w</sub> 0.00 cm <sup>6</sup>     |
| Statisches Moment             | S <sub>y</sub> 212.23 cm <sup>3</sup>   |

Querschnitt Nr. 1 angewendet in

Stäbe Nr.: 2-4,6,8-37,41-44,46,48,50-52,55,57

Rohrleitungen: 1-3

Σ Längen: 41.05 [m] Σ Massen: 3.651 [t]

Material: 1 - Carbon Steel (Seamless Pipe and Tub)

Bild 3.7: Maske 1.3 Querschnitte

## Querschnittsbezeichnung

Die in RFEM definierten Querschnitte sind voreingestellt, ebenso die zugeordneten Materialnummern.



Um einen Querschnitt zu ändern, klicken Sie den Eintrag in Spalte B an und setzen so das Feld aktiv. Mit der Schaltfläche [Querschnittsbibliothek] oder im Feld bzw. der Taste [F7] rufen Sie dann den Dialog *Rohrleitungsquerschnitt bearbeiten* auf (vgl. [Bild 2.10](#), [Seite 12](#)).



Eine Änderung des Querschnitts wirkt sich auch auf das Modell in RFEM aus!

## Max. Ausnutzung

Diese Spalte wird erst nach der Berechnung angezeigt. Sie stellt eine Entscheidungshilfe zur Optimierung dar: Anhand der Nachweisquotienten und der farbigen Relationsbalken wird deutlich, welche Rohrquerschnitte kaum ausgenutzt und somit überdimensioniert bzw. überlastet und damit unterdimensioniert sind.

## Anmerkung

In dieser Spalte werden Hinweise in Form von Fußnoten angezeigt, die am unteren Ende der Querschnittsliste näher erläutert sind.

## Info über Querschnitt



Im Dialog *Info über Querschnitt* können die Querschnittskennwerte, Spannungspunkte und c/t-Teile eingesehen werden.

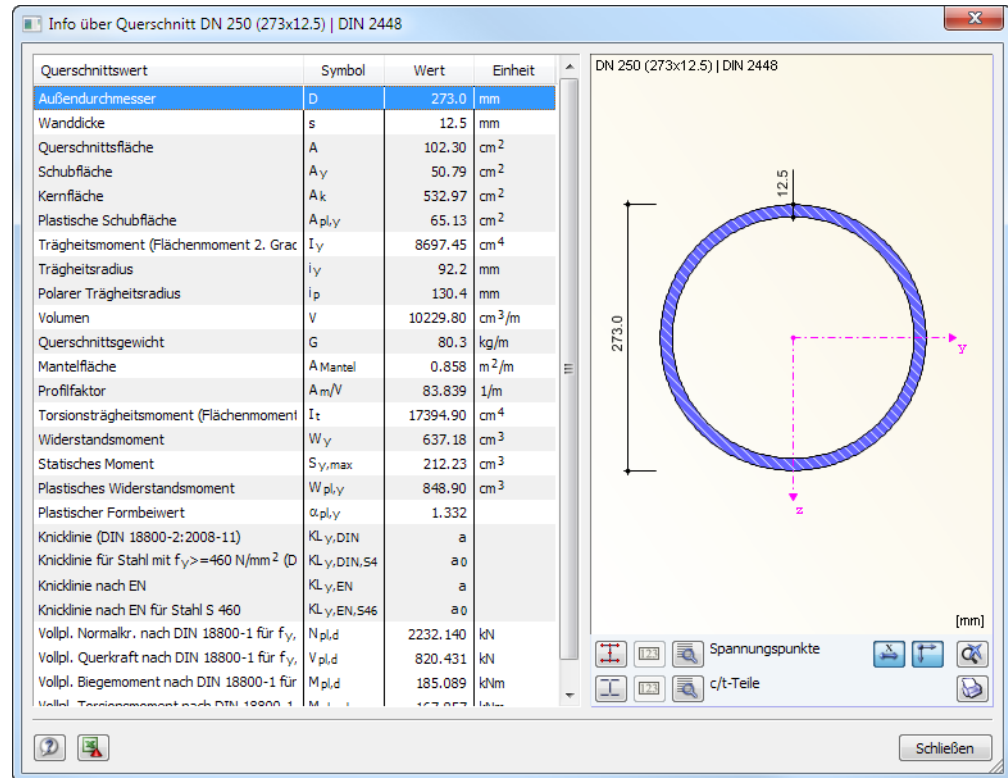


Bild 3.8: Dialog *Info über Querschnitt*

Die Schaltflächen unterhalb der Querschnittsgrafik sind mit folgenden Funktionen belegt:

| Schaltfläche | Funktion  |
|--------------|---|
|              | Blendet die Spannungspunkte ein oder aus                            |
|              | Blendet die c/t-Querschnittsteile ein oder aus                      |
|              | Blendet die Nummern der Spannungspunkte bzw. c/t-Teile ein oder aus |
|              | Zeigt die Details der Spannungspunkte bzw. c/t-Teile an             |
|              | Schaltet die Bemaßung des Querschnitts ein oder aus                 |
|              | Schaltet die Hauptachsen des Querschnitts ein oder aus              |
|              | Stellt die Gesamtansicht des Querschnitts wieder her                |
|              | Druckt die Querschnittswerte und -grafik                            |

Tabelle 3.2: Schaltflächen der Querschnittsgrafik

## 3.3 Berechnung

### 3.3.1 Detaileinstellungen

Details...

Vor dem Start der Berechnung sollten die Bemessungsdetails überprüft werden. Der entsprechende Dialog ist in jeder Maske des Zusatzmoduls über die Schaltfläche [Details] zugänglich. Der Inhalt dieses Dialogs variiert je nach Bemessungsnorm. Folgende Beschreibung ist auf die Detaileinstellungen für ASME B31.1 [1] bezogen.

Der Dialog *Details* gliedert sich in folgende Register:

- Detaileinstellungen
- Verwendete Literatur

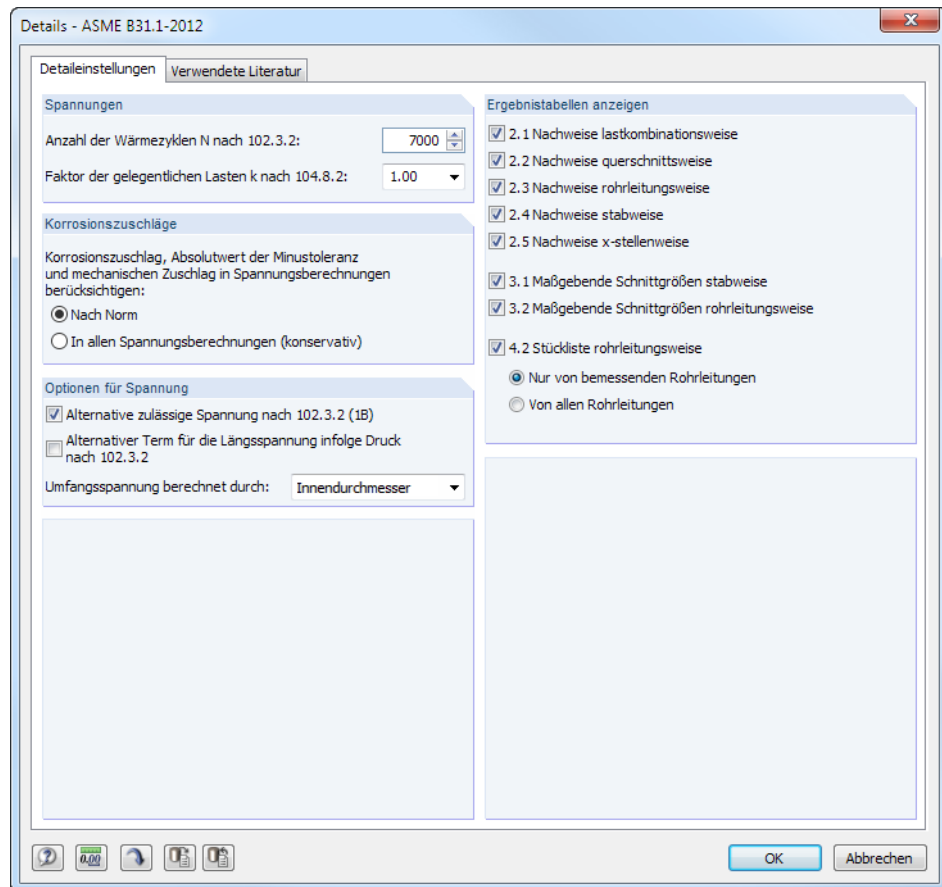


Bild 3.9: Dialog *Details*, Register *Detaileinstellungen*

## Spannungen

Die den Nachweisen zugrunde liegenden Grenzspannungen können variieren. Sie sind u. a. abhängig von zwei Parametern, die in diesem Abschnitt benutzerdefiniert festgelegt werden können:

- *Anzahl der Wärmezyklen N* gemäß [1] 102.3.2
- *Faktor der gelegentlichen Lasten k* gemäß [1] 104.8.2

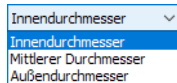
## Korrosionszuschläge

Die im Rohrleitungsquerschnitt definierten Zuschläge  $c_0$ ,  $c_1$  und  $c_2$  (siehe [Kapitel 2.2.1.2, Seite 13](#)) sind nur nach ASME B31.3 [2] zu berücksichtigen. Falls sie auch nach anderen Bemessungsnormen einbezogen werden sollen, ist die zweite Option zu aktivieren.

## Optionen für Spannung

Überschreiten die Spannungen aus Wärmeausdehnung und Wechselbeanspruchung den Grenzwert, ermöglichen die Normen die Anwendung einer alternativen Berechnung. Durch Setzen des Hakens erfolgt die Berechnung z. B. nach [1] 102.3.2 (1B) oder [3] 12.3.4-2.

Die Norm [1] gibt zwei Druckterme zur Berücksichtigung des Innendrucks vor. Standardmäßig wird die Längsspannung mit  $P \cdot d_o / 4 \cdot t_n$  berechnet. Beim Aktivieren des Kontrollfeldes wird die alternative Formel verwendet.

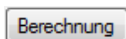


In der Liste kann festgelegt werden, mit welchem Durchmesser die Umfangsspannung berechnet werden soll. Der Wert des gewählten Durchmessers wird dann in der Kesselformel verwendet.

## Ergebnistabellen anzeigen

In diesem Abschnitt kann ausgewählt werden, welche Ergebnismasken einschließlich Stückliste angezeigt werden sollen. Die Masken sind im [Kapitel 3.4](#) ab [Seite 52](#) beschrieben.

### 3.3.2 Start der Berechnung



In jeder Eingabemaske des Moduls RF-PIPING Design kann die [Berechnung] über die gleichnamige Schaltfläche gestartet werden.

RF-PIPING Design sucht nach den Ergebnissen der zu bemessenden Rohrleitungs-Kombinationen und Ergebniskombinationen. Werden diese nicht gefunden, startet zunächst die RFEM-Berechnung zur Ermittlung der bemessungsrelevanten Schnittgrößen.

Die Berechnung kann auch in der RFEM-Oberfläche gestartet werden: Im Dialog *Zu berechnen* (Menü **Berechnung** → **Zu berechnen**) sind u. a. die Bemessungsfälle der Zusatzmodule aufgelistet. Falls die RF-PIPING Design-Fälle in der Liste *Nicht berechnete* fehlen, ist die Selektion am Ende der Liste auf *Alle* oder *Zusatzmodule* zu ändern.

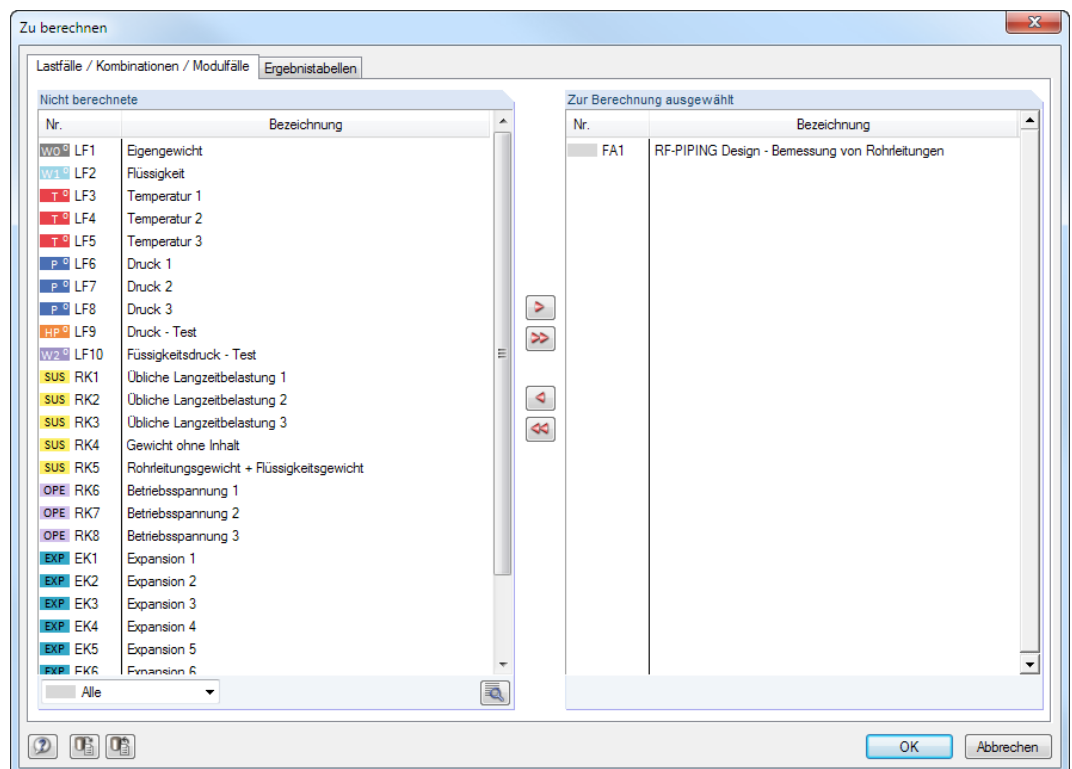
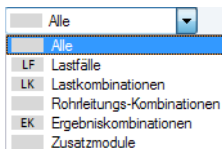


Bild 3.10: Dialog *Zu berechnen*

Mit der Schaltfläche lassen sich die selektierten RF-PIPING Design-Fälle in die rechte Liste übergeben. [OK] startet dann die Berechnung.

## 3.4 Ergebnisse

Unmittelbar nach der Berechnung erscheint die Maske 2.1 *Nachweise lastkombinationsweise*.

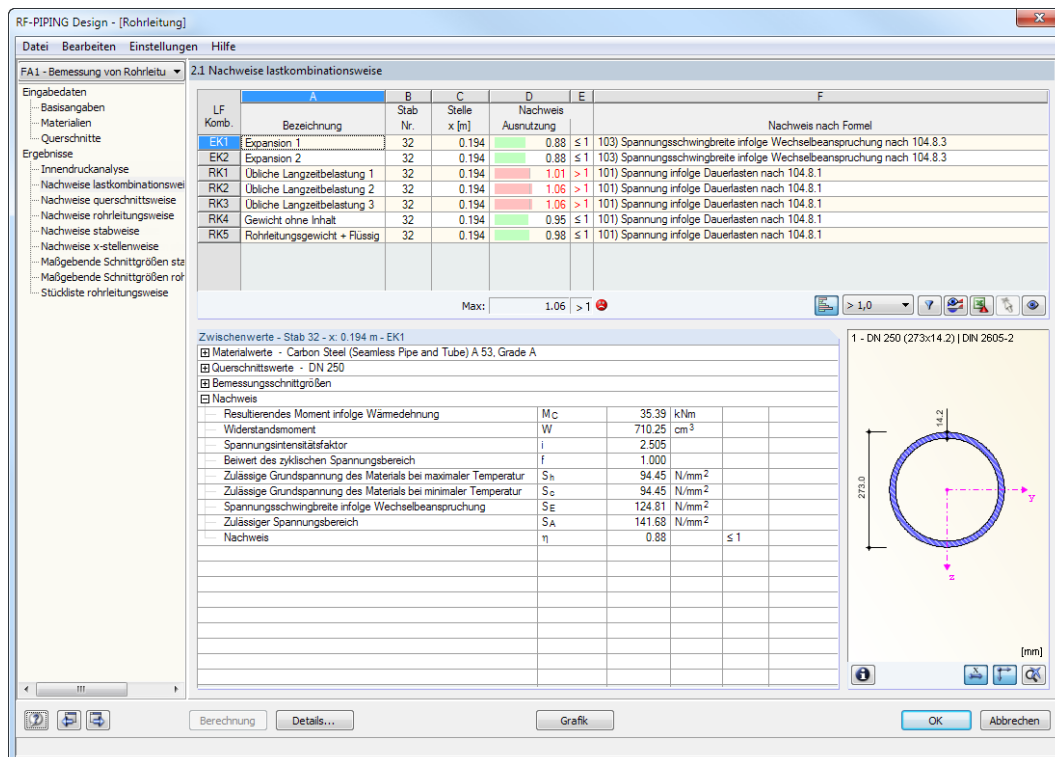


Bild 3.11: Ergebnismaske mit Nachweisen und Zwischenwerten

Die Nachweise sind in den Ergebnismasken 2.1 bis 2.5 nach verschiedenen Kriterien sortiert. Die Masken 3.1 und 3.2 listen die maßgebenden Schnittgrößen auf, die Maske 4.2 bildet eine Stückliste.

Jede Maske lässt sich durch Anklicken des Eintrags im Navigator direkt ansteuern. Mit den links dargestellten Schaltflächen wird die vorherige bzw. nächste Maske eingestellt. Das Blättern durch die Masken ist auch mit den Funktionstasten [F2] und [F3] möglich.

[OK] sichert die Ergebnisse. RF-PIPING Design wird beendet und es erfolgt die Rückkehr nach RFEM.

Die Schaltflächen unterhalb der Tabelle sind mit folgenden Funktionen belegt.

| Schaltfläche | Bezeichnung      | Funktion   |
|--------------|------------------|--|
|              | Relationsbalken  | Blendet die farbigen Bezugsskalen in den Ergebnismasken ein und aus  |
|              | Filterparameter  | Beschreibt das Kriterium, nach dem die Ausgabe in den Tabellen gefiltert wird: Ausnutzungen größer 1, Maximalwert oder benutzerdefinierte Schranke |
|              | Filter anwenden  | Stellt nur Zeilen dar, für die die Filterparameter gelten (Ausnutzungen > 1, Maximum, definierter Wert)  |
|              | Ergebnisverläufe | Öffnet das Fenster <i>Ergebnisverläufe im Stab</i><br>→ <a href="#">Kapitel 3.5.2, Seite 64</a>  |
|              | Stabauswahl      | Ermöglicht die grafische Auswahl eines Stabes, um dessen Ergebnisse in der Tabelle anzuzeigen  |
|              | Ansichtsmodus    | Ermöglicht den Wechsel in das RFEM-Arbeitsfenster, um die Ansicht zu ändern  |

Tabelle 3.3: Schaltflächen in den Ergebnismasken 2.1 bis 2.5

### 3.4.1 Innendruckanalyse

Die obere Tabelle bietet eine nach Querschnitten geordnete Zusammenfassung der maßgebenden Nachweise hinsichtlich der Mindestwanddicken. Der untere Abschnitt enthält detaillierte Angaben zu den Nachweisparametern des Rohrteils, das in der Tabelle oben markiert ist.

2.0 Innendruckanalyse

| Quersch.<br>Nr. | A<br>Rohr-<br>typ | B<br>Querschnitts-<br>abmessungen [mm] | C<br>Biege-<br>radius [mm] | D<br>Wanddicke<br>Verhältnis | E   | F<br>Spannungs-<br>ausnutzung | G   | H<br>Bemessung nach Formel  |
|-----------------|-------------------|--|----------------------------|------------------------------|-----|-------------------------------|-----|---|
| 1               | DN 150            |  |                            |                              |     |                               |     |   |
|                 | Gerades Rohr      | 168.300x5.600                          | -                          | 0.85                         | ≤ 1 | 0.51                          | ≤ 1 | Überprüfung der Wanddicke nach 4.3, 6.1; Spannungsnachweis nach 6.1 |
|                 | Biegung           | 168.300x5.600                          | 229.000                    | 0.90                         | ≤ 1 | 0.66                          | ≤ 1 | Überprüfung der Wanddicke 4.3, 6.1, 6.2.3.1 oder B.3, B.4.1, B.4.2  |
| 2               | DN 200            |  |                            |                              |     |                               |     |   |
|                 | Gerades Rohr      | 219.100x8                              | -                          | 0.19                         | ≤ 1 | 0.19                          | ≤ 1 | Überprüfung der Wanddicke nach 4.3, 6.1; Spannungsnachweis nach 6.1 |
|                 | Biegung           | 219.100x8                              | 305.000                    | 0.25                         | ≤ 1 | 0.24                          | ≤ 1 | Überprüfung der Wanddicke 4.3, 6.1, 6.2.3.1 oder B.3, B.4.1, B.4.2  |
| Max:            |                   |  |                            | 0.90                         | ≤ 1 | 0.66                          | ≤ 1 |   |

Details - DN 150

|   |  |                                |                          |
|---|--|--------------------------------|--------------------------|
| Materialwerte - X10CrMoVNb9-1 1.4903 (EN 10216-2)   EN 13480-3:2013                     |  |                                |                          |
| Zulässige Spannung bei der Bemessungstemperatur   |  | f                              | 240.00 N/mm <sup>2</sup> |
| Querschnittswerte - DN 150 (168.3x5.6)   EN 10253-2 - Type A                            |  |                                |                          |
| Bemessungsdaten   |  |                                |                          |
| Bemessungsdruck   |  | PC                             | 20.00 bar                |
| Bemessungstemperatur  |  | TC                             | 300.0 °C                 |
| Überprüfung der Wanddicke   |  |                                |                          |
| Innendurchmesser  |  | D <sub>i</sub>                 | 157.100 mm               |
| Verhältnis Außendurchmesser / Innendurchmesser  |  | D <sub>o</sub> /D <sub>i</sub> | 1.071                    |
| Ermittelte geforderte Mindestwanddicke auf der Mittellinie                              |  | e                              | 0.872 mm                 |
| Ermittelte geforderte Mindestwanddicke auf der Bogeninnenseite                          |  | e <sub>int</sub>               | 1.125 mm                 |
| Ermittelte geforderte Mindestwanddicke auf der Bogenaußenseite                          |  | e <sub>ext</sub>               | 0.755 mm                 |
| Geforderte Mindestwanddicke an der Mittellinie (einschl. Zuschlägen und Toleranzen)     |  | e <sub>r</sub>                 | 4.772 mm                 |
| Geforderte Mindestwanddicke an der Bogeninnenseite (einschl. Zuschlägen und Toleranzen) |  | e <sub>r,int</sub>             | 5.025 mm                 |
| Geforderte Mindestwanddicke an der Bogenaußenseite (einschl. Zuschlägen und Toleranzen) |  | e <sub>r,ext</sub>             | 4.655 mm                 |
| Wanddickenverhältnis  |  | η                              | 0.90 ≤ 1                 |
| Spannungsnachweis   |  |                                |                          |
| Ermittelte Wanddicke an der Bogeninnenseite   |  | e <sub>a,int</sub>             | 1.700 mm                 |
| Ermittelte Wanddicke an der Bogenaußenseite   |  | e <sub>a,ext</sub>             | 1.700 mm                 |
| Mittlere Spannung für die Bogeninnenseite   |  | f <sub>m,int</sub>             | 157.26 N/mm <sup>2</sup> |
| Mittlere Spannung für die Bogenaußenseite   |  | f <sub>m,ext</sub>             | 105.91 N/mm <sup>2</sup> |
| Spannungsausnutzung   |  | η                              | 0.66 ≤ 1                 |

1 - DN 150 (168.3x5.6) | EN 10253-2 - Ty...

[mm]

Bild 3.12: Maske 2.0 Innendruckanalyse

### Rohrtyp

Der Nachweis der Mindestwanddicke wird für ein *Gerades Rohr* oder eine *Biegung* unterschiedlich gehandhabt. Daher wird der entsprechende Rohrtyp angegeben.

### Querschnittsabmessungen

Zur Information werden die Querschnittsabmessungen des Bauteils angezeigt.

### Biegeradius

Da die Berechnung der Mindestwanddicken abhängig vom Biegeradius ist, wird dieser angegeben.

### Wanddicke Verhältnis/Druckausnutzung

In den Spalten D bis G werden die Wanddickenverhältnisse und die Ausnutzungen der Nachweise ausgegeben. Die Länge der farbigen Balken drückt die jeweilige Ausnutzung in grafischer Form aus.

### Bemessung nach Formel

Die letzte Spalte informiert über die Normabschnitte, die den jeweiligen Nachweis betreffen.

### 3.4.2 Nachweise lastkombinationsweise

Der obere Teil der Maske bietet eine nach Rohrleitungs-Kombinationen und Ergebniskombinationen geordnete Zusammenfassung der maßgebenden Nachweise.

Der untere Teil enthält detaillierte Angaben zu den Querschnittswerten, Bemessungsschnittgrößen und Nachweisparametern der Kombination, die im oberen Teil markiert ist.

2.1 Nachweise lastkombinationsweise

| LF Komb. | A<br>Bezeichnung              | B<br>Stab Nr. | C<br>Stelle x [m] | D<br>Nachweis Ausnutzung | E   | F<br>Nachweis nach Formel   |
|----------|-------------------------------|---------------|-------------------|--------------------------|-----|---|
| EK1      | Expansion 1                   | 32            | 0.194             | 0.88                     | ≤ 1 | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung nach 104.8.3 |
| EK2      | Expansion 2                   | 32            | 0.194             | 0.88                     | ≤ 1 | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung nach 104.8.3 |
| RK1      | Übliche Langzeitbelastung 1   | 32            | 0.194             | 1.01                     | > 1 | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                        |
| RK2      | Übliche Langzeitbelastung 2   | 32            | 0.194             | 1.06                     | > 1 | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                        |
| RK3      | Übliche Langzeitbelastung 3   | 32            | 0.194             | 1.06                     | > 1 | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                        |
| RK4      | Gewicht ohne Inhalt           | 32            | 0.194             | 0.95                     | ≤ 1 | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                        |
| RK5      | Rohrleitungsgewicht + Flüssig | 32            | 0.194             | 0.98                     | ≤ 1 | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                        |

Max: 1.06 > 1

Zwischenwerte - Stab 32 - x: 0.194 m - RK1

Materialwerte - Carbon Steel (Seamless Pipe and Tube) A 53, Grade A

Querschnittswerte - DN 250

Bemessungsschnittgrößen

| Normalkraft    | N              | -7.83  | kN  |
|----------------|----------------|--------|-----|
| Querkraft      | V <sub>y</sub> | -0.58  | kN  |
| Querkraft      | V <sub>z</sub> | -17.37 | kN  |
| Torsionsmoment | M <sub>x</sub> | 10.35  | kNm |
| Biegemoment    | M <sub>y</sub> | -33.30 | kNm |
| Biegemoment    | M <sub>z</sub> | -3.27  | kNm |

Nachweis

| Bemessungssinnendruck   | P              | 6.00   | bar               |
|---|----------------|--------|-------------------|
| Resultierendes Biegemoment infolge Drucks, Gewichts und anderer | M <sub>A</sub> | 35.02  | kNm               |
| Widerstandsmoment   | W              | 710.25 | cm <sup>3</sup>   |
| Außendurchmesser  | D <sub>o</sub> | 273.0  | mm                |
| Nennwert der Dicke  | t <sub>n</sub> | 14.2   | mm                |
| Spannungsintensitätsfaktor                                      | i              | 1.878  |                   |
| Zulässige Grundspannung des Materials bei maximaler Temperatur  | S <sub>H</sub> | 94.45  | N/mm <sup>2</sup> |
| Summe der Längsspannungen infolge Drucks, Gewichts und andere   | S <sub>L</sub> | 95.51  | N/mm <sup>2</sup> |
| Nachweis  | η              | 1.01   | > 1               |

1 - DN 250 (273x14.2) | DIN 2605-2

Bild 3.13: Maske 2.1 Nachweise lastkombinationsweise

### Bezeichnung

Zur Information werden die Bezeichnungen der Rohrleitungs- und Ergebniskombinationen angezeigt, für die die Nachweise geführt wurden.

### Stab Nr.

Es wird jeweils die Nummer des Stabes angegeben, der die höchste Ausnutzung für die bemessene Einwirkung aufweist.

### Stelle x

An dieser x-Stelle des Stabes liegt jeweils die maximale Ausnutzung vor. Für die tabellarische Ausgabe werden folgende Stabstellen x verwertet:

- Anfangs- und Endknoten
- Teilungspunkte gemäß eventuell vorgegebener Stabteilung (siehe RFEM-Tabelle 1.16)
- Stabteilung gemäß Vorgabe für Stabergebnisse (RFEM-Dialog *Berechnungsparameter*, Register *Globale Berechnungsparameter*)
- Extremwerte der Schnittgrößen

## Nachweis

Max: 0.98 ≤ 1

In den Spalten D und E werden die Nachweisbedingungen mit den Ausnutzungen aufgelistet, die sich bei der Bemessung nach der vorgegebenen Norm ergeben.

Die Länge des farbigen Balkens stellt die jeweilige Ausnutzung in grafischer Form dar.

## Nachweis nach Formel

In der letzten Spalte werden nähere Informationen zum geführten Nachweis angegeben.

### 3.4.3 Nachweise querschnittsweise

2.2 Nachweise querschnittsweise

| Quersch.<br>Nr. | A<br>Stab<br>Nr. | B<br>Stelle<br>x [m] | C<br>Belastung | D<br>Nachweis<br>Ausnutzung | E   | F<br>Nachweis nach Formel   |
|-----------------|------------------|----------------------|----------------|-----------------------------|-----|---|
| 1               | DN 250           |                      |                |                             |     |   |
|                 | 2                | 0.000                | EK1            | 0.00                        | ≤ 1 | 100) Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                             |
|                 | 32               | 0.194                | RK2            | 1.06                        | > 1 | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                        |
|                 | 32               | 0.194                | EK1            | 0.88                        | ≤ 1 | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung nach 104.8.3 |
| 2               | DN 450           |                      |                |                             |     |   |
|                 | 49               | 0.333                | RK5            | 0.00                        | ≤ 1 | 100) Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                             |
|                 | 43               | 0.000                | RK2            | 0.68                        | ≤ 1 | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                        |
|                 | 43               | 0.000                | EK1            | 0.39                        | ≤ 1 | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung nach 104.8.3 |

Max: 1.06 > 1

Zwischenwerte - Stab 32 - x: 0.194 m - RK2

Materialwerte - Carbon Steel (Seamless Pipe and Tube) A 53, Grade A

Querschnittswerte - DN 250

Bemessungsschnittgrößen

| Normalkraft    | N              | -7.83  | kN  |  |
|----------------|----------------|--------|-----|--|
| Querkraft      | V <sub>y</sub> | -0.58  | kN  |  |
| Querkraft      | V <sub>z</sub> | -17.37 | kN  |  |
| Torsionsmoment | M <sub>x</sub> | 10.35  | kNm |  |
| Biegemoment    | M <sub>y</sub> | -33.30 | kNm |  |
| Biegemoment    | M <sub>z</sub> | -3.27  | kNm |  |

Nachweis

| Bemessungssinnendruck   | P              | 16.00  | bar               |     |
|---|----------------|--------|-------------------|-----|
| Resultierendes Biegemoment infolge Drucks, Gewichts und anderer | M <sub>A</sub> | 35.02  | kNm               |     |
| Widerstandsmoment   | W              | 710.25 | cm <sup>3</sup>   |     |
| Außendurchmesser  | D <sub>o</sub> | 273.0  | mm                |     |
| Nennwert der Dicke  | t <sub>n</sub> | 14.2   | mm                |     |
| Spannungsintensitätsfaktor                                      | i              | 1.878  |                   |     |
| Zulässige Grundspannung des Materials bei maximaler Temperatur  | S <sub>h</sub> | 94.45  | N/mm <sup>2</sup> |     |
| Summe der Längsspannungen infolge Drucks, Gewichts und andere   | S <sub>L</sub> | 100.32 | N/mm <sup>2</sup> |     |
| Nachweis  | η              | 1.06   |                   | > 1 |

1 - DN 250 (273x14.2) | DIN 2605-2

Bild 3.14: Maske 2.2 Nachweise querschnittsweise

In dieser Maske werden die maximalen Ausnutzungen der untersuchten Rohrleitungen nach Querschnitten geordnet ausgegeben.

In Spalte *Stab Nr.* wird die Nummer des Stabes angegeben, der jeweils die höchste Ausnutzung für die einzelnen Bemessungskriterien aufweist.



### 3.4.4 Nachweise rohrleitungsweise

2.3 Nachweise rohrleitungsweise

| Stabsatz Nr. | A  | B         | C        | D          | E   | F  |
|--------------|--|-----------|----------|------------|-----|--|
| Stab Nr.     | Stelle x [m]   | Belastung | Nachweis | Ausnutzung |     | Nachweis nach Formel   |
| 1            | Cold 1 - Nitrogen (Stab Nr. 12,27,13,14,46,15,16,36,34,37,17,18,48,19-22,42,39,49) |           |          |            |     |  |
| 49           | 0.333  | RK5       | 0.00     | ≤ 1        | 100 | Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                             |
| 15           | 0.194  | RK2       | 0.81     | ≤ 1        | 101 | Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                        |
| 15           | 0.194  | EK1       | 0.65     | ≤ 1        | 103 | Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung nach 104.8.3 |
| 2            | Cold 2 - Oxygen (Stab Nr. 29,35,30,31,44,32,33,43,40)                              |           |          |            |     |  |
| 29           | 0.000  | EK1       | 0.00     | ≤ 1        | 100 | Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                             |
| 32           | 0.194  | RK2       | 1.06     | > 1        | 101 | Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                        |
| 32           | 0.194  | EK1       | 0.88     | ≤ 1        | 103 | Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung nach 104.8.3 |

Max: 1.06 > 1

Zwischenwerte - Stab 15 - x: 0.194 m - RK2

Materialwerte - Carbon Steel (Seamless Pipe and Tube) A 53, Grade A

Querschnittswerte - DN 250

Bemessungsschnittgrößen

|                | N        | V <sub>y</sub> | V <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |
|----------------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Normalkraft    | -0.67 kN |                |                |                |                |                |
| Querkraft      |          | -0.38 kN       |                |                |                |                |
| Querkraft      |          |                | 1.28 kN        |                |                |                |
| Torsionsmoment |          |                |                | -22.31 kNm     |                |                |
| Biegemoment    |          |                |                |                | 13.35 kNm      |                |
| Biegemoment    |          |                |                |                |                | 0.55 kNm       |

Nachweis

|   | P         | M <sub>A</sub> | W                      | D <sub>o</sub> | t <sub>n</sub> | i     | S <sub>h</sub>          | S <sub>L</sub>          | η        |
|---|-----------|----------------|------------------------|----------------|----------------|-------|-------------------------|-------------------------|----------|
| Bemessungssinnendruck   | 16.00 bar |                |                        |                |                |       |                         |                         |          |
| Resultierendes Biegemoment infolge Drucks, Gewichts und anderer |           | 26.00 kNm      |                        |                |                |       |                         |                         |          |
| Widerstandsmoment   |           |                | 710.25 cm <sup>3</sup> |                |                |       |                         |                         |          |
| Außendurchmesser  |           |                |                        | 273.0 mm       |                |       |                         |                         |          |
| Nennwert der Dicke  |           |                |                        |                | 14.2 mm        |       |                         |                         |          |
| Spannungsintensitätsfaktor                                      |           |                |                        |                |                | 1.878 |                         |                         |          |
| Zulässige Grundspannung des Materials bei maximaler Temperatur  |           |                |                        |                |                |       | 94.45 N/mm <sup>2</sup> |                         |          |
| Summe der Längsspannungen infolge Drucks, Gewichts und anderer  |           |                |                        |                |                |       |                         | 76.46 N/mm <sup>2</sup> |          |
| Nachweis  |           |                |                        |                |                |       |                         |                         | 0.81 ≤ 1 |

1 - DN 250 (273x14.2) | DIN 2605-2

Bild 3.15: Maske 2.3 Nachweise rohrleitungsweise

Diese Ergebnismaske listet die maximalen Ausnutzungen nach Rohrleitungen geordnet auf.

### 3.4.5 Nachweise stabweise

2.4 Nachweise stabweise

| Stab Nr.     | A                          | B        | C          | D   | E  |
|--------------|----------------------------|----------|------------|-----|--|
| Stelle x [m] | Belastung                  | Nachweis | Ausnutzung |     | Nachweis nach Formel   |
| 29           | Querschnitt Nr. 1 - DN 250 |          |            |     |  |
| 0.000        | EK1                        | 0.00     | ≤ 1        | 100 | Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                             |
| 0.000        | RK2                        | 0.75     | ≤ 1        | 101 | Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                        |
| 0.000        | EK1                        | 0.44     | ≤ 1        | 103 | Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung nach 104.8.3 |
| 30           | Querschnitt Nr. 1 - DN 250 |          |            |     |  |
| 0.000        | EK1                        | 0.00     | ≤ 1        | 100 | Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                             |
| 0.194        | RK2                        | 0.64     | ≤ 1        | 101 | Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                        |
| 0.194        | EK1                        | 0.50     | ≤ 1        | 103 | Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung nach 104.8.3 |

Max: 1.06 > 1

Zwischenwerte - Stab 29 - x: 0.000 m - RK2

Materialwerte - Carbon Steel (Seamless Pipe and Tube) A 53, Grade A

Querschnittswerte - DN 250

Bemessungsschnittgrößen

|                | N        | V <sub>y</sub> | V <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |
|----------------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Normalkraft    | -0.59 kN |                |                |                |                |                |
| Querkraft      |          | 0.63 kN        |                |                |                |                |
| Querkraft      |          |                | -14.03 kN      |                |                |                |
| Torsionsmoment |          |                |                | 18.64 kNm      |                |                |
| Biegemoment    |          |                |                |                | 35.04 kNm      |                |
| Biegemoment    |          |                |                |                |                | 1.09 kNm       |

Nachweis

|   | P         | M <sub>A</sub> | W                      | D <sub>o</sub> | t <sub>n</sub> | i     | S <sub>h</sub>          | S <sub>L</sub>          | η        |
|---|-----------|----------------|------------------------|----------------|----------------|-------|-------------------------|-------------------------|----------|
| Bemessungssinnendruck   | 16.00 bar |                |                        |                |                |       |                         |                         |          |
| Resultierendes Biegemoment infolge Drucks, Gewichts und anderer Dauerlasten |           | 39.71 kNm      |                        |                |                |       |                         |                         |          |
| Widerstandsmoment   |           |                | 637.18 cm <sup>3</sup> |                |                |       |                         |                         |          |
| Außendurchmesser  |           |                |                        | 273.0 mm       |                |       |                         |                         |          |
| Nennwert der Dicke  |           |                |                        |                | 12.5 mm        |       |                         |                         |          |
| Spannungsintensitätsfaktor  |           |                |                        |                |                | 1.000 |                         |                         |          |
| Zulässige Grundspannung des Materials bei maximaler Temperatur              |           |                |                        |                |                |       | 94.45 N/mm <sup>2</sup> |                         |          |
| Summe der Längsspannungen infolge Drucks, Gewichts und anderer Dauerlasten  |           |                |                        |                |                |       |                         | 71.06 N/mm <sup>2</sup> |          |
| Nachweis  |           |                |                        |                |                |       |                         |                         | 0.75 ≤ 1 |

1 - DN 250 (273x12.5) | DIN 2448

Bild 3.16: Maske 2.4 Nachweise stabweise

Die maximalen Ausnutzungen werden nach Stabnummern geordnet ausgegeben.

### 3.4.6 Nachweise x-stellenweise

2.5 Nachweise x-stellenweise

| Stab Nr. | A<br>Stelle<br>x [m]       | B<br>Belastung | C<br>Nachweis<br>Ausnutzung | D   | E<br>Nachweis nach Formel   |
|----------|----------------------------|----------------|-----------------------------|-----|---|
| 27       | Querschnitt Nr. 1 - DN 250 |                |                             |     |   |
|          | 0.000                      | EK1            | 0.00                        | ≤ 1 | 100) Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                             |
|          | 0.000                      | RK2            | 0.42                        | ≤ 1 | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                        |
|          | 0.000                      | EK1            | 0.22                        | ≤ 1 | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung nach 104.8.3 |
|          | 0.000                      | EK1            | 0.00                        | ≤ 1 | 100) Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                             |
|          | 0.000                      | RK2            | 0.42                        | ≤ 1 | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                        |
|          | 0.000                      | EK1            | 0.22                        | ≤ 1 | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung nach 104.8.3 |
|          | 0.358                      | EK1            | 0.00                        | ≤ 1 | 100) Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                             |
|          | 0.358                      | RK2            | 0.41                        | ≤ 1 | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                        |
|          | 0.358                      | EK1            | 0.21                        | ≤ 1 | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung nach 104.8.3 |

Max: 1.06 > 1

Zwischenwerte - Stab 27 - x: 0.000 m - EK1

Materialwerte - Carbon Steel (Seamless Pipe and Tube) A 53, Grade A

Querschnittswerte - DN 250

Bemessungsschnittgrößen

| Normalkraft    | N              | -1.18  | kN  |
|----------------|----------------|--------|-----|
| Querkraft      | V <sub>y</sub> | -0.83  | kN  |
| Querkraft      | V <sub>z</sub> | 5.72   | kN  |
| Torsionsmoment | M <sub>x</sub> | -18.33 | kNm |
| Biegemoment    | M <sub>y</sub> | -7.62  | kNm |
| Biegemoment    | M <sub>z</sub> | 1.50   | kNm |

Nachweis

| Resultierendes Moment infolge Wärmedehnung                     | M <sub>c</sub> | 19.91  | kNm               |
|--|----------------|--------|-------------------|
| Widerstandsmoment  | W              | 637.18 | cm <sup>3</sup>   |
| Spannungsintensitätsfaktor                                     | i              | 1.000  |                   |
| Beiwert des zyklischen Spannungsbereich                        | f              | 1.000  |                   |
| Zulässige Grundspannung des Materials bei maximaler Temperatur | S <sub>h</sub> | 94.45  | N/mm <sup>2</sup> |
| Zulässige Grundspannung des Materials bei minimaler Temperatur | S <sub>c</sub> | 94.45  | N/mm <sup>2</sup> |
| Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung            | S <sub>e</sub> | 31.25  | N/mm <sup>2</sup> |
| Zulässiger Spannungsbereich                                    | S <sub>A</sub> | 141.68 | N/mm <sup>2</sup> |
| Nachweis   | η              | 0.22   | ≤ 1               |

1 - DN 250 (273x12.5) | DIN 2448

Bild 3.17: Maske 2.5 Nachweise x-stellenweise

Diese Ergebnismaske listet die Maxima für jeden Stab an sämtlichen Stellen **x** auf, die sich aus den Teilungspunkten von RFEM ergeben:

- Anfangs- und Endknoten
- Teilungspunkte gemäß eventuell vorgegebener Stabteilung (siehe RFEM-Tabelle 1.16)
- Stabteilung gemäß Vorgabe für Stabergebnisse (RFEM-Dialog *Berechnungsparameter*, Register *Globale Berechnungsparameter*)
- Extremwerte der Schnittgrößen

### 3.4.7 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

3.1 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

| Stab Nr. | A<br>Stelle x [m]          | B<br>Belastung | C<br>N | D<br>Kräfte [kN]<br>V <sub>y</sub> | E<br>V <sub>z</sub> | F<br>M <sub>T</sub> | G<br>Momente [kNm]<br>M <sub>y</sub> | H<br>M <sub>z</sub> | I<br>Bemessung nach Gleichung                            |
|----------|----------------------------|----------------|--------|------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------|--|
| 2        | Querschnitt Nr. 1 - DN 250 |                |        |                                    |                     |                     |                                      |                     |  |
|          | 0.000                      | EK1            | 0.00   | 0.00                               | 0.00                | 0.00                | 0.00                                 | 0.00                | 100) Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                |
|          | 0.194                      | RK2            | 0.73   | 0.38                               | 6.57                | -0.39               | 2.87                                 | -1.31               | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1           |
|          | 0.194                      | EK1            | 1.49   | 0.36                               | 6.54                | -0.38               | 2.64                                 | -2.81               | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung |
| 3        | Querschnitt Nr. 1 - DN 250 |                |        |                                    |                     |                     |                                      |                     |  |
|          | 0.000                      | EK1            | 0.00   | 0.00                               | 0.00                | 0.00                | 0.00                                 | 0.00                | 100) Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                |
|          | 1.492                      | RK2            | 0.62   | -0.51                              | 5.12                | 2.99                | 11.21                                | -0.48               | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1           |
|          | 1.492                      | EK1            | -0.62  | 0.51                               | -5.12               | -2.99               | -11.21                               | 0.48                | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung |
| 4        | Querschnitt Nr. 1 - DN 250 |                |        |                                    |                     |                     |                                      |                     |  |
|          | 0.000                      | EK1            | 0.00   | 0.00                               | 0.00                | 0.00                | 0.00                                 | 0.00                | 100) Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                |
|          | 0.194                      | RK2            | 0.71   | 0.37                               | 4.93                | -9.90               | 7.74                                 | -0.44               | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1           |
|          | 0.194                      | EK1            | -0.71  | -0.37                              | -4.93               | 9.90                | -7.74                                | 0.44                | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung |
| 6        | Querschnitt Nr. 1 - DN 250 |                |        |                                    |                     |                     |                                      |                     |  |
|          | 0.000                      | EK1            | 0.00   | 0.00                               | 0.00                | 0.00                | 0.00                                 | 0.00                | 100) Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                |
|          | 0.194                      | RK2            | 0.69   | 0.37                               | 3.29                | -7.56               | 15.01                                | -1.50               | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1           |
|          | 0.194                      | EK1            | -0.69  | -0.37                              | -3.29               | 7.56                | -15.01                               | 1.50                | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung |
| 8        | Querschnitt Nr. 1 - DN 250 |                |        |                                    |                     |                     |                                      |                     |  |
|          | 0.000                      | EK1            | 0.00   | 0.00                               | 0.00                | 0.00                | 0.00                                 | 0.00                | 100) Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                |
|          | 0.194                      | RK2            | 0.37   | -0.67                              | 1.66                | 16.86               | 11.76                                | -0.60               | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1           |
|          | 0.194                      | EK1            | -0.37  | 0.67                               | -1.66               | -16.86              | -11.76                               | 0.60                | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung |
| 9        | Querschnitt Nr. 1 - DN 250 |                |        |                                    |                     |                     |                                      |                     |  |
|          | 0.000                      | EK1            | 0.00   | 0.00                               | 0.00                | 0.00                | 0.00                                 | 0.00                | 100) Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                |
|          | 0.000                      | RK2            | -0.48  | -0.60                              | 1.47                | 17.43               | -10.80                               | -0.46               | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1           |
|          | 0.000                      | EK1            | 0.48   | 0.60                               | -1.47               | -17.43              | 10.80                                | 0.46                | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung |
| 10       | Querschnitt Nr. 1 - DN 250 |                |        |                                    |                     |                     |                                      |                     |  |
|          | 0.000                      | EK1            | 0.00   | 0.00                               | 0.00                | 0.00                | 0.00                                 | 0.00                | 100) Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                |
|          | 0.194                      | RK2            | -0.19  | -0.76                              | -1.88               | 20.40               | -4.08                                | 1.84                | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1           |
|          | 0.194                      | EK1            | 0.19   | 0.76                               | 1.88                | -20.40              | 4.08                                 | -1.84               | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung |

Bild 3.18: Maske 3.1 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

Diese Maske weist für jeden Stab die maßgebenden Schnittgrößen aus – die Schnittgrößen, die bei den einzelnen Nachweisen zur höchsten Ausnutzung führen.

#### Stelle x

An dieser x-Stelle des Stabes liegt jeweils die maximale Ausnutzung vor.

#### Belastung

In dieser Spalte sind die Nummern der Rohrleitungs- oder Ergebniskombination angegeben, deren Schnittgrößen zur höchsten Ausnutzung führen.

#### Kräfte / Momente

Es werden für jeden Stab die Normal- und Querkkräfte sowie Torsions- und Biegemomente ausgewiesen, die bei den einzelnen Nachweisen zur höchsten Ausnutzung führen.

#### Bemessung nach Gleichung

Die letzte Spalte gibt Auskunft über die Nachweisarten und Gleichungen, mit denen die Nachweise nach der vorgegebenen Norm geführt wurden.

### 3.4.8 Maßgebende Schnittgrößen rohrleitungsweise

3.2 Maßgebende Schnittgrößen rohrleitungsweise

| Stabsatz<br>Nr. | A   | B         | C     | D                             | E              | F              | G                               | H              | I   |
|-----------------|---|-----------|-------|-------------------------------|----------------|----------------|---------------------------------|----------------|---|
|                 | Stelle<br>x [m]   | Belastung | N     | Kräfte [kN]<br>V <sub>y</sub> | V <sub>z</sub> | M <sub>T</sub> | Momente [kNm]<br>M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> | Bemessung nach Gleichung                                      |
| 1               | Cold 1- Nitrogen (Stab Nr. 12,27,13,14,46,15,16,36,34,37,17,18,48,19-22,42,39,49) |           |       |                               |                |                |                                 |                |   |
|                 | 0.333   | RK5       | -0.03 | 0.00                          | 4.42           | 0.00           | -1.91                           | 0.00           | 100) Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                     |
|                 | 0.194   | RK2       | -0.67 | -0.38                         | 1.28           | -22.31         | 13.35                           | 0.55           | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                |
|                 | 0.194   | EK1       | 0.67  | 0.38                          | -1.28          | 22.31          | -13.35                          | -0.55          | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung nach |
| 2               | Cold 2 - Oxygen (Stab Nr. 29,35,30,31,44,32,33,43,40)                             |           |       |                               |                |                |                                 |                |   |
|                 | 0.000   | EK1       | 0.00  | 0.00                          | 0.00           | 0.00           | 0.00                            | 0.00           | 100) Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                     |
|                 | 0.194   | RK2       | -7.83 | -0.58                         | -17.37         | 10.35          | -33.30                          | -3.27          | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                |
|                 | 0.194   | EK1       | -8.22 | -0.85                         | -17.30         | 10.80          | -33.55                          | -3.24          | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung nach |
| 3               | Hot (Stab Nr. 54,53,56,55,52,50,2-4,41,6,57,8,9,24,25,10,11,26,23,28)             |           |       |                               |                |                |                                 |                |   |
|                 | 0.000   | EK1       | 0.00  | 0.00                          | 0.00           | 0.00           | 0.00                            | 0.00           | 100) Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                     |
|                 | 0.194   | RK2       | 0.72  | 0.39                          | 9.92           | -11.40         | -26.94                          | 1.05           | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                |
|                 | 0.194   | EK1       | 1.48  | 0.37                          | 9.89           | -11.33         | -27.07                          | 0.48           | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung nach |

Bild 3.19: Maske 3.2 Maßgebende Schnittgrößen rohrleitungsweise

Diese Maske weist für jede Rohrleitung die Schnittgrößen aus, die bei den einzelnen Nachweisen zu den höchsten Ausnutzungen führen.

### 3.4.9 Stückliste rohrlungsweise

Abschließend erscheint eine Bilanz der im Bemessungsfall behandelten Querschnitte.

4.2 Stückliste rohrlungsweise

| Position Nr. | A<br>Rohrleitungs-<br>bezeichnung | B<br>Anzahl<br>Rohrleitungen | C<br>Länge<br>[m] | D<br>Gesamtlänge<br>[m] | E<br>Oberfläche<br>[m <sup>2</sup> ] | F<br>Volumen<br>[m <sup>3</sup> ] | G<br>Q.-Gewicht<br>[kg/m] | H<br>Gewicht<br>[kg] | I<br>Gesamtgewicht<br>[t] |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|
| 1            | Cold 1- Nitrogen                  | 1                            | 17.45             | 17.45                   | 16.96                                | 0.34                              | 154.72                    | 2700.57              | 2.701                     |
| 2            | Cold 2 - Oxygen                   | 1                            | 8.78              | 8.78                    | 8.49                                 | 0.17                              | 151.36                    | 1329.22              | 1.329                     |
| 3            | Hot                               | 1                            | 24.78             | 24.78                   | 24.60                                | 0.53                              | 168.56                    | 4176.54              | 4.177                     |
| Summe        |                                   | 3                            |                   | 51.02                   | 50.06                                | 1.05                              |                           |                      | 8.206                     |

Bild 3.20: Maske 4.2 Stückliste rohrlungsweise

Details...

In dieser Liste sind per Voreinstellung nur die bemessenen Rohrleitungen erfasst. Wird eine Stückliste für alle Rohrleitungen des Modells benötigt, so kann dies im Dialog *Details* eingestellt werden (siehe Bild 3.9, Seite 50).

#### Position Nr.

Das Programm vergibt Positionsnummern für Rohrleitungen mit gleichen Eigenschaften.

#### Rohrleitungs-Bezeichnung

In dieser Spalte sind die Bezeichnungen der Rohrleitungen aufgelistet.

#### Anzahl Rohrleitungen

Es wird für jede Position angegeben, wie viele gleichartige Rohrleitungen vorliegen.

#### Länge

Hier wird jeweils die Länge einer einzelnen Rohrleitung ausgewiesen.

#### Gesamtlänge

Die Werte in dieser Spalte stellen jeweils das Produkt aus den beiden vorherigen Spalten dar.

## Oberfläche



Es werden positionsweise die auf die Gesamtlänge bezogenen Oberflächen angegeben. Diese werden aus der *Mantelfläche* der Profile ermittelt, die in den Masken 1.3 sowie 2.1 bis 2.5 bei den Querschnittsinformationen einsehbar ist (siehe [Bild 3.8](#), [Seite 49](#)).

## Volumen

Das Volumen einer Position ermittelt sich aus der Querschnittsfläche und der Gesamtlänge.

## Q.-Gewicht

Dieser Wert repräsentiert die auf einen Meter Länge bezogene Profilmasse.

## Gewicht

Die Werte dieser Spalte ermitteln sich jeweils aus dem Produkt der Spalten C und G.

## Gesamtgewicht

In der letzten Spalte wird die Gesamtmasse jeder Position angegeben.

## Summe

Am Ende der Liste befindet sich eine Bilanz mit den Summen der Spalten B, D, E, F und I. Das Feld *Gesamtgewicht* gibt Aufschluss über die insgesamt benötigte Stahlmenge.

## 3.5 Ergebnisauswertung

Die Bemessungsergebnisse lassen sich auf verschiedene Weise auswerten. Hierzu sind auch die Schaltflächen in den Masken 2.1 bis 2.5 hilfreich, die sich am Ende der oberen Tabelle befinden.

2.2 Nachweise querschnittsweise

| Quersch.<br>Nr. | A<br>Stab<br>Nr. | B<br>Stelle<br>x [m] | C<br>Belast-<br>ung | D<br>Nachweis<br>Ausnutzung | E   | F<br>Nachweis nach Formel   |
|-----------------|------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------|-----|---|
| 1               | DN 250           |                      |                     |                             |     |   |
|                 | 2                | 0.000                | EK1                 | 0.00                        | ≤ 1 | 100) Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                             |
|                 | 32               | 0.194                | RK2                 | 1.06                        | > 1 | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                        |
|                 | 32               | 0.194                | EK1                 | 0.88                        | ≤ 1 | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung nach 104.8.3 |
| 2               | DN 450           |                      |                     |                             |     |   |
|                 | 49               | 0.333                | RK5                 | 0.00                        | ≤ 1 | 100) Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen                             |
|                 | 43               | 0.000                | RK2                 | 0.68                        | ≤ 1 | 101) Spannung infolge Dauerlasten nach 104.8.1                        |
|                 | 43               | 0.000                | EK1                 | 0.39                        | ≤ 1 | 103) Spannungsschwingbreite infolge Wechselbeanspruchung nach 104.8.3 |
| Max:            |                  |                      |                     | 1.06                        | > 1 |   |

Am Ende der Tabelle befinden sich Schaltflächen zur Ergebnisauswertung:

Bild 3.21: Schaltflächen zur Ergebnisauswertung

Die Funktion der Schaltflächen ist in [Tabelle 3.3](#) auf [Seite 52](#) erklärt.

### 3.5.1 Ergebnisse am RFEM-Modell

Für die Auswertung kann auch das RFEM-Arbeitsfenster genutzt werden.

#### RFEM-Hintergrundgrafik und Ansichtsmodus

Das RFEM-Arbeitsfenster im Hintergrund ist hilfreich, um die Position eines Rohrs im Modell ausfindig zu machen: Der in der Ergebnismaske von RF-PIPING Design selektierte Stab wird in der Hintergrundgrafik farbig hervorgehoben. Ein Pfeil kennzeichnet auch die x-Stelle des Stabes, um die es sich in der aktuellen Tabellenzeile handelt.

Max Nachweis [-]  
RF-PIPING Design FA1 - Bemessung von Rohrleitungen

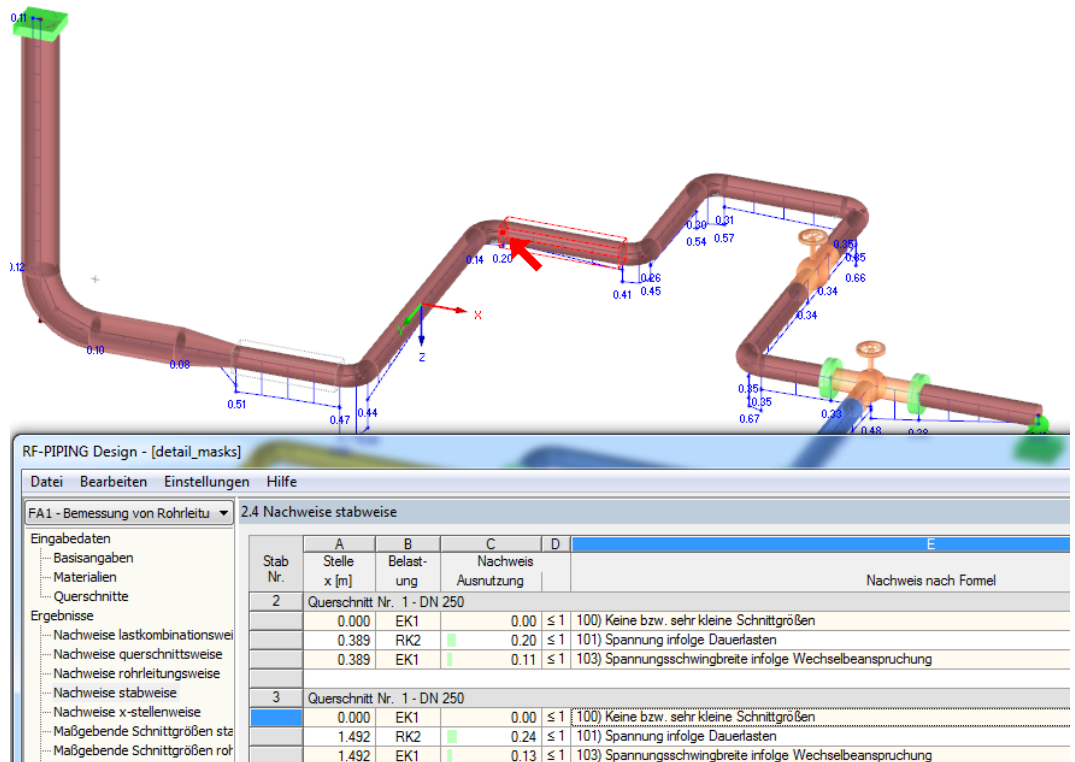


Bild 3.22: Kennzeichnung des Stabes und der aktuellen Stelle x im RFEM-Modell



Falls sich die Darstellung durch Verschieben des Fensters nicht verbessern lässt, sollte die Schaltfläche [Ansicht ändern] benutzt werden, um den *Ansichtsmodus* zu aktivieren: Das Fenster wird ausgeblendet, sodass in der RFEM-Arbeitsfläche die Ansicht angepasst werden kann. Im Sichtmodus stehen die Funktionen des Menüs *Ansicht* zur Verfügung, z. B. Zoomen, Verschieben oder Drehen der Ansicht. Der Markierungspfeil bleibt dabei sichtbar.

Mit [Zurück] erfolgt die Rückkehr in das Modul RF-PIPING Design.

#### RFEM-Arbeitsfenster

Grafik

Die Ausnutzungsgrade lassen sich auch grafisch am RFEM-Modell überprüfen: Klicken Sie die Schaltfläche [Grafik] an, um das Bemessungsmodul zu verlassen. Im Arbeitsfenster von RFEM werden nun die Ausnutzungen wie die Schnittgrößen eines Lastfalls dargestellt.



Analog zur Schnittgrößenanzeige blendet die Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] die Darstellung der Bemessungsergebnisse ein oder aus. Die Schaltfläche [Ergebnisse mit Werten anzeigen] rechts davon steuert die Anzeige der Ergebnismerte.

Die Bemessungsfälle (siehe Kapitel 3.7.1, Seite 66) lassen sich in der Liste der RFEM-Menüleiste einstellen.

Die Ergebnisdarstellung kann im *Zeigen-Navigator* unter dem Eintrag **Ergebnisse** → **Stäbe** gesteuert werden. Als Standard werden die Ausnutzungen *Zweifarb* angezeigt.

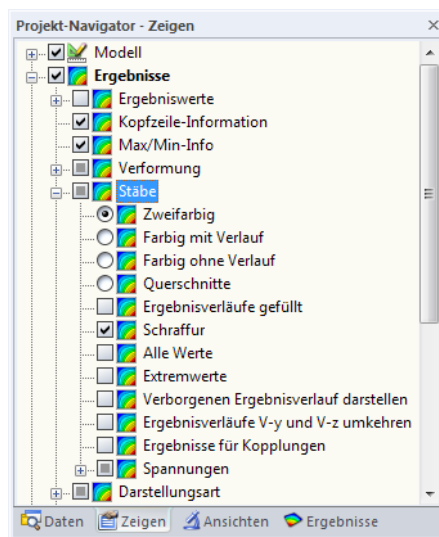


Bild 3.23: *Zeigen-Navigator: Ergebnisse* → *Stäbe*



Bei einer mehrfarbigen Darstellung (Optionen *Farbig mit/ohne Verlauf* oder *Querschnitte*) steht das Farbpanel mit den üblichen Steuerungsmöglichkeiten zur Verfügung. Die Funktionen sind im Kapitel 3.4.6 des RFEM-Handbuchs beschrieben.

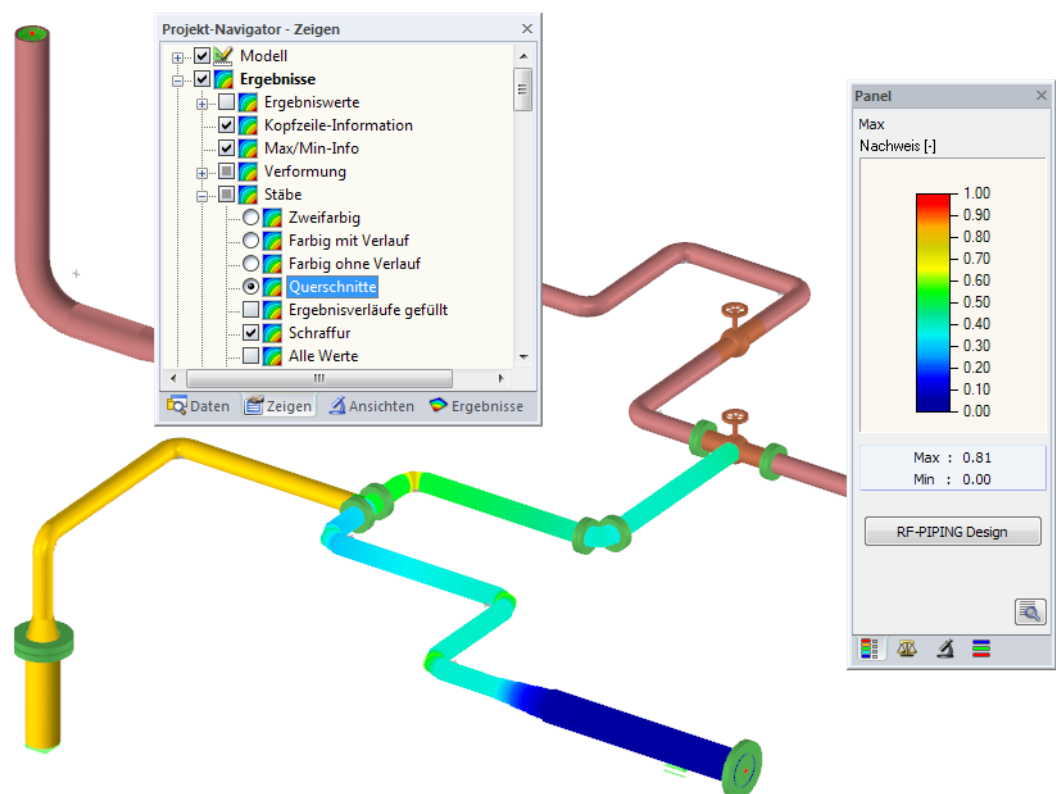


Bild 3.24: Ausnutzungsgrade mit Anzeigeoption *Querschnitte*

RF-PIPING Design

Die Rückkehr zum Zusatzmodul ist über die Panel-Schaltfläche [RF-PIPING Design] möglich.



### 3.5.2 Ergebnisverläufe

Die Ergebnisverläufe eines Stabes können auch im Ergebnisdiagramm grafisch ausgewertet werden.



Selektieren Sie den Stab in der RF-PIPING Design-Ergebnismaske, indem Sie mit der Maus in die Tabellenzeile des Stabes klicken. Rufen Sie dann den Dialog *Ergebnisverläufe im Stab* über die links gezeigte Schaltfläche auf. Sie befindet sich am Ende der oberen Ergebnistabelle (siehe Bild 3.21, Seite 61).

In der RFEM-Grafik sind die Ergebnisverläufe zugänglich über Menü



**Ergebnisse → Ergebnisverläufe an selektierten Stäben**

oder die entsprechende Schaltfläche in der RFEM-Symbolleiste.

Es öffnet sich ein Fenster, das den Verlauf der maximalen Ausnutzungen grafisch am Stab anzeigt.

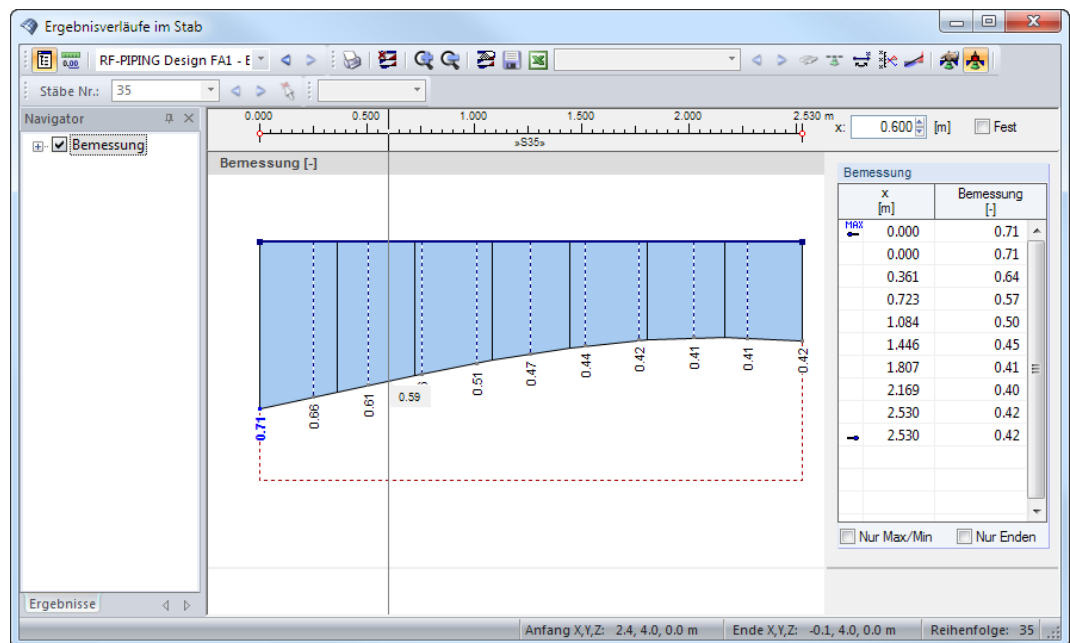


Bild 3.25: Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*

Über die Liste in der Symbolleiste kann zwischen den RF-PIPING Design-Bemessungsfällen (siehe Kapitel 3.7.1, Seite 66) gewechselt werden.

Der Dialog *Ergebnisverläufe im Stab* ist im Kapitel 9.5 des RFEM-Handbuchs beschrieben.

## 3.6 Filter für Ergebnisse



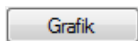
Die Gliederung der RF-PIPING Design-Ergebnismasken bietet bereits eine Auswahl nach verschiedenen Kriterien. Zusätzlich bestehen Filtermöglichkeiten für die Tabellen (siehe Bild 3.21, Seite 61), um die numerische Ausgabe nach Ausnutzungen einzugrenzen. Diese Funktion ist auch in einem DLUBAL-Blog beschrieben: <https://www.dlubal.com/blog/11214>

Für die grafische Auswertung der Ergebnisse lassen sich die im Kapitel 9.9 des RFEM-Handbuchs beschriebenen Filtermöglichkeiten nutzen.



Auch für RF-PIPING Design können die Möglichkeiten der *Sichtbarkeiten* genutzt werden (siehe RFEM-Handbuch, Kapitel 9.9.1), um die Stäbe für die Auswertung zu filtern.

### Filtern von Nachweisen



Grafik

Die Ausnutzungen lassen sich gut als Filterkriterium im RFEM-Arbeitsfenster nutzen, das über die Schaltfläche [Grafik] zugänglich ist. Hierfür muss das Panel angezeigt werden. Sollte es nicht aktiv sein, kann es eingeblendet werden über das RFEM-Menü



**Ansicht** → **Steuerpanel**

oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

Die Filtereinstellungen für die Ergebnisse sind im ersten Panel-Register (Farbskala) vorzunehmen. Da dieses Register bei der zweifarbigen Anzeige nicht verfügbar ist, muss im *Zeigen-Navigator* auf die Darstellungsarten *Farbig mit/ohne Verlauf* oder *Querschnitte* umgeschaltet werden (siehe Bild 3.23, Seite 63).

Das Panel ist im Kapitel 3.4.6 des RFEM-Handbuchs beschrieben. Im Kapitel 9.9.3 sind die Filtermöglichkeiten für Ergebniswerte vorgestellt.

### Filtern von Stäben



Im Register *Filter* des Panels können die Nummern ausgewählter Stäbe angegeben werden, um nur deren Ergebnisse anzuzeigen. Die Funktion ist im Kapitel 9.9.3 des RFEM-Handbuchs beschrieben.

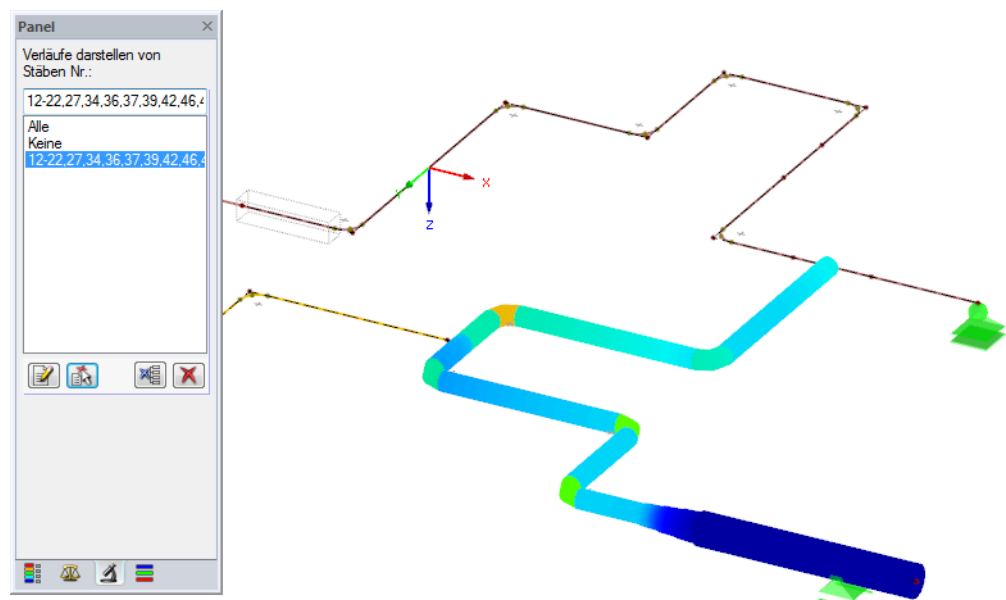


Bild 3.26: Stabfilter für Ausnutzungen eines Rohrleitungsstrangs

Im Unterschied zur Ausschnittfunktion wird das Rohrleitungsmodell vollständig mit angezeigt. Das Bild oben zeigt die Ausnutzungen eines Rohrleitungsstrangs. Die übrigen Rohre werden im Modell dargestellt, sind in der Anzeige jedoch ohne Ausnutzungsgrade.

## 3.7 Allgemeine Funktionen

### 3.7.1 Bemessungsfälle

Bemessungsfälle ermöglichen es, Rohrleitungen für die Nachweise zu gruppieren oder mit bestimmten Bemessungsvorgaben zu untersuchen. Es bereitet kein Problem, eine Rohrleitung in verschiedenen Bemessungsfällen zu untersuchen.

Die Bemessungsfälle sind auch in RFEM über die Lastfall-Liste der Symbolleiste zugänglich.

### Neuen Bemessungsfall anlegen

Ein Bemessungsfall wird angelegt über das RF-PIPING Design-Menü

**Datei → Neuer Fall.**

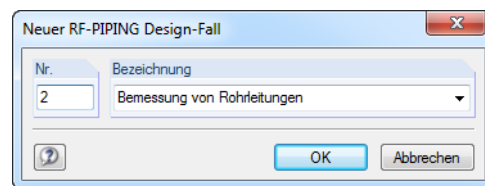


Bild 3.27: Dialog *Neuer RF-PIPING Design-Fall*

In diesem Dialog ist eine (noch freie) *Nummer* für den neuen Bemessungsfall anzugeben. Die *Bezeichnung* erleichtert die Auswahl in der Lastfall-Liste.

Nach [OK] erscheint die Maske *1.1 Basisangaben* zur Eingabe der neuen Bemessungsdaten.

### Bemessungsfall umbenennen

Die Bezeichnung des Bemessungsfalls kann geändert werden mit dem RF-PIPING Design-Menü

**Datei → Fall umbenennen.**

### Bemessungsfall kopieren

Die Eingabedaten des aktuellen Bemessungsfalls können in einen neuen Fall kopiert werden mit dem RF-PIPING Design Menü

**Datei → Fall kopieren.**

### Bemessungsfall löschen

Bemessungsfälle lassen sich wieder löschen mit dem RF-PIPING Design-Menü

**Datei → Fall löschen.**

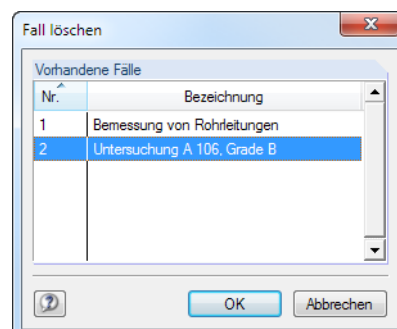


Bild 3.28: Dialog *Fall löschen*

Der relevante Bemessungsfall kann in der Liste *Vorhandene Fälle* ausgewählt werden. Mit [OK] erfolgt der Löschvorgang.

### 3.7.2 Einheiten und Dezimalstellen

Die Einheiten und Nachkommastellen werden für RFEM und für die Zusatzmodule gemeinsam verwaltet. In RF-PIPING Design ist der Dialog zum Anpassen der Einheiten zugänglich über Menü

**Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen**.

Es erscheint der aus RFEM bekannte Dialog. In der Liste *Programm / Modul* ist RF-PIPING Design voreingestellt.

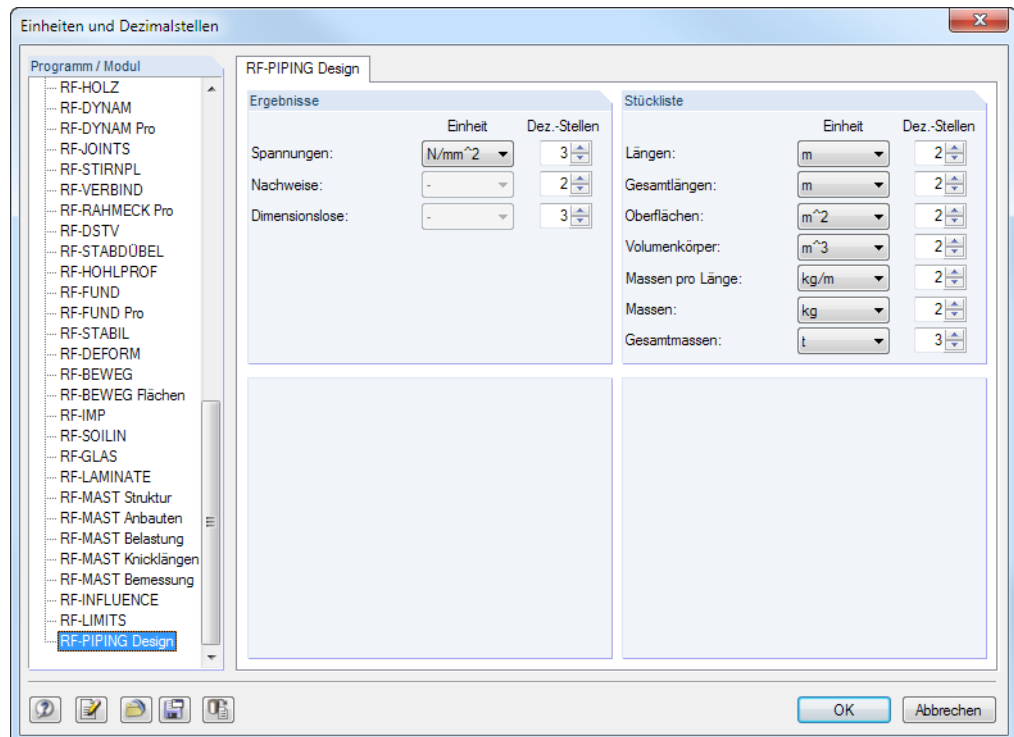


Bild 3.29: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*



Die Einstellungen können als Benutzerprofil gespeichert und in anderen Modellen wieder verwendet werden. Diese Funktionen sind im Kapitel 11.1.3 des RFEM-Handbuchs beschrieben.

### 3.7.3 Datenaustausch

#### 3.7.3.1 Materialexport nach RFEM

Werden in RF-PIPING Design die Materialien für die Bemessung angepasst, so können die geänderten Materialien nach RFEM exportiert werden: Stellen Sie die Maske *1.2 Materialien* ein und wählen dann das Menü

**Bearbeiten** → **Alle Materialien an RFEM übergeben**.

Auch über das Kontextmenü der Maske 1.2 lassen sich Materialien nach RFEM exportieren.

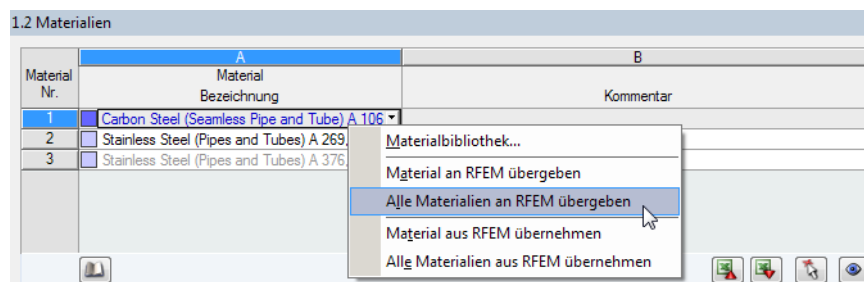


Bild 3.30: Kontextmenü der Maske *1.2 Materialien*

Berechnung

Vor der Übergabe erfolgt eine Abfrage, ob die Ergebnisse von RFEM gelöscht werden sollen. Nach dem Start der [Berechnung] in RF-PIPING Design werden die RFEM-Schnittgrößen und die Nachweise in einem Rechenlauf ermittelt.

Wurden die geänderten Materialien noch nicht nach RFEM exportiert, so können mit den im [Bild 3.30](#) gezeigten Optionen wieder die ursprünglichen Materialien in das Bemessungsmodul eingelesen werden. Beachten Sie, dass diese Möglichkeit nur in Maske 1.2 *Materialien* besteht.

## 3.7.3.2 Export der Ergebnisse

Die Ergebnisse von RF-PIPING Design lassen sich auch in anderen Programmen verwenden.

### Zwischenablage

Markierte Zellen der Ergebnismasken können mit [Strg]+[C] in die Zwischenablage kopiert und dann mit [Strg]+[V] z. B. in ein Textverarbeitungsprogramm eingefügt werden. Die Überschriften der Tabellenspalten bleiben dabei unberücksichtigt.

### Ausdruckprotokoll

Die Daten von RF-PIPING Design können in das Ausdruckprotokoll gedruckt (siehe [Kapitel 4.1, Seite 69](#)) und dort exportiert werden über Menü

**Datei → Export in RTF.**

Diese Funktion ist im Kapitel 10.1.11 des RFEM-Handbuchs beschrieben.

### Excel

RF-PIPING Design ermöglicht den direkten Datenexport zu MS Excel oder in das CSV-Format. Diese Funktion wird aufgerufen über das Menü

**Datei → Tabellen exportieren.**

Es öffnet sich folgender Exportdialog:

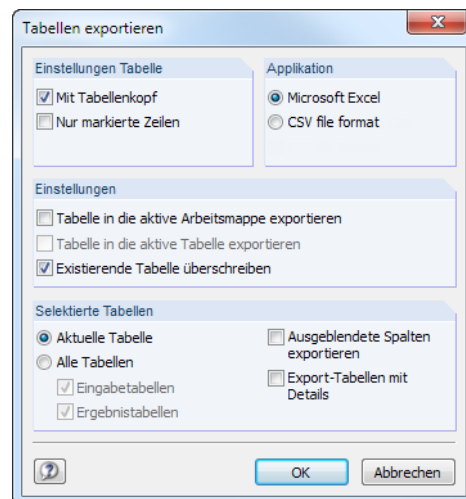


Bild 3.31: Dialog *Tabellen exportieren*

Wenn die Auswahl feststeht, kann der Export mit [OK] gestartet werden. Excel wird automatisch aufgerufen, d. h. das Programm braucht vorher nicht geöffnet werden.

# 4 Ausdruck

## 4.1 Ausdruckprotokoll

Für die Daten der Module RF-PIPING und RF-PIPING Design wird – wie in RFEM – ein Ausdruckprotokoll generiert, das mit Grafiken und Erläuterungen ergänzt werden kann. Die Selektion im Ausdruckprotokoll steuert, welche Daten der Zusatzmodule schließlich im Ausdruck erscheinen.



Das Ausdruckprotokoll ist im RFEM-Handbuch beschrieben. Das Kapitel 10.1.3 *Inhalt des Ausdruckprotokolls festlegen* erläutert, wie die Ein- und Ausgabedaten für den Ausdruck aufbereitet werden können.

Bild 4.1: Ausdruckprotokoll für RF-PIPING und RF-PIPING Design

Bei großen Rohrleitungssystemen trägt die Aufteilung der Daten in mehrere Ausdruckprotokolle zur Übersichtlichkeit bei.

## 4.2 Grafikausdruck


In RFEM kann jedes Bild, das im Arbeitsfenster angezeigt wird, in das Ausdruckprotokoll übergeben oder direkt zum Drucker geleitet werden. Damit lassen sich auch die am RFEM-Modell gezeigten Schnittgrößen, Verformungen oder Ausnutzungen für den Ausdruck aufbereiten.

Die aktuelle Grafik kann gedruckt werden über Menü

**Datei → Drucken**



oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

Auch im Dialog *Ergebnisverläufe* (siehe Bild 3.25, Seite 64) kann die Grafik der Schnittgrößen, Verformungen oder Ausnutzungen mit der Schaltfläche  in das Ausdruckprotokoll übergeben oder direkt ausgedruckt werden.

Es erscheint folgender Dialog:

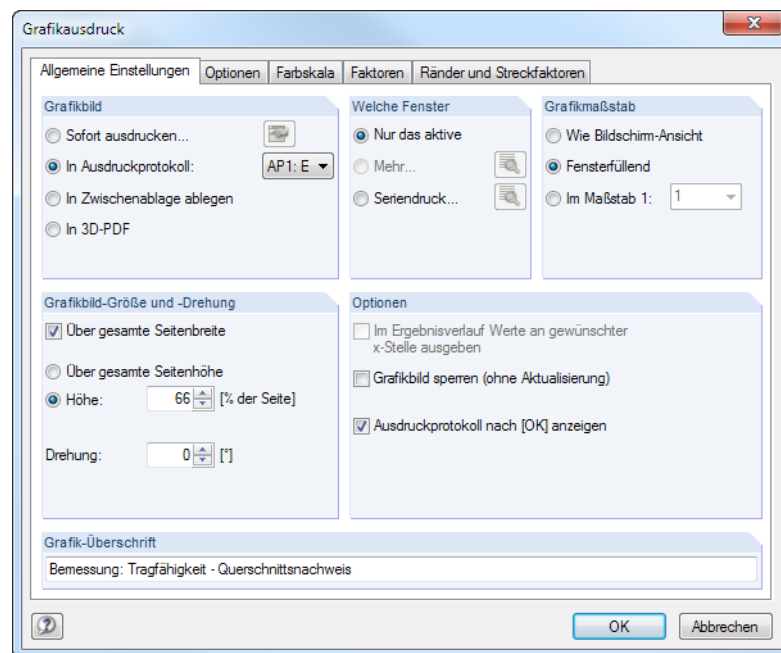


Bild 4.2: Dialog *Grafikausdruck*

Das Drucken von Grafiken ist im Kapitel 10.2 des RFEM-Handbuchs beschrieben. Dort sind auch die weiteren Register des Dialogs *Grafikausdruck* erläutert.

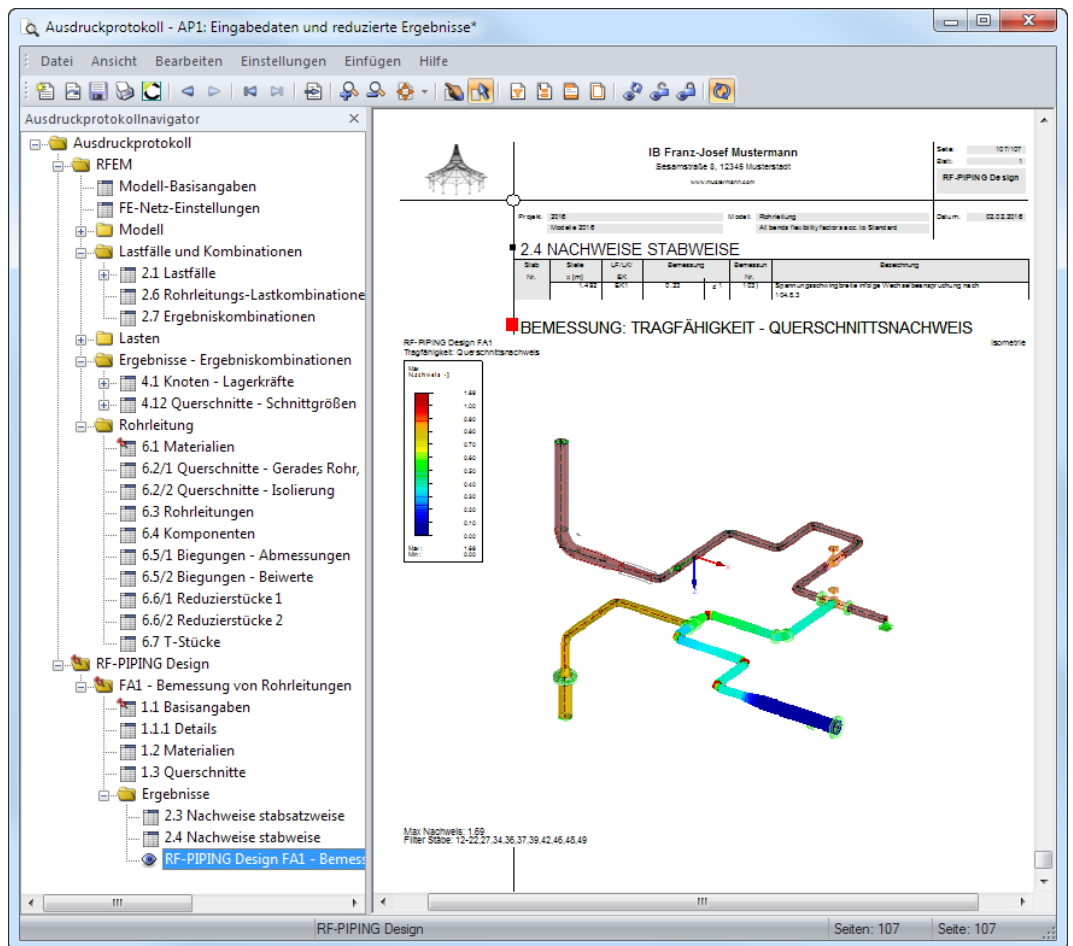
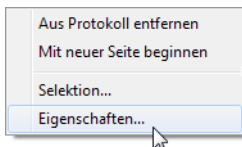


Bild 4.3: Ausdruckprotokoll mit Rohrleitungsgrafik



Eine Grafik kann im Ausdruckprotokoll wie gewohnt per Drag-and-Drop an eine andere Stelle geschoben werden. Um eine Grafik nachträglich anzupassen, führen Sie einen Rechtsklick auf den entsprechenden Eintrag im Protokoll-Navigator aus. Die Kontextmenü-Option *Eigenschaften* ruft wieder den Dialog *Grafikausdruck* auf, in dem Sie die Anpassungen vornehmen können.



# Literatur

- [1] *ASME B31.1-2012: Power Piping*. The American Society of Mechanical Engineers, 2012.
- [2] *ASME B31.3-2012: Process Piping*. The American Society of Mechanical Engineers, 2013.
- [3] *DIN EN 13480-3: Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 3: Konstruktion und Berechnung*. Beuth Verlag GmbH, 2014.
- [4] *EN 10253-2: Formstücke zum Einschweißen – Teil 2: Unlegierte und legierte ferritische Stähle mit besonderen Prüfanforderungen*. Beuth Verlag GmbH, 2008.

# Index

|                              |               |  |
|------------------------------|---------------|--|
| <b>A</b>                     |               |  |
| Abzweiganschluss             | 5, 27         |  |
| Angularkompensator           | 31            |  |
| Anmerkung                    | 49            |  |
| Ansichtsmodus                | 52, 62        |  |
| Ast                          | 26            |  |
| Ausdruckprotokoll            | 69, 71        |  |
| Ausnutzung                   | 48, 54        |  |
| Axialkompensator             | 28            |  |
| <b>C</b>                     |               |  |
| c/t-Teil                     | 49            |  |
| <b>B</b>                     |               |  |
| Balg                         | 29            |  |
| Basisangaben                 | 45            |  |
| Beenden von RF-PIPING Design | 44            |  |
| Belastung                    | 58            |  |
| Bemessen                     | 45            |  |
| Bemessungsdruck              | 12            |  |
| Bemessungsfall               | 62, 66        |  |
| Bemessungstemperatur         | 12            |  |
| Benutzerprofil               | 67            |  |
| Berechnung                   | 41, 50        |  |
| Berechnung starten           | 51            |  |
| Betriebskombination          | 34            |  |
| Biegeradius                  | 9, 53         |  |
| Biegung                      | 9, 10, 12, 22 |  |
| Biegungsfaktor               | 9             |  |
| Blättern in Masken           | 44            |  |
| Blindflansch                 | 24            |  |
| Bourdon-Effekt               | 6, 41         |  |
| <b>D</b>                     |               |  |
| Dauerlast                    | 6             |  |
| Detaileinstellungen          | 50            |  |
| Drehung                      | 10            |  |
| Dreiwegeventil               | 20            |  |
| Drucken                      | 49, 70        |  |
| Druckkraft                   | 30            |  |
| Drucklastfall                | 34            |  |
| <b>E</b>                     |               |  |
| Einheiten                    | 47, 67        |  |
| Einwirkungskategorie         | 33            |  |
| Ergebnisauswertung           | 61            |  |
| Ergebnisdarstellung          | 63            |  |
| Ergebnisdiagramm             | 64            |  |
| Ergebniskombination          | 35, 46, 54    |  |
| Ergebnismasken               | 52            |  |
| Ergebnisse                   | 42            |  |
| Ergebnisverläufe             | 64            |  |
| Excel                        | 68            |  |
| Expansion                    | 35            |  |
| Expansionskombination        | 6             |  |
| Expansionslast               | 6             |  |
| Export                       | 68            |  |
| Export Material              | 67            |  |
| Exzentrizität                | 17            |  |
| <b>F</b>                     |               |  |
| Farbskala                    | 65            |  |
| Filter                       | 52, 65        |  |
| Filtern von Stäben           | 65            |  |
| Flansch                      | 19, 23, 25    |  |
| Flexibilitätsfaktor          | 5, 9, 17, 27  |  |
| Futter                       | 13            |  |
| <b>G</b>                     |               |  |
| Gelegentliche Last           | 50            |  |
| Gelenk                       | 32            |  |
| Geometrie                    | 23, 26        |  |
| Gewicht                      | 61            |  |
| Grafik                       | 41, 62        |  |
| Grafikausdruck               | 70            |  |
| <b>H</b>                     |               |  |
| Handrad                      | 20            |  |
| Hauptleitung                 | 26            |  |
| <b>I</b>                     |               |  |
| Innendruck                   | 6, 37         |  |
| Innendruckanalyse            | 53            |  |
| Installation                 | 3             |  |
| Isolierung                   | 13            |  |
| <b>K</b>                     |               |  |
| Kardangelenk                 | 32            |  |
| Kombination                  | 33            |  |
| Kombinationen                | 6             |  |
| Kommentar                    | 46            |  |
| Kompensator                  | 28, 31        |  |
| Kontextmenü                  | 38            |  |
| Koordinatensystem            | 10            |  |
| Korrosionszuschlag           | 50            |  |
| <b>L</b>                     |               |  |
| Länge                        | 60            |  |

|                                  |                           |                                    |              |
|----------------------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------|
| Lasten .....                     | 37                        | Rohrleitungsteil .....             | 38           |
| Lastfall .....                   | 33                        |                                    |              |
| Linienmasse .....                | 12                        | <b>S</b>                           |              |
| <b>M</b>                         |                           | Schaltflächen .....                | 52           |
| Masken .....                     | 44                        | Schicht .....                      | 13           |
| Masse .....                      | 19, 25, 26, 29, 32        | Schnittgrößen .....                | 58           |
| Material .....                   | 6, 12, 14, 47, 67         | Schweißnahtfaktor .....            | 13           |
| Materialbibliothek .....         | 14, 48                    | Selektion .....                    | 38           |
| Materialkennwerte .....          | 15, 47                    | Sichtbarkeiten .....               | 65           |
| <b>N</b>                         |                           | Spannungart .....                  | 34           |
| Nachweis .....                   | 52, 54, 55                | Spannungen .....                   | 50, 51       |
| Nationaler Anhang .....          | 45                        | Spannungsanalyse .....             | 13           |
| Navigator .....                  | 7, 44                     | Spannungsintensitätsfaktor .....   | 5, 9, 17, 27 |
| Nenndruck .....                  | 19, 25                    | Spannungspunkt .....               | 49           |
| Norm .....                       | 45                        | Stab .....                         | 9            |
| <b>O</b>                         |                           | Starten von RF-PIPING .....        | 4            |
| Oberfläche .....                 | 61                        | Starten von RF-PIPING Design ..... | 43           |
| OCC-Kombination .....            | 36                        | Steifigkeit .....                  | 32           |
| Öffnungswinkel .....             | 17                        | Steuerpanel .....                  | 65           |
| <b>P</b>                         |                           | Stückliste .....                   | 60           |
| Panel .....                      | 63, 65                    | Summe .....                        | 61           |
| Parameter .....                  | 19                        | <b>T</b>                           |              |
| Parametrischer Querschnitt ..... | 12                        | T-Stück .....                      | 5, 25, 27    |
| Polylinie .....                  | 9                         | Tabelle .....                      | 8            |
| Position .....                   | 60                        | Temperatur .....                   | 6, 15, 37    |
| Programmaufruf .....             | 4, 43                     | Temperaturkombination .....        | 35           |
| <b>Q</b>                         |                           | Temperaturlastfall .....           | 34           |
| Querschnitt .....                | 9, 17, 48                 | Toleranz .....                     | 13           |
| Querschnittsbibliothek .....     | 48                        | <b>V</b>                           |              |
| Querschnittsinfo .....           | 49                        | Ventil .....                       | 18           |
| <b>R</b>                         |                           | Ventilsegment .....                | 21           |
| Reduzierstück .....              | 16                        | Vierwegeventil .....               | 21           |
| Reduzierstückfaktor .....        | 17                        | Volumen .....                      | 61           |
| Reibungsmoment .....             | 32                        | <b>X</b>                           |              |
| Relationsbalken .....            | 52                        | x-Stelle .....                     | 54, 58       |
| RFEM-Arbeitsfenster .....        | 62, 65                    | <b>W</b>                           |              |
| RFEM-Grafik .....                | 64, 70                    | Wärmezyklus .....                  | 50           |
| Rohr .....                       | 12                        | Wanddicke .....                    | 26, 53       |
| Rohrinhalt .....                 | 37                        | Weißblech .....                    | 13           |
| Rohrleitung .....                | 9, 10, 38, 39, 40, 45, 59 | <b>Z</b>                           |              |
| Rohrleitungs-Kombination .....   | 6, 34, 46, 54             | Zusatzmasse .....                  | 20           |
| Rohrleitungslast .....           | 37                        | Zuschlag .....                     | 13           |
| Rohrleitungsquerschnitt .....    | 11                        | Zwischenablage .....               | 68           |