



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-BETON

Stahlbetondetailnachweise

März 2020

4H-BETON

Stahlbetondetailnachweise

Copyright 2002-2020

12. erweiterte Auflage, März 2020

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

##-BETON, Stahlbetondetailnachweise, umfasst 12 Einzelnachweisprogramme und ist ein Produkt der **pcae** GmbH, Hannover.

Den Schwerpunkt bilden Bemessungen ein- und zweiachsig beanspruchter Stahlbetonquerschnitte. Die Querschnittsformen bestehen aus Rechtecken, Plattenbalken, Doppel-T, Kreis, Kreisring und polygonaler Berandung.

Die Bemessung erfolgt n. DIN 1045-1 (8.08 und 7.01), DIN Fb, EC 2 (Hoch- u. Brückenbau), ÖNorm und auch weiterhin nach DIN 1045 (7.88).

Das Programm bietet die Möglichkeit zwischen den Normen zu wechseln. Hierdurch können die Konzepte gegenübergestellt und verglichen werden.

Die Bemessung im Traglastzustand umfasst die Biegebemessung, Schubbemessung sowie die Brandschutzbemessung nach EC 2.

Nachweise im Gebrauchszustand sind Spannungsnachweis, Rissnachweis, Dichtigkeitsnachweis sowie Ermüdungs-/Schwingnachweis.

##-BETON bemisst zudem Sonderprobleme wie

- Trägerdurchbrüche, Verfahren Leonhardt, Heft 399, H. 459, H. 400, H 320 (alle DAfStb) und Grasser
- Lasteinleitungen für ein- und zweistegige Plattenbalken n. Leonhardt
- Auflagerkonsolen, Varianten stehende Bügel und Schrägeisen. Verfahren Leonhardt, Heft 399, H. 430, H. 525 (alle DAfStb) und Reineck
- Lastkonsolen für direkte und indirekte Lasteinleitung. Verfahren Leonhardt, Grasser, Heft 399, H. 430, H. 525 (alle DAfStb) und Reineck.

Allgemeines

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 ##-BETON 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 ##-BETON-Dokumentation gehören neben diesem Manual die Handbücher
das **pcae**-Nachweiskonzept, Stahlbetontheorie und DTE®-DeskTopEngineering.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit ##-BETON.

Hannover, im März 2020

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 |
| | 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*.

Doppelklick

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 Elemente, die vollständig innerhalb des Rechteckes liegen, werden ausgewählt. Waren Elemente 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.



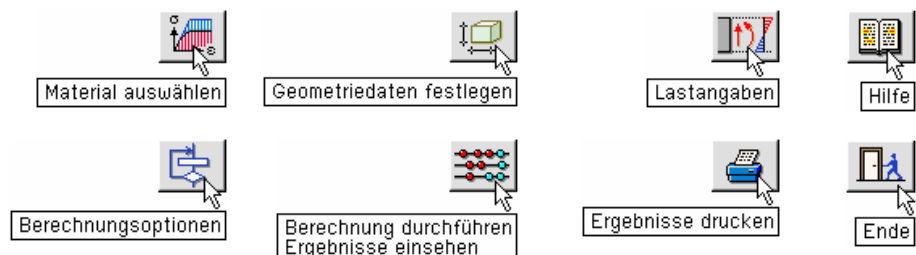
Löschen-Button vernichtet Eingaben mit Nachfrage.



Datenzustand überprüfen

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

Die Funktionen der Buttons zur Steuerung der **##-BETON**-Eingabe werden durch ihre Fähnchen erläutert:



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten..... | 5 |
| 2 | Ordner und Bauteil erzeugen | 7 |
| 3 | Trägerdurchbrüche | 10 |
| 3.1 | Materialkenndaten und Bemessungsrichtlinien (Normen) | 10 |
| 3.2 | Geometrie..... | 10 |
| 3.3 | Belastung | 11 |
| 3.4 | Durchführung der Bemessung | 11 |
| 3.4.1 | Stabwerksmodelle Trägerdurchbruch | 11 |
| 3.4.2 | Biegebemessung..... | 12 |
| 3.4.2.1 | Verfahren n. Leonhardt | 12 |
| 3.4.2.2 | Verfahren nach Heft 399 | 12 |
| 3.4.2.3 | Verfahren nach Heft 599 | 13 |
| 3.4.2.4 | Schubbemessung..... | 13 |
| 3.4.2.5 | Bewehrung | 13 |
| 3.5 | Berechnung, DTE®-Viewer und Druckprotokoll | 13 |
| 4 | Lastkonsolen..... | 14 |
| 4.1 | Materialkenndaten und Bemessungsrichtlinien (Normen) | 14 |
| 4.2 | Konsolgeometrie | 14 |
| 4.3 | Belastung | 15 |
| 4.3.1 | direkte Lasteinleitung | 15 |
| 4.3.2 | indirekte Lasteinleitung | 15 |
| 4.3.3 | Bemessungsverfahren | 15 |
| 4.4 | Durchführung der Bemessung | 16 |
| 4.4.1 | direkte Lasteinleitung | 16 |
| 4.4.1.1 | Verfahren n. Heft 430 (Eurocode, DIN 1045, DIN 1045-1) | 16 |
| 4.4.1.2 | Verfahren n. Heft 525 (Eurocode, DIN 1045-1)..... | 17 |
| 4.4.1.3 | Verfahren n. Reineck (Eurocode, DIN 1045-1) | 17 |
| 4.4.1.4 | Verfahren n. Leonhardt (DIN 1045)..... | 17 |
| 4.4.1.5 | Verfahren n. Grasser (DIN 1045) | 18 |
| 4.4.1.6 | Verfahren n. Heft 399 (DIN 1045) | 18 |
| 4.4.1.7 | Verankerungslänge der Zuggurtbewehrung..... | 18 |
| 4.4.2 | indirekte Lasteinleitung | 19 |
| 4.5 | Berechnung, DTE®-Viewer und Druckprotokoll | 19 |
| 5 | Auflagerkonsolen | 20 |
| 5.1 | Materialkenndaten und Bemessungsrichtlinien (Normen) | 20 |
| 5.2 | Konsolgeometrie | 20 |
| 5.3 | Belastung | 21 |
| 5.4 | Durchführung der Bemessung | 21 |
| 5.4.1 | Bemessungsvariante 1 | 22 |
| 5.4.1.1 | Verfahren n. Heft 430 (Eurocode, DIN 1045, DIN 1045-1) | 22 |
| 5.4.1.2 | Verfahren n. Heft 525 (Eurocode, DIN 1045-1)..... | 22 |
| 5.4.1.3 | Verfahren n. Reineck (Eurocode, DIN 1045-1) | 23 |
| 5.4.1.4 | Verfahren n. Leonhardt (DIN 1045)..... | 23 |
| 5.4.1.5 | Verfahren n. Heft 399 (DIN 1045) | 24 |
| 5.4.2 | Bemessungsvariante 2 | 24 |
| 5.4.2.1 | Verfahren nach Leonhardt (DIN 1045)..... | 25 |
| 5.4.2.2 | Verankerungslänge der Zuggurtbewehrung..... | 25 |
| 5.5 | Berechnung, DTE®-Viewer und Druckprotokoll | 25 |
| 6 | Lasteinleitungen | 26 |
| 6.1 | Materialkenndaten und Bemessungsrichtlinien (Normen) | 26 |
| 6.2 | Geometrie..... | 26 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 6.3 | Belastung | 27 |
| 6.4 | Durchführung der Bemessung | 27 |
| 6.4.1 | einstegiger Plattenbalken | 27 |
| 6.4.2 | zweistegiger Plattenbalken | 28 |
| 6.5 | Berechnung, DTE®-Viewer und Druckprotokoll | 28 |
| 7 | einachsige Bemessung..... | 29 |
| 7.1 | Materialkenndaten und Bemessungsrichtlinien (Normen) | 29 |
| 7.2 | Geometrie..... | 29 |
| 7.2.1 | Rechteck-Querschnitt..... | 29 |
| 7.2.2 | Plattenbalken-Querschnitt..... | 30 |
| 7.2.3 | Doppel-T-Querschnitt..... | 30 |
| 7.2.4 | Kreis(ring)-Querschnitt | 30 |
| 7.3 | Belastung | 31 |
| 7.3.1 | Biegebemessung..... | 31 |
| 7.3.2 | Riss-, Spannungs-, Ermüdungs- (Schwing-)nachweis..... | 32 |
| 7.4 | Berechnungsoptionen | 32 |
| 7.4.1 | Nachweise im GZG und GZT..... | 33 |
| 7.4.1.1 | min/max Bewehrung DIN 1045 (7.88)..... | 33 |
| 7.4.1.2 | min/max Bewehrung DIN 1045-1 | 33 |
| 7.4.1.3 | Bemessung im Traglastzustand (GZT) | 33 |
| 7.4.1.4 | Nachweise im Gebrauchszustand (GZG) | 33 |
| 7.4.1.5 | Grundbewehrung..... | 34 |
| 7.4.2 | Sicherheitsnachweis | 34 |
| 7.4.3 | Dehnungszustand | 34 |
| 7.4.4 | Spannungsergebnis | 34 |
| 7.4.5 | Nachweise im GZG | 34 |
| 7.5 | Berechnung, DTE®-Viewer und Druckprotokoll | 34 |
| 8 | zweiachsige Bemessung | 35 |
| 8.1 | Materialkenndaten und Bemessungsrichtlinien (Normen) | 35 |
| 8.2 | Geometrie..... | 35 |
| 8.2.1 | Rechteck-Querschnitt..... | 35 |
| 8.2.2 | Plattenbalken-Querschnitt..... | 36 |
| 8.2.3 | Doppel-T-Querschnitt..... | 36 |
| 8.2.4 | polygonaler Querschnitt | 37 |
| 8.3 | Belastung | 38 |
| 8.3.1 | Schnittgrößenimport..... | 39 |
| 8.3.2 | Biegebemessung n. DIN 1045 (7.88)..... | 41 |
| 8.3.3 | Biegebemessung n. DIN 1045-1 | 41 |
| 8.4 | Berechnungsoptionen | 41 |
| 8.4.1 | Nachweise im GZT und GZG | 42 |
| 8.4.2 | Sicherheitsnachweis | 43 |
| 8.4.3 | Dehnungszustand | 43 |
| 8.4.4 | Spannungsergebnis | 43 |
| 8.4.5 | nur Nachweise..... | 44 |
| 8.5 | Besonderheiten bei zweiachsiger Bemessung | 44 |
| 8.5.1 | Biegebemessung..... | 44 |
| 8.5.2 | Schubbemessung..... | 44 |
| 8.6 | gewählte Bewehrung..... | 44 |
| 8.7 | Berechnung, DTE®-Viewer und Druckprotokoll | 45 |
| 9 | Literaturverzeichnis | 46 |
| 10 | Index | 49 |

1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

Die Installation des DTE®-Systems und das Überspielen des Programms *##-BETON* 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.

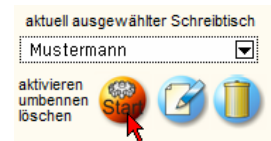


Nach erfolgreicher Installation befindet sich das DTE®-**Startsymbol** auf Ihrer Windowsoberfläche. Führen Sie bitte darauf den Doppelclick aus.

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.

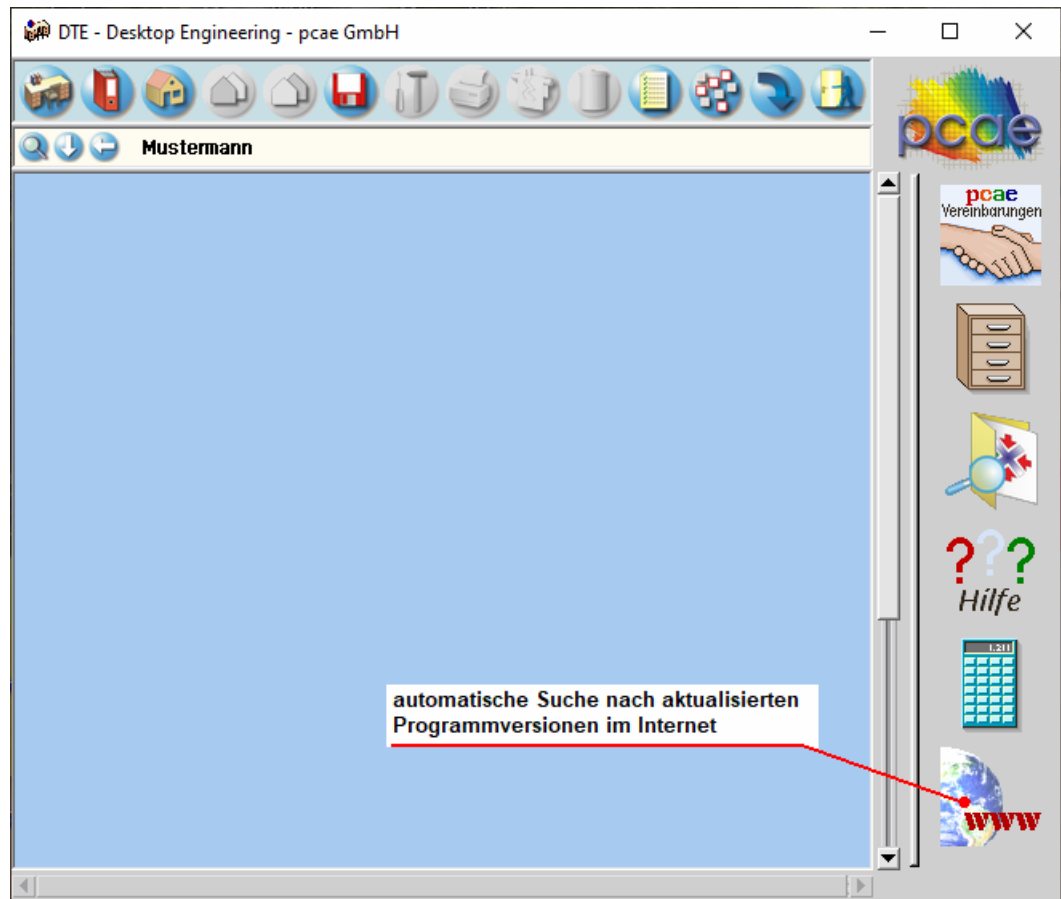


Nach Bestätigen über das **Hakensymbol** erscheint wieder die Schreibtischauswahl, in die der neue Name bereits eingetragen ist. Drücken Sie auf **Start** und die DTE®-Schreibtischoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

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 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 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

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 DTE®-Desktop und kann, nachdem ihm eine Bezeichnung und eine Farbe zugeordnet wurden, per Doppelklick aktiviert (geöffnet) werden.



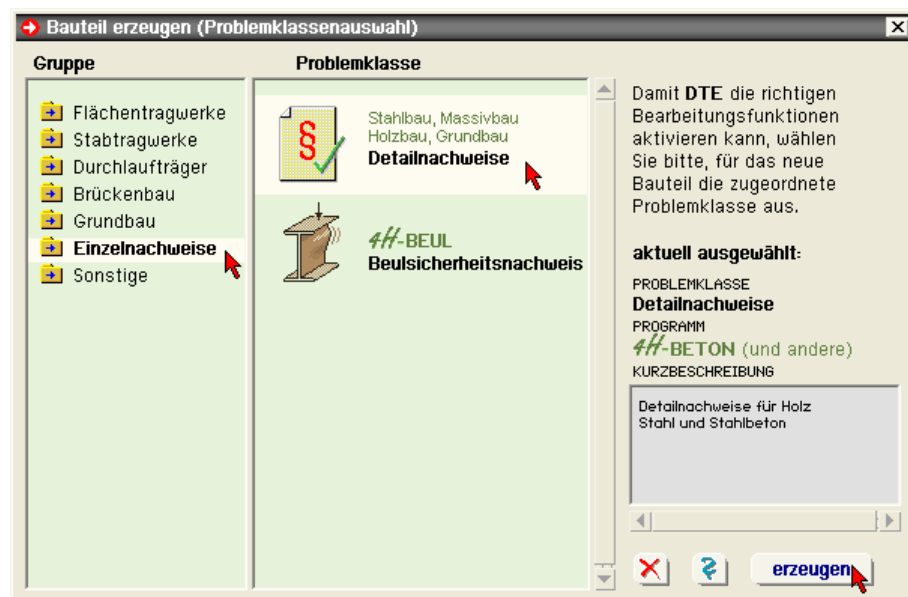
Aus dem Eintrag in der Schreibtischkopfzeile ist zu erkennen, in welchem Ordner sich die Aktion aktuell befindet.



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



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



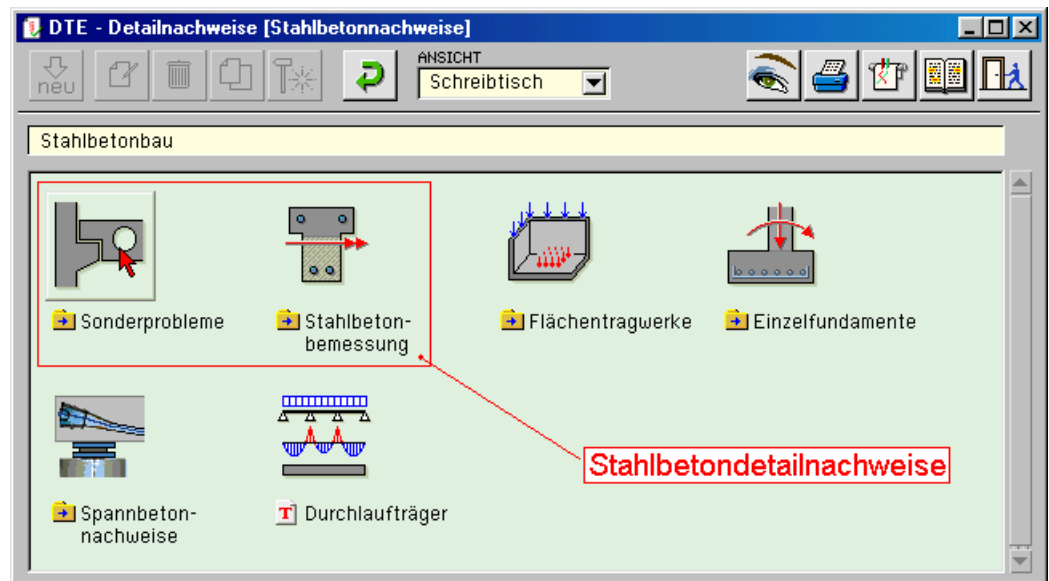


Überschreiben Sie den Begriff "Detailnachweise" zur Identifikation durch einen sinnvollen Text. Nach **Bestätigen** ist das Bauteil mit dem neuen Namen eingerichtet. Durch Doppelklick auf das neue Symbol wird die Verwaltung der DTE®-Detailnachweise geöffnet.

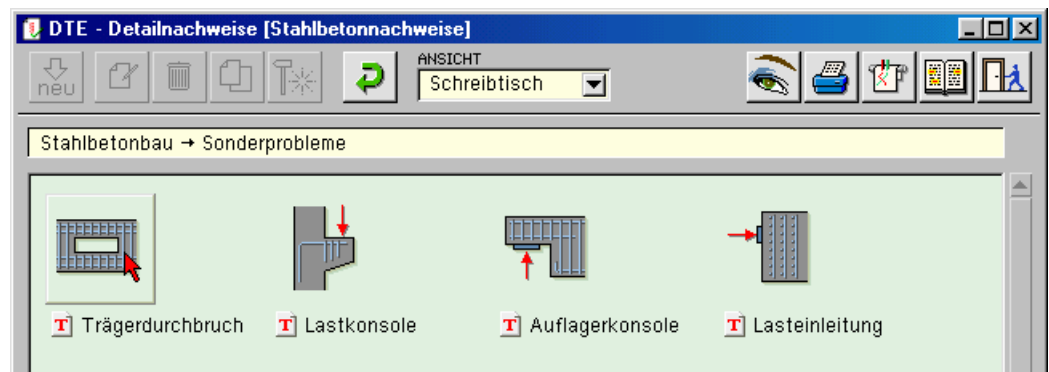
Übersicht Detailnachweise

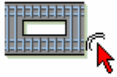


Stahlbetonbau



Sonderprobleme

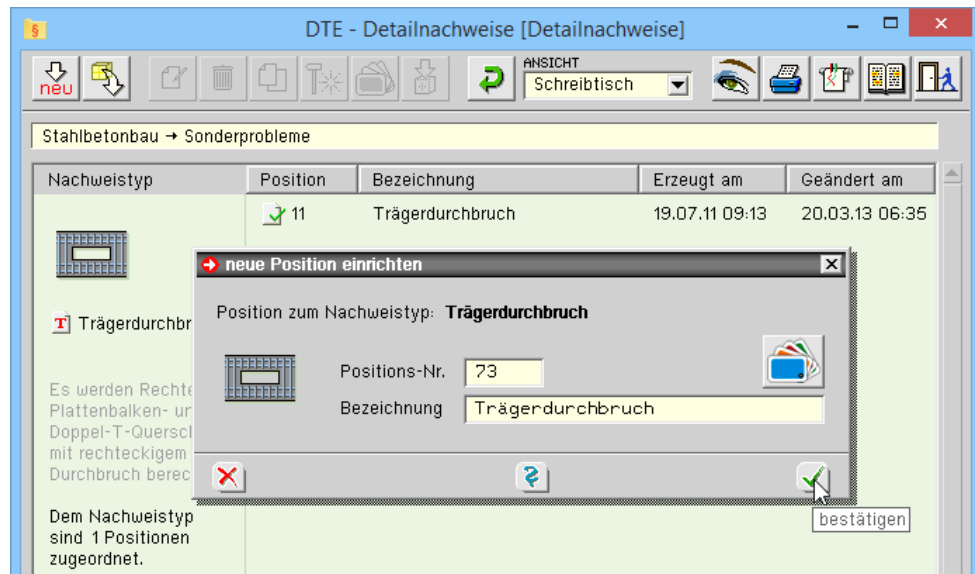




Klicken Sie im folgenden Übersichtblatt den Nachweistyp mit der LMT doppelt an.

Im nächsten Eigenschaftsblatt 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 "Trägerdurchbruch".

3

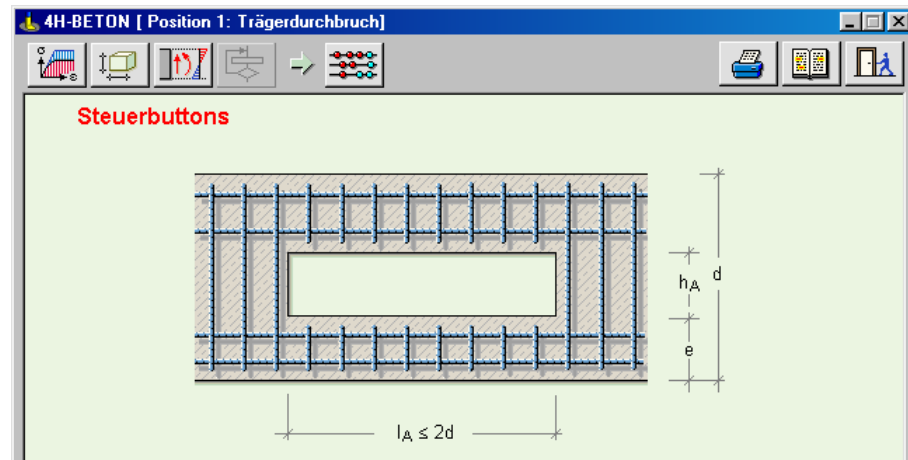
Trägerdurchbrüche



Trägerdurchbruch

Die Erzeugung eines Nachweistyps wurde in Abs. 2, S. 7 ff beschrieben

Nach Aufruf des Nachweistyps *Trägerdurchbruch* erscheint das zugehörige Haupteigenschaftsblatt, in dessen Kopfbereich die Steuerbuttons angeordnet sind, deren Funktionen im Folgenden beschrieben werden.



3.1

Materialkenndaten und Bemessungsrichtlinien (Normen)



Material auswählen

Die Materialkenndaten werden im Internet unter *Stahlbetontheorie* und im Handbuch *Stahlbetontheorie* erläutert.

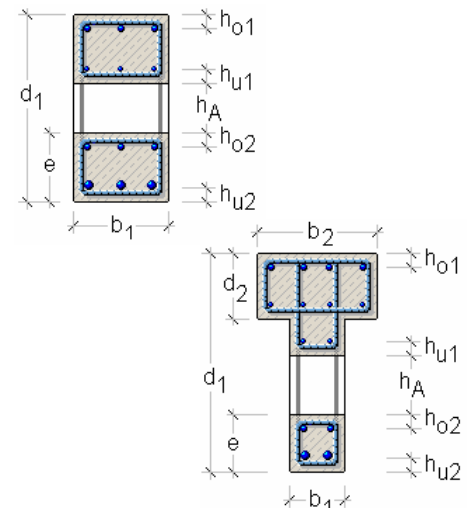
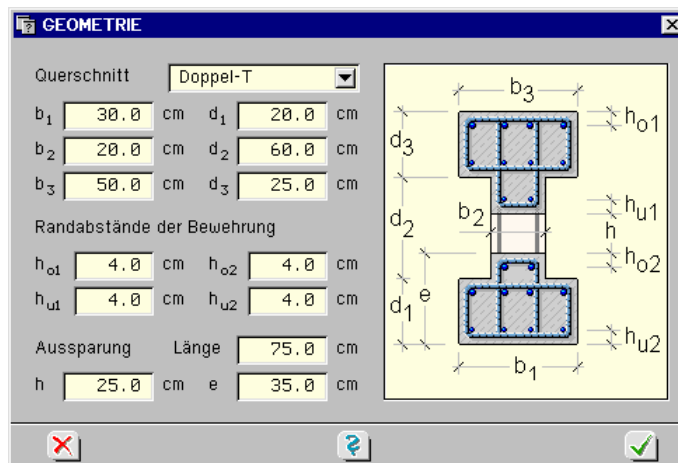
3.2

Geometrie



Geometriedaten festlegen

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



Für den jeweiligen Querschnittstyp sind folgende Abmessungen festzulegen:

| | | |
|----------------------------|------------------|------------------------------|
| Rechteck | b_1, d_1 | Breite, Höhe |
| Plattenbalken | b_1, d_1 | Stegbreite, Querschnittshöhe |
| | b_2, d_2 | Plattenbreite, Plattendicke |
| Doppel-T | b_1, d_1 | Breite, Höhe der Fußplatte |
| | b_2, d_2 | Breite, Höhe des Steges |
| | b_3, d_3 | Breite, Höhe der Kopfplatte |
| Randabstände der Bewehrung | h_{o1}, h_{u1} | Obergurt |
| | h_{o2}, h_{u2} | Untergurt |
| Aussparung | L | Länge |
| | h | Höhe |
| | e | unterer Randabstand |

3.3

Belastung



Durch Anklicken des nebenstehend dargestellten Symbols wird das Eigenschaftsblatt zur Wahl der Belastung, des Nachweisverfahrens sowie der Behandlung des Druckgurtes bei der Schubbemessung (nur nach DIN 1045 (7.88)) aktiviert.

--- Bemessungsschnittgrößen ---

Normalkraft N_m 0.00 kN

Querkraft Q_m -5.20 kN

Biegemoment M_m -2227.50 kNm

Verteilungszahl für Q_m 0.80

Nachweis nach Heft 399

Hauptdruckspannungen Heft 400

DIN 1045 (7.88)

--- Bemessungsschnittgrößen ---

Normalkraft N_{Ed} 0.00 kN

Querkraft V_{Ed} -5.20 kN

Biegemoment M_{Ed} -2227.50 kNm

Verteilungszahl für V_{Ed} 0.80

Nachweis nach Heft 399

DIN 1045-1

Für DIN 1045 (7.88) ist die Schnittgrößenkombination (Gebrauchslasten) N_m , Q_m , M_m im Schnitt m (Mitte der Aussparung) anzugeben. Wird nach DIN 1045-1 bemessen, sind entsprechend die Bemessungsgrößen N_{Ed} , Q_{Ed} , M_{Ed} im Schnitt m zu definieren.

Die Verteilungszahl für Q_m steuert die Querkrafttragfähigkeit des Druckgurtes. Ist die Verteilungszahl = 0, erfolgt die Querkraftverteilung entsprechend der Gurtsteifigkeiten I_o/I_u .

Weiterhin ist hier das Nachweisverfahren zu wählen, nach dem bemessen werden soll:

- Verfahren nach Leonhardt /7/
- Verfahren nach Heft 399 /8/ und Heft 459 /9/

Da die Behandlung überdrückter Querschnitte ein wesentlicher Bestandteil der Schubbemessung (s. im Internet unter *Stahlbetontheorie* und im Handbuch *Stahlbetontheorie*) von Trägerdurchbrüchen ist, besteht die Möglichkeit, das Vorgehen beim Nachweis der **Hauptdruckstreben** n. DIN 1045 zu beeinflussen. Im Programm sind integriert:

- Verfahren nach **Heft 400**
- Verfahren nach **Grasser** und **Heft 320**

3.4

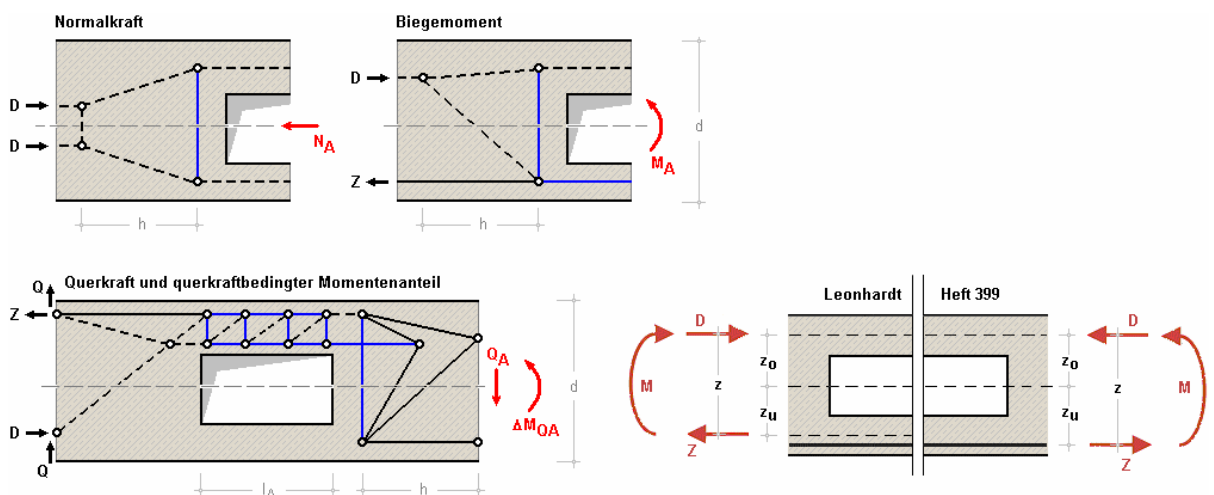
Durchführung der Bemessung

Es können Rechteck-, Plattenbalken- und Doppel-T-Querschnitte mit einer großen rechteckigen Öffnung ($l_A \geq 0.6 \cdot d$) bemessen werden.

3.4.1

Stabwerksmodelle Trägerdurchbruch

Verschiedene vereinfachte Stabwerksmodelle werden bei verschiedenartiger Beanspruchung herangezogen. Je nach Bemessungsverfahren ergeben sich für den Nachweis unterschiedliche Querschnittsgrößen und Schnittkraftverteilungen.



3.4.2

Biegebemessung

3.4.2.1

Verfahren n. Leonhardt

Beim Verfahren nach Leonhardt ergibt sich durch die Aussparung ein oberer und unterer Querschnitt, deren Schwerachsabstände den Hebelarm z bilden. Es wird angenommen, dass sich das Moment gleichmäßig auf die beiden Gurte in eine Zug- und Druckkraft aufteilt

$$(-) D = Z = M_m / z$$

Weiterhin wird angenommen, dass die Normalkraft N_m sich anteilig der Querschnitte aufteilt und in den jeweiligen Schwerpunkten der Gurte mit den Abständen z_o bzw. z_u angreifen. D und Z werden lediglich aufaddiert:

$$N_o = N_m \cdot z_u / z + D \quad \text{und} \quad N_u = N_m \cdot z_o / z + Z$$

Entsprechend der Aufteilungszahl kann die Querkraft Q_m auf den Druck- bzw. Zuggurt verteilt werden. Nach Leonhardt übernimmt der Druckgurt ca. 80-90% der Querkraft und der Zuggurt im Zustand II etwa 10-20%.

$$Q_o = 0.8 \cdot Q_m \quad \text{und} \quad Q_u = 0.2 \cdot Q_m$$

Infolge der anteiligen Querkraften ergibt sich am Anschnitt der Aussparung eine zusätzliche Momentenbeanspruchung, wobei der Momentennullpunkt im Punkt m angenommen wird.

$$M_o = Q_o \cdot x \quad \text{mit} \quad x = 0.5 \cdot l_A \quad \text{und} \quad M_u = Q_u \cdot x$$

Aufgrund der Annahme, dass der Momentennullpunkt im Punkt m liegt, ergeben sich gleiche Anschnittsmomente links und rechts der Aussparung

$$M_{ol} = M_{or} = M_o \quad \text{bzw.} \quad M_{ul} = M_{ur} = M_u$$

Daraus ergibt sich eine anzuordnende identische Aufhängebewehrung

$$A_{Q,Al} = A_{Q,Ar} \quad \text{bemessen für} \quad 0.8 \cdot Q_m$$

3.4.2.2

Verfahren nach Heft 399

Bei einer Bemessung nach Heft 399, DAfStb, wird angenommen, dass die anteilige Zugkraft aus dem Moment M_m ihren Angriffspunkt in der entsprechenden Stahllage hat. Die weitere Berechnung von N_o und N_u ist ansonsten identisch.

Die Querkraften Q_o und Q_u ergeben sich unter der Berücksichtigung der Steifigkeiten des ungerissenen Ober- bzw. Untergurts

$$Q_o = Q \cdot K_{B,o} / (K_{B,o} + K_{B,u}) \quad \text{und} \quad Q_u = Q \cdot K_{B,u} / (K_{B,o} + K_{B,u}) \quad \text{mit} \quad \dots$$
$$K_{B,o} = \kappa \cdot (E \cdot I_o) \quad \text{und} \quad K_{B,u} = \kappa \cdot (E \cdot I_u)$$
$$\kappa = 0.65 \quad \text{vereinfachend n. Heft 240, DAfStb, Gl. (1.9)}$$

Genauere Untersuchungen (Hottmann/Schäfer, Schellenbach-Held/Ehmann) haben ergeben, dass der Nulldurchgang x des Momentenverlaufs über die Aussparungslänge nicht zwangsläufig in der Mitte der Aussparung liegt

$$x = M_m / Q_m \cdot \alpha / (1 + \alpha) \quad \text{mit} \quad \dots$$
$$\alpha = (1/A_o + 1/A_u) \cdot (I_o + I_u) / z^2$$

Außerdem tritt das maximal Moment nicht direkt am Anschnitt auf, sondern wird im Knoten des Stabwerks bei ca. $0.2 \cdot l_A$ angenommen.

Die an der rechten bzw. linken Seite insgesamt erforderliche **Aufhängebewehrung** $A_{Q,Al}$ bzw. $A_{Q,Ar}$ in Form von Bügeln berechnet sich aus der resultierenden Zugkraft infolge der Kraftumlenkung von N , Q und M am rechten bzw. linken Rand der Aussparung

$$Z_{v,r} = Z_{u,N} + Z_{u,M} + Z_{Q \cdot \Delta M,r} \quad \text{und} \quad Z_{v,l} = Z_{u,N} + Z_{u,M} + Z_{Q \cdot \Delta M,l} \quad \text{mit} \quad \dots$$
$$Z_{u,N} = 0.25 \cdot N_m \cdot h_A / d \quad \text{unter Annahme eines Umlenk winkels von} \quad \alpha = 30^\circ$$
$$Z_{u,M} = 0.4 \cdot D \cdot (x_1 - d_o) / h \quad \text{mit} \quad \dots \quad x_1 = \text{Höhe der Druckzone außerhalb der Aussparung}$$
$$Z_{Q \cdot \Delta M,r} = Q_o \cdot (1 + 0.1 \cdot l_A / h + 0.33 \cdot l_A / d_o)$$
$$Z_{Q \cdot \Delta M,l} = Q_u \cdot (1 + 0.1 \cdot l_A / h + 0.33 \cdot l_A / d_u)$$
$$A_{Q,Al} = Z_{v,r} / \text{zul} \sigma_s$$
$$A_{Q,Ar} = Z_{v,l} / \text{zul} \sigma_s$$

3.4.2.3

Verfahren nach Heft 599

Die Bemessung nach Heft 599, DAfStb, unterscheidet sich nur in wenigen Punkten von der oben beschriebenen Bemessung nach Heft 399, DAfStb.

Das Verteilungsverhältnis der Querkraft wird iterativ mit den effektiven Steifigkeiten der Gurte ermittelt (näherungsweise nach Heft 240, DAfStb, Kap. 1.3.3).

Der Nulldurchgang des Momentenverlaufs wird in der Mitte der Aussparung angenommen.

Die Normalkraft im Druckgurt wirkt im Schwerpunkt, sodass kein zusätzliches lokales Moment infolge Ausmitte entsteht. Das lokale Moment ergibt sich damit z.B. Druckgurt oben zu

$$M_{Eds,o} = V_{Ed,o} \cdot l_A / 2 - N_{Ed,o} \cdot z_o$$

3.4.2.4

Schubbemessung

Zur Schubbemessung s. im Internet unter *Stahlbetontheorie* und im Handbuch *Stahlbetontheorie*.

3.4.2.5

Bewehrung

Aus der Biegebemessung erhält man die vier Bewehrungslagen A_{so1} , A_{su1} (Obergurt) bzw. A_{so2} , A_{su2} (Untergurt), aus der Schubbemessung die Bügelbewehrung $a_{sBü,o}$ (Obergurt) und $a_{sBü,u}$ (Untergurt). Außerdem werden Aufhängebewehrungen $A_{Q,A,links}$ und $A_{Q,A,rechts}$ ermittelt.

3.5

Berechnung, DTE[®]-Viewer und Druckprotokoll



Berechnung durchführen
Ergebnisse einsehen

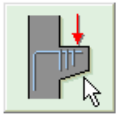
Durch einen Klick auf den Berechnungsbutton wird die Berechnung des Trägerdurchbruchs vom Programm ausgeführt. Die Bemessungsergebnisse werden anschließend im DTE[®]-Viewer am Bildschirm dargestellt.

Die Funktionen von DTE[®]-Viewer, DTE[®]-Druckmanager sowie die Interaktion innerhalb der Detailnachweisverwaltung werden im Handbuch *DTE[®] - DeskTopEngineering* beschrieben.

Druckprotokolle zu Trägerdurchbrüchen - auch in englischer Sprache - finden Sie im Internet unter www.pcae.de.

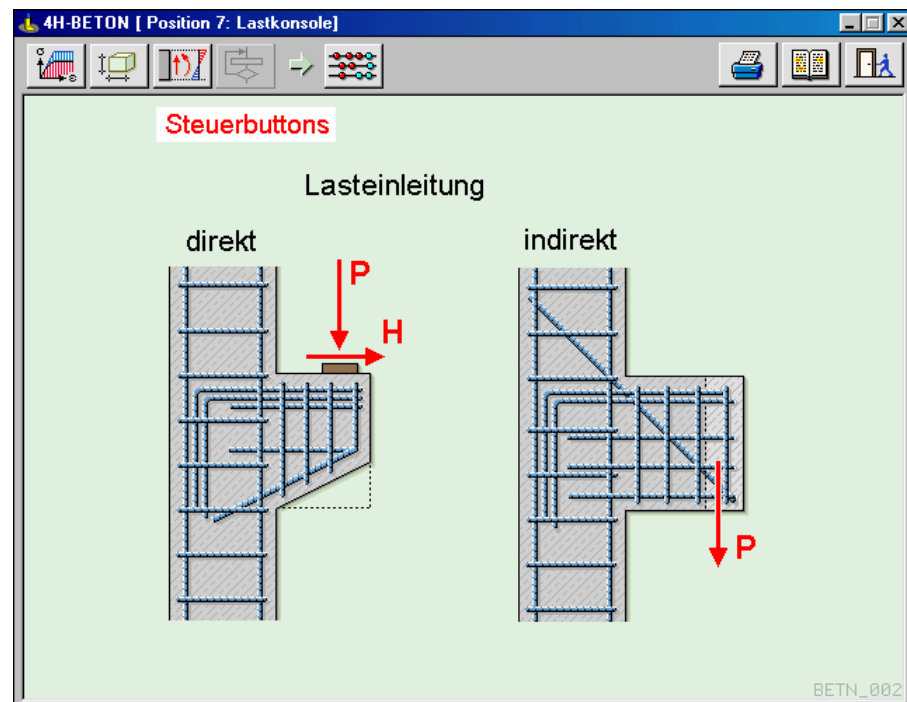
4

Lastkonsolen



Lastkonsole

Nach Aufruf des Bauteils erscheint das Haupteigenschaftenblatt. Im Kopfbereich sind die Steuerbuttons angeordnet, deren Funktionen im Folgenden beschrieben werden.



4.1

Materialkenndaten und Bemessungsrichtlinien (Normen)



Material auswählen

Die Materialkenndaten werden im Internet unter *Stahlbetontheorie* und im Handbuch *Stahlbetontheorie* erläutert.

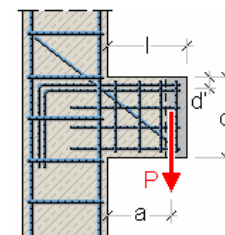
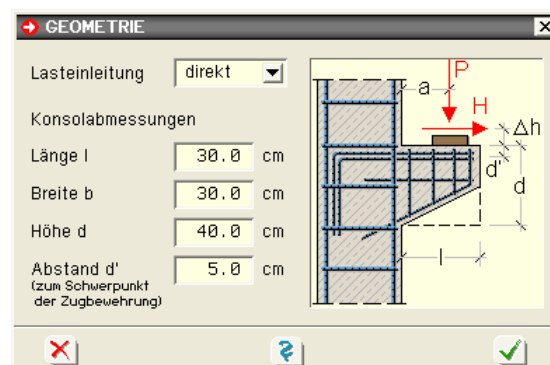
4.2

Konsolgeometrie



Geometriedaten festlegen

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



Es kann zwischen einer direkten und indirekten Lasteinleitung unterschieden werden.

Außerdem sind folgende Abmessungen zu definieren:

- l Länge der Konsole
- d Höhe der Konsole
- b Breite der Konsole
- d' Randabstand zum Schwerpunkt der Zugbewehrung

4.3

Belastung



Durch Anklicken des dargestellten Symbols wird das Eigenschaftsblatt zur Beschreibung der Belastung aktiviert. Es sind grundsätzlich Bemessungsgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit einzugeben.

4.3.1

direkte Lasteinleitung

Im Falle einer Bemessung mit einer direkten Lasteinleitung können eine Vertikalkraft P und eine Horizontalkraft H jeweils mit ihren Angriffspunkten a und Δh festgelegt werden.

4.3.2

indirekte Lasteinleitung

Im Falle der indirekten Lasteinleitung ist nur die Eingabe einer Vertikalkraft P mit dem Angriffspunkt a möglich. Mit der Verteilungszahl lässt sich der direkte Lastanteil festlegen.

4.3.3

Bemessungsverfahren

Die Bemessung kann nach verschiedenen Verfahren erfolgen. Bei einer Berechnung n. **DIN 1045** (7.88) sind folgende Bemessungsmöglichkeiten im Programm integriert:

- Verfahren n. **Leonhardt**
- Verfahren n. **Grasser**, Betonkalender 1995
- Verfahren n. **Heft 399**, DAfStb
- Verfahren n. **Heft 430**, DAfStb

Bei einer Bemessung n. **DIN 1045-1** sind neben dem Verfahren nach Heft 430, DAfStb, weitere Möglichkeiten im Programm integriert:

- Verfahren n. **Heft 525**, DAfStb
- Verfahren n. **Reineck**, Betonkalender 2005

Erläuterungen zur Durchführung der Bemessung sind unter Abs. 4.4, S. 16 ff., zu finden.

Bei direkter Lasteinleitung kann ein Nachweis für dynamische Lasten (Ermüdungsnachweis im Internet unter *Stahlbetontheorie* und im Handbuch *Stahlbetontheorie*) n. DIN 1045-1 geführt werden. Der Nachweis erfolgt nach DIN 1045-1, Abschnitt 10.8.4 für die Zuggurtbewehrung und die Betondruckstrebe. Die **Spaltzugbewehrung** wird proportional angepasst.

Dazu sind in einem gesonderten Eigenschaftsblatt neben den zulässigen Spannungsamplituden und den Betrachtungszeitraum die zwei maßgebenden ermüdungsrelevanten Bemessungsgrößen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit bezogen auf die Schwerachse des Konsolkörpers anzugeben.

Die eingegebenen Konsollasten werden in die ermüdungsrelevanten Schnittgrößenkombinationen bezogen auf den Schwerpunkt des Konsolkörpers umgerechnet.

$$N = H \dots \text{und} \dots M = -(P \cdot a + H \cdot (\Delta h + d/2))$$

Der Ermüdungsnachweis liefert ggf. eine Bewehrungserhöhung für die Längs- und/oder die Bügelbewehrung. Betonversagen der **Druckstrebe** wird gekennzeichnet.

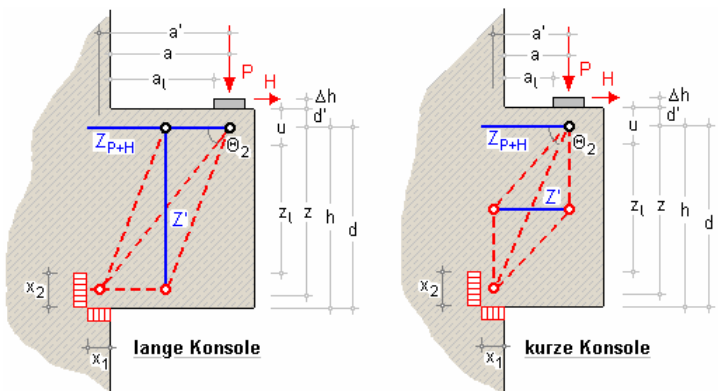
4.4 Durchführung der Bemessung

Es können direkt und indirekt belastete Konsolen nach den Vorschlägen von Leonhardt, Grasser, Heft 399, DAfStb (nur DIN 1045 (7.88)), Heft 430, DAfStb (DIN 1045 (7.88), DIN 1045-1 und Eurocode), Heft 525, DAfStb oder Reineck (DIN 1045-1 und Eurocode) bemessen werden.

Konsolen sind zu verstehen als kurze Kragarme mit $0.3 \leq a/h \leq 1.0$ (Leonhardt, Grasser, Heft 399) bzw. $0.3 \leq a_l/h \leq 2.0$ (Heft 430). bzw. $0.4 \leq a/d \leq 1.0$ (Heft 525) bzw. $a/z \leq 2.0$ (Reineck).

Konsolen werden mit Hilfe von einfachen **Stabwerksmodellen** aus Zugstab und Druckstrebe bemessen.

4.4.1 direkte Lasteinleitung



Bei der direkten Lasteinleitung entsteht unter der Lasteinleitung eine horizontale Zugkraft aus der vertikalen Last P, die zusätzlich zu der Horizontalkraft von der Zugbewehrung aufgenommen werden muss. Diese Zugkraft ist auf Stahlversagen zu bemessen. Aus der vertikalen Last P ergibt sich eine Druckstrebe, die gegen Betonbruch zu bemessen ist.

4.4.1.1 Verfahren n. Heft 430 (Eurocode, DIN 1045, DIN 1045-1)

$a_l/z < 0.5$ kurze Konsole

$a_l/z \geq 0.5$ lange Konsole

Zuggurtbewehrung

Bemessung im Schnitt $(a + x_1/2)$... mit ... $x_1 = P/(b \cdot \beta_R)$... und ... DIN 1045-1 $\beta_R = f_{ctm}$

... für ... $M = -P \cdot (a + x_1/2) - H \cdot (\Delta h + d/2) \Rightarrow Z_{P+H}, z, A_{s,h}$

Annahme

$z = 0.95 \cdot h$... und ... zul fak = 0.8 (DIN 1045) ... bzw. ... 0.6 (DIN 1045-1)

Nachweis der Betondruckstrebe

$$a_l/z < 0.5 \dots \sigma = \frac{\gamma \cdot P \cdot (a + x_1/2)/z}{b \cdot \sin \Theta_2 \cdot (u \cdot \sin \Theta_2 + x_1 \cdot \cos \Theta_2)} \leq \text{zul fak} \cdot \beta_R \dots \text{mit} \dots$$

$$a_l = a - x_1/2 \dots \text{und} \dots u = 2 \cdot d' \dots \text{und} \dots z_l = z - d' - x_1/2$$

$$\tan \Theta = \tan \varphi \cdot \left(1 - \frac{0.6 \cdot b \cdot z \cdot \beta_{bz} \cdot \tan \varphi}{P} \right) \dots \text{und} \dots \tan(2\varphi) = 3 \cdot (a + x_1/2)/z$$

$$z_l < a \cdot \cot \Theta \dots \cot \Theta_2 = z/a \cdot (1 - z_l/(2 \cdot a \cdot \cot \Theta))$$

$$z_l \geq a \cdot \cot \Theta \dots \cot \Theta_2 = \cot \Theta/2 + u/(2 \cdot a)$$

$$a_l/z \geq 0.5 \dots \sigma = \frac{\gamma \cdot P}{b \cdot \sin \Theta_2 \cdot (x_1 \cdot \sin \Theta_2 + u \cdot \cos \Theta_2)} \leq \text{zul fak} \cdot \beta_R \dots \text{mit} \dots$$

$$\cot \Theta_2 = Z_E/P \dots \text{und} \dots Z_E = P \cdot a/z \cdot (1 - 0.5 \cdot (a_l/z \cdot \cot \Theta)^2)$$

$$\tan \Theta = 1 - \frac{0.6 \cdot b \cdot z \cdot \beta_{bz}}{P} \quad (\text{s.o. mit } \tan \varphi = 1) \dots \text{und} \dots \text{DIN 1045-1 } \beta_R = f_{ctm}$$

Spaltzugbewehrung

$a_l/z < 0.5$ horizontale Bügel aus $Z = P \cdot z_l/z \cdot \tan \Theta \Rightarrow \text{erf } A_{sbü,h}$

$a_l/z \geq 0.5$ vertikale Bügel aus $Z = P \cdot (a_l/z \cdot \tan \Theta)^2 \Rightarrow \text{erf } A_{sbü,v}$

4.4.1.2

Verfahren n. Heft 525 (Eurocode, DIN 1045-1)

$a/d < 0.5$ kurze Konsole

$a/d \geq 0.5$ lange Konsole

Querkraft

$$V_{Ed} = F_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b \cdot z_Q \cdot f_{cd} \text{ ... mit ... } v = (0.7 - f_{ck}/200) \geq 0.5 \text{ ... und ... } f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c \text{ ... und ... } z_Q = 0.9 \cdot h$$

Zuggurtbewehrung

$$Z_{Ed} = F_{Ed} \cdot a_0/z_0 + H_{Ed} \cdot (\Delta h + d' + z_0)/z_0 \text{ ... mit ... } a_0/z_0 \geq 0.4 \text{ ... und ... } z_0 = h \cdot (1 - 0.4 \cdot V_{Ed}/V_{Rd,max})$$

Spaltzugbewehrung

$a/d \leq 0.5$... und ... $V_{Ed} > 0.3 \cdot V_{Rd,max} \Rightarrow$ horizontale Bügel mit $\text{erf } A_{sbü,h} = 0.5 \cdot A_{sh}$

$a/d > 0.5$... und ... $V_{Ed} \geq V_{Rd,ct}$ \Rightarrow vertikale Bügel mit $\text{erf } A_{sbü,v} = A_{sh} \cdot 0.7 \cdot F_{Ed}$
mit $V_{Rd,ct}$ aus DIN 1045-1, Abs. 10.3

Lagerpressung

$$\sigma = P/(l_1 \cdot b_1) \leq 0.85 \cdot f_{cd} \text{ aus Heft 525, zu Abs. 13.8.4}$$

4.4.1.3

Verfahren n. Reineck (Eurocode, DIN 1045-1)

$a'/z < 0.5$ kurze Konsole

$a'/z \geq 0.5$ lange Konsole

Zuggurtbewehrung

$$x_1 = P/(b \cdot \sigma_c) \text{ ... mit ... } \sigma_c = \chi \cdot f_{cd} \text{ ... für ... } f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2 \text{ ... } \chi = 0.95$$

$$\text{... für ... } f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2 \text{ ... } \chi = 1.05 - f_{ck}/500$$

$$a' = a + x_1/2 + \frac{H}{P} \cdot (d' + \Delta h) \text{ ... und ... } x_2 = h - \sqrt{h^2 - 2 \cdot a' \cdot x_1} \text{ ... mit ... } x_2/0.8 \leq 0.4 \cdot h$$

$$\cot \Theta_2 = a'/z \text{ ... mit ... } z = h - x_2/2$$

$$Z_{P+H} = P \cdot \cot \Theta_2 + H \Rightarrow A_{s,h}$$

Nachweis der Druckstrebe

kurze Konsole ... kann entfallen, wenn horizontale Bügel für $T_3 = 0.2 \cdot P \Rightarrow A_{sbü,h}$ angeordnet werden

lange Konsole ... Nachweis der Querkraft analog Heft 525 (s.o.)

Spaltzugbewehrung

$$a'/z > 0.5 \text{ ... vertikale Bügel für } F_1 = 2/3 \cdot (a'/z - 0.5) \cdot P \Rightarrow A_{sbü,v}$$

Lagerpressung

$$\sigma = P/(l_1 \cdot b_1) \leq 0.80 \cdot f_{cd}$$

4.4.1.4

Verfahren n. Leonhardt (DIN 1045)

$a/h < 0.5$ kurze Konsole

$a/h \geq 0.5$ lange Konsole

Annahme

$$h \leq 2 \cdot a \text{ ... und ... } z = 0.8 \cdot h$$

Zuggurtbewehrung

$$Z_P = P \cdot a/z \text{ ... und ... } Z_H = H \cdot (1 + (\Delta h + d')/z) \Rightarrow A_{s,h}$$

Betondruckstrebe

$$\min b \approx \frac{5.0 \cdot \left(P + H \cdot \frac{\Delta h + d'}{a} \right)}{h \cdot \beta_R} \cdot (1.3 + a/h) \leq b$$

Spaltzugbewehrung konstruktiv

Lagerpressung

$$\sigma = P / (l_1 \cdot b_1) \leq 0.80 \cdot \beta_R$$

4.4.1.5

Verfahren n. Grasser (DIN 1045)

$a/h < 0.5$ kurze Konsole

$a/h \geq 0.5$ lange Konsole

Annahme

lange Konsole ... $z = 0.85 \cdot h$... bzw. kurze Konsole ... $z = a/0.6$

Weitere Berechnung der Zuggurtbewehrung s. Leonhardt.

Nachweis Querkraft

$$\tau_0 = \frac{P}{b \cdot z} \leq \tau_{zul} = \tau_{03} - \frac{(\tau_{03} - \tau_{02}) \cdot a}{2 \cdot h}$$

Spaltzugbewehrung

horizontale Bügel für ... $Z_{b\ddot{u}} = Z_p/3 \Rightarrow \text{erf } A_{sb\ddot{u},h}$

Lagerpressung s. Leonhardt

4.4.1.6

Verfahren n. Heft 399 (DIN 1045)

$a/h < 0.5$ kurze Konsole

$a/h \geq 0.5$ lange Konsole

Querkraft

lange Konsole ... $z = 0.9 \cdot h$... bzw. kurze Konsole ... $z = a/0.6$ (s. Grasser)

$$\tau_0 = \frac{P}{b \cdot z_Q} \leq \tau_{zul} = \tau_{03}$$

Annahme

$$z = h \cdot (1 - 0.4 \cdot \tau_0 / \tau_{zul}) \leq 2.5 \cdot a$$

weitere Berechnung der Zuggurtbewehrung s. Leonhardt

Spaltzugbewehrung

$a/h < 0.5$... und ... $\tau_0 > \tau_{012} \Rightarrow$ horizontale Bügel mit $\text{erf } A_{sb\ddot{u},h} = 0.5 \cdot A_{sh}$

$a/h \geq 0.5$... und ... $\tau_0 > \tau_{011} \Rightarrow$ vertikale Bügel mit $\text{erf } A_{sb\ddot{u},v} = 0.7 \cdot A_{sh}(P)$

Lagerpressung s. Leonhardt

4.4.1.7

Verankerungslänge der Zuggurtbewehrung

Die Zuggurtbewehrung $A_{s,h}$ muss ausreichend verankert sein, damit sich die Kraftverläufe entsprechend der o.a. Verfahren ausbilden können. Die Verankerungslänge wird nur bei Anordnung einer Lagerplatte ermittelt.

Nach Fingerloos/Stenzel (BK 07) ergibt sich für eine direkte Auflagerung (s. DIN 1045-1, 12.6.2)

$$\begin{aligned} \text{erf } l_b &= l_{b,\text{dir}} + \Delta a_c \quad \dots \text{ mit } \dots \\ l_{b,\text{dir}} &= 2/3 \cdot l_{b,\text{net}} \geq 6.7 \cdot d_s \\ l_{b,\text{net}} &= \alpha_a \cdot l_b \cdot \frac{A_{s,\text{erf}}}{A_{s,\text{vorh}}} \geq l_{b,\text{min}} \\ l_{b,\text{min}} &= 0.3 \cdot \alpha_a \cdot l_b \geq 10 \cdot d_s \quad \dots \text{ für die Verankerung von Zugstäben} \\ l_b &= \frac{d_s \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \quad \dots \text{ Grundwert der Verankerungslänge} \\ f_{yd} \dots f_{bd} \dots \alpha_a &\quad \dots \text{ können DIN 1045-1 entnommen werden} \\ \Delta a_c &= d' \cdot H_{Ed} / F_{Ed} \end{aligned}$$

Der vorhandene Platz zur Verankerung ergibt sich aus geometrischen Bedingungen zu

$$\begin{aligned} \text{vorh } l_b &= l_k - a_l + l_1/2 - c_v \quad \dots \text{ mit } \dots \\ l_k &\quad \text{Länge der Konsole} \\ a_l &\quad \text{Abstand des Lastangriffs vom Stützenrand} \\ l_1 &\quad \text{Länge der Lagerplatte} \\ c_v &\quad \text{Betondeckung der Zuggurtbewehrung zum seitlichen Konsolrand} \end{aligned}$$

4.4.2

indirekte Lasteinleitung

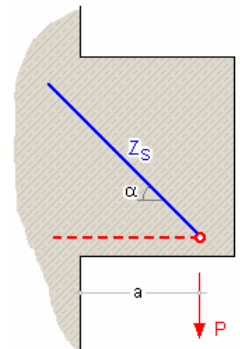
Bei der indirekten Lasteinleitung wird ein Teil der Last über eine Aufhängebewehrung zum oberen Rand geführt und dann wie bei der direkten Lasteinleitung behandelt. Der andere Teil der Last wird durch Schrägeisen rückwärtig verankert.

Aufhängebewehrung

$$Z = \text{Vert} \cdot P \Rightarrow \text{erf } A_{s,v} \quad \dots \text{ mit } \dots \text{ Vert} = \text{Verteilungszahl}$$

Schrägbewehrung

$$Z_s = \frac{(1 - \text{Vert}) \cdot P}{\sin \alpha} \quad \dots \text{ mit } \dots \sin \alpha = \sqrt{(a/z)^2 + 1.0} \Rightarrow \text{erf } A_{s,s}$$



4.5

Berechnung, DTE®-Viewer und Druckprotokoll



Berechnung durchführen
Ergebnisse einsehen

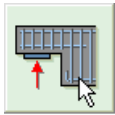
Durch einen Klick auf den Berechnungsbutton wird die Berechnung des Trägerdurchbruchs vom Programm ausgeführt. Die Bemessungsergebnisse werden anschließend im DTE®-Viewer am Bildschirm dargestellt.

Die Funktionen von DTE®-Viewer, DTE®-Druckmanager sowie die Interaktion innerhalb der Detailnachweisverwaltung werden im Handbuch *DTE®-DeskTopEngineering* beschrieben.

Druckprotokolle zu Lastkonsolen - auch in englischer Sprache - finden Sie im Internet unter www.pcae.de.

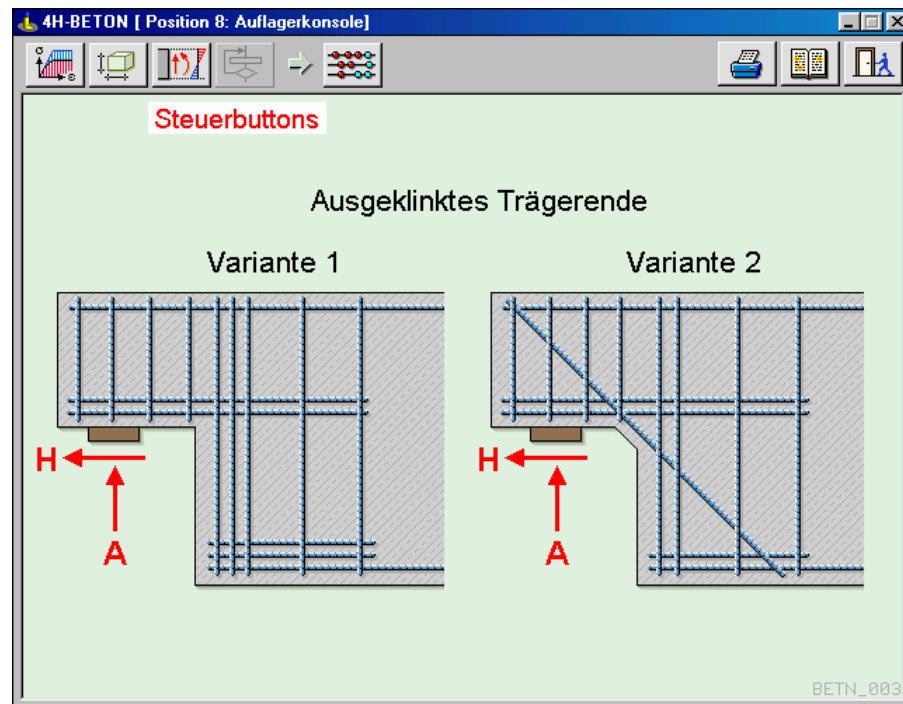
5

Auflagerkonsolen



Auflagerkonsole

Nach Aufruf des Bauteils erscheint das Haupteigenschaftenblatt. Im Kopfbereich sind die Steuerbuttons angeordnet, deren Funktionen im Folgenden beschrieben werden.



5.1

Materialkenndaten und Bemessungsrichtlinien (Normen)



Material auswählen

Die Materialkenndaten werden im Internet unter *Stahlbetontheorie* und im Handbuch *Stahlbetontheorie* erläutert.

5.2

Konsolgeometrie



Geometriedaten festlegen

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

GEOMETRIE

Ausführungsart: Variante 1

Balkenabmessungen

| | |
|------------|---------|
| Breite b | 30.0 cm |
| Höhe d | 60.0 cm |

Konsolabmessungen

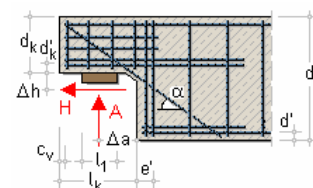
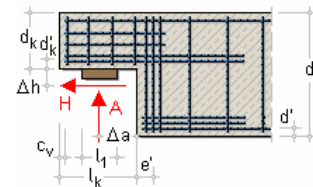
| | |
|-------------|---------|
| Höhe d_k | 30.0 cm |
| Länge l_k | 30.0 cm |

Bewehrungsangaben

| | |
|------------------|--------|
| Abstand d' | 5.0 cm |
| Abstand d'_k | 5.0 cm |
| Neigung α | 0.0 ° |
| Abstand e' | 5.0 cm |

(vom Betonrand zum Schwerpunkt der Aufhängebewehrung)

Buttons: [X] [?] [✓]



Es kann zwischen zwei Varianten der Bewehrungsführung unterschieden werden.

Folgende Abmessungen sind zu wählen:

- d Trägerhöhe
- b Trägerbreite
- d_k Konsolhöhe
- l_k Konsollänge
- e' Abstand der Aufhängebewehrung zum Querschnittssprungrand
- d' Stahlrandabstand zum Schwerpunkt der Trägerzuglängsbewehrung
- d'_k Stahlrandabstand zum Schwerpunkt der Konsolzugbewehrung
- α Neigungswinkel der Schrägeisen (für Bewehrungsvariante 2)

5.3

Belastung



Durch Anklicken des dargestellten Symbols wird das Eigenschaftsblatt zur Beschreibung der Belastung aktiviert. Es sind grundsätzlich Bemessungsgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit einzugeben.

Hierin wird die vertikale Auflagerkraft A mit ihrem Lastangriffspunkt Δa sowie die Horizontalkraft H mit Δh festgelegt. Im Fall von Bewehrungsvariante 2 ist zusätzlich die Verteilungszahl festzulegen, mit der der direkte Lastanteil berechnet wird.

Die Bemessung des abgesetzten Auflagers kann nach verschiedenen Vorschlägen erfolgen, die in einer Listbox zu bestimmen sind. Im Programm #-BETON sind derzeit für Berechnungen n. **DIN 1045** (7.88) integriert:

- Verfahren n. **Leonhardt**
- Verfahren n. **Heft 399**, DAfStb
- Verfahren n. **Heft 430**, DAfStb

Bei einer Berechnung n. DIN 1045-1 sind neben dem Heft 430, DAfStb, weitere Möglichkeiten im Programm #-BETON integriert:

- Verfahren n. **Heft 525**, DAfStb
- Verfahren n. **Reineck**, Betonkalender 2005

5.4

Durchführung der Bemessung

Es können zwei Varianten von abgesetzten Auflagern nach den Vorschlägen von Leonhardt, Heft 399, DAfStb (nur DIN 1045 (7.88)), Heft 430, DAfStb (DIN 1045 (7.88, DIN 1045-1 und Eurocode), Heft 525, DAfStb, oder Reineck (DIN 1045-1 und Eurocode) berechnet werden.

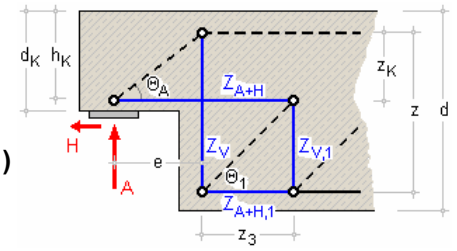
Bei abgesetzten Auflagern ist der innere Kraftfluss und damit das Rissbild einerseits vom Verhältnis d_k/d und andererseits von der Bewehrungsführung abhängig. Je kleiner d_k/d ist, umso mehr muss die im Träger ankommende Querkraft $Q = A$ in die Nase hoch gehängt werden. Eine Abschrägung der einspringenden Ecke vermindert die Kerbspannungen und erhöht die Risslast. Das Aufhängen kann mit lotrechten Bügeln und der zugehörigen Kraft Z_v (Variante 1) oder mit Schrägeisen - Kraft Z_s (Variante 2) - geschehen.

Die im Programm integrierten Verfahren gelten für $0.5 \leq \frac{e}{h_k} \leq 1.0$.

5.4.1

Bemessungsvariante 1

Der Kraftfluss entspricht dem **Fachwerkmodell**



5.4.1.1

Verfahren n. Heft 430 (Eurocode, DIN 1045, DIN 1045-1)

Voraussetzung

$$0.5 \leq e/h_K \leq 1.0 \quad \text{mit} \quad e = \Delta a + e'$$

Zugbewehrung horizontal

$$\text{Bemessung im Schnitt } e \text{ für } M = A \cdot e + H \cdot d_K/2 \quad \text{und} \quad N = H \Rightarrow Z_{A+H}, z_k, A_{s,h}$$

Zugbewehrung vertikal

$$Z_V = (A + Z_{A+H}) \cdot (1 - z_k/z) \Rightarrow A_{s,v} \quad \text{mit} \quad z = d - d' - (d_K - z_k - d'_K)$$

Verankerung von $A_{s,h}$

$$Z_{v,1} = Z_{A+H} \cdot \frac{z_3}{3 \cdot z} \Rightarrow A_{s,v,1} \quad \text{mit} \quad z_3 = 1.5 \cdot \sqrt{z_k \cdot (z - z_k)}$$

Nachweis der Betondruckstrebe

$$\sigma_d = \frac{\gamma \cdot A}{b \cdot \sin \Theta_A \cdot (a_1 \cdot \sin \Theta_A + u \cdot \cos \Theta_A)} \leq \text{zul fak} \cdot \beta_R; \text{ DIN 1045-1 } \beta_R = f_{cd}$$

$$\text{mit} \quad a_1 = \frac{\gamma \cdot A}{b \cdot 0.8 \cdot \beta_R} \quad \text{und} \quad u = 2 \cdot d'_K \quad \text{und} \quad \cot \Theta_A = \frac{\cot \Theta_1}{2} + \frac{a_1}{2 \cdot z_k}$$

$$\tan \Theta_1 = \frac{1 - 0.6 \cdot b \cdot z_k \cdot \beta_{bz}}{A}; \text{ DIN 1045-1 } \beta_{bz} = f_{ctm}$$

$$\text{zul fak} = 0.8 \text{ (DIN 1045) bzw. } 0.75 \text{ (DIN 1045-1)}$$

Spaltzugbewehrung

$$\frac{a_l}{z} < 0.5 \quad \text{..... horizontale Bügel aus } Z = P \cdot \frac{z_l}{z} \cdot \tan \Theta \Rightarrow \text{erf } A_{sbü,h}$$

$$\frac{a_l}{z} \geq 0.5 \quad \text{..... vertikale Bügel aus } Z = P \cdot \left(\frac{a_l}{z} \cdot \tan \Theta \right)^2 \Rightarrow \text{erf } A_{sbü,v}$$

Verankerung der Längsbewehrung s. Verfahren n. Heft 399, DAfStb.

5.4.1.2

Verfahren n. Heft 525 (Eurocode, DIN 1045-1)

Voraussetzung

$$0.5 \leq e/h_K \leq 1.0 \quad \text{mit} \quad e = \Delta a + e'$$

Querkraft

$$V_{Ed} = F_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b \cdot z_Q \cdot f_{cd} \quad \text{mit} \quad v = (0.7 - f_{ck}/200) \geq 0.5 \quad \text{und} \quad f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c \quad \text{und} \quad z_Q = 0.9 \cdot h$$

Zuggurtbewehrung horizontal

$$Z_{A+H} = F_{Ed} \cdot \frac{e}{z_k} + H_{Ed} \cdot \left(\frac{\Delta h + d'_K}{z_k} + 1 \right) \quad \text{mit} \quad \frac{e}{z_k} \geq 0.4 \quad \text{und} \quad z_k = h_K \cdot \left(1 - 0.4 \cdot \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} \right)$$

Zugbewehrung vertikal und Verankerung von $A_{s,h}$ s. Verfahren n. Heft 399, DAfStb.

Spaltzugbewehrung

$$\frac{a}{d} \leq 0.5 \quad \text{und} \quad V_{Ed} > 0.3 \cdot V_{Rd,max} \Rightarrow \text{horizontale Bügel mit} \quad \text{erf } A_{sbü,h} = 0.5 \cdot A_{s,h}$$

$$\frac{a}{d} > 0.5 \quad \text{und} \quad V_{Ed} \geq V_{Rd,ct} \Rightarrow \text{vertikale Bügel mit} \quad \text{erf } A_{sbü,v} = A_{s,h} \cdot (0.7 \cdot F_{Ed})$$

mit $V_{Rd,ct}$ aus DIN 1045-1, Abs. 10.3

Verankerung der Längsbewehrung s. Verfahren n. Heft 399, DAfStb.

Lagerpressung

$$\sigma = P / (l_1 \cdot b_1) \leq 0.85 \cdot f_{cd} \dots \text{aus Heft 525, Abs. 13.8.4}$$

5.4.1.3

Verfahren n. Reineck (Eurocode, DIN 1045-1)

$$e = \Delta a + e' + H / P \cdot (d' + \Delta h)$$

Voraussetzung

$$0.5 \leq e / z_k \leq 1.0$$

Annahme

$$z = 0.9 \cdot d \dots \text{und} \dots z_k = h_k - (h - z) \dots \text{mit} \dots h_k = d_k - d'_k \dots \text{und} \dots h = d - d'$$

Zuggurtbewehrung horizontal

$$Z_{A+H} = A \cdot \cot \Theta_A + H \Rightarrow A_{s,h} \dots \text{mit} \dots \cot \Theta_A = e / z_k$$

Zugbewehrung vertikal und Verankerung von $A_{s,h}$

$$\text{für} \dots \Theta_1 = \Theta_A \dots Z_V = Z_{V1} = A \Rightarrow A_{s,v}, A_{s,v1}$$

Nachweis der Druckstrebe

kurze Konsole ($e/z < 0.5$) kann entfallen, wenn horizontale Bügel angeordnet werden für $T = 0.2 \cdot P \Rightarrow A_{sbü,h}$

lange Konsole ($e/z \geq 0.5$) Nachweis der Querkraft analog Heft 525 (s.o.)

Spaltzugbewehrung bei $e/z > 0.5$

$$\text{vertikale Bügel für} \dots F_1 = 2/3 \cdot (e/z - 0.5) \cdot A \Rightarrow A_{sbü,v}$$

Verankerung der Längsbewehrung s. Verfahren n. Heft 399, DAfStb.

Lagerpressung

$$\sigma = P / (l_1 \cdot b_1) \leq 0.80 \cdot f_{ct}$$

5.4.1.4

Verfahren n. Leonhardt (DIN 1045)

Während die grundsätzliche Bewehrungsführung und die Abmessung der Nase nach Teil 3, 1977, anzuordnen ist, werden die Berechnung des Zuggurtes und der Nachweis der Betondruckstrebe nach Teil 2, 1986, durchgeführt.

Voraussetzung

$$0.5 \leq e / h_k \leq 1.0 \dots \text{mit} \dots e = \Delta a + e'$$

Annahme

$$z_k = 0.8 \cdot h_k$$

Zugbewehrung horizontal

$$Z_{A+H} = A \cdot e / z_k + H \cdot (1 + d'_k / z_k) \Rightarrow A_{s,h}$$

Zugbewehrung vertikal

$$Z_V = A \Rightarrow A_{s,v}$$

Abmessungen der Nase

$$\min h_k = \frac{4 \cdot A}{b \cdot \beta_R / \gamma} \leq h_k$$

Betondruckstrebe

$$\min b \approx \frac{5 \cdot (A + H \cdot d'_k / e)}{h_k \cdot \beta_R} \cdot (1.3 + e / h_k)$$

Spaltzugbewehrung und Verankerung der Längsbewehrung konstruktiv

Lagerpressung

$$\sigma = P / (l_1 \cdot b_1) \leq 0.80 \cdot \beta_R$$

5.4.1.5

Verfahren n. Heft 399 (DIN 1045)

Voraussetzung

$$0.5 \leq e / h_k \leq 1.0 \quad \dots \text{ mit } \dots \quad e = \Delta a + e'$$

Querkraft

$$\tau_0 = \frac{A}{z_Q \cdot b} \leq \tau_{zul} = \tau_{03} \quad \dots \text{ mit } \dots \quad z_Q = 0.9 \cdot h$$

Annahme

$$z_k = h_k \cdot (1 - 0.4 \cdot \tau_0 / \tau_{zul}) \leq 2.5 \cdot e$$

Zugbewehrung horizontal

$$Z_{A+H} = A \cdot e / z_k + H \cdot \left(\frac{\Delta h + d'_k}{z_k} + 1 \right) \Rightarrow A_{s,h}$$

Zugbewehrung vertikal: Um die geringere Wirksamkeit einer rein lotrechten Aufhängebewehrung zur Begrenzung der Breite des Kehlrissses zu berücksichtigen, wird näherungsweise die Vertikalkraft Z_v um den Faktor fak erhöht.

$$Z_v = fak \cdot A \Rightarrow A_{s,v} \quad \dots \text{ mit } \dots \quad 0 \leq fak = 4 \cdot d_k / d - 1.0 \leq 1.0 \quad \dots \text{ und } \dots \quad fak = 1.0 + fak \cdot d_k / d$$

Verankerung von $A_{s,h}$

$$Z_{v,1} = Z_{A+H} \cdot \tan \vartheta_1 \Rightarrow A_{s,v,1} \quad \dots \text{ mit } \dots \quad \tan \vartheta_1 = 1 - d_k / d \quad \dots \text{ und } \dots \quad z_3 = (h - h_k) / \tan \vartheta_1$$

Spaltzugbewehrung

$$\frac{a}{h} \leq 0.5 \quad \dots \text{ und } \dots \quad \tau_0 > \tau_{012} \Rightarrow \text{horizontale Bügel mit } \dots \text{ erf } A_{sbü,h} = 0.5 \cdot A_{s,h}$$

$$\frac{a}{h} > 0.5 \quad \dots \text{ und } \dots \quad \tau_0 > \tau_{011} \Rightarrow \text{vertikale Bügel mit } \dots \text{ erf } A_{sbü,v} = 0.7 \cdot A_{s,h}(P)$$

Verankerung der Längsbewehrung

$$Z_{A+H} = Z_{A+H} \Rightarrow A_{s,h1}$$

Lagerpressung s. Leonhardt

5.4.2

Bemessungsvariante 2

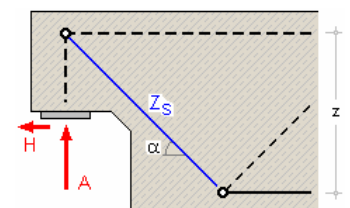
Bei dieser Variante kann ein Anteil nach Variante 1 und der Restanteil über Schrägeisen oder schräge Bügel eingeleitet werden. Diese Schrägstäbe hängen die ankommende Last direkt über dem Auflager in den Druckgurt ein.

Schrägbewehrung

$$Z_S = A_2 / \sin \alpha \quad \dots \text{ mit } \dots \quad A_2 = (1 - \text{Vert}) \cdot A \Rightarrow \text{erf } A_{s,S} \\ \dots \text{ und } \dots \quad \text{Vert} = \text{Verteilungszahl}$$

Bemessung des Anteils für die Vertikalbewehrung nach Variante 1

$$A_{\perp} = \text{Vert} \cdot A$$



5.4.2.1

Verfahren nach Leonhardt (DIN 1045)

Wichtig ist die obere Verankerung. Theoretisch tritt aus diesem Lastanteil an der Nase keine Zugkraft auf, dennoch ist dort eine Bewehrung für Z_A nötig, um ein Abscheren der Nase entlang der Schrägstäbe zu verhindern und um H aufzunehmen.

Zugbewehrung horizontal

$$Z_{A+H} = \left(A_1 + \frac{d}{4 \cdot d_k} \cdot A_2 \right) \cdot e / z_k + H \cdot (1 + d'_k / z_k) \Rightarrow A_{s,h}$$

Abmessungen der Nase

$$\min d_k = \frac{4 \cdot A_2}{b \cdot \beta_R / \gamma \cdot \tan \alpha} \leq d_k$$

5.4.2.2

Verankerungslänge der Zuggurtbewehrung

Die Zuggurtbewehrung $A_{s,h}$ muss ausreichend verankert sein, damit sich die Kraftverläufe entsprechend der o.a. Verfahren ausbilden können. Die Verankerungslänge wird nur bei Anordnung einer Lagerplatte ermittelt.

Nach Fingerloos/Stenzel (Bk'07) ergibt sich für eine direkte Auflagerung (s. DIN 1045-1, 12.6.2)

$$\text{erf } l_b = l_{b,dir} + \Delta a_c \quad \dots \text{ mit } \dots$$

$$l_{b,dir} = 2/3 \cdot l_{b,net} \geq 6.7 \cdot d_s$$

$$l_{b,net} = \alpha_a \cdot l_b \cdot \frac{A_{s,erf}}{A_{s,vorh}} \geq l_{b,min}$$

$$l_{b,min} = 0.3 \cdot \alpha_a \cdot l_b \geq 10 \cdot d_s \quad \dots \text{ für die Verankerung von Zugstäben}$$

$$l_b = \frac{d_s \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \quad \dots \text{ Grundwert der Verankerungslänge}$$

$$f_{yd} \dots f_{bd} \dots \alpha_a \quad \dots \text{ können DIN 1045-1 entnommen werden}$$

$$\Delta a_c = d' \cdot H_{Ed} / F_{Ed}$$

Der vorhandene Platz zur Verankerung ergibt sich aus geometrischen Bedingungen zu

$$\text{vorh } l_b = l_k - a_l + l_1 / 2 - c_v \quad \dots \text{ mit } \dots$$

$$l_k \quad \text{Länge der Konsole}$$

$$a_l \quad \text{Abstand des Lastangriffs vom Stützenrand}$$

$$l_1 \quad \text{Länge der Lagerplatte}$$

$$c_v \quad \text{Betondeckung der Zuggurtbewehrung zum seitlichen Konsolrand}$$

5.5

Berechnung, DTE[®]-Viewer und Druckprotokoll



Berechnung durchführen
Ergebnisse einsehen

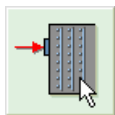
Durch einen Klick auf den Berechnungsbutton wird die Berechnung des Trägerdurchbruchs vom Programm ausgeführt. Die Bemessungsergebnisse werden anschließend im DTE[®]-Viewer am Bildschirm dargestellt.

Die Funktionen von DTE[®]-Viewer, DTE[®]-Druckmanager sowie die Interaktion innerhalb der Detailnachweisverwaltung werden im Handbuch *DTE[®] - DeskTopEngineering* beschrieben.

Druckprotokolle zu Auflagerkonsolen - auch in englischer Sprache - finden Sie im Internet unter www.pcae.de.

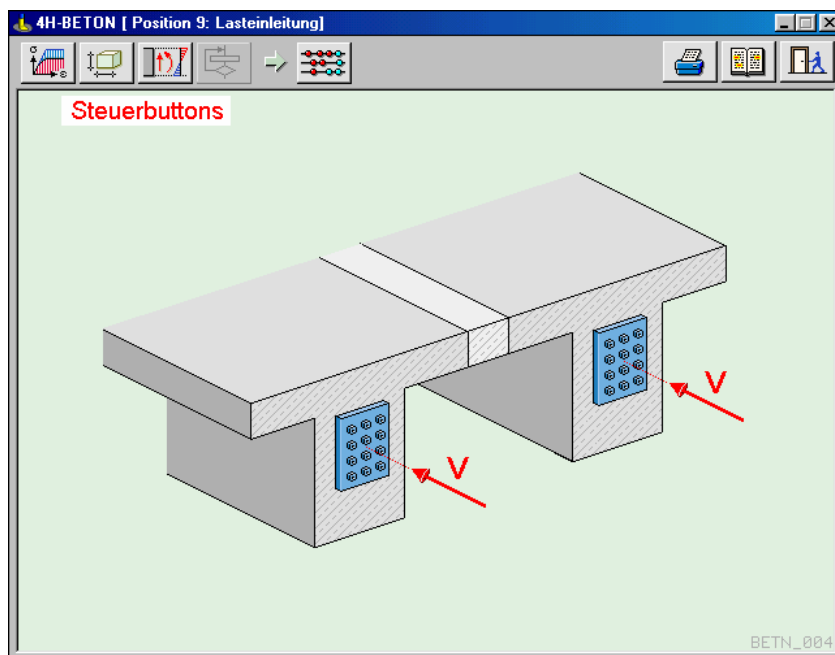
6

Lasteinleitungen



Lasteinleitung

Nach Aufruf des Bauteils erscheint das Haupteigenschaftenblatt. Im Kopfbereich sind die Steuerbuttons angeordnet, deren Funktionen im Folgenden beschrieben werden.



6.1

Materialkenndaten und Bemessungsrichtlinien (Normen)



Die Materialkenndaten werden im Internet unter *Stahlbetontheorie* und im Handbuch *Stahlbetontheorie* erläutert.

6.2

Geometrie



Geometriedaten festlegen

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

Es wird zwischen zwei Varianten der Steganordnung im Querschnitt unterschieden. Hierzu sind folgende Angaben vorzunehmen:

| | | |
|-------------------|-------|-------------------------|
| Systemabmessungen | d | Höhe des Plattenbalkens |
| | d_1 | Dicke der Platte |
| | b_k | Breite des Kragarms |

| | | |
|-----------------|-------|--|
| Krafteinleitung | b_1 | Breite des Steges |
| | l | Variante 1: Breite des rechten Kragarms Variante 2: lichter Abstand zwischen den Stegen |
| | B | Breite der Einleitungsfläche für eine Gruppe von Einzellasten |
| | H | Höhe der Einleitungsfläche für eine Gruppe von Einzellasten |
| | E | Abstand der Einleitungsfläche für eine Gruppe von Einzellasten |
| | b | Breite der Einleitungsfläche für eine Einzellast |
| | h | Höhe der Einleitungsfläche für eine Einzellast |
| | e | Abstand der Einleitungsfläche für eine Einzellast |
| | | |
| | | |

6.3

Belastung



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

Hierin werden die Einleitungskräfte v (Einzellast) und V (Resultierende der Lastgruppe) festgelegt.

6.4

Durchführung der Bemessung

Es können zwei Varianten von Krafteinleitungen für ein- (Var. 1) bzw. zweistegige (Var. 2) Plattenbalken berechnet werden.

Die Aufnahme der im Bauwerksbeton außerhalb der Verankerungswendel auftretenden Kräfte wird basierend auf Bild 4.8 (Leonhardt, T.2) nachgewiesen. Dabei sind die auftretenden Spaltzugkräfte in horizontaler sowie in vertikaler Richtung durch eine geeignete Querbewehrung aufzunehmen. Lotrechte Spaltzugkräfte ergeben sich bei der Einleitung an einem Trägerende dadurch, dass die Verankerungskraft auf einer Teilfläche entweder b/h oder B/H konzentriert angreift und sich erst allmählich auf die volle Querschnittshöhe verteilt. Das Gleiche gilt sinngemäß für die horizontale Umlenkung. Je nach Lastangriff e oder E wird eine anteilige Kraft in die Platte eingeleitet.

6.4.1

einstegiger Plattenbalken

Zur Bestimmung der auftretenden Spaltzugkräfte anhand des Bildes 4.8 (Leonhardt, T.2) muss der Faktor α , der abhängig von den jeweiligen Querschnittsabmessungen ist, bestimmt werden.

Für die Lasteinleitung des Steges wird angenommen, dass der Lastangriff mittig im Steg sitzt. Für die Berechnung der Spaltzugkraft in vertikaler Richtung wird ein Ersatzprisma mit der Kantenlänge $d^* = 2 \cdot h_v$ angenommen.

α ergibt sich dann zu $\alpha = \frac{d^*}{h}$ bzw. $\alpha = \frac{d^*}{H}$.

In horizontaler Richtung berechnet sich α zu $\alpha = \frac{b_1}{b}$ bzw. $\alpha = \frac{b_1}{B}$.

Es werden jeweils getrennt für die Einzelkraft v bzw. die Gesamtkraft V folgende maßgebenden Werte berechnet:

- Spaltzugkraft $Z_A \Rightarrow A_s$
- Lage des Nullpunktes der Querkraftverteilung s_0
- Lage der maximalen Querkraft s_m .

Im Bereich der Lasteinleitungslängen ist die ausgewiesene Bewehrung zu verteilen, mit einer Häufung an der Stelle mit der maximalen Querkraft.

Für die Lasteinleitung in die Platte wird angenommen, dass die Differenzkraft v_p bzw. V_p einzuleiten ist, wobei die Ausbreitung bei ca. $0.7 \cdot h_v$ bzw. $0.7 \cdot H_v$ beginnt. Aus der Spannung σ_x am Ende der Einleitungslänge $l_e = h_v + b \geq d_1$ bzw. $l_e = H_v + b \geq d_1$

$$\sigma_x = \frac{v}{A_G} + \frac{v \cdot h_v}{W_G} \text{ bzw. } \sigma_x = \frac{V}{A_G} + \frac{V \cdot H_v}{W_G}$$

mit A_G Fläche und W_G Widerstandsmoment des Gesamtquerschnittes berechnet sich die maßgebende anteilige Plattenkraft zu $v_p = b \cdot d_1 \cdot \sigma_x$.

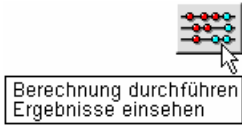
6.4.2

zweistegiger Plattenbalken

Bei Variante 2 wird genauso vorgegangen wie bei Variante 1, jedoch ergibt sich aufgrund der Scheibe, die an zwei Punkten gestützt ist, eine zusätzliche Randbewehrung A_{su} . Die mitwirkende Plattenbreite errechnet sich mittels der bekannten Methoden.

6.5

Berechnung, DTE[®]-Viewer und Druckprotokoll



Durch einen Klick auf den Berechnungsbutton wird die Berechnung des Trägerdurchbruchs vom Programm ausgeführt. Die Bemessungsergebnisse werden anschließend im DTE[®]-Viewer am Bildschirm dargestellt.

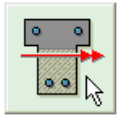
Die Funktionen von DTE[®]-Viewer, DTE[®]-Druckmanager sowie die Interaktion innerhalb der Detailnachweisverwaltung werden im Handbuch *DTE[®] - DeskTopEngineering* beschrieben.

Druckprotokolle zu Lasteinleitungen - auch in englischer Sprache - finden Sie im Internet unter www.pcae.de.

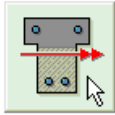
7

einachsige Bemessung

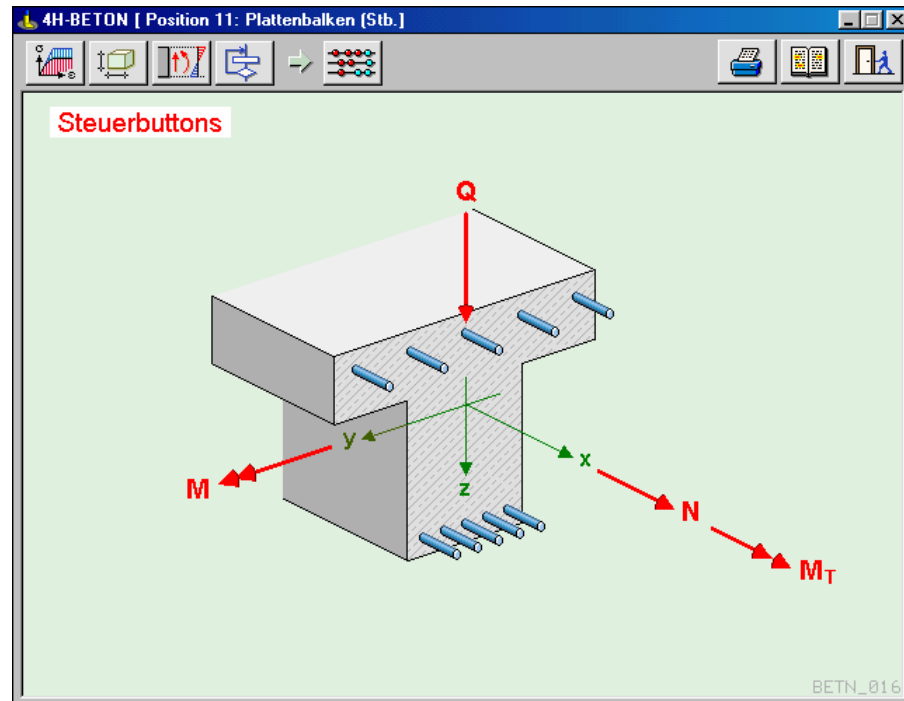
Nach Aufruf des Bauteils erscheint das Haupteigenschaftenblatt. Im Kopfbereich sind die Steuerbuttons angeordnet, deren Funktionen im Folgenden beschrieben werden.



Bemessung
einachsige



Plattenbalken
(Stb. 1-achs.)



7.1

Materialkennndaten und Bemessungsrichtlinien (Normen)



Die Materialkennndaten werden im Internet unter *Stahlbetontheorie* und im Handbuch *Stahlbetontheorie* erläutert.

7.2

Geometrie



Geometriedaten
festlegen

Durch Anklicken des dargestellten Symbols wird das Eigenschaftsblatt zur Beschreibung der Abmessungen eines der folgenden Querschnitte aktiviert:

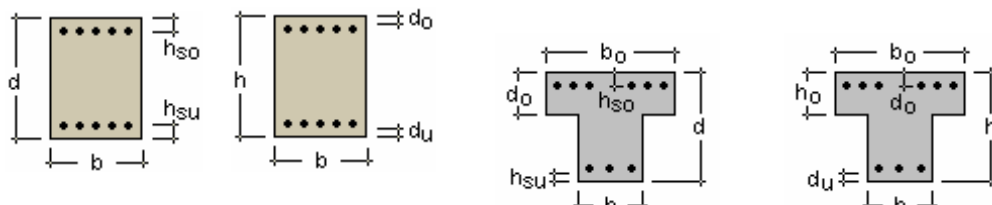
Rechteck, Plattenbalken, Doppel-T oder Kreis/Kreisring.

7.2.1

Rechteck-Querschnitt

Nach DIN 1045 sind beim Rechteck-Querschnitt neben der Höhe d und der Breite b eine obere und eine untere Bewehrungslage zu definieren. Die Randabstände h_{so} und h_{su} beziehen sich dabei jeweils auf den Abstand vom Betonrand zum Schwerpunkt der Bewehrungslage.

Nach DIN 1045-1 werden die Höhe mit h und die Breite mit b bezeichnet. Die Randabstände der Bewehrung sind als d_o und d_u einzugeben.



7.2.2

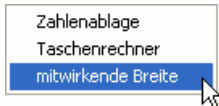
Plattenbalken-Querschnitt

Nach DIN 1045 sind beim Plattenbalken-Querschnitt neben der Gesamthöhe d , der Stegbreite b , der Plattendicke $d_o < d$ und der mitwirkenden Plattenbreite eine obere und eine untere Bewehrungslage zu definieren. Die Randabstände h_{so} und h_{su} beziehen sich dabei jeweils auf den Abstand vom Betonrand zum Schwerpunkt der Bewehrungslage.

Die Abmessungen eines **Überzuges** (umgedrehter Plattenbalken) werden der Abbildung entsprechend eingegeben, d.h. die Stegbreite mit b_o , die Plattendicke mit $d - d_o > 0$ und die Plattenbreite mit $b > b_o$.

Nach DIN 1045-1 werden die Gesamthöhe mit h , die Stegbreite b , die Plattendicke $h_o < h$ und die mitwirkende Plattenbreite $b_o > b$ bezeichnet. Die Schwerpunktsrandabstände der Bewehrung sind als d_o und d_u einzugeben.

Die mitwirkende Plattenbreite kann für das gelb unterlegte Eingabefeld über das Maus-Menü programmintern ermittelt werden. Dazu wird der Cursor in das entsprechende Feld gesetzt und die rechte Maustaste betätigt. Es erscheint ein Menü, dessen Eintrag "mitwirkende Plattenbreite" zu dem entsprechenden Eingabefeld führt. S. hierzu im Internet unter *Stahlbetontheorie* und im Handbuch *Stahlbetontheorie*.



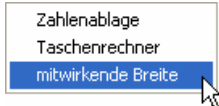
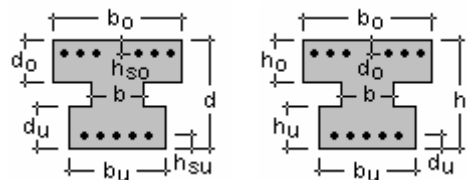
7.2.3

Doppel-T-Querschnitt

Nach DIN 1045 sind beim Doppel-T-Querschnitt neben der Gesamthöhe d , der Stegbreite b , den Plattendicken oben d_o und unten d_u ($d_o + d_u < d$) und den mitwirkenden Plattenbreiten oben $b_o > b$ und unten $b_u > b$ eine obere und eine untere Bewehrungslage zu definieren. Die Randabstände h_{so} und h_{su} beziehen sich dabei jeweils auf den Abstand vom Betonrand zum Schwerpunkt der Bewehrungslage.

Nach DIN 1045-1 werden die Gesamthöhe mit h , die Stegbreite b , die Plattendicken oben h_o und unten h_u ($h_o + h_u < h$) und die mitwirkenden Plattenbreiten oben $b_o > b$ und unten $b_u > b$ bezeichnet. Die Schwerpunktsrandabstände der Bewehrung sind als d_o und d_u einzugeben.

Die mitwirkende Plattenbreite (s. im Internet unter *Stahlbetontheorie* und im Handbuch *Stahlbetontheorie*) kann für das gelb unterlegte Eingabefeld über das Maus-Menü programmintern ermittelt werden. Dazu wird der Cursor in das entsprechende Feld gesetzt und die rechte Maustaste betätigt. Es erscheint ein Menü, dessen Eintrag "mitwirkende Plattenbreite" zu dem entsprechenden Eingabefeld führt.



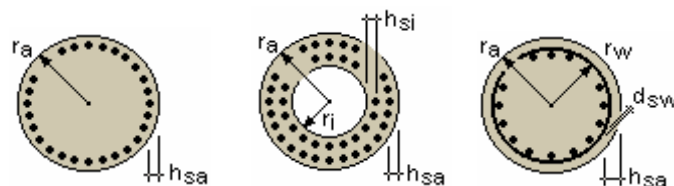
7.2.4

Kreis(ring)-Querschnitt

Nach DIN 1045 (7.88) wird der Kreis-Querschnitt durch seinen Außenradius r_a sowie den Randabstand der äußeren Bewehrungslage h_{sa} beschrieben.

Wird mit dem Innenradius r_i ein Kreisring-Querschnitt definiert, ist auch ein innerer Randabstand h_{si} der Bewehrungslage anzugeben.

Die Randabstände beziehen sich dabei jeweils auf den Abstand vom Betonrand zum Schwerpunkt der Bewehrungslage.

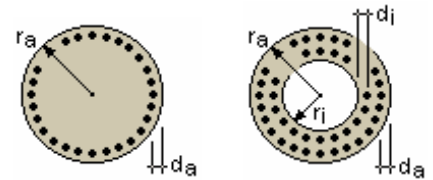


Die Anordnung einer Wendelbewehrung (s. im Internet unter *Stahlbetontheorie* und im Handbuch *Stahlbetontheorie*) ergibt eine zusätzliche Traglaststeigerung. Die notwendigen Eingabedaten betreffen den Radius der Wendel r_w , den Bewehrungsdurchmesser der Wendel d_{sw} , die Ganghöhe der Wendel s_w und die Knicklänge des Druckglieds (z.B. Stütze, Pfahl) s_k .

Nach DIN 1045-1 wird der Außenradius eines Kreis-Querschnitts mit r_a bezeichnet. Der Randabstand der äußeren Bewehrung ist als d_a einzugeben.

Der Innenradius wird analog mit r_i bezeichnet, während der innere Randabstand der Bewehrungslage als d_i einzugeben ist.

Die Berücksichtigung einer Wendelbewehrung ist nur bei Berechnung n. DIN 1045 möglich.



7.3

Belastung



Lastangaben

Durch Anklicken des dargestellten Symbols wird das Eigenschaftsblatt zur Beschreibung der Belastung aktiviert. Hier werden in den Registerblättern die Schnittgrößenkombinationen für sämtliche Nachweise eingegeben. Sie beziehen sich jeweils auf die Schwerachse des Betonquerschnitts.

| | γ | N_{Ed} kN | M_{Ed} kNm | γ | V_{Ed} kN | T_{Ed} kNm |
|---|----------|----------------|-----------------|----------|----------------|-----------------|
| 1 | 1.00 | -20.00 | 82.50 | 1.00 | 50.00 | 0.00 |
| 2 | 1.00 | 0.00 | 11.79 | 1.00 | 0.00 | 12.00 |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |

Die Anzahl der Lastkombinationen und die jeweiligen Schnittgrößen werden für folgende Nachweise in gesonderten Registerblättern eingegeben

- Biege-, Schubbemessung für beliebig viele Lastkombinationen,
- Rissnachweis Eingabe einer Lastkombination,
- Spannungsnachweis Eingabe einer Lastkombination,
- Dichtigkeitsnachweis Eingabe einer Lastkombination (nur Rechteck)
- Brandschutznachweis Eingabe einer Lastkombination (nur Rechteck/Kreis)
- Ermüdungs-(Schwing-)nachweis Eingabe zweier Lastkombinationen.



Die benötigten Schnittgrößen können aus einem *##*-Stabwerksprogramm übernommen werden; s. hierzu Abs. 8.3.1, S. 39.



Über den **Einlese**-Button können die Lastkombinationen auch aus einer ASCII-Datei eingelesen werden.

7.3.1

Biegebemessung

Nach DIN 1045 (7.88) handelt es sich um Gebrauchslasten aus Last- (N_{Last} , M_{Last}) und Zwangsbeanspruchung (N_{Zwang} , M_{Zwang}) mit den zugehörigen Sicherheitsbeiwerten (γ_{Last} , γ_{Zwang}).

Lastschnittgrößen werden wahlweise mit einem variablen (dehnungsabhängig n. DIN 1045) oder fest vorgegebenen Sicherheitsbeiwert vervielfacht. Wird $\gamma_{Last} = 0$ gesetzt, wird der Lastsicherheitsbeiwert in Abhängigkeit der Stahldehnung berechnet und als Ergebnis ausgegeben.

Zwangsschnittgrößen können zusätzlich angeordnet werden. Sie werden mit einem fest vorgegebenen Sicherheitsbeiwert vervielfacht. Wird $\gamma_{Zwang} = 0$ gesetzt, werden evtl. vorhandene Zwangsschnittgrößen ignoriert.

Querkraft Q und Torsion M_T werden mit dem Sicherheitsbeiwert γ_{Schub} vergrößert.

Nach DIN 1045-1 werden Bemessungslasten (Designlasten N_{Ed} , M_{Ed} , V_{Ed} , T_{Ed}) erwartet, die die γ -fache Erhöhung bereits enthalten.

Erläuterungen zur Durchführung der Berechnungen s. im Internet unter *Stahlbetontheorie* und im Handbuch *Stahlbetontheorie*.

7.3.2 Riss-, Spannungs-, Ermüdungs- (Schwing-)nachweis

Diese Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchtauglichkeit (GZG) können auch für die im Register *Biegebemessung* eingegebenen charakteristischen Schnittgrößen

DIN 1045 Gebrauchslasten = 70% Bemessungslasten,

DIN 1045-1, DIN Fb, ÖN, EC 2 Gebrauchslasten = Bemessungslasten

erfolgen, wenn die Nachweisschnittgröße im entsprechenden Nachweisregister = 0 eingegeben wird.

7.4 Berechnungsoptionen



Berechnungsoptionen

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

Je nach Wahl des Bemessungsmodus können verschiedene Nachweisparameter festgelegt werden. Dabei sind die Angaben von vorhandenen Bewehrungsquerschnitten (oben und unten) im gewählten Querschnitt wahlweise in cm^2 , % oder als Vielfache vorgegebener Bewehrungsdurchmesser d_s anzugeben.

Im Einzelnen sind folgende Nachweise möglich:

- Nachweise im GZG und GZT (Grenzzustand der Tragfähigkeit),
- Sicherheitsnachweis,
- Dehnungszustand,
- Spannungsergebnisse,
- Nachweise im GZG.

Der Ausdruck kann über weitere Buttons beeinflusst werden.

- **Bewehrung wählen** (s. Abs. 8.6, S. 44) ermöglicht die Ausgabe einer gewählten Bewehrung. Das „erforderliche“ Endbemessungsergebnis wird angezeigt und der Benutzer kann entweder freien Text oder über eine Eingabemaske die „vorhandene“ Bewehrung festlegen.

Ist Letzteres geschehen, wird zusätzlich die Verankerungslänge der Längsbewehrung ausgewiesen.

- Der komplette Ausdruck enthält neben den Eingabedaten auch Erläuterungen, die häufig nicht erforderlich sind. Durch die Deaktivierung des Buttons **Ausdruck mit Erläuterungen** kann das Bemessungsprotokoll z. T. erheblich reduziert werden.

7.4.1 Nachweise im GZG und GZT

Bei der Auswahl von **Nachweise im GZT und GZG** wird eine Bemessung der Längsbewehrung des gewählten Querschnitts nach der gewählten Norm für einachsige Biegung mit oder ohne Längskraft und Längskraft allein durchgeführt. Im Folgenden wird nur nach DIN 1045 (7.88) und DIN 1045-1 unterschieden. Andere Normen verhalten sich wie DIN 1045-1.

Unter Berücksichtigung der minimalen und maximalen Bewehrungsgrade werden für jeden Lastfall je nach Festlegung der Bewehrungsanordnung

- nur Zugbewehrung,
- Zug-/Druckbewehrung für DIN 1045 (7.88) bzw. Begrenzung der Druckzone für DIN 1045-1,
- symmetrische Bewehrung,

die erforderlichen Bewehrungsquerschnitte oben erf A_{s0} und unten erf A_{su} in cm^2 berechnet.

7.4.1.1 min/max Bewehrung DIN 1045 (7.88)

Nach DIN 1045 (7.88) können die minimal oder maximal einzuhaltenden Bewehrungen entweder als min A_s und max A_s in cm^2 oder als Bewehrungsgrade min μ und max μ in % eingegeben werden. Der minimale Bewehrungsgrad bezieht sich auf den statisch erforderlichen Querschnitt, wie es in 25.2.2.1(1) gefordert ist.

7.4.1.2 min/max Bewehrung DIN 1045-1

Nach DIN 1045-1 ist grundsätzlich eine **Mindestbewehrung** einzulegen. Dazu ist der entsprechende Button zu aktivieren. Für die verschiedenen Bauteiltypen sind unterschiedliche Kapitel der Norm zuständig (z.B. Biegeträger 13.1.1(1), Stützen (13.5.2(1)). Vom Anwender kann vorgegeben werden, für welchen Bauteiltyp (**Träger** oder **Stütze**) die Mindestbewehrung ermittelt werden soll. Wird **Träger/Stütze** ausgewählt, wird der Bauteiltyp und damit das entsprechende Kapitel der Norm vom Programm bestimmt.

Nach DIN 1045-1, 8.2 ist bei linearer Berechnung die **Druckzone** zu begrenzen, wenn keine geeigneten konstruktiven Maßnahmen zur Sicherstellung ausreichender Duktilität getroffen werden. Der Grenzwert $\lim k_x$ kann entweder vom Programm in Abhängigkeit der Betongüte ermittelt oder vom Anwender ($0 < \lim k_x < 1$) vorgegeben werden.

7.4.1.3 Bemessung im Traglastzustand (GZT)


Bei der Ermittlung der erforderlichen Bewehrung können folgende Bemessungsarten (im Traglastzustand) berücksichtigt werden:

- Biegebemessung
- Schubbemessung
- Ausnutzung / **Brandschutz**
- **Brandbemessung** (nur Rechteck/Kreis)

7.4.1.4 Nachweise im Gebrauchszustand (GZG)

Zusätzlich können folgende Nachweise (i. A. im Gebrauchszustand) geführt werden:

- Spannungsnachweis
- Rissnachweis
- **Dichtigkeitsnachweis** (nur Rechteck)
- Ermüdungs- (Schwing-)nachweis

Werden der **Schub**-, **Ausnutzungs**-, **Brand**-, **Riss**-, **Spannungs**- oder **Schwing**- (**Ermüdungs**-) Button aktiviert, sind weitere Parameter unter dem „bearbeiten“-Button () festzulegen.

7.4.1.5

Grundbewehrung

Wesentliche Eingangsgröße in die zu führenden Nachweise ist die **Grundbewehrung**, die in diesem Eigenschaftsblatt eingegeben wird. Verstanden wird darunter eine konstruktiv „gewählte“ Bewehrung. Wird eine Biegebemessung durchgeführt (Bemessung+Nachweise), ist das Gesamtergebn das Maximum aus Grundbewehrung und statisch erforderlicher Bewehrung. Dieser Wert geht in die nachfolgenden Nachweise ein.

7.4.2

Sicherheitsnachweis

Beim Sicherheitsnachweis wird für jede Schnittgrößenkombination die **bezogene Tragfähigkeit**

$t = \frac{R_u}{\gamma \cdot R}$ bestimmt, die das Verhältnis der vom Querschnitt maximal aufnehmbaren (Bruch-) Schnittgrößen zu den Design-Schnittgrößen darstellt. Die Tragfähigkeit ist überschritten, wenn $t < 1$ ist, und wird im Ausdruck besonders gekennzeichnet.

Wenn der Sicherheitsnachweis für sämtliche Lastfälle fehlerfrei durchgeführt wird, ergibt sich die minimale Tragfähigkeit zu $\min t$. Außerdem werden die zugehörigen Bruchdehnungen angegeben

DIN 1045 (7.88) $\epsilon_{b1u}, \epsilon_{s2u}, \epsilon_{b2u}$ und DIN 1045-1 $\epsilon_{c2u}, \epsilon_{s1u}, \epsilon_{c1u}$.

7.4.3

Dehnungszustand

Der Dehnungszustand berechnet für jede Schnittgrößenkombination die Querschnittsdehnungen bzw. -stauchungen.

Nach DIN 1045 (7.88) sind es $\epsilon_{b1}, \epsilon_{s1}, \epsilon_{s2}, \epsilon_{b2}$ der charakteristischen Fasern 1 (am stärksten gedrückter Betonrand) und 2 (Zugbewehrung im gerissenen Zustand oder am weniger stark gedrückten Betonrand im ungerissenen Zustand).

Nach DIN 1045-1 handelt es sich um $\epsilon_{c2}, \epsilon_{s2}, \epsilon_{s1}, \epsilon_{c1}$ der charakteristischen Fasern 2 (am stärksten gedrückter Betonrand) und 1 (Zugbewehrung im gerissenen Zustand oder am weniger stark gedrückten Betonrand im ungerissenen Zustand).

7.4.4

Spannungsergebnisse

Bei der Ermittlung der Spannungsergebnisse beschreibt die vorgegebene Parameterkonstellation den Dehnungszustand eines bewehrten oder unbewehrten Querschnitts.

| DEHNUNGSZUSTAND | |
|-----------------|---------|
| ϵ_{cc} | -3.50 % |
| ϵ_{su} | 5.00 % |

Wahlweise kann die Randdehnung des Betons oder des Stahls oben und unten angegeben werden. Aus den daraus resultierenden Spannungen werden die maximal aufnehmbaren (Bruch-)Schnittgrößen N_u und M_u berechnet.

7.4.5

Nachweise im GZG

Wird aus der Liste **Nachweise im GZG** ausgewählt, so können durch Aktivierung der entsprechenden Buttons folgende Nachweise durchgeführt werden:

- Spannungsnachweis
- Rissnachweis
- Dichtigkeitsnachweis (nur Rechteckquerschnitt)
- Ermüdungs- (Schwing-)nachweis
-

7.5

Berechnung, DTE®-Viewer und Druckprotokoll



Berechnung durchführen
Ergebnisse einsehen

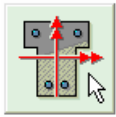
Durch einen Klick auf den Berechnungsbutton wird die Berechnung des Trägerdurchbruchs vom Programm ausgeführt. Die Bemessungsergebnisse werden anschließend im DTE®-Viewer am Bildschirm dargestellt.

Die Funktionen von DTE®-Viewer, DTE®-Druckmanager sowie die Interaktion innerhalb der Detailnachweisverwaltung werden im Handbuch *DTE®-DeskTopEngineering* beschrieben.

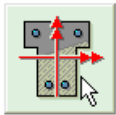
Druckprotokolle zur einachsigen Bemessung - auch in englischer Sprache - finden Sie im Internet unter www.pcae.de.

8 zweiachsiges Bemessung

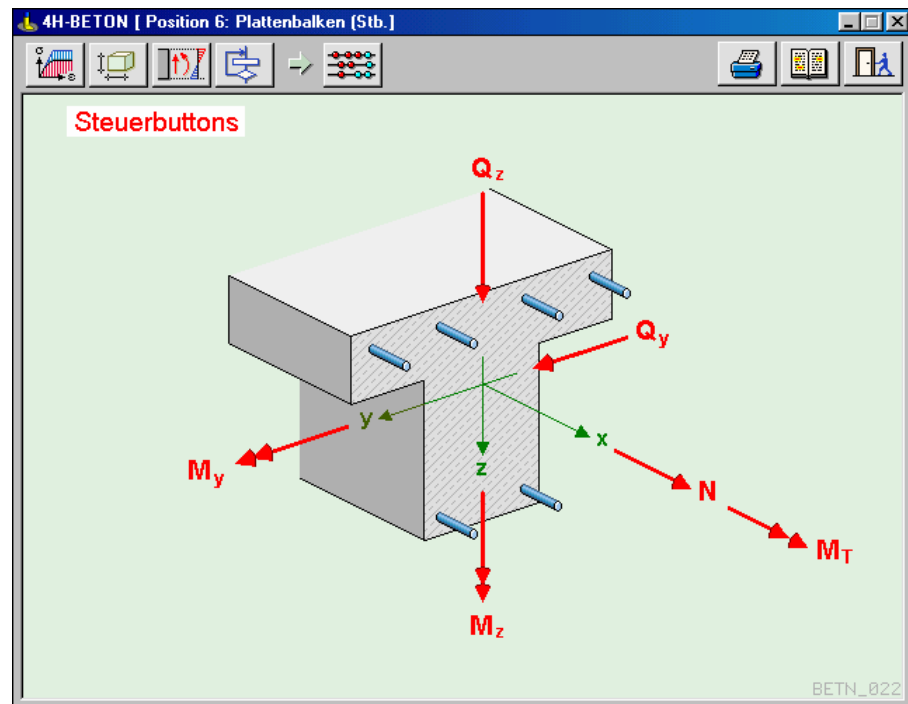
Nach Aufruf des Bauteils erscheint das Haupteigenschaftenblatt. Im Kopfbereich sind die Steuerbuttons angeordnet, deren Funktionen im Folgenden beschrieben werden.



Bemessung
zweiachsig



Plattenbalken
(Stb. 2-achs.)



8.1 Materialkennndaten und Bemessungsrichtlinien (Normen)



Die Materialkennndaten werden im Internet unter *Stahlbetontheorie* und im Handbuch *Stahlbetontheorie* erläutert.

8.2 Geometrie



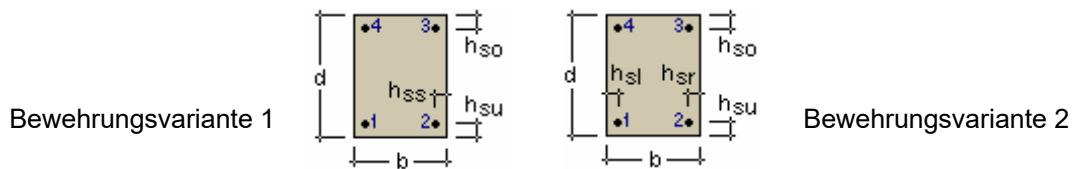
Geometriedaten
festlegen

Durch Anklicken des dargestellten Symbols wird das Eigenschaftsblatt zur Beschreibung der Abmessungen eines der folgenden Querschnitte aktiviert:

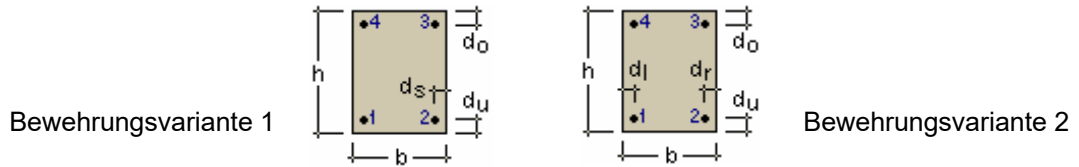
Rechteck, Plattenbalken, Doppel-T oder Polygon.

8.2.1 Rechteck-Querschnitt

Nach DIN 1045 (7.88) sind beim Rechteck-Querschnitt neben der Höhe d und der Breite b Bewehrungsstäbe oder -stabbündel in den vier Ecken anzuordnen. Dazu müssen der obere, der untere und der seitliche Randabstand h_{so} , h_{su} , h_{ss} bzw. h_{sl} , h_{sr} eingegeben werden. Sie beziehen sich jeweils auf den Abstand vom Betonrand zum Schwerpunkt der Bewehrung. Jedem Stabquerschnitt ist die Nummer seiner Bewehrungsgruppe zugeordnet.



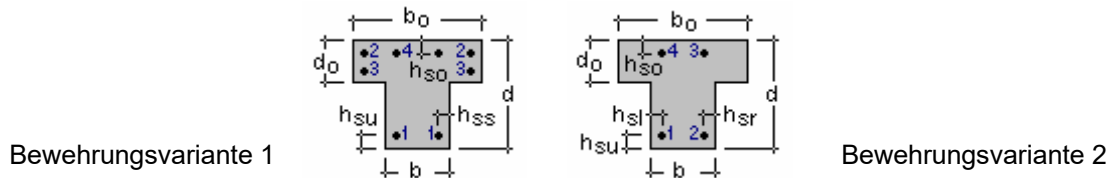
Nach DIN 1045-1 werden die Höhe mit h und die Breite mit b bezeichnet. Die Randabstände der Bewehrung sind als d_o , d_u , d_s bzw. d_l , d_r und einzugeben.



8.2.2

Plattenbalken-Querschnitt

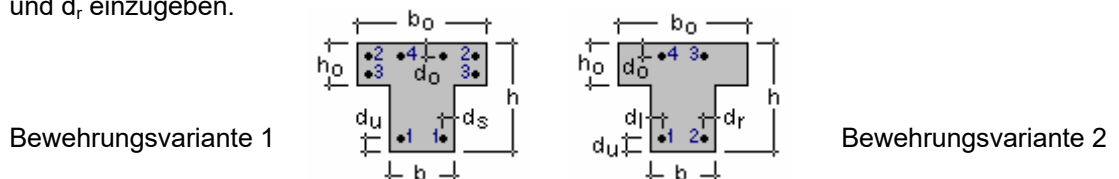
Nach DIN 1045 (7.88) sind beim Plattenbalken-Querschnitt neben der Gesamthöhe d , der Stegbreite b , der Plattendicke $d_o < d$ und der Plattenbreite $b_o > b$ bei Bewehrungsvariante 1 acht Bewehrungsstäbe oder -stabbündel laut Skizze anzuordnen. Dazu müssen der obere, der untere und der seitliche Randabstand h_{so} , h_{su} , h_{ss} eingegeben werden. Die Randabstände beziehen sich jeweils auf den Abstand vom Betonrand zum Schwerpunkt der Bewehrung. Jedem Stabquerschnitt ist die Nummer seiner Bewehrungsgruppe zugeordnet.



Bewehrungsvariante 2 berücksichtigt lediglich 4 Bewehrungsgruppen in den Eckpunkten des Steges. Die Stahlrandabstände h_{so} , h_{su} , h_{sl} , h_{sr} können differieren.

Die Abmessungen eines Überzuges (umgedrehter Plattenbalken) werden der Abbildung entsprechend eingegeben, d.h. die Stegbreite mit b_o , die Plattendicke mit $d - d_o > 0$ und die Plattenbreite mit $b > b_o$.

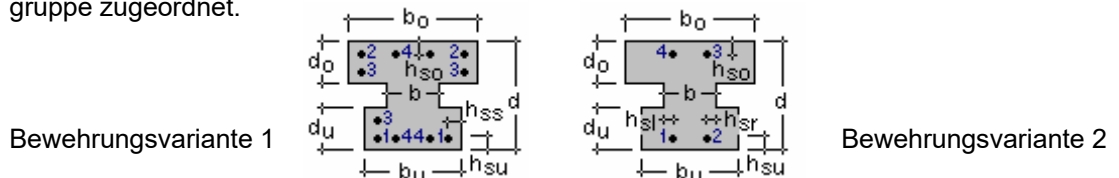
Nach DIN 1045-1 wird die Gesamthöhe mit h , die Stegbreite b , die Plattendicke $h_o < h$ und die Plattenbreite $b_o > b$ bezeichnet. Die Randabstände der Bewehrung sind als d_o , d_u , d_s bzw. d_l , d_r einzugeben.



8.2.3

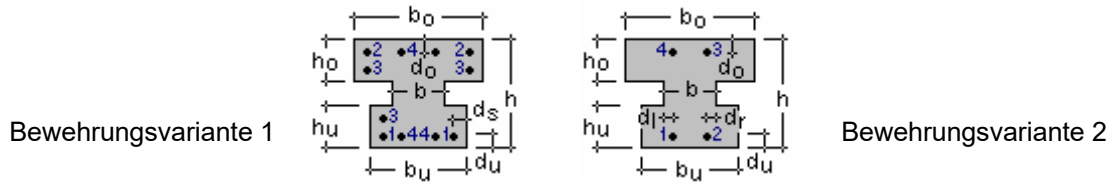
Doppel-T-Querschnitt

Nach DIN 1045 (7.88) sind beim Doppel-T-Querschnitt neben der Gesamthöhe d , der Stegbreite b , der Plattendicke oben und unten d_o , d_u ($d_o + d_u < d$) und der Plattenbreite oben und unten $b_o > b$, $b_u > b$ bei Bewehrungsvariante 1 zwölf Bewehrungsstäbe oder -stabbündel laut Skizze anzuordnen. Dazu müssen der obere, der untere und der seitliche Randabstand h_{so} , h_{su} , h_{ss} eingegeben werden. Die Randabstände beziehen sich jeweils auf den Abstand vom Betonrand zum Schwerpunkt der Bewehrung. Jedem Stabquerschnitt ist die Nummer seiner Bewehrungsgruppe zugeordnet.



Bewehrungsvariante 2 berücksichtigt lediglich 4 Bewehrungsgruppen in den Eckpunkten des Steges. Die Stahlrandabstände h_{so} , h_{su} , h_{sl} , h_{sr} können differieren.

Nach DIN 1045-1 wird die Gesamthöhe mit h , die Stegbreite b , die Plattendicke oben und unten h_o , h_u ($h_o + h_u < h$) und die Plattenbreite oben und unten $b_o > b$, $b_u > b$ bezeichnet. Die Randabstände der Bewehrung sind als d_o , d_u , d_s bzw. d_l und d_r einzugeben.



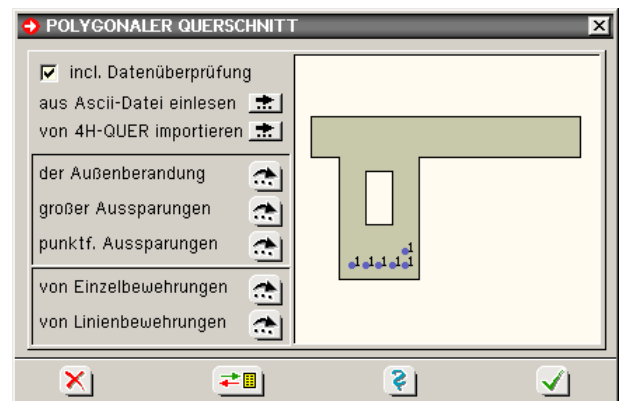
8.2.4

polygonaler Querschnitt



Die Abmessungen des polygonalen Querschnitts sind tabellarisch einzugeben. Nach Betätigen des jeweiligen **bearbeiten**-Buttons erscheint ein Fenster, in dem die y- und z-Koordinaten der Eingabepunkte in einem frei wählbaren, rechtsdrehenden Koordinatensystem in kontinuierlicher Reihenfolge eingegeben werden.

Die Koordinaten können entweder von Hand eingegeben oder aus einer ASCII-Datei eingelesen werden. Das **pcae**-Programm **##-QUER** bietet zudem die Möglichkeit, den Betonkörper in einem separaten Modul zu erstellen und in das Programm **##-BETON** zu importieren.



Im Einzelnen können

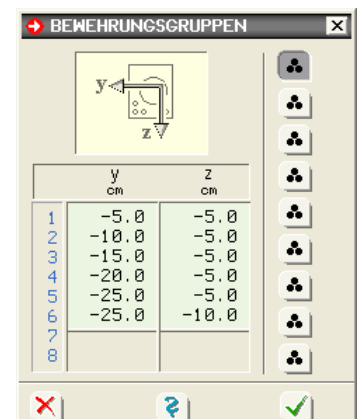
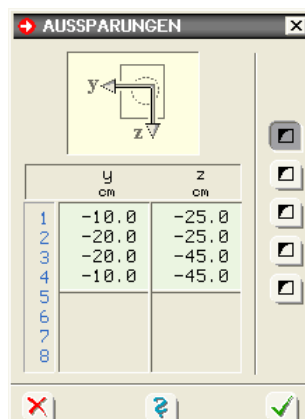
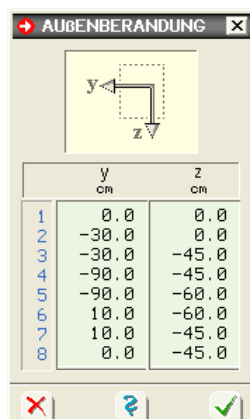
- der Betonaußenrand (geschlossener Polygonzug)
- polygonale Aussparungen (max. 5 geschlossene Polygonzüge)
- punktförmige Aussparungen
- Einzelstähle (max. 9 Gruppen)
- flächenverteilte Bewehrungen (max. 9 offene Polygonzüge)

festgelegt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass kein Punkt mehrmals definiert wird und die Verbindungslinie zweier benachbarter Punkte sich mit keiner anderen Linie schneidet.

Die Eckknoten des Betonaußenrandes sind umlaufend einzugeben. Dieser Polygonzug beschreibt die äußere Begrenzung sämtlicher Eingabepunkte und darf nicht gekreuzt werden.



Die Eingabe einer polygonalen **Aussparung** wird zunächst durch Aktivierung des Symbolbuttons eingeleitet. Es erscheint eine y/z-Tabelle, in der die Koordinaten der Eckpunkte in fortlaufender Reihenfolge einzugeben sind. Dazu ist zu beachten, dass die Aussparungen innerhalb des Außenrandes liegen und nicht ineinander geschachtelt sind.





Bewehrungen werden zu Gruppen zusammengefasst, die bei der Berechnung gleich behandelt werden. Es werden Einzelstähle und flächenverteilte Linienstähle unterschieden. In der entsprechenden y/z-Tabelle sind nach Aktivierung des zugehörigen Symbolbuttons die Lage-Koordinaten der zur Gruppe der Einzelstähle bzw. Linienstähle gehörenden Daten einzugeben.

8.3

Belastung



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

Lastangaben

| | γ | N_{Ed} kN | M_{yEd} kNm | M_{zEd} kNm | γ | V_{yEd} kN | V_{zEd} kN | T_{Ed} kNm |
|---|----------|----------------|------------------|------------------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 1.00 | -1200.0 | 150.00 | 75.00 | 1.00 | 0.00 | 163.00 | 0.00 |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |

Hier werden in Registerblättern die Schnittgrößenkombinationen für sämtliche Nachweise eingegeben. Die Schnittgrößen beziehen sich jeweils auf die Schwerachse des Betonquerschnitts.

Derzeit kann die Anzahl der Lastkombinationen und die jeweiligen Lastangaben für folgende Nachweise wie folgt eingegeben werden:

- Biege- Schubbemessung für beliebig viele Lastkombinationen,
- Rissnachweis Eingabe einer Lastkombination (nicht Polygon),
- Spannungsnachweis Eingabe einer Lastkombination,
- Brandschutznachweis Eingabe einer Lastkombination (nur Rechteck)
- Ermüdungs-(Schwing-)nachweis Eingabe zweier Lastkombinationen.



Die benötigten Schnittgrößen können aus einem *##*-Stabwerksprogramm übernommen werden; s. hierzu folgenden Absatz.



Über den **Einlese**-Button können die Lastkombinationen auch aus einer ASCII-Datei eingelesen werden.

Die statische Berechnung eines Bauteils beinhaltet i.A. die Modellbildung mit anschließender Berechnung des Tragsystems sowie nachfolgender Einzelnachweise von Detailpunkten. Bei der Beschreibung eines Details sind die zugehörigen Schnittgrößen aus den Berechnungsergebnissen des Tragsystems zu extrahieren und dem Detailnachweis zuzuführen.

In der Programmorganisation gibt es hierzu verschiedene Vorgehensweisen

- zum einen können Tragwerks- und Detailprogramm fest miteinander verbunden sein, d.h. die Schnittgrößenübergabe erfolgt intern. Es sind i.A. keine weiteren Eingaben (z.B. Geometrie) notwendig, jedoch möglich (z.B. weitere Belastungen). Die Programme bilden eine Einheit. Dies ist z.B. bei der Programmkombination Stütze mit Fundament der Fall, da beide Programme auch einzeln bedient werden können (##-STUB, ##-FUND).
- zum anderen sind die ##-Programme in der Lage, über definierte Punkte miteinander zu kommunizieren. Die Detailprogramme können sich die Schnittgrößen von den Tragwerksprogrammen über ein zwischengeschaltetes Export/Import-Tool abholen.

Anhand eines einfachen Rahmens wird dieser Schnittgrößen-Export/Import zwischen ##-Programmen erläutert.

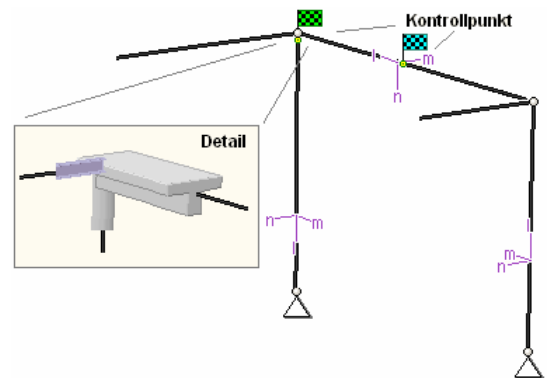
Schnittgrößenexport

Zunächst sind in dem exportierenden ##-Programm (z.B. ##-FRAP) die Orte zu kennzeichnen, deren Schnittgrößen beim nächsten Rechenlauf exportiert, d.h. für den Import in ein Detailnachweisprogramm bereitgestellt werden sollen.

In diesem Beispiel sollen die Schnittgrößen für eine Querschnittsbemessung übergeben werden. Dazu ist an der entsprechenden Stelle ein Kontrollpunkt zu setzen.

Nach einer Neuberechnung des Rahmens stehen die Exportschnittgrößen dem aufnehmenden ##-Programm (z.B. ##-BETON, ##-EC3SA ...) zum Import zur Verfügung.

Ausführliche Informationen zum Export/Import s. Handbuch DTE® - DeskTopEngineering.



Schnittgrößenimport




Aus dem aufnehmenden ##-Programm 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 verzweigt werden.

| | | |
|---|-----------------------------------|------------------------|
| | | |
| + | Schnitt 1: Stab 3 bei s = 0.18 m | Stahlriegel, Anschl. 1 |
| + | Schnitt 2: Stab 5 bei s = 0.00 m | Stahlriegel, Anschl. 2 |
| + | Schnitt 3: Stab 7 bei s = 2.00 m | Stahlbetonriegel |
| + | Schnitt 4: Stab 9 bei s = 4.00 m | Stahlstütze, Anschl. 2 |
| + | Schnitt 5: Stab 10 bei s = 3.88 m | Stahlstütze, Anschl. 1 |
| + | Schnitt 6: Stab 11 bei s = 0.00 m | Stahlbetonstütze |


In der Schnittgrößenauswahl werden die verfügbaren Schnittgrößenkombinationen aller im übergebenden Programm gekennzeichneten Schnitte angeboten. Dabei sind diejenigen Schnitte deaktiviert, deren Material mit dem Detailprogramm nicht kompatibel ist.

Es wird nun der Schnitt geöffnet, dessen Schnittgrößen eingelesen werden sollen.

+


Schnitt 1: Stab 3 bei s = 0.18 m



Stahlriegel, Anschl. Anschluss 1

+


Schnitt 2: Stab 5 bei s = 0.00 m



Stahlriegel, Anschluss 2


















-

Schnitt 3: Stab 7 bei s = 2.00 m



Stahlbetonriegel

Material: Stahlbeton, Querschnitt: Plattenbalken (Unterzug) mit bSteg=30.0cm, hgesamt=60.0cm, bPlatte=120.0cm, hPlatte= 20.0cm

| | N | V _m | V _n | T | M _m | M _n | |
|---|--------------------|----------------|----------------|-------|----------------|----------------|-------|
| | kN | kN | kN | kNm | kNm | kNm | |
| <div> <div>+</div> <div>Lastfallergebnisse</div> </div> | | | | | | | |
| <div> <div>+</div> <div>Nachweis 2: Schnittgrößenermittlung (Th. I. Ord.)</div> </div> | | | | | | | |
| <div> <div>-</div> <div>Nachweis 4: EC 2 Bemessung</div> </div> | | | | | | | |
| <div> <div>+</div> <div>  <div>Extremierung 1: Standardkombination</div> </div> </div> | | | | | | | |
| <div> <div>-</div> <div>  <div>Zusammenfassung Nachweis 4</div> </div> </div> | | | | | | | |
|  | min N | -49.40 | -12.67 | 48.20 | 4.56 | -13.32 | 24.99 |
|  | max N | 0.78 | 0.52 | -0.48 | 25.56 | 56.64 | -2.00 |
|  | min V _n | -49.40 | -12.67 | 48.20 | 4.56 | -13.32 | 24.99 |
|  | max V _n | 0.78 | 0.52 | -0.48 | 25.56 | 56.64 | -2.00 |
|  | min V _z | 0.78 | 0.52 | -0.48 | 25.56 | 56.64 | -2.00 |
|  | max V _z | -49.40 | -12.67 | 48.20 | 4.56 | -13.32 | 24.99 |
|  | min T | -0.39 | -0.26 | 0.24 | -12.02 | 85.25 | 0.00 |
|  | max T | -48.23 | -11.89 | 47.47 | 42.14 | -41.93 | 22.99 |
|  | min M _n | -49.21 | -12.44 | 47.98 | 15.99 | -42.83 | 24.99 |
|  | max M _n | 0.59 | 0.29 | -0.27 | 14.13 | 86.15 | -2.00 |
|  | min M _z | 0.78 | 0.52 | -0.48 | 25.56 | 56.64 | -2.00 |
|  | max M _z | -49.40 | -12.67 | 48.20 | 4.56 | -13.32 | 24.99 |
| <div> <div>+</div> <div>Schnitt 4: Stab 9 bei s = 4.00 m</div> <div>  <div>Stahlstütze, Anschluss 2</div> </div> </div> | | | | | | | |
| <div> <div>+</div> <div>Schnitt 5: Stab 10 bei s = 3.88 m</div> <div>  <div>Stahlstütze, Anschl. Anschluss 1</div> </div> </div> | | | | | | | |
| <div> <div>+</div> <div>Schnitt 6: Stab 11 bei s = 0.00 m</div> <div>  <div>Stahlbetonstütze</div> </div> </div> | | | | | | | |

Die in das importierende Programm übertragbaren Schnittgrößenspalten sind gelb unterlegt. Dies sind z.B. für die zweiachsige Bemessung sämtliche verfügbaren Schnittgrößentypen, für die einachsige Bemessung nur die Typen N, Vn, Mm und T.

Die Kombinationen können beliebig zusammengestellt werden, **pcae** empfiehlt jedoch, nur diejenigen K. auszuwählen, die als Bemessungsgrößen für den zu führenden Detailnachweis relevant sind.



Über den nebenstehend dargestellten Button können doppelte Zeilen eliminiert werden, um die Anzahl der zu übertragenden Lastkombinationen zu reduzieren.

Nach Bestätigen der DTE®-Schnittgrößenauswahl bestückt das importierende Programm die Schnittgrößentabelle, wobei ggf. vorhandene Kombinationen erhalten bleiben.

| | γ | N _{Ed} kN | M _{yEd} kNm | M _{zEd} kNm | γ | V _{yEd} kN | V _{zEd} kN | T _{Ed} kNm |
|---|------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 1.00 | -49.40 | -13.32 | 24.99 | 1.00 | -12.67 | 48.20 | 4.56 |
| 2 | 1.00 | 0.78 | 56.64 | -2.00 | 1.00 | 0.52 | -0.48 | 25.56 |
| 3 | 1.00 | -0.39 | 85.25 | 0.00 | 1.00 | -0.26 | 0.24 | -12.02 |
| 4 | 1.00 | -48.23 | -41.93 | 22.99 | 1.00 | -11.89 | 47.47 | 42.14 |
| 5 | 1.00 | -49.21 | -42.83 | 24.99 | 1.00 | -12.44 | 47.98 | 15.99 |
| 6 | 1.00 | 0.59 | 86.15 | -2.00 | 1.00 | 0.29 | -0.27 | 14.13 |



Die Kompatibilität der Querschnitts- und Nachweisparameter zwischen exportierendem und importierendem Programm ist zu gewährleisten. Eine Aktualisierung der importierten Schnittgrößenkombinationen, z.B. aufgrund einer Neuberechnung des exportierenden Tragwerks, erfolgt nicht!

8.3.2

Biegebemessung n. DIN 1045 (7.88)

Nach DIN 1045 (7.88) handelt es sich um Gebrauchslasten aus Last- (N_{Last} , $M_{y\text{Last}}$, $M_{z\text{Last}}$) und Zwangsbeanspruchung (N_{Zwang} , $M_{y\text{Zwang}}$, $M_{z\text{Zwang}}$) mit den zugehörigen Sicherheitsbeiwerten (γ_{Last} , γ_{Zwang}).

Lastschnittgrößen werden wahlweise mit einem variablen (dehnungsabhängig n. DIN) oder fest vorgegebenen Sicherheitsbeiwert vervielfacht. Wird $\gamma_{\text{Last}} = 0$ gesetzt, wird der Lastsicherheitsbeiwert in Abhängigkeit der Stahldehnung berechnet und als Ergebnis ausgegeben.

Zwangsschnittgrößen können zusätzlich angeordnet werden. Sie werden mit einem fest vorgegebenen Sicherheitsbeiwert vervielfacht. Wird $\gamma_{\text{Zwang}} = 0$ gesetzt, werden evtl. vorhandene Zwangsschnittgrößen ignoriert.

Querkkräfte Q_y und Q_z sowie die Torsion M_x werden mit dem Sicherheitsbeiwert γ_{Schub} vergrößert.

8.3.3

Biegebemessung n. DIN 1045-1

Nach DIN 1045-1 werden Bemessungslasten (Designlasten N_{Ed} , $M_{y\text{Ed}}$, $M_{z\text{Ed}}$, $V_{y\text{Ed}}$, $V_{z\text{Ed}}$, T_{Ed}) erwartet, die die γ -fache Erhöhung bereits enthalten.

Erläuterungen zur Durchführung der Berechnungen s. im Internet unter *Stahlbetontheorie* und im Handbuch *Stahlbetontheorie*.

8.4

Berechnungsoptionen



Berechnungsoptionen

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

| Nr. | Rang | min A_s cm ² | max A_s cm ² |
|-----|------|------------------------------|------------------------------|
| E1 | 1 | 0.0 | 100.0 |
| E2 | 1 | 0.0 | 100.0 |
| E3 | 1 | 0.0 | 100.0 |
| E4 | 1 | 0.0 | 100.0 |

Je nach Wahl des Bemessungsmodus sind verschiedene Nachweisparameter festzulegen. Im Einzelnen sind folgende Nachweise möglich:

- Nachweise im GZG und GZT (Grenzzustand der Tragfähigkeit),
- Sicherheitsnachweis,
- Dehnungszustand,
- Spannungsresultierende,
- Nachweise im GZG (Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit).

Der Ausdruck kann über weitere Buttons beeinflusst werden.

- **Bewehrung wählen** (s. Abs. 8.6, S. 44) ermöglicht die Ausgabe einer gewählten Bewehrung. Das erforderliche Endbemessungsergebnis wird angezeigt und der Benutzer kann entweder freien Text oder über eine Eingabemaske die vorhandene Bewehrung festlegen. Ist Letzteres geschehen, wird zusätzlich die Verankerungslänge der Längsbewehrung ausgewiesen.

- Der komplette Ausdruck enthält neben den Eingabedaten auch Erläuterungen, die häufig nicht erforderlich sind. Durch die Deaktivierung des Buttons **Ausdruck mit Erläuterungen** kann das Bemessungsprotokoll z. T. erheblich reduziert werden.

8.4.1

Nachweise im GZT und GZG

Bei der Auswahl von **Nachweise im GZT und GZG** wird eine Bemessung der Längsbewehrung des gewählten Querschnitts nach der gewählten Norm für zweiachsige Biegung mit oder ohne Längskraft und Längskraft allein durchgeführt. Im Folgenden wird nur nach DIN 1045 (7.88) und DIN 1045-1 unterschieden. Andere Normen verhalten sich wie DIN 1045-1.

Unter Berücksichtigung der minimalen und maximalen Bewehrungsgrade werden für jeden Lastfall je nach Festlegung der Bewehrungsanordnung die erforderlichen Bewehrungsquerschnitte pro Gruppe erf A_{si} in cm^2 berechnet. Bei polygonalen Querschnitten kann außerdem eine Wichtung zwischen den einzelnen Bewehrungsgruppen erfolgen.

| Nr. | Rang | min A_s cm^2 | max A_s cm^2 | A_{si}/A_{s1} |
|-----|------|----------------------------|----------------------------|-----------------|
| E1 | 1 | 0,0 | 100,0 | 1,00 |
| E2 | 1 | 0,0 | 100,0 | 0,50 |
| E3 | 1 | 0,0 | 100,0 | 0,50 |
| E4 | 1 | 0,0 | 100,0 | 1,00 |

E: Einzel- L: Linienbewehrung

Dazu ist der Faktor A_{si}/A_{s1} einzugeben, der das Bewehrungsverhältnis von Gruppe i zu Gruppe 1 steuert. Standardmäßig ist dieser Faktor 1. Bei $A_{si}/A_{s1} = 0$ wird die Bewehrungsgruppe bei der Bemessung ignoriert.

Nach DIN 1045 (7.88) können die minimal oder maximal einzuhaltenden Bewehrungen entweder als min A_s und max A_s in cm^2 oder als Bewehrungsgrade min μ und max μ in % eingegeben werden. Der minimale Bewehrungsgrad bezieht sich auf den statisch erforderlichen Querschnitt, wie es in 25.2.2.1(1) gefordert ist.

Nach DIN 1045-1 ist grundsätzlich eine **Mindestbewehrung** einzulegen. Dazu ist der entsprechende Button zu aktivieren. Für die verschiedenen Bauteiltypen sind unterschiedliche Kapitel der Norm zuständig (z.B. Biegeträger 13.1.1(1), Stützen (13.5.2(1))). Vom Anwender kann vorgegeben werden, für welchen Bauteiltyp (**Träger** oder **Stütze**) die Mindestbewehrung ermittelt werden soll. Wird **Träger/Stütze** ausgewählt, werden automatisch vom Programm der Bauteiltyp und damit das entsprechende Kapitel der Norm bestimmt.

Nach DIN 1045-1, 8.2 ist bei linearer Berechnung die **Druckzone** zu begrenzen, wenn keine geeigneten konstruktiven Maßnahmen zur Sicherstellung ausreichender Duktilität getroffen werden. Der Grenzwert $\lim k_x$ wird vom Programm in Abhängigkeit der Betongüte ermittelt.

Die zweiachsige Biegebemessung benötigt die genaue Angabe (Lage und Größe) der zu bemessenden Bewehrung. Im Prinzip wird ein „Sicherheitsnachweis“ des Querschnitts durchgeführt. Um dem Anwender ein dem Lastfall angepasstes möglichst wirtschaftliches Bemessungsergebnis zu gewährleisten, ist eine Abstufung der einzulegenden Bewehrung vorzunehmen. Für die „Bewehrungsanordnung“ wird tabellarisch eine Bewehrungsrangfolge festgelegt, indem jeder Bewehrungsgruppe „Nummer“ der Bemessungs-„Rang“ sowie ein minimaler A_{smin} und ein maximaler Bewehrungsquerschnitt A_{smax} zugeordnet werden. Die Vergabe der Ränge kann beginnend bei 1 in willkürlicher Reihenfolge erfolgen, ein Rang = 0 bedeutet die Deaktivierung der Bewehrungsgruppe. A_{smin} muss $\leq A_{smax}$ eingegeben werden. Bei $A_{smin} = A_{smax}$ wird der Querschnitt der entsprechenden Bewehrungsgruppe während der Bemessungsiteration nicht verändert (sog. konstruktive Bewehrung).

Zu Beginn der iterativen Berechnung beträgt der Bewehrungsquerschnitt jeder Gruppe A_{smin} . In der vorgegebenen Reihenfolge (Rang) wird der Querschnitt einer Gruppe erhöht bis entweder A_{smax} oder der erforderliche Querschnitt erf A_s erreicht ist. Ist A_{smax} einer Gruppe erreicht und existiert noch eine weitere Gruppe niedrigeren Ranges, wird die nächste Gruppe aktiviert. Die Iteration ist bei Erreichen entweder des erforderlichen Bewehrungsquerschnitts erf A_s (Gleichgewicht) oder des vorgegebenen maximalen Bewehrungsquerschnitts A_{smax} aller Gruppen oder des maximal zulässigen Bewehrungsgrades des Betonquerschnitts beendet.

In manchen Fällen ist es möglich, für die gegebene Schnittgrößenkombination eine einachsige Biegebemessung durchzuführen. Der Vorteil ist, dass auch wirtschaftliche Kriterien wie z.B. die Anordnung von Druckbewehrung berücksichtigt werden können. Bei Aktivierung des entsprechenden Buttons wird zunächst diese Möglichkeit untersucht.

Zur Ermittlung der erforderlichen Bewehrung können folgende Bemessungsarten (im Traglastzustand) herangezogen werden:

- Biegebemessung
- Schubbemessung

- Ausnutzung / **Brandschutz**
- **Brandbemessung** (nur Rechteck)

Zusätzlich können die folgenden Nachweise (i. A. im Gebrauchszustand) geführt werden:

- Spannungsnachweis
- Rissnachweis (nicht Polygon)
- Ermüdungs-(Schwing-)nachweis



Wird der entsprechende **Schub**-, **Ausnutzungs**-, **Brand**-, **Schwing**-, **Spannungs**- oder **Riss**-**Button** aktiviert, sind weitere Parameter unter dem **bearbeiten-Button** festzulegen.

Wesentliche Eingangsgröße in die zu führenden Nachweise ist die **Grundbewehrung**. Verstanden wird darunter eine konstruktiv gewählte Bewehrung. Die Grundbewehrung kann mit A_{smin} im Eigenschaftsblatt für die Anordnung der Bewehrung angegeben werden.

Wird eine Biegebemessung durchgeführt (**Nachweise im GZT und GZG**), ist das Gesamtergebn das Maximum aus Grundbewehrung und statisch erforderlicher Bewehrung. Dieser Wert geht in die nachfolgenden Nachweise ein.

8.4.2

Sicherheitsnachweis

Im Sicherheitsnachweis wird für jede Schnittgrößenkombination die bezogene Tragfähigkeit $t = R_u / (\gamma \cdot R)$ bestimmt, die das Verhältnis der vom Querschnitt maximal aufnehmbaren (**Bruch**-)**Schnittgrößen** zu den Design-Schnittgrößen darstellt. Die Tragfähigkeit ist überschritten, wenn $t < 1$ ist und wird im Ausdruck besonders gekennzeichnet.

Wenn der Sicherheitsnachweis für sämtliche Lastfälle fehlerfrei durchgeführt wird, ergibt sich die minimale Tragfähigkeit zu $\min t$. Außerdem werden die zugehörigen Bruchdehnungen

- DIN 1045 (7.88) $\epsilon_{b1u}, \epsilon_{s2u}, \epsilon_{b2u},$
- DIN 1045-1 $\epsilon_{c2u}, \epsilon_{s1u}, \epsilon_{c1u}$

sowie der Richtungswinkel der Hauptkrümmung α_{ku} angegeben.

8.4.3

Dehnungszustand

Der **Dehnungszustand** berechnet für jede Schnittgrößenkombination die Querschnittsdehnungen bzw. -stauchungen.

Nach DIN 1045 (7.88) sind dies $\epsilon_{b1}, \epsilon_{s1}, \epsilon_{s2}, \epsilon_{b2}$ der charakteristischen Fasern 1 (am stärksten gedrückter Betonrand) und 2 (Zugbewehrung im gerissenen Zustand oder am weniger stark gedrückten Betonrand im ungerissenen Zustand).

Nach DIN 1045-1 handelt es sich um $\epsilon_{c2}, \epsilon_{s2}, \epsilon_{s1}, \epsilon_{c1}$ der charakteristischen Fasern 2 (am stärksten gedrückter Betonrand) und 1 (Zugbewehrung im gerissenen Zustand oder am weniger stark gedrückten Betonrand im ungerissenen Zustand), sowie der Richtungswinkel der Hauptkrümmung α_k .

8.4.4

Spannungsergebnisse

Bei der Ermittlung der **Spannungsergebnisse** beschreibt die vorgegebene Parameterkonstellation den Dehnungszustand eines bewehrten oder unbewehrten Querschnitts.

| DEHNUNGSZUSTAND | | | |
|-----------------|---------|-----------------|---------|
| ϵ_{c2} | -3.50 % | ϵ_{su} | 25.00 % |
| | | α_k | 135.0 ° |

Nach DIN 1045 (7.88) wird mit Faser 1 der am stärksten gedrückte Querschnittspunkt und mit Faser 2 der am stärksten gezogene Querschnittspunkt bezeichnet.

Nach DIN 1045-1 wird mit Faser 1 der am stärksten gezogene Querschnittspunkt und mit Faser 2 der am stärksten gedrückte Querschnittspunkt bezeichnet.

Wahlweise kann der am stärksten gezogene Querschnittspunkt ein Bewehrungsstahl oder ein Betonrand sein.

Aus den daraus resultierenden Spannungen werden die maximal aufnehmbaren (Bruch-) Schnittgrößen N_u , M_{yu} und M_{zu} berechnet.

8.4.5 nur Nachweise

Wird aus der Liste **Nachweise im GZG** gewählt, so können durch die Aktivierung der entsprechenden Buttons folgende Nachweise durchgeführt werden:

- Spannungsnachweis
- Rissnachweis (nicht Polygon)
- Ermüdungs-(Schwing-)nachweis

8.5 Besonderheiten bei zweiachsiger Bemessung

8.5.1 Biegebemessung

Für jeden Lastfall wird unter Berücksichtigung des minimalen und maximalen Bewehrungsgrades die erforderliche Längsbewehrung für jede Bewehrungsgruppe bestimmt. Werden sämtliche Lastfälle fehlerfrei bemessen, ergeben sich die maximal erforderlichen Bewehrungsquerschnitte je Gruppe i zu $erf A_{si}$. Da nach DIN 1045 (7.88) der Sicherheitsbeiwert γ variabel ist, wird dieser stets protokolliert.

Außerdem werden die Bruchdehnungen

DIN 1045 (7.88) ϵ_{b1u} , ϵ_{s2u} , ϵ_{b2u} ,

DIN 1045-1 ϵ_{c2u} , ϵ_{s1u} , ϵ_{c1u}

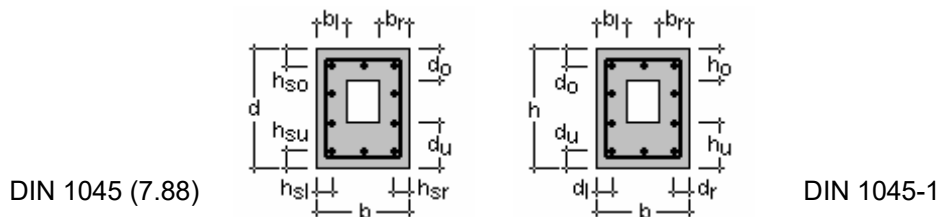
sowie der Richtungswinkel der Hauptkrümmung α_{ku} angegeben.

Ergibt die Extremierung der Bewehrungsquerschnitte eine Überschreitung des maximal zulässigen Bewehrungsgrades, erfolgt im Ergebnisausdruck ein entsprechender Hinweis.

Weitere Angaben s. im Internet unter *Stahlbetontheorie* und im Handbuch *Stahlbetontheorie*.

8.5.2 Schubbemessung

Die zweiachsige Bemessung für Querkraft und Torsion erfolgt für einen Rechteck-Querschnitt, wobei bei Plattenbalken- bzw. Doppel-T-Querschnitt der Steg und beim polygonalen Querschnitt ein Ersatz-Rechteck (bei Bedarf auch als Hohlquerschnitt) angesetzt wird:



Weitere Angaben s. im Internet unter *Stahlbetontheorie* und im Handbuch *Stahlbetontheorie*.

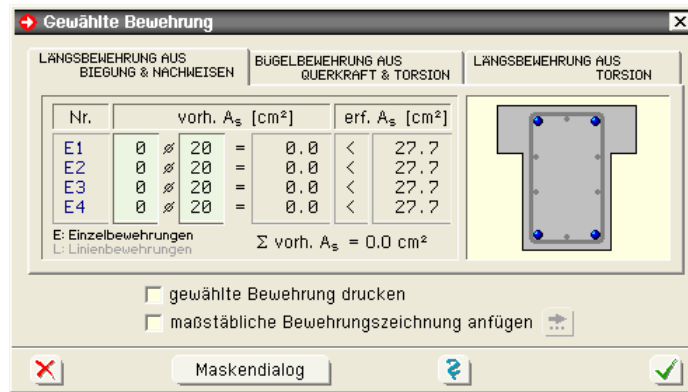
8.6 gewählte Bewehrung

Im Anschluss an die Bemessung wird ein Eigenschaftsblatt zur Bestimmung der konkret einzulegenden Bewehrung angeboten. Die gewählte Bewehrung kann entweder über einen Maskendialog oder als freier Text eingegeben werden. Wird das Blatt über **abbrechen**-Button verlassen, erfolgen keine weiteren Angaben im Ausdruck.

Im Maskendialog unterscheiden sich die Wahlmöglichkeiten der Bewehrung durch ihre Anordnung im Querschnitt.

Die Anzahl an Stabstäben kann entweder direkt eingegeben werden oder über "-1" für einen Durchmesser vom Programm ermittelt werden.

Auf Wunsch kann eine maßstäbliche Bewehrungsskizze erstellt werden.



8.7

Berechnung, DTE®-Viewer und Druckprotokoll



Berechnung durchführen
Ergebnisse einsehen

Durch einen Klick auf den Berechnungsbutton wird die Berechnung des Trägerdurchbruchs vom Programm ausgeführt. Die Bemessungsergebnisse werden anschließend im DTE®-Viewer am Bildschirm dargestellt.

Die Funktionen von DTE®-Viewer, DTE®-Druckmanager sowie die Interaktion innerhalb der Detailnachweisverwaltung werden im Handbuch *DTE® - DeskTopEngineering* beschrieben.

Druckprotokolle zur zweiachsigen Bemessung - auch in englischer Sprache - finden Sie im Internet unter www.pcae.de.

Normen

- DIN 1055-100 Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe März 2001
- DIN 1045 Beton und Stahlbeton: Bemessung und Ausführung, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausg. Juli 1988
- DIN 1045-1 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1: Bemessung und Konstruktion, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgaben Juli 2001 und August 2008
- Erläuterungen zu DIN 1045-1, Heft 525, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 2003
- Berichtigung 1 zum DAfStb-Heft 525, Mai 2005
- DIN-Fachbericht 102: Betonbrücken, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe März 2009
- ÖNORM B 4700 Stahlbetontragwerke: EUROCODE-nahe Berechnung, Bemessung und konstruktive Durchbildung. Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2001-06-01
- DIN EN 1992-1-1, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Januar 2011
- DIN EN 1992-1-1/NA, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- Normenausschuss Bauwesen (NABau) - Stand der Auslegungen, Deutsches Institut für Normung e.V., www.nabau.din.de

Schnittgrößentransformation bei Flächenträgern

- T. Baumann: Zur Frage der Netzbewehrung von Flächenträgern. Der Bauingenieur 47 (1972), Heft 10, Springer Verlag, 1972
- DIN V ENV 1992-1-1, Eurocode 2 (Vornorm): Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Juni 1992
- B. Thürlimann: Anwendungen der Plastizitätstheorie auf Stahlbeton. Vorlesung zum Fortbildungskurs für Bauingenieure von 13.-15. April 1983. Institut für Baustatik und Konstruktion, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
- K. Holschemacher: Stahlbetonplatten – Neue Aspekte zur Bemessung, Konstruktion und Bauausführung, Bauwerk-Verlag GmbH, 2005

Biegebemessung

- D. Bertram & N. Bunke: Erläuterungen zu DIN 1045 Beton und Stahlbeton, Ausgabe 07.88, Heft 400, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1989
- F. Fingerloos: DIN 1045 Ausgabe 2008 Tragwerke aus Beton und Stahlbeton, Teil 1: Bemessung und Konstruktion, Kommentierte Kurzfassung, 3. Auflage, Fraunhofer IRB und Beuth Verlag, 2008
- K. Zilch, G. Zehetmaier: Bemessung im konstruktiven Betonbau – Nach DIN 1045-1 und DIN EN 1992-1-1, Springer Verlag, 2006
- R. Avak: Stahlbetonbau in Beispielen, Teil 1, 4. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Werner Verlag, 2004
- A. Goris: Stahlbetonbau-Praxis nach DIN 1045 neu, 2. aktualisierte und erweiterte Auflage, Bauwerk Verlag GmbH, 2004
- O. Wommelsdorff: Stahlbetonbau – Bemessung und Konstruktion, Teil 1, 10. Auflage, Werner Verlag, 2011
- O. Wommelsdorff: Stahlbetonbau – Bemessung und Konstruktion, Teil 2, 9. Auflage, Werner Verlag, 2012

Schubbemessung

- D. Bertram & N. Bunke: Erläuterungen zu DIN 1045 Beton und Stahlbeton, Ausgabe 07.88, Heft 400, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1989

- E. Grasser: Bemessung für Biegung mit Längskraft, Schub und Torsion, Betonkalender Teil I, Verlag Ernst und Sohn, 1985
- Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.: Beispiele zur Bemessung nach DIN 1045-1, Band 1: Hochbau, 2. Auflage, Ernst und Sohn Verlag, 2005
- D. Bertram: Erläuterungen zu DIN 4227 Spannbeton (Teil I, Abschnitt 12), Heft 320, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1989
- H. Friemann: Schub und Torsion in geraden Stäben, Werner-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1983
- K. Zilch und A. Rogge: Bemessung von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen im Brücken- und Hochbau, Betonkalender 2004
- T. Ruge in: K.-W. Bieger: Stahlbeton- und Spannbetontragwerke nach Eurocode 2, Springer-Verlag, 1993
- G. Valentin und G. Kidery: Stahlbetonbau, Manz Verlag Schulbuch, Wien 2001
- P. Mark: Ein Bemessungsansatz für zweiachsig durch Querkkräfte beanspruchte Stahlbetonbalken mit Rechteckquerschnitt, Heft 5, Beton- und Stahlbetonbau 100 (2005)

Mitwirkende Plattenbreite

- E. Grasser, G. Thielen: Hilfsmittel zur Berechnung der Schnittgrößen und Formänderungen von Stahlbetontragwerken. Heft 240, DAfStb, erschienen im: Beuth Verlag, Berlin, 1991

Rissnachweis

Verfahren nach Norm

- G. König & N. Viet Tue: Grundlagen und Bemessungshilfen für die Rissbreitenbeschränkung im Stahlbeton und Spannbeton, Heft 466, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1996

Verfahren nach Schießl

- P. Schießl: Grundlagen der Neuregelung zur Beschränkung der Rissbreite, Heft 400, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1989
- J. Bergfelder, J. Dittfach: Beschränkung der Rissbreite bei Ortbetonpfählen, Beton- und Stahlbetonbau 87, 1992

Verfahren nach Noakowski

- P. Noakowski: Verbundorientierte, kontinuierliche Theorie zur Ermittlung der Rissbreite, Beton- und Stahlbetonbau 80, 1985
- K. Frank, M. Litzenburger, G. Peters: Rissnachweis nach Noakowski, aufbereitet für den Taschenrechner, Heft 5, Bautechnik 65, 1988

Schwingbreiten-/Ermüdungsnachweis

- K. Zilch und A. Rogge: Bemessung von Stahlbeton und Spannbetonbauteilen im Brücken- und Hochbau, Betonkalender 2004, Verlag Ernst & Sohn, 2004
- K. Zilch, G. Zehetmaier und C. Gläser: Ermüdungsnachweis bei Massivbrücken, Betonkalender 2004, Verlag Ernst & Sohn, 2004
- J. Hegger, W. Roeser, R. Beutel, N. Kerkeni: Konstruktion und Bemessung von Industrie- und Gewerbebauten nach DIN 1045-1, Betonkalender 2006, Verlag Ernst & Sohn, 2006
- M. Heunisch, C.-A. Graubner, C. Hock: Berechnung und Bemessung von Kranbahnen, Betonkalender 2006, Verlag Ernst & Sohn, 2006

vereinfachter Brandschutznachweis für Druckglieder

- DIN 4102-4: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile, Ausgabe März 1994
- DIN 4102-4/A1: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile, Änderung A1, Ausgabe November 2004
- DIN 4102-22: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 22: Anwendungsnorm zu 4102-4 auf der Bemessungsbasis von Teilsicherheitsbeiwerten, Ausgabe November 2004
- H.M. Bock, E. Klement: Brandschutz-Praxis für Architekten und Ingenieure, 2. Auflage, Bauwerk-Verlag GmbH, 2006
- N.A. Fouad, A. Schwedler: Brandschutz-Bemessung auf einen Blick nach DIN 4102, Bauwerk-Verlag GmbH, 2006
- Musterliste der Technischen Baubestimmungen, Kap.3 Techn. Regeln zum Brandschutz,

- F. Fingerloos, E. Richter: Zur Heißbemessung von Stahlbetonstützen, Der Prüfenieur, April 2007

Brandbemessung nach DIN EN 1992-1-2 (EC 2 für Brandbeanspruchung)

- DIN EN 1992-1-1, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1992-1-2:2004 + AC:2008, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- DIN EN 1992-1-2/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- DIN V ENV 1992-1-2, Eurocode 2 (Vornorm): Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung ENV 1992-1-2:1995, Ausgabe Mai 1997
- Nationales Anwendungsdokument (NAD) Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 1992-1-2: 1997-05 Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall. DIN-Fachbericht 92, 2000
- Cylllok, Michael & Achenbach, Marcus: Anwendung der Zonenmethode für brandbeanspruchte Stahlbetonstützen, Beton- und Stahlbetonbau 104, 2009
- Hinkelmann, Reinhard: Efficient Numerical Methods and Information-Processing Techniques for Modelling Hydro- and Environmental Systems. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005
- Hildebrand, Joachim: Berechnung nichtlinearer Diffusionsvorgänge in Strukturen mit der Randelementmethode. VDI Verlag GmbH Düsseldorf, 1998
- Köhne, Heinrich: Digitale und analoge Lösungsmethoden der Wärmeleitungsgleichung. Westdeutscher Verlag Köln und Opladen, 1970
- Pennekamp, Harald: Ein analytisches Näherungsverfahren zur Berechnung mehrdimensionaler, instationärer Temperaturfelder in geometrisch einfachen Strukturen. Dissertation, Fakultät für Bergbau und Hüttenwesen der TU Aachen, 1973

Druckzonendicke / Nachweis der Dichtigkeit

- DAfStb-Richtlinie: Wasserundurchlässige Bauwerke, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Ausg. November 2003
- DAfStb-Richtlinie: Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Ausgabe Oktober 2004
- Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie wasserundurchlässige Bauwerke, Heft 555, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, 2006

10 Index

Abkürzungen 2
Aufhängebewehrung 12
Auflagerkonsole 20
Aussparung 37
Bauteil erzeugen 7
Bemessung, einachsige 29
Bemessung, zweiachsige 35
Biegebemessung 31
blank 2
Brandbemessung 33, 43
Brandschutz 33, 43
Bruchschnittgrößen 34, 43
Buttons 2
Cursor 2
Dehnungszustand 34, 43
Dichtigkeitsnachweis 33
DIN 1045 15, 21
DIN 1045-1 15, 21
Doppel-T-Querschnitt 30, 36
Druckdokument englisch 13, 19, 25, 28, 34, 45
Druckmanager 13, 19, 25, 28, 34, 45
Druckstrebe 16
Druckzone 33, 42
DTE[®]-Druckmanager 13, 19, 25, 28, 34, 45
DTE[®]-Viewer 13, 19, 25, 28, 34, 45
Einwirkung 2
e-Mail 6
Englisch 13, 19, 25, 28, 34, 45
Extremalbildungsvorschrift 2
Fachwerkmodell 22
Fangrechteck 2
Grasser 11, 15
Grundbewehrung 34, 43
Hauptdruckstreben 11
Heft 320 11
Heft 399 12, 15, 21
Heft 400 11
Heft 430 15, 21
Heft 525 15, 21
Installation 5
Kontextsensitivität 6
Kreis-Querschnitt 30
Kreisring-Querschnitt 30
Lastbild 2
Lasteinleitung 26
Lasteinleitung, direkte 16
Lasteinleitung, indirekte 19
Lastfall 2
Lastkollektiv 2
Lastkonsole 14
Leonhardt 12, 15, 21
Mindestbewehrung 33, 42
Ordner 7
Plattenbalken-Querschnitt 30, 36
Querschnitt, polygonaler 37
Querschnitt, überdrückter 11
Rechteck-Querschnitt 29, 35
Reineck 15, 21
Schnittgrößenimport 39
Schreibtisch 6
Schreibtischauswahl 5
Sicherheitsnachweis 34, 43
Spaltzugbewehrung 15
Spannungsresultierende 34, 43
Stabwerksmodell 16
Stabwerksmodelle Trägerdurchbruch 11
Startsymbol 5
Steuerbutton 6
Trägerdurchbruch 10
Trägerdurchbruch Stabwerksmodelle 11
Tragfähigkeit bezogene 34
Überzug 30
Viewer 13, 19, 25, 28, 34, 45
Wendelbewehrung 30