



**4H-** STATIKPROGRAMME  
AUS HANNOVER

**DTE** Desktop<sup>®</sup>  
Engineering



pcae GmbH

Kopernikusstr. 4A

30167 Hannover

Tel 0511/70083-0

Fax 0511/70083-99

Internet [www.pcae.de](http://www.pcae.de)

Mail [dte@pcae.de](mailto:dte@pcae.de)



# **4H-STAHL**

## **Stahlbaudetailnachweise**

August 2008



# 4H-STAHL

## Stahlbaudetailnachweise

Copyright 2003-2008

3. überarbeitete Auflage, Aug. 2008

**pcae** GmbH, Kopernikusstr. 4 A, 30167 Hannover

**pcae** versichert, dass Handbuch und Programm nach bestem Wissen und Gewissen erstellt wurden. Für absolute Fehlerfreiheit kann jedoch infolge der komplexen Materie keine Gewähr übernommen werden.

Änderungen an Programm und Beschreibung vorbehalten.

Korrekturen und Ergänzungen zum vorliegenden Handbuch sind ggf. auf der aktuellen Installations-CD enthalten. Ergeben sich Abweichungen zur Online-Hilfe, ist diese aktualisiert. Ferner finden Sie **Verbesserungen und Tipps im Internet unter [www.pcae.de](http://www.pcae.de)**.

Teile dieses Handbuches dürfen unter Angabe der Quelle vervielfältigt werden.



# Produktbeschreibung

##-STAHL, Stahlbaudetailnachweise, ist ein Produkt der **pcae** GmbH, Hannover.

Das Programm bearbeitet Anschlüsse, Stöße, Rahmenecken, Fußpunkte, Einzelstabnachweise für Biegedrillknicken und Beulen sowie Spannungsnachweise n. DIN 18800.

Die Programmentwicklung erfolgt nahezu ausschließlich durch Bauingenieure.

Die interaktiven Steuermechanismen des Programms sind aus anderen Windows- Anwendungen bekannt. Wir haben darüber hinaus versucht, weitestgehend in der Terminologie des Bauingenieurs zu bleiben und ##-STAHL von detailliertem Computerwissen unabhängig zu halten.



Das vorliegende Handbuch beschreibt die Handhabung des Programms. Informationen zu dem jeweiligen Eigenschaftsblatt finden Sie zusätzlich über den lokalen Hilfebutton.

Zur ##-STAHL-Dokumentation gehört neben diesem Handbuch das Manual

*DTE®-DeskTopEngineering*

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit ##-STAHL.

Hannover, im August 2008

# Abkürzungen und Begriffe

Um die Texte zu straffen, werden folgende **Abkürzungen** benutzt:

<b>Maustasten</b>	RMT	rechte Maustaste drücken
	LMT	linke Maustaste drücken
	LF	Lastfall (Teileinwirkung)
	Nwtyp	Nachweistyp
	El.	Element



signalisiert Anmerkungen

## Buttons

Das Betätigen von Buttons wird durch Setzen des Buttoninhalts in **blaue Farbe** und die Auswahl eines Begriffs in einer Listbox durch diese **Farbe** symbolisiert.



**Rot** markierte Buttons bzw. Mauszeiger kennzeichnen erforderliche Eingaben bzw. anzuklickende Buttons.

## Index

Indexstichworte werden im Text zum schnelleren Auffinden **grün markiert**.

Beim Verweis auf Eigenschaftsblätter wird deren *Bezeichnung kursiv gedruckt*.

## Double-Click

Zweimaliges schnelles Betätigen der LMT

## blank

Leerzeichen

## Cursor

Schreibmarke in Texten, Zeigesymbol bei Mausbedienung

## icon

oder Ikon, Piktogramm, Bildsymbol

## Fangerechteck

Ein Fangerechteck wird durch Drücken der LMT und Ziehen der Maus mit gedrückter LMT aufgespannt. Alle Objekte, die vollständig innerhalb des Rechteckes liegen, werden ausgewählt. Waren Objekte bereits vor dem Aufspannen des Rechteckes ausgewählt und befinden sie sich vollständig in seinem Innenraum, werden sie wieder deaktiviert.

Zur Definition der Begriffe **Lastbild**, **Lastfall**, **Einwirkung**, **Lastkollektiv** und **Extremalbildungsvorschrift** s. Handbuch *das pcae-Nachweiskonzept*, Theoretischer Teil.

Die in der Interaktion mit **pcae**-Programmen stehenden **Buttons** besitzen folgende Funktionen:



Bricht Eigenschaftsblätter ohne Änderung der Eingabewerte ab.



Lädt abgespeicherte Werte in das Eigenschaftsblatt bzw. speichert die aktuellen Werte zum späteren Abruf in anderen Eigenschaftsblättern.



Ruft das Online-Hilfesystem.



Bestätigt die Eingaben und schließt das Eigenschaftsblatt.



**Löschen**-Button vernichtet Eingaben mit Nachfrage.



Datenzustand überprüfen

Wenn der Mauszeiger einen Moment auf einem Button verweilt, erscheint ein Fähnchen, das den zugehörigen Aufruf beschreibt.

Die Buttons zur Steuerung der **##-STAHL** Eingabe, Berechnung und Ausgabe sind einheitlich für alle Detailnachweise. Ihre Funktionen werden durch die Fähnchen erläutert.



Material auswählen



Geometriedaten festlegen



Lastangaben



Hilfe



Verbindungsmittel festlegen



Berechnung durchführen  
Ergebnisse einsehen



Ergebnisse drucken



Ende

# Inhaltsverzeichnis

1	Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten .....	5
2	Ordner und Bauteil erzeugen .....	7
3	Nachweisgruppe Anschlüsse .....	10
3.1	Zugstoß .....	11
3.1.1	Geometrie.....	11
3.1.2	Material.....	11
3.1.3	Verbindungsmittel.....	13
3.1.4	Belastung .....	13
3.1.5	Berechnungsprotokoll .....	14
3.1.6	Druckdokument .....	14
3.2	Trägeranschluss .....	15
3.2.1	Geometrie.....	16
3.2.2	Material und Verbindungsmittel.....	16
3.2.3	Belastung .....	16
3.2.4	Berechnungsprotokoll .....	17
3.2.5	Druckdokument .....	17
3.3	Biegestoß .....	18
3.3.1	Geometrie.....	19
3.3.2	Material und Verbindungsmittel.....	19
3.3.3	Belastung .....	19
3.3.4	Berechnungsprotokoll .....	20
3.3.5	Druckdokument .....	20
3.4	Rahmenecke mit Zuglasche.....	21
3.4.1	Geometrie.....	22
3.4.2	Material und Verbindungsmittel.....	22
3.4.3	Belastung .....	22
3.4.4	Berechnungsprotokoll .....	23
3.4.5	Druckdokument .....	23
3.5	Rahmenecke mit Stirnplatte .....	24
3.5.1	Berechnung .....	26
3.5.2	Geometrie.....	29
3.5.3	Material und Verbindungsmittel.....	31
3.5.4	Belastung .....	31
3.5.5	Berechnungsprotokoll .....	32
3.5.6	Druckdokument .....	32
4	Fußpunkte.....	34
4.1	Gelenkiger Fußpunkt $h < 800$ mm.....	35
4.1.1	Geometrie.....	36
4.1.2	Material und Verbindungsmittel.....	36
4.1.3	Belastung .....	36
4.1.4	Berechnungsprotokoll .....	37
4.1.5	Druckdokument .....	37
4.2	Gelenkiger Fußpunkt $h > 800$ mm.....	38
4.2.1	Geometrie.....	39
4.2.2	Material.....	39
4.2.3	Belastung .....	39
4.2.4	Berechnungsprotokoll .....	40
4.2.5	Druckdokument .....	40
4.3	Eingespannter Fuß.....	41
4.3.1	Geometrie.....	42
4.3.2	Material und Verbindungsmittel.....	42
4.3.3	Belastung .....	42
4.3.4	Berechnungsprotokoll .....	43
4.3.5	Druckdokument .....	43
5	Einzelstabnachweise .....	44
5.1	Biegedrillknicken mit $N_d$ .....	45

5.1.1	Geometrie.....	46
5.1.2	Material.....	47
5.1.3	Belastung .....	47
5.1.4	Berechnungsprotokoll .....	48
5.1.5	Druckdokument .....	48
5.2	Biegedrillknicken mit $N_d$ und $M_d$ .....	49
5.2.1	Geometrie.....	50
5.2.2	Material.....	51
5.2.3	Belastung .....	52
5.2.4	Berechnungsprotokoll .....	53
5.2.5	Druckdokument .....	53
5.3	Biegedrillknicken mit $N$ , $M_y$ und $M_z$ .....	55
5.3.1	Geometrie.....	56
5.3.2	Material.....	57
5.3.3	Belastung .....	58
5.3.4	Berechnungsprotokoll .....	59
5.3.5	Druckdokument .....	59
5.4	Biegedrillknicken mit Drehbettung.....	60
5.4.1	Geometrie.....	62
5.4.2	Material.....	63
5.4.3	Belastung .....	63
5.4.4	Berechnungsprotokoll .....	65
5.4.5	Druckdokument .....	65
5.5	Einzelbeulfeldnachweis .....	66
5.5.1	Geometrie.....	67
5.5.2	Material.....	67
5.5.3	Belastung .....	67
5.5.4	Berechnungsprotokoll .....	68
5.5.5	Druckdokument .....	68
5.6	Spannungsnachweise .....	69
5.6.1	Geometrie.....	69
5.6.2	Belastung .....	70
5.6.3	Berechnungsprotokoll .....	72
5.6.4	Druckdokument .....	73
6	DTE®-Viewer.....	74
7	Gesamtausdruck .....	74
8	Literaturverzeichnis .....	75
9	Index .....	76



# 1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

Die Installation des DTE®-Systems und das Überspielen des Programms *##-STAHL* auf Ihren Computer erfolgt über einen selbsterläuternden Installationsdialog.

Sofern Sie bereits im Besitz anderer *##*-Programme sind und diese auf Ihrem Rechner installiert sind, lesen Sie bitte auf S. 7 weiter.



Nach erfolgreicher Installation befindet sich das DTE®-**Startsymbol** auf Ihrer Windowsoberfläche. Führen Sie bitte darauf den Doppelklick aus.

Daraufhin erscheint das Eigenschaftsblatt zur **Schreibtischauswahl**. Da noch kein Schreibtisch vorhanden ist, wollen wir einen neuen einrichten. Klicken Sie hierzu bitte auf den Button **neu**.



**Schreibtischname** Dem neuen Schreibtisch kann ein beliebiger Name zur Identifikation zugewiesen werden. Klicken Sie hierzu mit der LMT in das Eingabefeld.

Hier ist *Mustermann* gewählt worden.

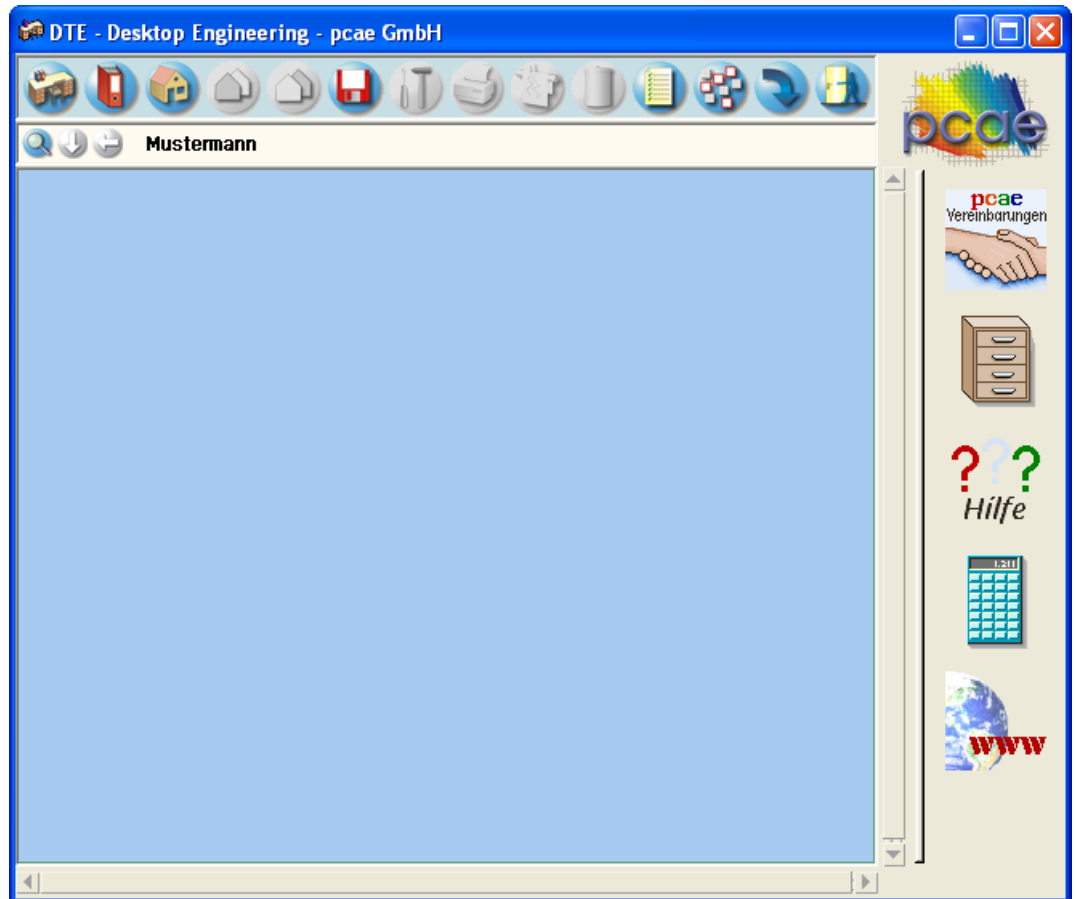


Nach Bestätigen über das **Hakensymbol** erscheint wieder die Schreibtischauswahl, in die der neue Name bereits eingetragen ist. Drücken Sie auf **Start**, bestätigen Sie die installierten Problemklassen über den **Kreuz**-Button und die DTE®-Schreibtischoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

DTE® steht für *DeskTopEngineering* und stellt das "Betriebssystem" für **pcae**-Programme und die Verwaltungsoberfläche für die mit **pcae**-Programmen berechneten Bauteile dar.

Zur Beschreibung des DTE®-Systems und der zugehörigen Funktionen s. Handbuch

*DTE®-DeskTopEngineering.*



## Steuerbuttons

Im oberen Bereich des Schreibtisches sind Interaktionsbuttons lokalisiert.

Die Funktion eines Steuerbuttons ergibt sich aus dem Fähnchen, das sich öffnet, wenn sich der Mauscursor über dem Button befindet.

Auf Grund der **Kontextsensitivität** des DTE®-Systems sind manche Buttons solange abgedunkelt und nicht aktiv bis ein Bauteil aktiviert wird.

Die Buttons bewirken:



öffnet die Schreibtischauswahl



legt einen neuen Projektordner an



erzeugt ein neues Bauteil



kopiert das aktivierte Bauteil



fügt die Bauteilkopie ein



lädt/sichert Bauteile. Hier befindet sich auch der **e-Mail-Dienst**.



menügesteuerte Bearbeitung des aktivierten Bauteils



druckt die Datenkategorien des aktivierten Bauteils



ruft das Planerstellungsmodul des aktivierten Bauteils



löscht das aktivierte Bauteil/Ordner



öffnet die Bearbeitung der Auftragsliste



öffnet die Mehrfachauswahl zur gleichzeitigen Bearbeitung von Bauteilen



eröffnet Verwaltungsfunktionen



schließt den geöffneten Ordner/beendet die DTE®-Sitzung.

## Ordner und Bauteil erzeugen



Durch Erzeugung eines **Ordners** besteht die Möglichkeit, Bauteile einem bestimmten Projekt zuzuordnen. Ein Ordner wird durch Anklicken des nebenstehenden Symbols erzeugt. Der Ordner erscheint auf dem Desktop und kann, nachdem ihm eine Bezeichnung und eine Farbe zugeordnet wurden, per Double-Click aktiviert (geöffnet) werden.



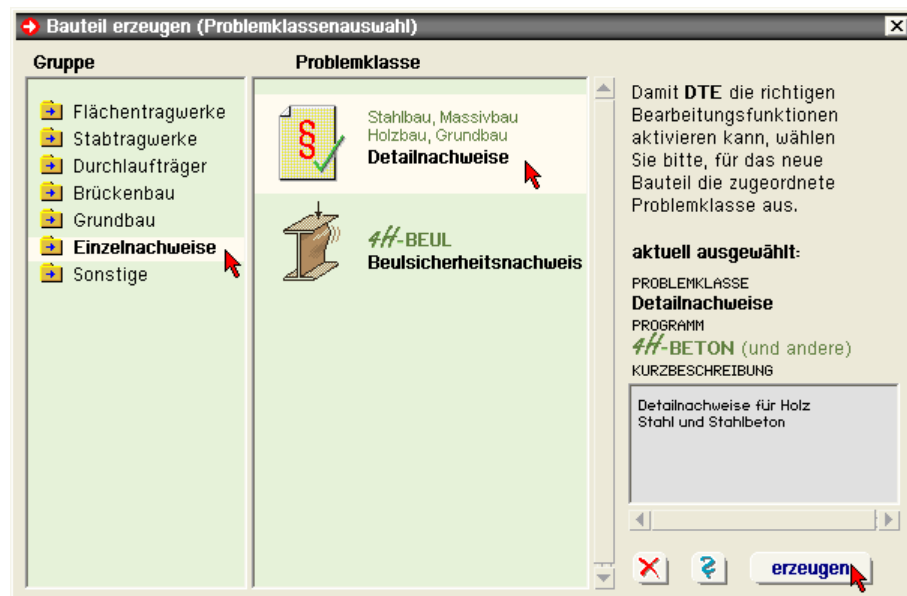
Aus dem Eintrag in der Schreibtischkopfzeile ist zu erkennen, in welchem Ordner sich die Aktion aktuell befindet.



Der Ordner kann durch das **beenden**-Symbol wieder geschlossen werden.



Zur Erzeugung eines neuen Bauteils wird das Schnellstartsymbol in der Kopfleiste des DTE®-Schreibtisches angeklickt. Klicken Sie in dem folgenden Eigenschaftsblatt bitte mit der LMT auf die Gruppe **Einzelnachweise**, dann auf die Problemklasse **Detailnachweise** und abschließend auf den **erzeugen**-Button.

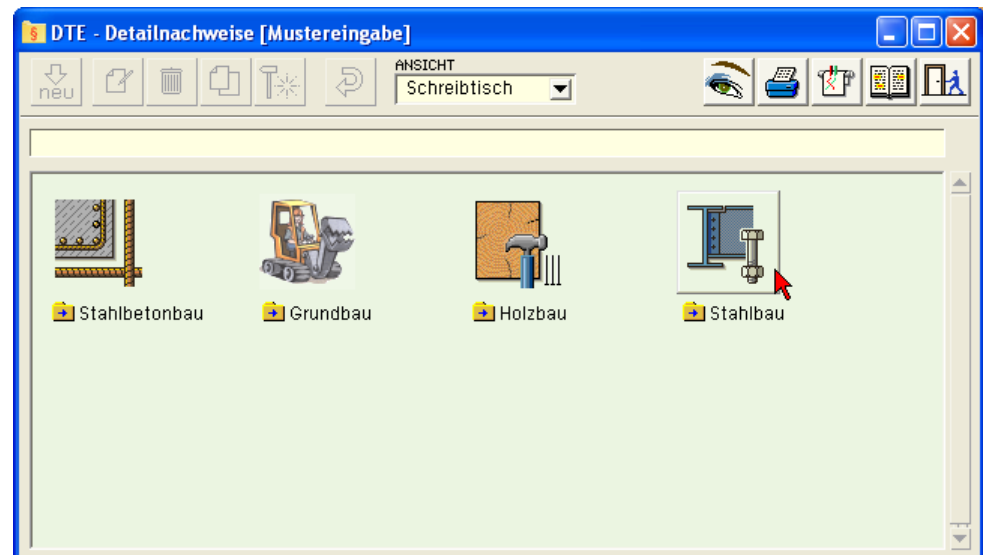


Der schwarze Rahmen der neuen Bauteilkone lässt sich mit der Maus über den Schreibtisch bewegen. Klicken Sie die LMT an der Stelle, an der das Bauteil auf dem Schreibtisch platziert werden soll. Das Eigenschaftsblatt *Name und Bezeichnung* erscheint.



Nach Doppelklick auf dem neuen Bauteilicon erscheinen die nachfolgend dargestellten Übersichten der Detailnachweise. Klicken Sie das jeweils gekennzeichnete Icon mit der LMT an.

## Übersicht Detailnachweise

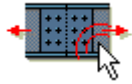


## Anschlüsse



## Zugstoß

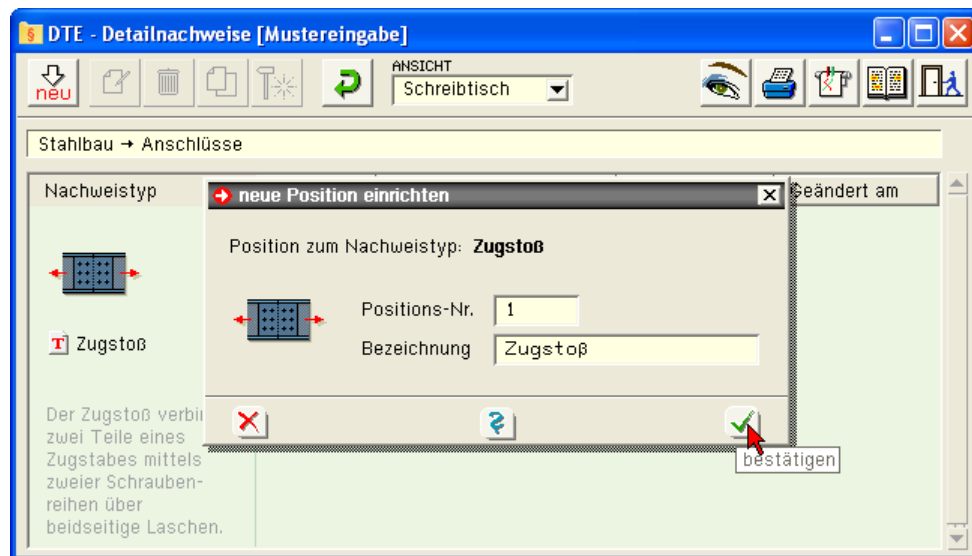




Klicken Sie im folgenden Übersichtblatt den Nachweistyp mit der LMT doppelt an.

Im Eigenschaftsblatt *neue Position einrichten* kann der Position eine beliebige Nummer und ein kennzeichnender Text zugewiesen werden.

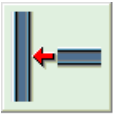
### neue Position



Im rechten Bereich erscheint die neue Position in einem Verzeichnis. Klicken Sie hier bitte doppelt auf den neuen Schriftzug. Daraufhin erscheint das Übersichtsfenster des Nachweistyps *Zugstoß*.

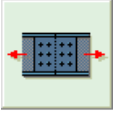
### 3

## Nachweisgruppe Anschlüsse



Anschlüsse

Die Nachweisgruppe der Anschlussbauteile umfasst die Nachweise der Verbindungen unterschiedlicher Stäbe.



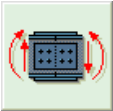
Zugstoß

Der Zugstoß verbindet zwei Teile eines Zugstabes mittels zweier Schraubenreihen über beidseitige Laschen. S. Abs. 3.1, S. 11 ff.



Trägeranschluß

Der Trägeranschluss verbindet zwei senkrecht zueinander liegende Doppel-T-Querschnitte über zwei Anschlusswinkel miteinander. Als Querträger können auch U-Profile eingesetzt werden. S. Abs. 3.2, S. 15 ff.



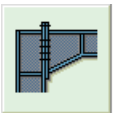
Biegestoß

Der Biegestoß verbindet einen Doppel-T-Querschnitt durch zwei Steg-Laschen, je eine Flansch-Außenlasche und je zwei Flansch-Innenlaschen. Es kann auch der Sonderfall eines Stoßes ohne Flanschlaschen bearbeitet werden. S. Abs. 3.3, S. 18 ff.



Rahmenecke mit Zuglasche

Die Rahmenecke mit Zuglasche verbindet zwei Doppel-T-Profile über eine Zuglasche und einen Kopfplattenstoß miteinander. S. Abs. 3.4, S. 21 ff.

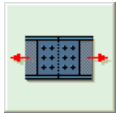


Rahmenecke mit Stirnplatte

Die Rahmenecke mit Stirnplatte verbindet zwei Doppel-T-Profile über einen Stirnplattenstoß miteinander. S. Abs. 3.5, S. 24 ff.

### 3.1

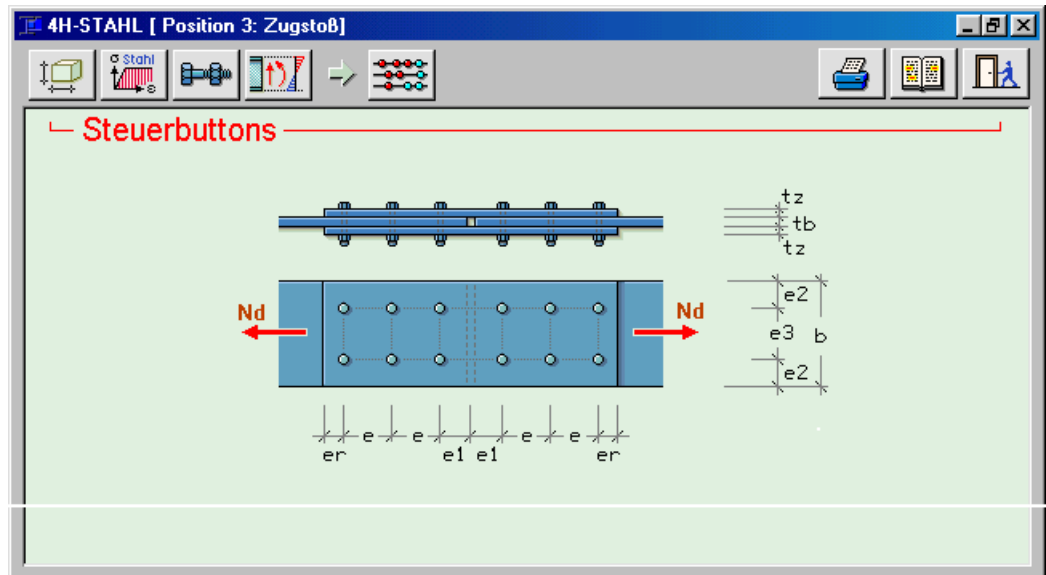
## Zugstoß



Zugstoß

Der Zugstoß verbindet zwei Teile eines Zugstabes der Breite  $b$  und der Dicke  $t_b$  mittels zweier Schraubenreihen über beidseitige Laschen mit der Einzeldicke  $t_z$ .

Entsprechend den Randabständen werden die zulässigen Abscherkräfte und Lochleibungsdrücke für den Zugstab und die Laschen errechnet. Die Summe der zulässigen Kräfte wird der Zugkraft gegenübergestellt. Zuerst werden zwei Schrauben angesetzt, dann wird jeweils um zwei Schrauben erhöht bis die Summe der Schraubenkräfte größer als die Zugkraft ist.



#### 3.1.1

### Geometrie



Geometriedaten festlegen

Der Eingabebutton **Geometrie** blendet das zugehörige Eigenschaftsblatt in das bestehende Bild ein.

Bei Vorgabe eines oder mehrerer Schraubenabstände  $e$ ,  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $e_3$  und/oder  $e_r$  mit dem Wert 0 in den grau hinterlegten Eingabefeldern wird der tatsächlich mindestens erforderliche Wert von der Rechenprozedur ermittelt. Dieser kann im Nachhinein geändert werden. Dadurch wird eine **Abstandsoptimierung** mit nachträglicher konstruktiver Anpassung ermöglicht.

Auch die erforderliche Laschendicke  $t_z$  kann nach Vorgabe des Wertes 0 automatisch bestimmt werden.

GEOMETRIE	
$b$	170 mm
$t_b$	18 mm
$t_z$	10 mm
$e$	75 mm
$e_1$	50 mm
$e_2$	45 mm
$e_3$	80 mm
$e_r$	30 mm

#### 3.1.2

### Material



Material auswählen

Über den Button **Material auswählen** erfolgt die Eingabe der **Stahlgüte**. In einer Auswahlbox kann eine der aufgeführten Stahlsorten ausgewählt werden.

Als Stahlsorten stehen die Stähle der Tab. 1, Anpassungsrichtlinie Stahlbau, Ausg. Dez. 2001, zur Verfügung. Dies sind:

**Baustähle** n. **DIN EN 10025** (03.94):

S235 (St37), S275 (St44), S355 (St52)

**Feinkornbaustähle** n. **DIN EN 10113** (04.93):

S275 N/NL, S275 M/ML, S355 N/NL, S355 M/ML, S460 N/NL, S460 M/ML

STAHLSORTE	
Stahlauswahl	
S235 (St37)	
Sondermaterial	
<input type="checkbox"/> Materialkennwerte	

Aufgrund der Überarbeitung und Erweiterung von EI. 401 der DIN 18800 gemäß Anpassungsrichtlinie Stahlbau (12.01) sind hier gegenüber der alten Tab. 1 zusätzliche Stähle und geänderte Stahlbezeichnungen aufgeführt.

Bezeichnung der Feinkornbaustähle

S355 N, S355 M, S355 NL, S355 ML

S	Stahl
355	Streckgrenze N/mm <sup>2</sup>
N	normalgeglüht
L	festgelegter Mindestwert der Kerbschlagarbeit bei einer Temperatur von -50 °C
M	thermomechanisch gewalzt

**Freies Material** Zusätzlich zu den hier aufgeführten Stählen kann über den Menüpunkt *benutzerdefiniert* eigenes Material definieren werden.

Die freie Materialangabe erfolgt über Eingabe des E-Moduls, des Schubmoduls, der Streckgrenze und der abgeminderten Streckgrenze für Bauteile mit einer Dicke > 40 mm.

**Stahlsorte** Die Stahlsorte kann für die wichtigsten Komponenten eines Bauteils getrennt eingegeben werden. D. h., bei einer Rahmenecke z. B. können unterschiedliche Stahlsorten für Riegel, Stiel, Stirnplatte und Zuglasche vorgegeben werden.

Damit ist es möglich, für die hoch beanspruchten Bauteile Stirnplatte und Zuglasche einen höherwertigen Stahl zu verwenden als für Stiel- und Riegelprofil.



### 3.1.3

## Verbindungsmittel



Verbindungsmittel  
festlegen

Der nebenstehend dargestellte Button leitet die Festlegung der zum Einsatz kommenden **Schraubenverbindungen** ein.

In hierzu angebotenen Auswahllisten werden Schraubengröße und Werkstoff festgelegt. Normalerweise wird von einer Scher-/Lochleibungsverbindung ausgegangen. Wird ein Werkstoff mit 8.8 oder höherwertig ausgewählt, kann der Button **planmäßige Vorspannung** aktiviert werden. In diesem Fall kann entschieden werden, ob planmäßige Vorspannung mit oder ohne gleitfeste Reibung vorgesehen werden soll. Bei planmäßiger Vorspannung wird eine Passschraube zugrunde gelegt. Andernfalls kann das Nennlochspiel in mm angegeben werden. Ist das Nennlochspiel  $> 0.3$  mm, liegt eine rohe Schraube, andernfalls eine Passschraube vor.

### 3.1.4

## Belastung



Lastangaben

Der Eingabebotton **Belastung** blendet das Eigenschaftsblatt zur Eingabe der **Zugkraft**  $N_d$  (Bemessungsgröße, Designlast) und des **Materialsicherheitsbeiwertes**  $\gamma_M$  ein.

### 3.1.5

## Berechnungsprotokoll



Berechnung durchführen  
Ergebnisse einsehen

Durch Anklicken des **Rechnen**-Symbols werden die Eingaben einer Kontrolle unterzogen und die Berechnung durchgeführt. Die Ergebnisse und ihre Zwischenschritte werden zur Einsichtnahme im DTE®-Viewer sofort eingeblendet.

Die Interaktionselemente des DTE®-Viewers werden im Abs. 6, S. 74, beschrieben.

**DTE - Viewer [Detailnachweise]**

Seite 1 Zoom 1:4

**POS. 39: ZUGSTOSS**

**Geometrie, Belastung und Materialkennwerte**  
ZUGSTOSS (Prinzipskizze)

**Querschnitt Zugband**  
 $b = 170.0 \text{ mm}$   $t_b = 18.0 \text{ mm}$

**Querschnitt Lasche**  
 $t_z = 10.0 \text{ mm}$

**Materialdaten Zugband S355 (St52)**  
 $E = 210000.0 \text{ N/mm}^2$   $G = 81000.0 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{y,k} = 360.0 \text{ N/mm}^2$   $f_{y,kt} = 335.0 \text{ N/mm}^2$

**Materialdaten Lasche S355 (St52)**  
 $E = 210000.0 \text{ N/mm}^2$   $G = 81000.0 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{y,k} = 360.0 \text{ N/mm}^2$   $f_{y,kt} = 335.0 \text{ N/mm}^2$

**Schnittgrößen**  
 $N_d = 750.0 \text{ kN}$

Material-Sicherheitsbeiwert Stahl:  $\gamma_M = 1.10$   
 Schrauben: M20, FK 5.6SLP,  $\Delta d = 0.3 \text{ mm}$

**Nachweise**

**Querschnitte**  
 Berücksichtigung der Lochschwächung gemäß DIN 18800, T1, Element 742

**Zugband:** (mit  $A_{\text{netto}} = 23.29 \text{ cm}^2$ )  
 $\sigma_{s,d} = 322.00 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{R,d} = 327.27 \Rightarrow \text{Ausnutzung} = 0.984 < 1$

**Lasche:** (mit  $A_{\text{netto}} = 12.94 \text{ cm}^2$ )  
 $\sigma_{s,d} = 289.80 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{R,d} = 327.27 \Rightarrow \text{Ausnutzung} = 0.885 < 1$

**Schrauben**  
 Schraubenanzahl 3 x 2 Schrauben (je Stoßseite)  
 Anordnung: 2 Schrauben über die Profilbreite verteilt.  
 mit  $e_1 = 50 \text{ mm}$   $e = 75 \text{ mm}$   $e_r = 30 \text{ mm}$   
 und  $e_2 = 45 \text{ mm}$   $e_3 = 80 \text{ mm}$

**Schraubenkräfte**

Typ	Abscheren	Lochleibung		maßgebend V
		Zugband	Lasche	
1 (Rand Zugband)	188.9 kN	283.9 kN	173.5 kN	173.5 kN
2 (Mittelschraube)	188.9 kN	353.5 kN	392.7 kN	188.9 kN
3 (Rand Lasche)	188.9 kN	353.5 kN	173.5 kN	173.5 kN

Zugkraft  $N_d = 750.00 \text{ kN} < \Sigma \sigma_{R,d} = 1071.99 \text{ kN} \Rightarrow \text{Ausnutzung } N_d / \Sigma \sigma_{R,d} = 0.700 < 1$

Maximale Ausnutzung  $0.984 < 1 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt.}$

### 3.1.6

## Druckdokument



Ergebnisse drucken

Durch Anklicken des **Ausgabe**-Symbols wird der Druckmanager geladen und die Ausgabe des gerade bearbeiteten Nachweistyps auf dem Drucker kann direkt erfolgen, ohne die Eingabeprozedur zu verlassen.

Die Druckausgabe aller in einem Bauteil vom Typ *Detailnachweise* zusammengefassten, berechneten Nachweistypen kann auch in einem Zuge erfolgen, so dass eine Gesamtliste aller zum Projekt gehörenden Nachweistypen in einem Arbeitsgang erzeugt wird (s. Abs. 7, S. 74).

## 3.2

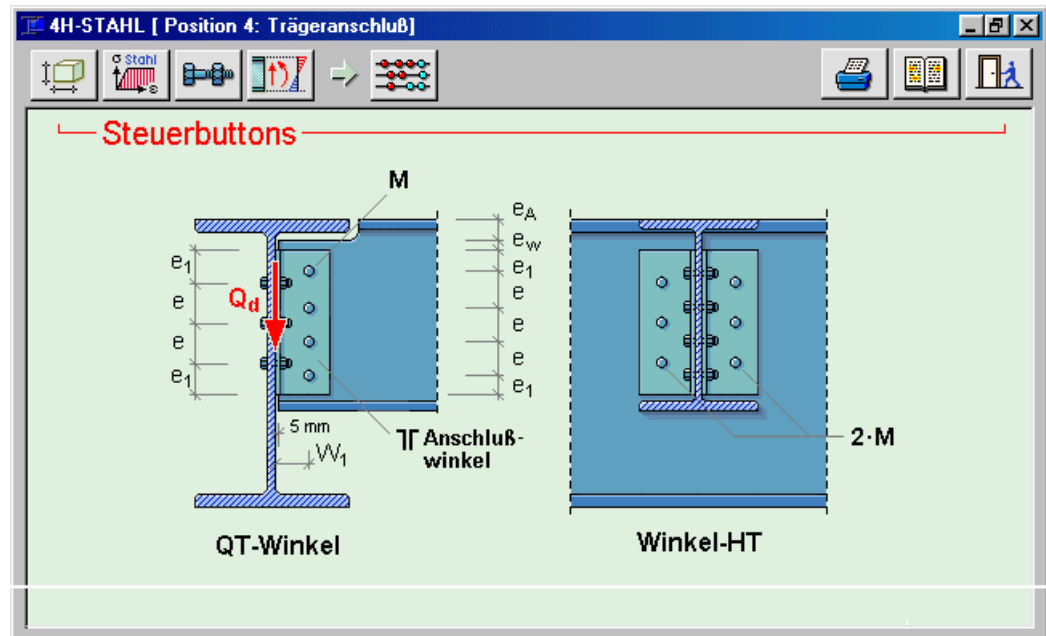
## Trägeranschluss



Trägeranschluß

Der Trägeranschluss verbindet zwei senkrecht zueinander liegende Doppel-T-Querschnitte über zwei Anschlusswinkel miteinander. Der Querträger kann auch aus einem U-Profil bestehen. Die kurzen Winkelschenkel sind jeweils über eine Schraubenreihe an den Steg des Hauptträgers angeschlossen.

Wenn der am Steg des Querträgers befestigte Winkelschenkel eine ausreichende Länge besitzt, werden bei Bedarf vom Programm zwei senkrechte Schraubenreihen nebeneinander angeordnet.



### Ausklindung

Der Querträger kann eine Ausklindung besitzen. Es ergibt sich dann eine reduzierte aufnehmbare Querkraft, die nachgewiesen wird.

### Anschluss Querträger-Winkel

Zunächst wird die Querkraft über die Schrauben vom Querträgersteg in die beiden Winkelschenkel übertragen. Dabei wird angenommen, dass die Schrauben in der Wurzelreihe  $w_1$  angeordnet sind.

Durch die Anschlussform ergibt sich ein **Versatzmoment**, so dass die äußersten Schrauben am höchsten beansprucht sind und nur diese nachgewiesen zu werden brauchen. Die größte resultierende Beanspruchung aus Querkraft und Versatzmoment wird der minimalen aufnehmbaren Schraubenkraft (Lochleibung oder Abscheren) gegenübergestellt.

Dabei wird ggf. das Schraubenbild so verändert, dass die **Schraubenabstände** untereinander auf minimal  $e = 2.2 \cdot d_1$  bzw.  $e_3 = 2.4 \cdot d_1$  reduziert werden. Falls dies nicht ausreicht, wird - sofern das Winkelprofil es zulässt - mit dem Wurzelmaß  $w_2$  eine zweite Schraubenreihe gebildet.

### Anschluss Winkel-Hauptträger

Anschließend wird der Nachweis der Kraftübertragung Winkel an Hauptträger geführt. Dabei wird von einer geraden Schraubenanzahl ausgegangen, um eine symmetrische Beanspruchung zu erhalten. Für jede einzelne Schraube wird den Abständen entsprechend die zulässige Schraubenkraft ermittelt, wobei die Schrauben in der Wurzelreihe sitzen. Die Summe aller aufnehmbaren Schraubenkräfte wird der Querkraft so lange gegenübergestellt, bis sie größer ist.

### 3.2.1

### Geometrie



Geometriedaten festlegen

Der Button **Geometriedaten festlegen** blendet das Eigenschaftsblatt zur Eingabe der Profile und Abmessungen ein.

Bei Vorgabe eines oder mehrerer der **Schraubenabstände**  $e$ ,  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $e_3$  und/oder  $e_r$  mit dem Wert 0 ermittelt die Rechenprozedur jeweils den mindestens erforderlichen Wert, der im Nachhinein geändert werden kann. Dadurch wird eine **Abstandsoptimierung** mit nachträglicher konstruktiver Anpassung ermöglicht.



Durch Anklicken des Buttons unter *Profildatei* in der Eingabezeile des Winkelprofils wird der **Profilmanager** aufgerufen. Hiermit können die in der Profildatei abgelegten Standardprofile über ihren Namen ausgewählt und für die Anschlusswinkel übernommen werden.

Die Profile für den Haupt- und Querträger können über eine eigenständige Eingabemaske festgelegt werden. Es können nur I-förmige Profile und für den Querträger zusätzlich U-Profile eingegeben werden (s. nachfolgend dargestellte Eingabemaske).

### 3.2.2

### Material und Verbindungsmittel



Zum Aufruf der Materialdaten s. Abs. 3.1.2, S. 11, und zu Verbindungsmitteln Abs. 3.1.3, S. 13.

### 3.2.3

### Belastung



Lastangaben

Der Eingabebuttton **Belastung** blendet das Eigenschaftsblatt zur Eingabe der Querkraft  $V_d$  (Bemessungsgröße, Designlast) und des **Materialsicherheitsbeiwertes**  $\gamma_M$  ein.

### 3.2.4

### Berechnungsprotokoll



Berechnung durchführen  
Ergebnisse einsehen

Durch Anklicken des **Rechnen**-Symbols werden die Eingaben einer Kontrolle unterzogen und die Berechnung durchgeführt. Die Ergebnisse und ihre Zwischenschritte werden zur Einsichtnahme im DTE®-Viewer sofort eingeblendet.

Die Interaktionselemente des DTE®-Viewers werden im Abs. 6, S. 74, beschrieben.

**DTE - Viewer [Detailnachweise]**

Seite 1 Zoom 1:4

**POS. 40: TRÄGERANSCHLUSS**

**Geometrie, Belastung und Materialkennwerte**  
GELENKIGER TRÄGERANSCHLUSS (Prinzipkizze)

**Querschnittswerte**  
**Hauptträger: IPE500**  
 $h = 500.0 \text{ mm}$   $b = 200.0 \text{ mm}$   
 $t = 16.0 \text{ mm}$   $s = 10.2 \text{ mm}$   $r = 21.0 \text{ mm}$   
**Querträger: IPE400**  
 $h = 400.0 \text{ mm}$   $b = 180.0 \text{ mm}$   
 $t = 13.5 \text{ mm}$   $s = 8.6 \text{ mm}$   $r = 21.0 \text{ mm}$   
 Ausklinkung  $e_A = 40 \text{ mm}$   
**Winkel: L120X10**  
 $e_W = 5 \text{ mm}$   
**Schnittgrößen**  
 $V_d = 200.0 \text{ kN}$

Material-Sicherheitsbeiwert Stahl:  $\gamma_M = 1.10$   
 Schrauben: M24, FK 4.6SL,  $\Delta d = 1.0 \text{ mm}$

**Nachweise**

**Materialdaten**  
**Hauptträger: S235 (St37)**  
 $E = 210000.0 \text{ N/mm}^2$   $G = 81000.0 \text{ N/mm}^2$   $f_{y,k} = 240.0 \text{ N/mm}^2$   $f_{y,kt} = 215.0 \text{ N/mm}^2$   
**Querträger: S235 (St37)**  
 $E = 210000.0 \text{ N/mm}^2$   $G = 81000.0 \text{ N/mm}^2$   $f_{y,k} = 240.0 \text{ N/mm}^2$   $f_{y,kt} = 215.0 \text{ N/mm}^2$   
**Winkel: S235 (St37)**  
 $E = 210000.0 \text{ N/mm}^2$   $G = 81000.0 \text{ N/mm}^2$   $f_{y,k} = 240.0 \text{ N/mm}^2$   $f_{y,kt} = 215.0 \text{ N/mm}^2$

**Ausklinkung**  
 $V_d = 200.0 \text{ kN} < V_{R,d} = 285.7 \text{ kN} \Rightarrow \text{Ausnutzung } V_d/V_{R,d} = 0.700 < 1$

**Anschluß Querträger - WINKEL**  
 Länge des Winkels  $L_W = 300 \text{ mm}$   
 Schraubenanzahl 3 Schrauben einreihig  
 mit  $w_1 = 50 \text{ mm}$   $e_1 = 45 \text{ mm}$   $e = 105 \text{ mm}$   
 Versatzmoment  $M = 1000.0 \text{ kNm}$   
 Lochleibung Querträger maßgebend  
 $\max. S_d = 81.9 \text{ kN} < S_{R,d} = 85.6 \text{ kN} \Rightarrow \text{Ausnutzung } S_d/S_{R,d} = 0.958 < 1$

**Anschluß WINKEL - Hauptträger**  
 Schraubenanzahl 2 x 2 Schraube(n)  
 mit  $e_1 = 45 \text{ mm}$   $e = 210 \text{ mm}$   
 $\beta^* = 0.0143$  - Lochleibung Winkel maßgebend  
 erf. Kontaktfläche  $= 1.03 \text{ cm}^2$   
 $\max. S_d = 51.9 \text{ kN} < S_{R,d} = 88.0 \text{ kN} \Rightarrow \text{Ausnutzung } S_d/S_{R,d} = 0.590 < 1$

Maximale Ausnutzung  $0.958 < 1 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt.}$

### 3.2.5

### Druckdokument



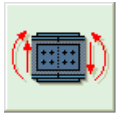
Ergebnisse drucken

Durch Anklicken des **Ausgabe**-Symbols wird der Druckmanager geladen und die Ausgabe des gerade bearbeiteten Nachweistyps auf dem Drucker kann direkt erfolgen, ohne die Eingabeprozedur zu verlassen.

Die Druckausgabe aller in einem Bauteil vom Typ *Detailnachweise* zusammengefassten, berechneten Nachweistypen kann auch in einem Zuge erfolgen, so dass eine Gesamtliste aller zum Projekt gehörenden Nachweistypen in einem Arbeitsgang erzeugt wird (s. Abs. 7, S. 74).

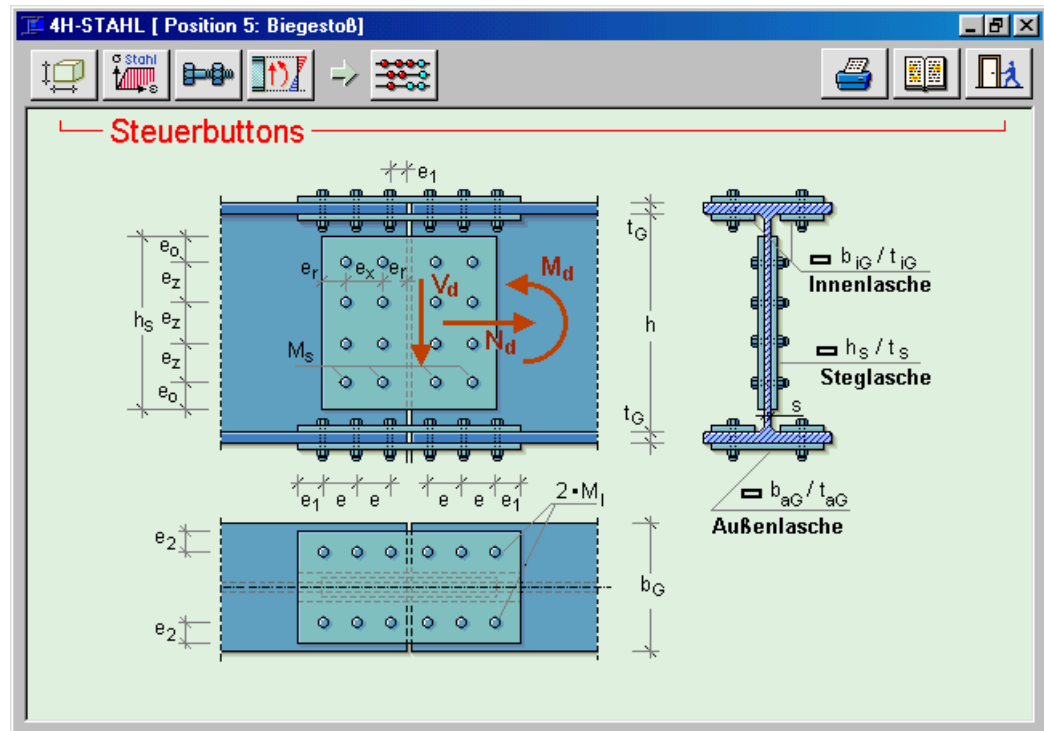
### 3.3

## Biegestoß



Biegestoß

Der Biegestoß verbindet einen Doppel-T-Querschnitt durch zwei Steg-laschen, je eine Flansch-Außenlasche und je zwei Flansch-Innenlaschen. Die Flansch-Laschen-Verbindung erfolgt über zwei Schraubenreihen. Die Steg-Laschen-Verbindung ist mehrreihig. Es ist auch möglich, einen Stoß ohne Flansch-laschen zu berechnen. Eine solche Ausführung kann erforderlich sein, wenn die Flansche aufgrund der Bausituation nicht zugänglich sind.



Die Bemessungsschnittkräfte werden nach den Steifigkeitsverhältnissen von Gurt und Steg aufgeteilt.

**Steganschluss** Durch die Momentenbelastung werden die Schrauben unterschiedlich beansprucht. Aufgrund des Schraubenbildes ergibt sich ein **Versatzmoment**. Die maximale Beanspruchung wird nach dem  $I_p$ -Verfahren ermittelt und der aufnehmbaren Schraubenkraft (Lochleibung oder Abscheren) gegenübergestellt. Dabei wird das Schraubenbild soweit verändert (mehrreihig) bis die Bedingung "aufnehmbare Schraubenkraft > max. Schraubenkraft" erfüllt ist.

**Gurtanschluss** Für den Gurtanschluss ergibt sich eine Zug- bzw. Druckkraft in den Flanschen, die von den Laschen übertragen werden muss. Entsprechend dem Schraubenbild und den Randabständen ergeben sich für die Rand- und Mittelschrauben unterschiedliche aufnehmbare Schraubenkräfte.

Die Summe der minimalen aufnehmbaren Schraubenkräfte muss größer sein als die maximale Zug- bzw. Druckkraft. Dabei wird eine gerade Anzahl von Schrauben vorausgesetzt.

**Grundmaterial** Für das Grundmaterial wird ein Flächenvergleich durchgeführt, wobei ggf. die Nettoquerschnitte berücksichtigt werden.

### 3.3.1

## Geometrie



Geometriedaten festlegen

Der Button **Geometrie** blendet das Eigenschaftsblatt zur Eingabe der Stoßgeometrie ein.

**GEOMETRIE**

ABMESSUNGEN  
PROFIL

$b_g$  300 mm  
 $t_g$  21.0 mm  
 $h$  398 mm  
 $s$  11.5 mm

AUSSENLASCHE

$b_{ag}$  270.0 mm  
 $t_{ag}$  15.0 mm

INNENLASCHE

$b_{ig}$  100.0 mm  
 $t_{ig}$  15.0 mm

STEGLASCHE

$h_s$  325 mm  
 $t_s$  8.0 mm

SCHRAUBENABSTÄNDE

STEG  $e_r$  50  $e_x$  75  $e_o$  50  $e_z$  75 mm  
GURTE  $e$  75  $e_1$  60  $e_2$  50 mm

LASCHENART

☐ STEGLASCHEN ☒ GURT- UND STEGLASCHEN

Bei Vorgabe eines oder mehrerer der **Schraubenabstände**  $e_o$ ,  $e_r$ ,  $e$ ,  $e_1$ ,  $e_2$  und/oder  $e_x$ ,  $e$  in den grau hinterlegten Eingabefeldern mit dem Wert 0, erfolgt ein Vorschlag der Rechenprozedur, der im Nachhinein geändert werden kann und auf Verträglichkeit überprüft wird. Dadurch wird eine **Abstandsoptimierung** mit nachträglicher konstruktiver Anpassung ermöglicht. Auch für die Abmessungen der Laschen macht das Programm einen Vorschlag, wenn man in die entsprechenden Eingabefelder den Wert 0 einträgt. Über den Eingabewert **Laschenart** kann gesteuert werden, ob nur der Steg oder Steg und Flansch über Laschen miteinander verbunden werden sollen.

### 3.3.2

## Material und Verbindungsmittel



Zum Aufruf der s. Abs. 3.1.2, S. 11, und zu Verbindungsmitteln Abs. 3.1.3, S. 13.

### 3.3.3

## Belastung



Lastangaben

Der Eingabebuttton **Belastung** blendet das Eigenschaftsblatt zur Eingabe der **Beanspruchungskombination** aus Normalkraft  $N_d$ , Querkraft  $V_d$  und Moment  $M_d$  (Bemessungsgrößen, Designlasten) und des **Materialsicherheitsbeiwertes**  $\gamma_M$  ein.

**BELASTUNG**

Normalkraft  $N_d$  300.00 kN  
Querkraft  $V_d$  120.00 kN  
Moment  $M_d$  400.00 kNm

$\gamma_M$  1.10

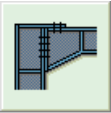
Die positiven Lastwirkungsrichtungen sind in der Prinzipskizze auf S. 18 festgelegt.





### 3.4

## Rahmenecke mit Zuglasche

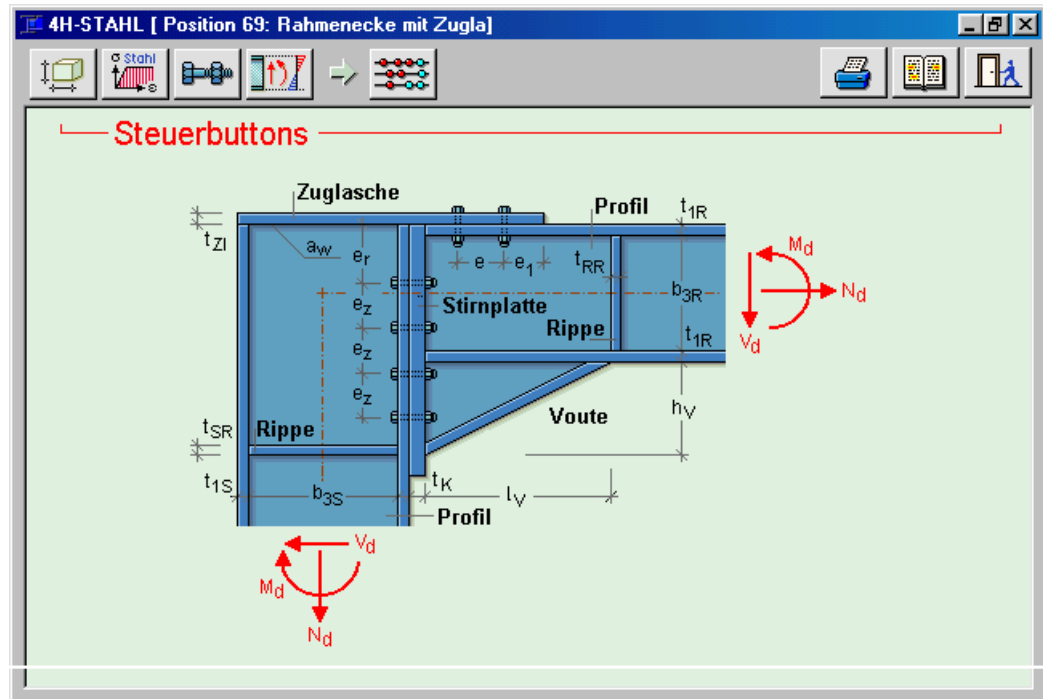


**Rahmenecke mit Zuglasche**

Die Rahmenecke mit Zuglasche verbindet zwei Doppel-T-Profile über eine Zuglasche und einen Stirnplattenstoß miteinander. Die Zuglasche ist am Stiel verschweißt. Der Riegel wird über Schrauben angeschlossen. Die Schrauben sind in Stirnplatte und Zuglasche jeweils zweireihig angeordnet.

Der Riegel kann eine **Voute** aufweisen und bis zu  $7^\circ$  gegenüber dem Stiel geneigt sein.

Die Rahmenecke kann mittels einer **Steife** gegen **Beulen** gesichert werden.



Folgende Teilnachweise sind enthalten:

- Schubfeld der Rahmenecke mit oder ohne Beulsteife
- Zuglasche mit Schraubenverbindung und Schweißnaht
- Stirnplattenstoß.

### Schubfeld

Für das Beulfeld wird eine vierseitig-gelenkig gelagerte Platte angenommen. Die Stiel- bzw. Riegelschnittgrößen werden in Zug- und Druckkräfte umgerechnet, die an den gegenüberliegenden Rändern im Gleichgewicht sind. Falls Ungleichgewichtskräfte auftreten, haben sie ihren Ursprung in einer Knotenbelastung, die dann anteilig aufgeteilt wird. Mit der Randbelastung kann das Schubfeld auf Beulen untersucht werden. Falls die Beulsicherheit nicht ausreicht, wird je nach Vorgabe die Blechstärke vergrößert oder eine diagonale Beulsteife angenommen, deren Abmessungen sich aus dem  $g_{renz-b/t}$ -Verhältnis eines dreiseitig gelagerten Plattenstreifens ergeben.

### Zuglasche

Negative Biegemomente erzeugen Zugkräfte im oberen Riegelflansch. Diese Kräfte werden über eine zweireihige Schraubenverbindung in die Zuglasche und eine einseitige Schweißnaht in das Schubfeld der Stütze eingeleitet. In den Schrauben der Stirnplatte entstehen bei dieser Belastung keine Zugkräfte; es muss lediglich die zugehörige Querkraft über Scherkräfte übertragen werden.

### Stirnplattenstoß

Positive Rieglmomente und die zugehörigen Querkkräfte erzeugen in den Schrauben der Stirnplatte Zug- und Scherkräfte. Hierfür sind der Durchmesser und die Anzahl der Schrauben zu bemessen. Die Dicke der Stirnplatte wird durch die auftretenden Biegespannungen festgelegt.

### Anschluss Flansch-Stirnplatte

Die Bemessung der **Schweißnaht** erfolgt für die vorhandene maximale Druck- oder Zugkraft. Die Ausführung erfolgt in Form einer HV-Naht.

### 3.4.1

### Geometrie



Geometriedaten  
festlegen

Der Eingabebutton **Geometriedaten festlegen** blendet das Eigenschaftsblatt zur Festlegung der Riegel- und Stützenprofile ein.



Durch Anklicken des **Pfeilsymbols** in den Eingabezeilen für die Profilnamen wird der **Profilmanager** aufgerufen. Hier können die in der Profildatei abgelegten Standardprofile über ihren Namen ausgewählt und für den Querschnitt übernommen werden.

Der Riegel kann entsprechend den Berechnungsannahmen eine Neigung bis zu  $7^\circ$  aufweisen. Zudem ist die Anordnung einer Voute möglich.

### 3.4.2

### Material und Verbindungsmittel



Zum Aufruf der Materialdaten s. Abs. 3.1.2, S. 11, und zu Verbindungsmitteln Abs. 3.1.3, S. 13.

### 3.4.3

### Belastung



Lastangaben

Der Eingabebutton **Belastung** blendet das Eigenschaftsblatt zur Eingabe der beiden **Bemesungslastgruppen** *maximales und minimales Rieglmoment* ein, die i.A. für die Bemessung maßgebend werden (Design-Werte).

Die Schnittgrößen gelten für die Schnitte neben dem Knoten. Sie werden intern auf die maßgebenden Schnitte transformiert. In der Prinzipskizze auf S. 21 sind die positiven Lastwirkungsrichtungen definiert.

$\gamma_M$  ist der **Materialsicherheitsbeiwert**.

### 3.4.4

## Berechnungsprotokoll



Berechnung durchführen  
Ergebnisse einsehen

Durch Anklicken des **Rechnen**-Symbols werden die Eingaben einer Kontrolle unterzogen und die Berechnung durchgeführt. Die Ergebnisse und ihre Zwischenschritte werden zur Einsichtnahme im DTE®-Viewer sofort eingeblendet.

Die Interaktionselemente des DTE®-Viewers werden im Abs. 6, S. 74, beschrieben.

**DTE - Viewer [Detailnachweise]**

Seite 1 Zoom 1:4

**POS. 42: RAHMENECKE MIT ZUGL.**

**Geometrie, Belastung und Materialkennwerte**  
Rahmenecke mit Zuglasche (Prinzipskizze)

**Riegelquerschnitt**  
Profil: HE300A  
 $t_{1R} = 14.0 \text{ mm}$   $b_{3R} = 262 \text{ mm}$   
Riegeleinigung = 5.00 Grad

**Stützenquerschnitt**  
Profil: HE300A  
 $t_{1S} = 14.0 \text{ mm}$   $b_{3S} = 262 \text{ mm}$

**Voutenverstärkung (HE300A)**  
 $l_V = 300 \text{ mm}$   $h_V = 220 \text{ mm}$

**Zuglasche** **Stirnplatte**  
 $t_{Z1} = 15.0 \text{ mm}$   $t_K = 21.0 \text{ mm}$

**Rippen**  
 $t_{SR} = 15.0 \text{ mm}$   $t_{RR} = 15.0 \text{ mm}$

**Schnittgrößen**

	min M	max M
Stütze	$N_d$ -79.1 kN	10.3 kN
	$V_d$ 18.5 kN	6.8 kN
	$M_d$ -197.0 kNm	102.2 kNm

**Riegel**

	$N_d$	$V_d$	$M_d$
	-19.4 kN	1.8 kN	
		53.1 kN	19.3 kN
			-197.0 kNm

**Achtung, es müssen Futterbleche am Stützenflansch angebracht werden!**  
(Im unteren Stirnplattenbereich)

Material-Sicherheitsbeiwert Stahl:  $\gamma_M = 1.10$   
Schrauben: M20, FK 10.9SLP

**Nachweise**

**Materialdaten**  
Alle Komponenten: S235 (St37)  
 $E = 210000.0 \text{ N/mm}^2$   $G = 81000.0 \text{ N/mm}^2$   $f_{y,k} = 240.0 \text{ N/mm}^2$   $f_{y,kt} = 215.0 \text{ N/mm}^2$

**Schubfeld**  
Geometrie:  $a = 276 \text{ mm}$   $b = 496 \text{ mm}$   
Achtung, Stegdicke im Schubfeld nicht ausreichend! (erf.  $t = 12.0 \text{ mm}$  > vorh.  $t = 8.5 \text{ mm}$ )  
Schubfeldbelastung  $T = 391.7 \text{ kN} \Rightarrow \tau = 11.83 \text{ kN/cm}^2$   
 $k_\tau = 21.25$   $\sigma_e = 11.1 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \tau_{P1} = k_\tau \cdot \sigma_e = 235.46 \text{ kN/cm}^2$   
 $\lambda_{P1} = 0.24 \Rightarrow \kappa_\tau = 1.00 \Rightarrow \tau_{P,R,d} = 12.60 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Ausnutzung } \tau/\tau_{P,R,d} = 0.939 < 1$

**Spannungsnachweis Zuglasche und Riegelgurt maßgebende Bemessungsgröße  $Z = 375.1 \text{ kN}$**   
 $b_{ZL} = 300 \text{ mm}$   $t_{ZL} = 15.0 \text{ mm}$   $b_{1R} = 300 \text{ mm}$   $t_{1R} = 14.0 \text{ mm}$   
Lasche  $A_b = 45.0 \text{ cm}^2$ ,  $A_n = 38.7 \text{ cm}^2 \Rightarrow A_L = A_b \Rightarrow \sigma = Z/A_L = 8.33 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{R,d} = 21.82 \text{ kN/cm}^2$   
Gurt  $A_b = 42.0 \text{ cm}^2$ ,  $A_n = 36.1 \text{ cm}^2 \Rightarrow A_G = A_b \Rightarrow \sigma = Z/A_G = 8.93 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{R,d} = 21.82 \text{ kN/cm}^2$

**Schraubenverbindung: 4 Schrauben, Anordnung zweireihig**  
mit min  $t = 14.0 \text{ mm}$  und  $e = 74 \text{ mm}$   $e_1 = 63 \text{ mm}$   $e_2 = 90 \text{ mm}$   $e_3 = 120 \text{ mm}$   
 $V_{a,R,d} = 173.2 \text{ kN}$ ,  $V_{1,R,d} \text{ Profil} = 192.4 \text{ kN}$ ,  $V_{1,R,d} \text{ Lasche} = 206.2 \text{ kN} \Rightarrow S_{R,d} = 173.2 \text{ kN}$   
 $Z = 375.1 \text{ kN} \leq \Sigma S_{R,d} = 692.7 \text{ kN} \Rightarrow \text{Ausnutzung } Z/\Sigma S_{R,d} = 0.541 < 1$

**Stirnplattenstoß**  
maßgebende Bemessungsgrößen  $M = 10499.8 \text{ kNcm}$   $V = 53.1 \text{ kN}$   
Schraubenbild: 4 Schrauben, Anordnung zweireihig  
Randabstand oben/unten  $e_r = 56 \text{ mm}$  untereinander  $e_z = 398 \text{ mm}$   
Maßgebende Schraubenzugkraft  $Z_d = 118.2 \leq Z_{R,d} = 178.2 \text{ kN} \Rightarrow \text{Ausnutzung } Z_d/Z_{R,d} = 0.664 < 1$   
Maßgebende Querkraft  $V_{a,d} = 13.3 \leq V_{a,R,d} = 173.2 \text{ kN} \Rightarrow \text{Ausnutzung } V_{a,d}/V_{a,R,d} = 0.077 < 1$   
Interaktion Zug/Querkraft:  
 $\Rightarrow \text{Ausnutzung Schrauben} = 0.664 < 1$

### 3.4.5

## Druckdokument



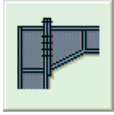
Ergebnisse drucken

Durch Anklicken des **Ausgabe**-Symbols wird der Druckmanager geladen und die Ausgabe des gerade bearbeiteten Nachweistyps auf dem Drucker kann direkt erfolgen, ohne die Eingabeprozedur zu verlassen.

Die Druckausgabe aller in einem Bauteil vom Typ *Detailnachweise* zusammengefassten, berechneten Nachweistypen kann auch in einem Zuge erfolgen, so dass eine Gesamtliste aller zum Projekt gehörenden Nachweistypen in einem Arbeitsgang erzeugt wird (s. Abs. 7, S. 74).

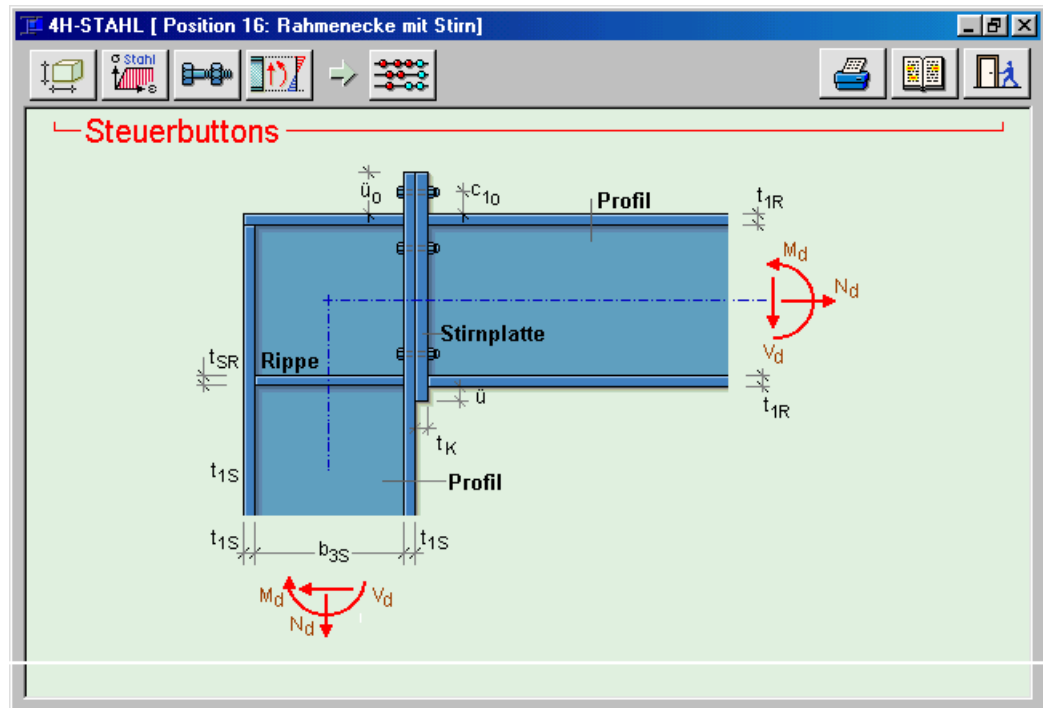
### 3.5

## Rahmenecke mit Stirnplatte



Rahmenecke mit Stirnplatte

Die Rahmenecke mit Stirnplatte verbindet zwei Doppel-T-Profile über einen **Stirnplattenstoß** miteinander. Der Riegel kann eine **Voute** aufweisen und bis zu  $7^\circ$  gegenüber dem Stiel geneigt sein. Der Stirnplattenanschluss ist typisiert nach DAST-Ringbuch oder durch Vorgabe eines allgemeinen Schraubenbildes ausführbar. Die Rahmenecke kann gegen **Beulen** mittels einer **Steife** gesichert werden.



Der Rahmeneckennachweis erfolgt nach DAST-Ringbuch unter Einbeziehung von **DIN 18800** und enthält folgende Teilnachweise:

- Schubfeld der Rahmenecke mit oder ohne Beulsteife,
- Rippen mit Schweißnähten und
- Stirnplattenstoß.

### Schubfeld

Für das Beulfeld wird eine vierseitig-gelenkig gelagerte Platte angenommen. Die Stiel- bzw. Riegelschnittgrößen werden in Zug- und Druckkräfte umgerechnet, die an den gegenüberliegenden Rändern im Gleichgewicht sind. Falls Ungleichgewichtskräfte auftreten, haben sie ihren Ursprung in einer Knotenbelastung, die dann anteilig aufgeteilt wird.

Mit der Randbelastung kann das Schubfeld auf Beulen untersucht oder die Beulsteife nachgewiesen werden. Falls die Beulsicherheit nicht ausreicht, wird je nach Vorgabe ein Verstärkungsblech angeschlossen oder eine Beulsteife diagonal angenommen, deren Abmessungen sich aus dem  $g/b/t$ -Verhältnis eines dreiseitig gelagerten Plattenstreifens ergeben.

### Stirnplattenstoß

Das maßgebende Rieglmoment und die zugehörige Querkraft erzeugen eine maßgebende äußere Schraubenzug- und Abscherkraft, die aufgenommen werden muss. Dabei wird die Stirnplatte auf Biegung beansprucht, so dass sich die erforderliche Dicke aus der Biegespannung ergibt, wobei eine Lastausbreitung von  $45^\circ$  angenommen wird.

### Voraussetzungen

Stirnplattenverbindungen mit Hochfesten Vorgespannten Schrauben sind geeignet für biegesteife Stöße und Anschlüsse von Trägern und Stützen mit I-Querschnitten.

### Ausführung

Bei der Ausführung der Stirnplattenverbindungen ist DIN 18800 zu beachten. Die hochfesten Schrauben sind entsprechend vorzuspannen. Für den Zustand der Berührungsflächen der zu verbindenden Bauteile ist **DIN 1000**, Ausg. Dez. 1973, 4.3.2.1, zu beachten. Eine Vorbereitung wie bei gleitfesten Verbindungen ist nicht erforderlich.

Für die Schrauben sind feste Rand- und Lochabstände vorgesehen. Sämtliche für die Ausführung erforderlichen Angaben sind im Ausdruck enthalten.

### Verformungsverhalten

Verbindungen mit überstehenden Stirnplatten verhalten sich bei Bemessung für das volle Trägermoment nur geringfügig weicher (Verdrehung infolge Biegemoment  $M$ ) als direkt

miteinander verschweißte Träger. Ein Einfluss der Verformungen in der Verbindung auf die Schnittgrößen, z.B. in statisch unbestimmten Tragwerken, braucht deshalb nicht berücksichtigt zu werden.

Verbindungen mit bündigen Stirnplatten sind insbesondere bei mittleren und größeren Trägerhöhen nachgiebiger als solche mit überstehenden Stirnplatten. Die hieraus resultierenden Schnittgrößenumlagerungen im Tragwerk sind in Sonderfällen, z. B. bei der Ermittlung der Gesamtstabilität von seitlich verschieblichen Rahmentragwerken, zu berücksichtigen. Da Zahlenangaben über die dazu erforderlichen Federwerte nur begrenzt vorliegen (s. Berichte des Deutschen Ausschusses für Stahlbau, Heft 24, Seite 47) und die Steifigkeit der Verbindung mit zunehmendem Biegemoment abnimmt, sind bündige Stirnplatten für derartige Konstruktionen möglichst zu vermeiden.

Stirnplattenverbindungen in Tragwerken, die nach dem Verfahren plast.-plast. berechnet wurden, können nur im Bereich von  $M < M_{el}$  nachgewiesen werden.

## Tragfähigkeiten

Bei Trägeranschlüssen an Stützen sind für die Dicke des Stützenflansches **Mindestdicken** vorgeschrieben (s. S. 28). Die im Folgenden dargestellten Berechnungsmodelle für überstehende und bündige Stirnplatten beruhen auf mechanischen Grundprinzipien. Um die in den Versuchen festgestellten Traglasten möglichst genau zu treffen, wurden Korrekturen vorgenommen, z.B. Hebelarmveränderungen (rechnerische Hebelarme, s. Bilder S. 26). Diese Berechnungsverfahren dienen als Interpolationsverfahren zur Bemessung der Verbindungstypen für die nicht in den Traglastversuchen erfassten Walzprofile. Sie können auch zur Bemessung von Stirnplattenverbindungen benutzt werden, die nicht in den Tragfähigkeitstabellen erfasst sind, vorausgesetzt, der zu verbindende Träger erfüllt zusätzlich zu den o. g. Voraussetzungen folgende Bedingung:

$$\frac{I_{\text{Steg}}}{I_{\text{gesamt}}} \leq 0.15, \quad I_{\text{Steg}} \quad \text{Trägheitsmoment Trägersteg,} \quad I_{\text{gesamt}} \quad \text{T. des Trägers}$$

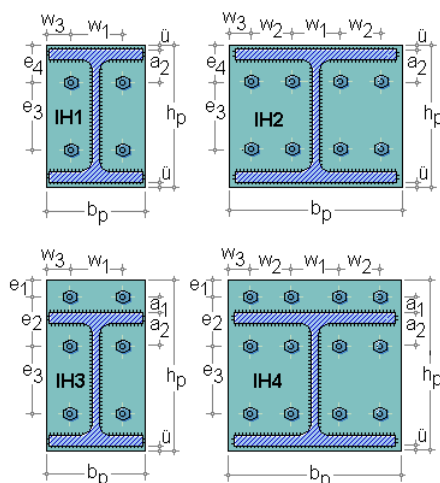
Unter diesen Voraussetzungen erfolgt die Übertragung eines Biegemomentes wie bei Walzträgern vornehmlich durch die Flansche.



Beachte Angaben zur Schweißnahtausführung zur Aufnahme des vollen Trägermomentes  $M_{el}$ !

## Vermaßung der Stirnplatte

Die Abmessungen der Stirnplatte richten sich nach der Trägerhöhe, der Trägerflanschbreite, den Schraubenabständen und Stirnplattenüberständen. Die Stirnplatte ist einmal vermaßt für die Lage des Trägers (a-Werte) und zum anderen für die Bohrungen der Schraubenlöcher (e- und w-Werte). Ein Überstand der Stirnplatte ist zweckmäßig, um Wälztoleranzen des Trägers aufzufangen und die äußeren Kehlnähte an den Trägerflanschen einwandfrei schweißen zu können.



In der nebenstehenden Tabelle sind Richtwerte für die Rand- und Lochabstände sowie Mindestwerte für die **Vermaßung** der **Stirnplatte** in mm angegeben.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ø D	Träger-anschluss		Schraubenbild					Stirnplattenbreite $b_p$ Anzahl der vertikalen Schraubenreihen	
	$\bar{u}$	$a_1$	$e_1$	$e_2$	$w_1$	$w_2$	$w_3$	2	4
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
M16		30	25		70	40	25	120	200
M20		40	30		90	45	30	150	240
M24		50	35		110	55	35	180	290
M27		60	40		130	65	40	210	340
M30		60	45		130	70	45	220	360

$2a_1 + t_T - 1 + \Delta$   
 $0 \leq \Delta \leq 4$  für Trägerstegdicken  $> 10$  mm sind diese Werte um 10 mm zu vergrößern

10 für  $h_T \leq 200$  mm  
 20 für 200  $h_T \leq 400$  mm  
 30 für  $h_T \geq 400$  mm  
 für HEB  $\bar{u} = 10$  für  $h \leq 200$  mm  
 $\bar{u} = 20$  für 200  $< h \leq 400$  mm

Für die Berechnung der Tragfähigkeit des Trägeranschlusses ist ein Traglastnachweis erforderlich. Hierfür wird angenommen, dass die Zugkraft  $Z_t = \frac{M_A}{h_s}$  aus dem Biegemoment  $M_A$  durch die am Zugflansch liegenden Schrauben und die Druckkraft  $D = -Z_t$  durch Kontakt am Druckflansch aufgenommen werden.

Die Querkraft  $V_d$  wird rechnerisch ausschließlich den Schrauben im Druckflanschbereich unter Beanspruchung auf Abscheren und Lochleibung zugewiesen.

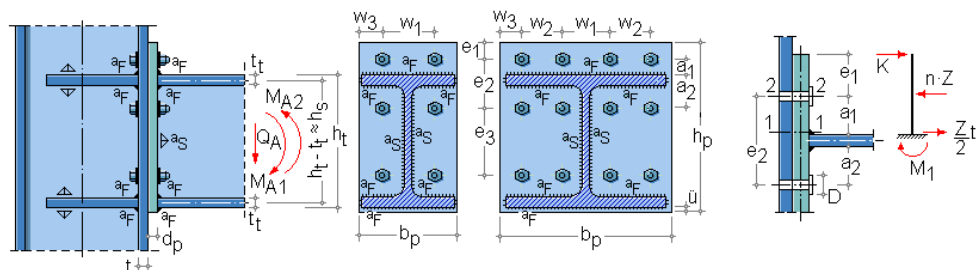
Für Verbindungen mit überstehender Stirnplatte ergeben sich je nach Vorzeichen des Trägermomentes unterschiedliche Tragfähigkeiten. Die Werte  $zul M_{y,A1}$  und  $zul M_{y,A2}$  werden angegeben.

Für bündige Kopfplatten ist  $zul M_{y,A1} = zul M_{y,A2} = zul M$ . Desgleichen wird die zulässige Querkraft  $zul V_{z,A}$  ermittelt.

Die Maßangaben für Stirnplattenabmessungen und Lochbild beziehen sich jeweils auf das angegebene Trägerprofil. Bei Anschlüssen von Trägern an Stützen sind das Wurzelmaß  $w$  und das entsprechende Maß  $c$  auf das Maß  $2 \cdot r + s$  des Stützenprofils abzustimmen; die Konstruktionsbedingung lautet:  $c = 2 \cdot r + s$ .

Die Werte  $c = w_1 - \text{Scheibendurchmesser}$  sind in den Arbeitsblättern mit den Maßbildern enthalten. Der Wert  $2 \cdot r + s$  wird jeweils ausgedrückt.

### Berechnungsmodell für überstehende Stirnplatten



Vorwerte:

$$c_1 = a_1 - a_F \cdot \frac{\sqrt{2}}{3} - \frac{D + d_P}{4} \quad \text{und} \quad c_3 = e_1$$

$$M_{1,pl,d} = 1.1 \cdot \sigma_{R,d} \cdot b_P \cdot \frac{d_P^2}{4} \quad \text{und} \quad M_{2,pl,d} = 1.1 \cdot \sigma_{R,d} \cdot (b_P - n \cdot d_L) \cdot \frac{d_P^2}{4}$$

Im Versagenszustand 1 versagen die Schrauben und die Stirnplatte ist im Schnitt 1-1 durchplastifiziert.

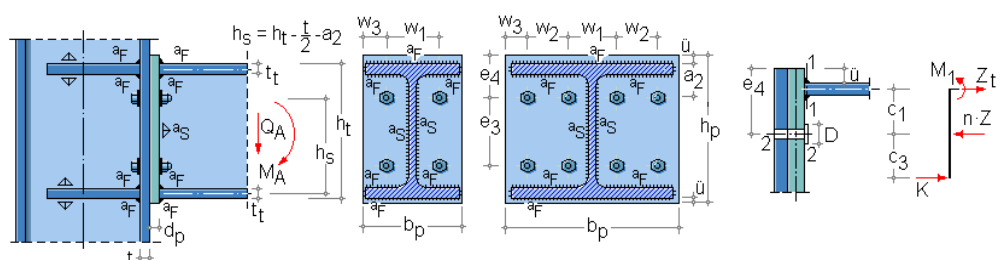
$$Z_{t1} = \frac{2}{c_3 + c_1} \cdot (M_{1,pl,d} + n \cdot N_{R,d} \cdot c_3)$$

Im Versagenszustand 2 ist die Stirnplatte in den Schnitten 1-1 und 2-2 durchplastifiziert.

$$Z_{t2} = \frac{2}{c_1} \cdot (M_{1,pl,d} + M_{2,pl,d})$$

Das Grenzanschlussmoment beträgt  $M_{y,A} = Z_t \cdot (h - t) \leq M_{el,y,d}$ .

### Berechnungsmodell für bündige Stirnplatten





Vorwerte:

$$c_1 = e_4 - \bar{u} - t - \left( \frac{D}{4} + \frac{d_P}{2} \right) \quad \text{und} \quad c_3 = \frac{D}{2} + d_P$$

$$M_{1,pl,d} = 1.1 \cdot \sigma_{R,d} \cdot b \cdot \frac{t^2}{4}, \quad Z_{pl,d} = b \cdot t \cdot \sigma_{R,d} \quad \text{und} \quad M_{2,pl,d} = 1.1 \cdot \sigma_{R,d} \cdot \frac{(b_P - n \cdot d_L) \cdot d_P^2}{4}$$

Im Versagenszustand 1 versagen die Schrauben und der Zugflansch ist im Schnitt 1-1 durchplastifiziert ( $Z_{t1} \geq Z_{pl,d}$ ).

$$Z_{t1} = \frac{c_3}{c_3 + c_1} \cdot n \cdot N_{R,d}$$

Im Versagenszustand 2 sind der Zugflansch im Schnitt 1-1 und die Stirnplatte im Schnitt 2-2 durchplastifiziert.

$$Z_{t2} = \frac{M_{2,pl,d}}{c_1} \leq n \cdot N_{R,d} - \frac{M_{2,pl,d}}{c_3}$$

Im Versagenszustand 3 versagen die Schrauben und der Zugflansch ist im Schnitt 1-1 durchplastifiziert ( $Z_{t3} < Z_{pl,d}$ ).

$$Z_{t3} = \frac{Z_{pl,d}^2}{2 \cdot M_{1,pl,d}} \cdot \left[ -(c_1 + c_3) + \sqrt{(c_1 + c_3)^2 + \frac{4 \cdot M_{1,pl,d}}{Z_{pl,d}^2} \cdot (M_{1,pl,d} + n \cdot N_{R,d} \cdot c_3)} \right]$$

Im Versagenszustand 4 sind der Zugflansch im Schnitt 1-1 und die Stirnplatte im Schnitt 2-2 durchplastifiziert.

$$Z_{t4} = \frac{Z_{pl,d}^2}{2 \cdot M_{1,pl,d}} \cdot \left[ -c_1 + \sqrt{c_1^2 + \frac{4 \cdot M_{1,pl,d}}{Z_{pl,d}^2} \cdot (M_{1,pl,d} + M_{2,pl,d})} \right]$$

Das Grenzanschlussmoment beträgt  $M_{y,A} = Z_t \cdot (h - t) \leq M_{el,y,d}$ .

**Stirnplattendicke** und Schraubendurchmesser beeinflussen sich in ihrem Tragverhalten gegenseitig. Dickere Stirnplatten haben geringere, dünnere Stirnplatten größere Schraubenkräfte zur Folge. Die Abmessungen von Stirnplatte und Schrauben sind so aufeinander abgestimmt, dass keines der beiden Teile frühzeitig versagt. Für die gewählten Abmessungen ist im Gebrauchszustand im Allgemeinen eine Restklemmkraft in der Fuge vorhanden.



Bei einer "nicht typisierten" Verbindung ist diesem Sachverhalt besonders Rechnung zu tragen, insbesondere wenn der Anschluss stark ausgenutzt ist.

Um diese Forderungen auch bei HV-Stirnplatten-Verbindungen zu erfüllen, die nicht in dem Profilbuch geregelt sind, kann hilfsweise die nebenstehende einfache Konstruktionsregel angewendet werden.

Form der Stirnplatte	Anzahl n der vertikalen Schraubenreihen	Stirnplattendicke $d_P$
überstehend	2	1.00 d
	4	1.25 d
bündig	2	1.50 d
	4	1.70 d

d = Nenndurchmesser der Schraube

### Schweißnähte

Die Schweißnähte zur Verbindung von Trägerflanschen und Stirnplatte sind i. A. als Kehlnähte auszuführen. Bei Anschluss des vollen Trägermomentes sind die Nahtlängen  $a_F = t_T / 2$  und  $a_S = s / 2$  im anzuschließenden Stegzugbereich auf  $b_t / 2$  (halbe Trägerflanschbreite) vorzusehen. Die Stegkehlnähte  $a_S$  werden im übrigen Bereich n. **DIN 18800**, El. 825, bemessen. Bei der Berechnung der Schweißnähte wird von dem aufnehmbaren Moment ausgegangen, damit diese möglichst keine Schwachstelle darstellen.

**Stützenflanschdicke bei Stirnplattenanschlüssen in Rahmenkonstruktionen** In Rahmenkonstruktionen dürfen Stirnplattenverbindungen mit Hochfesten Vorgespannten Schrauben zur Verbindung Riegel-Stütze verwendet werden. Der dem Anschluss zugewandte Stützenflansch erhält dann zusätzlich zu den Beanspruchungen aus Druckkraft und Biegemoment in der Stütze Beanspruchungen aus der Stirnplatte. Traglastversuche haben gezeigt, dass einerseits der Stützenflansch dünner ausgeführt werden kann als die Stirnplatte und andererseits die Längsspannungen aus Druckkraft und Biegemoment in der Stütze keinen wesentlichen Einfluss auf die Versagenslast im Stützenflansch ausüben. Bei abnehmenden Stützenflanschdicken sind jedoch zunehmende Verformungen im Anschluss zu erwarten.

**Mindestdicke  $t$  der Stützenflansche** Die nachstehende Konstruktionsregel für die Mindestdicke  $t$  der Stützenflansche wurden durch Auswertung von Traglastversuchen ermittelt.

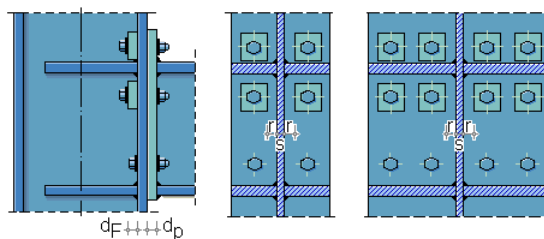
Anschlussart	Form der Stirnplatte	Anzahl $n$ der vertikalen Schraubenreihen	Mindestdicke $t$ des Stützenflansches
	überstehend	2	$0.80 d$
		4	$1.00 d$
	bündig	2	$1.00 d$
		4	$1.25 d$
	überstehend	2	$1.10 d$
		4	$1.40 d$
	bündig	2	$1.00 d$
		4	$1.30 d$

$d$  = Nenndurchmesser der Schraube

Die Schraubenkräfte  $Z$  beanspruchen den Stützenflansch auf Biegung. Beim ausgesteiften Anschluss kann eine Einspannung am Stützensteg und an der Aussteifungsrippe angenommen werden.

Da die Mindestdicken im Wesentlichen für die **Trägergrenzmomente** gedacht sind, hier aber von den tatsächlichen Schnittgrößen ausgegangen wird, sind die Mindestdicken nur bei sehr unterschiedlichen Plattendicken einzuhalten. Ist dann die Mindestdicke  $t$  für den Stützenflansch nach obiger Tabelle nicht eingehalten, sind folgende bauliche Maßnahmen zu ergreifen.

### Verstärkung der Stützenflansche bei ausgesteiftem Anschluss



Da es sich immer um einen ausgesteiften Anschluss handelt, sind im Zugbereich zusätzliche **Futter** unter den Schrauben anzuordnen. Die Futter sind unter Berücksichtigung der Maße  $a_1$  und  $a_F$  so groß wie möglich auszuführen. Bei bündigen Kopfplatten sind nur die unteren Futter anzuordnen.

Stützenflanschdicken  $t < 0.5 \cdot d_p$  ( $d_p$  s. Tab. S. 27) sind in jedem Fall zu vermeiden. Der Stützensteg im Bereich des Trägeranschlusses ist für  $Z_t$  auf Schub nachzuweisen (s. Schubfeld).

**Gebrauchsfähigkeitsnachweis** Bei biegesteifen Stirnplattenanschlüssen ist sicherzustellen, dass die auftretenden Verformungen in elastischen Größenordnungen bleiben. Der Nachweis im Gebrauchszustand stellt den Verbleib einer Restklemmkraft zwischen Stirnplatte und angrenzendem Bauteil im Bereich der zugbeanspruchten Schrauben sicher.



Der Nachweis wird für die Anschlusstypen nach folgenden Formeln geführt:

$$\begin{aligned} \text{Typ IH1: } M_{y1,k} &\leq \left(h - a_2 - \frac{t}{2}\right) \cdot 2 \cdot 0.8 \cdot F_V; & M_{y2,k} \text{ analog} \\ \text{Typ IH2: } M_{y1,k} &\leq \left(h - a_2 - \frac{t}{2}\right) \cdot 3.6 \cdot 0.8 \cdot F_V; & M_{y2,k} \text{ analog} \\ \text{Typ IH3: } M_{y1,k} &\leq (h - t) \cdot 4 \cdot 0.8 \cdot F_V; & M_{y2,k} \text{ analog zu IH1} \\ \text{Typ IH4: } M_{y1,k} &\leq (h - t) \cdot 7.2 \cdot 0.8 \cdot F_V; & M_{y2,k} \text{ analog zu IH2} \end{aligned}$$

### Bezeichnung analog DAST-Ringbuch IH 1A 26 24

IH	Kennzeichen für Bauteilgruppe
1	Kennzeichen für Stirnplattenform
	1 = bündig, 2 vertikale Schraubenreihen
	2 = bündig, 4 vertikale Schraubenreihen
	3 = überstehend, 2 vertikale Schraubenreihen
	4 = überstehend, 4 vertikale Schraubenreihen
A	Kennzeichen für Profilreihe, hier (HE)A
26	Profilnennhöhe in cm
24	Schraubendurchmesser d (mm) in der Stirnplatte

### Rippen

Die Rippen werden sowohl spannungsmäßig nachgewiesen, als auch bei Druck die b/t- Verhältnisse. Alle Schweißnähte werden als Doppelkehlnähte ausgebildet, wobei als Rippenbreite von 95% der Flanschbreite ausgegangen wird.

## 3.5.2

### Geometrie

Der Eingabebutton **Geometrie** blendet das zugehörige Eigenschaftsblatt ein.



Als Querschnitte für Riegel und Stütze sind ausschließlich I- und H-Profile zugelassen. Es können sowohl Standardprofile aus der Profildatei als auch explizite, über die Geometrie beschriebene I-Querschnitte benutzt werden.



Durch Anklicken der **Symbole** in den Eingabezeilen für die Profilnamen wird der Profilmanager aufgerufen. Hier können die in der Profildatei abgelegten Standardprofile über ihren Namen ausgewählt und für den Querschnitt übernommen werden.

**Faktor für elastisches Grenzmoment** Gemäß **DIN 18800-1/A1**, Feb. 1996, dürfen die Grenzspannungen unter bestimmten Bedingungen um 10 % erhöht werden:

$$M_{el} = 1.1 \cdot W_{el} \cdot f_{y,d} \quad f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M}$$

mit dem Widerstandsmoment  $W_{el}$  und der Streckgrenze  $f_{y,k}$ . Der Faktor  $\alpha_{el}$  ist in die Gleichung aufgenommen, um durch einen Wert  $< 1$  diese Erhöhung von außen zurücknehmen zu können.

$$M_{el} = 1.1 \cdot \alpha_{el} \cdot W_{el} \cdot f_{y,d}$$

Der Riegel kann entsprechend den Berechnungsannahmen eine Neigung bis zu  $7^\circ$  aufweisen. Zudem ist die Anordnung einer **Voute** möglich.

Das Eckfeld kann durch eine Beulsteife gesichert werden.

Bei Vorgabe der Dicken = 0 für Riegel- und Stützenrippe werden die erforderlichen Abmessungen vom Programm berechnet, andernfalls die vorgegebenen Abmessungen nachgewiesen.

**Art des Anschlusses** Über die Auswahlliste **Art des Anschlusses** kann festgelegt werden, ob die Stirnplatte als **Typisierter Anschluss** oder mit einem **Allgemeinen Schraubenbild** ausgeführt werden soll. Typisierte Anschlüsse gibt es nur für I-förmige Walzprofile. Es sind also keine gevouteten Träger oder Schweißprofile zulässig.



In die Eingabemasken für den **Typisierten Anschluss** und das **Allgemeine Schraubenbild** gelangt man über den nebenstehenden Action-Button. Das folgende Bild zeigt die Eingabemaske für das **Allgemeine Schraubenbild**.

Bei Eingabe einer **Stirnplattendicke**  $t_K = 0$  wird die erforderliche Dicke vom Programm gemäß den vorhandenen Schnittgrößen berechnet. Wenn eine Stirnplattendicke  $t_K > 0$  eingegeben wird, erfolgt der Nachweis, ob die vorhandenen Schnittgrößen von der Platte aufgenommen werden können.

Durch Betätigen des Eingabefeldes **Überstand Stirnplatte** kann die Ausführungsart der Stirnplatte festgelegt werden. Der Anwender kann hier zwischen einem unteren, einem oberen und einem unteren und oberen Überstand wählen. Weiterhin kann die Stirnplatte auch ohne Überstand ausgeführt werden. Der Begriff Überstand (in der Eingabemaske mit  $\bar{u}_o$  und  $\bar{u}_u$  bezeichnet) steht hier für einen Plattenüberstand, der so groß ist, dass eine Schraube darin untergebracht werden kann.

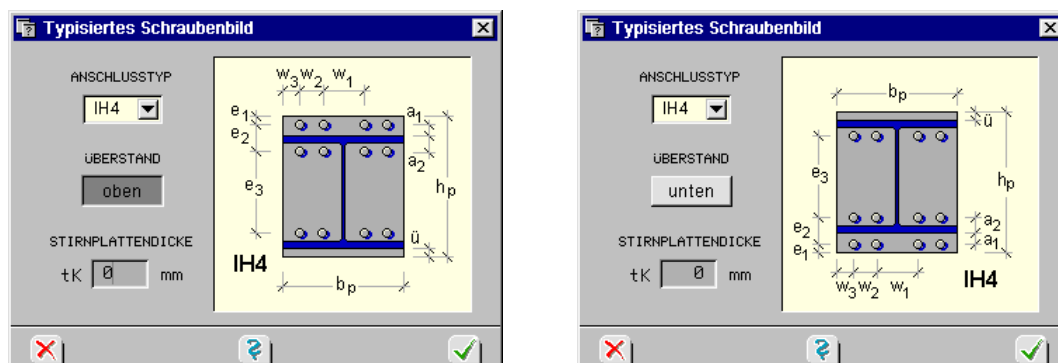
Der hier zusätzlich eingeführte Begriff Mindestüberstand ( $\bar{u}$ ) ist der Stirnplattenüberstand, der mindestens vorhanden sein muss, damit die Stirnplatte mit Hilfe einer Kehlnaht an den Flansch des Trägers angeschweißt werden kann.

Im Anschluss an die Stirnplattenberechnung wird überprüft, ob der Stützenflansch eine ausreichende Dicke aufweist. Ist dies nicht der Fall, muss er durch Futterbleche versteift werden. Gemäß DAST-Ringbuch muss der Stützenflansch eine Mindestdicke von  $0.5 \cdot t_K$  haben.



Der Benutzer muss sich immer über die Zulässigkeit des Anschlusses und die getroffenen Annahmen im Klaren sein!

Die Auswahl **Typisierter Anschluss** blendet das zugehörige Eigenschaftsblatt in das bestehende Bild ein. Hier kann der Anwender die gem. DAST-Ringbuch [1] verfügbaren Anschlusstypen IH1, IH2, IH3, IH4 einstellen. Mit Hilfe der Schaltfläche **Überstand** kann eingestellt werden, ob der Stirnplattenüberstand unten oder oben angeordnet ist. Für die Anschlusstypen IH1 und IH2 ist diese Schaltfläche nicht vorhanden, da diese Anschlüsse ohne Überstand ausgeführt werden.



Wenn der Anwender für  $t_K$  den Wert 0 eingibt, wird die Stirnplattendicke nach dem DAST-Ringbuch [1] gesetzt und dabei überprüft, ob dieser Anschlusstyp IHx vorgesehen ist. Ansonsten werden die Parameter entsprechend den Empfehlungen gesetzt und der Anschluss als "nicht typisiert" festgelegt!



Der Benutzer muss sich dann über die Zulässigkeit des Anschlusses und die getroffenen Annahmen im Klaren sein!

Somit hat der Benutzer die Möglichkeit, den Anschluss abweichend vom Ringbuch nach seinen Bedürfnissen zu modellieren. Zusätzlich wird überprüft, ob der Stützenflansch ausreichend dick ist oder ob Futterbleche zur Versteifung angeordnet werden müssen.

### 3.5.3 Material und Verbindungsmittel



Zum Aufruf der Materialdaten s. Abs. 3.1.2, S. 11, und zu Verbindungsmitteln Abs. 3.1.3, S. 13.

### 3.5.4 Belastung



Der Eingabebuttone **Belastung** blendet das Eigenschaftsblatt zur Eingabe der beiden **Bemessungslastgruppen** *maximales und minimales Rieglmoment* ein, die i. A. für die Bemessung maßgebend werden (Design-Werte).

$\gamma_M$  ist der **Materialsicherheitsbeiwert**.

Die Schnittgrößen gelten jeweils am Schnitt neben dem Knoten und werden intern auf die maßgebenden Schnitte transformiert. D. h., für die Bemessung der Stirnplatte mit den zugehörigen Schrauben werden die Schnittgrößen im Stützenanschnitt verwendet. Dieser liegt um  $h_p/2$  (halbe Höhe des Stützenprofils) neben dem Knoten. Querkraft  $V_d$  und Normalkraft  $N_d$  werden auf dieser Strecke als konstant angenommen. Das Biegemoment  $M_d$  ändert dann seinen Wert um  $\Delta M = V_d \cdot h_p/2$ . I. d. R. wird sich hier der Betrag des Momentes verringern.

Lastfall min. M Riegel		Lastfall max. M Riegel	
STÜTZE		STÜTZE	
$N_d$	-79.10 kN	$N_d$	10.30 kN
$V_d$	18.50 kN	$V_d$	6.80 kN
$M_d$	-155.00 kNm	$M_d$	55.20 kNm
RIEGEL		RIEGEL	
$N_d$	-19.40 kN	$N_d$	1.80 kN
$V_d$	53.10 kN	$V_d$	19.30 kN
$M_d$	-155.00 kNm	$M_d$	55.20 kNm
$\gamma_M$		1.10	

Positive Lastwirkungsrichtungen s. Prinzipskizze S. 24.



### 3.5.5

Das minimale Moment muss  $< 0$  und das maximale Moment  $> 0$  sein!

### Berechnungsprotokoll



Berechnung durchführen  
Ergebnisse einsehen

Durch Anklicken des **Rechnen**-Symbols werden die Eingaben einer Kontrolle unterzogen und die Berechnung durchgeführt. Die Ergebnisse und ihre Zwischenschritte werden zur Einsichtnahme im DTE®-Viewer sofort eingeblendet.

Die Interaktionselemente des DTE®-Viewers werden im Abs. 6, S. 74, beschrieben.

**DTE - Viewer [Detailnachweise]**

Seite 1 Zoom 1:4

**POS. 44: RAHMENECKE MIT STIRN**

**Geometrie, Belastung und Materialkennwerte**  
Rahmenecke mit Stirnplatte (Prinzipsskizze)

**Riegelquerschnitt** Profil: HE300A  
 $t_{1R} = 14.0 \text{ mm}$   $b_{3R} = 262 \text{ mm}$   
 Riegelneigung =  $5.00^\circ$   
**Stützenquerschnitt** Profil: HE300A  
**Stirnplatte mit oberem Überstand**  
 $t_K = 15 \text{ mm}$   
 $c_{1o} = 40 \text{ mm}$   $u_o = 70 \text{ mm}$   
 $c_{1u} = 40 \text{ mm}$   
**Stützenrippen**  
 $t_{SR} = 15.0 \text{ mm}$

Schnittgrößen	min M	max M
Stütze		
$N_d$	-79.1 kN	10.3 kN
$V_d$	18.5 kN	6.8 kN
$M_d$	-155.0 kNm	55.2 kNm
Riegel		
$N_d$	-19.4 kN	1.8 kN
$V_d$	53.1 kN	19.3 kN
$M_d$	-155.0 kNm	55.2 kNm

Kein Gebrauchsfähigkeitsnachweis  
 (Schrauben nicht vorgespannt)  
 Faktor für aufn. el. Grenzmoment 1.00

Material-Sicherheitsbeiwert Stahl:  $\gamma_M = 1.10$   
 Schrauben: M20, FK 10.9SL,  $\Delta d 1.0 \text{ mm}$

**Nachweise**

**Materialdaten**  
 Stahl: S235 (St37)  
 $E = 210000.0 \text{ N/mm}^2$   $G = 81000.0 \text{ N/mm}^2$   $f_{y,k} = 240.0 \text{ N/mm}^2$   $f_{y,kt} = 215.0 \text{ N/mm}^2$

**Schubfeld**  
 Geometrie:  $a = 276 \text{ mm}$   $b = 276 \text{ mm}$   
 Achtung, Stegdicke im Schubfeld nicht ausreichend! (erf.  $t = 19.2 > \text{vorh. } t = 8.5 \text{ mm}$ )  
 Schubfeldbelastung  $T = 544.3 \text{ kN} \Rightarrow \tau = 12.33 \text{ kN/cm}^2$   
 $k_\tau = 9.34$   $\sigma_e = 63.6 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \tau_{p1} = k_\tau \cdot \sigma_e = 594.31 \text{ kN/cm}^2$   
 $\lambda_{p\tau} = 0.15 \Rightarrow k_\tau = 1.00 \Rightarrow \tau_{p,R,d} = 12.60 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Ausnutzung } \tau/\tau_{p,R,d} = 0.978 < 1$

**Stirnplattenstoß**

**Schnittgrößen am Anschnitt**  
 min: vorh  $M_{y1} = -147.3 \text{ kNm}$   $V_z = 53.1 \text{ kN}$   $N_{unten} = -543.4 \text{ kN}$   $N_{oben} = 524.0 \text{ kN}$   
 max: vorh  $M_{y2} = 58.0 \text{ kNm}$   $V_z = 19.3 \text{ kN}$   $N_{unten} = 211.0 \text{ kN}$   $N_{oben} = -209.2 \text{ kN}$   
**Vermahlung der Stirnplatte (Überstand oben)**  
 $h_p = 380 \text{ mm}$   $b_p = 300 \text{ mm}$   $t_K = 15 \text{ mm}$   
 Abstände  $e_1 = 30 \text{ mm}$   $e_2 = 94 \text{ mm}$   $e_3 = 182 \text{ mm}$   
 $a_1 = 40 \text{ mm}$   $a_2 = 54 \text{ mm}$   
 Konstruktiver Mindestüberstand  $\bar{u} = 20 \text{ mm}$   
 Wurzelmaße  $w_1 = 90 \text{ mm}$   $w_2 = 45 \text{ mm}$   $w_3 = 60 \text{ mm}$   
 $c = w_1 - \text{Scheibendurchmesser} = 63 \text{ mm}$

$M_{y,A1} = 158.2 \text{ kNm}$   $M_{y,A2} = 72.8 \text{ kNm}$   $V_{z,A} = 266.0 \text{ kN}$   
 $\text{Ausny}_{y,A1} = 0.931$   $\text{Ausny}_{y,A2} = 0.797$   $\text{Ausn}_{Vz,A} = 0.200$   
**Anschluß an Stütze:** Keine Futterbleche erforderlich, da Stirnplatte und Riegeflansch annähernd gleich dick sind

**Berechnung des rechnerisch aufnehmbaren Momentes (mit Überstand, oben)**  
**Versagenszustand 2** (s. a. Schneider, Bautabellen f. Ingenieure)  
 $c_1 = 24.6 \text{ mm}$   $h_s = 276.0 \text{ mm}$   $N_{d,F1} = -7.7 \text{ kN}$   
 $M_{1,p1,d} = 565.4 \text{ kNm}$   $Z_{p1,q} = 1133.7 \text{ kN}$   $Z_{t2} = 565.4 \text{ kN}$   $Z_{R,d} = 565.4 \text{ kN}$   
 $M_{1,p1,d} = 405.0 \text{ kNm}$   $M_{2,p1,d} = 291.6 \text{ kNm}$  (Vorwerte)  
 $\Rightarrow M_{yA1r} = (Z_{R,d} + N_{d,F1}) \cdot h_s = (Z_{R,d} + 7.7) \cdot h_s = 15815.4 \text{ kNm}$

### 3.5.6

### Druckdokument



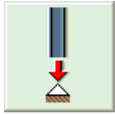
Ergebnisse drucken


Durch Anklicken des **Ausgabe**-Symbols wird der Druckmanager geladen und die Ausgabe des gerade bearbeiteten Nachweistyps auf dem Drucker kann direkt erfolgen, ohne die Eingabeprozedur zu verlassen.

Die Druckausgabe aller in einem Bauteil vom Typ *Detailnachweise* zusammengefassten, berechneten Nachweistypen kann auch in einem Zuge erfolgen, so dass eine Gesamtliste aller zum Projekt gehörenden Nachweistypen in einem Arbeitsgang erzeugt wird (s. Abs. 7, S. 74).




## Fußpunkte



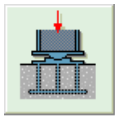
 Fußpunkte


Die Nachweisgruppe der Fußpunktbauteile umfasst die Nachweise der Fußpunktlagerungen.



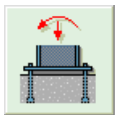
 Gelenk. Fuß  
( $h < 800$ )

Der Gelenkige Fußpunkt bearbeitet Doppel-T-Profile mit einer Steghöhe bis 800 mm. Die Vertikallast wird über eine Kopfplatte, die auf einer Betonschicht aufliegt, abgetragen. Weiterhin können Rundrohre und MSH-Profile als Stützenprofil bearbeitet werden. Die Horizontallast wird über Reibung aufgenommen. S. Abs. 4.1, S. 35 ff.



 Gelenk. Fuß  
( $h > 800$ )

Der Gelenkige Fußpunkt bearbeitet Doppel-T-Profile mit einer Steghöhe über 800 mm. Der Querschnitt ist mit einer Fußplatte versehen, die beidseitig mit Rippen ausgesteift ist. Die Vertikalkraft wird über eine Zentrierleiste in einbetonierte Verteilungsträger geleitet. S. Abs. 4.2, S. 38 ff.



 Eingesp. Fuß

Der Eingespante Fuß überträgt die Lasten eines Doppel-T-Querschnitts auf ein Betonfundament. Die Vertikaldruckkraft wird über eine Fußplatte abgegeben und die Horizontalkraft über Reibung oder über Schubankerprofile. Das Moment wird über die Fußplatte, erforderlichenfalls mit beidseitigen Aussteifungsträgern, zu den Ankerschrauben geleitet. S. Abs. 4.3, S. 41 ff.

## 4.1

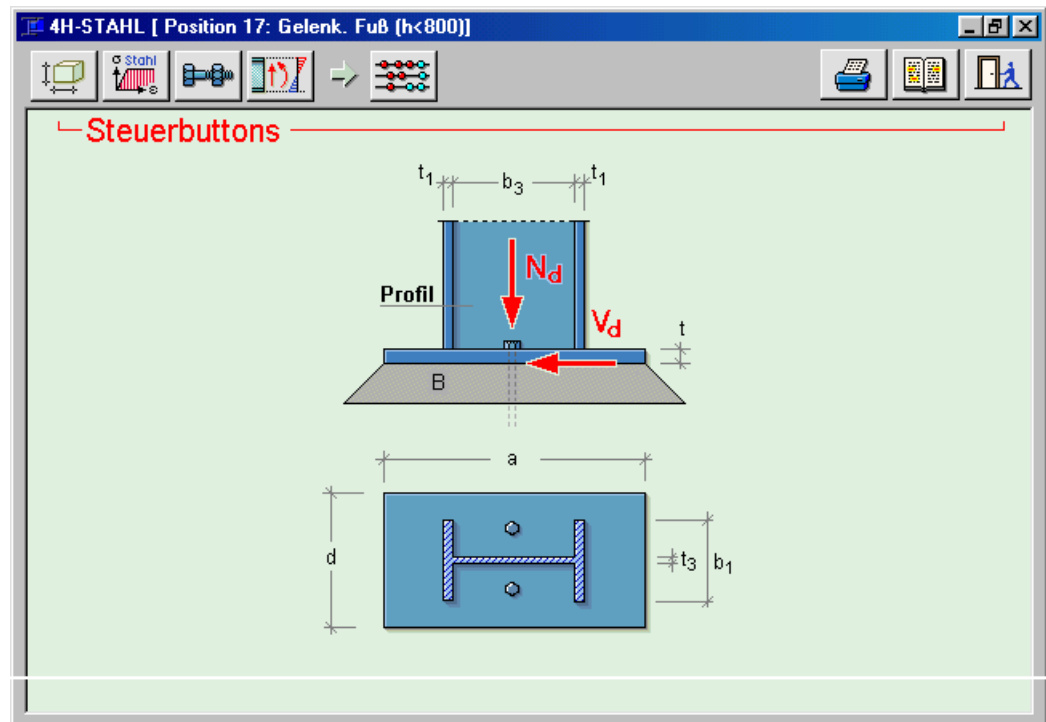
### Gelenkiger Fußpunkt $h < 800$ mm



Gelenk. Fuß  
( $h < 800$ )

Der Gelenkige Fußpunkt  $h < 800$  mm bearbeitet Doppel-T-Profile mit einer Profilhöhe bis 800 mm. Die Vertikallast wird über eine Fußplatte, die auf einer Betonschicht aufliegt, abgetragen. Weiterhin können Rundrohre und MSH-Profile als Stützenprofil bearbeitet werden. Die Horizontallast wird über Reibung aufgenommen.

Bei Vorgabe eines der Werte  $a$ ,  $d$  und/oder  $t$  mit 0 wird je ein mindestens erforderlicher Wert von der Rechenprozedur vorgeschlagen. Die Werte werden auf Verträglichkeit geprüft und können im Nachhinein geändert werden. Dadurch wird eine Bauteiloptimierung mit nachträglicher konstruktiver Anpassung ermöglicht.



Bei relativ geringer Höhe des Stützenprofils darf die Stütze direkt mit einer Fußplatte und Betonfuge auf das Fundament gestellt werden. Die Horizontalkräfte sind durch Reibung in der Lagerfuge in den Beton des Fundamentes einzutragen. Die Anker sind als Montagehilfen erforderlich.

Die erforderliche Größe der **Fußplatte** ergibt sich aus der aufnehmbaren Betonspannung (Betonpressung). Die Fußplatte kann bündig oder mit überstehenden Rändern ausgeführt werden. Die Flansche bzw. der Steg stellen eine starre Stützung der Fußplatte dar, so dass sich je nach Plattentyp das maximale Moment

- aus Feld- oder Stützmoment eines 1 cm breiten Plattenstreifens oder
- dem Moment einer dreiseitig gelagerten Platte

unter Gleichlast der **Betonpressung** ergibt. Aus diesem Moment lässt sich die erforderliche Dicke der Fußplatte ermitteln.

#### 4.1.1

### Geometrie



Geometriedaten  
festlegen

Der Eingabebutton **Geometrie** blendet das zugehörige Eigenschaftsblatt ein.

**GEOMETRIE**

PROFIL: IPE140

I, H, D, S, W, MSH-Profile u. Rundrohre

b<sub>1</sub>: 73.0 mm  
t<sub>1</sub>: 6.9 mm  
b<sub>3</sub>: 126.2 mm  
t<sub>3</sub>: 4.7 mm

FUSSPLATTE: a: 230 mm, d: 90 mm, t: 25.0 mm

NACHWEISVERFAHREN: el - el

BETON: Güte: C20/25, γ<sub>B</sub>: 1.00

**GEOMETRIE**

PROFIL: MSH140x140x16.0

I, H, D, S, W, MSH-Profile u. Rundrohre

b: 140.0 mm  
s: 16.0 mm  
h: 140.0 mm

FUSSPLATTE: a: 200 mm, d: 200 mm, t: 25.0 mm

NACHWEISVERFAHREN: el - el

BETON: Güte: C20/25, γ<sub>B</sub>: 1.00

Die Profilgeometrie kann über eine Standardprofilbezeichnung oder durch direkte Angabe der Abmessungen beschrieben werden. Es sind I-förmige Profile (I, H, D, S und W-Profile) sowie Rundrohre und MSH-Profile als Stützenprofil zulässig.



Durch Anklicken des **Pfeilsymbols** unter *Profil* in den Eingabezeilen für die Profilnamen wird der **Profilmanager** aufgerufen. Hier können die in der Profildatei abgelegten Standardprofile über ihren Namen ausgewählt und für den Querschnitt übernommen werden.

Die Fußplattenabmessungen werden über die Werte a, d und t vorgegeben. Für diese Abmessungen werden vom Programm die Tragfähigkeitsnachweise durchgeführt. Wenn in die grau hinterlegten Eingabefelder (a und t) der Wert 0 eingetragen wird, bestimmt das Programm diese Werte so, dass die Sicherheit 1 eingehalten wird. Für den Tragfähigkeitsnachweis der Fußplatte kann der Programmanwender zwischen den Verfahren **elast.-elast.** und **elast.-plast.** wählen. Die Auswahl des Nachweisverfahrens erfolgt über die Betätigung der entsprechenden Schaltfläche. In der Auswahlliste **Betongüte** kann gegenwärtig noch neben den Werten der **DIN 1045-1** auf die Betongüten der alten **DIN 1045** umgeschaltet werden. In diesem Fall muss für γ<sub>B</sub> der zugehörige Sicherheitsbeiwert eingegeben werden.

#### 4.1.2

### Material und Verbindungsmittel



Zum Aufruf der Materialdaten s. Abs. 3.1.2, S. 11, und zu Verbindungsmitteln Abs. 3.1.3, S. 13.

#### 4.1.3

### Belastung



Lastangaben

Der Eingabebutton **Belastung** blendet das Eigenschaftsblatt zur Eingabe der Vertikalkraft N<sub>d</sub> und der Horizontalkraft V<sub>d</sub> als **Beanspruchungskombination** (Designlasten) und des **Materi- alsicherheitsbeiwertes** γ<sub>M</sub> ein.

**BELASTUNG**

Vertikalkraft N<sub>d</sub>: 162.00 kN  
Horizontalkraft V<sub>d</sub>: 50.00 kN  
γ<sub>M</sub>: 1.10



Für N<sub>d</sub> dürfen nur positive Werte eingegeben werden, da die Fußpunktkonstruktion keine Zugkräfte übertragen kann.



#### 4.1.4

### Berechnungsprotokoll



Berechnung durchführen  
Ergebnisse einsehen

Durch Anklicken des **Rechnen**-Symbols werden die Eingaben einer Kontrolle unterzogen und die Berechnung durchgeführt. Die Ergebnisse und ihre Zwischenschritte werden zur Einsichtnahme im DTE®-Viewer sofort eingeblendet.

Die Interaktionselemente des DTE®-Viewers werden im Abs. 6, S. 74, beschrieben.

**DTE - Viewer [Detailnachweise]**

Seite 1 Zoom 1:4

**POS. 45: GELENK. FUSS (H<800)**

**Geometrie, Belastung und Materialkennwerte**  
GELENKIGER STÜTZENFUSS mit geringer PROFILHÖHE (Prinzipskizze)

**Stützenquerschnitt**  
Profil: IPE140  
h = 0 mm b1 = 0 mm t1 = 0 mm

**Fußplatte:**  
a = 230 mm d = 90 mm  
t = 25.0 mm

**Materialdaten Stütze S235 (St37)**  
E = 210000.0 N/mm<sup>2</sup> G = 81000.0 N/mm<sup>2</sup>  
fy,k = 240.0 N/mm<sup>2</sup> fy,kt = 215.0 N/mm<sup>2</sup>

**Materialdaten Fußplatte S235 (St37)**  
E = 210000.0 N/mm<sup>2</sup> G = 81000.0 N/mm<sup>2</sup>  
fy,k = 240.0 N/mm<sup>2</sup> fy,kt = 215.0 N/mm<sup>2</sup>

**Schnittgrößen**  
Nd = 162.0 kN (Kontaktabtrag 121.5 kN)  
Vd = 50.0 kN

Material-Sicherheitsbeiwert Stahl:  $\gamma_M = 1.10$   
Beton Güte C16/20  
Alle Nähte nicht durchgeschweißt

**Nachweise**

**Betonspannung**  
Druckfläche A = a x d = 230 x 90 mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_c = N_d/A = 0.78 \text{ kN/cm}^2 < f_{c,d} = 0.91 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Ausnutzung } \sigma_c/f_{c,d} = 0.860 < 1$

**Fußplatte mit beidseitigem Überstand**  
Rechenmodell:  
- Gleichmäßige Verteilung der Betonpressung über die Fläche a x d  
- Kragarm bzw. dreiseitig gelagerte Platte als stat. System  
- Nachweisverfahren el - el

**Biegemomente in der Fußplatte:**  
Me = 4.44 kNm/cm (Stützmoment unter Stützensteg)  
Mr = 0.46 kNm/cm (Moment am freien Rand der dreiseitig gelagerten Platte)  
Mka = 9.19 kNm/cm (Kragmoment für Kragarm in Richtung a, lk = (a-h+t1)/2 = 11.5 cm)  
Mkd = 0.28 kNm/cm (Kragmoment für Kragarm in Richtung d, lk = (d-b1)/2 = 4.5 cm)

max. M = 9.19 kNm/cm  $\Rightarrow$  erf. t = 16.0 mm < vorh. t = 25 mm  
 $\sigma = 88.18 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{R,d} = 218.18 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \text{Ausnutzung } \sigma/\sigma_{R,d} = 0.404 < 1$

**Kehlnaht** ( $\alpha_w = 0.95$   $\sigma_{w,R,d} = 207.27 \text{ N/mm}^2$ )  
Anschluß über Kehlnaht mit  $a_w \geq 3 \text{ mm}$   
 $\sigma_w = 24.00 \text{ N/mm}^2$   $\tau_w = 66.03 \text{ N/mm}^2$   $\sigma_{w,v} = 70.26 \text{ N/mm}^2$   $\sigma_{w,v}/\sigma_{w,R,d} = 0.34 < 1$

**Horizontalkraft** (Abtrag erfolgt ausschließlich über Reibung)  
 $V_d/V_{R,d} \leq 1$  mit  $V_{R,d} = \mu_d \cdot N_d/1.5$  (mit  $\mu_d = 0.5$ )  $\Rightarrow \text{Ausnutzung } V_d/V_{R,d} = 0.926 < 1$

Maximale Ausnutzung 0.926 < 1  $\Rightarrow$  Nachweis erfüllt.

#### 4.1.5

### Druckdokument



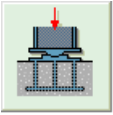
Ergebnisse drucken

Durch Anklicken des **Ausgabe**-Symbols wird der Druckmanager geladen und die Ausgabe des gerade bearbeiteten Nachweistyps auf dem Drucker kann direkt erfolgen, ohne die Eingabeprozedur zu verlassen.

Die Druckausgabe aller in einem Bauteil vom Typ *Detailnachweise* zusammengefassten, berechneten Nachweistypen kann auch in einem Zuge erfolgen, so dass eine Gesamtliste aller zum Projekt gehörenden Nachweistypen in einem Arbeitsgang erzeugt wird (s. Abs. 7, S. 74).

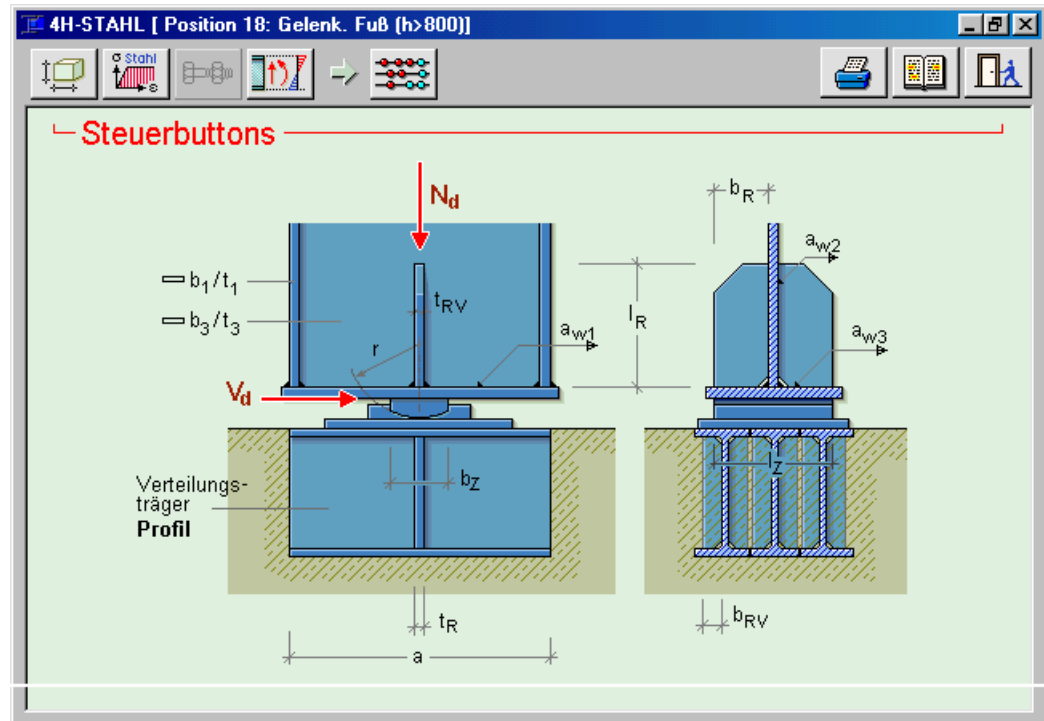
## 4.2

### Gelenkiger Fußpunkt $h > 800$ mm



Gelenk. Fuß  
( $h > 800$ )

Der Gelenkige Fußpunkt  $h > 800$  mm bearbeitet Doppel-T-Profile mit einer Steghöhe über 800 mm. Der Querschnitt ist mit einer Fußplatte versehen, die beidseitig mit Rippen ausgesteift ist. Die Vertikalkraft wird über eine Zentrierleiste in einbetonierte **Verteilungsträger** geleitet. Aufgrund der Anzahl der Verteilungsträger und der Aufstandsweite ergibt sich aus der maximal aufnehmbaren Betonpressung die Länge der Verteilungsträger.



Mit der Betonpressung wird der Verteilungsträger als Kragarm belastet. Aus dem Kragmoment und der Querkraft werden die Normal-, Schub- und Vergleichsspannung den aufnehmbaren Spannungen gegenübergestellt.

Die Zentrierleiste hat eine ballige Form. Mit der Länge der Zentrierleiste und der zulässigen Hertz'schen Pressung lässt sich der Ausrundungsradius festlegen. Die Breite der Zentrierleiste ist abhängig von der Rippe im Stützensteg (s.u.).

Der Steg der Verteilungsträger kann unter der Zentrierleiste eine Grenzkraft  $F_{R,d}$  n. **DIN 18800**, El. 744 (1), als rippenlose Lasteinleitung übernehmen. Ist diese kleiner ist als die Belastung  $N_d$ , müssen Rippen in die Verteilungsträger eingebaut werden.

Aus der Breite der Zentrierleiste ergibt sich nach El. 744 (1) gleichfalls eine Grenzkraft  $F_{R,d}$  für rippenlose Lasteinleitung aus dem Stützenquerschnitt. Die Differenzkraft zwischen Vertikallast und Grenzkraft ist durch eine beidseitige Aussteifungsrippe zu übertragen. Die erforderliche Dicke der Rippe ergibt sich aus der zul. Beanspruchbarkeit  $\sigma$ . Die Mindesthöhe folgt aus der Kehlnahtstärke.

#### 4.2.1

#### Geometrie



Geometriedaten festlegen

Durch Anklicken des dargestellten Buttons wird das Eigenschaftsblatt zur Eingabe der Stützenfußgeometrie geöffnet.

Wird einer oder werden mehrere der Werte  $b_R$ ,  $t_R$ ,  $a$ ,  $b_{RV}$ ,  $t_{RV}$ ,  $l_z$ ,  $b_z$  und/oder  $r$  mit dem Wert 0 vorgegeben, schlägt die Rechenprozedur den mindestens erforderlichen Wert vor. Diese Werte können im Nachhinein geändert werden. Sie werden auf Verträglichkeit geprüft. Dadurch wird eine Bauteiloptimierung mit nachträglicher konstruktiver Anpassung ermöglicht



Durch Anklicken des **Pfeilsymbols** unter *Verteilungsträger* in der Eingabezeile für den Profilename wird der **Profilmanager** aufgerufen. Hier können die in der Profildatei abgelegten Standardprofile über ihren Namen ausgewählt und für den Querschnitt übernommen werden. Des Weiteren ist auch die Definition eines allgemeinen I-förmigen Stützenprofils über die Größen  $b_1$ ,  $t_1$ ,  $b_3$  und  $t_3$  möglich.

#### 4.2.2

#### Material



Zum Aufruf der Materialdaten s. Abs. 3.1.2, S. 11.

#### 4.2.3

#### Belastung



Lastangaben

Der Eingabebuttton **Belastung** blendet das Eigenschaftsblatt zur Eingabe der Vertikalkraft  $N_d$  und der Horizontalkraft  $V_d$  als **Beanspruchungskombination** (Design-Werte) und des **Materialsicherheitsbeiwertes**  $\gamma_M$  ein.



Die Vertikallast  $N_d$  darf nur positives Vorzeichen besitzen, weil eine Zugkraft mit dieser Lagerungsform nicht übertragen werden kann!

## 4.2.4

## Berechnungsprotokoll



Berechnung durchführen  
Ergebnisse einsehen

Durch Anklicken des **Rechnen**-Symbols werden die Eingaben einer Kontrolle unterzogen und die Berechnung durchgeführt. Die Ergebnisse und ihre Zwischenschritte werden zur Einsichtnahme im DTE®-Viewer sofort eingeblendet.

Die Interaktionselemente des DTE®-Viewers werden im Abs. 6, S. 74, beschrieben.

**DTE - Viewer [Detailnachweise]**

Seite 1 Zoom 1:4

**POS. 46: GELENK. FUSS (H>800)**

**Geometrie, Belastung und Materialkennwerte**  
GELENKIGER STÜTZENFUSS mit PROFILHÖHE > 800 mm (Prinzipskizze)

**Querschnitt**  
Stützenprofil mit oder ohne Rippe  
 $b_1 = 300 \text{ mm}$   $t_1 = 20.0 \text{ mm}$   
 $b_3 = 860 \text{ mm}$   $t_3 = 10.0 \text{ mm}$   
 $b_R = 175 \text{ mm}$   $t_R = 10.0 \text{ mm}$

**Verteilungsträger**  
Profil: IPE330  
Länge  $a = 800 \text{ mm}$  Anzahl = 3

**Rippe**  
 $b_{RV} = 50 \text{ mm}$   $t_{RV} = 10.0 \text{ mm}$

**Materialdaten**  
 $E = 210000.0 \text{ N/mm}^2$   $G = 81000.0 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{y,k} = 240.0 \text{ N/mm}^2$   $f_{y,kt} = 215.0 \text{ N/mm}^2$

**Zentrierleiste**  
Stahlgüte St37  
 $l_z = 350 \text{ mm}$   $b_z = 100 \text{ mm}$   $r = 200 \text{ mm}$

**Schnittgrößen**  
 $N_d = 1000.0 \text{ kN}$   
 $V_d = 50.0 \text{ kN}$

Material-Sicherheitsbeiwert Stahl:  $\gamma_M = 1.10$

Betongüte C16/20  
Alle Nähte nicht durchgeschweißt

**Nachweise**

**Verteilungsträger**  
Betonspannung  
Druckfläche  $A = a \cdot d = 800 \times 480 \text{ mm}^2$   
 $\sigma_c = N_d/A = 0.26 \text{ kN/cm}^2 < f_{c,d} = 0.91 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Ausnutzung} = 0.286 < 1$

Biegung am Zentrierstück Belastung  $q_d = 4.2 \text{ kN/cm}$   
Moment  $M = 3333.3 \text{ kNcm}$  Querkraft  $V = 130.4 \text{ kN}$   $W = 713.0 \text{ cm}^3$   $A_{steg} = 23.9 \text{ cm}^2$   
 $\sigma = M/W = 4.68 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{R,d} = 21.82 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Ausnutzung } \sigma/\sigma_{R,d} = 0.214 < 1$   
 $\tau = V/A_{steg} = 5.46 \text{ kN/cm}^2 < \tau_{R,d} = 12.60 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Ausnutzung } \tau/\tau_{R,d} = 0.433 < 1$

**Rippe Anschluß mit Doppelkehlnähten**  
Bemessungsgrößen  $F_1 = 7.1 \text{ kN}$   $F_2 = 65.2 \text{ kN}$   $F_3 = 7.1 \text{ kN}$   
 $a_{w1} \geq 4 \text{ mm} \Rightarrow \sigma_{w,v} = 18.71 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{w,R,d} = 20.73 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Ausnutzung} = 0.903 < 1$   
 $a_{w2} \geq 3 \text{ mm} \Rightarrow \tau_{w,v} = 3.83 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{w,R,d} = 20.73 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Ausnutzung} = 0.185 < 1$

**Zentrierleiste**  
 $\sigma_{H,d} = 72.40 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{H,R,d} = 72.73 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Ausnutzung } \sigma_{H,d}/\sigma_{H,R,d} = 0.995 < 1$   
 $F_{Rd} = 241.4 \text{ kN}$   $\Delta N_1 = 92.0 \text{ kN}$   
 $\sigma_{RV,d} = 6.13 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{R,d} = 21.82 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Ausnutzung } \sigma_{RV,d}/\sigma_{R,d} = 0.281 < 1$

**Stützenrippe**  
Bemessungsgrößen  $N_{d1} = 436.4 \text{ kN}$   $N_{d2} = 563.6 \text{ kN}$   
Höhe Rippe  $l_R > 249 \text{ mm}$

**Anschluß Rippe mit Doppelkehlnähten**  
Bemessungsgrößen  $F_1 = 197.9 \text{ kN}$   $F_2 = 281.8 \text{ kN}$   $F_3 = 197.9 \text{ kN}$   
 $a_{w2} \geq 6 \text{ mm} \Rightarrow \sigma_{w,v} = 17.66 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{w,R,d} = 20.73 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Ausnutzung} = 0.852 < 1$   
 $a_{w3} \geq 6 \text{ mm} \Rightarrow \sigma_{w,v} = 18.51 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{w,R,d} = 20.73 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Ausnutzung} = 0.893 < 1$   
 $\Rightarrow \text{Ausnutzung } \sigma/\sigma_{R,d} = 0.738 < 1$

Maximale Ausnutzung  $0.995 < 1 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt.}$

## 4.2.5

## Druckdokument



Ergebnisse drucken

Durch Anklicken des **Ausgabe**-Symbols wird der Druckmanager geladen und die Ausgabe des gerade bearbeiteten Nachweistyps auf dem Drucker kann direkt erfolgen, ohne die Eingabeprozedur zu verlassen.

Die Druckausgabe aller in einem Bauteil vom Typ *Detailnachweise* zusammengefassten, berechneten Nachweistypen kann auch in einem Zuge erfolgen, so dass eine Gesamtliste aller zum Projekt gehörenden Nachweistypen in einem Arbeitsgang erzeugt wird (s. Abs. 7, S. 74).

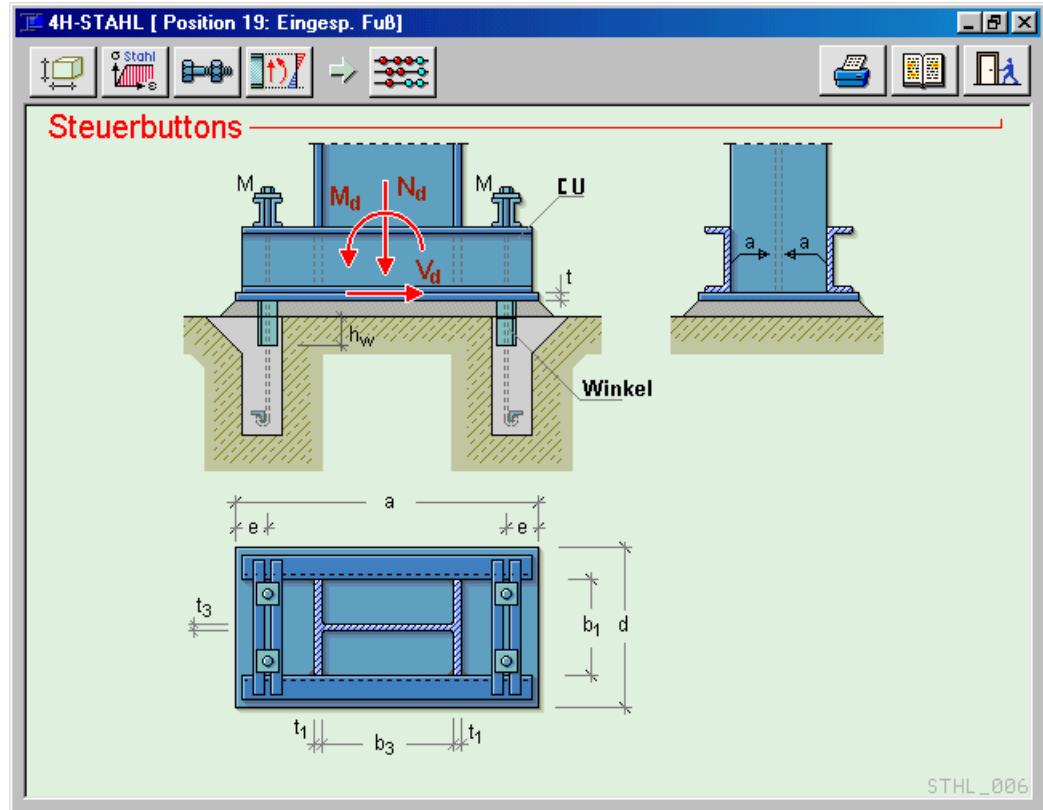
### 4.3

### Eingespannter Fuß

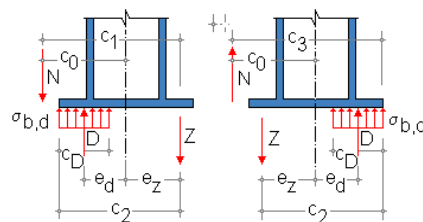


Eingesp. Fuß

Der Eingespante Fuß überträgt die Lasten eines Doppel-T-Querschnitts auf ein Betonfundament. Die Vertikalkraft  $N_d$  wird über eine Fußplatte abgegeben, die Horizontalkraft  $V_d$  über Reibung oder über Schubankerprofile. Das Moment wird über die **Fußplatte** zu den Ankerschrauben geleitet. Die Fußplatte kann bis zu einer Dicke von 60 mm unausgesteift ausgeführt werden. Die spätestens dann erforderlichen beidseitigen Aussteifungsträger werden mittels Kehlnähten an das Stützenprofil geschweißt.



Bei der Berechnung ist zu unterscheiden, ob als Vertikalkraft  $N_d$  eine Zug- oder Druckkraft vorliegt. Unter der Annahme einer rechteckigen Spannungsverteilung mit  $\sigma_{LAR,d}$  lassen sich die Druckzonenlänge  $c_D$  und die Ankerzugkraft  $Z$  direkt bestimmen. Aufgrund der Geometrie wird entschieden, ob eine Aussteifung der Fußplatte erforderlich ist oder nicht.



Der maßgebende Schnitt am Stützenanschnitt wird spannungsmäßig hinsichtlich der Normalspannung  $\sigma$ , Schubspannung  $\tau$  und der Vergleichsspannung  $\sigma_v$  untersucht. Der Spannungsnachweis für die Verbindungsnaht wird geführt.

**Anschluss Stütze-Aussteifungsträger** Über vier Kehlnähte, deren Dicke berechnet wird, ist die anteilige Normalkraft  $N_{d1} = \frac{N}{2} + \frac{M}{h \cdot F}$  zu übertragen.

**Nachweis der Schubdübel** Die Horizontalkraft  $V_d$  wird über Kehlnähte, deren Dicke berechnet wird, in die Schubdübel eingeleitet. Gleichzeitig ergibt sich aufgrund der Betonpressung auf die Schenkel ein Moment, das Spannungen  $\sigma$  erzeugt, die nachzuweisen sind.

#### 4.3.1

#### Geometrie



Durch Anklicken des dargestellten Buttons wird das Eigenschaftsblatt zur Eingabe der Stützenfußgeometrie geöffnet.

Wird einer oder werden mehrere der Werte  $a$ ,  $d$ ,  $t$  und/oder  $h_w$  mit dem Wert 0 belegt, schlägt die Rechenprozedur jeweils den mindestens erforderlichen Wert vor. Diese Werte können im Nachhinein geändert werden. Sie werden auf Zulässigkeit hin überprüft. Dadurch wird eine **Bauteiloptimierung** mit nachträglicher konstruktiver Anpassung ermöglicht.



Durch Anklicken des **Profilsymbole** in den Eingabezeilen für die Profilnamen der Stütze, der Aussteifung und des Schubankers wird der **Profilmanager** aufgerufen. In der Profildatei abgelegte Standardprofile können über ihren Namen ausgewählt und für den Querschnitt übernommen werden. Für die Stütze kann auch ein allgemeines I-förmiges Profil über die parametrisierte Eingabe von  $b_1$ ,  $t_1$ ,  $b_3$  und  $t_3$  definiert werden.

#### 4.3.2

#### Material und Verbindungsmittel



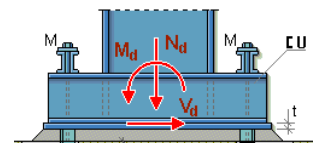
Zum Aufruf der Materialdaten s. Abs. 3.1.2, S. 11, und zu Verbindungsmitteln Abs. 3.1.3, S. 13.

#### 4.3.3

#### Belastung



Der Eingabebotton **Belastung** blendet das Eigenschaftsblatt zur Eingabe der Vertikalkraft  $N_d$ , der Horizontalkraft  $V_d$ , des Momentes  $M_d$  als **Beanspruchungskombination** (Design-Werte) und des **Materialsicherheitsbeiwertes**  $\gamma_M$  ein.



Die positiven Lastwirkungsrichtungen sind in der Prinzipskizze auf S. 41 angegeben.

#### 4.3.4

### Berechnungsprotokoll



Berechnung durchführen  
Ergebnisse einsehen

Durch Anklicken des **Rechnen**-Symbols werden die Eingaben einer Kontrolle unterzogen und die Berechnung durchgeführt. Die Ergebnisse und ihre Zwischenschritte werden zur Einsichtnahme im DTE®-Viewer sofort eingeblendet.

Die Interaktionselemente des DTE®-Viewers werden im Abs. 6, S. 74, beschrieben.

**DTE - Viewer [Detailnachweise]**

Seite 1 Zoom 1:4

**POS. 47: EINGESP. FUSS**

**Geometrie, Belastung und Materialkennwerte**  
EINGESPANNTE STÜTZE mit ANKERBEFESTIGUNG (Prinzipskizze)

**Querschnitt**  
Stütze Profil: HE450B  
Aussteifung Profil: U240  
Schubanker Profil: L60X6  
mit  $h_w = 100$  mm

**Fußplatte**  
 $a = 1000$  mm  $d = 500$  mm  
 $t = 30.0$  mm  $e = 100$  mm

**Materialdaten**  
 $E = 210000.0$  N/mm<sup>2</sup>  $G = 81000.0$  N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{y,k} = 240.0$  N/mm<sup>2</sup>  $f_{y,kt} = 215.0$  N/mm<sup>2</sup>

**Schnittgrößen**  
 $N_d = 300.0$  kN  
 $V_d = 10.0$  kN  
 $M_d = 360.0$  kNm

Material-Sicherheitsbeiwert Stahl:  $\gamma_M = 1.10$   
Anker M30, FK 5.6SL,  $\Delta d$  1.0 mm  
Betonüte C16/20  
Alle Nähte nicht durchgeschweißt

**Nachweise**

**Betonspannungen**  
Druckfläche  $A = c \cdot d = 126 \times 500$  mm<sup>2</sup> mit  $\sigma_c = 0.91$  kN/cm<sup>2</sup> =  $f_{c,d}$

**Biegemoment in der Fußplatte**  
Moment  $M = 33.7$  kNm/cm  $\Rightarrow$  erf.  $t = 24.8$  mm  $\Rightarrow$  gew.  $t = 30.0$  mm  
 $\sigma = 14.96$  kN/cm<sup>2</sup> <  $\sigma_{R,d} = 21.82$  kN/cm<sup>2</sup>  $\Rightarrow$  Ausnutzung  $\sigma/\sigma_{R,d} = 0.685 < 1$

**Anschluß Stütze - Versteifungsträger**  
 $N_{d1} = 999.1$  kN  $\Rightarrow$  Anschluß über 4 Kehlnähte mit  $a_{w3} > 5.1$  mm

**Zuganker**  
 $Z_d = 136.7$  kN <  $Z_{R,d} = 175.3$  kN  $\Rightarrow$  Ausnutzung  $Z_d/Z_{R,d} = 0.780 < 1$

**Schnitt A - A (Stützenanschnitt)**  
Moment  $M_A = 12156.8$  kNm Querkraft  $V_A = 573.5$  kN  $W_o = 832.3$  cm<sup>3</sup>  $W_u = 2696.3$  cm<sup>3</sup>  
 $\max(\sigma_o = 14.61$  kN/cm<sup>2</sup>,  $\sigma_u = 4.51$  kN/cm<sup>2</sup>) <  $\sigma_{R,d} = 21.82$  kN/cm<sup>2</sup>  $\Rightarrow$  Ausnutzung  $\sigma/\sigma_{R,d} = 0.669 < 1$   
Anschluß U-Profil - Fußplatte über 2 Kehlnähte mit jeweils  $a_{w2} > 3.0$  mm

**Kehlnaht Schubanker**  
 $\sigma_s = 6.21$  kN/cm<sup>2</sup>  $\Rightarrow$  Anschluß über Kehlnähte mit  $a_{w1} > 4.0$  mm

Maximale Ausnutzung  $0.780 < 1 \Rightarrow$  Nachweis erfüllt.

#### 4.3.5

### Druckdokument



Ergebnisse drucken

Durch Anklicken des **Ausgabe**-Symbols wird der Druckmanager geladen und die Ausgabe des gerade bearbeiteten Nachweistyps auf dem Drucker kann direkt erfolgen, ohne die Eingabeprozedur zu verlassen.

Die Druckausgabe aller in einem Bauteil vom Typ *Detailnachweise* zusammengefassten, berechneten Nachweistypen kann auch in einem Zuge erfolgen, so dass eine Gesamtliste aller zum Projekt gehörenden Nachweistypen in einem Arbeitsgang erzeugt wird (s. Abs. 7, S. 74).



Einzelstab-  
nachweise

Die Gruppe der Einzelstabbauteile umfasst die Biegedrillknicknachweise am Ersatzstab und Beulnachweise unausgesteifter Beulfelder entsprechend **DIN 18800**.



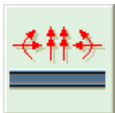
Biegedrillkn.  
mit  $N_d$

Der Tragsicherheitsnachweis wird n. DIN 18800, T. 2, El. 304, für Biegeknicken geführt. Der vereinfachte Beulnachweis wird über die  $b/t$ -Verhältnisse geführt. S. Abs. 5.1, S. 45 ff.



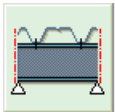
Biegedrillkn.  
mit  $N_d, M_d$

Der Tragsicherheitsnachweis wird n. DIN 18800, T. 2, Abs. 3.4, El. 314 und 320, für Biegeknicken und Biegedrillknicken geführt. Der vereinfachte Beulnachweis wird über  $b/t$ -Verhältnisse geführt. S. Abs. 5.2, S. 49 ff.



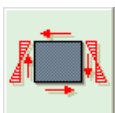
Biegedrillkn.  
mit  $N, M_y, M_z$

Der Tragsicherheitsnachweis wird n. DIN 18800, T. 2, Abs. 3.5, El. 322 und 323, für Biegeknicken und Biegedrillknicken geführt. Der vereinfachte Beulnachweis wird über  $b/t$ -Verhältnisse geführt. S. Abs. 5.3, S. 55 ff.



Biegedrillkn.  
mit Drehbettung

Biegedrillknicknachweis für drehgebetete I-Querschnitte n. DIN 18800, T. 2, El. 308 bis 311. S. Abs. 5.4, S. 60 ff.



Beulfeld

Unversteifte Beulfelder unter alleiniger oder kombinierter Wirkung von Längsspannungen  $\sigma_x$  und Schubspannungen  $\tau$  werden nachgewiesen. S. Abs. 5.5, S. 66 ff.



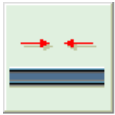
Spannungs-  
nachweise

Die Spannungsnachweise erfolgen nach dem Nachweisverfahren elastisch-elastisch gemäß DIN 18800, T.1, Abs. 7.5.2, El. 747 bis 749. S. Abs. 5.6, S. 69 ff.



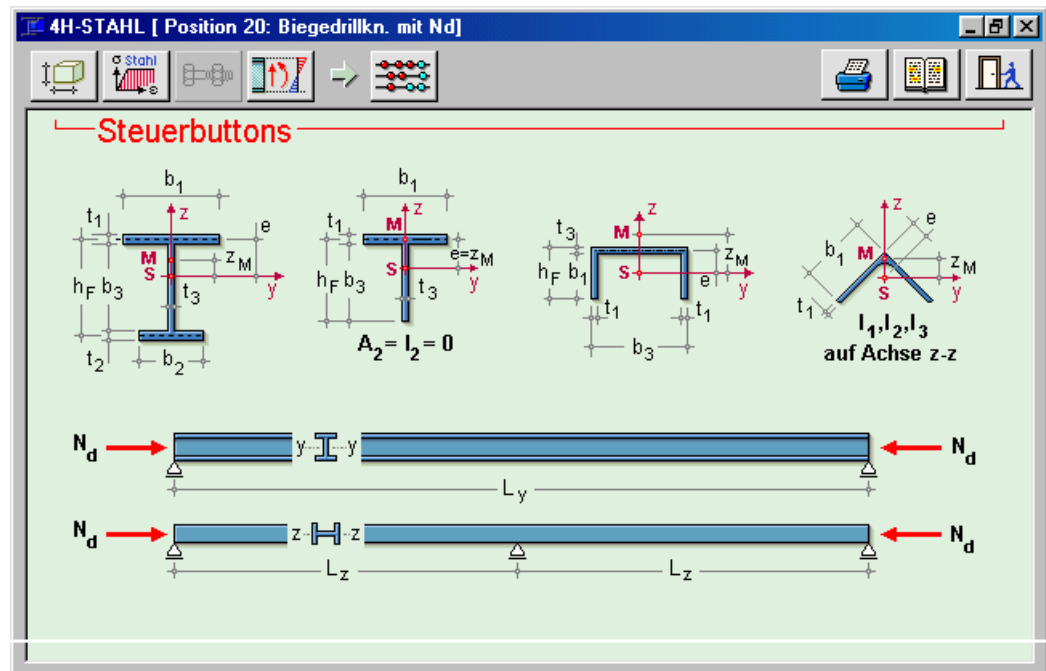
## 5.1

### Biegedrillknicken mit $N_d$



Biegedrillkn.  
mit  $N_d$

Der Tragsicherheitsnachweis wird n. **DIN 18800**, T. 2, El. 304 und 306, für Biegeknicken und Biegedrillknicken geführt. Zudem wird der vereinfachte **Beulnachweis** über die  $b/t$ -Verhältnisse geführt.



Neben den im obigen Bild dargestellten Profilen können auch Rundrohrprofile und MSH-Profile nachgewiesen werden.

Alle Profildaten können der beigelegten Profildatei entnommen werden.

I, T, U und L-Profile sowie Rundrohre und MSH-Profile können auch als allgemeine Blechträger nachgewiesen werden. D. h., die Abmessungen der einzelnen Querschnittsteile können über die Buttons *Typisierte Querschnitte* eingegeben werden.



Es ist zu beachten, dass alle Nachweise für eine reine Normalkraftbeanspruchung geführt werden. Die Normalkraft  $N_d$  muss also derart in den Stab eingeleitet werden, dass keine Zusatzmomente auf Grund von Exzentrizitäten entstehen.

Für die maßgebende Ausweichrichtung gilt  $\frac{N_d}{\kappa \cdot N_{pl,d}} \leq 1$ .

Der Abminderungsfaktor  $\kappa$  ( $= \kappa_y$  bzw.  $\kappa_z$ ) ist in Abhängigkeit von dem bezogenen Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_K$  und der dem jeweiligen Querschnitt zugeordneten **Knickspannungslinie** zu ermitteln.

### 5.1.1

## Geometrie



Geometriedaten  
festlegen

In der Eingabemaske für Geometriedaten sind neben der Stablänge  $L$  und den Querschnitts-abmessungen zusätzlich die **Knicklängenbeiwerte**  $\beta_y$  und  $\beta_z$  sowie der Wölbeinspannungsgrad  $\beta_0$  und die Anzahl evtl. vorhandener **Zwischenstützungen** einzugeben.

**Zwischenstützungen** Die Reduzierung der Knicklänge eines Stabes kann durch seitliche Abstützungen oder Verbände erfolgen. Die Anzahl der Zwischenstützungen wird mit  $n_y$  und  $n_z$  bezeichnet. Zwischenstützungen  $n_z$  verhindern ein Ausknicken senkrecht zur  $z$ -Achse und die Zwischenstützungen  $n_y$  ein Ausknicken senkrecht zur  $y$ -Achse. Hierbei ist zu beachten, dass solche Zwischenstützungen keine Gabellagerung bieten. Die Zwischenstützungen verhindern zwar ein seitliches Ausweichen des Trägers nicht aber eine Verdrehung um seine Längsachse. Man kann diesen Sachverhalt auch so ausdrücken, dass durch die Zwischenstützungen die Knicklänge reduziert wird nicht aber die "Kipplänge".

In der Nachweisgleichung für das Biegedrillknicken wird also nur der Normalkraftterm beeinflusst. Wenn Träger untersucht werden sollen, bei denen die seitlichen Abstützungen konstruktiv so ausgebildet werden, dass eine Gabellagerung angenommen werden kann, muss der Stabilitätsnachweis am Teilsystem zwischen den Gabellagerungen mit den zugehörigen Schnittgrößen geführt werden.

**Knicklängenbeiwert** Wenn keine Zwischenstützungen vorhanden sind, kann die Knicklänge auch über die Eingabe der Knicklängenbeiwerte  $\beta_y$  und  $\beta_z$  verändert werden. Mit Knicklängenbeiwerten  $0.5 < \beta < 1.0$  kann die Reduzierung der Knicklänge infolge einer Einspannung der Stabenden berücksichtigt werden. Mit  $\beta_z$  wird die Knicklänge senkrecht zur  $z$ -Achse und mit  $\beta_y$  die Knicklänge senkrecht zur  $y$ -Achse beeinflusst. Mit Knicklängenbeiwerten  $\beta > 1.0$  kann die Knicklänge für Stäbe in verschieblichen Rahmensystemen beschrieben werden.



Die Eingabe der Stabprofile kann als Walzprofil oder als Blechprofil (Typisierter Querschnitt) erfolgen. Walzprofile können über die Betätigung des **Pfeilsymbols** der Profildatei entnommen werden. Die Blechprofile werden über die Eingabe von Breite und Dicke der Einzelbleche beschrieben.

### 5.1.2

#### Material



Zum Aufruf der Materialdaten s. Abs. 3.1.2, S. 11.

Zusätzlich zu den dort beschriebenen Möglichkeiten zur Eingabe von Materialkennwerten kann bei den Stabilitätsnachweisen an dieser Stelle zudem die Knickspannungslinie angegeben werden.

Im Regelfall wird die für den Stabilitätsnachweis zugrunde zu legende Knickspannungslinie durch Tab. 5, **DIN 18800**, T. 2, angegeben. Kann mit dieser Tabelle keine passende Zuordnung des untersuchten Profils vorgenommen werden oder soll aus anderen Gründen von den Standardwerten abgewichen werden, kann der Anwender über den Menüpunkt **benutzerdefiniert** die gewünschte Knickspannungslinie zuordnen. Diese Zuordnung muss für die y- und z-Richtung vorgenommen werden.

### 5.1.3

#### Belastung



Lastangaben

Durch Anklicken des dargestellten Symbols wird das Eigenschaftsblatt zur Beschreibung der Belastung aktiviert.

Hierin werden die Druckkraft  $N_d$  als Bemessungsgröße (Designlast) und der **Materialsicherheitsbeiwert**  $\gamma_M$  festgelegt.



Die Normalkraft ist zentrisch in den Stab einzuleiten. Es muss durch entsprechende konstruktive Ausbildung der Anschlüsse dafür gesorgt werden, dass im Stab keine Zusatzmomente entstehen.

## 5.1.4

### Berechnungsprotokoll



Berechnung durchführen  
Ergebnisse einsehen

Durch Anklicken des **Rechnen**-Symbols werden die Eingaben einer Kontrolle unterzogen und die Berechnung durchgeführt. Die Ergebnisse und ihre Zwischenschritte werden zur Einsichtnahme im DTE®-Viewer sofort eingeblendet.

Die Interaktionselemente des DTE®-Viewers werden im Abs. 6, S. 74, beschrieben.

**DTE - Viewer [Detailnachweise]**

Seite 1 Zoom 1:4

**POS. 48: BIEGEDRILLKN. MIT ND**

**Geometrie, Belastung und Materialkennwerte**  
BIEGEDRILLKNICKEN mit Normalkraft (Prinzipiskizze)

**Stablänge**  
L = 2000 mm

**Knicklängenbeiwert, Wölbeinspannungsgrad**  
 $\beta_y = 1.00$   $\beta_z = 1.00$   $\beta_0 = 1.00$

**Anzahl Zwischenstützungen**  
 $n_y = 0$   $n_z = 0$  (keine Gabelagerung)

**Querschnitt**  
Profil: HE180A

**Materialdaten Stahl: S235 (St37)**  
E = 210000.0 N/mm<sup>2</sup> G = 81000.0 N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{y,k} = 240.0$  N/mm<sup>2</sup>  $f_{y,kt} = 215.0$  N/mm<sup>2</sup>

**Schnittgrößen**  
Nd = 110.0 kN

**Material-Sicherheitsbeiwert Stahl:**  $\gamma_M = 1.10$ ,  $\lambda_a = 92.9$

**Nachweise nach Element 304 (T.2)**

**Maßgebende Querschnittswerte**  
A = 45.3 cm<sup>2</sup>  
 $I_y = 2510.0$  cm<sup>4</sup>  $I_z = 925.0$  cm<sup>4</sup>  $I_T = 14.9$  cm<sup>4</sup>  $I_\omega = 60210.0$  cm<sup>6</sup>  
 $h_F = 161.5$  mm  $e = 80.8$  mm  $z_M = 0.0$  mm  $c = 95.0$  mm  $r_y = 0.0$  mm  
 $i_y = 74.4$  mm  $i_z = 45.2$  mm  $i_p = 87.1$  mm  $i_M = 87.1$  mm

**Bemessungsgrößen**  
 $N_{p1,d} = 988.4$  kN

**Nachweis b/t- Verhältnis**  
vorh (b/t) --0 = 7.58 < grenz (b/t) --0 = 38.78 (Flansch, oben)  
vorh (b/t) 0-0 = 20.33 < grenz (b/t) 0-0 = 113.24 (Stegblech)  
vorh (b/t) --0 = 7.58 < grenz (b/t) --0 = 38.78 (Flansch, unten)

**Biegeknicke senkrecht zur y-Achse :**  
 $S_{ky} = \beta_y \cdot L = 2000$  mm  $\Rightarrow \lambda_{ky} = 26.9$   $\bar{\lambda}_{ky} = 0.289 \Rightarrow \kappa_y(b) = 0.968$   
Ausnutzung = 0.115 < 1

**Biegeknicke senkrecht zur z-Achse :**  
 $S_{kz} = \beta_z \cdot L = 2000$  mm  $\Rightarrow \lambda_{kz} = 44.3$   $\bar{\lambda}_{kz} = 0.476 \Rightarrow \kappa_z(c) = 0.856$   
Ausnutzung = 0.130 < 1

**Biegedrillknicken :**  
 $\lambda_{v1} = 44.3$   $\bar{\lambda}_K = 0.476 \Rightarrow \kappa(c) = 0.856$   
Ausnutzung = 0.130 < 1

**Maximale Ausnutzung** 0.130 < 1  $\Rightarrow$  Nachweis erfüllt.

## 5.1.5

### Druckdokument



Ergebnisse drucken

Durch Anklicken des **Ausgabe**-Symbols wird der Druckmanager geladen und die Ausgabe des gerade bearbeiteten Nachweistyps auf dem Drucker kann direkt erfolgen, ohne die Eingabeprozedur zu verlassen.

Die Druckausgabe aller in einem Bauteil vom Typ *Detailnachweise* zusammengefassten, berechneten Nachweistypen kann auch in einem Zuge erfolgen, so dass eine Gesamtliste aller zum Projekt gehörenden Nachweistypen in einem Arbeitsgang erzeugt wird (s. Abs. 7, S. 74).

## 5.2

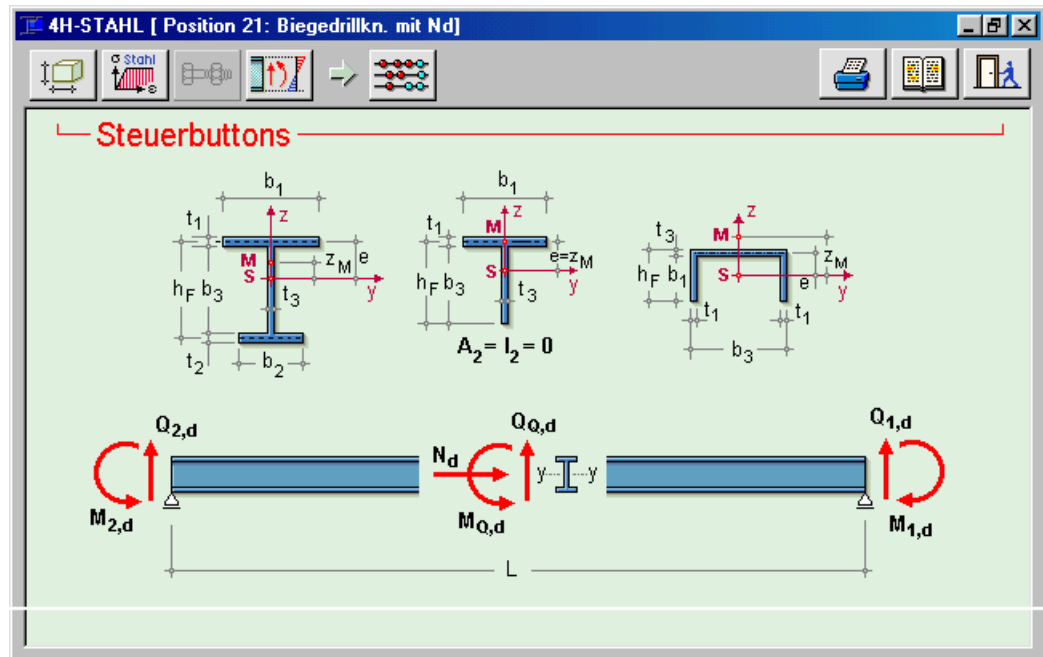
### Biegedrillknicken mit $N_d$ und $M_d$



Biegedrillkn.  
mit  $N_d, M_d$

Der Tragsicherheitsnachweis wird n. **DIN 18800**, T. 2, Abs. 3.4, El. 314 und 320, für Biegeknicken und Biegedrillknicken geführt.

Zudem wird der vereinfachte **Beulnachweis** über die  $b/t$ -Verhältnisse geführt.



Die Anwendungsgrenzen des Programms ergeben sich aus den Vorgaben von DIN 18800, T. 2, El. 320. Das beschriebene Nachweisverfahren gilt nur für Stäbe:

- bei denen keine planmäßige Torsion auftritt,
- mit konstanter Normalkraft und
- doppelt- oder einfachsymmetrischem, I-förmigem Querschnitt, dessen Abmessungsverhältnisse denen der Walzprofile entsprechen, sowie U- und C-Profilen.



Beim Nachweis von U- und C-Profilen ist zu beachten, dass vom Programm nur liegende Profile bearbeitet werden können. In stehenden U-Profilen treten auf Grund der unterschiedlichen Lage von Schwerpunkt und **Schubmittelpunkt** i. d. R. Torsionsmomente auf, so dass das Nachweisverfahren nicht anwendbar ist.

Die Anwendung von El. 320 für den Nachweis von T-Profilen ist gemäß den Erläuterungen zu **DIN 18800** /1/ zulässig, wenn  $\kappa_y = 1$  gesetzt und der Trägerbeiwert  $n$  mit 1.5 statt mit 2.5 angenommen wird.

**Biegeknicken El. 314** Der Tragsicherheitsnachweis ist mit

$$\frac{N_d}{\kappa \cdot N_{pl,d}} + \frac{\beta_m \cdot M_d}{M_{pl,d}} + \Delta n \leq 1$$

unter Verwendung der **Knickspannungslinien** DIN 18800, T. 2, 3.2.1, zu führen. Der Abminderungsfaktor  $\kappa$  ist in Abhängigkeit von dem bezogenen Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_K$  und der dem jeweiligen Querschnitt zugeordneten Knickspannungslinie für Ausweichen in der Momentenebene zu ermitteln.

Der Momentenbeiwert  $\beta_m$  wird aus der gegebenen Momentenverteilung gem. DIN 18800, T. 2, Tab. 11, berechnet.



Hierbei ist zu beachten, dass Momentenbeiwerte  $\beta_m < 1$  nur bei Stäben mit unverschieblicher Lagerung der Stabenden und gleichbleibendem Querschnitt unter konstanter Druckkraft ohne Querlasten zulässig sind.

**Biegedrillknicken El. 320** Für Stäbe, bei denen keine planmäßige Torsion auftritt, mit konstanter Normalkraft und typisiertem Querschnitt ist der Tragsicherheitsnachweis zu führen mit

$$\frac{N_d}{\kappa_z \cdot N_{pl,d}} + \frac{M_{y,d}}{\kappa_M \cdot M_{pl,y,d}} \cdot k_y \leq 1$$

Der Abminderungsfaktor  $\kappa$  ist in Abhängigkeit vom bezogenen Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_K$  und der dem jeweiligen Querschnitt zugeordneten Knickspannungslinie für Ausweichen rechtwinklig zur z-Achse zu ermitteln.

Darüber hinaus wird die Verzweigungslast  $N_{Ki}$  als kleinste Verzweigungslast benötigt. Der Momentenbeiwert  $\beta_{M,y}$  wird aus der gegebenen Momentenverteilung berechnet. Mit diesen Hilfs-werten lässt sich  $k_y$  ermitteln.

Bei der Berechnung des plastischen Querschnittsmomentes  $M_{pl,d}$  ist Abschn. 1.4.2 (El. 123) zu beachten. Das bedeutet, dass der plastische Formbeiwert auf 1.25 zu begrenzen ist oder das nachzuweisende Moment für  $\alpha_{pl} > 1.25$  mit dem Faktor  $\frac{\alpha_{pl}}{1.25}$  erhöht werden muss. Im Pro-gramm wird die erste Möglichkeit genutzt.

In der Druckliste ist der Grundwert mit  $M_{pl0,d}$  und der für  $\alpha_{pl} > 1.25$  begrenzte Wert mit  $M_{pl,d}$  be-zeichnet.

Das ideale **Biegedrillknickmoment**  $M_{Ki}$  wird vom Programm nach den /17/ entnommenen Formeln berechnet.

Ideelle Vergleichsschlankheit:

$$\lambda_{Vi} = \lambda_{zi} = \frac{\beta \cdot l}{i_z} \sqrt{\frac{c^2 + i_M^2 + a \cdot (2 \cdot z_M - r_y)}{2 \cdot c^2} \cdot \left\{ 1 \pm \sqrt{1 - \frac{4c^2 \cdot \left[ i_p^2 - (r_y + a) \cdot a + 0.093 \left( \frac{\beta^2}{\beta_0^2} - 1 \right) \cdot (a + z_M)^2 \right]}{\left[ c^2 + i_M^2 + a \cdot (2 \cdot z_M - r_y) \right]^2}} \right\}}$$

Ideales Biegedrillknickmoment  $M_{Ki}$ :

$$M_{Ki} = \zeta \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{(\beta \cdot l)^2} \left[ \sqrt{\left( \beta^2 \frac{e}{2} - \frac{r_y}{3} + z_M \right)^2 + c^2} - \left( \beta^2 \frac{e}{2} - \frac{r_y}{3} + z_M \right) \right]$$

Gem. **DIN 18800**, T. 2, El. 315, ist der Einfluss der Querkraft auf die Tragfähigkeit des Quer-schnitts zu berücksichtigen. Dies erfolgt durch Reduktion der vollplastischen Schnittgrößen ge-mäß DIN 18800, T. 1, Tab. 16 u. 17. Die entsprechende Bemessungsgröße wird in der Drucklis-te mit  $M_{pl,d}^*$  bezeichnet.

Alle maßgebenden Teilergebnisse werden im Programmausdruck protokolliert.

## 5.2.1 Geometrie



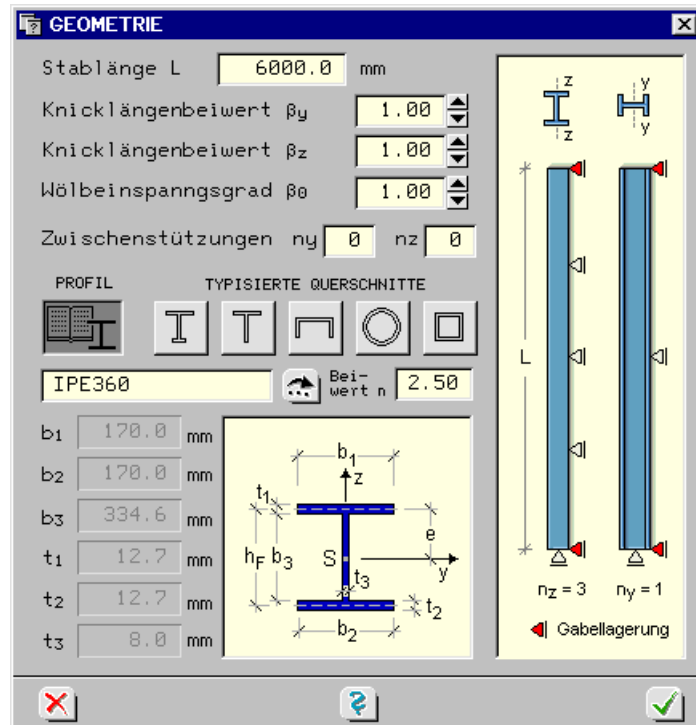
Geometriedaten  
festlegen

In der Eingabemaske für Geometriedaten sind neben der Stablänge  $L$  und den Querschnitts-abmessungen zusätzlich die **Knicklängenbeiwerte**  $\beta_y$  und  $\beta_z$  sowie der Wölbeinspanngrad  $\beta_0$  und die Anzahl evtl. vorhandener **Zwischenstützungen** einzugeben.

**Zwischenstützungen** Die Reduzierung der Knicklänge eines Stabes kann durch seitliche Abstützungen oder Verbände erfolgen. Die Anzahl der Zwischenstützungen wird mit  $n_y$  und  $n_z$  bezeichnet. Zwi-schenstützungen  $n_z$  verhindern ein Ausknicken senkrecht zur z-Achse und die Zwischenstüt-zungen  $n_y$  ein Ausknicken senkrecht zu y-Achse. Hierbei ist zu beachten, dass solche Zwi-schenstützungen keine Gabellagerung bieten. Die Zwischenstützungen verhindern zwar ein seitliches Ausweichen des Trägers nicht aber eine Verdrehung um seine Längsachse. Man kann diesen Sachverhalt auch so ausdrücken, dass durch die Zwischenstützungen die Knick-länge reduziert wird nicht aber die "Kipplänge".

In der Nachweisgleichung für das Biegedrillknicken wird also nur der Normalkraftterm beein-flusst. Wenn Träger untersucht werden sollen, bei denen die seitlichen Abstützungen konstruk-

tiv so ausgebildet werden, dass eine Gabellagerung angenommen werden kann, muss der Stabilitätsnachweis am Teilsystem zwischen den Gabellagerungen mit den zugehörigen Schnittgrößen geführt werden.



**Knicklängenbeiwert** Wenn keine Zwischenstützungen vorhanden sind, kann die Knicklänge auch über die Eingabe der Knicklängenbeiwerte  $\beta_y$  und  $\beta_z$  verändert werden. Mit Knicklängenbeiwerten  $0.5 < \beta < 1.0$  kann die Reduzierung der Knicklänge infolge einer Einspannung der Stabenden berücksichtigt werden. Mit  $\beta_z$  wird die Knicklänge senkrecht zur z-Achse und mit  $\beta_y$  die Knicklänge senkrecht zur y-Achse beeinflusst. Mit Knicklängenbeiwerten  $\beta > 1.0$  kann die Knicklänge für Stäbe in verschieblichen Rahmensystemen beschrieben werden.



Die Eingabe der Stabprofile kann als Walzprofil oder als Blechprofil (Typisierter Querschnitt) erfolgen. Walzprofile können über die Betätigung des **Pfeilsymbols** der Profildatei entnommen werden. Die Blechprofile werden über die Eingabe von Breite und Dicke der Einzelbleche beschrieben.

**Wölbeinspanngrad** Der Wölbeinspanngrad  $\beta_0$  kann Werte zwischen 0.5 und 1.0 annehmen. Bei  $\beta_0 = 0.5$  liegt starre Wölbeinspannung vor, die Verwölbung des Stabendquerschnittes ist also = 0. Der Wert  $\beta_0 = 1.0$  beschreibt ein Stabende, das sich frei verwölben kann.

Der für  $\beta_0$  anzusetzende Wert ist davon abhängig, wie die Stabenden angeschlossen sind. Dicke angeschweißte Fuß- oder Stirnplatten rufen eine starke Wölbeinspannung hervor (s. hierzu auch /17/). Die Wölbeinspannung vermindert die Knicklänge des betrachteten Stabes.

**Trägerbeiwert** Die Größe des Trägerbeiwertes  $n$  ist von der Art des verwendeten Trägers abhängig. Die Voreinstellung  $n = 2.5$  gilt für Walzprofile. Werte für andere Trägerarten wie Schweißträger, Voutenträger usw. können **DIN 18800**, T. 2, Tab. 9, entnommen werden.



Die Profilquerschnitte können der Profildatei entnommen werden oder über direkte Geometriebeschreibung der typisierten Querschnitte festgelegt werden.

Damit sind alle maßgebenden Querschnittswerte für den Biegedrillknicknachweis und den vereinfachten Beulnachweis bekannt.

## 5.2.2

### Material



Zum Aufruf der Materialdaten s. Abs. 3.1.2, S. 11.

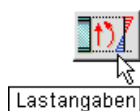
Zusätzlich zu den dort beschriebenen Möglichkeiten zur Eingabe von Materialkennwerten kann bei den Stabilitätsnachweisen an dieser Stelle die Knickspannungslinie angegeben werden.



Im Regelfall wird die für den Stabilitätsnachweis zugrunde zu legende Knickspannungslinie durch Tab. 5, **DIN 18800**, T. 2, angegeben. Kann mit dieser Tabelle keine passende Zuordnung des untersuchten Profils vorgenommen werden oder soll aus anderen Gründen von den Standardwerten abgewichen werden, kann der Anwender über den Menüpunkt **benutzerdefiniert** die gewünschte Knickspannungslinie zuordnen. Diese Zuordnung muss für die y- und z-Richtung vorgenommen werden.

### 5.2.3

### Belastung



Das dargestellte Symbol aktiviert das Eigenschaftsblatt zur Beschreibung der Belastung.

Folgende Schnittgrößen werden als Bemessungsgrößen (Designlasten) erwartet:

- konstante Normalkraft  $N_d \geq 0$ , Zug nicht zugelassen.
- am Stabanfang  $V_{1,d}$ ,  $M_{1,d}$
- in Stabmitte (oder maximal)  $V_{Q,d}$ ,  $M_{Q,d}$
- am Stabende  $V_{2,d}$ ,  $M_{2,d}$

Zusätzlich ist der **Materialsicherheitsbeiwert**  $\gamma_M$  festzulegen. Hier kann i. d. R. der Vorbelegungswert 1.1 beibehalten werden.

Bei der Momenteingabe ist zu beachten, dass vor der Eingabe der Ordinaten die Form der Momentenlinie definiert werden muss. Dies erfolgt durch das Einstellen der Auswahlliste zur Ermittlung des Momentenbeiwertes  $\zeta$ . In Abhängigkeit von der gewählten Einstellung (konstant, Parabel, Dreieck usw.) werden für die Momenteingabe 1, 2 oder 3 Eingabefelder freigegeben. Für die Berechnung des Momentenbeiwertes  $\zeta$  stehen die vier Standardwerte gemäß **DIN 18800**, T. 2, Tab. 10, zur Verfügung. Wenn allgemeine Momentenverläufe bearbeitet werden müssen, kann die Berechnung des  $\zeta$ -Wertes mit Hilfe der Verfahren von Kindmann /7/ und Lohse /13/ erfolgen (Einstellung Menüpunkt 5, Allg./Kindmann).



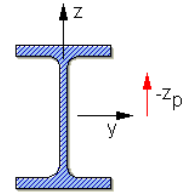
Die Eingabe der Momente erfolgt getrennt für Ergebnisse nach Th. I. und II. Ord. Wenn keine Ergebnisse nach Th. II. Ord. vorliegen, müssen in den entsprechenden Eingabefeldern die Werte nach Th. I. Ord. eingetragen werden. Es darf hier keinesfalls der Wert 0 eingegeben werden, da mit den Momenten nach Theorie II. Ordnung der Biegedrillknicknachweis geführt wird!



## Querbelastrung

$z_p$  ist der Abstand des Angriffspunktes der Querbelastrung vom Querschnittsschwerpunkt. Er besitzt auf der Biegezugseite positiven Wert.

Für  $\beta_y > 1$  mit alleiniger Wirkung innerer Schnittgrößen ist i. A.  $z_p = 0$ .



## 5.2.4

### Berechnungsprotokoll



Berechnung durchführen  
Ergebnisse einsehen

Durch Anklicken des **Rechnen**-Symbols werden die Eingaben einer Kontrolle unterzogen und die Berechnung durchgeführt. Die Ergebnisse und ihre Zwischenschritte werden zur Einsichtnahme im DTE®-Viewer sofort eingeblendet.

Die Interaktionselemente des DTE®-Viewers werden im Abs. 6, S. 74, beschrieben.

**DTE - Viewer [Detailnachweise]**

Seite 1 Zoom 1:4

**POS. 49: BDK MIT ND UND MD**

**Geometrie, Belastung und Materialkennwerte**  
BIEGEDRILLKNICKNACHWEIS einachsige Biegung mit Normalkraft (Prinzipsskizze)

Stablänge  $L = 6000$  mm  
Knicklängenbeiwert, Wölbeinspannungsgrad  
 $\beta_y = 1.00$   $\beta_z = 1.00$   $\beta_0 = 1.00$   
Anzahl Zwischenstützungen  
 $n_y = 0$   $n_z = 0$  (keine Gabelagerung)  
Querschnitt  
Profil: IPE360  
Materialdaten Stahl: S235 (St37)  
 $E = 210000.0$  N/mm<sup>2</sup>  $G = 81000.0$  N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{y,k} = 240.0$  N/mm<sup>2</sup>  $f_{y,kt} = 215.0$  N/mm<sup>2</sup>  
Schnittgrößen Theorie I. / II. Ordnung  
 $N_d = 150.00$  /  $150.00$  kN  
 $V_{1,d} = 26.00$  kN,  $M_{1,d} = 0.00$  /  $0.00$  kNm  
 $V_{0,d} = 26.00$  kN,  $M_{0,d} = 89.00$  /  $89.00$  kNm  
 $V_{r,d} = 26.00$  kN,  $M_{r,d} = 0.00$  /  $0.00$  kNm  
Beiwerte  
 $k_n = 1.00$   $n = 2.50$  (Bild 14 / Tab. 9)  
 $\zeta = 1.35$  (dreieckförmige Momentenverteilung)  
 $M_{k1,k}$  (wird errechnet)  
Angriffspunkt der Querlast  $z_p = -180.0$  mm

Material-Sicherheitsbeiwert Stahl:  $\gamma_M = 1.10$ ,  $\lambda_a = 92.9$

**Nachweise nach Element 314, 320 (T.2)**

**Maßgebende Querschnittswerte**  
 $A = 72.7$  cm<sup>2</sup>  
 $W_{el,y} = 904.0$  cm<sup>3</sup>  $W_{p1,y} = 1019.0$  cm<sup>3</sup>  $\Rightarrow \alpha_{p10} = 1.13$   $\alpha_{p1} = 1.13$   
 $I_y = 16270.0$  cm<sup>4</sup>  $I_z = 1040.0$  cm<sup>4</sup>  
 $I_T = 37.5$  cm<sup>4</sup>  $I_w = 313600.0$  cm<sup>6</sup>  
 $h_F = 347.3$  mm  $e = 173.6$  mm  $z_M = 0.0$  mm  $c = 284.2$  mm  $r_y = 0.0$  mm  
 $i_y = 149.6$  mm  $i_z = 37.8$  mm  $i_p = 154.3$  mm  $i_M = 154.3$  mm

**Bemessungsgrößen**  
 $N_{p1,d} = 1586.18$  kN  $V_{p1,d} = 349.99$  kN  
 $M_{p10,d} = 222.33$  kNm  $M_{p1,d} = 222.33$  kNm  $M_{p1,d}^* = 222.33$  kNm

**Nachweis b/t-Verhältnis**  
vorh. (b/t) --0 =  $4.96 < \text{grenz (b/t) --0} = 17.51$  (Flansch, oben)  
vorh. (b/t) 0-0 =  $37.33 < \text{grenz (b/t) 0-0} = 122.85$  (Stegblech)  
vorh. (b/t) --0 =  $4.96 < \text{grenz (b/t) --0} = 42.07$  (Flansch, unten)

**Biegeknicken senkrecht zur y-Achse: (EL.314)**  
 $S_{ky} = \beta_y \cdot L = 6000$  mm  $\Rightarrow \lambda_{ky} = 40.1$   $\lambda_{v1} = 158.6 \Rightarrow \lambda_{ky} = 0.432 \Rightarrow \kappa_y(a) = 0.944$   
 $N_d/N_{p1,d} = 0.095$   $V_d/V_{p1,d} = 0.074$   $M_d/M_{p1,d}^* = 0.400$   $\beta_m = 1.000$   $\Delta n = 0.015$   
Ausnutzung =  $0.100 + 0.400 + 0.015 = 0.515 < 1$

**Biegedrillknicken: (EL. 320)**  
 $N_{k1,z,d} = 544.3$  kN  $N_{k1,\theta,d} = 1849.1$  kN  $N_{k1,\lambda_{v1},d} = 544.3$  kN  
 $N_{k1,d} = 544.3$  kN (Biegeknicklast maßgebend)  
 $S_{kz} = \beta_z \cdot L = 6000$  mm  $\Rightarrow \lambda_{kz} = 158.6$   $\lambda_{v1} = 158.6 \Rightarrow \lambda_{kz} = 1.707 \Rightarrow \kappa_z(b) = 0.276$   
 $M_{k1,d} = 152.9$  kNm  $\lambda_M^2 = M_{p1,d}/M_{k1,d} = 1.454 \Rightarrow \kappa_M(n=2.50) = 0.603$   
mit  $\beta_M = 1.400 \Rightarrow a_y = 0.208 \Rightarrow \kappa_y = 0.929$   
Ausnutzung =  $0.343 + 0.617 = 0.959 < 1$

Maximale Ausnutzung  $0.959 < 1 \Rightarrow$  Nachweis erfüllt.

## 5.2.5

### Druckdokument



Ergebnisse drucken

Durch Anklicken des **Ausgabe**-Symbols wird der Druckmanager geladen und die Ausgabe des gerade bearbeiteten Nachweistyps auf dem Drucker kann direkt erfolgen, ohne die Eingabeprozedur zu verlassen.

Die Druckausgabe aller in einem Bauteil vom Typ *Detailnachweise* zusammengefassten, berechneten Nachweistypen kann auch in einem Zuge erfolgen, so dass eine Gesamtliste aller

zum Projekt gehörenden Nachweistypen in einem Arbeitsgang erzeugt wird (s. Abs. 7, S. 74).

### 5.3

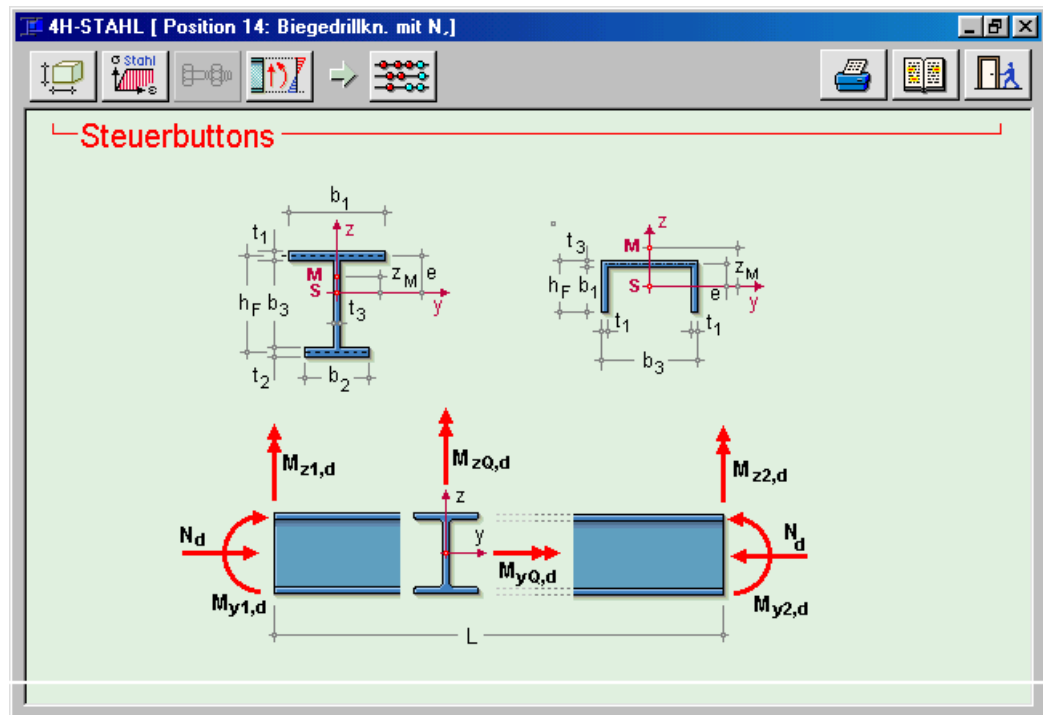
## Biegedrillknicken mit $N$ , $M_y$ und $M_z$



Biegedrillkn.  
mit  $N, M_y, M_z$

Der Tragsicherheitsnachweis wird n. **DIN 18800**, T. 2, Abs. 3.5, El. 322 und 323, für Biegeknicken und Biegedrillknicken geführt.

Zudem wird der vereinfachte **Beulnachweis** über die  $b/t$ -Verhältnisse geführt.



**Anwendungsgrenzen** Die Anwendungsgrenzen des Programms ergeben sich aus den Vorgaben von DIN 18800, T. 2, El. 323. Das beschriebene Nachweisverfahren gilt nur für Stäbe, in denen die Normalkraft konstant ist und keine planmäßige Torsion auftritt.

**T-Querschnitte** sind hier nicht zulässig. Dies bedeutet, dass ein typisierter I-Querschnitt nicht durch Eingabe einer kleinen Flanscbreite zu einem T-Querschnitt gemacht werden sollte.

### Biegeknicken El. 322

$$\frac{N_d}{\kappa \cdot N_{pl,d}} + \frac{\beta_{m,y} \cdot M_{y,d}}{M_{pl,y,d}} \cdot k_y + \frac{\beta_{m,z} \cdot M_{z,d}}{M_{pl,z,d}} \cdot k_z + \Delta n \leq 1$$

Der Abminderungsfaktor  $\kappa$  ist in Abhängigkeit vom bezogenen Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_K$  und der dem jeweiligen Querschnitt zugeordneten **Knickspannungslinie** für Ausweichen in der Momentebene zu ermitteln. Die Momentenbeiwerte  $\beta_{m,y}$  und  $\beta_{m,z}$  werden aus der gegebenen Momentenverteilung gemäß **DIN 18800**, T. 2, Tab. 11, ermittelt.



Hierbei ist zu beachten, dass Momentenbeiwerte  $\beta_m < 1$  nur bei Stäben mit unverschieblicher Lagerung der Stabenden und gleichbleibendem Querschnitt unter konstanter Druckkraft ohne Querlasten zulässig sind.

### Biegedrillknicken El. 323

$$\frac{N_d}{\kappa_z \cdot N_{pl,d}} + \frac{M_{y,d}}{\kappa_M \cdot M_{pl,y,d}} \cdot k_y + \frac{M_{z,d}}{M_{pl,z,d}} \cdot k_z \leq 1$$

Der Abminderungsfaktor  $\kappa$  ist in Abhängigkeit vom bezogenen Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_K$  und der dem jeweiligen Querschnitt zugeordneten Knickspannungslinie für Ausweichen rechtwinklig zur z-Achse zu ermitteln. Darüber hinaus wird die Verzweigungslast  $N_{Ki}$  als kleinste Verzweigungslast benötigt. Der Momentenbeiwert  $\beta_{m,y}$  wird aus der gegebenen Momentenverteilung berechnet. Mit diesen Hilfwerten lässt sich  $k_y$  ermitteln.

Das ideale **Biegedrillknickmoment**  $M_{Ki}$  wird vom Programm nach den /17/ entnommenen Formeln berechnet.

Ideelle Vergleichsschlankheit:

$$\lambda_{Vi} = \lambda_{zi} = \frac{\beta \cdot l}{i_z} \sqrt{\frac{c^2 + i_M^2 + a \cdot (2 \cdot z_M - r_y)}{2 \cdot c^2} \cdot \left\{ 1 \pm \sqrt{1 - \frac{4c^2 \cdot \left[ i_p^2 - (r_y + a) \cdot a + 0.093 \left( \frac{\beta^2}{\beta_0^2} - 1 \right) \cdot (a + z_M)^2 \right]}{[c^2 + i_M^2 + a \cdot (2 \cdot z_M - r_y)]^2}} \right\}}$$

Ideales Biegedrillknickmoment  $M_{Ki}$ :

$$M_{Ki} = \zeta \frac{\pi^2 \cdot E I_z}{(\beta \cdot l)^2} \left[ \sqrt{\left( \beta^2 \frac{e}{2} - \frac{r_y}{3} + z_M \right)^2 + c^2} - \left( \beta^2 \frac{e}{2} - \frac{r_y}{3} + z_M \right) \right]$$

Alle maßgebenden Teilergebnisse werden im Programmausdruck protokolliert.

### 5.3.1 Geometrie



Geometriedaten festlegen

In der Eingabemaske für Geometriedaten sind neben der Stablänge  $L$  und den Querschnittsabmessungen zusätzlich die **Knicklängenbeiwerte**  $\beta_y$  und  $\beta_z$  sowie der Wölbeinspannungsgrad  $\beta_0$  und die Anzahl evtl. vorhandener **Zwischenstützungen** einzugeben.

**Zwischenstützungen** Die Reduzierung der Knicklänge eines Stabes kann durch seitliche Abstützungen oder Verbände erfolgen. Die Anzahl der Zwischenstützungen wird mit  $n_y$  und  $n_z$  bezeichnet. Zwischenstützungen  $n_z$  verhindern ein Ausknicken senkrecht zur  $z$ -Achse und die Zwischenstützungen  $n_y$  ein Ausknicken senkrecht zu  $y$ -Achse. Hierbei ist zu beachten, dass solche Zwischenstützungen keine Gabellagerung bieten. Die Zwischenstützungen verhindern zwar ein seitliches Ausweichen des Trägers nicht aber eine Verdrehung um seine Längsachse. Man kann diesen Sachverhalt auch so ausdrücken, dass durch die Zwischenstützungen die Knicklänge reduziert wird nicht aber die "Kipplänge".

In der Nachweisgleichung für das Biegedrillknicken wird also nur der Normalkraftterm beeinflusst. Wenn Träger untersucht werden sollen, bei denen die seitlichen Abstützungen konstruktiv so ausgebildet werden, dass eine Gabellagerung angenommen werden kann, muss der Sta-

bilitätsnachweis am Teilsystem zwischen den Gabelagerungen mit den zugehörigen Schnittgrößen geführt werden.

**Knicklängenbeiwert** Wenn keine Zwischenstützungen vorhanden sind, kann die Knicklänge auch über die Eingabe der Knicklängenbeiwerte  $\beta_y$  und  $\beta_z$  verändert werden. Mit Knicklängenbeiwerten  $0.5 < \beta < 1.0$  kann die Reduzierung der Knicklänge infolge einer Einspannung der Stabenden berücksichtigt werden. Mit  $\beta_z$  wird die Knicklänge senkrecht zur z-Achse und mit  $\beta_y$  die Knicklänge senkrecht zur y-Achse beeinflusst. Mit Knicklängenbeiwerten  $\beta > 1.0$  kann die Knicklänge für Stäbe in verschieblichen Rahmensystemen beschrieben werden.



Die Eingabe der Stabprofile kann als Walzprofil oder als Blechprofil (Typisierter Querschnitt) erfolgen. Walzprofile können über die Betätigung des **Pfeilsymbols** der Profildatei entnommen werden. Die Blechprofile werden über die Eingabe von Breite und Dicke der Einzelbleche beschrieben.

**Wölbeinspanngrad** Der Wölbeinspanngrad  $\beta_0$  kann Werte zwischen 0.5 und 1.0 annehmen. Bei  $\beta_0 = 0.5$  liegt starre Wölbeinspannung vor, die Verwölbung des Stabendquerschnittes ist also = 0. Der Wert  $\beta_0 = 1.0$  beschreibt ein Stabende, das sich frei verwölben kann.

Der für  $\beta_0$  anzusetzende Wert ist davon abhängig, wie die Stabenden angeschlossen sind. Dicke angeschweißte Fuß- oder Stirnplatten rufen eine starke Wölbeinspannung hervor (s. hierzu auch /17/). Die Wölbeinspannung vermindert die Knicklänge des betrachteten Stabes.

**Trägerbeiwert** Die Größe des Trägerbeiwertes  $n$  ist von der Art des verwendeten Trägers abhängig. Die Voreinstellung  $n = 2.5$  gilt für Walzprofile. Werte für andere Trägerarten wie Schweißträger, Voutenträger usw. können **DIN 18800**, T. 2, Tab. 9, entnommen werden.



Querschnitte können der Profildatei entnommen werden oder über parametrisierte Geometriebeschreibung der typisierten Querschnitte vorgegeben werden.

Damit sind alle maßgebenden Querschnittswerte für den Biegedrillknicknachweis und den vereinfachten Beulnachweis bekannt.

### 5.3.2

#### Material



Zum Aufruf der Materialdaten s. Abs. 3.1.2, S. 11.

Zusätzlich zu den dort beschriebenen Möglichkeiten zur Eingabe von Materialkennwerten kann bei den Stabilitätsnachweisen an dieser Stelle die Knickspannungslinie angegeben werden.

Im Regelfall wird die für den Stabilitätsnachweis zugrunde zu legende Knickspannungslinie durch Tab. 5, **DIN 18800**, T. 2, angegeben. Kann mit dieser Tabelle keine passende Zuordnung des untersuchten Profils vorgenommen werden oder soll aus anderen Gründen von den Standardwerten abgewichen werden, kann der Anwender über den Menüpunkt **benutzerdefiniert** die gewünschte Knickspannungslinie zuordnen. Diese Zuordnung muss für die y- und z-Richtung vorgenommen werden.

### 5.3.3

### Belastung



Das Eigenschaftsblatt zur Eingabe der Belastung wird über den dargestellten Button aufgerufen.

**BELASTUNG**

**MOMENTE - y**

$M_{y1,d}$  0.00 kNm

$M_{yQ,d}$  40.63 kNm

$M_{y2,d}$  0.00 kNm

$N_d$  100.00 kN

**MOMENTE - z**

$M_{z1,d}$  kNm

$M_{zQ,d}$  3.13 kNm

$M_{z2,d}$  kNm

$M_{ki,k}$  0.00 kNm

**SNITTGRÖßEN NACH THEORIE II. ORDNUNG FÜR DEN BIEGEDRILLKNICK-NACHWEIS**

$N_d$  100.00 kN

**MOMENTE**

$M_{y1,d}$  0.00 kNm

$M_{yQ,d}$  40.63 kNm

$M_{y2,d}$  0.00 kNm

**ANGRIFFSPUNKT QUERLASTEN**

$z_p$  -150.0 mm

**MATERIALSICHERHEIT**

$\gamma_M$  1.10

**MOMENTENVERT.  $M_{y,d}$**

**MOMENTENVERT.  $M_{z,d}$**

allgemein konstant

Schnittgrößen werden als Bemessungsgrößen (Designlasten) erwartet:

- konstante Normalkraft  $N_d \geq 0$ , Zug nicht zugelassen.
- $M_{y1,d}$ ,  $M_{z1,d}$  am Stabanfang
- $M_{yQ,d}$ ,  $M_{zQ,d}$  in Stabmitte (oder maximal)
- $M_{y2,d}$ ,  $M_{z2,d}$  am Stabende

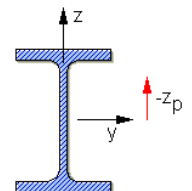
Zusätzlich ist der **Materialsicherheitsbeiwert**  $\gamma_M$  festzulegen. Hier kann in der Regel der Vorbelegungswert 1.1 beibehalten werden.

Vor Eingabe der Momentenwerte ist Form der Momentenlinie zu definieren. Dies erfolgt durch das Einstellen der Auswahlliste zur Ermittlung des Momentenbeiwertes  $\zeta$ . In Abhängigkeit von der gewählten Einstellung (konstant, Parabel, Dreieck usw.) werden für die Momenteneingabe 1, 2 oder 3 Eingabefelder freigegeben. Für die Berechnung des Momentenbeiwertes  $\zeta$  stehen die vier Standardwerte gemäß **DIN 18800**, T. 2, Tab. 10, zur Verfügung. Wenn allgemeine Momentenverläufe bearbeitet werden müssen, kann die Berechnung des  $\zeta$ -Wertes mit Hilfe der Verfahren von Kindmann /7/ und Lohse /13/ erfolgen (Einstellung Menüpunkt 5, Allg/Kindmann).

### Querbelastung

$z_p$  ist der Abstand des Angriffspunktes der Querbelastung vom Querschnittsschwerpunkt. Er besitzt auf der Biegezugseite positiven Wert.

Für  $\beta_y > 1$  mit alleiniger Wirkung innerer Schnittgrößen ist i. A.  $z_p = 0$ .



### 5.3.4

### Berechnungsprotokoll



Berechnung durchführen  
Ergebnisse einsehen

Durch Anklicken des **Rechnen**-Symbols werden die Eingaben einer Kontrolle unterzogen und die Berechnung durchgeführt. Die Ergebnisse und ihre Zwischenschritte werden zur Einsichtnahme im DTE®-Viewer sofort eingeblendet.

Die Interaktionselemente des DTE®-Viewers werden im Abs. 6, S. 74, beschrieben.

**DTE - Viewer [Detailnachweise]**

Seite 1 Zoom 1:4

**POS. 50: BDK ND, MYD, MZD**

**Geometrie, Belastung und Materialkennwerte**  
BIEGEDRILLKNICKEN zweiachsig BIEGUNG mit/ohne NORMALKRAFT (Prinzipkizze)

Stablänge  $L = 5000 \text{ mm}$   
Knicklängenbeiwert, Wölbeinspannungsgrad  
 $\beta_y = 1.00 \quad \beta_z = 1.00 \quad \beta_0 = 1.00$   
Anzahl Zwischenstützungen  
 $n_y = 0 \quad n_z = 0$  (keine Gabelagerung)  
Querschnitt Profil: IPE300  
Materialdaten Stahl: S235 (St37)  
 $E = 210000.0 \text{ N/mm}^2 \quad G = 81000.0 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{y,k} = 240.0 \text{ N/mm}^2 \quad f_{y,kt} = 215.0 \text{ N/mm}^2$   
Schnittgrößen Theorie I. / II. Ordnung  
 $N_d = 100.0 / 100.0 \text{ kN}$   
 $M_{y1,d} = 0.0 / 0.0, M_{z1,d} = 0.0 \text{ kNm}$   
 $M_{yFe1,d} = 40.6 / 40.6, M_{zFe1,d} = 3.1 \text{ kNm}$   
 $M_{y2,d} = 0.0 / 0.0, M_{z2,d} = 0.0 \text{ kNm}$   
Beiwerte  
 $k_n = 1.00 \quad n = 2.50$  (Bild 14 / Tab. 9)  
 $\zeta_y = 1.12$  (parabelförmige Momentenverteilung)  
 $M_{k1,k}$  (wird errechnet)  
Angriffspunkt der Querlast  $z_p = -150.0 \text{ mm}$

Material-Sicherheitsbeiwert Stahl:  $\gamma_M = 1.10, \lambda_a = 92.9$

**Nachweise nach Element 322, 323 (T.2)**

Maßgebende Querschnittswerte

$A = 53.8 \text{ cm}^2$	$W_{el,y} = 557.0 \text{ cm}^3$	$W_{pl,y} = 628.0 \text{ cm}^3$	$\alpha_{p10,y} = 1.13$	$\alpha_{p1,y} = 1.13$
$W_{el,z} = 80.5 \text{ cm}^3$	$W_{pl,z} = 125.0 \text{ cm}^3$	$\alpha_{p10,z} = 1.55$	$\alpha_{p1,z} = 1.25$	
$I_y = 8360.0 \text{ cm}^4$	$I_z = 604.0 \text{ cm}^4$	$I_T = 20.2 \text{ cm}^4$	$I_\omega = 125900.0 \text{ cm}^6$	
$h_F = 289.3 \text{ mm}$	$e = 144.6 \text{ mm}$	$c = 231.2 \text{ mm}$	$z_M = 0.0 \text{ mm}$	
$i_y = 124.7 \text{ mm}$	$i_z = 33.5 \text{ mm}$	$i_p = 129.1 \text{ mm}$	$i_M = 129.1 \text{ mm}$	

Bemessungsgrößen  
 $N_{p1,d} = 1173.8 \text{ kN}$   
 $M_{p10,y,d} = 137.0 \text{ kNm} \quad M_{p1,y,d} = 137.0 \text{ kNm} \quad M_{p10,z,d} = 27.3 \text{ kNm} \quad M_{p1,z,d} = 22.0 \text{ kNm}$

Nachweis b/t-Verhältnis  
vorh. (b/t) --0 = 5.28 < grenz (b/t) --0 = 17.23 (Flansch)  
vorh. (b/t) 0-0 = 35.01 < grenz (b/t) 0-0 = 129.43 (Stegblech)  
vorh. (b/t) --0 = 5.28 < grenz (b/t) --0 = 44.33 (Flansch, unten)

Biegeknicken: (EL. 322)  $N_d / (\kappa \cdot N_{p1,d}) + \beta_{m,y} \cdot M_{y,d} \cdot \kappa_y / M_{p1,y,d} + \beta_{m,z} \cdot M_{z,d} \cdot \kappa_z / M_{p1,z,d} + \Delta n \leq 1$   
 $\kappa_y = \beta_y \cdot L = 5000 \text{ mm} \Rightarrow \lambda_{ky} = 40.1 \Rightarrow \lambda_{ky} = 0.432 \Rightarrow \kappa_y(a) = 0.944$   
 $\kappa_z = \beta_z \cdot L = 5000 \text{ mm} \Rightarrow \lambda_{kz} = 149.2 \Rightarrow \lambda_{kz} = 1.606 \Rightarrow \kappa_z(b) = 0.306 \Rightarrow \kappa = \min(\kappa_y, \kappa_z) = 0.306$   
 $N_d / N_{p1,d} = 0.085 \quad M_{y,d} / M_{p1,y,d} = 0.296 \quad M_{z,d} / M_{p1,z,d} = 0.142$   
 $\beta_{m,y} = 1.000 \quad \kappa_y = 0.793 \quad \beta_{m,z} = 1.000 \quad \kappa_z = 1.000 \quad \Delta n = 0.049$   
Ausnutzung =  $0.278 + 0.235 + 0.142 + 0.049 = 0.704 < 1$

Biegedrillknicken: (EL. 323)  $N_d / (\kappa_z \cdot N_{p1,d}) + M_{y,d} \cdot \kappa_y / (\kappa_M \cdot M_{p1,y,d}) + M_{z,d} \cdot \kappa_z / M_{p10,z,d} \leq 1$   
 $N_{k1,z,d} = 455.2 \text{ kN} \quad N_{k1,o,d} = 658.8 \text{ kN} \quad N_{k1,\lambda_{vi},d} = 455.2 \text{ kN}$   
 $N_{k1,d} = 455.2 \text{ kN}$  (Biegeknicklast maßgebend)  
 $\lambda_{vi} = 149.2 \quad M_{k1,d} = 85.7 \text{ kNm} \Rightarrow \lambda_M = 1.265 \Rightarrow \kappa_M(n=2.50) = 0.561$   
 $\beta_{m,y} = 1.300 \quad a_y = 0.163 \Rightarrow \kappa_y = 0.955 \quad \beta_{m,z} = 1.300 \quad a_z = -1.695 \Rightarrow \kappa_z = 1.472$   
Ausnutzung =  $0.278 + 0.504 + 0.169 = 0.951 < 1$   
Maximale Ausnutzung  $0.951 < 1 \Rightarrow$  Nachweis erfüllt.

### 5.3.5

### Druckdokument



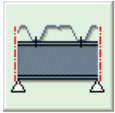
Ergebnisse drucken

Durch Anklicken des **Ausgabe**-Symbols wird der Druckmanager geladen und die Ausgabe des gerade bearbeiteten Nachweistyps auf dem Drucker kann direkt erfolgen, ohne die Eingabeprozedur zu verlassen.

Die Druckausgabe aller in einem Bauteil vom Typ *Detailnachweise* zusammengefassten, berechneten Nachweistypen kann auch in einem Zuge erfolgen, so dass eine Gesamtliste aller zum Projekt gehörenden Nachweistypen in einem Arbeitsgang erzeugt wird (s. Abs. 7, S. 74).

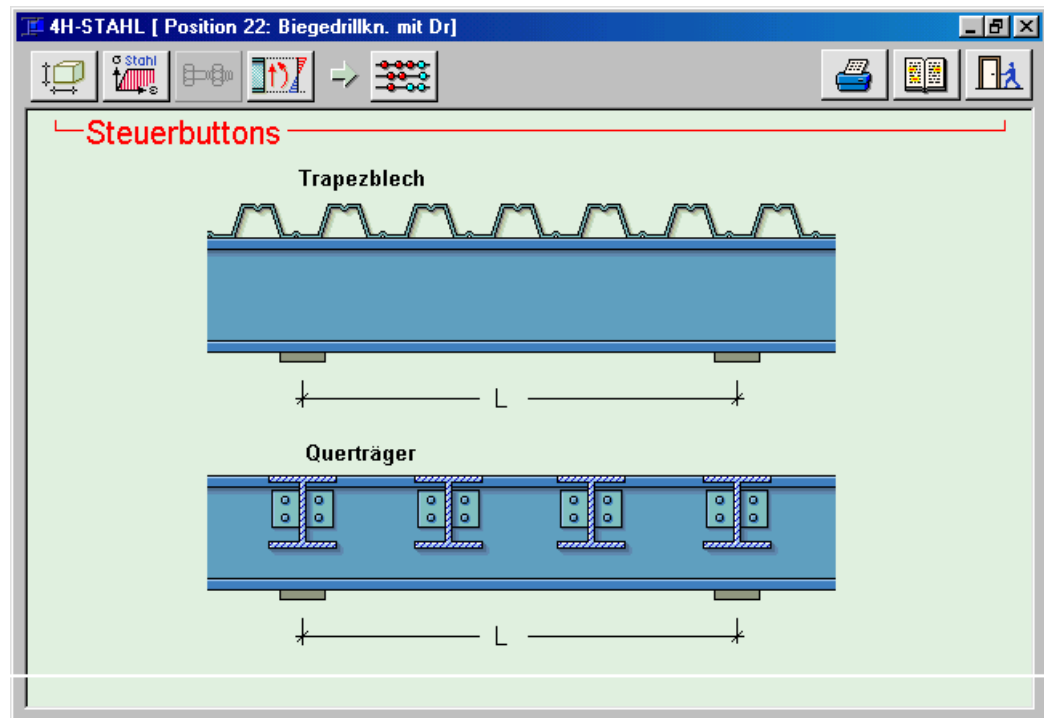
## 5.4

### Biegedrillknicken mit Drehbettung



Biegedrillkn.  
mit Drehbettung

Der Biegedrillknicknachweis für drehgebettete I-Querschnitte wird n. **DIN 18800**, T. 2, El. 308 bis 311, geführt.



Für drehgebettete Träger gem. obiger Prinzipskizze, deren seitliche Verschiebung und/oder Verdrehung behindert ist, wird der Biegedrillknicknachweis an einem Ersatzstab geführt. Die Aussteifung kann erreicht werden durch

- **Trapezbleche** (Stahl oder Aluminium), Sandwich- und Faserzementplatten
- Querträger.

Zur Vermeidung der Kippgefahr sind alle Maßnahmen geeignet, die die **Seitensteifigkeit** und die **Drillsteifigkeit** erhöhen. Dabei ist stets auch auf eine kipp sichere Auflagerung zu achten!

Die Nachweise für die Aussteifung von Trägern durch Trapezprofile oder Querträger werden in drei Schritten durchgeführt.

Im ersten Schritt wird untersucht, ob die **Schubsteifigkeit** der seitlichen Abstützung ausreicht, um den Träger als unverschieblich gehalten ansehen zu können. Gemäß **DIN 18800**, T. 2, El. 308, muss dazu mindestens folgende Schubsteifigkeit vorhanden sein:

$$S \geq \left( E \cdot I_w \cdot \frac{\pi^2}{L^2} + G \cdot I_T + E \cdot I_z \cdot \frac{\pi^2}{L^2} \cdot 0.25 h^2 \right) \cdot \frac{70}{h^2}$$

D. h., wenn die Aussteifungskonstruktion eine größere Schubsteifigkeit aufweist als der nach obiger Gleichung ermittelte Wert, gilt der Träger als am Obergurt seitlich unverschieblich gehalten. In diesem Fall wird von einer gebundenen **Drehachse** gesprochen.

Im zweiten Schritt wird nun die Behinderung der Verdrehung des Trägers durch eine ausreichende Drehbettung gemäß El. 309 nachgewiesen. Die Drehbettung gilt als ausreichend, wenn die Bedingung

$$c_{9,k} \geq \frac{M_{pl,k}^2}{E \cdot I_{z,k}} \cdot k_9 \cdot k_v$$

erfüllt ist.



$c_{9,k}$  ist hier die wirksame **Drehbettung**. Die Berechnung von  $c_{9,k}$  kann nach EI. 309, Gl. 9, erfolgen.

$$\frac{1}{c_{9,k}} = \frac{1}{c_{9M,k}} + \frac{1}{c_{9A,k}} + \frac{1}{c_{9P,k}}$$

Die Drehbettung setzt sich also aus den Anteilen

- $c_{9M,k}$  Drehbettung aus der Biegesteifigkeit des abstützenden Bauteils
- $c_{9A,k}$  Drehbettung aus der Verformung des Anschlusses und
- $c_{9P,k}$  Drehbettung aus der Profilverformung des gestützten Trägers.

zusammen.

Wenn die vorhandene Drehbettung ausreicht, kann die Nachweisführung hier beendet werden.

**Trapezblechaussteifung** Die Drehbettung aus der Nachgiebigkeit des Anschlusses kann aus der folgenden Tabelle durch Eingabe der Zeilen- und Spaltennummer entnommen werden.

Zeile	Trapezprofil-lage		Schrauben im		Schraubenabstand		Scheibendurchmesser	$\bar{c}_{9A,k}$	max $b_t$
	+	-	UG	OG	$b_t$	$2b_t$			
	Auflast								
1	x		x		x		22	5.2	40
2	x		x			x	22	3.1	40
3		x		x	x		Ka	10.0	40
4		x		x		x	Ka	5.2	40
5		x	x		x		22	3.1	120
6		x	x			x	22	2.0	120
	Sog								
7	x		x		x		16	2.6	40
8	x		x			x	16	1.7	40

DIN 18800 (2), Tab.7: Charakteristische Werte für die **Anschlusssteifigkeiten**  $c_{9A,k}$  von Trapezprofilen aus Stahl, bezogen auf eine Gurtbreite  $b = 100 \text{ mm}$ .

Wenn keine ausreichend große Drehbettung vorliegt, muss im dritten Nachweisschritt der Biegedrillknicknachweis mit einem ideellen Torsionsträgheitsmoment  $I_{T,id}$  geführt werden. Hierbei wird das Torsionsträgheitsmoment  $I_T$  des Trägers um einen Anteil aus Drehbettung und einen Anteil aus der Schubsteifigkeit der Aussteifungskonstruktion vergrößert.

$$I_{T,id} = I_T + \text{vorh} c_{9,k} \cdot \frac{L^2}{G \cdot \pi^2} + 0.25 \cdot \text{vorh} S \cdot \frac{h^2}{G}$$

- $G$  Schubmodul
- $h$  Trägerhöhe
- $L$  Stützweite des auszusteifenden Trägers
- $\text{vorh} c_{9,k}$  wirksame vorhandene Drehbettung
- $\text{vorh} S$  vorhandene Schubsteifigkeit der Trapezblechscheiben

**Querträgeraussteifung** Die Aussteifung durch Querträger unterscheidet sich von der Trapezblechaussteifung im Wesentlichen nur dadurch, dass die Aussteifung in diskreten Punkten erfolgt. EI. 309 setzt jedoch eine kontinuierliche Drehbettung voraus. Die vorliegende diskrete Drehbettung darf jedoch in eine kontinuierliche Drehbettung umgerechnet werden, wenn zusätzlich für den dazwischen liegenden freien Bereich des Druckgurtes der Nachweis nach EI. 310 geführt wird.



Die Verbindungsmittel werden nicht nachgewiesen!

## 5.4.1

## Geometrie



Geometriedaten festlegen

Der Button **Geometriedaten festlegen** ruft das Eigenschaftsblatt zur Bestimmung der Trägergeometrie und der Aussteifung auf.

Die Stützweite des auszusteienden Trägers und seine Querschnittsgeometrie sind anzugeben.



Durch den nebenstehenden Button wird die Definition eines Standardquerschnitts aus der Profilbibliothek initialisiert.



Nach Anklicken des **Pfeilsymbols** neben der Eingabezeile für das Profil erscheint die Auswahl der für den Biegedrillknicknachweis mit Drehbettung zugelassenen Walzprofile.



Die Querschnittsgeometrie kann durch Vorgabe der Werte  $b_1$ ,  $b_3$ ,  $t_1$  und  $t_3$  frei angegeben werden.

Zur Beschreibung der Aussteifung bestehen zwei Alternativen:

- über Trapezblech oder
- mit Querträgern.

## Kontinuierliche Trapezblechaussteifung



Die Kontinuierliche Trapezblechaussteifung kann durch Angabe eines Hoesch-Profil-Namens oder durch eine allgemeine Beschreibungsform deklariert werden.

Bei Profilvorgabe sind Lage (positiv/negativ), Profildicke, Verschraubungsart gem. **DIN 18807**, T. 3, Bild 6 oder 7, anzugeben.

Unter *Allgemein* sind die der entsprechenden Zulassung für Stahltrapezprofile zu entnehmenden Schubsteifigkeitsbeiwerte  $K_1$ , und  $K_2$ , das effektive Trägheitsmoment  $I_{eff}$  sowie der E-Modul direkt vorzugeben.

Der charakteristische Beiwert für die **Anschlusssteifigkeit**  $c_{9A,k}$  kann explizit eingesetzt oder der integrierten Tab. 7 der **DIN 18800** entnommen werden.

Weiterhin sind Angaben zum statischen System des Trapezbleches erforderlich. Dies sind die Anzahl der Felder, über die es läuft, sowie die Gesamtlänge und die Ausführungsart des Feldes alternativ als Schubfeld oder nicht.

## Querträger



Durch Anklicken des **Pfeilsymbols** neben der Profilbezeichnung erscheint wieder die oben gezeigte Auswahl der für die Aussteifung zugelassenen Walzprofile.

Ferner sind die Stützweite  $a$  des Querträgers und die QT-Einflussbreite  $b$ , die i. A. dem Abstand der Querträger entspricht, anzugeben.

Die Ausführung der Anschlussgeometrie QT an HT wird gemäß der Darstellung im Eigenschaftsblatt über die Werte für die Kopfplattenbreite  $b$ , ihre Höhe  $e$  und den Abstand  $h$  UK-HT bis UK-Kopfplatte erfasst.

## 5.4.2

### Material



Zum Aufruf der Materialdaten s. Abs. 3.1.2, S. 11.

Die Materialkennwerte können hier für den Stahlträger und das Trapezblech getrennt eingegeben werden. Dies bietet dem Programmanwender die Möglichkeit, Dacheindeckungen aus anderen Materialien wie z.B. Aluminium zu berücksichtigen.

## 5.4.3

### Belastung



Lastangaben

Der Eingabebutton **Belastung** blendet das Eigenschaftsblatt zur Eingabe der Stabendmomente  $M_A$ ,  $M_B$ , des maximalen Feldmomentes  $M_m$ , der Normalkraft  $N_d$  (als Bemessungsgrößen, Designlasten) und des **Materialsicherheitsbeiwertes**  $\gamma_M$  ein.

$\zeta$  (T.2 Tab.10)

nach KINDMANN

1.0 (konstant)

1.12 (Parabel)

1.35 (Dreieck)

1.77-0.77\*psi

Zur Berechnung des idealen **Biegedrillknickmomentes**  $M_{ki,k}$  können die Momentenbeiwerte  $\zeta$  nach Kindmann /6/ bzw. **DIN 18800** (2), Tab.10, ermittelt werden. Wenn  $M_{ki,k}$  aus einer anderen Berechnung bekannt ist, kann er auch in das grau hinterlegte Feld eingetragen werden.

## Tabelle

Berechnung des idealen Biegedrillknickmomentes nach Kindmann für gabelgelagerte Einfeldträger mit Randmomenten und Gleichstreckenlasten.

$$M_{ki}(x) = \frac{M_{ki,0} \cdot M(x)}{M_0}$$

$\psi = \frac{M_B}{M_0}$		$\zeta_0$ für $M_A = 0$	$\zeta_0$ für $M_A = \frac{M_B}{2}$	$\zeta_0$ für $M_A = M_B$	
		$\psi$			
	0	1.12	1.12	1.12	
	-0.1	1.19	1.22	1.26	
	-0.2	1.26	1.34	1.44	
	-0.3	1.34	1.49	1.67	
	-0.4	1.43	1.67	2.00	
	-0.5	1.53	1.90	2.46	
	-0.6	1.64	2.19	3.17	
	-0.7	1.76	2.57	4.30	
	-0.8	1.91	3.09	5.61	
	-0.9	2.06	3.78	5.15	
	-1.0	2.24	4.43	4.10	
$\frac{1}{\psi}$					
	-0.9	2.42	4.19	3.12	
	-0.8	2.66	3.42	2.31	
	-0.7	2.78	2.63	1.68	
	-0.6	2.38	1.93	1.21	
	-0.5	1.80	1.35	0.87	
	-0.4	1.26	0.91	0.60	
	-0.3	0.82	0.58	0.40	
	-0.2	0.47	0.33	0.24	
	-0.1	0.20	0.14	0.11	
	0	$\zeta_B = 1.77^*$	$\zeta_B = 1.32^*$	$\zeta_B = 1.00^*$	

$\frac{1}{\psi} = \frac{M_0}{M_B}$

$M_{ki,0} = \frac{q_{ki} \cdot l^2}{8}$

$= \zeta_0 \cdot N_{ki,z} \cdot \left[ \zeta_0 \cdot 0.4 \cdot z_p + \sqrt{(\zeta_0 \cdot 0.4 \cdot z_p)^2 + c^2} \right]$

$N_{ki,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{l^2} \quad c^2 = \frac{l_\omega + 0.039 \cdot l^2 \cdot I_T}{l_z}$

zp Ordinate des Lastangriffspunktes, oberhalb des Schwerpunktes negativ.

## 5.4.4

## Berechnungsprotokoll



Berechnung durchführen  
Ergebnisse einsehen

Durch Anklicken des **Rechnen**-Symbols werden die Eingaben einer Kontrolle unterzogen und die Berechnung durchgeführt. Die Ergebnisse und ihre Zwischenschritte werden zur Einsichtnahme im DTE®-Viewer sofort eingeblendet.

Die Interaktionselemente des DTE®-Viewers werden im Abs. 6, S. 74, beschrieben.

**DTE - Viewer [Detailnachweise]**

Seite 1 Zoom 1:4

**POS. 52: BDK MIT DREHBETTUNG**

**Geometrie, Belastung und Materialkennwerte**  
BIEGEDRILLKNICKEN mit Drehbettung (Prinzipsskizze)

**Auszusteiender Träger:**  
Profil: IPE220 Stützweite  $L = 8000$  mm  
Aussteifung durch kontinuierliche Drehbettung

**Trapezprofil:**  
E85 Positivlage  $t = 0.75$  mm  
Einbau gemäß Bild 6, DIN 18807, Teil 3  
4-Feldträger  $L_{ges} = 15000$  mm  $a = 3750$  mm  
mit Schubfeldausbildung ( $I_{T,s} = 78.4$  cm<sup>4</sup>)  
Anschlußsteifigk.  $c_{\alpha A,k} = 3.10$  kNm/m (DIN 18800, T2, Tab.7)  
Trapezblech aus Stahl, AUFLAST, Schrauben im UG,  $e = 2br$   
 $N_{d,d} = 0.0$  kN  
 $M_{1,d} = -50.0$  kNm  $M_{m,d} = 35.0$  kNm  $M_{r,d} = -50.0$  kNm

Material-Sicherheitsbeiwert Stahl:  $\gamma_M = 1.10$

**Nachweise nach Element 308,309 (T.2)**

**Materialdaten**  
Träger: S235 (St37)  
 $E = 210000.0$  N/mm<sup>2</sup>  $G = 81000.0$  N/mm<sup>2</sup>  $f_{y,k} = 240.0$  N/mm<sup>2</sup>  $f_{y,kt} = 215.0$  N/mm<sup>2</sup>  
Trapezprofile: S235 (St37)  
 $E = 210000.0$  N/mm<sup>2</sup>  $G = 81000.0$  N/mm<sup>2</sup>  $f_{y,k} = 240.0$  N/mm<sup>2</sup>  $f_{y,kt} = 215.0$  N/mm<sup>2</sup>

**Maßgebende Querschnittswerte Hauptträger**  
 $A = 33.4$  cm<sup>2</sup>  $I_y = 2770.0$  cm<sup>4</sup>  $I_z = 205.0$  cm<sup>4</sup>  $I_T = 9.1$  cm<sup>4</sup>  $I_{\omega} = 22670.0$  cm<sup>6</sup>  
 $h_F = 210.8$  mm  $c = 349.1$  mm  $z_P = -110.0$  mm  
 $i_y = 91.1$  mm  $i_z = 24.8$  mm  $i_P = 94.4$  mm  $i_M = 94.4$  mm  
 $I_{T,1d} = I_T + I_{T,c\alpha} + I_{T,s} = 115.0$  cm<sup>4</sup> (mit  $I_{T,c\alpha} = 27.5$  cm<sup>4</sup> und  $I_{T,s} = 78.4$  cm<sup>4</sup>)  
 $\Rightarrow c_{1d} = 1187.9$  mm  
 $M_{p1,k} = 68.4$  kNm  $N_{p1,k} = 801.6$  kN  $M_{e1} = W_{e1} \cdot f_{y,k} = 60.5$  kNm

**Behinderung der seitlichen Verschiebung durch die Schubsteifigkeit der Trapezprofile**  
 $K_1 = 0.229$  m/kN  $K_2 = 18.000$  m<sup>2</sup>/kN  
vorh  $S = 5248.4$  kN < erf  $S = 12884.1$  kN  
 $\Rightarrow$  Die vorhandene Schubsteifigkeit reicht nicht aus, es liegt eine freie Drehachse vor!

**Behinderung der Verdrehung durch die Drehbettung der Trapezprofile**  
 $k_{\alpha} = 3.50$   $k_v = 0.35 \cdot (\max(M_{d,d} \cdot \gamma_M / M_{e1}))^2 = 0.289 \Rightarrow$  erf  $c_{\alpha,k} = M_{p1,k}^2 / (E \cdot I_z) \cdot k_{\alpha} \cdot k_v = 11.01$  kNm/m  
 $c_{\alpha M,k} = 203.84$  kNm/m  $c_{\alpha P,k} = 50.40$  kNm/m  $c_{\alpha A,k} = 3.75$  kNm/m  
vorh  $c_{\alpha,k} = 3.43$  kNm/m < erf  $c_{\alpha,k} = 11.01$  kNm/m  
Die vorhandene Drehbettung ist nicht ausreichend  
 $\Rightarrow$  weiterer Nachweis nach ELEMENT 311 mit  $I_{T,1d}$  erforderlich!

**Biegedrillknicken (nach EL. 311 bzw. EL. 320 mit  $I_{T,1d}$ ):**  $N_d / (\kappa_z \cdot N_{p1,d}) + M_d / (\kappa_M \cdot M_{p1,d}) \leq 1$   
Berechnung  $M_{k1}$  nach KINDMANN  
mit  $\psi = -0.59$  und  $M_0 = 85.0$  kNm  $\Rightarrow \zeta_0 = 3.09$   $\zeta = 1.70$   
Knickspannungslinie b  
 $N_{k1,z,d} = 60.4$  kN  $N_{k1,\theta,d} = 385.5$  kN  $\lambda_{K,z} = N_{p1,d} / N_{k1,d} = 12.074 \Rightarrow \kappa_z = 0.075$   
 $M_{k1,d} = 116.1$  kNm  $\lambda_{M^2} = M_{p1,d} / M_{k1,d} = 0.535 \Rightarrow \kappa_M(n=2.5) = 0.927$  ( $k_y = 1.0$ )  
Ausnutzung  $= 0.000 + 0.868 = 0.868 < 1$  Nachweis erfüllt!

**Nachweis der Verbindungsmittel**  
mit  $k_m = 0.050 \Rightarrow m_{\alpha} = 0.437$  kNm/m  
Zugkraft  $F_z = 7.944$  kN/m Scherkraft  $F_Q = 1.866$  kN/m  
Die Verbindungsmittel zur Aufnahme von  $F_z$  und  $F_Q$  sind gemäß Zulassung Z-14.1-4 des DIBt zu wählen.

## 5.4.5

## Druckdokument



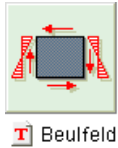
Ergebnisse drucken

Durch Anklicken des **Ausgabe**-Symbols wird der Druckmanager geladen und die Ausgabe des gerade bearbeiteten Nachweistyps auf dem Drucker kann direkt erfolgen, ohne die Eingabeprozedur zu verlassen.

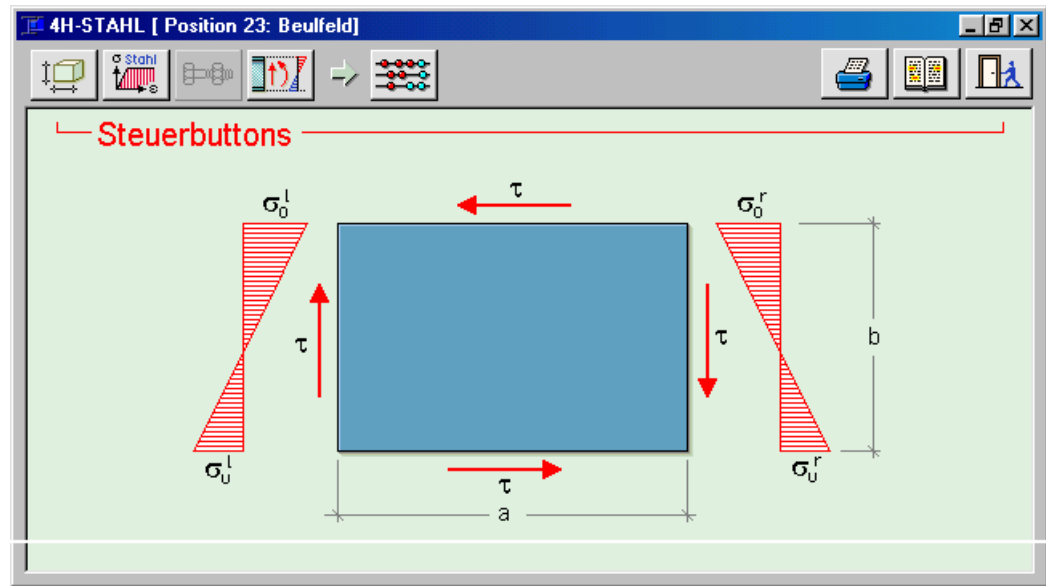
Die Druckausgabe aller in einem Bauteil vom Typ *Detailnachweise* zusammengefassten, berechneten Nachweistypen kann auch in einem Zuge erfolgen, so dass eine Gesamtliste aller zum Projekt gehörenden Nachweistypen in einem Arbeitsgang erzeugt wird (s. Abs. 7, S. 74).

## 5.5

### Einzelbeulfeldnachweis



Im Beulfeldnachweis werden unversteifte Beulfelder unter alleiniger oder kombinierter Wirkung von Längsspannungen  $\sigma_x$  und Schubspannungen  $\tau$  nachgewiesen.



Das unversteifte Beulfeld wird nach dem exakten Verfahren berechnet. Dazu werden zunächst unter alleiniger Wirkung von  $\sigma_x$  und  $\tau$  die Beulwerte  $k_\sigma$  und  $k_\tau$  ermittelt. Mit der Eulerspannung  $\sigma_e$  ergeben sich die idealen Beulspannungen  $\sigma_{xPi}$  und  $\tau_{Pi}$ . Aus den bezogenen Schlankheitsgraden können die Abminderungsfaktoren  $k_\sigma$  und  $k_\tau$  berechnet werden. Zusätzlich wird der Hilfswert  $\rho$  für knickstabähnliches Verhalten ermittelt und ggf. der Abminderungsbeiwert  $\kappa_K$ . Damit ergeben sich die

#### Grenzbeulspannungen

$$\sigma_{x,P,R,d} = \frac{\kappa_K \cdot \kappa_x \cdot f_{y,k}}{\gamma_M} \quad \text{und} \quad \tau_{P,R,d} = \frac{\kappa_\tau \cdot f_{y,k}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_M}$$

#### Einzelnachweise

$$\frac{\sigma_x}{\sigma_{x,P,R,d}} \leq 1 \quad \text{und} \quad \frac{\tau}{\tau_{P,R,d}} \leq 1$$

#### Gemischte Beanspruchung

$$\left( \frac{|\sigma_x|}{\sigma_{x,P,R,d}} \right)^{e_1} + \left( \frac{|\tau_y|}{\tau_{y,P,R,d}} \right)^{e_3} \leq 1$$

### 5.5.1

### Geometrie



Geometriedaten festlegen

Der dargestellte Button ruft das Eigenschaftsblatt zur Eingabe der Beulfeldgeometrie auf. Die Länge, Breite und Dicke des zu untersuchenden Bleches müssen eingegeben werden.

Weiterhin sind Angaben zur Form der Randlagerung anzugeben. Das Beulfeld kann an allen vier Seiten oder dreiseitig gelagert sein. Bei dreiseitiger Lagerung kann sich der freie Rand oben oder unten befinden.

Außerdem ist  $\kappa_k$ , der Abminderungsfaktor für das Knicken n. **DIN 18800**, T. 2, Abs. 3, El. 304 einzugeben. Mit diesem Faktor wird die Grenzbeulspannung bei Berücksichtigung des Knickeinflusses abgemindert. El. 503, DIN 18800, T. 3, besagt:

Falls für das Bauteil, in dem das zu untersuchende Beulfeld liegt, der Nachweis des Biegeknickens erforderlich ist und dies n. DIN 18800 T. 2 mit Hilfe der europäischen Knickspannungslinien erfolgt, ist die Grenzbeulspannung wie folgt zu ermitteln:

$$\sigma_{xP,R,d} = \kappa_k \cdot \kappa_x \cdot f_{y,k} / \gamma_M$$

Wenn also ein Wert  $\kappa_k < 1.0$  in die oben dargestellte Eingabemaske eingetragen wird, nimmt das Programm damit die erforderliche Abminderung der Grenzbeulspannung  $\sigma_{xP,R,d}$  vor.

### 5.5.2

### Material



Zum Aufruf der Materialdaten s. Abs. 3.1.2, S. 11.

### 5.5.3

### Belastung



Lastangaben

Im Eigenschaftsblatt *Belastung* werden die Beulfeldbeanspruchungen  $\sigma$  und  $\tau$  sowie der **Materialsicherheitsbeiwert**  $\gamma_M$  festgelegt.

Die **Randspannungen**  $\sigma$  am linken und rechten Beulfeldrand und die **Schubspannung**  $\tau$  werden als Bemessungsgrößen (Designlasten) vorgegeben. Zusätzlich ist der **Materialsicherheitsbeiwert**  $\gamma_M$  festzulegen. Hier kann in der Regel der Vorbelegungswert 1.1 beibehalten werden.



Druckspannungen sind positiv!

## 5.5.4

### Berechnungsprotokoll



Berechnung durchführen  
Ergebnisse einsehen

Durch Anklicken des **Rechnen**-Symbols werden die Eingaben einer Kontrolle unterzogen und die Berechnung durchgeführt. Die Ergebnisse und ihre Zwischenschritte werden zur Einsichtnahme im DTE®-Viewer sofort eingeblendet.

Die Interaktionselemente des DTE®-Viewers werden im Abs. 6, S. 74, beschrieben.

**DTE - Viewer [Detailnachweise]**

Seite 1 Zoom 1:4

**POS. 53: BEULFELD**

**Geometrie, Belastung und Materialkennwerte**  
UNVERSTEIFTES BEULFELD (Prinzipskizze)

Beulfeld mit allseitiger Lagerung  
 $a = 2500 \text{ mm}$   $b = 1460 \text{ mm}$   $t = 10.0 \text{ mm}$   
 $\alpha = a/b = 1.71$

**Materialdaten Stahl: S235 (St37)**  
 $E = 210000.0 \text{ N/mm}^2$   $G = 81000.0 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{y,k} = 240.0 \text{ N/mm}^2$   $f_{y,kt} = 215.0 \text{ N/mm}^2$

**Randspannungen (Druckspannungen positiv)**  
 $\sigma_{o,l} = 128.00 \text{ N/mm}^2$   $\sigma_{u,l} = -128.00 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{o,r} = 170.70 \text{ N/mm}^2$   $\sigma_{u,r} = -170.70 \text{ N/mm}^2$   
 $\tau = 16.00 \text{ N/mm}^2$

Material-Sicherheitsbeiwert Stahl:  $\gamma_M = 1.10$

**Nachweise nach Element 501 bis 504 (T.3)**

**Maßgebende Spannungen (gemäß Element 404)**  
 $\sigma_o = 158.23 \text{ N/mm}^2$   $\sigma_u = -158.23 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \psi = -1.0$   
 $\tau = 16.00 \text{ N/mm}^2$

**Eulerspannung, Beulwerte**  
 $\sigma_e = 8.88 \text{ N/mm}^2$   $\alpha = a/b = 1.71$   
 $k_\sigma = 23.90 \Rightarrow \sigma_{x,pi} = k_\sigma \cdot \sigma_e = 212.29 \text{ N/mm}^2$   
 $k_\tau = 6.70 \Rightarrow \tau_{pi} = k_\tau \cdot \tau_e = 59.55 \text{ N/mm}^2$   
 $\lambda_{p\sigma} = 1.063 \Rightarrow \kappa_x = 0.932$   
 $\lambda_{p\tau} = 1.525 \Rightarrow \kappa_\tau = 0.551$

kein Knickeinfluß auf die Grenzbeulspannung gemäß DIN 18800 Teil 3, EL 503

kein knickstabähnliches Verhalten, da  $\rho = -68.08 < 0 \Rightarrow (\kappa = \kappa_x)$

**Grenzbeulspannungen**  
 $\sigma_{xP,R,d} = \kappa \cdot 21.8 = 203.43 \text{ N/mm}^2$   
 $\tau_{P,R,d} = \kappa_\tau \cdot 12.6 = 69.37 \text{ N/mm}^2$

**Ausnutzung**  
aus  $\sigma_x$  :  $\sigma_x / \sigma_{xP,R,d} = 0.778 < 1$   
aus  $\tau$  :  $\tau / \tau_{P,R,d} = 0.231 < 1$   
aus  $\sigma_x, \tau$  :  $(\sigma_x / \sigma_{xP,R,d})^{e_1} + (\tau / \tau_{P,R,d})^{e_3}$  (mit  $e_1 = 1.756$  und  $e_3 = 1.283$ )  
 $= 0.643 + 0.152 = 0.796 < 1$

Maximale Ausnutzung  $0.796 < 1 \Rightarrow$  Nachweis erfüllt.

## 5.5.5

### Druckdokument



Ergebnisse drucken

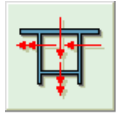
Durch Anklicken des **Ausgabe**-Symbols wird der Druckmanager geladen und die Ausgabe des gerade bearbeiteten Nachweistyps auf dem Drucker kann direkt erfolgen, ohne die Eingabeprozedur zu verlassen.

Die Druckausgabe aller in einem Bauteil vom Typ *Detailnachweise* zusammengefassten, berechneten Nachweistypen kann auch in einem Zuge erfolgen, so dass eine Gesamtliste aller zum Projekt gehörenden Nachweistypen in einem Arbeitsgang erzeugt wird (s. Abs. 7, S. 74).



## 5.6

## Spannungsnachweise



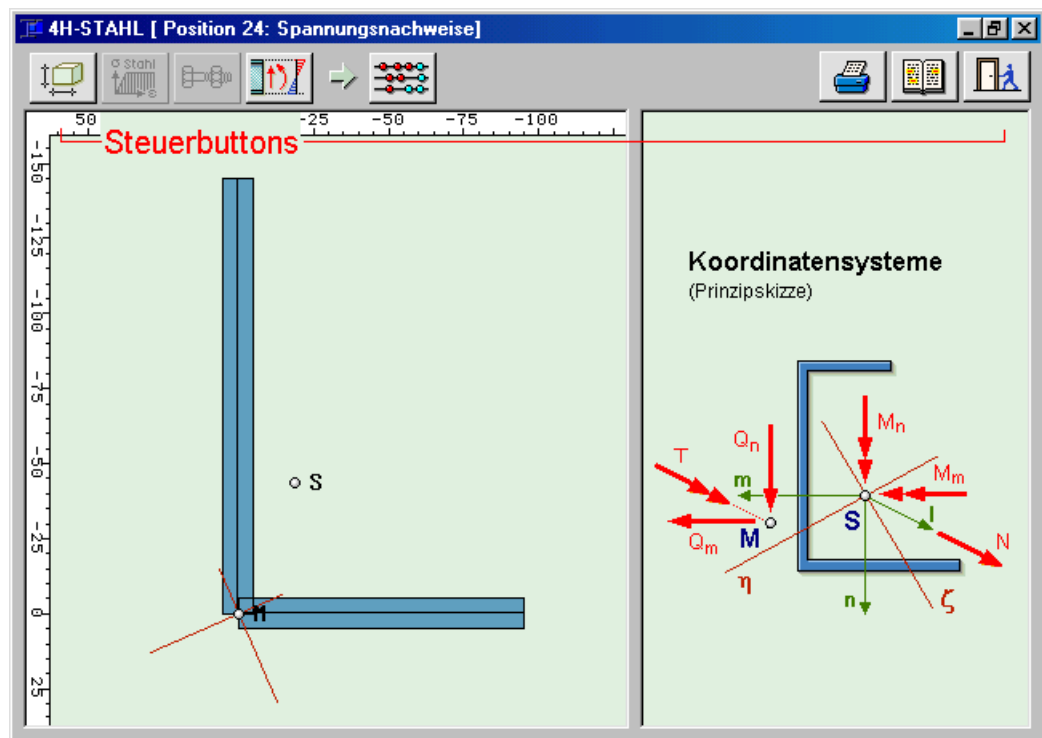
Spannungsnachweise

Das Programm *Spannungsnachweise* berechnet die Querschnittswerte, Spannungen und Ausnutzungen für Stahlprofile.

Die Spannungsnachweise erfolgen nach dem Nachweisverfahren elastisch-elastisch **DIN 18800**, T.1, Abs. 7.5.2, El. 747 bis 749.

Neben den gängigen Walzprofiltypen können auch aus einzelnen Blechen zusammengesetzte I-, U-, T-, L- und Z-förmige Profile sowie Rohr- und Kastenprofile bearbeitet werden.

Zudem können beliebige, aus einzelnen Blechen zusammengesetzte Querschnitte berechnet werden, die mit dem Zusatzprogramm *4H-QUER* grafisch konstruiert und dann an das Programm *Spannungsnachweise* übergeben werden.



In allen Fällen erfolgt die Berechnung der Querschnittswerte an einem Modell, bei dem der Querschnitt aus einzelnen Rechtecken zusammengesetzt wird. In den Anschlusspunkten der einzelnen Bleche überschneiden sich diese. Das führt dazu, dass die berechneten Querschnittswerte geringfügig von den tabellierten Werten abweichen. Bei der Bearbeitung von Walzprofilen mit diesem **Querschnittsmodell** werden die Profilausrundungen vernachlässigt.

Zum Nachweis werden die Schnittgrößen zunächst auf das Hauptachsensystem transformiert. Sind zu extremierende Schnittgrößen vorhanden, werden unter Berücksichtigung des Überlagerungstyps extreme Schnittgrößenkombinationen gebildet. Anschließend werden alle Schnittgrößen nachgewiesen.

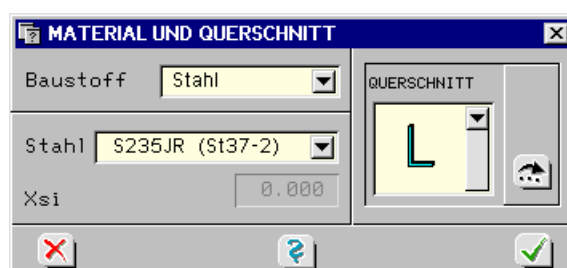
### 5.6.1

### Geometrie



Geometriedaten festlegen

Über den Button **Geometriedaten festlegen** erfolgt die Eingabe der Querschnittsdaten und der Stahlgüte.





Die Einstellung des Profiltyps erfolgt hier über die Symbolliste *Querschnitt*. In der Liste sind elf verschiedene Profiltypen verfügbar. Nach Einstellung des Profiltyps müssen die Profileigenschaften beschrieben werden. Hierzu muss über den **bearbeiten**-Button in die Eingabemaske *Stahlbauprofil* gewechselt werden.

Hier können Eingaben für normierte Standardprofile und für allgemeine Profile (parametrisierte Beschreibung) vorgenommen werden.

In Abhängigkeit von der Schalterstellung werden einzelne Eingabefelder aktiviert bzw. deaktiviert.

Die normierten Profile werden über die Profilfamilie und die Profilbezeichnung benannt. Zusätzlich kann über den Profilmanager das gewünschte Profil eingestellt werden. Hier können auch alle Querschnittsdaten von Walzprofilen abgerufen werden.

Die Beschreibung von geschweißten **Blechprofilen** erfolgt über die Eingaben von Profilbreite und -höhe sowie der Steg und Flanschkicken (parametrisierte Beschreibung).

Wenn gevoutete Träger untersucht werden, müssen die Daten für den Stabanfang und das Stabende eingegeben werden. Außerdem muss dann im übergeordneten Eigenschaftsblatt *Material und Querschnitt* der Wert **Xsi** eingegeben werden. Mit Xsi wird der Ort gekennzeichnet, an dem die Spannungsberechnung erfolgen soll. Xsi kann Werte zwischen 0 und 1.0 annehmen. Somit wird durch  $X_{si} = 0$  der Stabanfang und durch  $X_{si} = 1.0$  das Stabende gekennzeichnet.

### Bearbeitung allgemeiner dünnwandiger Querschnitte



Beliebige, aus einzelnen Blechen zusammengesetzte zusammenhängende Querschnitte können mit dem Zusatzprogramm **4H-QUER** erzeugt werden. Dieses Programm kann in der Symbolliste *Querschnitt* über das gezeigte Symbol aufgerufen werden.

**4H-QUER** ist ein Zusatzprogramm, das nicht in der Grundausstattung von **4H-STAH** enthalten ist. Mit **4H-QUER** kann die Profilgeometrie in einer grafischen Eingabe beschrieben werden.

## 5.6.2

### Belastung



Lastangaben

Die Eingabe der Schnittgrößen erfolgt unter dem Button **Lastangaben**.

Hier können die am räumlichen Stab auftretenden Schnittgrößen  $N$ ,  $Q_m$ ,  $Q_n$ ,  $M_m$ ,  $M_n$  und das Torsionsmoment  $M_t$  eingegeben werden. Zusätzlich kann das **Wölbbimoment**  $M_\omega$  auftreten.

Wölbbimomente entstehen, wenn die Verwölbung des Querschnittes behindert wird. Dies kann z. B. an einem Stabende durch eine dicke Stirnplatte geschehen. Wölbbimomente bzw. die Wölbkrafttorsion rufen im Querschnitt Wölbnormalspannungen hervor. Die Wölbnormalspannungen müssen mit den Normalspannungen aus Normalkraft und Biegung überlagert werden.

Alle Schnittgrößen sind als Bemessungswerte (Designlasten) einzugeben. D. h., die Schnittgrößen müssen die entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerte bereits beinhalten.

**Schnittgrößen**

Bezugssystem der Schnittgrößen Dimension der Schnittgrößen **kN,cm**  $\gamma_M$  **1.10**

	Normalkraft	Querkraft $Q_m$	Querkraft $Q_n$	Torsionsm.	Moment $M_m$	Moment $M_n$	Wölbbinom.	Typ
1	0.0	0.0	0.0	0.0	375.0	-200.0	0.0	0
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								

Alle Schnittgrößen sind als Bemessungswerte einzugeben!

Auch der zugehörige **Materialsicherheitsbeiwert**  $\gamma_M$  ist in diesem Eigenschaftsblatt einzugeben.

Die Einheiten der Schnittgrößen können vom Anwender durch eine entsprechende Einstellung in der Auswahlliste **Dimension der Schnittgrößen** vorgegeben werden.

Weiterhin ist bei der Eingabe der Schnittgrößen zu berücksichtigen, welcher Querschnittspunkt als Bezugspunkt gewählt wurde. Die Voreinstellung ist so gewählt, dass der Lastangriffspunkt für  $N$ ,  $M_m$  und  $M_n$  im **Schwerpunkt** angenommen wird; für  $M_l$ ,  $Q_m$  und  $Q_n$  wird der **Schubmittelpunkt** angenommen.



Die Maske für diese Eingabegrößen wird über den Button **Bezugssystem der Schnittgrößen** aufgerufen.

**Grundbezugssystem**

$\sigma_x$ erzeugende Kraftgrößen	$\tau$ erzeugende Kraftgrößen
$N, M_1, M_2$	$Q_1, Q_2, T$
Lastangriff im	Lastangriff im
Schwerpunkt	Schubmittelpunkt
Lastrichtung	Lastrichtung
1, 2 = $m, n$	1, 2 = $m, n$
1, 2 = $\eta, \zeta$	1, 2 = $\eta, \zeta$

Hier kann auch eingestellt werden, ob die Dateneingabe im allgemeinen m-n- **Koordinatensystem** oder im **Hauptachsensystem**  $\eta$ - $\zeta$  erfolgt.

Die Eingabe der Schnittgrößen erfolgt in Form einer Tabelle. Es können also mehrere Datensätze mit Schnittgrößen hintereinander eingetragen werden.

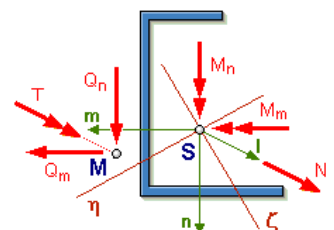
Durch den Eingabeparameter **Typ** wird gesteuert, ob die Datensätze einzeln untersucht werden sollen oder ob eine Überlagerung der Spannungen erfolgen soll.

Hierfür gelten folgende Kennziffern:

- 0 es findet keine Überlagerung statt. Der Datensatz wird separat betrachtet.
- 1 ständige Last
- 2 additive Verkehrslast
- 20-29 alternative Verkehrslast. Die Schnittgrößen in einer Gruppe (20, 21, ...) sind alternativ, die Gruppe selbst ist additiv (20 zu 21 und 22 ...).
- 30-39 alternative Verkehrslast. Die Schnittgrößen in einer Gruppe (30, 31, ...) sind alternativ, die Gruppe selbst ist auch alternativ (30 zu 31 und 32 ...).

### Vorzeichen der Schnittgrößen

Positive Querkräfte und Moment weisen in positiver Achsenrichtung des l-m-n-Koordinatensystems.



### 5.6.3

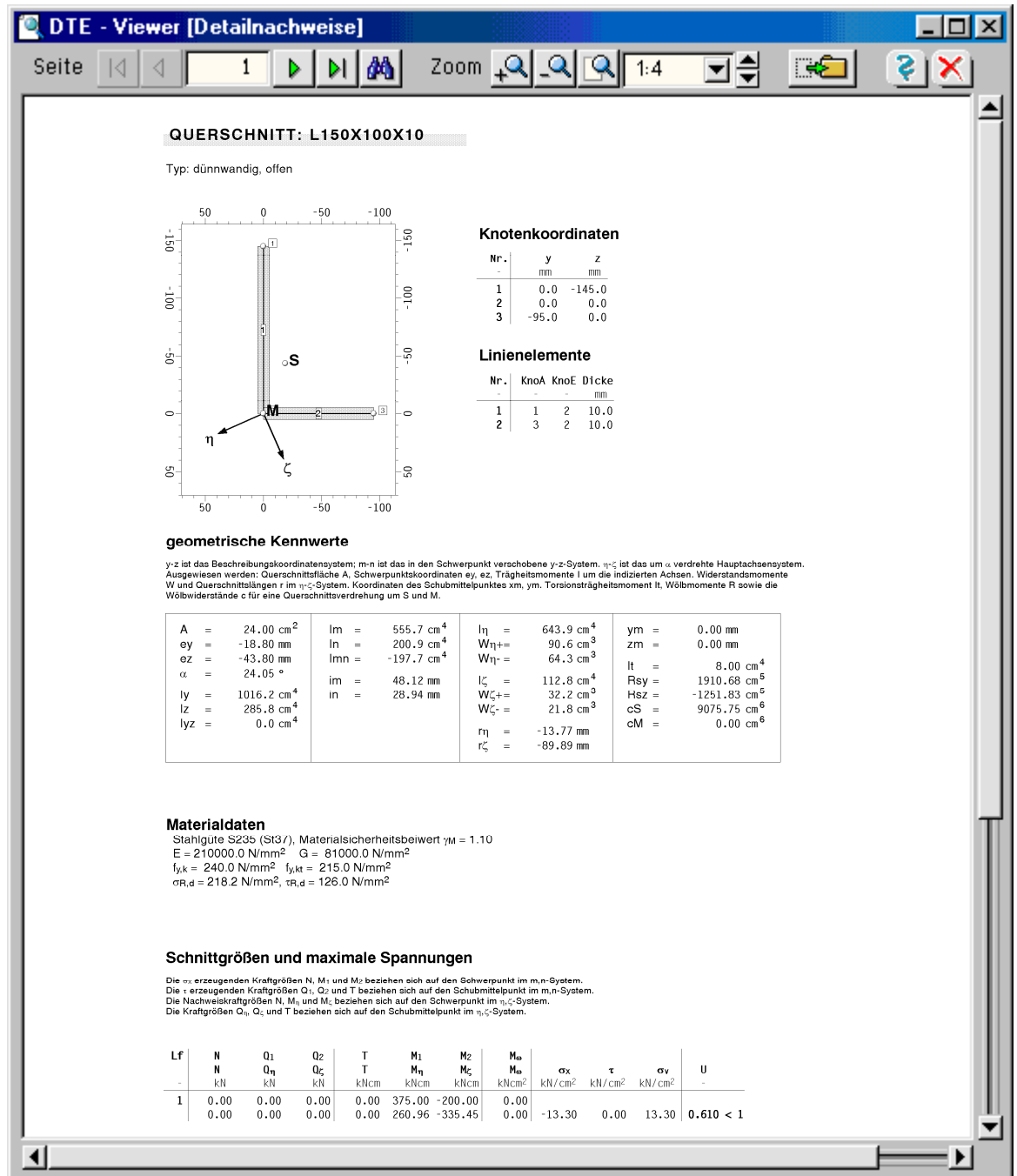
### Berechnungsprotokoll



Berechnung durchführen  
Ergebnisse einsehen

Durch Anklicken des **Rechnen**-Symbols werden die Eingaben einer Kontrolle unterzogen und die Berechnung durchgeführt. Die Ergebnisse und ihre Zwischenschritte werden zur Einsichtnahme im DTE®-Viewer sofort eingeblendet.

Die Interaktionselemente des DTE®-Viewers werden im Abs. 6, S. 74, beschrieben.



#### 5.6.4

### Druckdokument



Ergebnisse drucken

Durch Anklicken des **Ausgabe**-Symbols wird die Druckausgabe der Ergebnisliste gestartet. Vor Beginn des eigentlichen Druckvorganges kann der Umfang der Druckliste im Eigenschaftsblatt *Drucklistengestaltung* festgelegt werden.

Nach Betätigen des Buttons **drucken** wird der Druckmanager geladen und die Ausgabe des gerade bearbeiteten Nachweistyps auf dem Drucker kann direkt erfolgen, ohne die Eingabeprozedur zu verlassen.

Die Druckausgabe aller in einem Bauteil vom Typ *Detailnachweise* zusammengefassten, berechneten Nachweistypen kann auch in einem Zuge erfolgen, so dass eine Gesamtliste aller zum Projekt gehörenden Nachweistypen in einem Arbeitsgang erzeugt wird (s. Abs. 7, S. 74).

**DRUCKLISTENGESTALTUNG**

Querschnittsbeschreibung ☒  
geometrische Kennwerte ☒

(Einheits)Kennlinien:  
T(Qm) ☐  $\tau$ (Qm) ☐  
T(Qn) ☐  $\tau$ (Qn) ☐  
T(Mt) ☐  $\tau$ (Mt) ☐  $\omega s$  ☐











tabellarische Ergebnisse ☒

extremale Ergebnisse:  
 $\sigma_x$  ☐  $\tau$  ☐  $\sigma_U$  ☐ U ☐

## 6

### DTE®-Viewer

Der Viewer besitzt eine Reihe von Interaktionselementen, die wie folgt reagieren:

-  Sprung auf die erste Seite des Dokumentes
-  Sprung auf die vorangehende Seite
-  Eingabe der gewünschten Seitennummer
-  Sprung zur nächsten Seite
-  Sprung auf die letzte Seite des Dokumentes
-  Suchen einer Seite, die eine bestimmte Tabelle oder Grafik enthält
-  Zoom-Ausschnitt manuell festlegen
-  zurück zum vorangegangenen Ausschnitt
-  Dokumentenseite ins Fenster einpassen
-  manuelle Vorgabe des Zoom-Faktors (1:1 ... 1:10)



Mit Hilfe des nebenstehend dargestellten Buttons kann ein benutzerdefinierter Ausschnitt in eine Windows-**Bitmap-Datei** (BMP) gespeichert werden. Diese Datei kann in vielen Windows-Anwendungen (Windows-Paint, Word-für-Windows, Corel-Draw etc.) eingefügt werden.

## 7

### Gesamtausdruck

Innerhalb eines Bauteiles *Detailnachweise* können beliebig viele oben beschriebene Bauteiltypen *Zugstoß*, *Trägeranschluss* ... zusammengefasst sein. Statt jedes Unterbauteil einzeln auszudrucken, kann übergeordnet ein **Gesamtdruckdokument** erzeugt und ausgegeben werden.

Hierzu ist das Bauteil auf dem DTE®-Schreibtisch mit der LMT einmal anzuklicken. Es wird dadurch weiß markiert und erhält einen dicken schwarzen Rand. Durch Drücken der RMT wird das Menü zum gemeinsamen Ausdruck aufgerufen.



Detailnachweise



Das derart erzeugte Druckdokument kann wieder mit dem DTE®-Viewer eingesehen werden.

- /1/ Deutscher Stahlbau-Verband (DSTV)  
Typisierte Verbindungen im Stahlhochbau, 2. Auflage  
Stahlbau-Verlags-GmbH, 1979/1984
- /2/ DIN 18800 (11.90), Stahlbauten, Beuth Verlag, 1990
- /3/ DIN 18807, T. 2, Trapezprofile im Hochbau, Stahltrapezprofile,  
Durchführung und Auswertung von Tragfähigkeitsversuchen, Aug. Juni 1987
- /4/ Hünnersen / Fritzsche, Stahlbau in Beispielen, 4. Auflage, Werner Verlag, 1998
- /5/ Kahlmeyer, Stahlbau n. DIN 18800 (11.90), 3. Auflage, Werner Verlag, 1998
- /6/ Kindmann  
Tragsicherheitsnachweise für biegedrillknickgefährdete Stäbe und Durchlaufträger  
Stahlbau 62, 1993, Heft 1
- /7/ Kindmann / Stracke  
Verbindungen im Stahl- und Verbundbau, Verlag Ernst & Sohn, 2003
- /8/ Kindmann / Laumann  
Erforderliche Einspanntiefe von Stahlstützen in Betonfundamenten  
Stahlbau 74, Heft 8, 2005, S. 564 – 579
- /9/ Kindmann / Frickel  
Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit, Verlag Ernst & Sohn, 2002
- /10/ Kroll  
Rechenbehelfe für ideale Biegedrillknickmomente doppelsymm. I - Querschnitte  
Verlag Stahleisen, 1998
- /11/ Krüger  
Stahlbau, T. 1 Grundlagen, 2. Auflage, 1999, T. 2 Stabilitätslehre, 1998  
Verlag Ernst & Sohn
- /12/ Lindner / Scheer / Schmidt  
Stahlbauten, Erläuterungen zu DIN 18800, 3. Auflage, Beuth Verlag, 1998
- /13/ Lohse, Kippen, 3. Auflage, Werner-Verlag 1997
- /14/ Mang / Koch / Stiglat / Seiler  
In Betonfundamente eingespannte Stahlstützen aus I - Profilen  
Stahlbau 71, Heft 9, 2002, S. 653 – 660
- /15/ Möller / Pöter / Schwarze  
Planen und Bauen mit Trapezprofilen, Band 1: Grundl., Bauweisen, Bemessung  
Verlag Ernst & Sohn, 2004
- /16/ Oberegge / Hockelmann / Dorsch  
Bemessungshilfen für profilorientiertes Konstruieren, 3. Auflage,  
Stahlbau-Verlagsgesellschaft, 1997
- /17/ Petersen, Stahlbau, 3. Auflage, 2. durchgesehener Nachdruck, Vieweg-Verlag, 1997
- /18/ Petersen, Statik und Stabilität der Baukonstruktionen, 2. Auflage, Vieweg-Verlag, 1982
- /19/ Piechatzek / Kaufmann, Formeln und Tabellen Stahlbau, Vieweg Verlag, 1999
- /20/ Schlechte  
Festigkeitslehre für Bauingenieure, 4. Auflage, VEB Verlag für Bauwesen, 1981
- /21/ Schneider, Bautabellen für Ingenieure, 12. Auflage, Werner Verlag, 1996
- /22/ Schneider-Bürger, Stahlbau-Profile, 22. Auflage, Verlag Stahleisen, 1999
- /23/ Stahlbau Handbuch, Band 1, T. A, Stahlbau-Verlagsgesellschaft, 1993
- /24/ Thiele / Lohse, Stahlbau, T. 1, Teubner Verlag, 1997
- /25/ Wendehorst, Bautechnische Zahlentafeln, 29. Auflage, Teubner Verlag, 2000

## 9 Index

- Abkürzungen 2
- Abstandsoptimierung 11, 16, 19
- Anschlusssteifigkeit 59, 61
- Ausklinkung 15
- Baustähle 11
- Bauteil erzeugen 7
- Bauteiloptimierung 41
- Beanspruchungskombination 19, 35, 38, 41
- Bemessungslastgruppe 22, 31
- Berechnungsmodell 26
- Betonpressung 34
- Beulen 21, 24
- Beulnachweis 44, 48, 53, 64
- Biegedrillknicken 44, 48, 53, 58
- Biegedrillknickmoment 49, 54, 62
- Biegestoß 18
- Bitmap-Datei 72
- blank 2
- Blechprofil 68
- Buttons 2
- Cursor 2
- DIN 1000 24
- DIN 1045 35
- DIN 1045-1 35
- DIN 18800 12, 24, 27, 29, 37, 43, 44, 46, 48, 49, 50, 51, 53, 55, 56, 58, 59, 61, 62, 65, 67
- DIN 18807 60
- DIN EN 10025 11
- DIN EN 10113 11
- Drehachse 58
- Drehbettung 58, 59
- Drillsteifigkeit 58
- DTE®-Viewer 72
- Einwirkung 2
- e-Mail 6
- Extremalbildungsvorschrift 2
- Fangrechteck 2
- Feinkornbaustähle 11
- Fußplatte 34, 40
- Fußpunkt 34, 37
- Fußpunkt eingespannter 40
- Futter 28
- Gebrauchsfähigkeitsnachweis 28
- Gesamtdruckdokument 72
- Grenzmoment 29
- Hauptachsensystem 69
- Installation 5
- Knicklängenbeiwert 45, 49, 54
- Knickspannungslinie 44, 48, 53
- Kontextsensitivität 6
- Koordinatensystem 69
- Lastbild 2
- Lastfall 2
- Lastkollektiv 2
- Material freies 12
- Materialdaten 11
- Materialsicherheitsbeiwert 13, 16, 19, 22, 31, 35, 38, 41, 46, 51, 56, 61, 65, 69
- Mindestdicke 25, 28
- Ordner 7
- Profilmanager 16, 22, 35, 38, 41
- Querbelastung 52, 56
- Querschnittsmodell 67
- Querträger 59
- Rahmenecke 21, 24
- Randspannung 65
- Rippe 29
- Schrauben 13
- Schraubenabstand 15, 16, 19
- Schreibtisch 6
- Schreibtischauswahl 5
- Schubdübel 40
- Schubfeld 21, 24
- Schubmittelpunkt 48, 69
- Schubspannung 65
- Schubsteifigkeit 58
- Schweißnaht 21, 27
- Schwerpunkt 69
- Seitensteifigkeit 58
- Spannungsnachweis 67
- Stahlgüte 11
- Startsymbol 5
- Steife 21, 24
- Steuerbutton 6
- Stirnplatte 25
- Stirnplattendicke 27, 30
- Stirnplattenstoß 21, 24
- Stützenflansch 28
- Stützenflanschdicke 28
- Trägeranschluss 15, 26
- Trägerbeiwert 50, 55
- Trägergrenzmomente 28
- Trapezblech 58
- Trapezblechaussteifung 59
- Verbindungsmittel 13
- Vergleichsschlankheit 49, 54
- Vermaßung 25
- Versatzmoment 15, 18
- Verteilungsträger 37
- Viewer 72
- Vorzeichen 69
- Voute 21, 24, 30
- Winkelanschluss 15
- Wölbbimoment 68
- Wölbeinspanngrad 50, 55
- Zugkraft 13
- Zuglasche 21
- Zugstoß 11
- Zwischenstützung 45, 49, 54