

# 4H-EC3KF Eingespannter Stützenfuß

## Detailinformationen

Seite neu erstellt April 2024

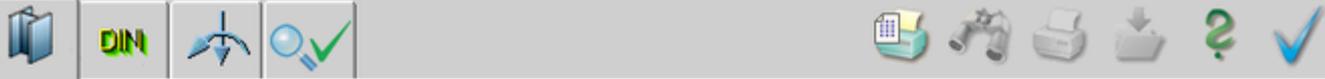
• Kontakt • Programmübersicht • Bestelltext **Infos auf dieser Seite**... als pdf 

- Querschnitt und Material ..... 
- Belastung ..... 
- Stahlsorten ..... 
- Ausnutzungen ..... 
- typisierte Querschnitte ..... 
- Nachweis Einspanntiefe ..... 
- Nachweisparameter ..... 
- Querschnittsnachweis ..... 
- Schweißnaht ..... 
- Einleitung Normalkraft ..... 
- Zuglast ..... 

**Stahlstütze - Querschnitt und Material**

Dieses Registerblatt dient der Eingabe von Querschnitt, Abmessungen und Material des eingespannten Stützenfußes. Rechts oben werden der gewählte Stützenquerschnitt und die Abmessungen der Fußplatte in der Draufsicht dargestellt.

4H-EC3KF [Position 19:Eingespannter Stahlstützenfuß]
- □ ×



**Querschnitt der Stütze**

Stahlgüte  
S275

Querschnitt (normiert)  
HE280B  
[→ Profil wählen](#)

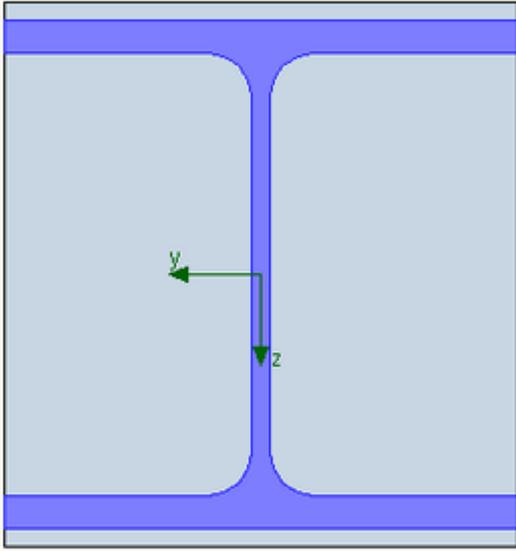
Einbindetiefe  
 ermitteln  
 vorgeben  $f_{gew} = 70.0$  cm

**Fußplatte**

Stahlgüte  
S275

Überstand  
 $a_x = 0$  mm  
 $a_y = 10$  mm

Blechdicke  $t_p = 12$  mm  
Mörtelfuge  $t_f = 50$  mm



**Fundament**

Höhe  $100.0$  cm  
Betongüte C30/37

Bild vergrößern 

Für den Stützenquerschnitt und die Fußplatte kann als Stahlgüte zwischen Bau- oder Feinkornstählen gewählt werden, die vom Programm als **Stahlsorten** angeboten werden.

**Stahlgüte**

S235

S235

S275

S355

S275 N/NL

S275 M/ML

S355 N/NL

S355 M/ML

S460 N/NL

S460 M/ML

Zur Wahl des Stützenquerschnitts bietet eine Symbolliste fünf Varianten an.

- als oberste Möglichkeit kann ein normiertes Profil aus dem DTE®-Profilmanager gewählt werden, der über den Button **Profil bearbeiten** gestartet wird
- die zweite bis vierte Variante bilden **typisierte I, M oder R-Profile**, für die unter dem Button **Profil bearbeiten** Höhe, Breite und Blechdicken festzulegen sind

**Querschnitt** (normiert)

HE280B

→ Profil wählen

Die Einspanntiefe kann von Programm ermittelt oder vorgegeben werden.

Bei Ermittlung wird die erforderliche Länge auf einen genauen cm-Betrag aufgerundet, um mit diesem Wert die weiteren Nachweise zu führen.

**Einspanntiefe**

**ermitteln**

vorgeben

Für die Fußplatte ist ebenfalls die Stahlsorte festzulegen.

Die flächigen Abmessungen sind durch den Überstand zum Stützenprofil anzugeben.

Zusätzlich zur Blechdicke ist die Angabe der Höhe der Mörtelfuge zwischen Fußplatte und Boden der Köcheraussparung im Fundament notwendig.

**Fußplatte**

**Stahlgüte**

S275

**Überstand**

a<sub>y</sub> 0 mm

a<sub>z</sub> 10 mm

**Blechdicke** t<sub>p</sub> 12 mm

**Mörtelfuge** t<sub>f</sub> 50 mm

Die Angaben zum umgebenden Fundament beschränken sich auf die Höhe bzw. Plattendicke und die zugehörige Betongüte.

Die Angabe der Höhe ist nur von Belang, wenn eine ungestörte Lastausbreitung gegeben ist (s. **Nachweisparameter**).

**Fundament**

Höhe 100.0 cm

**Betongüte** C35/45

**Stahlsorten für Stützenprofil und Fußplatte**

Zur Eingabe der Stahlsorte stehen hier die folgenden Stähle zur Verfügung

- Baustähle n. DIN EN 10025-2
  - S235
  - S275
  - S355
- Feinkornbaustähle n. DIN EN 10025-3
  - S275 N/NL
  - S275 M/ML

**Stahlgüte**

S235

S235

S275

S355

S275 N/NL

S275 M/ML

S355 N/NL

S355 M/ML

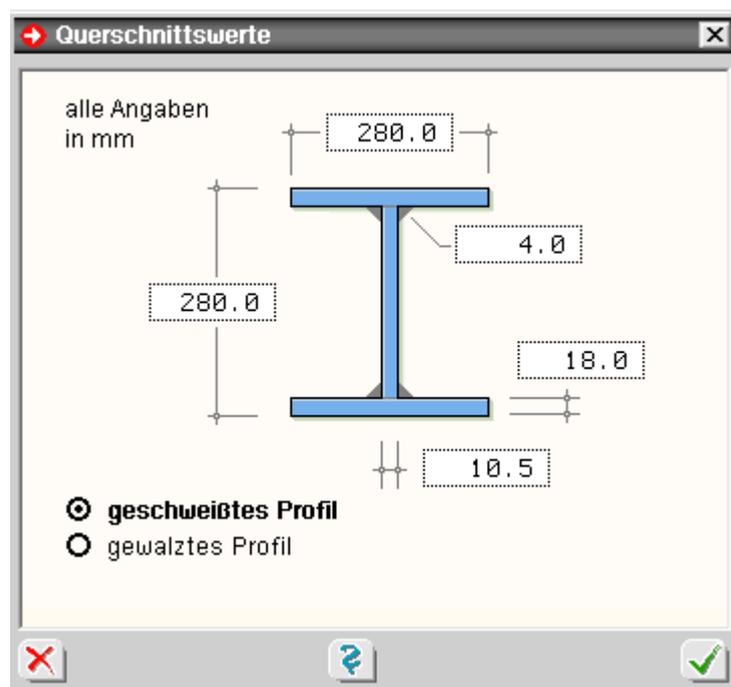
S460 N/NL

S460 M/ML

- 
- S355 N/NL
- S355 M/ML
- S460 N/NL
- S460 M/ML

### Stahlstütze - typisierte Querschnitte

Zur Beschreibung eines typisierten Querschnitts sind die Abmessungen für Höhe, Breite und Blechdicken über die Vermaßungen in einer Prinzipskizze einzugeben.



Je nachdem, ob es sich um ein geschweißtes oder gewalztes Profil handelt, ist zusätzlich eine Schweißnahtdicke ( $a_w$ ) oder ein Ausrundungsradius ( $r$ ) vorzugeben.

### Stahlstützenfuß - Nachweisparameter

In diesem Registerblatt sind spezielle Parameter der zu führenden Nachweise enthalten.

4H-EC3KF [Position 19:Eingespannter Stahlstützenfuß]

**Einspanntiefe**

nach Kindmann/Lauman (2005)  
aus Stahlbau74, nur für I-Profile

Verbundtragfähigkeit  $\tau_{Rd} = 0,30$  N/mm<sup>2</sup>  
DIN EN 1994-1-1, Tab. 6.6

Reibbeiwert  $C_{f,d} = 0,20$   
DIN EN 1993-1-8, Abs. 6.2.2(6)

zulässige Betonpressung  
DIN EN 1992-1-1, Gl.(6.6.3)

(Bieg. um y-Achse)  $\sigma_{Rd} = f_{cd} \cdot (2,0)^{0,5}$   
(Bieg. um z-Achse)  $\sigma_{Rd} = f_{cd} \cdot (3,0)^{0,5}$

Massgebende Beanspruchung  
Materialsicherheit DIN EN 1993-1-1, Abs. 6.1(1)

Querschnittsversagen  
 Stabilitätsversagen

Spannungsnachweis  
 Elastisch-Elastisch  
 Elastisch-Plastisch

**Normalkraftübertragung Stütze/Fußplatte**  
Anteil der über die Schweißnaht übertragen wird  
 $N_{Naht} / N_{Ges.} = 100$  %

**Kehlnahtanschluß an die Fußplatte**

Grenzdicken entspr. DIN EN 1993-1-8/NA (NCI zu 4.5.2)  
 Nahtdicken vorgeben

$a_{w,Flansch} = 4$  mm  
 $a_{w,Steg} = 4$  mm

**Einleitung der Normalkraft in das Fundament**

ungestörte Lastausbreitung  
 Spaltzugbewehrung

Anschlusbeiwert  $\beta_j = 0,667$   
DIN EN 1993-1-8, Abschn. 6.2.5 (7)

**Maximal zulässige Zugbelastung**  
 $N_{Ed,Zug} = 0,00$  kN

Bild vergrößern

Mit der *Verallgemeinerten Berechnungsmethode für in Beton eingespannte Stahlprofile* (nach Kindmann / Kraus / Laumann / Vette, Stahlbau 92 (2023), Heft 1) können sowohl I- als auch Rechteck- und Kreisprofile berechnet werden.

Wenn das Stützenprofil ein I-Profil ist, kann alternativ das spezielle Verfahren für diesen Profiltyp (Kindmann / Laumann, Stahlbau 74 (2005), Heft 8) verwendet werden. Dies ist wirtschaftlicher, da zusätzlich die Verbundtragfähigkeit berücksichtigt wird.

Der Bemessungswert der **Verbundtragfähigkeit** und der Reibbeiwert entsprechen in der Standardstellung den Normen, können hier aber geändert werden.

Ebenfalls günstiger wirkt sich aus, dass bei dem speziellen Verfahren statt dem Bemessungswert der Betondruckfestigkeit ( $f_{cd}$ ) der deutlich höhere Wert der Teilflächenbelastung als **zulässige Betonpressung** angesetzt werden darf. Als maximaler Aufschlag zu  $f_{cd}$  kann hier der Faktor  $\sqrt{3}$  verwendet werden.

Im Normalfall ist das eingespannte Stahlprofil Teil einer Stütze, die auf Stabilität nachzuweisen ist.

Somit ist die maßgebende Beanspruchung für den Stützenfuß **Stabilitätsversagen**.

Ist dies nicht der Fall, kann hier auch auf **Querschnittsversagen** gewechselt werden, und die Nachweise werden mit der etwas geringeren Materialsicherheit und damit wirtschaftlicher berechnet.

Der Spannungsnachweis für das Stahlprofil kann

#### Einspanntiefe

##### nach Kindmann/Lauman (2005)

aus Stahlbau74, nur für I-Profile

Verbundtragfähigkeit  $\tau_{Rd} = 0,30$  N/mm<sup>2</sup>  
DIN EN 1994-1-1, Tab. 6.6

Reibbeiwert  $C_{f,d} = 0,20$   
DIN EN 1993-1-8, Abs. 6.2.2(6)

zulässige Betonpressung  
DIN EN 1992-1-1, Gl.(6.6.3)

(Bieg. um y-Achse)  $\sigma_{Rd} = f_{cd} \cdot (2,0)^{0,5}$   
(Bieg. um z-Achse)  $\sigma_{Rd} = f_{cd} \cdot (3,0)^{0,5}$

#### Massgebende Beanspruchung

Materialsicherheit DIN EN 1993-1-1, Abs. 6.1(1)

- Querschnittsversagen  
 Stabilitätsversagen

**elastisch** oder **plastisch** geführt werden.

Die Schnittgrößenermittlung ist immer elastisch.

Wenn ein Teil der Drucknormalkraft aus der Stütze durch Kontakt auf die Fußplatte übertragen werden kann, mindert dies die Belastung für die Schweißnaht bzw. der Anteil für die Naht kann auf weniger als 100% reduziert werden.

In der Standardeinstellung wird immer davon ausgegangen, dass die Naht die volle Kraft (100%) übertragen muss.

Der Anschluss zwischen Stützenprofil und Fußplatte wird als Kehlnaht bemessen.

Die **Nahtdicken** können dabei vorgegeben und nachgewiesen werden, oder das Programm ermittelt die notwendigen Nahtdicken.

Die Einhaltung der **Grenzdicken** n. DIN EN 1993-1-8/NA wird ebenfalls geprüft, wenn die entsprechende Option aktiv ist.

Die Drucknormalkraft wird vollständig über die Fußplatte in das Fundament abgeleitet.

Wenn keine **ungestörte Lastausbreitung** (DIN EN 1992-1-1:2011, Bild 6.29) gewährleistet ist, ist die **Verteilungsfläche**  $A_{c1}$  vom Anwender vorzugeben.

Ohne **Spaltzugbewehrung** reduziert sich die maximal aufnehmbare Last deutlich (DIN EN 1992-1-1/NA:2013, NCI zu 6.7.(4)).

Der **Anschlussbeiwert** kann i.d.R mit 2/3 angesetzt werden. Bei geringer Mörtelfestigkeit oder großer Dicke der Mörtelschicht ist diese ggf. zu reduzieren (s. DIN EN 1993-1-8:2005, Abs. 6.2.5 (7)).

Ein rechnerischer Nachweis auf Zugbelastung wird nicht geführt.

Hier kann aber festgelegt werden, welche Zugbelastung (Werte < Null in Spalte  $N_{Ed}$ , Registerblatt **Belastung**) als noch tolerierbar angenommen werden.

#### Spannungsnachweis

**Elastisch-Elastisch**

**Elastisch-Plastisch**

#### Normalkraftübertragung Stütze/Fußplatte

Anteil der über die Schweißnaht übertragen wird

$N_{Naht} / N_{Ges.} = 100\%$

#### Kehlnahtanschluß an die Fußplatte

**Grenzdicken entspr. DIN EN 1993-1-8/NA (NCI zu 4.5.2)**

**Nahtdicken vorgeben**

$a_{w,Flansch} = 4$  mm

$a_{w,Steg} = 4$  mm

#### Einleitung der Normalkraft in das Fundament

**ungestörte Lastausbreitung**

Verteilungsfläche  $A_{c1} = 2.25 A_{c0}$

**Spaltzugbewehrung**

Anschlussbeiwert  $\beta_j = 0.667$

DIN EN 1993-1-8, Abschn. 6.2.5 (7)

#### Maximal zulässige Zugbelastung

$N_{Ed,Zug} = 0.00$  kN

### Belastung

Dieses Registerblatt dient der Eingabe der Belastung.

The screenshot shows the software interface for 4H-EC3KF. At the top, there is a title bar with the text '4H-EC3KF [Position 19:Eingespannter Stahlstützenfuß]'. Below the title bar is a toolbar with various icons. The main area displays a 3D model of a column base with internal forces labeled:  $H_{z,Ed}$ ,  $N_{Ed}$ ,  $H_{y,Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$ , and  $M_{z,Ed}$ . To the right of the model are three buttons: '... alle Lastkollektive löschen', 'Lagergrößen importieren aus #-Programmen ...', and 'Lastkollektive importieren aus Datei ...'. Below the model is a table with the following columns: 'Lastkollektiv', 'Bemessungssituation', 'N<sub>Ed</sub> kN', 'M<sub>y,Ed</sub> kNm', 'H<sub>z,Ed</sub> kN', 'M<sub>z,Ed</sub> kNm', and 'H<sub>y,Ed</sub> kN'. The table contains one row of data:

Lastkollektiv	Bemessungssituation	N <sub>Ed</sub> kN	M <sub>y,Ed</sub> kNm	H <sub>z,Ed</sub> kN	M <sub>z,Ed</sub> kNm	H <sub>y,Ed</sub> kN
1: Lastkollektiv	ständig	434.50	233.10	24.60	0.00	0.00

Bild vergrößern

Die Schnittgrößen sind als Bemessungsgrößen auf OK-Fußplatte im Stützenquerschnitt bezogen einzugeben. Damit in den Nachweisen die richtigen Teilsicherheitsbeiwerte verwendet werden, ist zusätzlich die **Bemessungssituation** anzugeben.

### Lagergrößen importieren

Detailnachweisprogramme zur Bemessung von Anschlüssen (Träger/Stütze, Träger/Träger), Fußpunkten (Stütze/Fundament) etc. benötigen Schnitt- oder Lagergrößenkombinationen, die häufig von einem Tragwerksprogramm zur Verfügung gestellt werden.

Dabei handelt es sich i.d.R. um eine Vielzahl von Kombinationen, die im betrachteten Bemessungsschnitt oder Lagerknoten des übergeordneten Tragwerkprogramms vorliegen und in das Anschlussprogramm übernommen werden sollen.

**pcae** stellt neben der 'per Hand'-Eingabe zwei verschiedene Mechanismen zur Verfügung, um Schnittgrößen in das vorliegende Programm zu integrieren.

#### • Lagergrößen aus einem 4H-Programm importieren

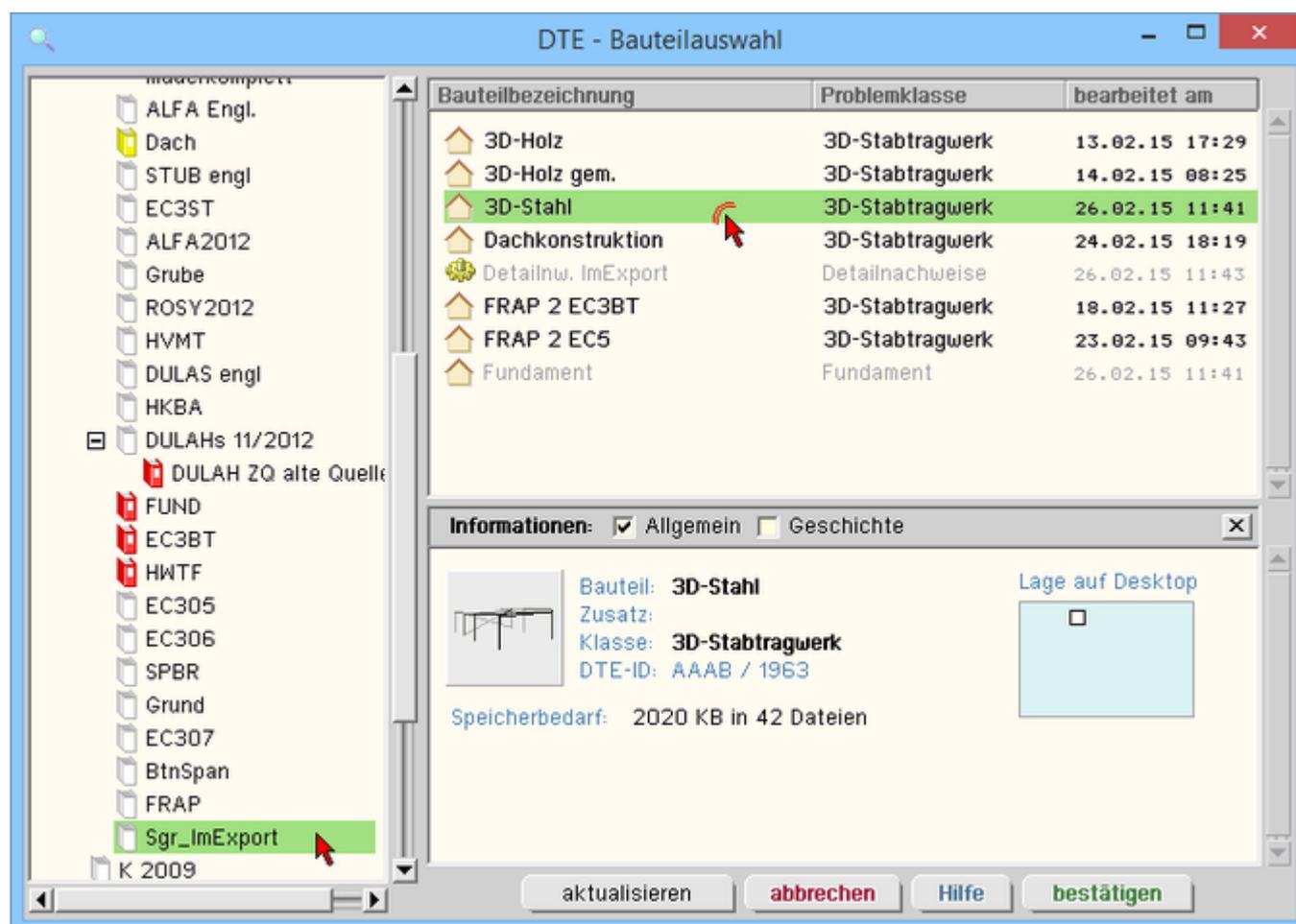
Zunächst sind in dem übergebenden 4H-Programm (z.B. 4H-FRAP, 4H-NISI etc.) die Lagerknoten zu kennzeichnen, deren Reaktionen beim nächsten Rechenlauf exportiert, d.h. für den Import bereitgestellt, werden sollen.

Ausführliche Informationen zum Export können dem DTE<sup>®</sup>-**Schnittgrößenexport** entnommen werden.

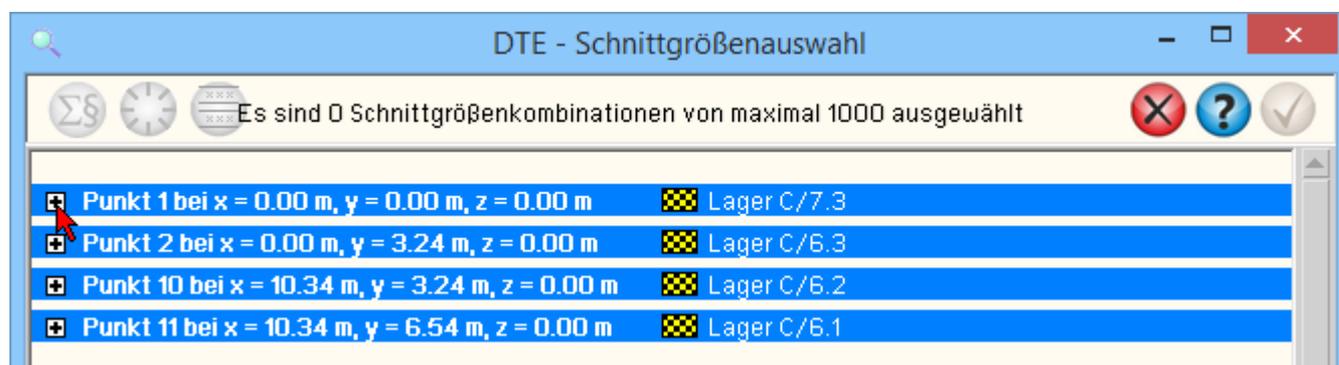


Aus dem aufnehmenden 4H-Programm (z.B. 4H-EC3KF) wird nun über den **Import**-Button das Fenster zur DTE<sup>®</sup>-**Bauteilauswahl** aufgerufen.

Hier werden alle berechneten Bauteile dargestellt, wobei diejenigen, die Schnittgrößen exportiert haben, dunkel gekennzeichnet sind.



Das gewünschte Bauteil kann nun markiert und über den **bestätigen**-Button ausgewählt werden. Alternativ kann durch Doppelklicken des Bauteils direkt in die DTE®-**Schnittgrößenauswahl** verzweigt werden.



In der Schnittgrößenauswahl werden die verfügbaren Lagergrößenkombinationen aller im übergebenden Programm gekennzeichneten Lagerknoten angeboten.

Durch Anklicken des +-Buttons werden die Reaktionen der Übergabepunkte zugänglich, wobei die vom aufnehmenden Programm erwarteten Spalten gelb unterlegt sind.

DTE - Schnittgrößenauswahl

Es sind 2 Schnittgrößenkombinationen von maximal 1000 ausgewählt

Punkt 1 bei x = 0.00 m, y = 0.00 m, z = 0.00 m  
Lager C/7.3

	APr kN	APs kN	APt kN	AMr kNm	AMs kNm	AMt kNm	Kommentar
<b>Lastfallergebnisse</b>							
<b>Nachweis 1: Schnittgrößenermittlung (Th. I. Ord.)</b>							
<b>Nachweis 2: EC 3 Tragfähigkeit (Th. I. Ord.)</b>							
Extremierung 1: Standardkombination							
min APr	0.00	4.01	-34.68	0.00	0.00	0.00	0.8*1.5*(Lf1+Lf2)+1.5*Lf3
max APr	0.03	-2.43	4.59	0.00	0.00	0.00	1.5*Lf5
min APs	0.03	-2.43	4.59	0.00	0.00	0.00	1.5*Lf5
max APs	0.00	4.01	-34.68	0.00	0.00	0.00	0.8*1.5*(Lf1+Lf2)+1.5*Lf3
min APT	0.00	4.01	-34.68	0.00	0.00	0.00	0.8*1.5*(Lf1+Lf2)+1.5*Lf3
max APT	0.03	-2.43	4.59	0.00	0.00	0.00	1.5*Lf5
Zusammenfassung Nachweis 2							
min APr	0.00	4.01	-34.68	0.00	0.00	0.00	Ex1:0.8*1.5*(Lf1+Lf2)+1.5*Lf3
max APr	0.03	-2.43	4.59	0.00	0.00	0.00	Ex1:1.5*Lf5
min APs	0.03	-2.43	4.59	0.00	0.00	0.00	Ex1:1.5*Lf5
max APs	0.00	4.01	-34.68	0.00	0.00	0.00	Ex1:0.8*1.5*(Lf1+Lf2)+1.5*Lf3
min APT	0.00	4.01	-34.68	0.00	0.00	0.00	Ex1:0.8*1.5*(Lf1+Lf2)+1.5*Lf3
max APT	0.03	-2.43	4.59	0.00	0.00	0.00	Ex1:1.5*Lf5
<b>Nachweis 3: EC 5 Tragfähigkeit (Th.I.Ord.)</b>							
Punkt 2 bei x = 0.00 m, y = 3.24 m, z = 0.00 m Lager C/6.3							
Punkt 10 bei x = 10.34 m, y = 3.24 m, z = 0.00 m Lager C/6.2							
Punkt 11 bei x = 10.34 m, y = 6.54 m, z = 0.00 m Lager C/6.1							

Bild vergrößern 

In der Schnittgrößenauswahl werden sukzessive über die Buttons **alle auswählen** die Lagergrößeneinträge der Extremierungen der betreffenden Nachweise aktiviert.

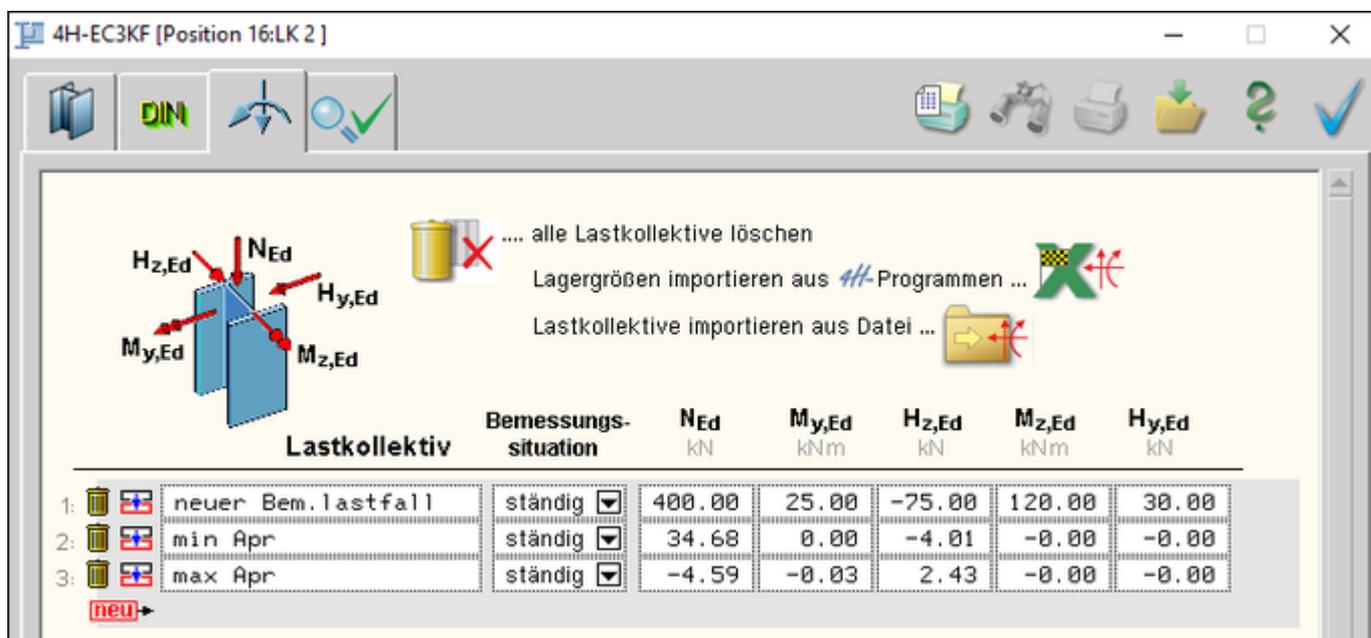
 mittels des Buttons **doppelte Zeilen abwählen** werden die Übergabeblocks erheblich reduziert.

Wenn eine Reihe von Fußpunkten gleichartig ausgeführt werden soll, können in einem Rutsch weitere Lagergrößen anderer Lagerknoten aktiviert und so bis zu 10.000 Kombinationen übertragen werden.

 4H-EC3KF behandelt die importierten Lagerreaktionen vorzeichengerecht, wobei das Lagerkoordinatensystem r-s-t im Programm 4H-FRAP nicht verdreht sein darf!

Eine Aktualisierung der importierten Schnittgrößenkombinationen, z.B. aufgrund einer Neuberechnung des exportierenden Tragwerks, erfolgt nicht!

Nach Auswahl der Kombinationen und Bestätigen der Eingabe werden die Lagergrößensätze in die Tabelle des aufnehmenden Programms übernommen. Bereits bestehende Tabellenzeilen bleiben erhalten.



The screenshot shows the main interface of the 4H-EC3KF software. At the top, there is a title bar with the file name '4H-EC3KF [Position 16:LK 2]'. Below the title bar is a toolbar with various icons. The main area displays a diagram of a column base with internal forces labeled:  $N_{Ed}$ ,  $H_{z,Ed}$ ,  $H_{y,Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$ , and  $M_{z,Ed}$ . Below the diagram is a table with the following columns: 'Lastkollektiv', 'Bemessungssituation', 'N<sub>Ed</sub> kN', 'M<sub>y,Ed</sub> kNm', 'H<sub>z,Ed</sub> kN', 'M<sub>z,Ed</sub> kNm', and 'H<sub>y,Ed</sub> kN'. The table contains three rows of data:

	Lastkollektiv	Bemessungssituation	N <sub>Ed</sub> kN	M <sub>y,Ed</sub> kNm	H <sub>z,Ed</sub> kN	M <sub>z,Ed</sub> kNm	H <sub>y,Ed</sub> kN
1:	neuer Bem.lastfall	ständig	400.00	25.00	-75.00	120.00	30.00
2:	min Apr	ständig	34.68	0.00	-4.01	-0.00	-0.00
3:	max Apr	ständig	-4.59	-0.03	2.43	-0.00	-0.00

Bild vergrößern 

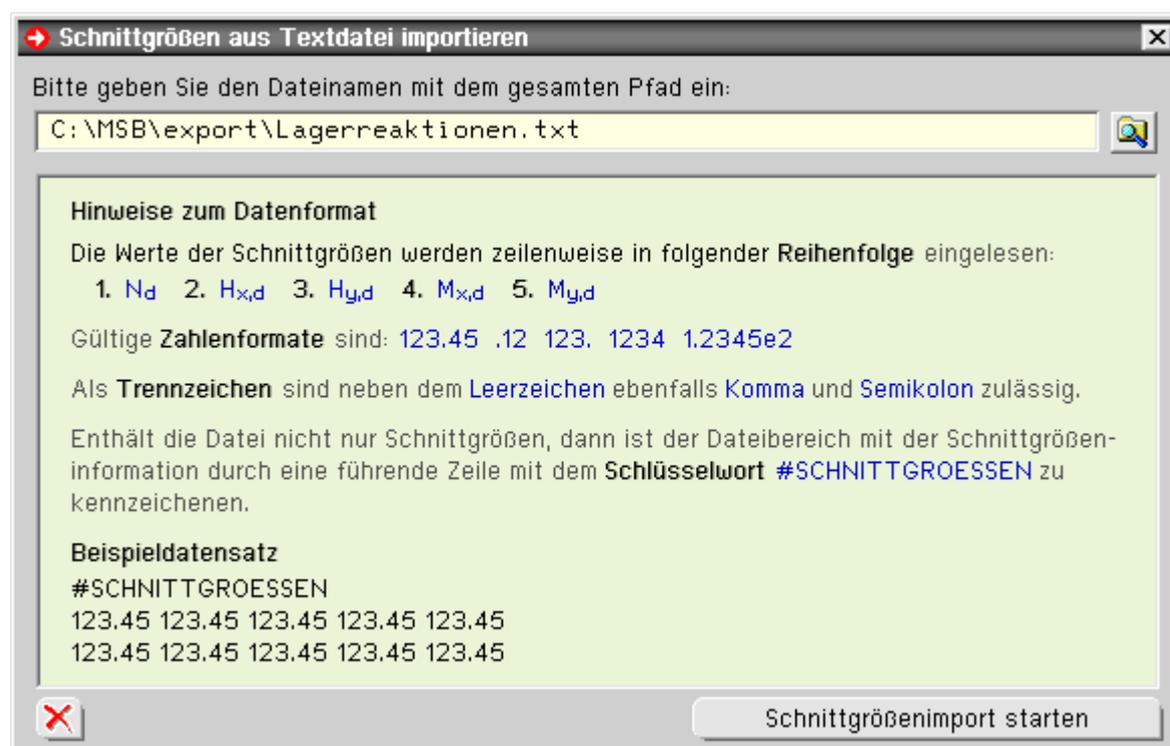
#### • Schnittgrößen aus einer Text-Datei importieren

Neben der Möglichkeit, Daten aus 4H-Stabwerksprogrammen zu übernehmen, besteht die Option, Daten aus einer ASCII-Datei zu importieren.



ein Klick auf den **Importbutton** öffnet das Importfenster zum Einlesen einer ASCII-Datei.

Es können bis zu 10.000 Lagergrößenkombinationen importiert werden, die in der Tabelle hinten angehängt werden, so dass vorhandene Eingaben bestehen bleiben.



The screenshot shows the 'Schnittgrößen aus Textdatei importieren' dialog box. It contains the following text:

Bitte geben Sie den Dateinamen mit dem gesamten Pfad ein:

C:\MSB\export\Lagerreaktionen.txt

**Hinweise zum Datenformat**  
Die Werte der Schnittgrößen werden zeilenweise in folgender Reihenfolge eingelesen:  
1. N<sub>d</sub> 2. H<sub>x,d</sub> 3. H<sub>y,d</sub> 4. M<sub>x,d</sub> 5. M<sub>y,d</sub>

Gültige Zahlenformate sind: 123.45 .12 123. 1234 1.2345e2

Als Trennzeichen sind neben dem Leerzeichen ebenfalls Komma und Semikolon zulässig.

Enthält die Datei nicht nur Schnittgrößen, dann ist der Dateibereich mit der Schnittgrößeninformation durch eine führende Zeile mit dem Schlüsselwort #SCHNITTGROESSEN zu kennzeichnen.

**Beispieldatensatz**  
#SCHNITTGROESSEN  
123.45 123.45 123.45 123.45 123.45  
123.45 123.45 123.45 123.45 123.45

At the bottom right, there is a button labeled 'Schnittgrößenimport starten'.

Im Importfenster befindet sich die Beschreibung über das Format der ASCII-Datei. Die Auswahl der Datei erfolgt über den **Dateimanagerbutton**.

Ein Klick auf den **Schnittgrößenimport starten**-Button initialisiert den Vorgang.

Wenn keine Daten gelesen werden können, erfolgt eine entsprechende Meldung am Bildschirm.

## Ausnutzungen

In diesem Registerblatt werden die Ausnutzungen der Teilnachweise entsprechend der aktuellen Eingabe dargestellt.

Teilnachweis	Ausnutzung
Einbindetiefe	62% <div style="display: inline-block; width: 62%; height: 10px; background-color: green; vertical-align: middle;"></div>
Querschnitt	115% <div style="display: inline-block; width: 115%; height: 10px; background-color: red; border: 1px dashed red; vertical-align: middle;"></div>
Schweißnaht	27% <div style="display: inline-block; width: 27%; height: 10px; background-color: green; vertical-align: middle;"></div>
Einleitung Normalkraft	51% <div style="display: inline-block; width: 51%; height: 10px; background-color: green; vertical-align: middle;"></div>
Zuglast	50% <div style="display: inline-block; width: 50%; height: 10px; background-color: green; vertical-align: middle;"></div>
<b>Gesamtnachweis</b>	<b>115%</b> <div style="display: inline-block; width: 115%; height: 10px; background-color: red; border: 1px dashed red; vertical-align: middle;"></div>

Liegt die Ausnutzung über 100%, wird dies durch eine rote Hervorhebung des Teilnachweises und des zugehörigen Balkens, der die Ausnutzung grafisch anzeigt, deutlich gemacht.

Bei einer Änderung der Eingabe gegenüber der letzten Berechnung wird bei Wechsel in dieses Registerblatt die Berechnung neu gestartet.

## Einspanntiefe

Der Nachweis der Einspanntiefe wird geführt nach

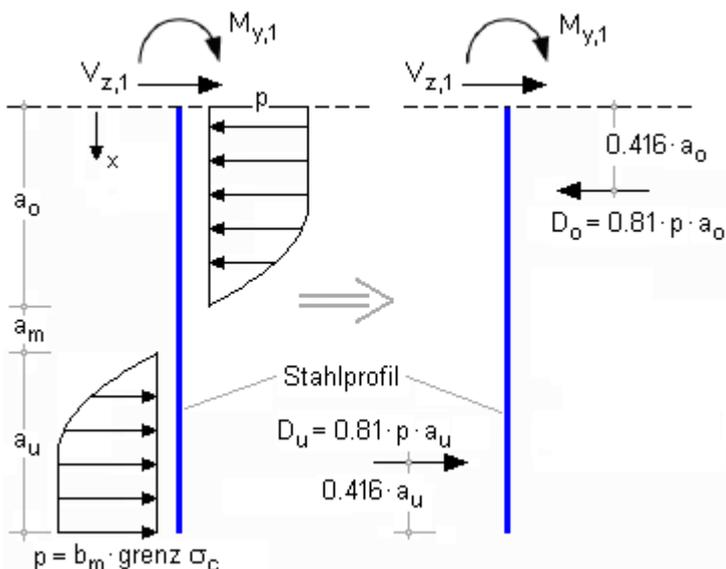
/1/ R. Kindmann, M. Kraus, J. Laumann, J. Vette: Verallgemeinerte Berechnungsmethode für in Beton eingespannte Stahlprofile, Stahlbau 92, Heft 1, Ernst & Sohn, 2023

/2/ R. Kindmann, J. Vette: Tragf. von Stahlrohren im Einspannbereich, Stahlbau 90, Heft 1, Ernst & Sohn, 2021

/3/ R. Kindmann, J. Laumann: Erf. Einspanntiefen von Stahlstützen in Betonfundamenten, Stahlbau 74, Heft 8, Ernst & Sohn, 2005

### Allgemeiner Ansatz

Das in /1/ beschriebene Lastabtragungsmodell kann angewendet werden auf I-Profile, runde und eckige Hohlprofile sowie Kastenquerschnitte.



Von der Normalkraft wird angenommen, dass sie komplett als Druckkraft über die Fußplatte an das Fundament abgeleitet wird (s. **Einleitung der Drucknormalkraft**) und somit hier nicht von Belang ist.

Querkraft  $V$  und Moment  $M$  werden seitlich über Betonpressungen abgetragen.

Der Verlauf der Betonpressung wird entsprechend dem Parabel-Rechteck-Diagramm angesetzt.

Die Grenzpressung entspricht dem Bemessungswert der Betontragfähigkeit  $\text{grenz}_c = f_{cd}$  und wird in Querrichtung über die mitwirkende Breite  $b_m$  konstant angenommen.

Die mitwirkende Breite bestimmt sich abhängig von der gewalzten oder geschweißten Querschnittsform, der Lastrichtung sowie dem Beiwert  $\alpha_m$  (s. /1/, Abschn. 4).

Der Beiwert  $\alpha_m$  fasst den Materialeinfluss zusammen und ermittelt sich aus Stahl- und Betonfestigkeit der verwendeten Materialien.

Die Betonpressungen werden oben und unten zu den resultierenden Druckkräften  $D_o$  und  $D_u$  zusammengefasst und stehen im Gleichgewicht mit den Schnittgrößen  $M$  und  $V$ .

Hieraus ergibt sich folgende Beziehung (/1/, Gl. (1) und (2)) zur Bestimmung der Einspanntiefe  $f$

$$V_{z,1} = D_o - D_u$$

$$M_{y,1} = D_u \cdot (f - 0.416 \cdot a_u) - D_o \cdot 0.416 \cdot a_o = D_u \cdot f - D_u^2 \cdot 0.514 / p - D_o^2 \cdot 0.514 / p = D_u \cdot f - D_u^2 \cdot 0.514 / p - 0.514 / p \cdot (D_u + V_{z,1})^2$$

Zusätzlich sind folgende Nebendigungen einzuhalten.

1. Da die maximale Querkraft, die sich im Schnittgrößenverlauf einstellt, der unteren resultierenden Druckkraft  $D_u$  entspricht, darf sie die zulässige plastische Querkraft des Querschnitts nicht überschreiten (/1/, Gl. (3))

$$D_u = \max V_z(x) \leq V_{pl,z}$$

2. Die beiden Bereiche mit Betonpressung ( $a_o$  und  $a_u$ ) dürfen sich nicht überlappen bzw. es muss gelten  $a_m \geq 0$ .

$$f \geq a_o + a_u = (D_o + D_u) / 0.81 \cdot p = (V_{z,1} + 2 \cdot D_u) / 0.81 \cdot p$$

3. Die Gültigkeit des Modells ist in Abhängigkeit der Profilhöhe  $h$  auf folgende Mindest- und Höchstwerte für die Einspanntiefe beschränkt

$$\min f = 1.5 \cdot h \quad (\text{Kreisprofil } \min f = 2 \cdot d)$$

$$\max f = 4 \cdot h \quad (\text{Kreisprofil } \max f = 4 \cdot d)$$

Aus den Gleichgewichtsbedingungen und den Nebenbedingungen wird vom Programm eine erforderliche Einspanntiefe  $f_{erf}$  ermittelt.

Wenn vom Anwender eine Einspanntiefe vorgegeben wurde, wird geprüft, ob diese ausreicht.

Im Weiteren wird für den Schnittgrößenverlauf, der sich entsprechend der gewählten bzw. ermittelten Einspanntiefe  $f_{gew}$  einstellt, dann im Stützenprofil der **Spannungsnachweis** geführt.

## **Runde Hohlprofile**

Bei Verwendung von kreisförmigen Stahlrohren wird für den Pressungsverlauf anstelle der Parabel-Rechteck-Form die cos-Funktion verwendet (s. /2/, Bild 3).

In Querrichtung wird ein konstanter Wert über den halben Umfang angenommen.

## **I-Profile**

Im Fall von I-förmigen Profilen kann die Berechnung nach /1/ oder /3/ erfolgen.

Der Nachweis nach /3/ ist aber i.d.R wirtschaftlicher, da hier zusätzlich Reibung und Verbundtragfähigkeit zur Übertragung der Kräfte in den Beton berücksichtigt werden (s. /3/, Bild 4).

Im Regelfall wird die Verbundtragfähigkeit für vollständig einbetonierte I-Profile mit  $\tau_{Rd} = 0.3 \text{ N/mm}^2$  angesetzt (Voraussetzungen s. DIN EN 1994-1-1, Abschn. 6.7.4.3 (4) und Tab. 6.6).

Der Bemessungswert des Reibbeiwerts wird mit  $c_{f,d} = 0.2$  angesetzt (Voraussetzungen s. DIN EN 1993-1-8, Abs. 6.2.2(6)).

Ebenfalls vergünstigend darf die zulässige Pressung von  $\text{grenz}_c = f_{cd}$  (wie in [1]) bis auf die zulässige Teilflächenpressen mit  $\text{grenz}_c = f_{cd} \cdot \sqrt{3}$  erhöht werden. Voraussetzung hierfür ist die ungestörte Lastausbreitung (entspr. DIN 1992-1-1, Bild 6.29).

## Querschnittsnachweis

Der Tragsicherheitsnachweis der offenen, dünnwandigen Querschnitte kann nach dem Nachweisverfahren *Elastisch-Elastisch* (DIN EN 1993-1-1, Abs. 6.2.1(5)) oder nach dem Nachweisverfahren *Elastisch-Plastisch* geführt werden (DIN EN 1993-1-1, Abs. 6.2).

Zusätzlich kann für dünnwandige Querschnitte der vereinfachte Beulnachweis (*c/t*-Nachweis) n. EC 3-1-1, 5.5, Tab. 5.2, in die Berechnung der Tragfähigkeit einbezogen werden.

### **Nachweisverfahren Elastisch-Elastisch**

Beim Nachweisverfahren *Elastisch-Elastisch* (E-E) werden die Schnittgrößen (Beanspruchungen) auf Grundlage der Elastizitätstheorie bestimmt.

Der Spannungsnachweis erfolgt mit dem Fließkriterium aus DIN EN 1993-1-1, Abs. 6.2.1(5), Formel 6.1.

### **Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch**

Beim Nachweisverfahren *Elastisch-Plastisch* (E-P) werden die Schnittgrößen (Beanspruchungen) auf Grundlage der Elastizitätstheorie bestimmt.

Der Spannungsnachweis erfolgt n. DIN EN 1993-1-1, Abs. 6.2.2 bis 6.2.10.

## **Schweißnaht Stütze / Fußplatte**

Der Nachweis der Verbindung von Stützenprofil und Fußplatte wird vom Programm durch eine Kehlnahtbemessung geführt.

Zur Anwendung kommt das richtungsbezogene Verfahren nach DIN EN 1993-1-8, Abs. 4.5.3.2.

Wenn die Option zur Berücksichtigung der **Grenzdicken** aktiviert ist, wird eine Mindestnahtdicke entspr. NCI zu 4.5.2 des NA-Deutschland ermittelt.

Da Querkräfte und Momente durch Pressungen und Verbundspannungen im Einbindebereich des Stützenprofils ins Fundament übertragen werden, wird die Schweißnaht nur für die Normalkräfte nachgewiesen.

Der Bemessungswert für eine Drucknormalkraft kann vom Anwender noch reduziert werden, wenn der Faktor  $N_{\text{Naht}} / N_{\text{Ges}}$  mit weniger als 100% vorgegeben wird (s. **Nachweisparameter**).

In diesem Falle wird davon ausgegangen, dass der restliche Anteil über direkten Kontakt von Stützenprofil und Fußplatte übertragen wird.

## **Einleitung der Drucknormalkraft**

Während Querkraft und Moment über die Einspanntiefe abgetragen werden, wird die Drucknormalkraft über die Fußplatte unter der Stütze in den Beton geleitet.

Der Nachweis erfolgt nach DIN EN 1993-1-8:2010, Abschn. 6.2.5 (Äquivalenter T-Stummel mit Druckbeanspruchung).

Für die Berechnung der Beton- oder Mörtelfestigkeit unter der Fußplatte ( $f_{jd}$ ) muss dazu die Tragfähigkeit  $F_{Rdu}$  unter konzentrierten Lasten nach DIN 1992-1-1:2011, Abs. 6.7 (Teilflächenbelastung), ermittelt werden.

Die dafür maßgebende Belastungsfläche  $A_{c0}$  (DIN 1992-1-1, Gl. (6.63)) ergibt sich aus der Ausbreitungsbreite  $c$  (DIN EN 1993-1-8, Gl.(6.5)).

Da ohne Querkraft und Momente eine zentrische Druckbeanspruchung vorliegt, werden die T-Stummel-Flächen aller Bleche des Stützenquerschnitts berücksichtigt.

Für ein I-Profil z.B. werden zwei T-Stummel-Flächen aus den Flanschen und eine T-Stummel-Fläche aus dem Steg ermittelt.

Aus der Summe der nicht überlappenden Anteile der T-Stummel-Flächen ergibt sich dann  $A_{c0}$ .

Um von einer ungestörten Lastausbreitung unterhalb von  $A_{c0}$  ausgehen zu können, sollten Bedingungen nach Bild 6.29 (DIN 1992-1-1) vorliegen.

Andernfalls ist die echnische Verteilungsfläche  $A_{c1}$  vom Anwender vorzugeben (s. **Nachweisparameter**).

Durch die Teilflächenbelastung entstehen Querkzugkräfte. Wenn diese nicht durch eine Spaltzugbewehrung aufgenommen werden können, verringert sich die aufnehmbare Teilflächenlast entspr.

DIN EN 1992-1-1/NA:2013 NCI zu 6.7(4) erheblich.

## Zuglast

Der Nachweis zur Einleitung einer Zuglast ist nicht Bestandteil des Programms.

Wenn als Belastung für  $N_{Ed}$  eine Zugkraft vorgegeben wird, wird vom Programm eine Fehlermeldung protokolliert.

Wenn dies nicht gewünscht ist, kann der Anwender eine zulässige Zuglast  $N_{Ed,zug}$  vorgeben. Zugwerte kleiner  $N_{Ed,zug}$  werden dann toleriert, und es erscheint kein entsprechender Hinweis im Druckprotokoll.

---

zur Hauptseite [4H-EC3KF](#), Eingespannter Stützenfuß



© [pcae](#) GmbH Kopernikusstr. 4A 30167 Hannover Tel. 0511/70083-0 Fax 70083-99 Mail [dte@pcae.de](mailto:dte@pcae.de)