



4H- STATIKPROGRAMME
AUS HANNOVER

DTE Desktop®
Engineering



pcae GmbH

Kopernikusstr. 4A

30167 Hannover

Tel 0511/70083-0

Fax 0511/70083-99

Internet www.pcae.de

Mail dte@pcae.de



4H-EC3KF

Eingespannter Stützenfuß

4H-EC3KF

Eingespannter Stützenfuß

Copyright 2024-2025

2. erweiterte Auflage, Juni 2025

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**.

Von dort können zudem aktualisierte Programmversionen herunter geladen werden.

S. hierzu auch *automatische Patch-Kontrolle* im DTE[®]-System.

Produktbeschreibung

Das Programm **EC3KF**, Eingespannter Stützenfuß, dient zu Berechnung und Nachweis von in Beton eingespannten Stahlprofilen unter zweiachsiger Belastung.

Der Nachweis der Einbindetiefe wird entsprechend der folgenden Veröffentlichungen von Kindmann Et al. geführt

- R. Kindmann, M. Kraus, J. Laumann, J. Vette: Verallgemeinerte Berechnungsmethode für in Beton eingespannte Stahlprofile, Stahlbau 92, Heft 1, Ernst & Sohn, 2023
- R. Kindmann, J. Vette: Tragf. von Stahlrohren im Einspannbereich, Stahlbau 90, Heft 1, Ernst & Sohn, 2021
- R. Kindmann, J. Laumann: Erf. Einspanntiefen von Stahlstützen in Betonfundamenten, Stahlbau 74, Heft 8, Ernst & Sohn, 2005

Wenn neben **EC3KF** auch das Fundamentprogramm **FUND**, Fundamente, installiert ist, kann dort eine Lasteinleitung durch eine eingespannte Stahlstütze nachgewiesen werden.

System

Als Stützenquerschnitt können I-Profile, runde und eckige Hohlprofile sowie Kastenprofile gewählt werden.

Normierte Querschnitte können aus der Profildatei des DTE[®]-Profilmanagers entnommen werden. Andernfalls können sie auch als typisierte Querschnitte vom Anwender definiert werden.

Am unteren Ende des Stützenfußes ist eine Fußplatte mit dem Querschnitt verschweißt, über die die Drucknormalkräfte in das Fundament bzw. den Beton eingeleitet werden.

Zwischen Fußplatte und Beton ist die Höhe der Mörtelschicht vorzugeben.

Belastung

Die Schnittgrößen im Stützenfuß sind als Bemessungswerte anzugeben.

Neben der Normalkraft können Horizontalkräfte und Momente in zweiachsiger Form aufgenommen werden.

Die Schnittgrößen können zudem aus anderen **Stabwerksprogrammen** (**FRAP**, **NISI**, **DULAS**) oder aus einer Textdatei importiert werden.

Wenn neben **EC3KF** auch das Fundamentprogramm **FUND** und das Stahlstützenprogramm **STAST** installiert sind, kann in **FUND** eine Lasteinleitung durch eine eingespannte Stahlstütze nachgewiesen werden, wobei dann auch die Lagerreaktionen aus der Stahlstützenberechnung durch Direktkopplung übernommen werden.

Nachweise

Die Einbindetiefe des Profils kann vom Anwender vorgegeben oder vom Programm ermittelt werden. Die erforderliche Tiefe zur Einleitung von Querkraft und Moment wird nach Kindmann Et al. berechnet.

Für den Schnittgrößenverlauf, der sich entsprechend der Einbindetiefe einstellt, wird der Spannungsnachweis am Stützenquerschnitt geführt. Wahlweise kann dies elastisch oder plastisch erfolgen.

Die Schweißnaht zwischen Stützenquerschnitt und Fußplatte wird über das richtungsbezogene Verfahren bemessen.

Die vertikale Drucknormalkraft wird über die Fußplatte in den Beton übertragen. Die Belastungsfläche wird entspr. des T-Stummel-Verfahrens ermittelt.

Der Nachweis von Zuglasten ist nicht vorgesehen.

Ausgabe

Die farbige oder s/w-Ausgabe beinhaltet eine maßstäbliche Darstellung des Stützenquerschnitts.

Die Protokolle der Belastung und der Berechnungsergebnisse der einzelnen Nachweise werden kontinuierlich durchnummeriert.

Der abschließende Punkt der Ausgabe ist die Zusammenfassung.

Sollten einer oder mehrere Bemessungs- oder Nachweisteile der Berechnung nicht erfolgreich gewesen sein, ist hier auf einen Blick zusammengestellt, woran diese gescheitert sind.

Englischsprachige Druckdokumentenausgabe.

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 #/-EC3KF 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 #/-EC3KF -Dokumentation gehört neben diesem Manual das Handbuch

DTE®-DeskTopEngineering.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit #/-EC3KF.

pcae GmbH

Hannover, im Juni 2025

Abkürzungen und Begriffe

Um die Texte zu straffen, werden folgende Abkürzungen benutzt:

| | | |
|-------------------|----------|--|
| Maustasten | RMT | rechte Maustaste drücken |
| | LMT | linke Maustaste drücken |
| | LF | Lastfall (Teileinwirkung) |
| | Nwtyp | Nachweistyp |
| | GZT, ULS | Grenzzustand der Tragfähigkeit |
| | GZG, SLS | Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit |



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*.

Doppelklick

zweimaliges schnelles Betätigen der LMT

blank

Leerzeichen

Cursor

Schreibmarke in Texten, Zeigesymbol bei Mausbedienung

icon

oder Ikon, Piktogramm, Bildsymbol

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

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten | 5 |
| 2 | Bauteil erzeugen..... | 7 |
| 3 | Eingabeoberfläche..... | 9 |
| 3.1 | Haupteingabefenster | 9 |
| 3.2 | Stahlstütze - Querschnitt und Material | 11 |
| 3.2.1 | Stahlstütze - typisierte Querschnitte | 12 |
| 3.3 | Nachweisparameter | 13 |
| 3.4 | Belastung..... | 15 |
| 3.4.1 | Lagergrößen importieren..... | 15 |
| 3.5 | Ausnutzungen..... | 18 |
| 4 | Nachweise | 19 |
| 4.1 | Einspanntiefe..... | 19 |
| 4.2 | Querschnittsnachweis | 20 |
| 4.3 | Schweißnaht Stütze / Fußplatte | 20 |
| 4.4 | Einleitung der Drucknormalkraft..... | 21 |
| 4.5 | Zuglast..... | 21 |
| 5 | Literaturverzeichnis | 22 |
| 6 | Index | 22 |

1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

Die Installation des DTE®-Systems und das Überspielen des Programms *##-EC3KF* auf Ihren Computer erfolgt über einen selbsterläuternden Dialog.

Sofern Sie bereits im Besitz anderer *##*-Programme sind und diese auf Ihrem Rechner installiert sind, lesen Sie bitte Abs. 2, Bauteil erzeugen, auf S. 7 weiter.

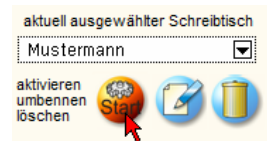


Nach erfolgreicher Installation befindet sich das DTE®-**Startsymbol** auf Ihrer Windowsoberfläche. Führen Sie bitte darauf den Doppelklick aus.

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** 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 Schreibtischs 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 im Einzelnen

-  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 Planerstellungsmodule 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

Bauteil erzeugen



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



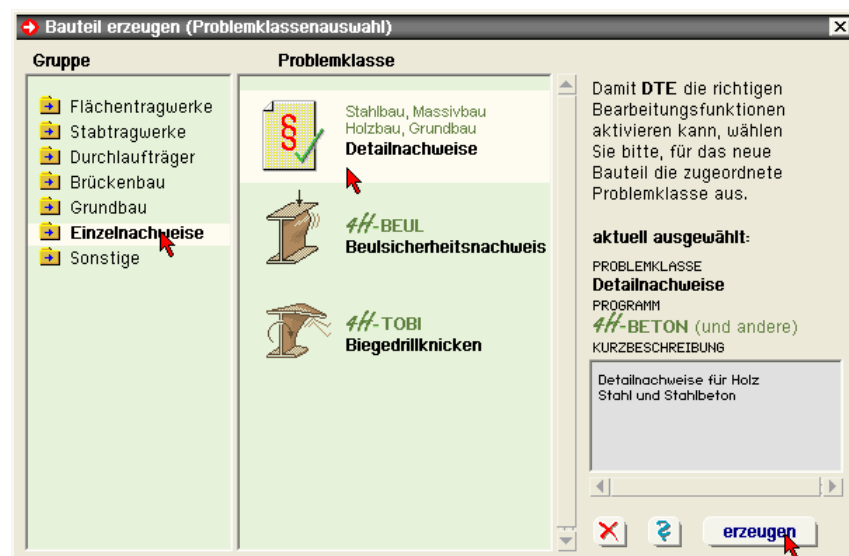
Aus dem Eintrag in der Schreibtischkopfzeile ist zu erkennen, in welchem Ordner sich die Aktion aktuell befindet.



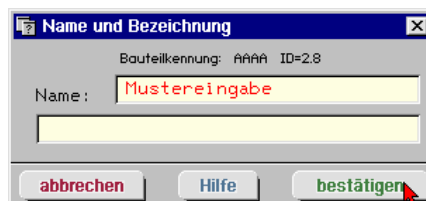
Der Ordner kann durch das **beenden**-Symbol wieder geschlossen werden.



Zur Erzeugung eines neuen Bauteils wird das Schnellstartsymbol in der Kopfleiste des DTE®-Schreibtischs 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**.



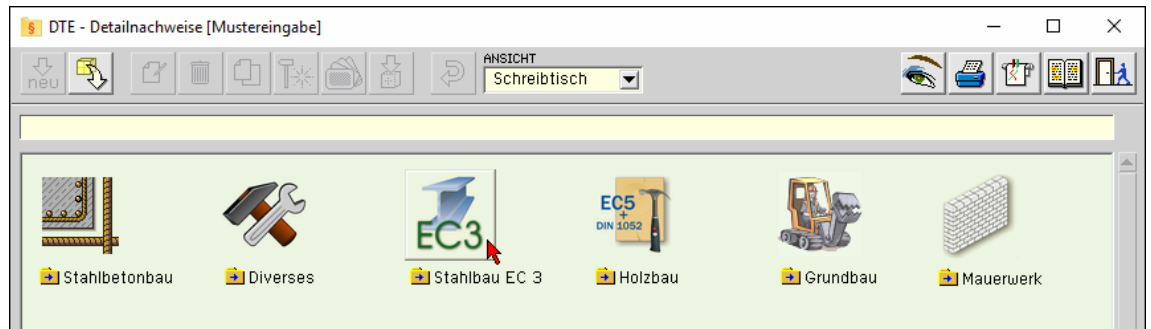
Der schwarze Rahmen der neuen Bauteilkone lässt sich mit der Maus über den Schreibtisch bewegen. Klicken Sie die LMT an der Stelle, an der das Bauteil auf dem Schreibtisch platziert werden soll. Das Eigenschaftsblatt **Name und Bezeichnung** erscheint.



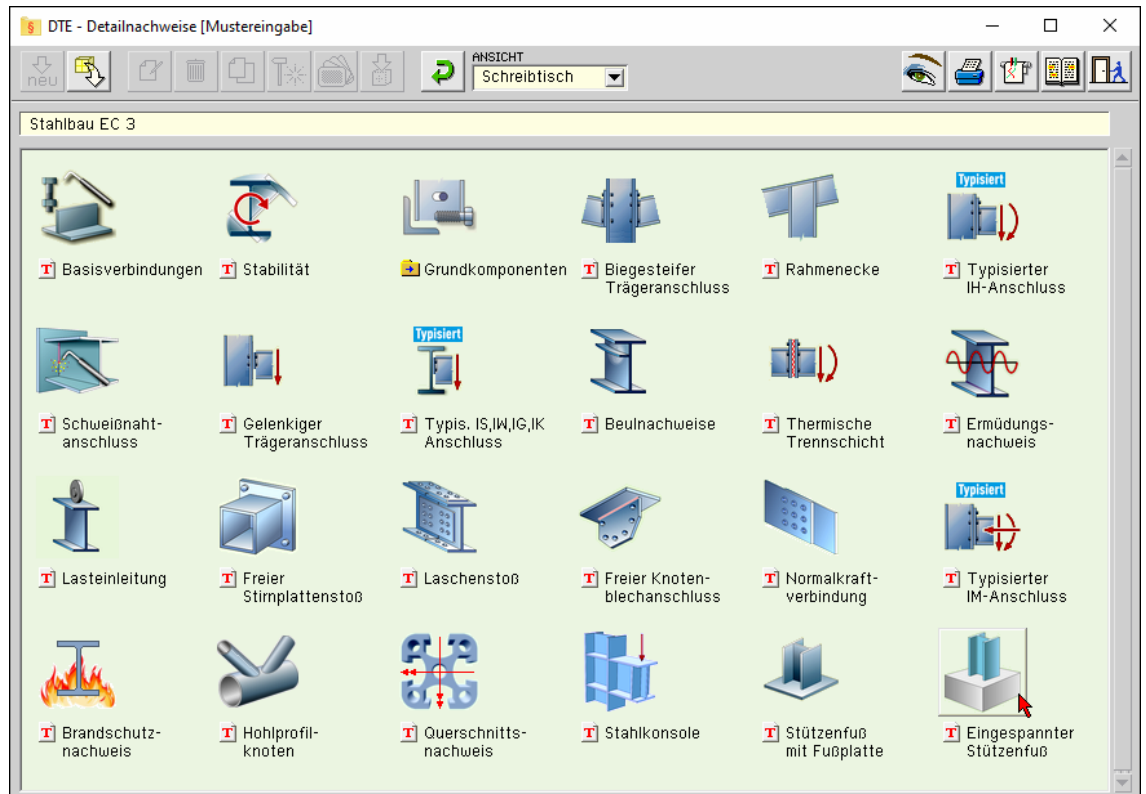
Überschreiben Sie den Begriff "Detailnachweise" zur Identifikation durch einen sinnvollen Text. Nach **Bestätigen** ist das Bauteil mit dem neuen Namen eingerichtet.

Durch Doppelklicken des neuen Symbols wird die Verwaltung der DTE®-Detailnachweise geöffnet.

Übersicht Detailnachweise

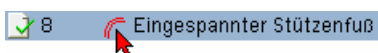
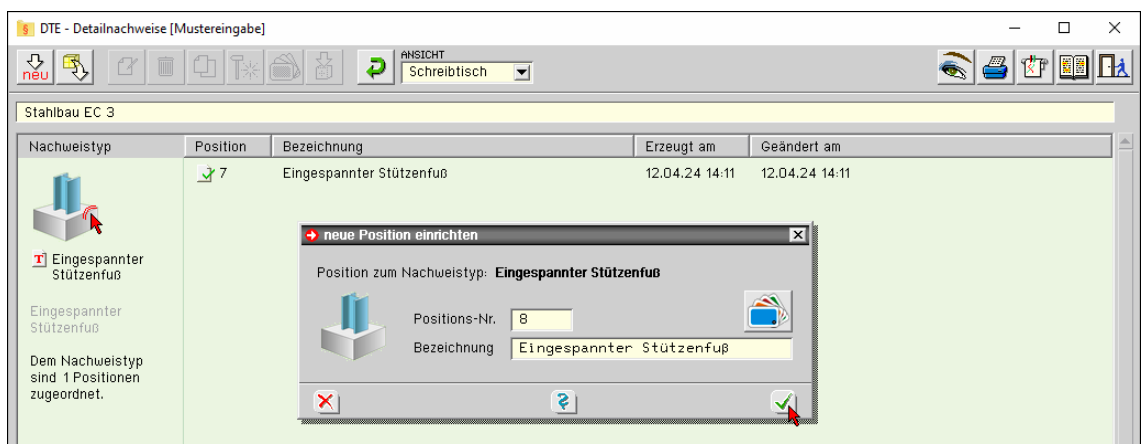


Übersicht EC 3- Programme



Klicken Sie im folgenden Übersichtblatt den Nachweistyp mit der LMT doppelt an. Im daraufhin erscheinenden nächsten Eigenschaftsblatt können der Position eine beliebige Nummer und ein kennzeichnender Text zugewiesen werden.

neue Position



Im rechten Bereich des Auswahlblatts erscheint die neue Position in einem Verzeichnis. Klicken Sie hier bitte doppelt auf den neuen Schriftzug. Daraufhin erscheint die Eingabeoberfläche von ##-EC3KF.

3 Eingabeoberfläche

3.1 Haupteingabefenster



Das Haupteingabefenster enthält vier Registerblätter, in denen die Eingabe der erforderlichen Parameter erfolgt und die Ausnutzungen dargestellt werden.

Dem Registerreiter entsprechend werden folgende Inhalte im Hauptfenster dargestellt



Beschreibung von Querschnitt und Material, s. Abs. 3.2, S. 11



Parameter zur Nachweisführung, s. Abs. 3.3, S. 13



Belastung, s. Abs. 3.4, S. 5



Darstellung der Ausnutzungsgrade aller Teilnachweise entspr. den aktuellen Einstellungen, s. Abs. 3.5, S. 18

Neben den Karteireitern befinden sich sechs Knöpfe über die die wichtigsten Programmfunktionen gesteuert werden.



öffnet das Fenster zur Eingabe der Druckeinstellungen.

Mit den dort angebotenen Optionen kann der Umfang der Druckliste beeinflusst werden.

Dem Protokoll der Eingabe kann eine Vorbemerkung vorangestellt werden.

Für die Systemgrafik können entweder der Maßstab oder die Abmessungen vorgegeben werden.

Wenn die benötigten Abmessungen zu groß werden, wird dies nach der Berechnung (bzw. beim Aufbau des Druckdokuments) gemeldet.

Wahlweise können die Abschnitte der Ausgabe zu den einzelnen Nachweisen durchnummeriert werden.

Alle Ausgabeelemente, die nur zur Erläuterung dienen, wie z.B. Rechenformeln oder Angaben über Rechenannahmen und verwendete Literatur, können ebenfalls abgeschaltet werden.

Ebenso kann auf die Zusammenfassung am Ende der Druckausgabe verzichtet werden.

Ergebnisprotokoll

- ☒ Abschnitsnummerierung
- ☒ Erläuterungen, Kommentare und Literaturverzeichnis
- ☒ Zusammenfassung



öffnet das Fenster der Druckvorschau



öffnet den Druckdialog mit dem DTE®-Druckmanager



sichert die aktuellen Eingabedaten



ruft die Onlinehilfe auf



beendet das Programm

Dieses Registerblatt dient der Eingabe von Querschnitt, Abmessungen und Material des eingespannten Stützenfußes. Das Eigenschaftsblatt ist unter Abs. 3, S. 9, dargestellt.

Rechts oben werden der gewählte Stützenquerschnitt und die Abmessungen der Fußplatte in der Draufsicht dargestellt.

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

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

Stahlgüte

| | |
|-----------|----------------------------------|
| S235 | <input type="radio"/> |
| S235 | <input checked="" type="radio"/> |
| S275 | <input type="radio"/> |
| S355 | <input type="radio"/> |
| S275 N/NL | <input type="radio"/> |
| S275 M/ML | <input type="radio"/> |
| S355 N/NL | <input type="radio"/> |
| S355 M/ML | <input type="radio"/> |
| S460 N/NL | <input type="radio"/> |
| S460 M/ML | <input type="radio"/> |

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 (s. Abs. 3.2.1, S. 12), 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 Köcher-aussparung im Fundament notwendig.

Fußplatte

Stahlgüte
S275

Überstand
a_y 0 mm
a_z 10 mm

Blechdicke t_p 12 mm **Mörtelfuge** t_f 50 mm

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

Fundament

Höhe 100.0 cm Betongüte C35/45

Die Angabe der Höhe ist nur von Belang, wenn eine ungestörte Lastausbreitung gegeben ist (s. Nachweisparameter Abs. 3.3, S. 13).

3.2.1

Stahlstütze - typisierte Querschnitte

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

Querschnittswerte

alle Angaben in mm

280.0

280.0

4.0

18.0

10.5

☒ geschweißtes Profil

☐ gewalztes Profil

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

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

Einspanntiefe

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

Verbundtragfähigkeit $\tau_{Rd} = 0.30$ N/mm²
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.(6.63)

(Bieg. um y-Achse) $\sigma_{Rdu} = f_{cd} \cdot (2.0)^{0.5}$
(Bieg. um z-Achse) $\sigma_{Rdu} = f_{cd} \cdot (3.0)^{0.5}$

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

Anschlussesbeiwert $\beta_j = 0.667$
DIN EN 1993-1-8, Abschn. 6.2.5 (7)

Maximal zulässige Zugbelastung

$N_{Ed,Zug} = 0.00$ kN

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

Die Schnittgrößenermittlung ist immer elastisch.

Einspanntiefe

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

Verbundtragfähigkeit $\tau_{Rd} = 0.30$ N/mm²
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.(6.63)

(Bieg. um y-Achse) $\sigma_{Rdu} = f_{cd} \cdot (2.0)^{0.5}$
(Bieg. um z-Achse) $\sigma_{Rdu} = f_{cd} \cdot (3.0)^{0.5}$

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

☒ Querschnittsversagen
☐ Stabilitätsversagen

Spannungsnachweis

☒ Elastisch-Elastisch
☐ Elastisch-Plastisch

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.

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

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.

Kehlnahtanschluß an die Fußplatte
☒ Grenzdicken entspr. DIN EN 1993-1-8/NA (NCI zu 4.5.2)
☒ Nahtdicken vorgeben
 $a_{w,Flansch} = 4 \text{ mm}$
 $a_{w,Steg} = 4 \text{ mm}$

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.

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)

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.

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

Hier kann aber festgelegt werden, welche Zugbelastung (Werte < Null in Spalte N_{Ed} , Registerblatt Belastung, Abs. 3.4, S. 15) als noch tolerierbar angenommen werden.

3.4

Belastung

Dieses Registerblatt dient der Eingabe der Belastung.

| Lastkollektiv | Bemessungs-situation | N _{Ed} kN | M _{y,Ed} kNm | H _{z,Ed} kN | M _{z,Ed} kNm | H _{y,Ed} kN |
|------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1: Lastkollektiv | ständig | 434.50 | 233.10 | 24.60 | 0.00 | 0.00 |

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.

3.4.1

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 #H-Programm importieren

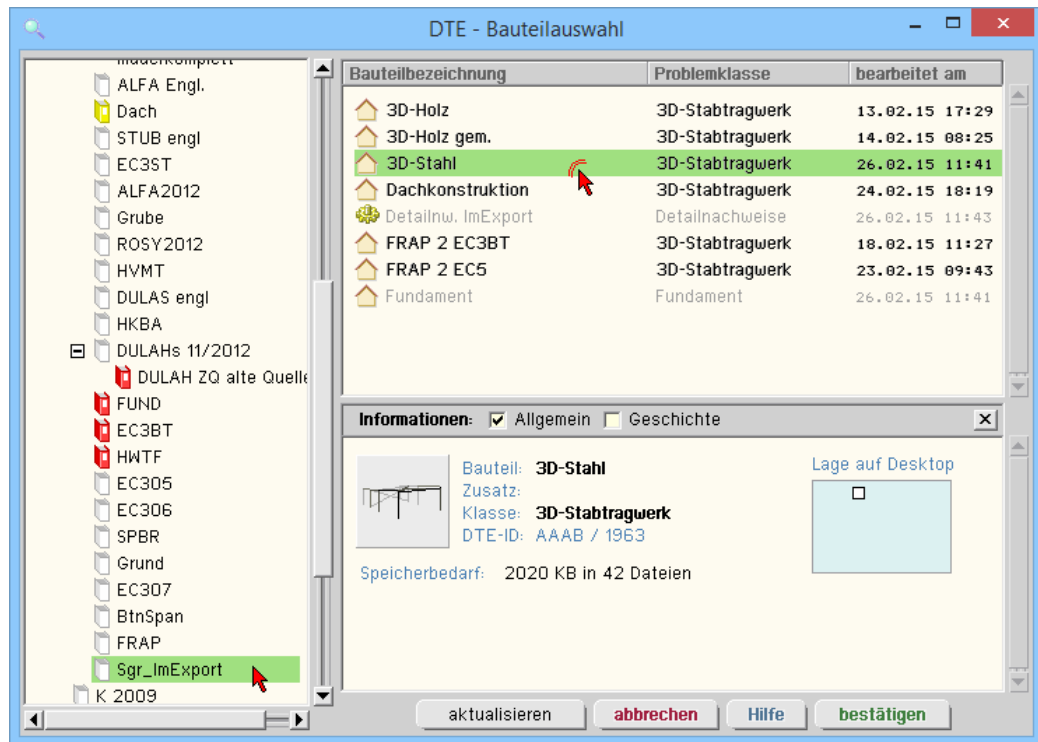
Zunächst sind in dem übergebenden #H-Programm (z.B. #H-FRAP, #H-NISI etc.) die Lagerknoten zu kennzeichnen, deren Reaktionen beim nächsten Rechenlauf exportiert, d.h. für den Import bereitgestellt, werden sollen.

Ausführliche Informationen zum Export können dem DTE®-Schnittgrößenexport im DTE®-Handbuch (als pdf-Dokument auf unserer Web-Site pcae.de) entnommen werden.

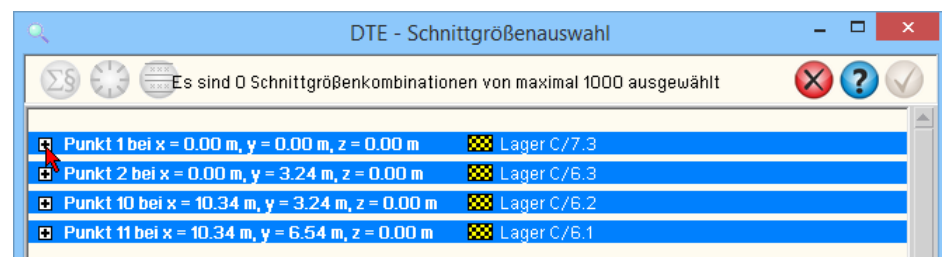


Aus dem aufnehmenden #H-Programm (z.B. #H-EC3KF) wird nun über den **Import**-Button das Fenster zur DTE®-BauteilAuswahl aufgerufen.

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

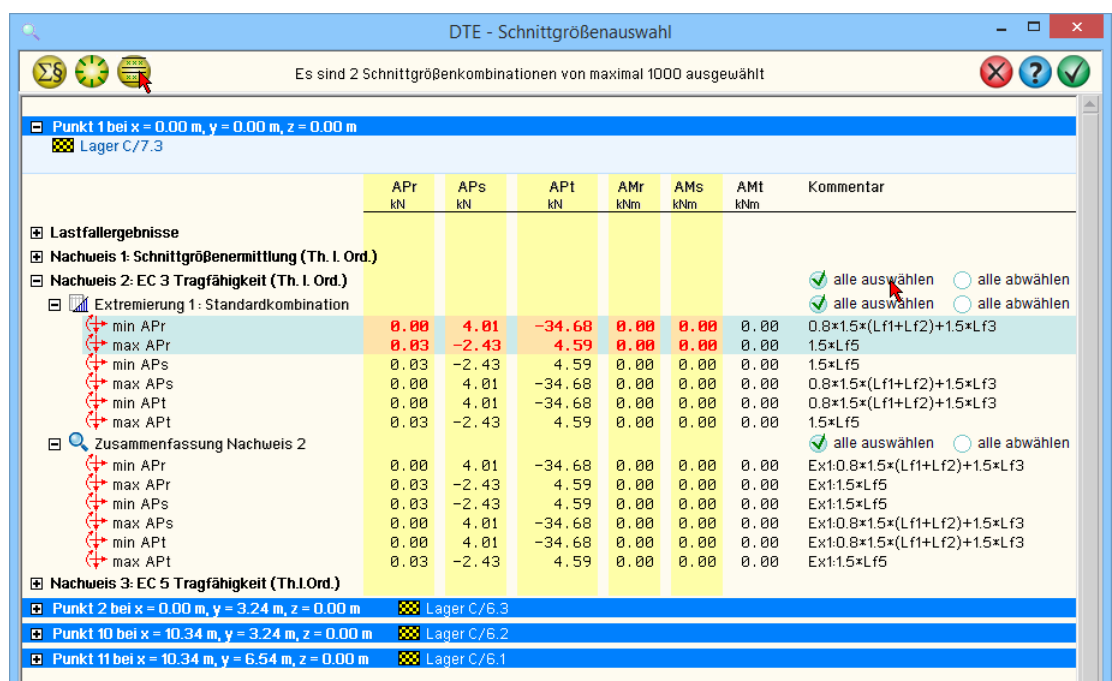


Das gewünschte Bauteil kann nun markiert und über den **bestätigen**-Button ausgewählt werden. Alternativ kann durch Doppelklicken des Bauteils direkt in die DTE®-Schnittgrößenauswahl (s. auch DTE®-Handbuch) verzweigt werden.



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.



In der Schnittgrößenauswahl werden sukzessive über die Buttons **alle auswählen** die Lagergrößensätze 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 Lagergrößensätze, 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.

4H-EC3KF [Position 16:LK 2]

.... alle Lastkollektive löschen
Lagergrößen importieren aus 4H-Programmen ...
Lastkollektive importieren aus Datei ...

| | Lastkollektiv | Bemessungssituation | N_{Ed} kN | $M_{y,Ed}$ kNm | $H_{z,Ed}$ kN | $M_{z,Ed}$ kNm | $H_{y,Ed}$ 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 |

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 Lagergrößensätze importiert werden, die in der Tabelle hinten angehängt werden, so dass vorhandene Eingaben bestehen bleiben.

Schnittgrößen aus Textdatei importieren

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_d 2. $H_{x,d}$ 3. $H_{y,d}$ 4. $M_{x,d}$ 5. $M_{y,d}$

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
```







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.

3.5 Ausnutzungen

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

| Teilnachweis | Ausnutzung |
|------------------------|--|
| Einbindetiefe | 62%  |
| Querschnitt | 115%  |
| Schweißnaht | 27%  |
| Einleitung Normalkraft | 51%  |
| Zuglast | 50%  |
| Gesamtnachweis | 115%  |

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.

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

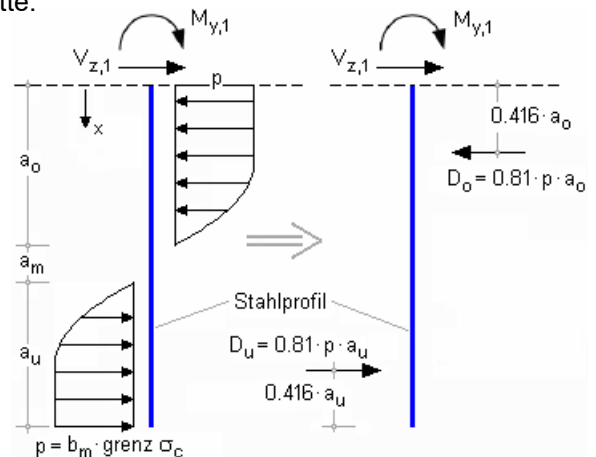
Allgemeiner Ansatz

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 Drucknormkraft Abs. 4.4, S. 21) 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 α_m (s. /1/, Abschn. 4).

Der Beiwert α_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 Nebenbedingungen 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 er-

forderliche Einspanntiefe f_{eff} 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 (s. Abs. 4.2, S. 20) 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 $T_{Rd} = 0.3 \text{ N/mm}^2$ 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).

4.2

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.

4.3

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_{Naht} / N_{Ges} mit weniger als 100% vorgegeben wird (s. Nachweisparameter Abs. 3.3. S. 13).

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

4.4 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 rechnerische Verteilungsfläche A_{c1} vom Anwender vorzugeben (s. Nachweisparameter Abs. 3.3, S. 13).

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.

4.5 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.

Literatur

- /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
- /4/ R. Kindmann, J. Frickel: Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit, Verlag Ernst & Sohn, 2002

Normen

- /5/ DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Teil 1-1, Januar 2011
- /6/ DIN EN 1992-1-1/NA: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2, Teil 1-1, April 2013
- /7/ DIN EN 1993-1-1: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, Dezember 2010
- /8/ DIN EN 1993-1-8: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen, Dezember 2010
- /9/ DIN EN 1993-1-8/NA: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen, Dezember 2010
- /10/ DIN EN 1994-1-1: Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Anwendungsregeln für den Hochbau, Dezember 2010

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| Abkürzungen 2 | Lastfall 2 |
| Ausnutzungen 18 | Lastkollektiv 2 |
| Bauteil erzeugen 7 | Ordner 7 |
| Betonpressung 19 | Querschnittsnachweis 20 |
| blank 2 | Querschnittsversagen 13 |
| Cursor 2 | Reibbeiwert 13 |
| Drucknormalkraft 14, 21 | Schreibtisch 6 |
| Einspanntiefe 11, 19 | Schreibtischauswahl 5 |
| Einwirkung 2 | Spannungsnachweis 13 |
| e-Mail 6 | Stabilitätsversagen 13 |
| Extremalbildungsvorschrift 2 | Stahlrohr 20 |
| Fundament 11 | Stahlsorte 11 |
| Fußplatte 11 | Startsymbol 5 |
| Installation 5 | Steuerbutton 6 |
| Kehlnaht 14 | Text-Datei 17 |
| Kehlnahtbemessung 20 | T-Stummel 21 |
| Kontextsensitivität 6 | Verbundtragfähigkeit 13 |
| Lagergrößenimport 15 | Zugbelastung 14 |
| Lastabtragungsmodell 19 | Zuglast 21 |
| Lastbild 2 | |