



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-STANZ

Durchstanzen n. EC 2

August 2024

4H-STANZ

Durchstanzen n. EC 2

Copyright 2012-2024

3. durchgesehene Auflage, August 2024

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

Mit dem Programm *##-STANZ*, Durchstanzen nach EC 2, kann der Durchstanznachweis nach DIN EN 1992-1-1 unter Berücksichtigung von DIN EN 1992-1-1/NA (nationaler Anhang für Deutschland) geführt werden.

Zu Vergleichszwecken kann weiterhin nach der zuletzt gültigen Fassung der DIN 1045-1 gerechnet werden.

System

- es können Deckenplatten oder Bodenplatten mit Innenstützen, Rand- oder Ecksituation nachgewiesen werden
- als Lasteinleitung können sowohl Rechteck- oder Kreisstützen, sowie Wandenden oder Wandecken berücksichtigt werden
- Stützenkopfverstärkungen können in abgestufter oder schräger Form berücksichtigt werden
- Lochflächen in Rechteck- oder Kreisform können in beliebiger Position bezüglich der Stütze angegeben werden

Belastung

- Vertikallast und zugehörige Momenteneinwirkung
- Berücksichtigung der entlastenden Wirkung der Bodenpressung bei Bodenplatten
- Längskräfte infolge Vorspannung

Nachweis

- der Lasterhöhungsfaktor β kann als konstanter Faktor entsprechend der Stützenstellung angenommen werden oder
- nach dem genaueren Verfahren unter Annahme einer vollplastischen Schubspannungsverteilung ermittelt werden
- Nachweis im kritischen Rundschnitt ohne Durchstanzbewehrung
- Ermittlung von Zulagen zur vorhandenen Biegebewehrung und/oder Durchstanzbewehrung, falls der Nachweis ohne Durchstanzbewehrung nicht erbracht werden kann
- Vorschlag zur Dimensionierung oder Erhöhung der Betongüte, falls die Tragfähigkeit der Betondruckstrebe (Maximaltragfähigkeit) überschritten wird
- bei nichtgedrungenen Stützenkopfverstärkungen wird sowohl der Nachweis innerhalb als auch außerhalb der Verstärkung geführt
- die Mindestlängsbewehrung zur Sicherstellung der Querkrafttragfähigkeit wird ausgewiesen

Bemessung

- zusätzliche Längsbewehrung bzw. Durchstanzbewehrung wird, wenn erforderlich, gewählt und unter Angabe der zu berücksichtigenden Abstände ausgewiesen

Ausgabe

- die Ausgabe beinhaltet eine maßstäbliche Darstellung des Systems und aller berechneten Rundschnitte
- die Protokolle der Belastung und der Berechnungsergebnisse werden kontinuierlich durchnummeriert
- durch Ausgabe vieler Zwischenwerte ist die Berechnung auch ohne Kenntnisse des Programms leicht nachvollziehbar

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 *##-STANZ* von detailliertem Computerwissen unabhängig zu halten.

Nach der Installationsanweisung wird eine Übersicht der Funktionalitäten der Steuerbuttons der Eingabeoberfläche gegeben.



Im Sinne eines Leitfadens gedacht, kann das Manual nicht alle Fragen beantworten. Im aktuellen Falle wird dann der Hilfebutton im jeweiligen Eigenschaftsblatt Antwort geben.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit *##-STANZ*.

Hannover, im August 2024

Abkürzungen und Begriffe

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

Maustasten	RMT	rechte Maustaste drücken
	LMT	linke Maustaste drücken
	LF	Lastfall
	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 Rechtecks liegen, werden ausgewählt. Waren Elemente bereits vor dem Aufspannen des Rechtecks 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.

Inhaltsverzeichnis

1	Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten	5
2	Ordner und Bauteil erzeugen	7
3	Eingabeoberfläche	9
3.1	Nachweisparameter	10
3.2	Geometrie	12
3.3	Belastung	14
4	Nachweisführung	15
4.1	Lasteinleitung und kritischer Rundschnitt	16
4.2	maßgebende Einwirkung im kritischen Rundschnitt	17
4.3	Durchstanzwiderstand im kritischen Rundschnitt	18
4.4	Bemessung	19
4.5	Nachweis im äußeren Rundschnitt	20
4.6	Mindestlängsbewehrung	20
4.7	Verstärkungen	21
4.8	Wandende oder Wandecke	21
4.9	Fundament- und Bodenplatten	23
5	Literaturverzeichnis	25
6	Index	25

1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

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

Sofern Sie bereits im Besitz anderer *##*-Programme sind und diese auf Ihrem Rechner installiert sind, können Sie dieses Kapitel überspringen.

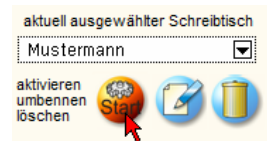


Nach erfolgreicher Installation befindet sich das DTE®-**Startsymbol** auf Ihrer Windowsoberfläche. Führen Sie bitte darauf den Doppelclick aus.

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



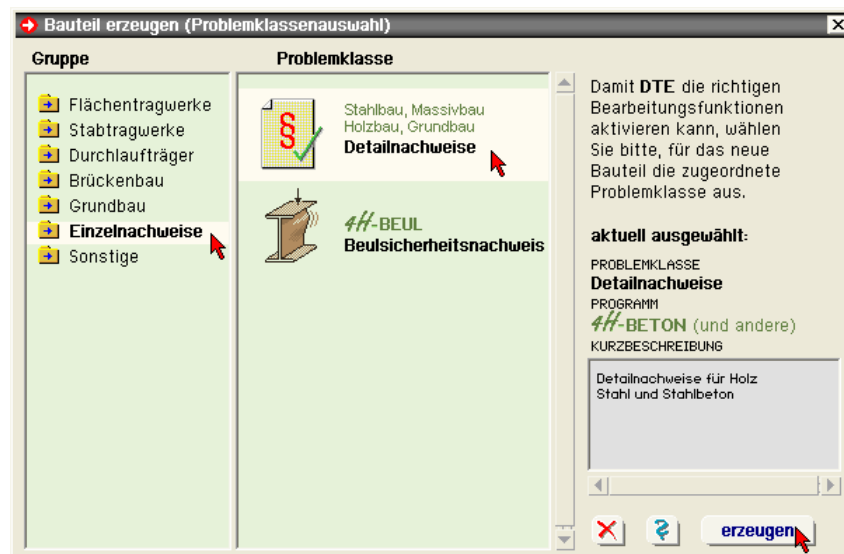
Aus dem Eintrag in der Schreibtischkopfzeile ist zu erkennen, in welchem Ordner sich die Aktion aktuell befindet.



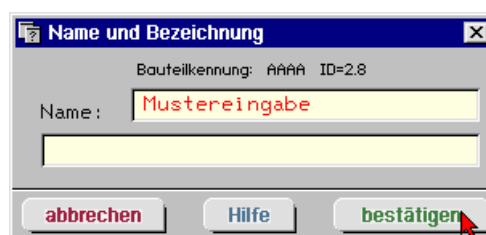
Der Ordner kann durch das **beenden**-Symbol wieder geschlossen werden.



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.

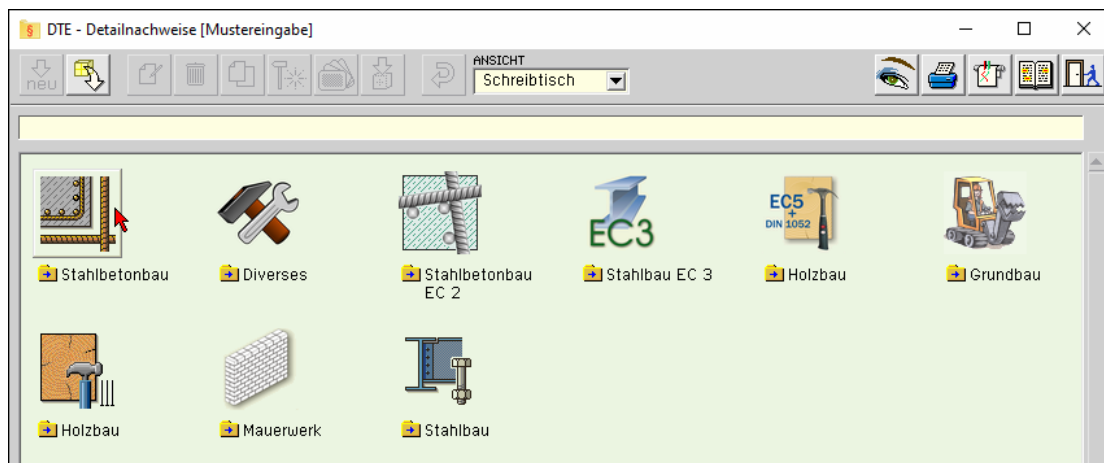


Der schwarze Rahmen der neuen Bauteilkone lässt sich mit der Maus über den Schreibtisch bewegen. Klicken Sie die LMT an der Stelle, an der das Bauteil auf dem Schreibtisch platziert werden soll. Das Eigenschaftsblatt *Name und Bezeichnung* erscheint.

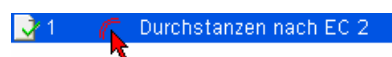
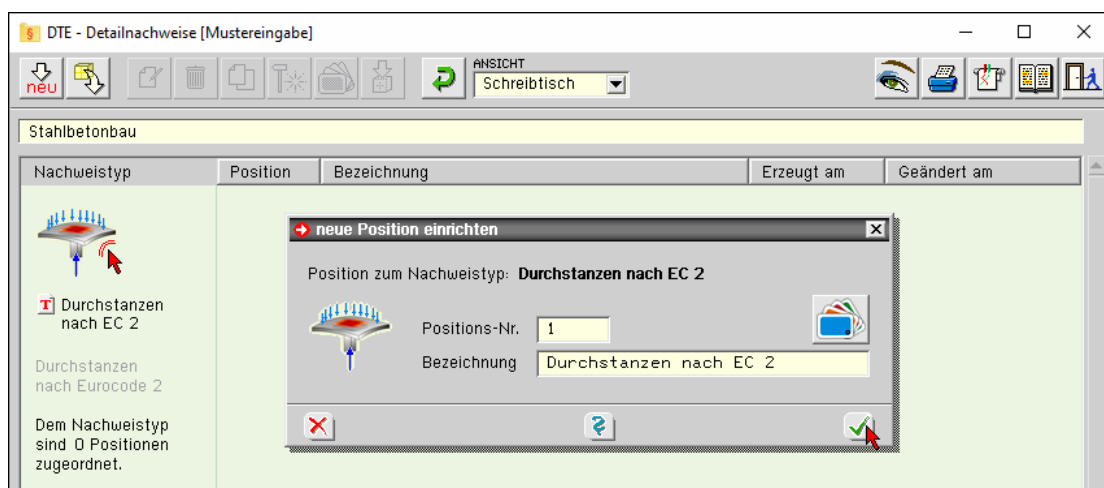
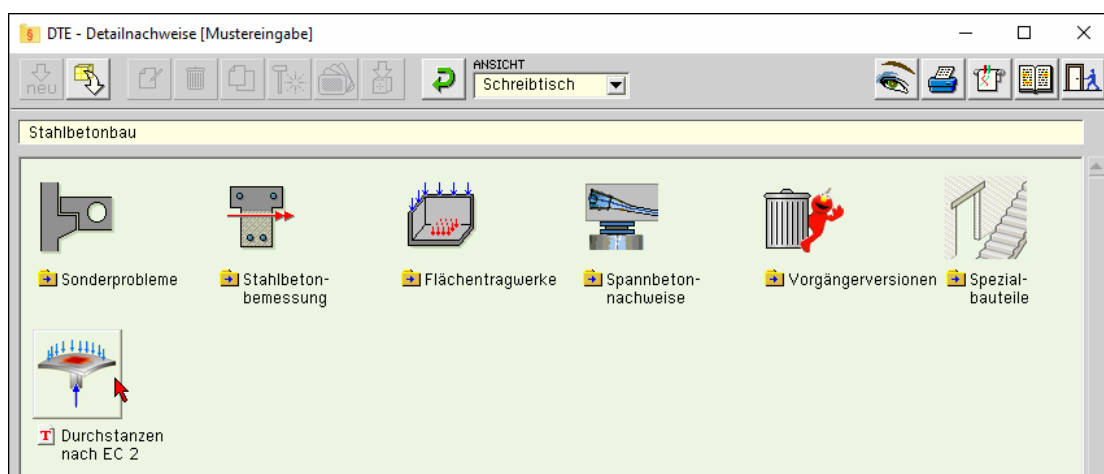


Nach Doppelklick auf dem neuen Bauteilicon, dem eine individuelle Bezeichnung gegeben werden kann, erscheinen die nachfolgend dargestellten Übersichten der Detailnachweise. Klicken Sie das jeweils gekennzeichnete Icon mit der LMT an.

Detailnachweise Stahlbetonbau



Durchstanzen

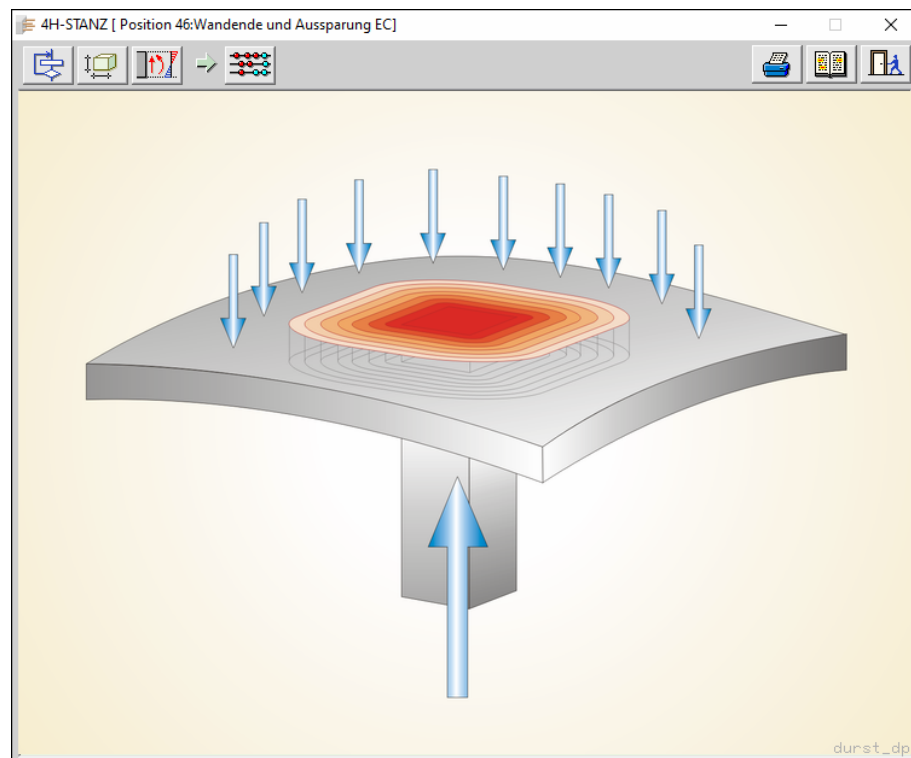


Im rechten Bereich des Eigenschaftsblattes erscheint die neue Position in einem Verzeichnis. Klicken Sie hier bitte doppelt auf den neuen Schriftzug. Daraufhin erscheint die Eingabeoberfläche des Nachweistyps.

Eingabeoberfläche

Das Haupteingabefenster zeigt in der Mitte eine Grafik, die je nach eingestelltem Plattentyp das Durchstanzen einer Decken- oder Bodenplatte darstellt.

Über die Buttonleiste im oberen Bereich erreicht der Anwender alle Eingabedaten bzw. Programmfunktionen.



Über die ersten drei Buttons erreicht man die Eigenschaftsblätter der Eingaben zur Berechnung für



Nachweisparameter, s. Abs. 3.1, S. 10



Geometrie der Durchstanzsituation, s. Abs. 3.2, S. 12



und die Lastsituation, s. Abs. 3.3, S. 14

Über die restlichen Buttons sind folgende Programmfunktionen aufrufbar:



Start der Berechnung mit anschließender Darstellung der Bemessungsergebnisse am Bildschirm



Öffnen des Druckdialogs mit dem DTE®-Druckmanager



Hilfefunktion



Beenden des Programms

Das Eigenschaftsblatt Nachweisparameter enthält alle Angaben für die Nachweisführung.

An oberster Stelle ist der **Plattentyp** festzulegen. Es kann entweder das Durchstanzen durch eine Deckenplatte oder eine Bodenplatte untersucht werden.

Das Programm ist für den Nachweis entsprechend des Eurocodes konzipiert. Zu Vergleichszwecken kann aber auch auf den Nachweis nach DIN 1045-1 in ihrer zuletzt gültigen Fassung umgestellt werden.



Im DIN-Modus kann nur mit einer Lastkombination gearbeitet werden!

Hier sind die **Betongüte** der Platte und die Stahlgüte der eventuell einzulegenden Durchstanzbewehrung anzugeben.

Um den Einfluss einer ungleichmäßigen **Querkraftverteilung** infolge Rand- oder Lastsituation zu berücksichtigen, wird der Bemessungswert der Schubspannung mit einem Lasterhöhungsfaktor beaufschlagt, der bei ausgesteiften Systemen als konstanter Faktor, unabhängig von der eigentlichen Momentenbelastung, entsprechend Bild 6.21 der Norm gewählt werden kann.

Das genauere Verfahren nach Abschnitt 6.4.3(3) berücksichtigt dagegen die angegebenen Momentenbelastungen und ist bei nicht ausgesteiften Systemen das einzig zulässige, das in der Norm behandelt wird.

Soll der Faktor anderweitig ermittelt werden, kann er auch direkt vorgegeben werden.

Die vorhandene Zuglängsbewehrung ist je Achsrichtung vorzugeben. Bei Deckenplatten ist dies die obere und bei Bodenplatten die untere Längsbewehrung.



Hier ist der Mittelwert im Bereich von $3 \cdot d$ links und rechts der Stütze anzugeben. Bei eventuell notwendiger Durchstanzbewehrung ist die Breite um die Länge des durchstanzbewehrten Bereiches zu erhöhen. Außerdem ist sicherzustellen, dass die Bewehrung außerhalb des relevanten Bereiches verankert ist.

Sollte der Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung nicht ausreichen, ist zusätzliche Bewehrung einzulegen. Ist die Option **Durchstanzbewehrung möglichst vermeiden** aktiviert, wird eine zusätzliche Längsbewehrung ermittelt, um den Nachweis ohne Durchstanzbewehrung zu erfüllen, sofern dadurch nicht der maximal ansetzbare Längsbewehrungsgrad überschritten wird.

Ist eine Durchstanzbewehrung nicht zu vermeiden, kann diese für **Bügelbewehrung** oder **aufgebogene Längsbewehrung** bemessen werden.

Bei Bügelbewehrung sind mindestens zwei, ggf. mehrere Reihen anzuordnen. Der **Abstand zwischen den Bügelreihen** kann mit $s_w = 0.5 \cdot d$ bis $0.75 \cdot d$ gewählt werden.

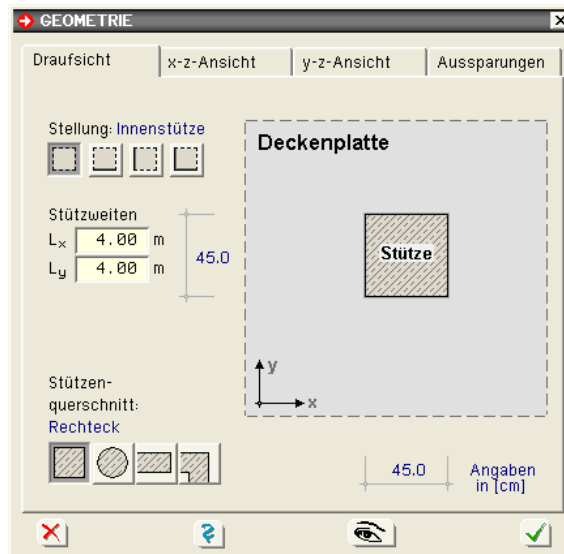
Bei aufgebogener Längsbewehrung kann der Neigungswinkel zur Plattenebene zwischen 45° und 60° variiert werden. Die aufgebogene Bewehrung wird zwar in nur einem Rundschnitt bemessen, sie darf aber auf einen Bereich bis zu $l_w = 1.5 \cdot d$ verteilt angeordnet werden.

Bemessung	
<input checked="" type="checkbox"/> Durchstanzbewehrung möglichst vermeiden	
Maximaler Stabdurchmesser d_s = <input type="text" value="12"/> mm	
Ausbildung der Bewehrung	
<input checked="" type="radio"/> als Bügel	
Abstand zwischen den Bügelreihen s_w = <input type="text" value="0.75"/> $\times d_n$ = 15.00 cm	
<input type="radio"/> aufgebogene Längsbewehrung	
Neigungswinkel α = <input type="text" value="60.0"/> $^\circ$	
Bewehrungsbereich $l_{w,\alpha}$ = <input type="text" value="1.00"/> $\times d_n$ = 20.00 cm	

Um die Querkrafttragfähigkeit sicherzustellen, sind nach Nationalem Anhang für Deutschland die Platten im Bereich der Stützen für Mindestmomente zu bemessen. Wenn diese Funktion aktiviert ist, wird eine **Mindestlängsbewehrung** nach Tabelle NA.6.1.1 vom Programm ermittelt und ausgewiesen.

Mindestmomente	
<input checked="" type="checkbox"/> Mindestlängsbewehrung für Querkrafttragfähigkeit ermitteln	

Das Eigenschaftsblatt zur Eingabe der Geometriedaten enthält ein vierteiliges Register.



Die ersten drei Registerblätter enthalten jeweils eine Prinzipskizze der Draufsicht bzw. einer Ansicht. Um die Abmessungen und Randabstände der aktuellen Lasteinleitungssituation ändern zu können, müssen die Werte in den blau dargestellten Maßketten mit der linken Maustaste angeklickt werden.

Alle Vermessungen sind in cm einzugeben.



Die meisten Abmessungen und Randabstände können sowohl in der Draufsicht als auch in einer der beiden Ansichten verändert werden. Da die Eingabemöglichkeiten gekoppelt sind, ist nur eine Angabe erforderlich.

Das erste Register enthält die Draufsicht. Hier können die Abmessungen der Stütze und Randabstände festgelegt werden. Außerdem sind hier die Randsituation und der Stützenquerschnitt zu wählen.

Für die **Randsituation** stehen vier Möglichkeiten zur Wahl:

- **Innenstütze** ohne Ränder
- **Randstütze** mit Rand parallel zur x-Achse
- **Randstütze** mit Rand parallel zur y-Achse
- **Eckstütze** mit zwei Rändern

Stellung: Innenstütze



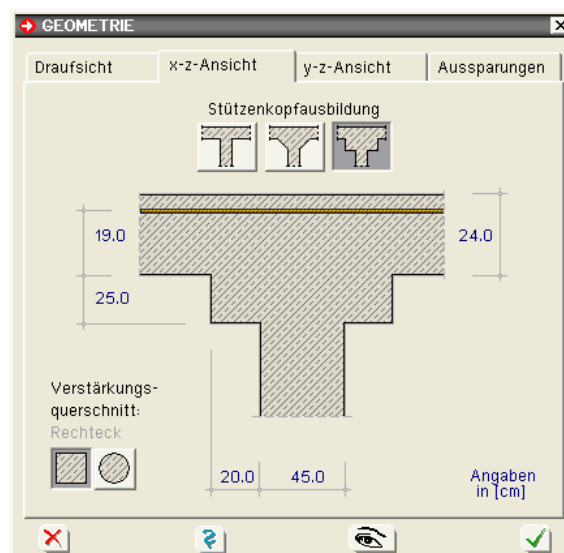
Stützenquerschnitt:

Rechteck



Als Stützenquerschnitt stehen **Rechteck**, **Kreis**, **Wandende** und **Wandecke** zur Verfügung.

Im zweiten Register ist die X-Z-Ansicht zu sehen.



Hier können die Plattendicke, die mittlere statische Nutzhöhe, die Breiten der Stütze und ggf. eine Verstärkung eingegeben werden.

Das dritte Register ist die Y-Z-Ansicht. Hier sind neben der Plattendicke und Nutzhöhe ebenfalls die Breiten von Stütze und Verstärkung in dieser Ansicht änderbar.

Zusätzlich kann sowohl im zweiten als auch im dritten Register der Typ der **Stützenkopfausbildung** festgelegt werden.



Im vierten Register können Aussparungen in tabellarischer Form definiert werden.

Diagramm der Aussparungen:

- rechteckige Aussparung: b_x , b_y
- kreisförmige Aussparung: d

Anzahl der Aussparungen: 1

Form	x_A cm	y_A cm	b_x / d cm	b_y cm
1 <input type="checkbox"/>	0,0	40,0	10,0	20,0
2 <input type="checkbox"/>				
3 <input type="checkbox"/>				
4 <input type="checkbox"/>				
5 <input type="checkbox"/>				

Als Formen der Aussparungen können **Rechteck** oder **Kreis** gewählt werden. Die Koordinaten geben die Position des Schwerpunkts der Aussparung bezüglich des Stützenschwerpunkts an.

Die Koordinaten und Abmessungen sind in cm anzugeben.

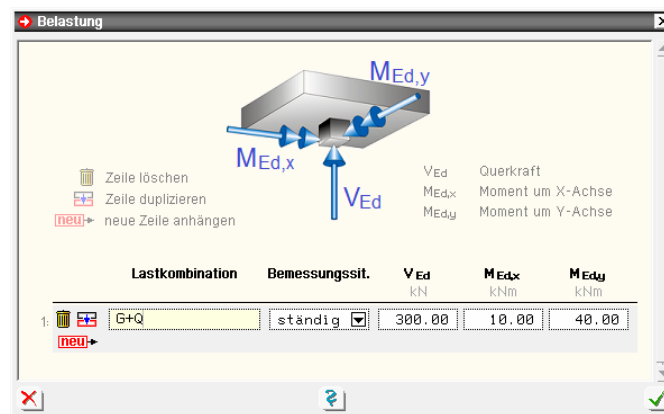


optische Kontrolle

Über den dargestellten Button am unteren Rand des Eigenschaftsblatts wird eine maßstäbliche Darstellung der Geometrie am Bildschirm aufgerufen. So können die Eingaben in den vier Registerblättern kontrolliert werden, ohne das Eigenschaftsblatt verlassen zu müssen.

Belastung

Im Eigenschaftsblatt *Belastung* sind die Lastkombinationen einzugeben, die gegen Durchstanzen nachzuweisen sind.



Jeder Lastkombination kann eine Bezeichnung zugeordnet werden. Die **Bemessungssituation** ist über eine Auswahlliste anzugeben.

Neben der Querkraft, die nur positiv einzugeben ist, können die zugehörigen Momente angegeben werden.

Alle Schnittgrößen werden als Bemessungswerte interpretiert.

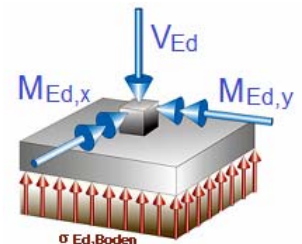


Die Eingabe von Momenten ist nur von Belang, wenn das genauere Verfahren zur Ermittlung des Lasterhöhungsfaktors gewählt ist (s. Nachweisparameter, Abs. 3.1, S. 10).

Für eine Bodenplatte kann für jede Lastkombination zusätzlich die zugehörige Bodenpressung unter der Platte angegeben werden.



Da die Bodenpressung einen stark günstigen Einfluss auf die Bemessung hat, ist unbedingt sicherzustellen, dass sie innerhalb aller beim Nachweis betrachteten Rundschnitte im Mittel vorhanden ist!



Nachweisführung

Das Programm geht bei der Nachweisführung wie folgt vor:

1. Ermittlung des kritischen Rundschnitts, s. Abs. 4.1, S. 16
2. Ermittlung der maßgebenden Einwirkung im kritischen Rundschnitt, s. Abs. 4.2, S. 17
3. Durchstanzwiderstand im kritischen Rundschnitt ermitteln, s. Abs. 4.3, S. 18

und falls zusätzliche Bewehrung erforderlich wird

4. Bemessung, s. Abs. 4.4, S. 19
5. Nachweis im äußeren Rundschnitt, s. Abs. 4.5, S. 20
6. Mindestlängsbewehrung zur Sicherstellung der Querkrafttragfähigkeit, s. Abs. 4.6, S. 20

Besonderheiten in der Berechnung ergeben sich bei

7. Stützenkopfverstärkungen, s. Abs. 4.7, S. 21
8. Nachweis für Wandende oder Wandecke, s. Abs. 4.8, S. 21
9. Fundamenten und Bodenplatten, s. Abs. 4.9, S. 23

Das Programm folgt den im Weiteren beschriebenen Regeln nach Abschnitt 6.4 des Eurocode 2 und den zugehörigen Einschränkungen und Erweiterungen des Nationalen Anhangs für Deutschland.

4.1

Lasteinleitung und kritischer Rundschnitt

Nach Eurocode 2 sind die Abmessungen der Lasteinleitungsflächen nicht begrenzt.

Nach NA-Deutschland sind der Umfang dagegen auf $u_0 \leq 12 \cdot d$ und bei rechteckigen Lasteinleitungsflächen das Seitenverhältnis auf $a/b \leq 2$ beschränkt.

Bei Rundstützen mit $u_0 > 12 \cdot d$ ist im Rundschnitt statt des Nachweises gegen Durchstanzen nach Abschnitt 6.4 der Nachweis der Querkraft nach Abschnitt 6.2 zu führen.

Für größere Abmessungen von rechteckigen Lasteinleitungsflächen sind Teilrundschnitte entspr. Bild NA.6.12.1 zu ermitteln.

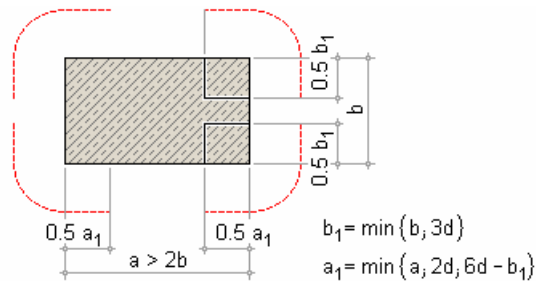


Bild NA.6.12.1 - kritischer Rundschnitt bei ausgedehnten Auflagerflächen

Für den Nachweis der Durchstanztragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung (Abs. 4.3, S. 18) wird der sogenannte kritische Rundschnitt u_1 betrachtet. I.A. wird der kritische Rundschnitt im Abstand $2 \cdot d$ angenommen; mit d als mittlerer statischer Nutzhöhe zweier orthogonaler Bewehrungsrichtungen ($d = (dx + dy)/2$).

Weitere Rundschnitte mit anderen Abständen sind nur dann zu betrachten, wenn Durchstanzbewehrung erforderlich wird (s. Bemessung (Abs. 4.4, S. 19)). Besonderheiten für den kritischen Rundschnitt ergeben sich bei Stützenkopferverstärkungen (Abs. 4.7, S. 21) und Fundament- oder Bodenplatten (Abs. 4.9, S. 23).

Bei Lasteinleitungsflächen in der Nähe von freien Rändern ist zu untersuchen, ob ein Rundschnitt nach Bild 6.15 einen kleineren Umfang hat und somit maßgebend wird.

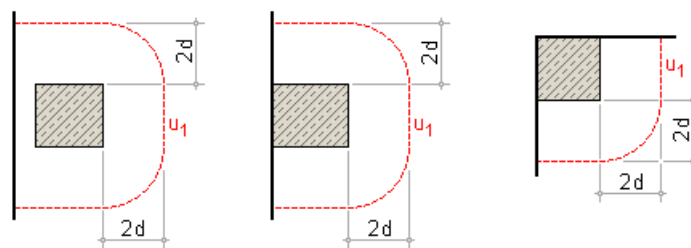


Bild 6.15 - kritische Rundschnitte um Lasteinleitungsflächen nahe eines Randes oder einer Ecke

Bei Lasteinleitungen deren Rand weniger als $6 \cdot d$ von einer Öffnung entfernt liegt, ist nach Bild 6.14 ein Teil des Rundschnitts als unwirksam zu betrachten. Liegt die kürzere Seite der Öffnung zur Lasteinleitung hin ($l_1 > l_2$), ist mit einer Ersatzbreite zu rechnen.

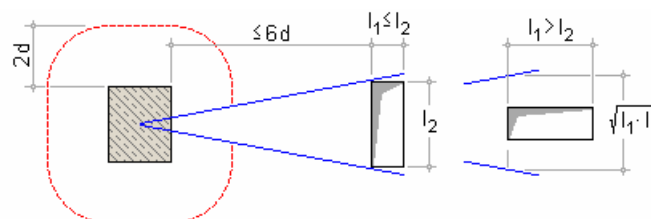


Bild 6.14 - Rundschnitte in der Nähe von Öffnungen

4.2

maßgebende Einwirkung im kritischen Rundschnitt

Aus dem Bemessungswert der Auflagereaktion V_{Ed} ist die maximale Querkraft im Rundschnitt und je Flächeneinheit wie folgt zu ermitteln.

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d}$$

d mittlere Nutzhöhe der Platte

u Umfang des betrachteten Rundschnitts

β Lasterhöhungsfaktor

Mit dem Lasterhöhungsfaktor β wird dabei eine ungleichmäßige Verteilung der Querkraft im Rundschnitt berücksichtigt. Ursachen für die ungleichmäßige Verteilung sind exzentrische Belastungen, Ränder und Aussparungen.

Auf der Annahme einer vollplastischen Schubspannungsverteilung im Rundschnitt basierend berechnet sich β nach dem genaueren Verfahren wie folgt.

$$\beta = 1 + \sqrt{\left(k_x \cdot \frac{M_{Ed,x}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_{1,x}} \right)^2 + \left(k_y \cdot \frac{M_{Ed,y}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_{1,y}} \right)^2} \geq 1.10$$

u_1 Umfang des kritischen Rundschnitts

k Beiwert aus Verhältnis der Stützenabmessungen n. Tab. 6.1

W_1 Widerstandsmoment entlang des kritischen Rundschnitts

$$W_1 = \int_0^{u_1} |e| \, dl$$

dl Differential des Umfangs

e lotrechter Abstand vom Schwerpunkt des Rundschnitts zu d

Da auch bei Innenstützen niemals eine gleichmäßige Verteilung zu erwarten ist, liegt der Mindestwert für β bei 1.10.

Das Widerstandsmoment entlang des kritischen Rundschnitts wird vom Programm numerisch ermittelt und kann damit allgemeingültig für alle Randsituationen und Anordnungen von Aussparungen berechnet werden.

In ausgesteiften Systemen ohne wesentliche Spannweitenunterschiede dürfen Näherungswerte - unabhängig von der Lastausmitte - verwendet werden (Bild 6.21).

Innenstützen $\beta = 1.10$

Randstützen $\beta = 1.40$

Eckstützen $\beta = 1.50$

Nach NA-Deutschland gilt für Randstützen die Einschränkung, dass ab einer Lastausmitte von $e/c \geq 1.2$ das genauere Verfahren (s. oben) angewendet werden muss.

Zusätzlich sind in Bild 6.21DE auch Werte für β bei Wandenden oder Wandecken (Abs. 4.8, S. 21) angegeben.

Der Bemessungswert des Durchstanzwiderstands ohne Durchstanzbewehrung ergibt sich

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp})$$

f_{ck} charakteristische Betondruckfestigkeit [N/mm²]

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0 \quad \text{..... } d \text{ in [mm]}$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0.02 \quad \text{..... und} \leq 0.5 \cdot f_{cd} / f_{yd}$$

ρ_{ly}, ρ_{lz} Bewehrungsgrad bezogen auf die verankerte Zugbewehrung in z- bzw. y-Richtung. Die Werte ρ_{ly} und ρ_{lz} sind i. d. R. als Mittelwerte unter Berücksichtigung einer Plattenbreite entspr. der Stützenabmessung zzgl. 3·d pro Seite zu berechnen

$$\sigma_{cp} = (\sigma_{cy} + \sigma_{cz}) / 2$$

σ_{cy}, σ_{cz} jeweils die Betonnormalspannung in y- und z-Richtung im kritischen Querschnitt (N/mm², für Druck positiv)

$$\sigma_{cy} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}} \quad \text{..... und} \quad \sigma_{cz} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{cz}}$$

$N_{Ed,y}, N_{Ed,z}$ jeweils die Normalkraft, die für Innenstützen im gesamten Feldbereich wirkt bzw. die Normalkraft, die für Rand- und Eckstützen im kritischen Nachweisschnitt wirkt. Diese Kraft kann durch eine Last oder durch Vorspannung entstehen

A_c die Betonquerschnittsfläche gemäß der Definition von N_{Ed}

Nach NA-Deutschland gilt hierzu ergänzend

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c \quad \text{..... bei Flachdecken}$$

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c \cdot (0.1 \cdot u_0 / d + 0.6) \quad \text{..... für Innenstützen bei Flachdecken mit } u_0 / d < 4$$

$$C_{Rd,c} = 0.15 / \gamma_c \quad \text{..... bei Fundamenten und Bodenplatten}$$

u_0 Umfang der Lasteinleitung

$$k_1 = 0.10$$

Nachweis ohne Bewehrung

Eine Durchstanzbewehrung ist nicht erforderlich, falls folgende Bedingung erfüllt ist

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$$

Ist diese Bedingung nicht erfüllt, wird vom Programm (bei aktivierter Option **Durchstanzbewehrung möglichst vermeiden** im Eigenschaftsblatt *Nachweisparameter* (Abs. 3.1, S. 10)) hierfür die erforderliche Zuglängsbewehrung ermittelt.

Ist dabei der zulässige Längsbewehrungsgrad (s. oben) eingehalten, wird eine Zulage für die Zuglängsbewehrung gewählt. Erst wenn auch dies nicht möglich ist, wird vom Programm eine Bemessung (Abs. 4.4, S. 19) für Durchstanzbewehrung durchgeführt.

Maximaltragfähigkeit

Der Nachweis der **Betondruckstrebe** bzw. die Maximaltragfähigkeit wird bei Flachdecken ebenfalls im kritischen Rundschnitt nachgewiesen.

Nach NA-Deutschland ist die Maximaltragfähigkeit als 1.4-faches der Tragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung definiert, wobei der ggf. positive Einfluss einer Vorspannung nicht berücksichtigt werden darf.

$$V_{Rd,max} = 1.4 \cdot V_{Rd,c}$$

Für den Fall, dass diese Bedingung nicht erfüllt ist, wird vom Programm ebenfalls durch Erhöhung der Zuglängsbewehrung versucht, den Widerstandswert zu erhöhen. Sollte dabei der zulässige Längsbewehrungsgrad überschritten werden, ist ein Durchstanznachweis auch mit Durchstanzbewehrung nicht zu erbringen.

Bemessung

Ist Durchstanzbewehrung erforderlich, ist diese nach Gleichung 6.52 zu bemessen.

$$v_{Rd,cs} = 0.75 \cdot v_{Rd,c} + 1.5 \cdot (d/s_r) \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd,ef} \cdot (1/(u_1 \cdot d)) \cdot \sin \alpha$$

A_{sw} Querschnittsfläche der Durchstanzbewehrung in einer Bewehrungsreihe um die Stütze [mm²]

s_r radialer Abstand der Durchstanzbewehrungsreihen [mm]

$f_{ywd,ef}$... wirksamer Bemessungswert der Streckgrenze der Durchstanzbewehrung, gemäß $f_{ywd,ef} = 250 + 0.25 \cdot d \leq f_{ywd}$ [N/mm²]

d Mittelwert der statischen Nutzhöhen in den orthogonalen Richtungen [mm]

α Winkel zwischen Durchstanzbewehrung und Plattenebene

Bei den Nachweisparametern (Abs. 3.1, S. 10) kann zwischen Bügelbewehrung und Schrägaufbiegung gewählt werden.

Bemessung für Bügel

Mit Gleichung 6.52, umgestellt für 90° Bügel,

$$A_{sw,crit} = (v_{Ed} - 0.75 \cdot v_{Rd,c}) \cdot s_r \cdot u_1 / (1.5 \cdot f_{ywd,ef})$$

wird die Bewehrungsmenge ermittelt, die in jeder rechnerisch erforderlichen Bewehrungsreihe einzulegen ist.

Nach NA-Deutschland sind die Bewehrungsmengen in den ersten beiden Reihen mit folgendem Faktor zu erhöhen

Reihe 1 (mit $0.3 \cdot d \leq \alpha_1 \leq 0.5 \cdot d$) $\kappa_{sw,1} = 2.5$

Reihe 2 (mit $s_r \leq 0.75 \cdot d$) $\kappa_{sw,2} = 1.4$

Darüber hinaus sind immer mindestens zwei Bewehrungsreihen im durchstanzbewehrten Bereich vorzusehen. Weitere Reihen über die 2. hinaus sind erforderlich, solange der zugehörige Nachweis im äußeren Rundschnitt (Abs. 4.5, S. 20) nicht erfüllt ist.

Konstruktionsregeln für Bügel

Es sind immer mindestens zwei Reihen einzulegen. Der Abstand zwischen den Reihen (einzustellen im Eigenschaftsblatt *Nachweisparameter* (Abs. 4.5, S. 20)) darf nicht größer als $0.75 \cdot d$ sein.

Für die erste Reihe ist nach NA-Deutschland ein Randabstand zur Lasteinleitung zwischen $0.3 \cdot d$ und $0.5 \cdot d$ gefordert. Welche Bewehrungsmenge je Reihe einzulegen ist, ist außer von Gl. 6.52 auch von Mindestabständen und einer erforderlichen Mindestbewehrung abhängig.

Das Bemessungsergebnis wird vom Programm in Form einer Tabelle ausgewiesen (s. Beispiel).

Nr	κ_{sw}	$A_{sw,erf}$ cm ²	s_r cm	l_w cm	u m	$A_{sw,min}$ cm ²	min n	gewählt Schenkel	s_t cm	$A_{sw,vorh}$ cm ²
1	2.50	7.83	10.0	10.0	1.06	0.62	4	10 Ø 10	10.6	7.85
2	1.40	4.39	15.0	25.0	1.54	1.35	6	6 Ø 10	25.6	4.71
3	1.00	3.13	15.0	40.0	2.01	1.76	7	8 Ø 10	25.1	6.28
4	1.00	3.13	15.0	55.0	2.48	2.17	7	8 Ø 10	31.0	6.28
5	1.00	3.13	15.0	70.0	2.95	2.58	8	8 Ø 10	36.9	6.28

Zulässige tangentielle Abstände der Schenkel:

$s_t \leq 30.0$ cm in der 1., 2. und 3. Reihe

$s_t \leq 40.0$ cm in der 4. und 5. Reihe

Innerhalb des kritischen Rundschnitts darf der tangentielle Abstand nicht mehr als $1.5 \cdot d$, außerhalb nicht mehr als $2 \cdot d$ betragen. Vom Programm wird in Abhängigkeit von dieser Forderung der Wert 'min n' ausgewiesen, der die hierzu erforderliche Mindestanzahl an Schenkeln der Bewehrungsreihe angibt.

Die absolut zulässigen tangentialen Abstände in den Reihen werden als Information für den Konstrukteur unterhalb der Tabelle ausgegeben.

Im NA-Deutschland wird mit Gl.9.11DE die Mindestbewehrung je Schenkel angegeben. Vom Programm wird daraus abgeleitet die Mindestbewehrung je Reihe ermittelt.

$$A_{sw,min} = 0.08 / 1.5 \cdot f_{ck}^{0.5} / f_{yk} \cdot s_r \cdot u$$

Der Mindestdurchmesser je Schenkel ergibt sich aus $\phi \leq 0.05 \cdot d$. Vom Programm wird unter 'gewählt' bzw. 'A_{sw,vorh}' eine Bewehrung gewählt, die allen genannten Anforderungen entspricht.

Bemessung für aufgebogene Bewehrung

Bei Verwendung aufgebogener Bewehrung wird nur maximal eine Reihe bemessen.

Nach NA-Deutschland ist dabei für $d/s_r = 0.53$ anzusetzen und die aufgebogene Bewehrung darf mit $f_{ywd,ef} = f_{ywd}$ ausgenutzt werden. Damit ergibt sich durch Umstellung von Gl.6.52:

$$A_{sw,crit} = (v_{Ed} - 0.75 \cdot v_{Rd,c}) \cdot d \cdot u_1 / (0.80 \cdot f_{ywd} \cdot \sin \alpha)$$

Falls der nachfolgende Nachweis im äußeren Rundschnitt (Abs. 4.5, S. 20) nicht erfüllt wird, ist eine Bemessung mit aufgebogener Bewehrung nicht möglich.

Konstruktionsregeln für aufgebogene Bewehrung

Der Abstand vom Bereich der Aufbiegung zur Lasteinleitung darf nicht mehr als $0.5 \cdot d$ betragen.

Nach NA-Deutschland darf er dazu bis maximal bis $1.5 \cdot d$ reichen. Der Mindestdurchmesser je Schenkel ergibt sich aus $\phi \leq 0.08 \cdot d$.

Die Mindestbewehrung wird entsprechend den Erläuterungen zum Eurocode 2 zu 9.4.3 (aus Eurocode 2 für Deutschland, Kommentierte Fassung) mit $s_r = 1.0 \cdot d$ und u von $l_w = 1.0 \cdot d$ ermittelt.

$$A_{sw,min} = 0.08 / 1.5 \cdot f_{ck}^{0.5} / f_{yk} \cdot d \cdot u$$

Gewählt wird unter Einhaltung dieser Anforderung eine Bewehrung, die sich entsprechend der Randbedingungen aufteilen lässt, also bei Innenstützen auf vier, bei Randstützen auf drei und bei Eckstützen auf zwei Seiten.

4.5 Nachweis im äußeren Rundschnitt

Mit dem Nachweis im äußeren Rundschnitt u_{out} wird nachgewiesen, dass keine weitere Durchstanzbewehrung erforderlich ist.

Die äußerste Reihe der Durchstanzbewehrung darf nicht mehr als $1.5 \cdot d$ von u_{out} entfernt sein. Nach NA-Deutschland ist dort im Gegensatz zum kritischen Rundschnitt nicht der Durchstanzwiderstand (nach Gl. 6.47), sondern die Querkrafttragfähigkeit (nach Abschnitt 6.2.2(1)) nachzuweisen.

Bei der Bemessung für Bügelbewehrung werden vom Programm solange weitere Bewehrungsreihen angeordnet bis der Nachweis im zugehörigen Rundschnitt u_{out} der letzten Reihe erfüllt ist.

4.6 Mindestlängsbewehrung

Nach NA-Deutschland ist zur Sicherstellung der räumlichen Tragmechanismen beim Durchstanzen ein Mindestwert an Biegetragfähigkeit erforderlich.

Dieser Mindestwert ist als Mindestbemessungsmoment in Abhängigkeit von Querkraft und Randsituation in Tab. NA.6.1.1 festgehalten. Das Programm ermittelt (wenn im Eigenschaftsblatt *Nachweisparameter* (Abs. 3.1, S. 10) aktiviert), die Momentenbeiwerte, die Mindestmomente und die sich daraus ergebende Mindestlängsbewehrung der relevanten Bereiche.

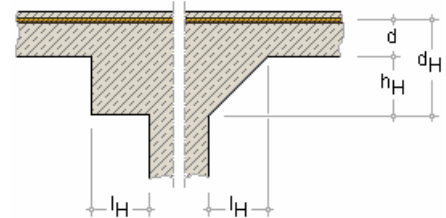
Zur genauen Lage der Bereiche, in denen die Mindestlängsbewehrung vorhanden sein muss, s. Bild NA.6.22.1.

Für Fundament- und Bodenplatten darf die maßgebende Querkraft zur Ermittlung des Mindestbemessungsmomentes um den Anteil der Pressung unter der Lasteinleitung reduziert werden.

4.7

Verstärkungen

Bei Stützenkopfverstärkungen werden zwei Fälle unterschieden.



Fall 1: $l_H < 2.0 \cdot h_H$

In diesem Fall würde eine Lastausstrahlung vom Stützenkopf unter dem Winkel von 26.6° die Ränder der Verstärkung mit einschließen. Die Verstärkungslängen werden deshalb für die Lasteinleitungsfläche mit angesetzt. Rechnerisch verhält es sich dann so, als ob eine Stütze mit den Abmessungen der Verstärkung vorhanden wäre.

Fall 2: $l_H \geq 2.0 \cdot h_H$

In diesem Fall ist die Verstärkung so weit aufgefächert, dass der Durchstanznachweis sowohl für die

- Lasteinleitung über die Abmessungen der Verstärkung (extern) als auch der
- Nachweis gegen Durchstanzen innerhalb der Verstärkung (intern)

erbracht werden muss.

Beim Nachweis innerhalb der Verstärkung wird die Verstärkungshöhe zur mittleren statischen Nutzhöhe hinzugezählt.

$$d = d_H = d + h_H$$

Nach NA-Deutschland ist im Fall 1 die Nachweisgrenze auf $l_H < 1.5 \cdot h_H$ zu setzen.

Für den Fall 2 ist bei $1.5 \cdot h_H < l_H < 2 \cdot h_H$ ein interner Nachweis bei $1.5 \cdot d_H$ zu führen. Der Durchstanzwiderstand $v_{Rd,c}$ darf dabei im Verhältnis der Rundschnittlängen $u_{2.0 \cdot d} / u_{1.5 \cdot d}$ erhöht werden.

4.8

Wandende oder Wandecke

Im Eurocode sind keine Regelungen zu Wandenden oder Wandecken enthalten.

Nach NA-Deutschland wird mit Bild NA.6.12.1 (Rundschnitt bei ausgedehnter Auflagerfläche) auch die Ermittlung der zu betrachtenden Teilrundschnitte für Wandenden und Wandecken beschrieben.

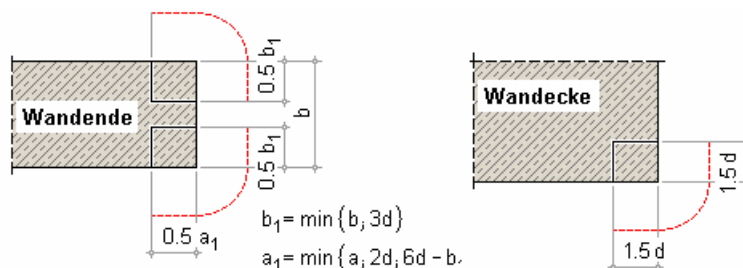


Bild NA.6.12.1 - kritischer Rundschnitt bei ausgedehnten Auflagerflächen

Die Näherungswerte der Lasterhöhungsfaktoren bei ausgesteiften Systemen betragen nach Bild 6.21.DE

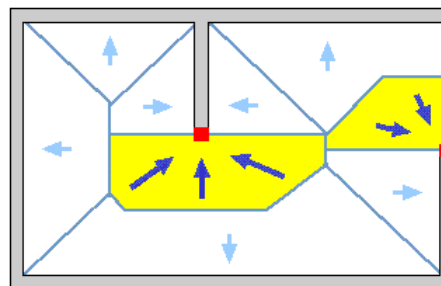
- Wandende $\beta = 1.35$
- Wandecke $\beta = 1.2$

Hinweis zur Durchstanzlast bei Wandenden und Wandecken

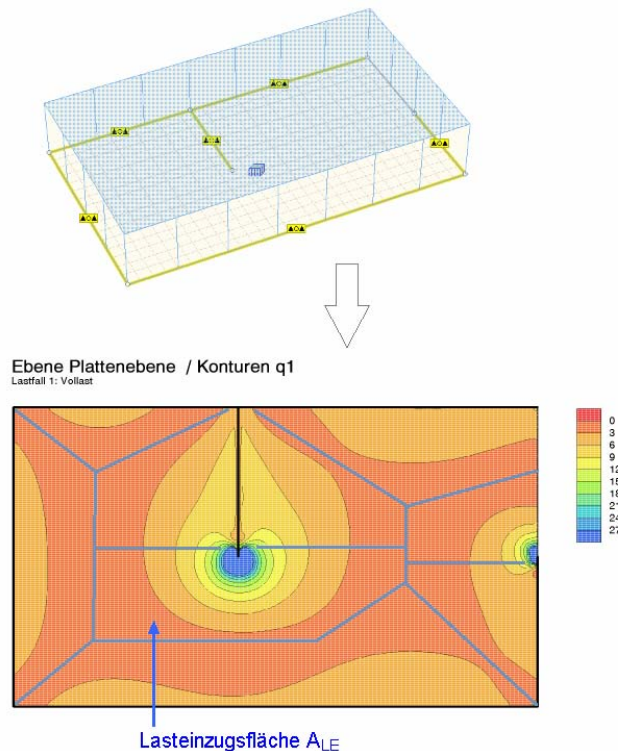
Die Ermittlung der Durchstanzlast für ein Wandende aus den Auflagerkräften einer FEM-Berechnung ist nach Küttler (/4/) nicht empfehlenswert!

Besser ist die Ermittlung über **Lasteinzugsflächen** (s. hierzu: Küttler, M: Problem der Wahl einer zutreffenden Durchstanzkraft, BDB-NRW-Sonderheft 2003). Dabei können die Grundsätze nach Bild 46 der alten DIN 1045 (08/88) verwendet werden.

Im folgenden Beispiel ergeben sich die gelb gefüllten Flächen als Lasteinzugsflächen der Wandenden.



Eine weitere Methode zur Abschätzung der Lasteinzugsfläche kann mittels einer FEM-Berechnung unter Volllast erfolgen. Die Ränder der Lasteinzugsflächen werden durch die Lastscheiden begrenzt, die man bei einer Berechnung mit //ALFA, Platte, z.B. durch Betrachtung der Kontur der Hauptquerkraft q_1 erkennen kann. In den Bereichen mit q_1 gleich (bzw. fast) 0 liegen die Lastscheiden.



Mit der ermittelten Lasteinzugsfläche ergibt sich die Bemessungslast für ein Wandende bzw. eine Wandecke zu

$$V_{ED} = q_{ED} \cdot A_{LE}$$

q_{ED} Bemessungswert der Volllast

Für den Durchstanznachweis bei Fundamenten bzw. Bodenplatten gelten einige abweichende Regelungen.

Einwirkung um Bodenspannungen reduzieren

Die einwirkende Querkraft darf um den im betrachteten Rundschnitt nach oben gerichteten Sohldruck abzüglich der Fundamenteigenlast reduziert werden.

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$$

V_{Ed} einwirkende Querkraft

ΔV_{Ed} resultierende, nach oben gerichtete Kraft innerhalb des betrachteten Rundschnitts, d.h. der nach oben gerichtete Sohldruck abzgl. Fundamenteigenlast

Die maximal einwirkende Querkraft je Flächeneinheit im Rundschnitt ergibt sich damit zu

$$v_{Ed} = \beta \cdot V_{Ed,red} / (u \cdot d)$$

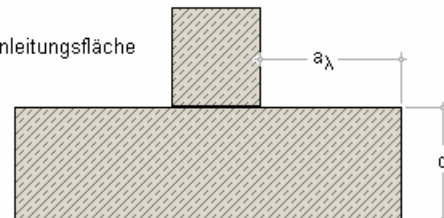
kritischen Rundschnitt iterativ ermitteln

Da sich aufgrund des Abzugs des **Sohldrucks** bei verschiedenen betrachteten Rundschnitten unterschiedliche resultierende Querkraftbelastungen in den Rundschnitten ergeben, ist nach NA-Deutschland der für den kritischen Rundschnitt maßgebende Abstand $a_{crit} < 2 \cdot d$ iterativ zu ermitteln.

Bei schlanken Fundamenten mit $\lambda > 2.0$ darf zur Vereinfachung der Abstand des kritischen Rundschnitts zu $a_{crit} = 1.0 \cdot d$ angenommen werden. In diesem Fall darf allerdings nur noch die Hälfte der resultierenden Sohldruckpressung zur Reduzierung der einwirkenden Querkraft angesetzt werden.

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - 0.5 \cdot \Delta V_{Ed}$$

$\lambda = a_{\lambda} / d$ mit a_{λ} und d an der Lasteinleitungsfläche



Da der Nachweis gegen Durchstanzen ohne Durchstanzbewehrung für den Abstand $2 \cdot d$ formuliert ist, ist die Gleichung 6.47 zur Betrachtung anderer Rundschnitte um den Faktor $2 \cdot d / a$ ergänzt.

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot 2 \cdot d / a \geq v_{min} \cdot 2 \cdot d$$

a Abstand vom Stützenrand zum betrachteten Rundschnitt

Bemessung

Nach NA-Deutschland ist aufgrund der steileren Neigung der Druckstreben die maßgebende Querkraft $\beta \cdot V_{Ed,red}$ von den ersten beiden Bewehrungsreihen ohne Abzug eines Betontraganteils aufzunehmen.

Für Bügel gilt

$$\beta \cdot V_{Ed,red} \leq V_{Rd,s} = A_{sw,1+2} \cdot f_{ywd,ef}$$

Für aufgebogene Bewehrung gilt

$$\beta \cdot V_{Ed,red} \leq V_{Rd,s} = 1.3 \cdot A_{sw,1+2} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \sin \alpha$$

Ist der Nachweis des äußeren Rundschnitts (Abs. 4.5, S. 20) bzgl. der 2. Bewehrungsreihe nicht erfüllt, sind weitere Reihen erforderlich. Je weitere Reihe sind 33% von $A_{sw,1+2}$ einzulegen.

Konstruktionsregeln

Nach NA-Deutschland ist die Bewehrungsmenge $A_{sw,1+2}$ gleichmäßig auf die ersten beiden Reihen aufzuteilen. Diese Reihen haben die Abstände $a_1 = 0.3 \cdot d$ und $a_2 = 0.8 \cdot d$ von Stützenrand.

Weitere Bewehrungsreihen sind mit maximal $0.75 \cdot d$ Abstand zwischen den Reihen anzuordnen (s. hierzu Bild 9.10DE c)).

Darüber hinaus darf bei gedungenen Fundamenten eine eventuell erforderliche dritte Reihe nur $0.5 \cdot d$ von der zweiten entfernt sein.

5 Literaturverzeichnis

- /1/ DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Teil 1-1, Januar 2011
- /2/ DIN EN 1992-1-1/NA: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2, Teil 1-1, April 2013
- /3/ Fingerloos, Hegger, Zilch: Eurocode 2 für Deutschland, DIN EN 1992-1-1, Teil 1-1, mit Nationalem Anhang, Kommentierte Fassung, Beuth, Ernst & Sohn, 2012
- /4/ Küttler, M.: Problem der Wahl einer zutreffenden Durchstanzkraft, BDB-NRW-Sonderheft 2003

6 Index

- | | |
|------------------------------------|---------------------------|
| Abkürzungen 2 | Lasteinleitung 16 |
| Auflagerkraft 22 | Lasteinzugsfläche 22 |
| Bauteil erzeugen 7 | Lastfall 2 |
| Belastung 14 | Lastkollektiv 2 |
| Betondruckstrebe 18 | Maximaltragfähigkeit 18 |
| Betongüte 10 | Mindestlängsbewehrung 20 |
| blank 2 | Nachweisführung 15 |
| Bodenplatte 23 | Nachweisparameter 10 |
| Bodenspannung 23 | Normen 1 |
| Button 9 | Ordner 7 |
| Buttons 2 | Plattentyp 10 |
| Cursor 2 | Querkraftverteilung 10 |
| Durchstanzwiderstand 18 | Randsituation 12 |
| Einwirkung 2 | Rundschnitt äußerer 20 |
| e-Mail 6 | Rundschnitt kritischer 16 |
| Extremalbildungsvorschrift 2 | Schreibtisch 6 |
| Fangrechteck 2 | Schreibtischauswahl 5 |
| Fundament 23 | Sohldruck 23 |
| Geometrie 12 | Startsymbol 5 |
| Installation 5 | Steuerbutton 6 |
| Konstruktionsregeln Aufbiegung 20 | Stützenkopf 13 |
| Konstruktionsregeln Bodenplatte 24 | Stützenkopfverstärkung 21 |
| Konstruktionsregeln Bügel 19 | Verstärkungen 21 |
| Kontextsensitivität 6 | Wanddecke 21 |
| Lastbild 2 | Wandende 21 |