



Fassung
August 2017

Zusatzmodul

RF-STANZ Pro

Durchstanznachweis von Flächen nach
EN 1992-1-1:2010/A1:2014

Programmbeschreibung

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der DLUBAL SOFTWARE GMBH ist es nicht gestattet, diese Programmbeschreibung oder Teile daraus auf jedwede Art zu vervielfältigen.



© **Dlubal Software GmbH 2017**
Am Zellweg 2
D-93464 Tiefenbach
Deutschland

Tel.: +49 9673 9203-0
Fax: +49 9673 9203-51
E-mail: info@dlubal.com
Web: www.dlubal.de



Inhalt

	Inhalt	Seite
1.	Einleitung	3
1.1	Gebrauch des Handbuchs	3
2.	Theoretische Grundlagen	4
2.1	Bestimmung der Durchstanzlast	4
2.1.1	Durchstanzlast aus Knotenlager	6
2.1.2	Durchstanzlast aus Knotenlast	12
2.1.3	Durchstanzlast aus Stabnormalkraft	13
2.1.4	Durchstanzlast an Wandende	15
2.1.5	Durchstanzlast an Wandecke	16
2.1.6	Durchstanzlast aus Linienlast	16
2.1.7	Manuelle Vorgabe der Durchstanzlast	16
2.2	Durchstanznachweis nach EN 1992-1-1	17
2.2.1	EN 1992-1-1 (CEN)	17
2.2.1.1	Allgemeines	17
2.2.1.2	Lasteinleitung und Nachweisschnitte	18
2.2.1.3	Ermittlung der Beanspruchung	20
2.2.1.4	Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung	23
2.2.1.5	Durchstanzwiderstand mit Durchstanzbewehrung	24
2.2.1.6	Durchstanznachweis bei beidseitiger Lastwirkung	33
2.2.2	EN 1992-1-1/NA:2013-04 (Nationaler Anhang DIN)	34
2.2.2.1	Nachweis der Mindestmomente nach [1] 6.4.5 (NA.6)	34
2.2.2.2	Lasteinleitung und Nachweisschnitte	35
2.2.2.3	Ermittlung der Beanspruchung	36
2.2.2.4	Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung	37
2.2.2.5	Durchstanzwiderstand mit Durchstanzbewehrung	37
3.	Arbeiten mit RF-STANZ Pro	40
3.1	RF-STANZ Pro starten	40
3.2	Masken	41
3.3	Eingabe	42
3.3.1	Basisangaben	42
3.3.2	Materialien und Flächen	46
3.3.3	Zusätzliche Öffnungen	49
3.3.4	Längsbewehrung	51
3.3.5	Durchstanzknoten	52
3.3.5.1	Dübelleistensoftware HDB	54
3.3.5.2	Detailtabelle zur Bemessung	56
3.3.5.3	Wandecken und Wandenden	64
3.4	Ergebnismasken	65
3.4.1	Durchstanznachweise	65
3.4.2	Erforderliche Durchstanzbewehrung	68
3.5	Pulldownmenüs	71
3.5.1	Datei	71
3.5.2	Einstellungen	73
4.	Ergebnisauswertung	74
4.1	Darstellung der Ergebnisse	74
4.2	Ausdrucken	78



4.2.1	Ausdruckprotokoll	78
4.2.2	Grafikausdruck	79
5.	Beispiel: Punktgestützte Platte	80
5.1	System	80
5.2	Belastung	83
5.3	Lagerkräfte	84
5.4	Eingaben in RF-STANZ Pro	85
5.5	Ergebnisse	87
5.5.1	Durchstanznachweise	87
5.5.2	Durchstanzbewehrung	92
A.	Literatur	99
B.	Index	100

1 Einleitung

Durchstanznachweise sind ein wesentlicher Bestandteil bei der Bemessung von Massivbaudecken im Grenzzustand der Tragfähigkeit. Mit dem Zusatzmodul RF-STANZ Pro für RFEM ist die Nachweisführung komfortabel möglich. Durch die Integration des Zusatzmoduls in die RFEM-Oberfläche ist auf diese Weise die lückenlose Nachweisführung für die im Modell vorhandenen Stahlbetondecken gewährleistet.

Das Modul ermöglicht den Durchstanznachweis für folgende Situationen:

- Punktförmig gelagerte bzw. punktförmig belastete Platten
- Durchstanzpunkte an Wandenden und Wandecken

Das Zusatzmodul übernimmt alle relevanten Modellparameter (wie Materialien und Dicken der in RFEM modellierten Flächenbauteile) sowie die Abmessungen der angeschlossenen Stützen und Wandenden. Des Weiteren werden bereits im Modell abgebildete Öffnungen und Deckendurchbrüche erfasst und für die Nachweisführung berücksichtigt. Die für den Nachweis anzusetzende Längsbewehrung kann komfortabel eingegeben und grafisch kontrolliert werden.

Die Nachweise erfolgen nach EN 1992-1-1 [1] mit Nationalen Anhängen wie z. B. [2] für Deutschland. Dabei kann eine vorhandene Längsbewehrung definiert und nachgewiesen oder die für den Durchstanznachweis erforderliche Längsbewehrung vom Programm ausgelegt werden. Sofern erforderlich, ermittelt RF-STANZ Pro die Durchstanzbewehrung.

Im Programm besteht ferner die Möglichkeit, Stützenkopfverstärkungen anzuordnen und den Durchstanznachweis im Stützenkopf und am Übergang vom Stützenkopf in die Platte zu führen. Es besteht auch eine Zugriffsmöglichkeit auf die Bemessungssoftware für HDB-Dübelleisten der HALFEN GMBH.

Im zentralen Ausdrucksprotokoll von RFEM können sämtliche Daten – von der Eingabe bis hin zu den Bemessungsergebnissen – übersichtlich dokumentiert werden.

Wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg mit RF-STANZ Pro.

Ihr DLUBAL-Team

1.1 Gebrauch des Handbuchs

Da die Themenbereiche Installation, Benutzeroberfläche, Ergebnisauswertung und Ausdruck im RFEM-Handbuch erläutert sind, wird hier auf eine Beschreibung verzichtet. Der Schwerpunkt dieses Handbuchs liegt auf den Besonderheiten, die sich im Rahmen der Arbeit mit RF-STANZ Pro ergeben.



Im Text sind die beschriebenen **Schaltflächen** (Buttons) in eckige Klammern gesetzt, z. B. [Neu]. Sie sind auch am linken Rand abgebildet. Die Begriffe, die in Dialogen, Tabellen und Menüs erscheinen, sind in *Kursivschrift* hervorgehoben, sodass die Erläuterungen gut nachvollzogen werden können.

Am Ende des Handbuchs befindet sich ein Stichwortverzeichnis. Sollten Sie nicht fündig werden, können Sie die Suchfunktion für die [Produkt-Features](#) auf unserer Website nutzen, um unter den Beiträgen zu den Massivbaumodulen eine Lösung zu finden. Auch unsere [FAQs](#) bieten eine Reihe an Hilfestellungen.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Bestimmung der Durchstanzlast

RF-STANZ Pro führt den Durchstanznachweis für **konzentrierte Einzellasten** und an **Wandecken** und **Wandenden** gemäß EN 1992-1-1 [1].

Als konzentrierte Einzellasten kommen im Programm RFEM folgende Lasten infrage:

- Lagerkräfte von Knotenlagern
- Knotenlasten
- Normalkräfte in lotrecht an die Platte anschließenden Stäben

Beim Nachweis der Durchstanzsicherheit ist es entscheidend, welche die lastabgewandte bzw. lastzugewandte Seite ist. Davon hängt ab, ob die Netzbewehrung der Plattenunterseite oder die der Plattenoberseite zur Ermittlung des Durchstanzwiderstandes $\nu_{Rd,c}$ herangezogen wird. In RFEM wird diejenige Seite der Platte als Unterseite bezeichnet, die sich in Richtung der positiven z-Achse des lokalen Plattenkoordinatensystems befindet.

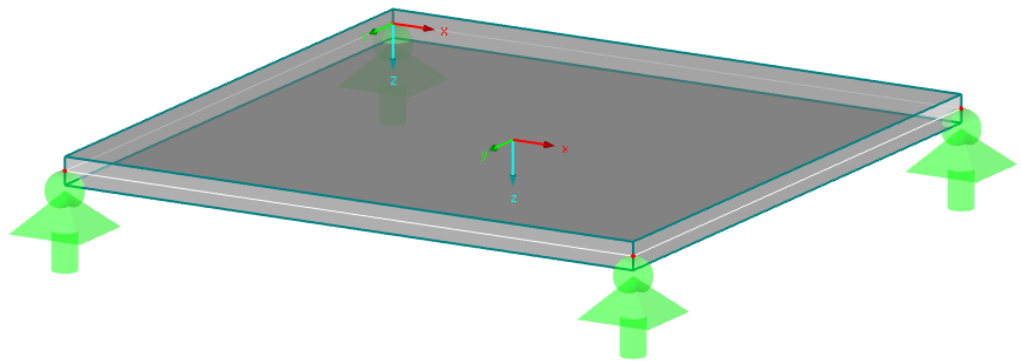


Bild 2.1: Lokales Plattenkoordinatensystem

Weitere Hinweise zum Einblenden des lokalen Achsensystems in RFEM finden Sie im Kapitel 4.4 des [RFEM-Handbuchs](#).

Bei der im [Bild 2.1](#) dargestellten Ausrichtung des lokalen Plattenkoordinatensystems werden somit folgende Seiten der Fläche als Plattenoberseite und Plattenunterseite bezeichnet:

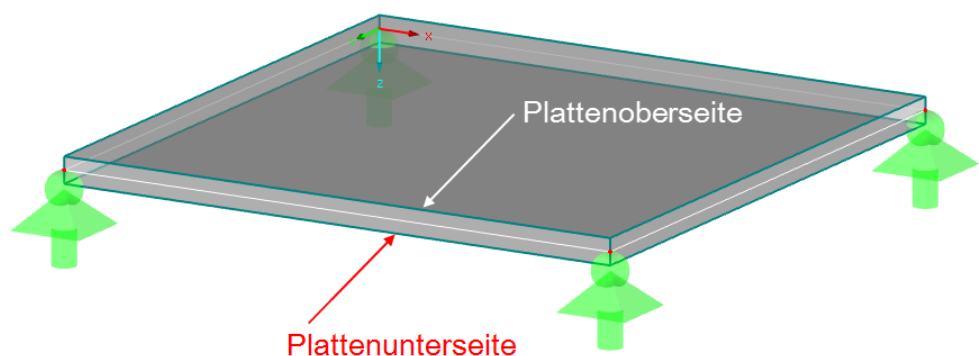


Bild 2.2: Plattenoberseite und Plattenunterseite

Wenn in diesem Handbuch von Plattenober- oder Plattenunterseite gesprochen wird, so kann die relevante Seite stets anhand des lokalen Plattenkoordinatensystem identifiziert werden.

Für den Nachweis wird in RF-STANZ Pro ein Knoten an der Stelle der konzentrierten Lasteinleitung benötigt. Dies kann z. B. sein:

- ein freier Knoten, der in eine Fläche integriert und mit einer Knotenlast beaufschlagt ist
- ein Knoten, an welchem ein Knotenlager angeschlossen ist
- ein Knoten, an welchem eine Stütze anschließt
- ein Knoten, der ein Wandende oder eine Wanddecke beschreibt
- ein Knoten, der eine gelagerte Linie (Linienlager) definiert
- ein Anfangs- bzw. Endknoten einer Linie, welche mit einer Linienlast beaufschlagt ist

Zur Bestimmung der angewandten Durchstanzlast für die Nachweisführung stehen im Modul RF-STANZ Pro in Abhängigkeit von der vorliegenden Bemessungssituation (z. B. Einzellast aus Stütze oder Durchstanzlast an einem Wandende) verschiedene Optionen zur Verfügung:

- Einzellast aus Stütze / Belastung / Knotenlager
- Geglättete Schubkraft über Umfang des kritischen Rundschnitts
- Nicht-geglättete Schubkraft über Umfang des kritischen Rundschnitts
- Benutzerdefinierte Eingabe der Durchstanzlast

Nähere Informationen hierzu finden Sie in den [Kapiteln 2.1.1 bis 2.1.7](#) und im [Kapitel 3.3](#), in dem die Eingabemasken des Moduls detailliert beschrieben sind.

Wenn der Ort der konzentrierten Lasteinleitung feststeht, sind noch Richtung und Größe der Last zu ermitteln, um die maßgebende Durchstanzlast zu erhalten. Bei dieser Durchstanzlast eines Lastfalls, einer Last- oder Ergebniskombination handelt es sich um die größte Einzellast, die senkrecht auf die Plattenseite wirkt.

Wichtig ist hierbei, dass nach der größten Durchstanzlast pro Seite der Platte gesucht wird: Bei den Möglichkeiten der konzentrierten Lasteinleitung kann es vorkommen, dass an einem Knoten die Vorzeichen der angreifenden Lasten wechseln. Wechselnde Vorzeichen bedeuten, dass die Lasteinleitungsfläche einmal die Plattenoberseite und einmal die Plattenunterseite ist, die eine Druckkraft erhält – oder dass die Last zwar stets an einer Plattenseite angreift, aber dort einmal als Druckkraft und ein anderes Mal als Zugkraft wirkt. Eine Zugkraft wird durch eine entsprechende Bewehrung auf der gegenüberliegenden Seite der Platte berücksichtigt.

2.1.1 Durchstanzlast aus Knotenlager

Es liegt ein Knotenlager an einem gemeinsamen Knoten mit der zu stützenden Platte vor. Dabei ist wichtig zu wissen, dass jedes Auflager ein eigenes Koordinatensystem (X';Y';Z') besitzt, dessen Orientierung über Größe und Richtung der Auflagerkräfte entscheidet.

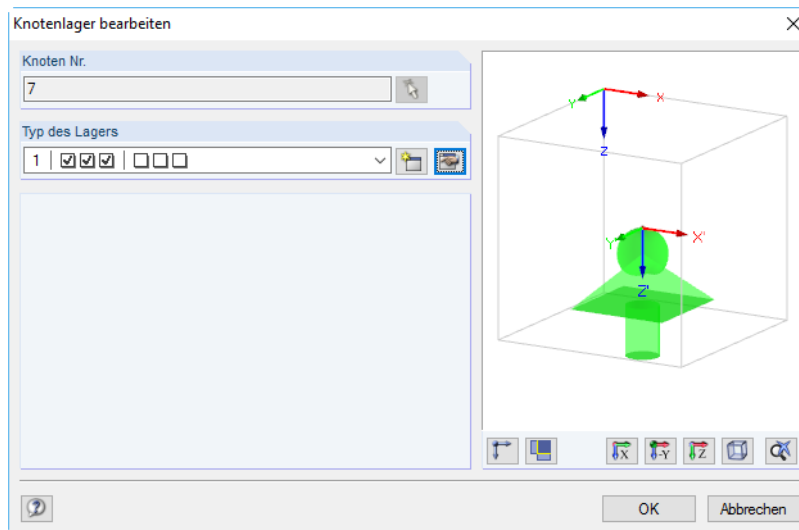



Bild 2.3: Dialog *Knotenlager bearbeiten*

Obige Darstellung erhält man, indem mit der rechten Maustaste auf ein Knotenlager geklickt und dann die Kontextmenü-Option *Knotenlager bearbeiten* gewählt wird. In der Dialoggrafik ist das globale Koordinatensystem dargestellt.

Beim Setzen eines neuen Knotenlagers sind die Achsen des Lagerkoordinatensystems richtungsidentisch mit den Achsen des globalen Koordinatensystems. Die Ausrichtung der Achsen des Lagerkoordinatensystems kann jedoch über die Schaltfläche  angepasst werden (siehe Bild 2.4).

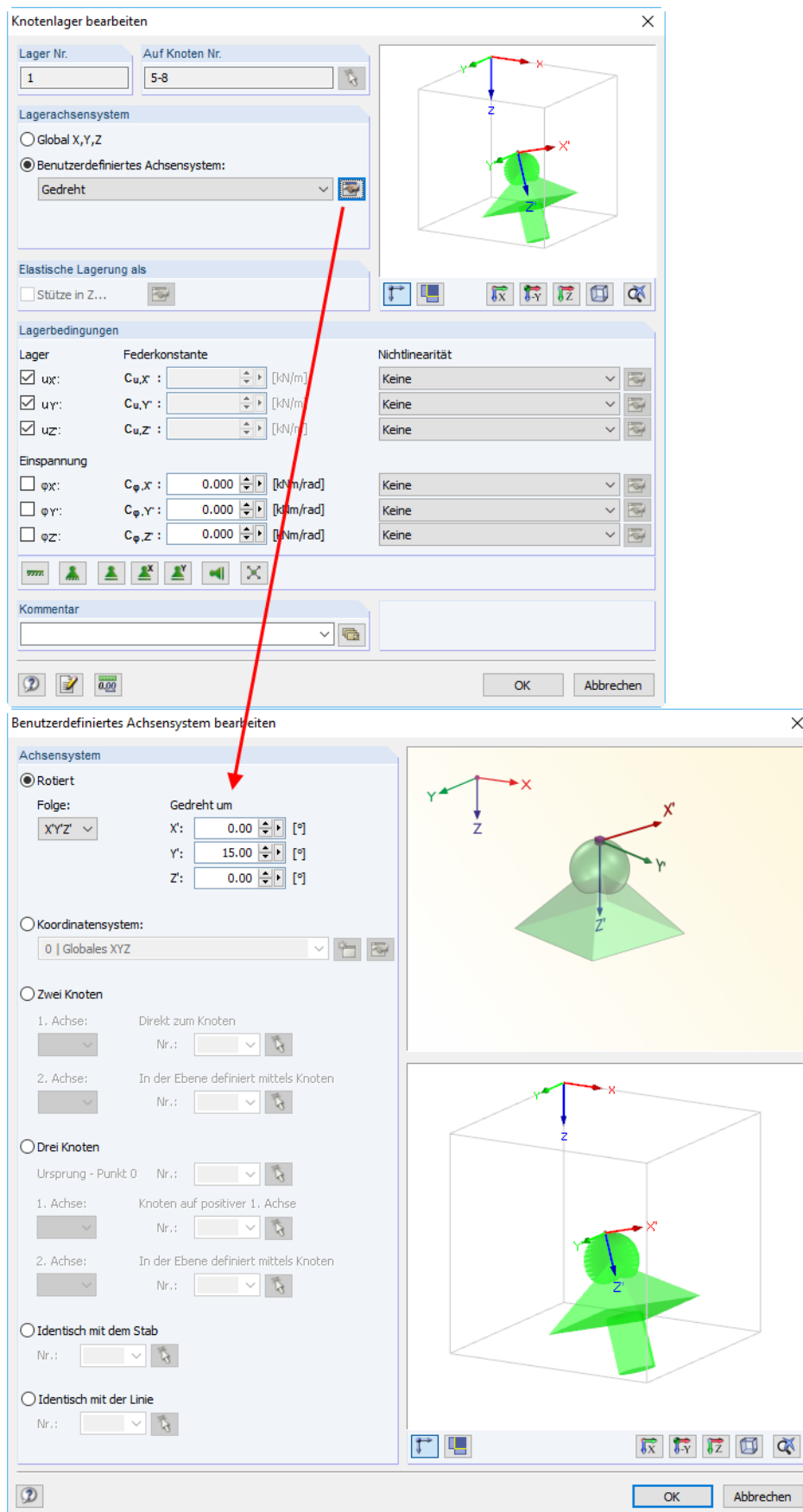


Bild 2.4: Dialog *Knotenlager bearbeiten* mit angepasster Lagerdarstellung

Ist das Lagerkoordinatensystem nicht gedreht (also richtungsidentisch mit dem globalen Koordinatensystem), so sind die globalen Auflagerkräfte und die lokalen Lagerkräfte identisch.

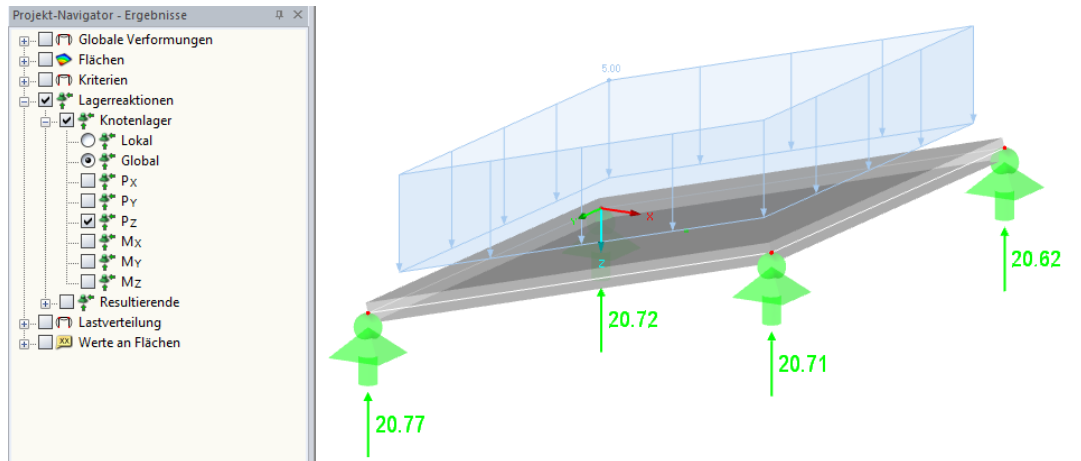


Bild 2.5: Globale Auflagerkräfte

Dreht man jedoch das Auflagerkoordinatensystem, so verändern sich die lokalen Lagerkräfte.

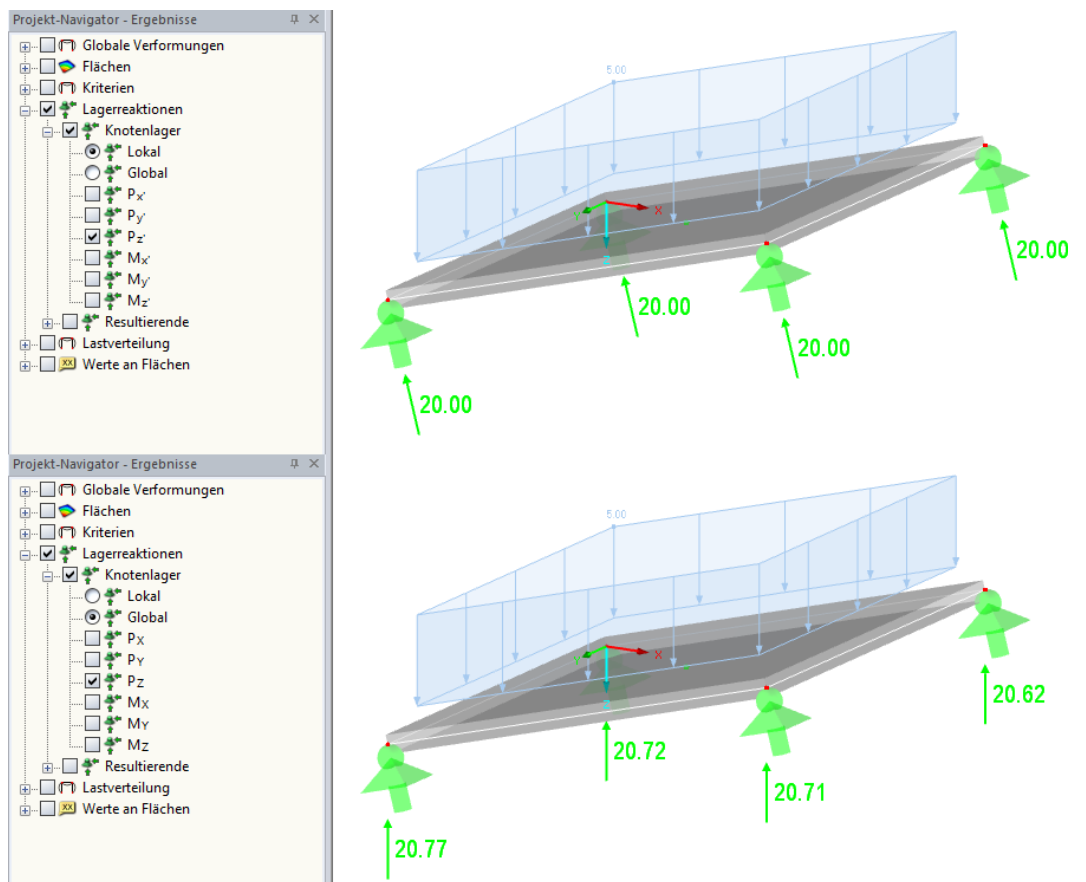


Bild 2.6: Lokale und globale Auflagerkräfte bei gedrehtem Koordinatensystem

Die in Tabelle 4.1 *Knoten - Lagerkräfte* ausgegebenen Kräfte werden von den Vorgaben mit gesteuert, die im Projekt-Navigator eingestellt sind (*Lokal* bzw. *Global*).

Knoten Nr.	Lagerkräfte [kN]			Lagermomente [kNm]			$\varphi_Y = 15.00^\circ$
	P _x	P _y	P _z	M _x	M _y	M _z	
5*	-0.06	-3.42	20.72	0.00	0.00	0.00	$\varphi_Y = 15.00^\circ$
6*	0.33	3.11	20.62	0.00	0.00	0.00	$\varphi_Y = 15.00^\circ$
7*	-0.25	3.69	20.77	0.00	0.00	0.00	$\varphi_Y = 15.00^\circ$
8*	-0.02	-3.38	20.71	0.00	0.00	0.00	$\varphi_Y = 15.00^\circ$
Σ Kräfte	0.00	0.00	82.82				
Σ Lasten	0.00	0.00	82.82				

Bild 2.7: Tabelle 4.1 *Knoten - Lagerkräfte* mit Ausgabe der globalen Lagerkräfte

Bei den Tabellenwerten handelt es sich um die Kräfte, die in das Lager eingeleitet werden. In der RFEM-Grafik hingegen werden stets die Lagerreaktionskräfte dargestellt – also jene Kräfte, die das Lager zur Aufnahme der Belastung entgegenbringen muss. Die Lagerkräfte (Werte in der Tabelle) erhalten ein positives Vorzeichen, wenn sie als globale Lageraktionskräfte in Richtung des globalen Koordinatensystems orientiert sind. Die Lagerreaktionskräfte in der Grafik haben in der Regel ein positives Vorzeichen; die Vektoren zeigen in die Richtung, in die die Kräfte wirken.

Die beiden folgenden Bilder zeigen die globalen Lagerkräfte und die Lagerreaktionskräfte bei umgekehrten Vorzeichen der Belastung.

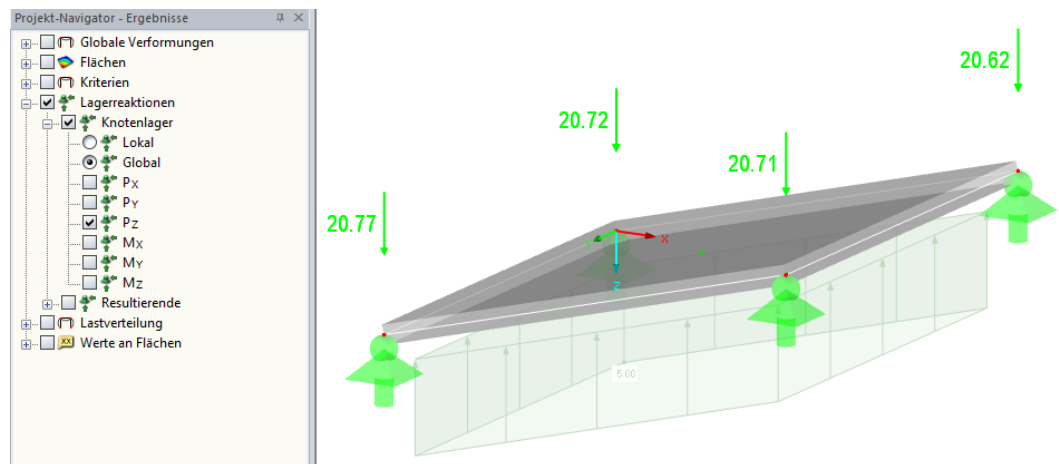


Bild 2.8: Globale Lagerreaktionskräfte bei negativer Belastung

Knoten Nr.	Lagerkräfte [kN]			Lagermomente [kNm]			$\varphi_Y = 15.00^\circ$
	P _x	P _y	P _z	M _x	M _y	M _z	
5*	0.06	3.42	-20.72	0.00	0.00	0.00	$\varphi_Y = 15.00^\circ$
6*	-0.33	-3.11	-20.62	0.00	0.00	0.00	$\varphi_Y = 15.00^\circ$
7*	0.25	-3.69	-20.77	0.00	0.00	0.00	$\varphi_Y = 15.00^\circ$
8*	0.02	-3.38	-20.71	0.00	0.00	0.00	$\varphi_Y = 15.00^\circ$
Σ Kräfte	0.00	0.00	-82.82				
Σ Lasten	0.00	0.00	-82.82				

Bild 2.9: Globale Lagerkräfte bei negativer Belastung

Welche Lagerreaktionskraft wird nun als Last an RF-STANZ Pro übergeben? Bei der Beantwortung dieser Frage muss je nach Ausrichtung der Achsen unterschieden werden.

Verlaufen die Achsen des lokalen Plattenkoordinatensystems in die gleichen Richtungen wie die Achsen des globalen Koordinatensystems, dann entspricht die übergebene Durchstanzlast der globalen Lagerreaktionskraft in Z-Richtung des globalen Koordinatensystems.

Im folgenden Beispiel erhält RF-STANZ Pro eine maßgebende Durchstanzlast von $Q = 20,00 \text{ kN}$. Die lastabgewandte Seite ist die Plattenoberseite.

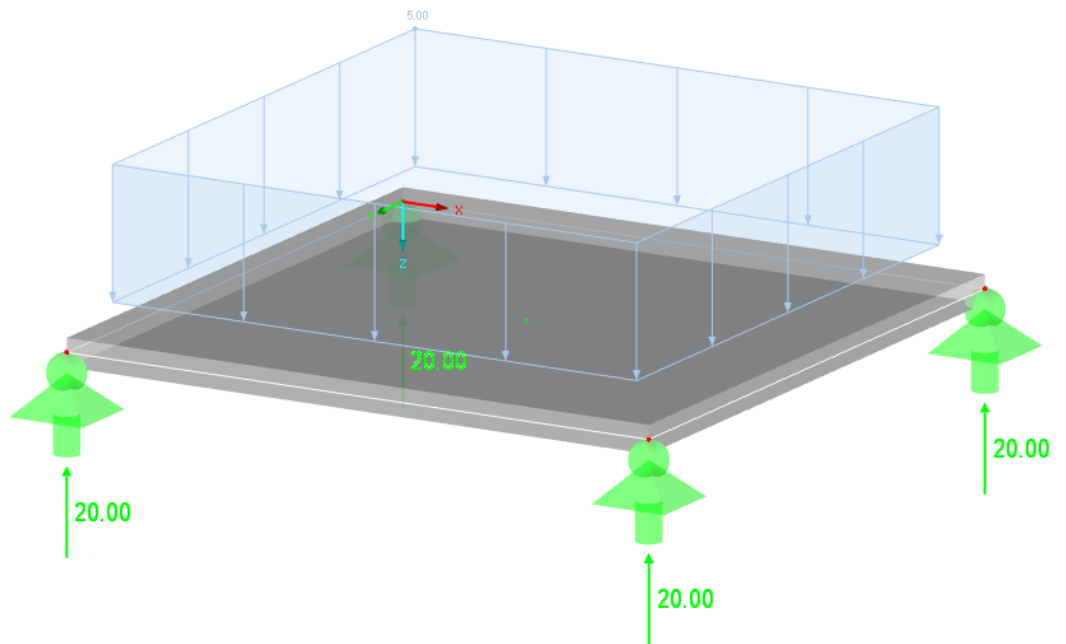


Bild 2.10: Durchstanzlast – Lagerkoordinatensystem gleichgerichtet mit globalem Koordinatensystem

Bei umgekehrten Vorzeichen der Belastung wird ebenfalls eine maßgebende Durchstanzlast von $Q = 20,00 \text{ kN}$ an RF-STANZ Pro übergeben. Die lastabgewandte Seite ist jedoch die Plattenunterseite.

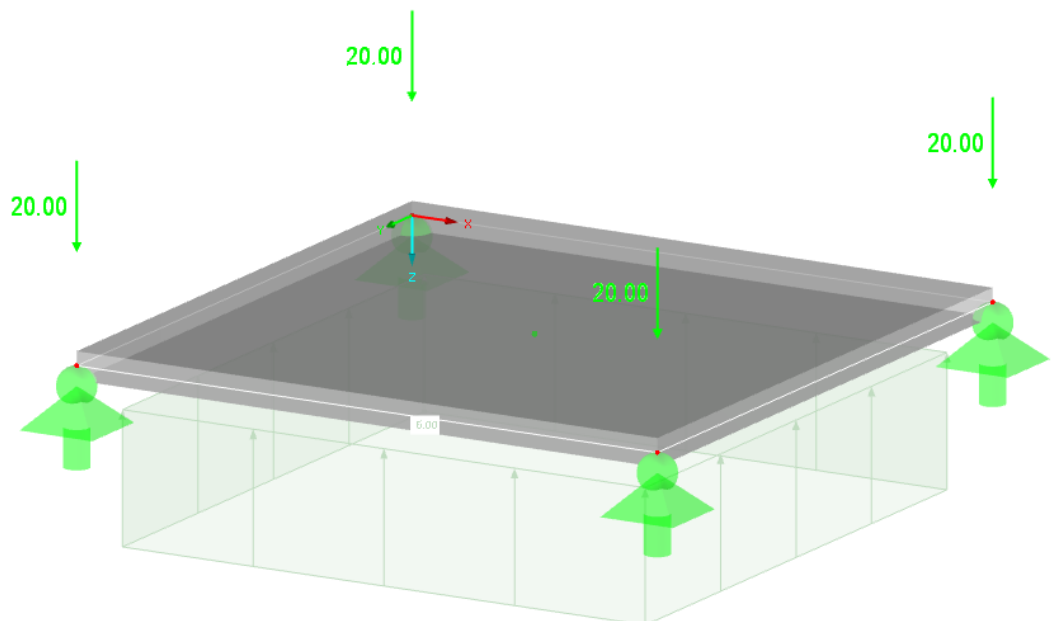


Bild 2.11: Durchstanzlast bei negativer Belastung

Besteht zwischen den Achsen des globalen Koordinatensystems und des Lagerkoordinatensystems keine Parallelität, sind aber die Achsen des Lagerkoordinatensystems und des lokalen Plattenkoordinatensystems parallel, so wird als Durchstanzlast die lokale Lagerreaktionskraft in Z-Richtung des Lagerkoordinatensystems übergeben. In folgendem Beispiel erhält RF-STANZ Pro eine maßgebende Durchstanzlast $Q = 20,00$ kN für das rechte vordere Auflager. Die lastabgewandte Seite ist die Plattenoberseite.

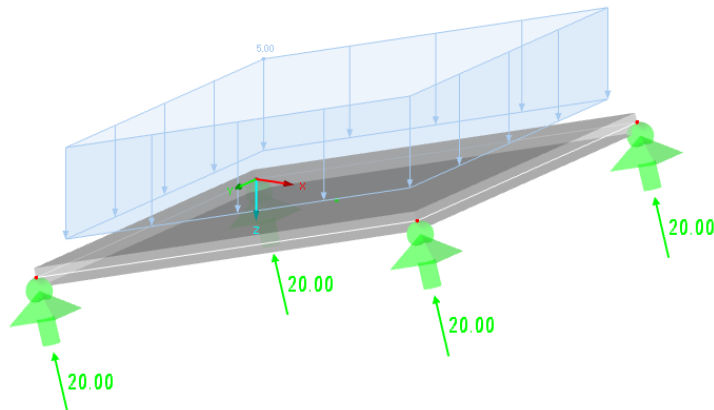


Bild 2.12: Durchstanzlast – Lagerkoordinatensystem gleichgerichtet mit Flächenkoordinatensystem

Die oben gezeigten Fälle werden bei der täglichen Arbeit einen Großteil der Nachweise ausmachen. Dabei kann die Durchstanzlast bereits in RFEM betrachtet werden. Auch die lastabgewandten und die lastzugewandten Seiten der Flächen sind sofort ersichtlich: Die Plattenunterseite ist die lastzugewandte Seite, wenn der Lagerreaktionskraft-Pfeil in die entgegengesetzte Richtung wie die z-Achse des lokalen Plattenkoordinatensystems zeigt.

Wie wird die maßgebende Durchstanzlast ermittelt, wenn die Parallelität zwischen den Koordinatensystemen nicht gegeben ist?

Zur Bestimmung der Durchstanzlast werden die Werte der Kräfte benutzt, die in das Lager eingeleitet werden. Um die Lagerreaktionskräfte zu erhalten, werden die Vorzeichen vertauscht. Dann werden die Kräfte in Richtung des lokalen Plattenkoordinatensystems transformiert, weil als Durchstanzlast nur der Kraftanteil zu berücksichtigen ist, der senkrecht zur Platte wirkt.

Sind die am lokalen Plattenkoordinatensystem orientierten Kräfte bestimmt, kann anhand des Vorzeichens der Last entschieden werden, welche die lastzugewandte und welche die lastabgewandte Seite der Platte ist: Lastzugewandt ist die Plattenunterseite, wenn der Vektor der transformierten Lagerreaktionskraft in Z-Richtung in die entgegengesetzte Richtung des Vektors der z-Achse des Plattenkoordinatensystems zeigt.

Im folgenden Beispiel erhält RF-STANZ Pro eine maßgebende Durchstanzlast von $Q = 20,00$ kN für das rechte vordere Auflager. Die lastabgewandte Seite ist die Plattenoberseite.

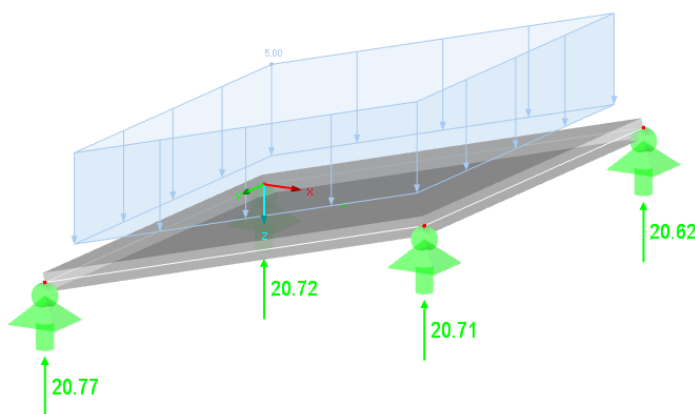


Bild 2.13: Durchstanzlast – Lagerkoordinatensystem nicht gleichgerichtet mit Flächenkoordinatensystem

Bei einer Neigung der Ebene von 15° ermittelt sich die Durchstanzlast wie folgt:

$$Q = P_z \cdot \cos 15^\circ = 20,71 \cdot \cos 15^\circ = 20,00 \text{ kN}$$



Ergebniskombination

Lastfälle und Lastkombinationen führen zu einer einzigen Lagerkraft. Bei einer Ergebniskombination sind für jede Lagerschnittgröße der maximale und der minimale Wert zu bestimmen. Wenn einer der beiden Werte nicht null ist und beide Werte auch unterschiedliche Vorzeichen besitzen, wird mit diesen maximalen und minimalen Werten der Durchstanznachweis geführt.

2.1.2 Durchstanzlast aus Knotenlast

Knotenlasten sind Einzellasten an einem Knoten, der sich in der auf Durchstanzen zu untersuchenden Fläche befindet.

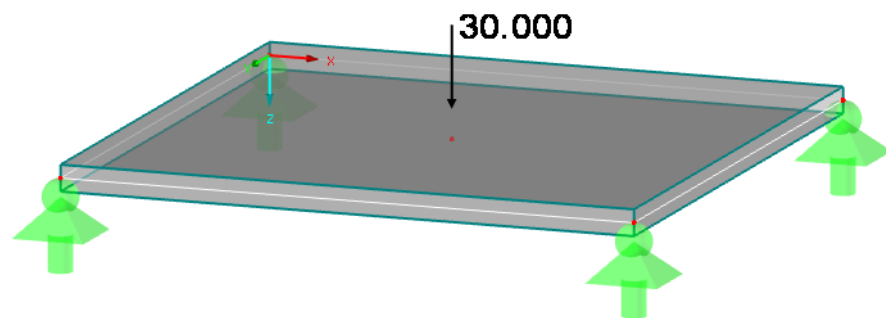


Bild 2.14: Knotenlast

Die Richtung und Positivdefinition einer Knotenlast ist anhand des globalen Koordinatensystems festgelegt: Eine Knotenlast ist positiv, wenn sie in Richtung einer der Achsen des globalen Koordinatensystems wirkt. Falls das lokale Plattenkoordinatensystem nicht richtungsgleich mit dem globalen Koordinatensystem ist, so gilt das Gleiche wie für die Lagerreaktionskräfte (siehe vorheriges Kapitel): Es ist jener Kraftanteil der Knotenlast zu bestimmen, dessen Vektor parallel zur z-Achse des Plattenkoordinatensystems ist.

Falls in einem Lastfall am gleichen Knoten mehrere Knotenlasten wirken, müssen die Anteile aus den Kräften in die jeweiligen Achsen addiert werden, um die Durchstanzlast zu erhalten.

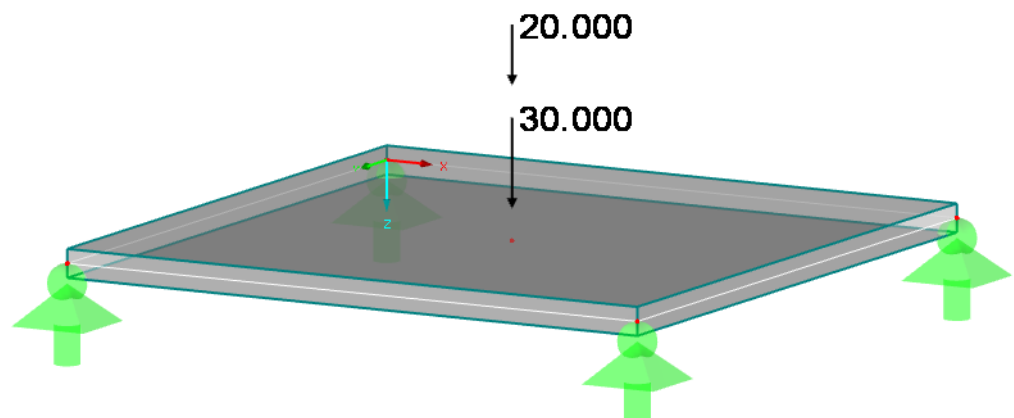


Bild 2.15: Zwei Knotenlasten am gleichen Knoten

In diesen Fällen wird zunächst die Summe der Knotenlasten gebildet, die parallel zu einer der Achsen des globalen Koordinatensystems verlaufen. Anschließend findet mit dieser Summe die Transformation in Richtung der z-Achse des Plattenkoordinatensystems statt.

Werden in RF-STANZ Pro mehrere **Lastfälle** zur Bemessung ausgewählt, dann werden diejenigen beiden Lastfälle bestimmt, deren Summe der Knotenlast in Z-Richtung des lokalen Plattenkoordinatensystems einmal zur größten Durchstanzlast in Richtung der Plattenunterseite und einmal zur größten Durchstanzlast in Richtung der Plattenoberseite führt.

Bei einer **Lastkombination** werden die Lasten der Lastfälle unter Berücksichtigung der Lastfall-Faktoren addiert, für die dann die Schnittgrößen ermittelt werden. Für die Knotenlasten bedeutet dies, dass die resultierenden Knotenlasten der einzelnen Lastfälle unter Berücksichtigung der Lastfall-Faktoren addiert werden.

Eine **Ergebniskombination** unterscheidet sich nicht nur dadurch von einer Lastkombination, dass die Einwirkungen nicht ausschließlich Lastfälle, sondern auch Last- oder Ergebniskombinationen darstellen können. Zudem ist neben der additiven Überlagerung eine alternative Verknüpfung mit dem „oder“-Kriterium möglich. Der wesentliche Unterschied jedoch ist, dass nicht die Belastung kombiniert wird, um die Summe von Belastungen für die Ermittlung von Schnittgrößen zu erhalten, sondern die Ergebnisse in Form von Schnittgrößen überlagert werden.

Sieht man einen statischen Nachweis so, dass aus einer Belastung zunächst Schnittgrößen ermittelt werden, mit denen dann ein Bauteil zu bemessen ist, dann erübrigt sich für den Durchstanznachweis der Schritt, dass aus einer Belastung zunächst Schnittgrößen zu ermitteln sind, da die Belastung identisch mit der Schnittgröße ist. Deshalb werden bei der Ermittlung der maßgebenden Durchstanzlast je Plattenseite die maßgebenden Durchstanzlasten aus den Lastfällen, Last- und Ergebniskombinationen dieser Ergebniskombination verwendet.

2.1.3 Durchstanzlast aus Stabnormalkraft

Die maßgebende Durchstanzlast eines Stabes, der an einer Platte an einem gemeinsamen Knoten anschließt, ermittelt sich aus der Stabnormalkraft.

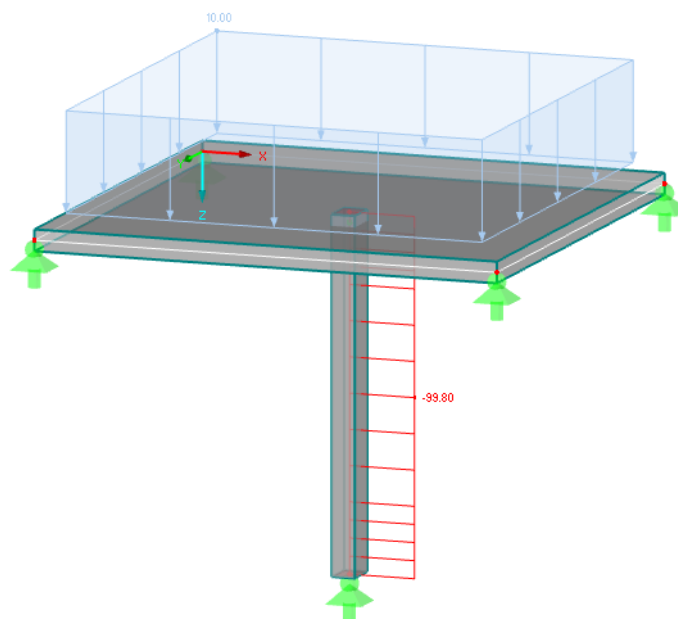


Bild 2.16: Normalkraft in anschließendem Stab

Als Druckkraft wird die Normalkraft in RFEM rot dargestellt. Sie erhält ein negatives Vorzeichen. Die Vorzeichen und die Richtung der Schnittgrößen sind durch das lokale Koordinatensystem des Stabes definiert.

Schließt die Stütze an der Plattenunterseite an und liegt eine Druckkraft vor, so geht die Durchstanzwirkung in Richtung der Plattenoberseite. Bei gleicher Anschlussseite, jedoch mit Zugkraft in der Stütze, geht die Durchstanzwirkung in Richtung der Plattenunterseite.

In der Praxis tritt häufig der Fall auf, dass eine Stütze über mehrere Stockwerke verläuft.

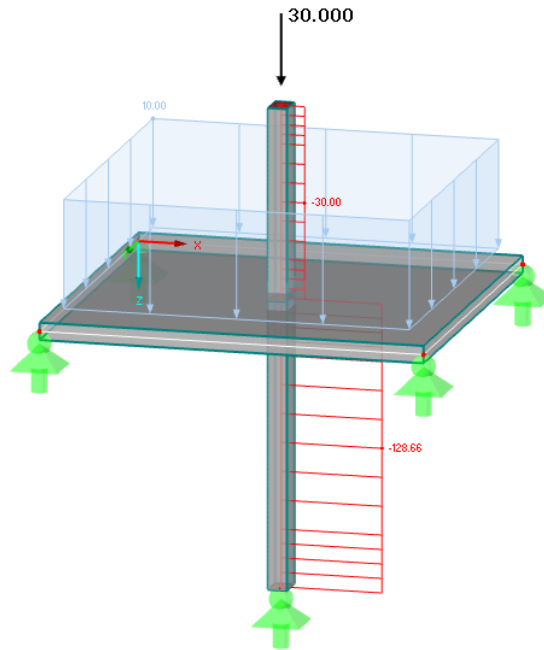


Bild 2.17: Durchstanzlast bei durchlaufenden Stützenstäben

Liegen in den Stützen im gleichen Lastfall bzw. in der gleichen Lastkombination Druckkräfte vor, so heben sich diese in ihrer Durchstanzwirkung teilweise auf. Deshalb wird nur die Differenzkraft als maßgebende Durchstanzlast angesetzt. Die Richtung der durchstanzenden Wirkung ergibt sich aus der Betrachtung, an welcher Plattenseite die Stütze mit der betragsmäßig größeren Normalkraft vorliegt. Die Durchstanzrichtung wird dann in Richtung der Plattenseite angenommen, die der Anschlussseite dieser Stütze gegenüberliegt.

Bei unterschiedlichen Vorzeichen der Stützennormalkräfte werden die Kräfte betragsmäßig addiert. Die Richtung ergibt sich wiederum aus dem Vorzeichen und der Anschlussstelle der einzelnen Stützen.

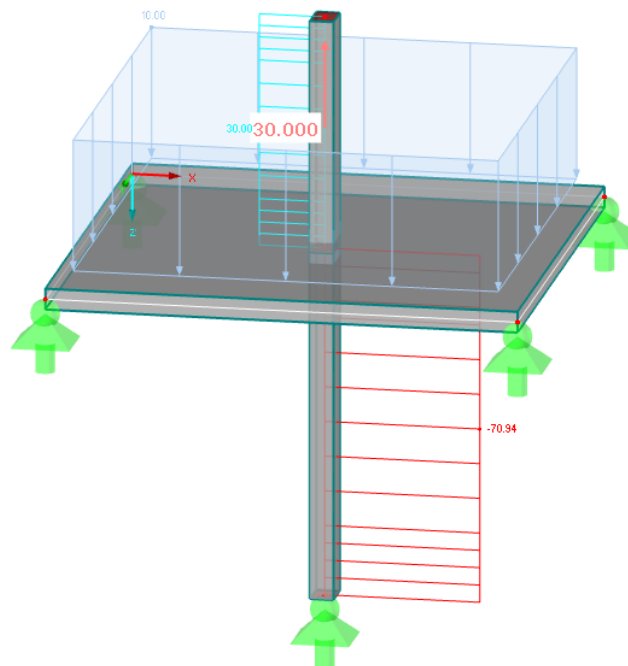


Bild 2.18: Durchstanzlast bei unterschiedlichen Vorzeichen in anschließenden Stäben

2.1.4 Durchstanzlast an Wandende

In RF-STANZ Pro ist es auch möglich, den Durchstanznachweis an einem Wandende zu führen.

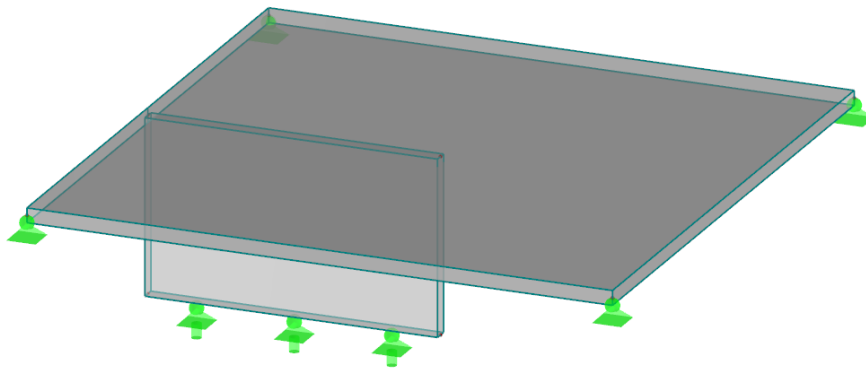


Bild 2.19: Durchstanznachweis an Wandende

Im Gegensatz zum Durchstanznachweis an einem punktgelagerten Knoten oder einer Stütze kann die Durchstanzlast nicht direkt aus der Lagerkraft bzw. der Stütznormalkraft ermittelt werden.

Zur Ermittlung der Durchstanzlast wird zunächst der kritische Rundschnitt in der Deckenplatte am Wandende angelegt. Dies geschieht in RF-STANZ Pro bereits vor der eigentlichen Bemessung, sobald der Knoten am Wandende zur Bemessung ausgewählt wird. Der vom Modul angelegte kritische Rundschnitt ist daraufhin direkt in Maske 1.5 ersichtlich.

Die Durchstanzlast ist hierbei eine Integration der Hauptschnittgröße $v_{\max,b}$ entlang des angelegten kritischen Rundschnitts.

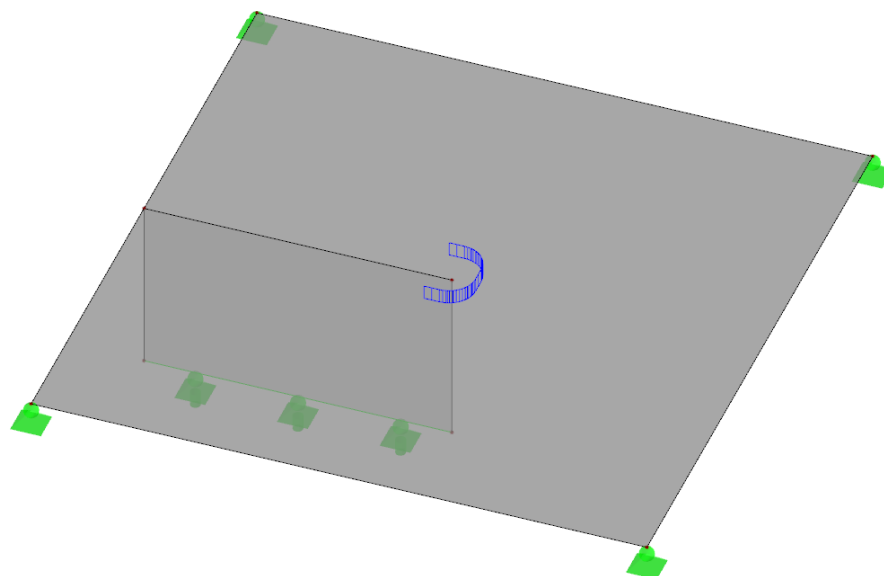


Bild 2.20: Schubkraftverlauf entlang des kritischen Rundschnitts bei Wandende



Bei der Querkraft $v_{\max,b}$ handelt es sich um eine in RFEM ermittelte Flächenschnittgröße. Um einen ausreichend genauen Schubkraftverlauf entlang des kritischen Rundschnitts zu erhalten, ist die FE-Netzweite am Durchstanzknoten zu beachten: Ist das gewählte FE-Netz zu grob, wird die resultierende Durchstanzlast am Wandende u. U. nicht ausreichend genau ermittelt. In diesem Fall erscheint nach der Berechnung ein entsprechender Hinweis (Meldung Nr. 56 in Ergebnismaske 2.1).

Im Bild 2.20 ist der geglättete Schubkraftverlauf entlang des kritischen Rundschnitts dargestellt. Ob für die Bemessung der geglättete oder der nicht-geglättete Schubkraftverlauf verwendet werden soll, kann vor der Bemessung ausgewählt werden.

2.1.5 Durchstanzlast an Wandecke

Analog zu den im [Kapitel 2.1.4](#) beschriebenen Wandenden ist es auch möglich, einen Durchstanznachweis an einer Wandecke durchzuführen. Die Vorgehensweise ist die gleiche: Für die Bemessung ist der Knoten anzugeben, der die Verbindungsstelle von Wandecke und Decke repräsentiert. Der kritische Rundschnitt zur Bestimmung der Durchstanzlast wird ebenfalls automatisch angelegt.

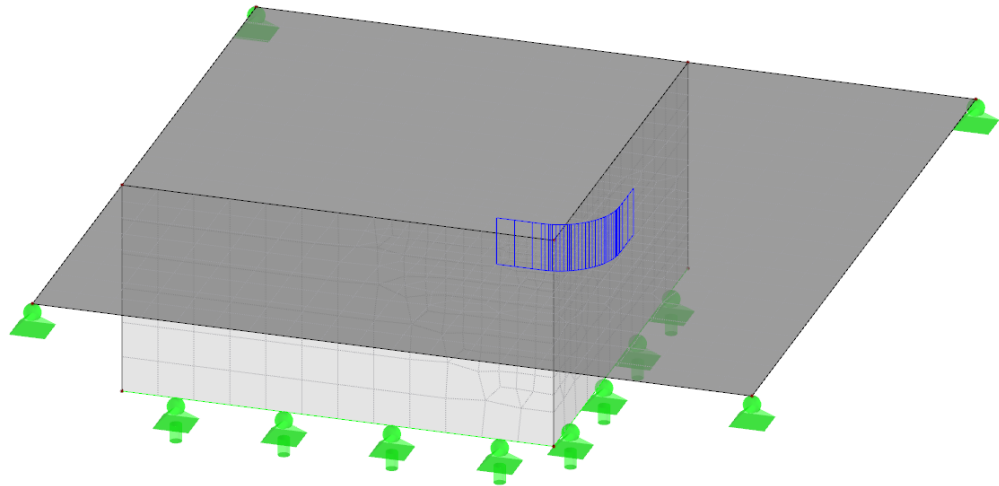


Bild 2.21: Schubkraftverlauf an Wandecke

Auch für eine Wandecke gilt der Hinweis auf die eingestellte FE-Netzweite. Hier lässt sich ebenfalls vor der Bemessung festlegen, ob zur Ermittlung der Durchstanzlast der geglättete oder der nicht-geglättete Schubkraftverlauf entlang des kritischen Rundschnitts verwendet werden soll.

2.1.6 Durchstanzlast aus Linienlast

RF-STANZ Pro ermöglicht – analog zum Durchstanz an einem Wandende oder einer Wandecke – auch der Nachweis an einer Linie, die mit einer Linienlast belastet ist. Hierbei können Linienlasten aus Wänden berücksichtigt werden, obwohl das lastabtragende Bauteil „Wand“ nicht im Modell eingegeben wurde.

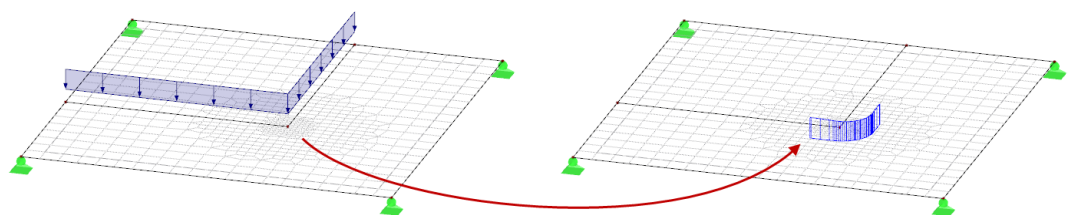


Bild 2.22: Darstellung des Durchstanzpunktes an Linienlasten (hier Wandecke)

Wichtig ist, dass eine „echte“ Linienlast vorliegt und dass die Linie in die zugehörige Fläche integriert ist. Eine freie Linienlast (ohne zugehörige, in die Fläche integrierte Linie) kann nicht angesetzt werden, da hier die Endknoten für das Bestimmen des Durchstanzpunktes fehlen.

2.1.7 Manuelle Vorgabe der Durchstanzlast

In den [Kapitel 2.1.1](#) bis [2.1.5](#) wurde die direkte Ermittlung der Durchstanzlast aus den REFM-Ergebnissen vorgestellt. Alternativ ist es in RF-STANZ Pro möglich, die Durchstanzlast auch manuell vorzugeben. Weitere Hinweise hierzu finden Sie im [Kapitel 3.3.5.2](#) auf [Seite 58](#).

2.2 Durchstanznachweis nach EN 1992-1-1

RF-STANZ Pro führt die Nachweise nach EN 1992-1-1:2004/A1:2014 [1] mit den entsprechenden nationalen Anhängen. Dieses Kapitel stellt die Nachweisführung nach EN 1992-1-1 (CEN) und die Bemessung nach DIN EN 1992-1-1 vor.

2.2.1 EN 1992-1-1 (CEN)

2.2.1.1 Allgemeines

Durchstanzen kann infolge konzentrierter Lasten oder Auflagerreaktionen eintreten, die auf einer relativ kleinen Lasteinleitungsfläche A_{load} auf Decken oder Fundamente wirken.

EN 1992-1-1 verwendet für den Nachweis gegen Durchstanzen im Grenzzustand der Tragfähigkeit das im Bild 2.23 dargestellte Bemessungsmodell.

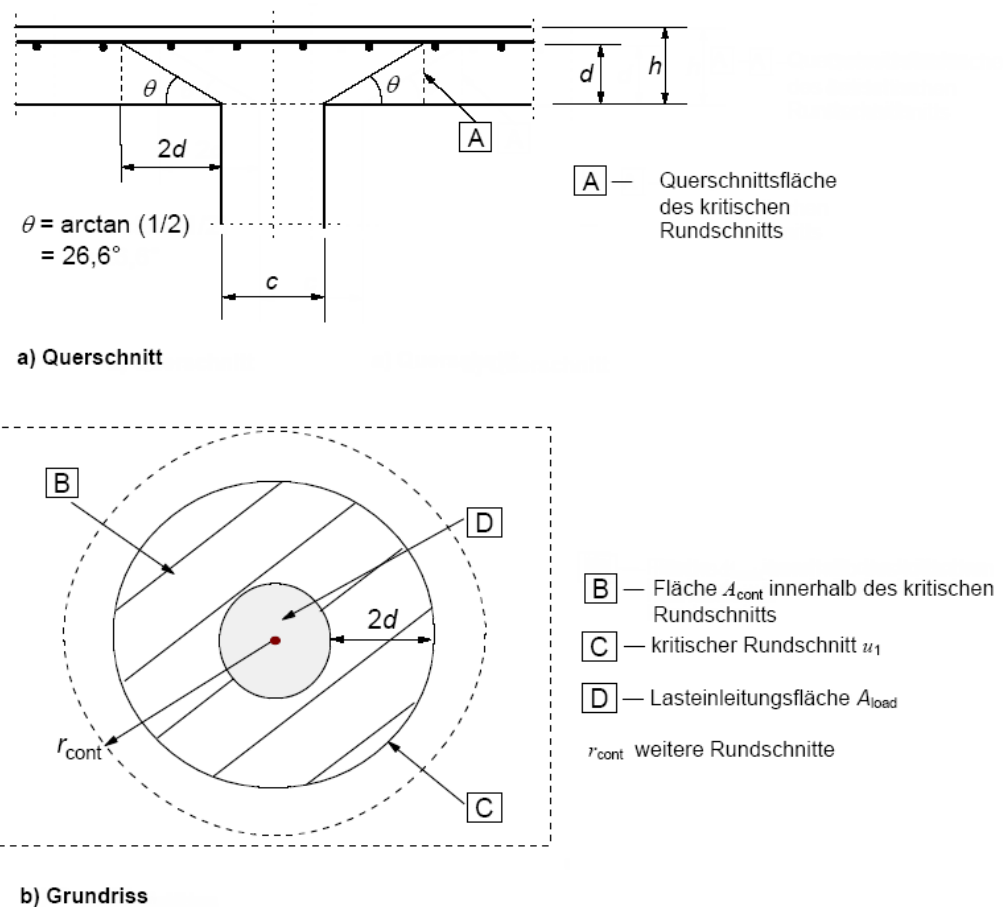


Bild 2.23: Bemessungsmodell mit Rundschnitt für Innenstütze nach [1]

Nach EN 1992-1-1 sind folgende Nachweise zu führen:

Nachweis bei Platten ohne Durchstanzbewehrung

- $\nu_{Ed} < \nu_{Rd,c}$

Der Bemessungswert des Durchstanzwiderstandes $\nu_{Rd,c}$ ohne Durchstanzbewehrung je Flächeneinheit muss größer oder gleich der einwirkenden Querkraft ν_{Ed} je Flächeneinheit im kritischen Rundschnitt u_1 sein.

Nachweis bei Platten und Fundamenten mit Durchstanzbewehrung

- $\nu_{Ed} < \nu_{Rd,max}$

Der Bemessungswert des maximalen Durchstanzwiderstandes $\nu_{Rd,max}$ je Flächeneinheit muss größer oder gleich der einwirkenden Querkraft ν_{Ed} je Flächeneinheit sein.

- $\nu_{Ed} < \nu_{Rd,cs}$

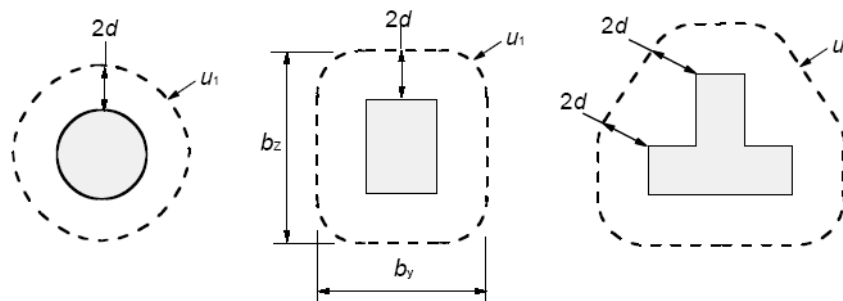
Der Bemessungswert des Durchstanzwiderstandes $\nu_{Rd,cs}$ der Durchstanzbewehrung je Flächeneinheit muss größer oder gleich der einwirkenden Querkraft ν_{Ed} je Flächeneinheit sein.

- $\nu_{Rd,c} \geq \nu_{Ed,out}$

Der Bemessungswert des Durchstanzwiderstandes $\nu_{Rd,c}$ ohne Durchstanzbewehrung je Flächeneinheit muss größer oder gleich der einwirkenden Querkraft $\nu_{Ed,out}$ je Flächeneinheit außerhalb des durchstanzbewehrten Bereichs im äußeren Rundschnitt u_{out} sein.

2.2.1.2 Lasteinleitung und Nachweisschnitte

Der kritische Rundschnitt u_1 darf im Allgemeinen in einem Abstand von $2,0 d$ von der Lasteinleitungsfläche angenommen werden. Er muss in der Regel einen möglichst geringen Umfang aufweisen.



Typische kritische Rundschnitte um Lasteinleitungsflächen

Bild 2.24: Typische Rundschnitte um Lasteinleitungsflächen



Rundschnitte in einem Abstand kleiner als $2,0 d$ sind in der Regel zu berücksichtigen, wenn der konzentrierten Last ein hoher Gegendruck (z. B. Sohldruck auf Fundament) oder die Auswirkungen einer Last oder einer Auflagerreaktion innerhalb eines Abstands von $2 d$ vom Rand der Lasteinleitungsfläche entgegenstehen.

Weitere Hinweise zur Begrenzung der Größe der Lasteinleitungsfläche nach DIN EN 1992-1-1 finden Sie auch im [Kapitel 2.2.1.2](#). Die im deutschen NA beschriebenen Grenzen für die Lasteinleitungsflächen werden im Allgemeinen bei der Berechnung nach EN 1992-1-1 angesetzt.

Die statische Nutzhöhe der Platte wird als konstant angenommen und darf im Allgemeinen nach [1] Gl. (6.32) wie folgt ermittelt werden:

$$d_{eff} = \frac{d_y + d_z}{2} \quad (2.1)$$

Für Lasteinleitungsflächen, deren Rand nicht weiter als $6d$ von Öffnungen entfernt ist, ist ein der Öffnung zugewandter Teil des betrachteten Rundschnitts als unwirksam zu betrachten. Dieser Umfangsabschnitt wird durch den Abstand der Schnittpunkte der Verbindungslinien mit dem betrachteten Rundschnitt nach folgendem Bild bestimmt.

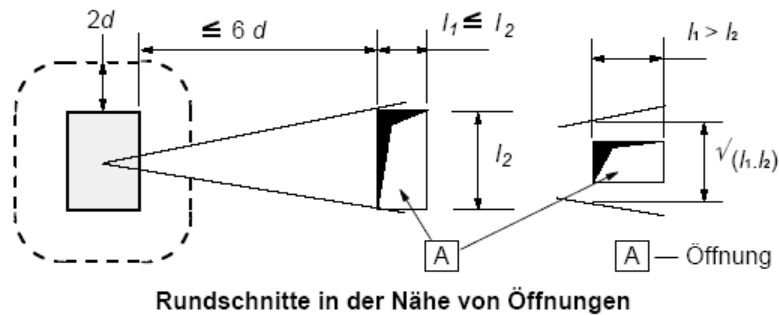


Bild 2.25: Rundschnitte – Öffnungen

Bei Lasteinleitungsflächen, die sich in der Nähe eines freien Randes oder einer freien Ecke befinden, ist in der Regel der kritische Rundschnitt wie folgt anzunehmen.

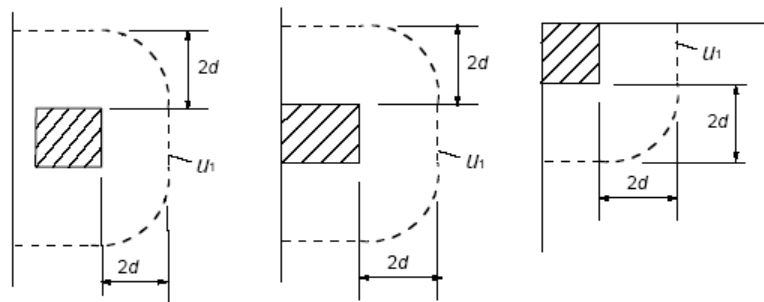


Bild 2.26: Rundschnitte – Ränder/Ecken

Der Nachweisquerschnitt ergibt sich entlang des kritischen Rundschnitts mit der statischen Nutzhöhe d . Bei Platten mit konstanter Dicke verläuft der Nachweisquerschnitt senkrecht zur Mittel Ebene der Platte. Bei Platten oder Fundamenten mit veränderlicher Dicke (gilt nicht für Stufenfundamente) darf als wirksame statische Nutzhöhe die am Rand der Lasteinleitungsfläche auftretende statische Nutzhöhe wie in Bild 2.27 dargestellt angenommen werden.

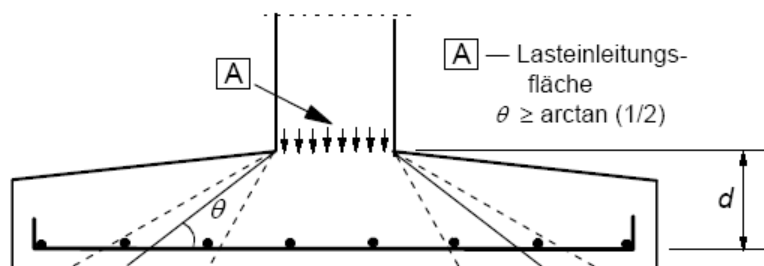


Bild 2.27: Rundschnitt in Fundament mit veränderlicher Dicke

Der Durchstanzwiderstand ist in der Regel am Stützenrand und entlang des kritischen Rundschnitts u_1 nachzuweisen. Wenn eine Durchstanzbewehrung erforderlich wird, ist ein weiterer Rundschnitt $u_{out,ef}$ zu ermitteln, in dem keine Durchstanzbewehrung mehr erforderlich ist.

Die äußerste Reihe der Durchstanzbewehrung darf in der Regel nicht weiter als $k \cdot d$ von $u_{\text{out,ef}}$ entfernt sein. Der empfohlene Wert für k ist 1,5. Die Berechnung von u_{out} ist im [Kapitel 2.2.1.5](#) beschrieben.

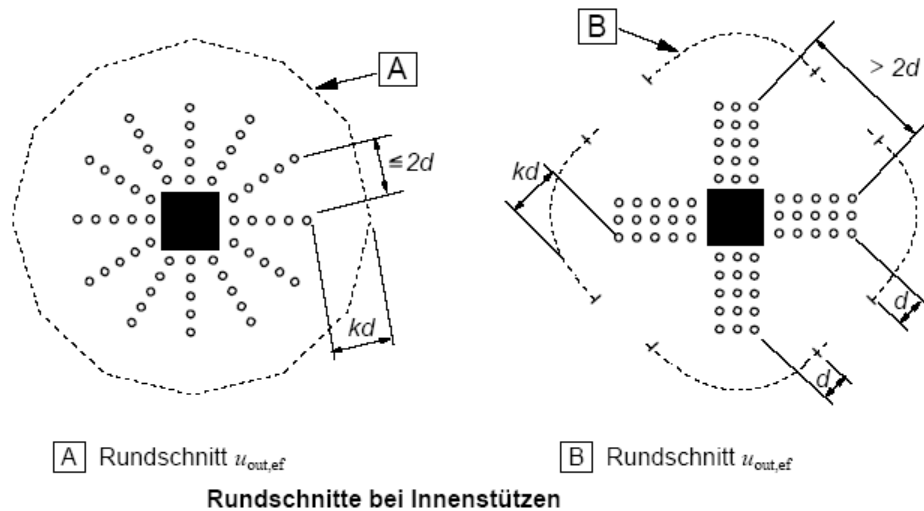


Bild 2.28: Äußerer Rundschnitt

2.2.1.3 Ermittlung der Beanspruchung

Bei der Ermittlung der maximal einwirkenden Querkraft je Flächeneinheit unterscheidet die Norm [1] zwischen der maximal einwirkenden Querkraft je Flächeneinheit für eine **Platte** gemäß Gl. (6.38) und der maximal einwirkenden Querkraft für ein **Stützenfundament** gemäß Gl. (6.49) bzw. Gl. (6.51).

Einwirkende Querkraft bei Platten

Für die Ermittlung der einwirkenden Querkraft ist der Bemessungswert der gesamten aufzunehmenden Querkraft V_{Ed} durch das Produkt aus Umfang u_1 des betrachteten Rundschnitts und mittlerer Nutzhöhe d zu teilen und mit dem Beiwert β zur Berücksichtigung der nicht rotations-symmetrischen Querkraftverteilung zu multiplizieren. Der Bemessungswert der einwirkenden Querkraft v_{Ed} je Flächeneinheit gemäß [1] Abschnitt 6.4.3 ist somit wie folgt:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d} \quad (2.2)$$

mit

V_{Ed} : Gesamte aufzunehmende Querkraft

u_1 : Umfang des kritischen Rundschnitts

d : Mittlere Nutzhöhe der Platte, die als $(d_y + d_z)/2$ angenommen werden darf

d_y, d_z : Statische Nutzhöhe der Platte in y- bzw. z-Richtung in der Querschnittsfläche des betrachteten Rundschnitts

β : Beiwert zur Berücksichtigung nichtrotationssymmetrischer Querkraftverteilung. Die Bestimmung des Beiwerts β ist unter Zugrundelegung einer vollplastischen Schubspannungsverteilung nach 6.4.3 (3) oder vereinfacht mit Näherungswerten nach [1] Bild 6.21 möglich (siehe folgende Seiten).

Beiwert β unter Berücksichtigung vollplastischer Schubspannungsverteilung

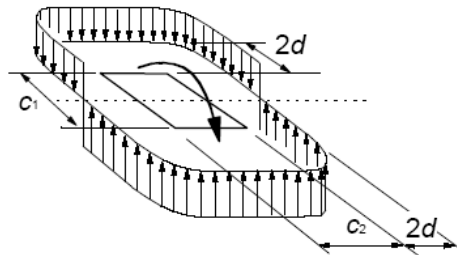
$$\beta = 1 + k \cdot \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1} \quad (2.3)$$

mit

- k : Beiwert infolge des Verhältnisses der Stützenabmessungen c_1 und c_2
- c_1 : Abmessung der Stütze parallel zur Lastausmitte (siehe folgendes Bild)
- c_2 : Abmessung der Stütze senkrecht zur Lastausmitte

Tabelle 6.1 — Werte für k bei rechteckigen Lasteinleitungsflächen

c_1/c_2	$\leq 0,5$	1,0	2,0	$\geq 3,0$
k	0,45	0,60	0,70	0,80



Querkraftverteilung infolge eines Kopfmoments einer Innenstütze

Bild 2.29: Werte für k

- u_1 : Umfang des kritischen Rundschnitts
- W_1 : $c_1^2/2 + c_1 \cdot c_2 + 4 c_2 \cdot d + 16 d^2 + 2 \pi \cdot d \cdot c_1$

Die Gleichung (6.39) nach [1] (CEN) ermittelt den Beiwert β für einachsige Ausmitte der Durchstanzlast. Der deutsche Nationale Anhang gibt in Gl. (NA.6.39.1) eine Lösung für eine zweiachsige Ausmitte vor, die im Programm auch für alle Nationalen Anhänge verwendet wird:

$$\beta = 1 + \sqrt{\left(k_x \frac{M_{Ed,x}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_{1,x}}\right)^2 + \left(k_y \frac{M_{Ed,y}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_{1,y}}\right)^2} \quad (2.4)$$

Beiwert β mittels Näherungswerten

Nach [1] Abschnitt 6.4.3 (6) dürfen bei Tragwerken, deren Stabilität gegen seitliches Ausweichen von der Rahmenwirkung zwischen Platte und Stütze unabhängig ist und bei denen sich die Längen der angrenzenden Felder nicht um mehr als 25 % unterscheiden, folgende Näherungswerte für β verwendet werden:

- $\beta = 1,0$ (Innenstütze)
- $\beta = 1,4$ (Randstütze)
- $\beta = 1,5$ (Eckstütze)

Dabei handelt es sich um die empfohlenen Werte. Die landesspezifischen β -Werte können den Nationalen Anhängen entnommen werden.

Ob diese Näherungswerte verwendet werden dürfen, muss der Benutzer für jeden Durchstanzknoten selbst entscheiden, da das Programm oben beschriebenen Voraussetzungen nicht überprüfen kann. Diese Entscheidung ist in Maske 1.5 Durchstanzknoten zu treffen (siehe Bild 2.30).

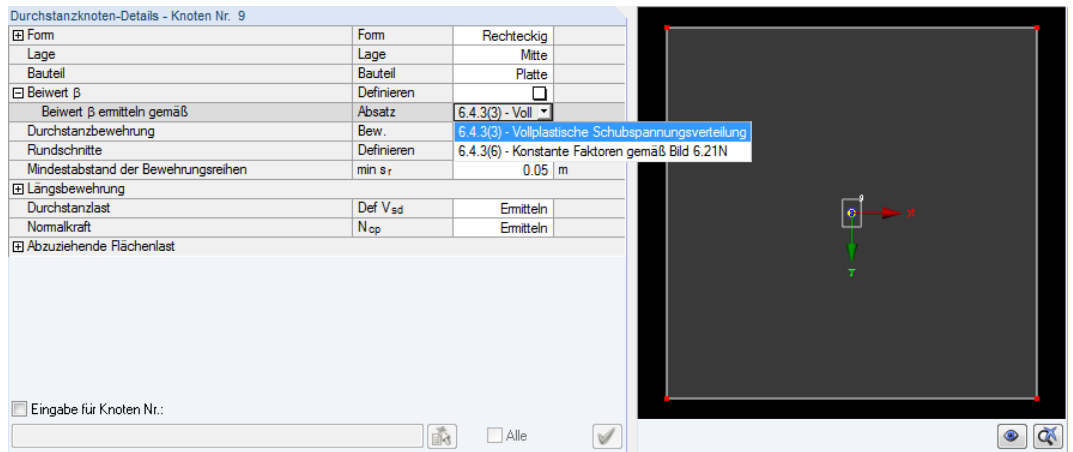


Bild 2.30: Auswahl des Bewerts β in Maske 1.5 Durchstanzknoten

Einwirkende Querkraft bei Stützenfundamenten

Die Querkrafttragfähigkeit von Stützenfundamenten ist in der Regel in kritischen Rundschnitten innerhalb von $2d$ vom Stützenrand nachzuweisen. Die Lage dieses kritischen Rundschnittes ist iterativ zu ermitteln.

Die Ermittlung der Querkraft gemäß [1] Abschnitt 6.4.4 (2) ist von der Belastungsart abhängig.

Zentrische Belastung

$$v_{Ed} = \frac{V_{Ed,red}}{u \cdot d} \quad (2.5)$$

mit

V_{Ed} : Einwirkende Querkraft

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

ΔV_{Ed} : Resultierende, nach oben gerichtete Kraft innerhalb des Rundschnitts (der nach oben gerichtete Sohldruck abzüglich der Fundamenteigenlast)

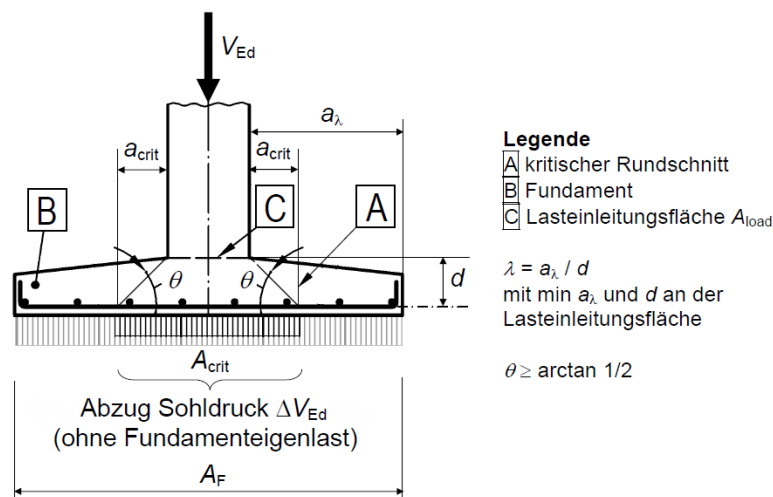


Bild 2.31: Kritischer Rundschnitt und Abzug Sohlpression bei Fundamenten

Exzentrische Belastung

$$v_{Ed} = \frac{V_{Ed,red}}{u \cdot d} \left(1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed,red}} \cdot \frac{u}{W} \right) \quad (2.6)$$

Der in Klammern gesetzte Teil der Gleichung repräsentiert den Lasterhöhungsfaktor β .

2.2.1.4 Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung

Der Durchstanzwiderstand für **Platten** oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung ermittelt sich gemäß [1] Abschnitt 6.4.4 (1) wie folgt:

$$\nu_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \sigma_{cp} \geq \nu_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \quad (2.7)$$

mit

$$C_{Rd,c} : \frac{0,18}{\gamma_c}$$

$$k : 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \quad \text{mit } d \text{ in [mm]}$$

$$\rho_l : \sqrt{\rho_{l,z} \cdot \rho_{l,y}} \leq 0,02$$

$\rho_{l,z}, \rho_{l,y}$: Bewehrungsgrad bezogen auf verankerte Zugbewehrung in z- bzw. y-Richtung

f_{ck} : Charakteristische Betondruckfestigkeit in [N/mm²]

$$k_1 : 0,1$$

$$\sigma_{cp} : \frac{\sigma_{c,y} + \sigma_{c,z}}{2}$$

Betonnormalspannungen in y- und z-Richtung im kritischen Querschnitt in

[N/mm²], für Druck positiv: $\sigma_{c,y} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{c,y}}$ und $\sigma_{c,z} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{c,z}}$

$$\nu_{\min} : 0,035 k^{\frac{2}{3}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \quad \text{siehe [1] Gl. (6.3N)}$$

Die Querkraftfähigkeit eines **Stützenfundaments** ohne Durchstanzbewehrung ist nach [1] Abschnitt 6.4.4 (2) zu bestimmen.

$$\nu_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot 2 \frac{d}{a} \geq \nu_{\min} \cdot 2 \frac{d}{a} \quad (2.8)$$

mit

a : Abstand vom Stützenrand zum betrachteten Rundschnitt

d : Mittlere Nutzhöhe der Platte, die als $(d_y + d_z)/2$ angenommen werden darf

Ob eine Durchstanzbewehrung erforderlich ist, hängt davon ab, ob der Durchstanzwiderstand $\nu_{Rd,c}$ größer ist als die maximal einwirkende Querkraft ν_{Ed} je Flächeneinheit. Erweist sich $\nu_{Rd,c}$ als größer, so ist der Nachweis erfüllt und das Programm beendet die Bemessung erfolgreich. Ist jedoch $\nu_{Rd,c}$ kleiner als ν_{Ed} , dann ist eine Durchstanzbewehrung erforderlich.

Wenn der Benutzer vorgegeben hat, dass die Längsbewehrung für den Durchstanznachweis ausgelegt werden kann, vergrößert das Programm schrittweise den Längsbewehrungsgrad durch eine Erhöhung der Längsbewehrung. Sollte der Durchstanzwiderstand $\nu_{Rd,c}$ ohne Durchstanzbewehrung selbst bei maximal zulässigem Längsbewehrungsgrad immer noch kleiner sein als die maximal einwirkende Querkraft ν_{Ed} je Flächeneinheit, so ist eine Durchstanzbewehrung unumgänglich.

Der Nachweis ohne Durchstanzbewehrung ist in folgendem Ablaufdiagramm dargestellt.

In **Bild 2.32** werden folgende Abkürzungen verwendet:

ν_{Ed} : Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit

$\nu_{Rd,c}$: Durchstanzwiderstand je Flächeneinheit

$\nu_{Rd,c,\min}$: Minstdurchstanzwiderstand nach [1] Gl. (6.3N)

$\rho_{l,\text{prov}}$: Definierter Längsbewehrungsgrad

$\rho_{l,\text{req}}$: Erforderlicher Längsbewehrungsgrad

$\rho_{l,\text{req},\nu_{Rd,c}}$: Erforderlicher Längsbewehrungsgrad zur Sicherstellung von $\nu_{Rd,c}$

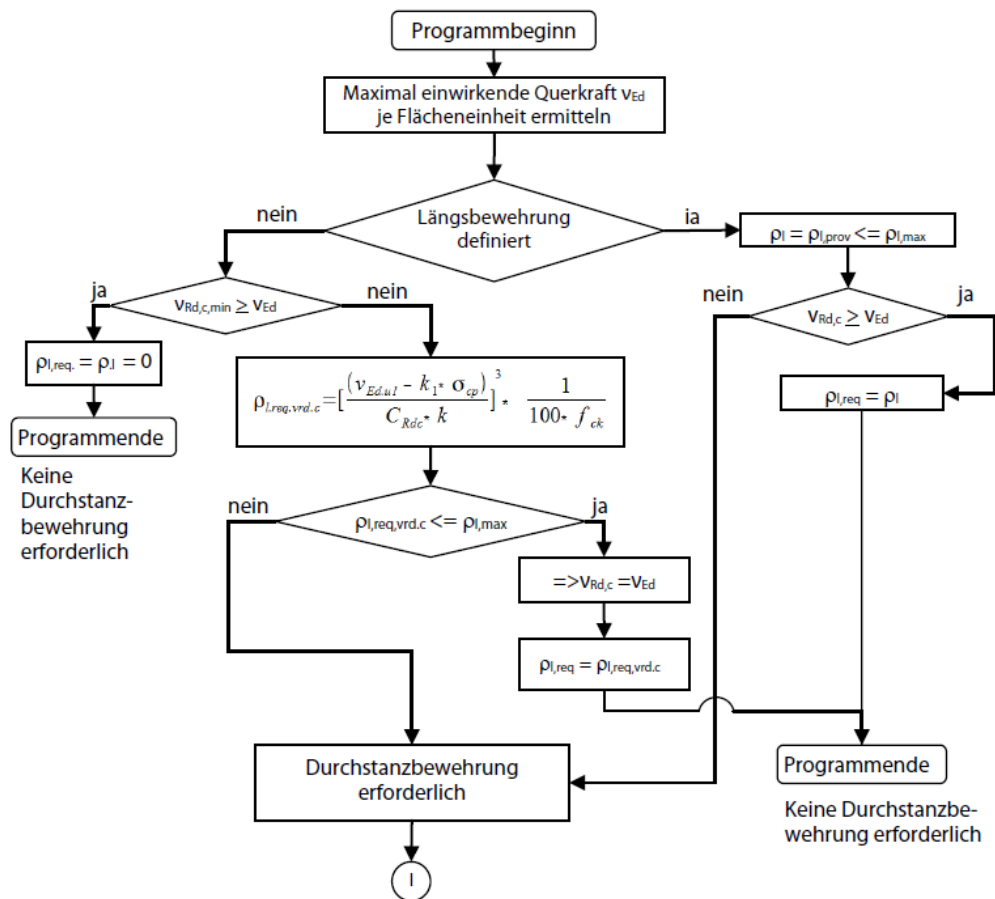


Bild 2.32: Programmablaufplan ohne Durchstanzbewehrung

2.2.1.5 Durchstanzwiderstand mit Durchstanzbewehrung

Ist eine Durchstanzbewehrung laut Benutzereinstellung zulässig, so sind für die Platte zwei Nachweise zu führen:

- Nachweis des maximalen Durchstanzwiderstandes ($\nu_{Rd,max} \geq \nu_{Ed}$)
- Nachweis des Durchstanzwiderstandes mit Durchstanzbewehrung ($\nu_{Rd,cs} \geq \nu_{Ed}$)

Der Nachweis des maximalen Durchstanzwiderstandes $\nu_{Rd,max}$ wird nicht am kritischen Rundschnitt, sondern gemäß [1] Abschnitt 6.4.5 (3) am Stützenanschnitt geführt.

Die maximal einwirkende Querkraft je Flächeneinheit ν_{Ed} an der Lasteinleitungsfläche ermittelt sich nach [1] Gl. (6.53) wie folgt:

$$\nu_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_0 \cdot d} \leq \nu_{Rd,max} \quad (2.9)$$

mit

β : Beiwert wie für maximale Querkraft des kritischen Rundschnitts (siehe Kapitel 2.2.1.3)

u_0 : für Innenstütze $u_0 =$ umfassender minimaler Umfang

für Randstütze $u_0 = c_2 + 3d \leq c_2 + 2c_1$

für Eckstütze $u_0 = 3d \leq c_1 + c_2$

c_1, c_2 Stützenabmessungen nach [1] Bild 6.20

Der maximale Durchstanzwiderstand $\nu_{Rd,max}$ ist dem Nationalen Anhang zu entnehmen. Der empfohlene Wert ist:

$$\nu_{Rd,max} = 0,4 \nu \cdot f_{cd}$$

mit

$$\nu = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) : \text{ mit } f_{ck} \text{ in [N/mm}^2\text{]}$$

$$f_{cd} : \text{ Bemessungswert der Betondruckfestigkeit in [N/mm}^2\text{]}$$

Nach [1] CEN kann kein Einfluss auf den maximalen Durchstanzwiderstand $\nu_{Rd,max}$ durch eine Erhöhung der Längsbewehrung genommen werden. Einige Nationalen Anhänge jedoch sehen eine solche Möglichkeit vor (siehe [Kapitel 2.2.2](#) für deutschen Anhang).

Der Programmablaufplan für [1] CEN zum Nachweis des maximalen Durchstanzwiderstandes $\nu_{Rd,max}$ sieht wie folgt aus:

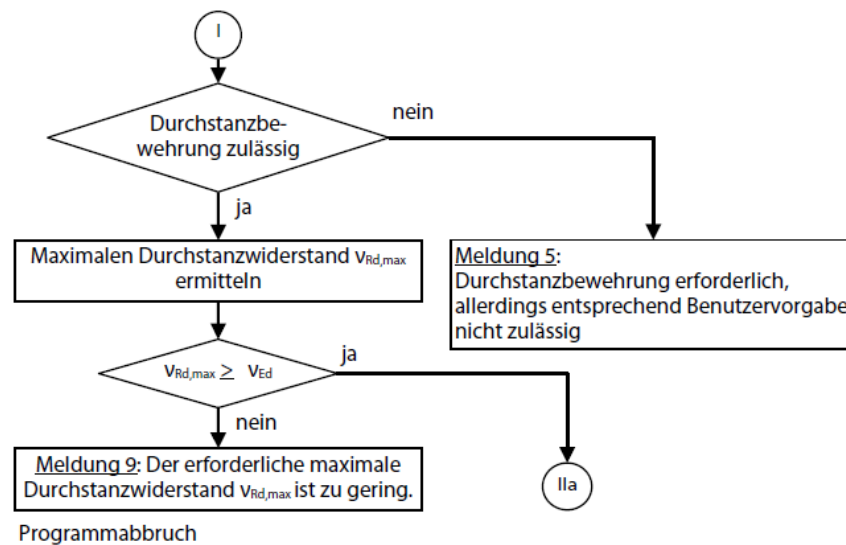


Bild 2.33: Programmablaufplan mit Durchstanzbewehrung

Wie der Ablaufplan zeigt, wird als Erstes untersucht, ob der Benutzer eine Durchstanzbewehrung zugelassen hat. Anschließend wird der maximale Durchstanzwiderstand $\nu_{Rd,max}$ ermittelt. Falls dieser kleiner ist als die maximal einwirkende Querkraft ν_{Ed} je Flächeneinheit, ist die Bemessung zu Ende.

Ist $\nu_{Rd,max}$ größer als ν_{Ed} , so kann die erforderliche Durchstanzbewehrung A_{sw} in einem Rundschnitt um die Stütze aus [1] Gl. (6.52) bestimmt werden.

$$\text{erf } A_{sw} = \frac{(\nu_{Ed} - 0,75 \nu_{Rd,c}) \cdot u_1 \cdot d}{1,5 \frac{d}{s_r} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \sin \alpha} \quad \text{in [mm}^2\text{]}$$

mit

ν_{Ed} : Maximal einwirkende Querkraft je Flächeneinheit im kritischen Rundschnitt

s_r : Radialer Abstand der Durchstanzbewehrungsreihen in [mm]

$f_{ywd,ef}$: Wirksamer Bemessungswert der Streckgrenze der Durchstanzbewehrung

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25 d \leq f_{ywd} \quad \text{in [N/mm}^2\text{]}$$

u_1 : Umfang des kritischen Rundschnitts in [mm]

α : Winkel zwischen Durchstanzbewehrung und Plattenebene

Minstdurchstanzbewehrung

Die EN 1992-1-1 sieht eine Minstdurchstanzbewehrung vor: Gemäß Abschnitt 9.4.3 (2) gilt, dass eine erforderliche Durchstanzbewehrung nicht kleiner sein darf als folgender Wert:

$$A_{sw,min} \geq \frac{0,08 \sqrt{\frac{f_{ck}}{f_{yk}}}}{1,5 \sin \alpha + \cos \alpha} \cdot s_r \cdot s_t \quad (2.10)$$

mit

- α : Winkel zwischen Durchstanzbewehrung und Hauptbewehrung
(bei vertikalen Bügeln: $\alpha = 90^\circ$ und $\sin \alpha = 1$)
- s_r : Abstand der Bügel der Durchstanzbewehrung in radialer Richtung
- s_t : Abstand der Bügel der Durchstanzbewehrung in tangentialer Richtung
- f_{ck} : Betondruckfestigkeit in [N/mm²]

Der Bemessungswert des Durchstanzwiderstandes je Flächeneinheit bei einer Platte mit Durchstanzbewehrung ermittelt sich nach [1] Gleichung (6.52) wie folgt:

$$\nu_{Rd,cs} = 0,75 \nu_{Rd,c} + 1,5 \frac{d}{s_r} \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \frac{1}{u_1 \cdot d} \cdot \sin \alpha \leq k_{max} \cdot \nu_{Rd,c} \quad (2.11)$$

mit

- d : Mittelwert der statischen Nutzhöhen in den orthogonalen Richtungen in [mm]
- u_1 : Umfang des kritischen Rundschnitts
- s_r : Radialer Abstand der Durchstanzbewehrungsreihen in [mm]
- A_{sw} : Durchstanzbewehrung in einer Bewehrungsreihe um die Stütze in [mm²]
- $f_{ywd,ef}$: Wirksamer Bemessungswert der Streckgrenze der Durchstanzbewehrung
 $f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d \leq f_{ywd}$ in [N/mm²]
- α : Winkel zwischen Durchstanzbewehrung und Plattenebene
- k_{max} : Faktor zur Begrenzung der Maximaltragfähigkeit, die durch Anwendung einer Durchstanzbewehrung erreicht werden kann
- $\nu_{Rd,c}$: Durchstanzwiderstand nach [1] Abschnitt 6.4.4

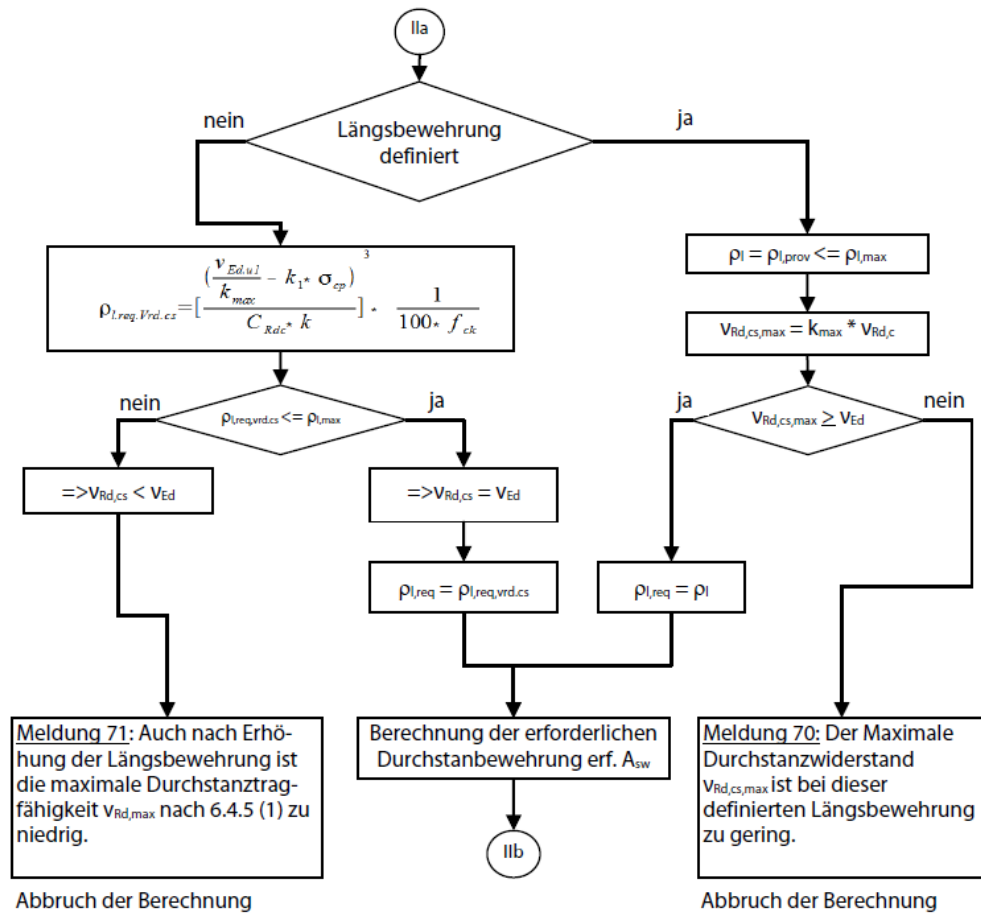


Bild 2.34: Programmablaufplan zur Berechnung der Durchstanzbewehrung

Folgendes Ablaufdiagramm zeigt die Berechnung der erforderlichen Durchstanzbewehrung.

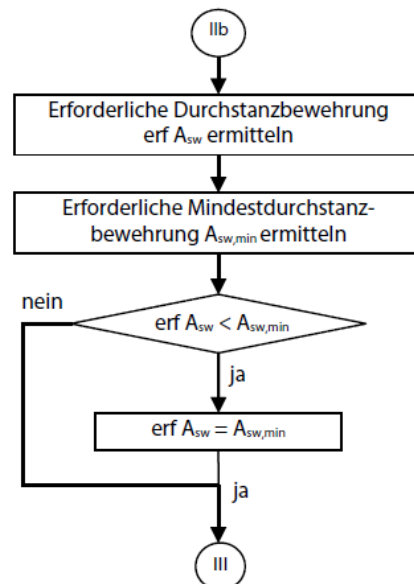


Bild 2.35: Programmablaufplan zur Berechnung der erforderlichen Durchstanzbewehrung

Da nach [1] die erforderliche Durchstanzbewehrung stets im kritischen Rundschnitt ermittelt wird, ist der Programmablauf für lotrechte und für geneigte Durchstanzbewehrung identisch.

Der erste innere Rundschnitt kann gemäß [1] in einem Abstand von $0,5 d$ angelegt werden. Der durchstanzbewehrte Bereich endet in einem Abstand von $1,5 d$ vom äußeren Rundschnitt. Er ist nach den Regeln des Abschnitts 6.4.5 (4) zu bestimmen. Der Umfang $u_{\text{out,ef}}$ des äußeren Rundschnitts ermittelt sich wie folgt:

$$u_{\text{out,ef}} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{\nu_{Rd,c} \cdot d} \quad (2.12)$$

Innerhalb des durchstanzbewehrten Bereichs können die Zwischenabstände der Durchstanzreihen bis zu einem Maximalwert beliebig angeordnet werden. Um die Lage des äußeren Rundschnitts zu bestimmen, gibt es zwei Möglichkeiten:

- Der Benutzer gibt den äußeren Rundschnitt über den Abstand l_{wa} vor.
- Der äußere Rundschnitt ergibt sich durch iterative Ermittlung.

Benutzerdefinierte Vorgabe des äußeren Rundschnitts

In [1] Abschnitt 9.4.3 (4) und Bild 9.10 ist vorgeschrieben ist, dass der erste innere Rundschnitt im Abstand von $0,3 d$ bis $0,5 d$ und der äußere Rundschnitt im Abstand von $1,5 d$ vom letzten inneren Rundschnitt zu führen ist. Daher kann bei einem vorgegebenen Abstand l_{wa} des äußeren Rundschnitts der verbleibende Abstand x berechnet werden. Der Abstand des ersten bewehrten Rundschnitts wird dabei mit $0,5 d$ angenommen.

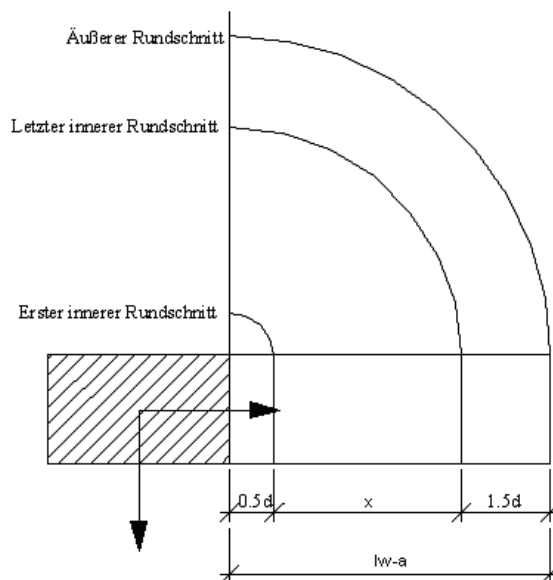


Bild 2.36: Rundschnitte

Der Abstand x berechnet sich wie folgt:

$$x = l_{wa} - 2d$$

Ist x kleiner null, so ist der benutzerdefinierte Abstand des äußeren Rundschnittes zu gering. Dies wird vor der Berechnung überprüft. Eine Berechnung findet dann nicht statt. Falls x gleich null ist, fallen erster und letzter innerer Rundschnitt zusammen; es sind keine weiteren inneren Rundschnitte möglich.

Ist x größer null, so ist zu klären, wie viele innere Rundschnitte untergebracht werden sollen. Hier gibt es drei Varianten:

1. Der Benutzer hat die Anzahl n_i und die Lage jedes einzelnen inneren Rundschnitts über den Abstand l_{wi} zur Lasteinleitungsfläche vorgegeben.
2. Der Benutzer hat die Anzahl n_i der Rundschnitte vorgegeben, nicht jedoch deren Lage.
3. Der Benutzer hat weder Anzahl noch Lage der Rundschnitte vorgegeben.

Variante 1 – Anzahl und Lage vorgegeben

Die Lage der inneren Rundschnitte ist klar definiert. Es muss noch kontrolliert werden, ob folgende Vorschriften der EN 1992-1-1 eingehalten sind:

- Der Abstand des ersten inneren Rundschnitts beträgt gemäß [1] Abschnitt 9.4.3 (4) und Bild 9.10 zwischen $0,3 d$ und $0,5 d$.
- Der Abstand der inneren Rundschnitte untereinander überschreitet nicht den zulässigen Höchstabstand gemäß [1] Abschnitt 9.4.3 (1) von $0,75 d$.
- Da auch der Abstand l_{wa} des äußeren Rundschnitt feststeht, ist zu überprüfen, ob sich zwischen dem letzten inneren Rundschnitt und dem äußeren Rundschnitt ein Abstand von $1,5 d$ befindet.

Variante 2 – Anzahl vorgegeben, Lage unbestimmt

Bei vorgegebener Anzahl der inneren Rundschnitte und vorgegebenem Abstand des äußeren Rundschnitts ist zu ermitteln, wie groß der Abstand zwischen den inneren Rundschnitten ist. Dieser Abstand ist konstant für alle Rundschnitte.

$$s_{r,i} = \frac{x}{n_i - 1}$$

Variante 3 – Anzahl und Lage unbestimmt

Die Anzahl der inneren Rundschnitte n_i erhält man hier, indem der verbleibende Abstand x durch den maximalen Abstand $s_{r,max} = 0,75 d$ geteilt wird.

$$n_i = \frac{x}{s_{r,max}}$$

Die Anzahl der so ermittelten inneren Rundschnitte ist nur zufallsbedingt ganzzahlig. Deshalb wird die gefundene Anzahl n_i aufgerundet. Nach [1] Abschnitt 9.4.3 (1) muss n_i mindestens den Wert 2 haben. Mit dieser aufgerundeten Anzahl n_i ergibt sich folgender konstante Abstand s_r der inneren Rundschnitte:

$$s_r = \frac{x}{n_i}$$

Iterative Ermittlung des äußeren Rundschnitts

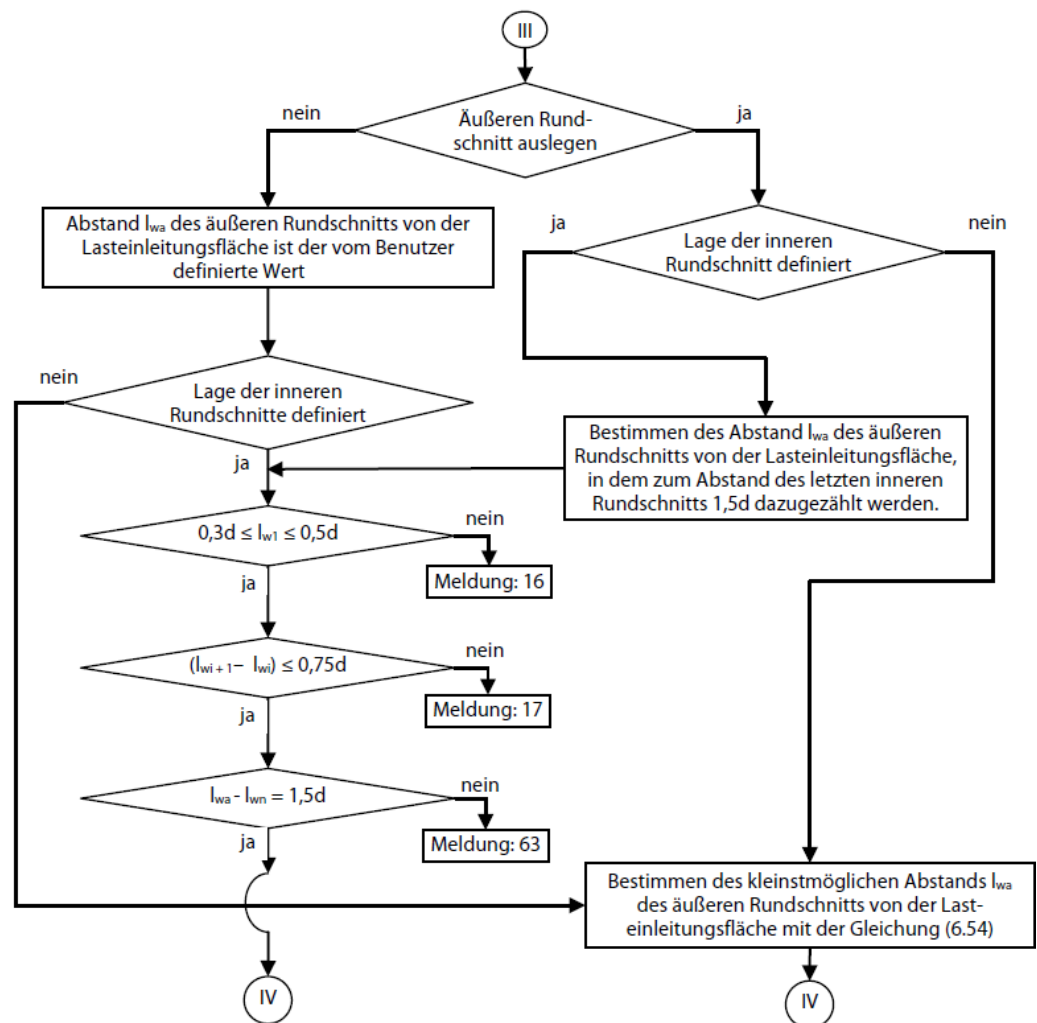
Ist die Lage des äußeren Rundschnitts nicht benutzerdefiniert vorgegeben, ermittelt RF-STANZ Pro die optimale Lage des äußeren Rundschnitts iterativ.

Die Lage des äußeren Rundschnitts lässt sich aus dem Umfang desselbigen bestimmen. Der äußere Rundschnitt, für den keine Durchstanzbewehrung mehr erforderlich ist, wird nach [1] Gleichung (6.54) ermittelt (siehe [Gleichung 2.12](#)).

Die Lage der inneren Rundschnitte ermittelt sich danach wie oben unter den Varianten bei benutzerdefinierter Vorgabe des äußeren Rundschnitts beschrieben.

Der Vollständigkeit halber muss noch erwähnt werden, dass bei benutzerdefinierter Lage der inneren Rundschnitte (Variante 1) natürlich keine Ermittlung der optimalen Lage des äußeren Rundschnitts stattfindet. Er wird dann im Abstand von $1,5 d$ vom letzten inneren Rundschnitt angeordnet.

Folgender Programmablaufplan zeigt die oben beschriebenen Möglichkeiten mit den drei Varianten.



Meldung: 16
Der Abstand des ersten inneren Rundschnitts ist zu groß definiert
Programmabbruch

Meldung: 17
Der Abstand zwischen zwei definierten Rundschnitten ist zu groß
Programmabbruch

Meldung: 63
Für die Analyse der Durchstanzbewehrung wurden zu wenige innere Rundschnitte definiert. Der Abstand der letzten Reihe der Durchstanzbewehrung und des äußeren Rundschnitts ist größer als $1,5 \cdot d$. Überprüfen Sie bitte die Eingabedaten in der Tabelle 1.5.
Programmabbruch

Bild 2.37: Programmablaufplan für Ermittlung der Rundschnitte

Im linken Teil des Ablaufplans findet die Kontrolle der benutzerdefinierten Abstände der inneren Rundschnitte untereinander bzw. zur Lasteinleitungsfläche oder zum äußeren Rundschnitt statt. Im rechten Teil wird die wirtschaftlichste Lage des äußeren Rundschnitts bestimmt.

Wenn die Lage der inneren Rundschnitte nicht definiert wurde, geht RF-STANZ Pro nach folgendem Ablaufplan vor.

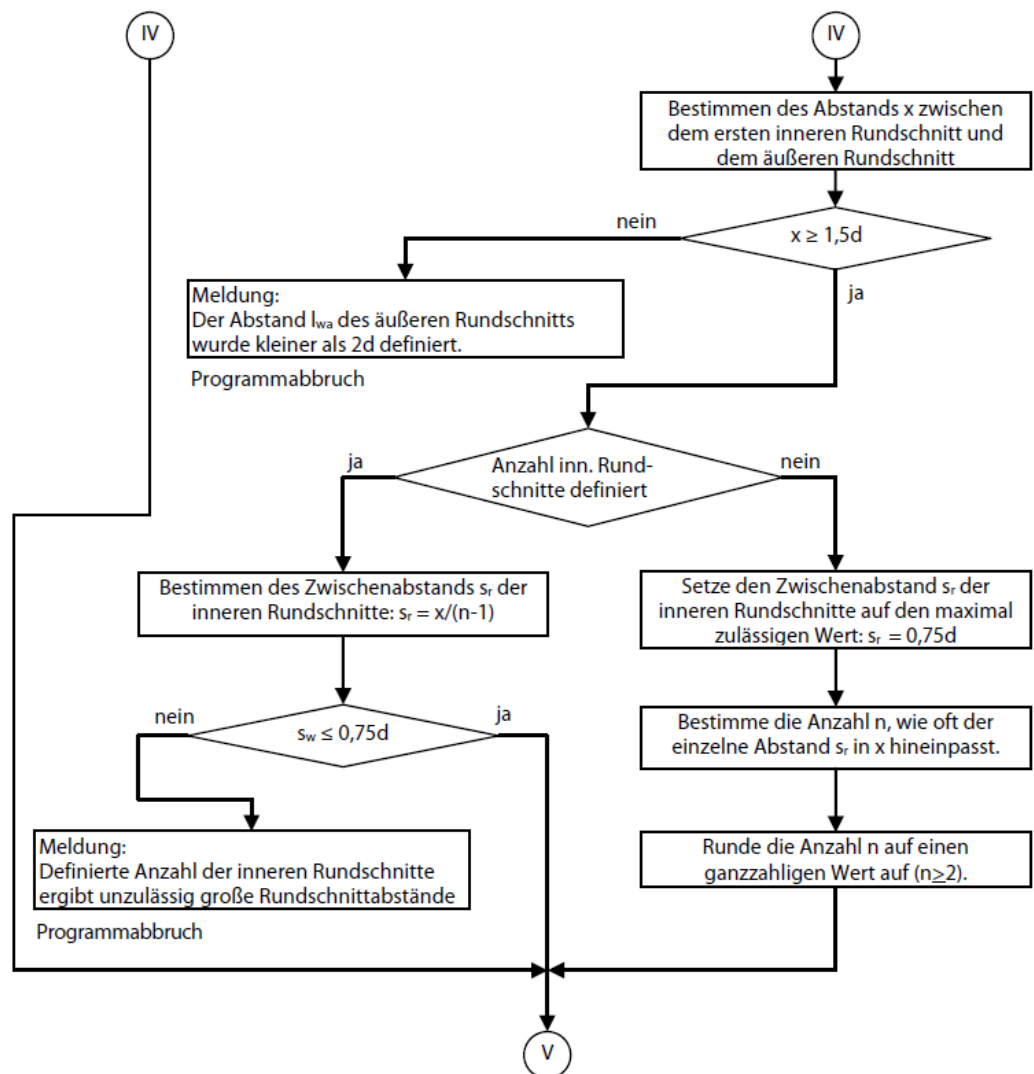
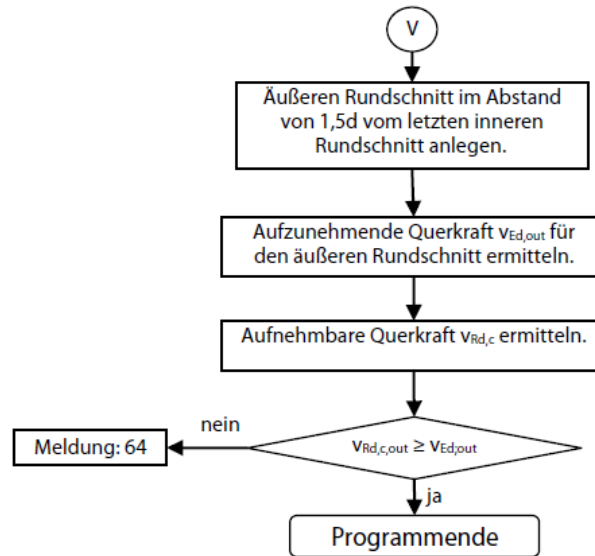


Bild 2.38: Programmablaufplan für innere Rundschnitte

Aus der Anzahl und den Abständen der inneren Rundschnitte kann nun die erforderliche Durchstanzbewehrung in den einzelnen Rundschnitten bestimmt werden. Zuletzt wird ein äußerer Rundschnitt angelegt und der Nachweis der Querkrafttragfähigkeit $1/E_{d,out}$ außerhalb des durchstanzbewehrten Bereichs geführt.

Der letzte Teil des Programms läuft wie in folgendem Bild dargestellt ab.



Meldung : 64
 Der benutzerdefinierte Abstand vom äußersten Rundschnitt zur der Lasteinleitungsfläche ist zu klein.
 Überprüfen Sie bitte die Eingabedaten in der Tabelle 1.5.

Programmabbruch

Bild 2.39: Programmablaufplan für Ermittlung der Durchstanzbewehrung

Ist $v_{Rd,out} > v_{Ed,out}$, so ist die Bedingung nach [1] Gleichung (6.54) nicht erfüllt. Gemäß der Meldung Nr. 64 muss in diesem Fall der definierte Abstand des äußeren Rundschnitts $l_{w,out}$ in Maske 1.5 überprüft werden. Wenn die Lage des äußeren Rundschnitts vom Programm festgelegt wird, ergibt sich das Verhältnis von $v_{Rd,out}$ zu $v_{Ed,out}$ aus der iterativen Ermittlung des äußeren Rundschnitts wie auf Seite 29 beschrieben.

2.2.1.6 Durchstanznachweis bei beidseitiger Lastwirkung

Liegen an einem Knoten Durchstanzlasten vor, von denen eine die durchstanzende Wirkung zur Plattenoberseite und die andere zur Plattenunterseite hat, so sind beide separat nachzuweisen. Beim Nachweis der Mindestmomente kann die umhüllende Längsbewehrung als der jeweils größte Bewehrungsquerschnitt pro Plattenseite als Lösung ermittelt werden. Im Falle der Durchstanzbewehrung ist dies nur unter Einschränkungen denkbar.

Folgende Abbildung zeigt die Ausbildung des Druckgewölbes bei einem Lastangriff von der Plattenoberseite bzw. der Plattenunterseite.

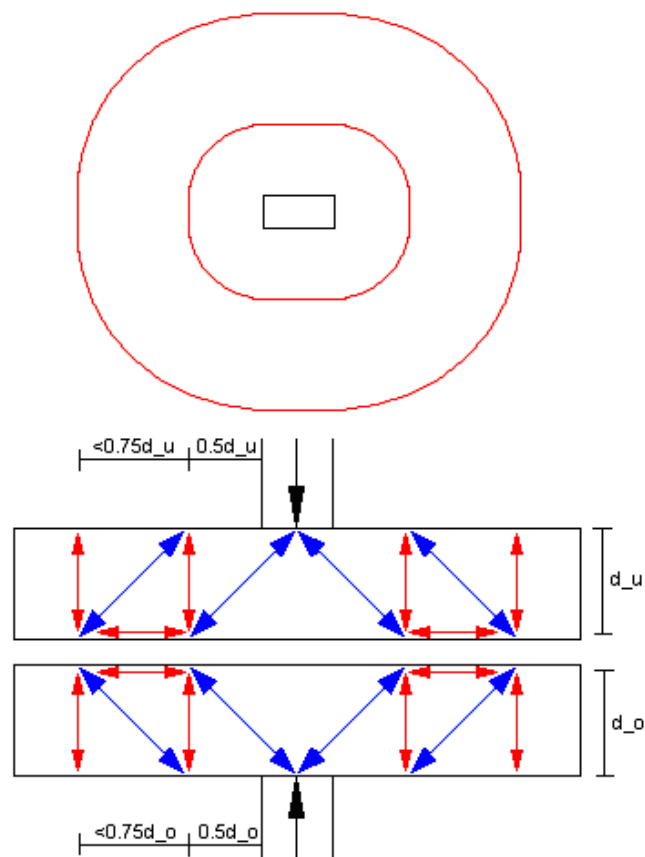


Bild 2.40: Druckgewölbe bei beidseitiger Lastwirkung

Für die Zugstreben, die sich aus der Belastung an der Plattenoberseite ergeben, wird eine vertikale Durchstanzbewehrung für jeden inneren Rundschnitt bestimmt. Das gleiche geschieht für die inneren Rundschnitte aus der Belastung an der Plattenunterseite.

Unter der Voraussetzung, dass die inneren Rundschnitte für die Belastung an Ober- und Unterseite im gleichen Abstand von der Lasteinleitungsfläche liegen, könnte die dort einzulegende Durchstanzbewehrung verglichen und nur die größere Bewehrung als umhüllende Lösung bestimmt werden. Die inneren Rundschnitte liegen aber nur dann in einem gleichen Abstand von der Lasteinleitungsfläche, wenn die statische Höhe für Ober- und Unterseite identisch ist.

Da nicht davon ausgegangen werden kann, dass die statische Höhe für die Durchstanzlast von oben bzw. unten identisch ist, bestimmt RF-STANZ Pro zunächst eine Hauptlast und eine Nebenlast. Falls aus dem Nachweis der Querkrafttragfähigkeit eine Durchstanzbewehrung nach [1] Abschnitt 6.4.5 erforderlich ist, wird diese nur für die Hauptlast ermittelt. Die Nebenlast ist rein durch die Längsbewehrung abzudecken.

2.2.2 EN 1992-1-1/NA:2013-04 (Nationaler Anhang DIN)

Der deutsche Nationale Anhang (NA) ändert oder ergänzt bestimmte Teile der EN 1992-1-1 [1]. In diesem Kapitel werden die wichtigsten Unterschiede vorgestellt.

2.2.2.1 Nachweis der Mindestmomente nach [1] 6.4.5 (NA.6)

Zur Sicherstellung der Querkrafttragfähigkeit sind die Platten im Stützenbereich für das Mindestmoment m_{Ed} zu bemessen. Nach DIN EN 1992-1-1 [2] dürfen weder der Gesamtbewehrungsgrad noch der Zug- und Druckbewehrungsgrad einen bestimmten Anteil der Querschnittsfläche nicht überschreiten. Daher wird überprüft, ob der Zugbewehrungsgrad von $A_{s,max}$ gemäß Abschnitt 9.2.1.1 (3) eingehalten ist. Für die Druckbewehrung muss ebenfalls der die Bedingung gemäß Abschnitt 9.2.1.1 (3) erfüllt sein. Ist dies nicht der Fall, beendet das Programm die Bemessung mit einer Fehlermeldung.

Nach Abschnitt (NA.6) sollten folgende Mindestmomente je Längeneinheit angesetzt werden:

$$m_{Ed,x} = \eta_x \cdot V_{Ed} \quad \text{und} \quad m_{Ed,y} = \eta_y \cdot V_{Ed} \quad (2.13)$$

mit

V_{Ed} : Aufzunehmende Querkraft

η_x, η_y : Momentenbeiwerte nach [Tabelle 2.1](#) für x- und y-Richtung (siehe [Bild 2.41](#)).

Die Mindestmomente sollten mit der in [Tabelle NA.6.1.1](#) angegebenen Breite angesetzt werden:

Zeile	Spalte Lage der Stütze	η_x		Anzu- setzende Breite ^b	η_y		Anzu- setzende Breite ^b
		Zug an der Platten- oberseite	Zug an der Platten- unterseite		Zug an der Platten- oberseite	Zug an der Platten- unterseite	
		1	Innenstütze		0,125	0	
2	Randstütze, Rand „x“ ^a	0,25	0	$0,15 l_y$	0,125	0,125	(je m Platten- breite)
3	Randstütze, Rand „y“ ^a	0,125	0,125	(je m Platten- breite)	0,25	0	$0,15 l_x$
4	Eckstütze	0,5	0,5	(je m Platten- breite)	0,5	0,5	(je m Platten- breite)

Tabelle 2.1: Momentenbeiwerte und Verteilungsbreite der Mindestlängsbewehrung ([Tabelle NA6.1.1](#))

Die Anmerkungen in [Tabelle 2.1](#) bedeuten:

- Definition der Ränder und der Stützenabstände l_x und l_y gemäß [Bild 2.41](#)
- Breite gemäß [Bild 2.41](#)

Die **Plattenoberseite** bezeichnet die der Lasteinleitungsfläche gegenüberliegende Seite der Fläche, die **Plattenunterseite** diejenige Seite, auf der die Lasteinleitungsfläche liegt.

Das folgende [Bild 2.41](#) zeigt die Bereiche für den Ansatz der Mindestbiegemomente $m_{Ed,x}$ und $m_{Ed,y}$.

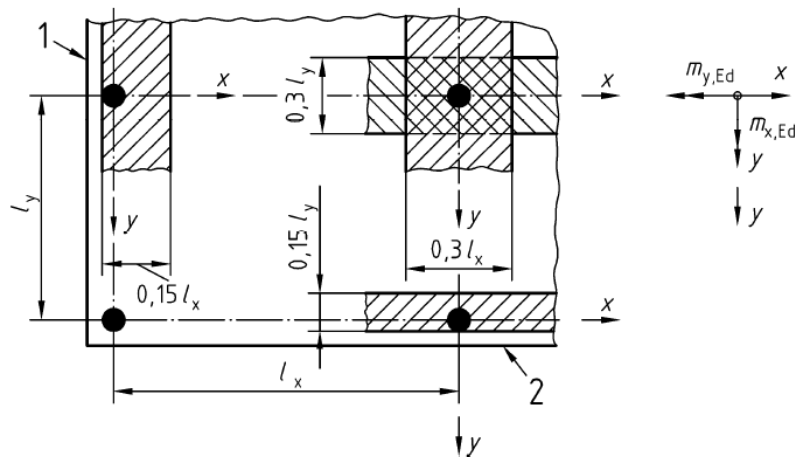


Bild 2.41: Bereiche für den Ansatz der Mindestbiegemomente $m_{Ed,x}$ und $m_{Ed,y}$ nach NA.6

2.2.2.2 Lasteinleitung und Nachweisschnitte

Der deutsche NA grenzt die Anwendbarkeit der Regelungen des Abschnitt 6.4.1 auf die folgenden Arten von Lasteinleitungsflächen A_{load} ein:

- rechteckig und kreisförmig mit Umfang $u_0 \leq 12 d$ und Seitenverhältnis $\frac{a}{b} \leq 2$ (d : mittlere statische Nutzhöhe des nachzuweisenden Bauteils)
- beliebig, aber sinngemäß wie die oben erwähnten Formen begrenzt

Bei größeren Lasteinleitungsflächen A_{load} sind die Durchstanznachweise auf Teilrundschnitte zu beziehen:

$$b_1 = \min \{b; 3d\}$$

$$a_1 = \min \{a; 2b; 6d - b_1\}$$

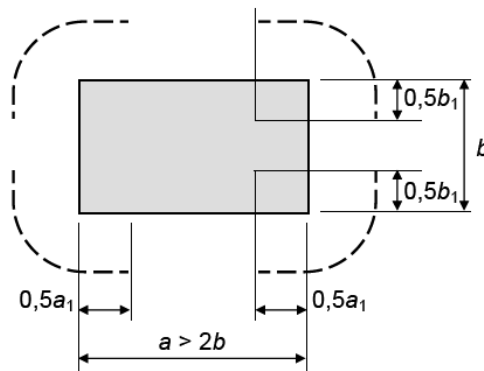


Bild 2.42: Kritischer Rundschnitt bei ausgedehnten Auflagerflächen

Bei Rundstützen mit $u_0 > 12 d$ sind querkraftbeanspruchte Flachdecken nach Abschnitt 6.2 nachzuweisen. Dabei darf in Abschnitt 6.2.2 (1) folgender Vorwert $C_{Rd,c}$ verwendet werden:

$$C_{Rd,c} = \frac{12 d}{u_0} \cdot \frac{0,18}{\gamma_c} \geq \frac{0,15}{\gamma_c}$$

Der deutsche NA beinhaltet zudem eine Ergänzung zu den Formen der Nachweisschnitte u_0 um Lasteinleitungsflächen:

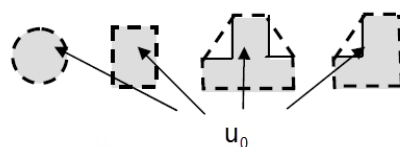


Bild 2.43: Ergänzung der kritischen Rundschnitte u_0 zu [1] Bild 6.13

Kritische Rundschnitte in einem Abstand kleiner als $2d$ sind in der Regel zu berücksichtigen, wenn der konzentrierten Last ein hoher Gegendruck (z. B. Sohldruck auf das Fundament) oder die Auswirkungen einer Last oder einer Auflagerreaktion innerhalb eines Abstands von $2d$ vom Rand der Lasteinleitungsfläche entgegenstehen.

Der Abstand a_{crit} des maßgebenden Rundschnitts ist iterativ zu ermitteln. Für Bodenplatten und schlanke Fundamente mit $\lambda > 2,0$ darf vereinfacht ein konstanter Rundschnitt im Abstand $1,0d$ angenommen werden.

Die Fundamentschlankheit $\lambda = \frac{a_\lambda}{d}$ bezieht sich auf den kürzesten Abstand a_λ zwischen Lasteinleitungsfläche und Fundamentrand:

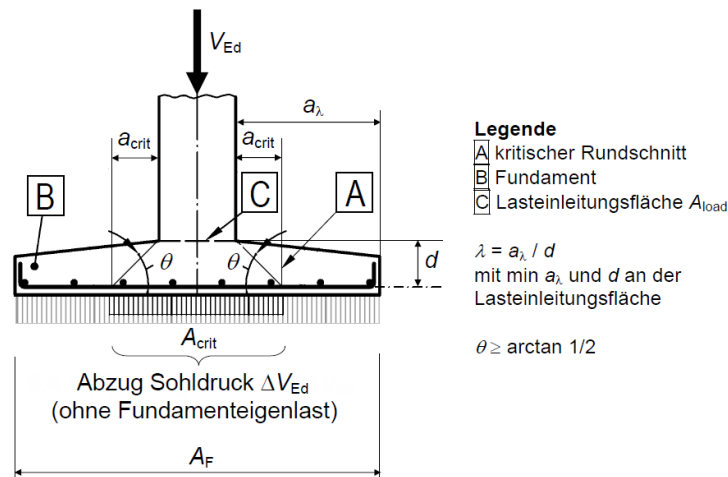


Bild 2.44: Rundschnitt und Abzug Sohldruck bei Fundamenten nach Bild NA.6.21.1

Innerhalb des iterativ bestimmten Rundschnitts darf der Sohldruck zu 100 % in Abzug gebracht werden. Bei der vereinfachten Festlegung des kritischen Rundschnitts im Abstand $1d$ dürfen nur 50 % der Bodenpressungen innerhalb des Rundschnitts entlastend angenommen werden.

2.2.2.3 Ermittlung der Beanspruchung

Zur Berechnung des Lasterhöhungsfaktors β werden im deutschen NA besondere Regelungen eingeführt. Kleinere Werte als 1,10 sind für den Lasterhöhungsfaktor β nicht zulässig. Dieser Grenzwert gilt auch bei der Ermittlung von β unter Berücksichtigung vollplastischer Schubspannungsverteilung.

Bei der Bestimmung des β -Faktors mittels Näherungswerten nach [2] Bild 6.21 ist der Mindestwert 1,10 ebenfalls einzuhalten. Somit ändert sich der Lasterhöhungsfaktor für Innenstützen auf den Wert 1,10.

Berücksichtigt wird der Mindestwert für β auch bei der Bestimmung der Einwirkungen bei Stützenfundamenten nach [2] Gleichung (6.49) und (6.51). Gemäß DIN EN 1992-1-1 ist die resultierende einwirkende Querkraft $V_{Ed,red}$ aus Gleichung (6.48) in jedem Fall mit mindestens dem Lasterhöhungsfaktor $\beta = 1,10$ zu vergrößern. Für ausmittig belastete Stützenfundamente, bei denen die einwirkende resultierende Querkraft nach Gleichung (6.51) berechnet wird, ist somit der Teil $[1 + k \cdot (M_{Ed}/V_{Ed}) \cdot (u/W)] \geq 1,10$ zu setzen.

Während die Originalausgabe des Eurocode 2 keine Angaben zu der Berechnung von β unter Berücksichtigung des vollplastischen Rundschnitts bei zweiachsiger Ausmitte macht, darf nach DIN EN 1992-1-1 bei Stützen-Deckenknoten mit zweiachsigen Ausmitten die Gleichung (NA.6.39.1) verwendet werden:

$$\beta = 1 + \sqrt{\left(k_x \frac{M_{Ed,x}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_{1,x}}\right)^2 + \left(k_y \frac{M_{Ed,y}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_{1,y}}\right)^2} \quad (2.14)$$

2.2.2.4 Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung

Die Berechnung des Durchstanzwiderstandes ohne Durchstanzbewehrung ist im [Kapitel 2.2.1.4](#) auf [Seite 23](#) für EN 1992-1-1 beschrieben. Für die Gleichung (6.47)

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

sind im deutschen NA folgende Zusatzregeln definiert:

- Flachdecken: $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c}$
- Innenstützen bei Flachdecken mit $\frac{u_0}{d} < 4$: $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c \cdot \left(0,1 \frac{u_0}{d} + 0,6\right)}$
- Fundamente und Bodenplatten: $C_{Rd,c} = \frac{0,15}{\gamma_c}$
- $\sigma_l \leq \min \left[0,5 \frac{f_{cd}}{f_{yd}}; 0,02 \right]$
- ν_{\min} wie im Abschnitt 6.2.2 (1) geregelt

2.2.2.5 Durchstanzwiderstand mit Durchstanzbewehrung

Der deutsche NA schreibt vor, dass der Nachweis der Maximaltragfähigkeit $\nu_{Rd,max}$ im kritischen Rundschnitt u_1 mit Gleichung (NA.6.53.1) zu führen ist. Die Berechnung von $\nu_{Rd,max}$ ist wie folgt abgeändert:

$$\nu_{Rd,max} = 1,4 \nu_{Rd,c} \tag{2.15}$$

Dabei ist $\nu_{Rd,c}$ nach Gleichung (6.47) zu ermitteln (siehe [Kapitel 2.2.2.4](#)).

Beim Vergleich der Formeln für den maximalen Durchstanzwiderstand $\nu_{Rd,max}$ nach EN 1992-1-1 und deutschem NA wird deutlich, dass sich ein gravierender Unterschied für den Programmablauf ergibt: Bei der Empfehlung der EN 1992-1-1 kann kein Einfluss auf den maximalen Durchstanzwiderstand $\nu_{Rd,max}$ durch eine Erhöhung der Längsbewehrung genommen werden; bei Anwendung des deutschen NA hingegen ist dies möglich.

RF-STANZ Pro verwendet daher spezifische Programmablaufpläne für die Nationalen Anhänge. Für den deutschen NA sieht der Programmteil I-II wie im [Bild 2.45](#) dargestellt aus.

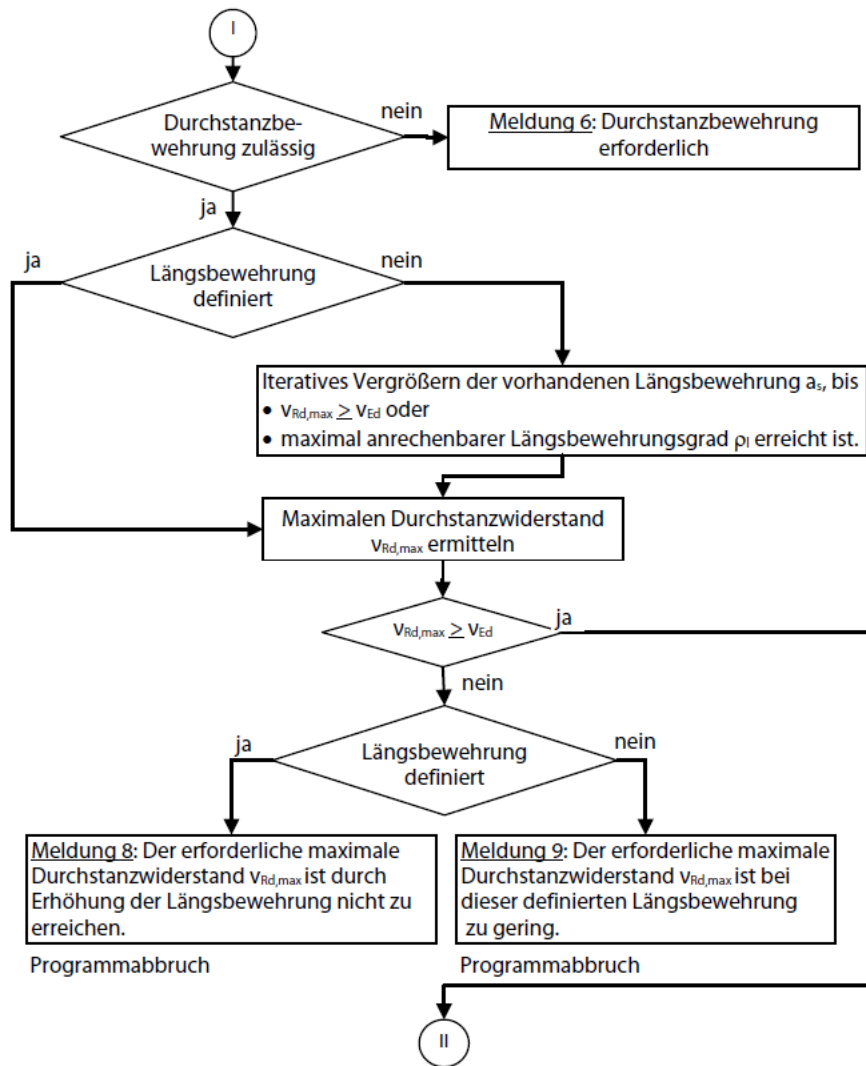


Bild 2.45: Programmablaufplan für Ermittlung der Durchstanzbewehrung nach deutschem NA

Zunächst wird untersucht, ob eine Durchstanzbewehrung laut Benutzervorgabe zulässig ist.

Wenn die Längsbewehrung ausgelegt werden darf, so wird die Längsbewehrung so lange vergrößert, bis entweder der Bemessungswert des maximalen Durchstanzwiderstands $v_{Rd,max}$ ausreichend oder der maximale zulässige Längsbewehrungsgrad von 0,02 gemäß Abschnitt 6.4.4 (1) erreicht ist.

Ist der maximale Durchstanzwiderstand $v_{Rd,max}$ zu klein, so endet die Bemessung mit der Meldung, dass eine Erhöhung der Längsbewehrung zu keiner Lösung führt bzw. die definierte Längsbewehrung zu gering ist.

Hinsichtlich der nach Gleichung (6.52) (siehe Kapitel 2.2.1.5, Seite 26) ermittelten Durchstanzbewehrung A_{sw} für Flachdecken findet sich im deutschen NA die Vorschrift, dass die erforderliche Durchstanzbewehrung der ersten beiden Durchstanzreihen mit dem Faktor κ_{sw} zu erhöhen ist:

- Erste Reihe (mit $0,3 d < a_1 < 0,5 d$): $\kappa_{sw,1} = 2,5$
- Zweite Reihe (mit $s_r < 0,75 d$): $\kappa_{sw,2} = 1,4$

Der deutsche NA regelt noch weitere Punkte im Hinblick auf die Gleichung (6.52):

- Bei unterschiedlichen radialen Abständen der Bewehrungsreihen $s_{r,i}$ ist in Gleichung (6.52) der maximale einzusetzen.
- Für aufgebogene Durchstanzbewehrung ist für das Verhältnis d/s_r in Gleichung (6.52) der Wert 0,53 statt 0,67 anzusetzen. Die aufgebogene Bewehrung darf mit $f_{ywd,ef} = f_{ywd}$ ausgenutzt werden.

Für die Ermittlung der Durchstanzbewehrung von Fundamenten und Bodenplatten beschreibt der deutsche NA ein Verfahren, das grundverschieden zu EN 1992-1-1 ist. Wegen der steileren Neigung der Druckstreben gelten für Fundamente und Bodenplatten folgende Vorgaben:

Die reduzierte einwirkende Querkraft $V_{Ed,red}$ nach Gleichung (6.48) (vgl. [Gleichung 2.5, Seite 22](#)) ist von den ersten beiden Bewehrungsreihen neben A_{load} ohne Abzug eines Betontraganteils aufzunehmen. Dabei wird die Bewehrungsmenge $A_{sw,1+2}$ gleichmäßig auf beide Reihen verteilt, die in den Abständen $a_1 = 0,3 d$ und $a_2 = 0,8 d$ anzuordnen sind. Dabei gilt für

- Bügelbewehrung:

$$\beta \cdot V_{Ed,red} \leq V_{Rd,s} = A_{sw,1+2} \cdot f_{ywd,ef} \quad (NA.6.52.1)$$

- Aufgebogene Bewehrung:

$$\beta \cdot V_{Ed,red} \leq V_{Rd,s} = 1,3 \cdot A_{sw,1+2} \cdot f_{ywd} \cdot \sin \alpha \quad (NA.6.52.1)$$

mit

β : Erhöhungsfaktor für Querkraft nach Gleichung (NA.6.51.1)

$A_{sw,1+2}$: Durchstanzbewehrung in der ersten und zweiten Reihe

α : Winkel der geneigten Durchstanzbewehrung zur Plattenebene

Falls bei Fundamenten und Bodenplatten weitere Bewehrungsreihen erforderlich werden, sind je Reihe jeweils 33 % der Bewehrung $A_{sw,1+2}$ nach Gleichung (NA.6.51.1) vorzusehen. Der Abzugswert der Sohlpressung ΔV_{Ed} in Gleichung (6.48) darf dabei mit der Fundamentfläche innerhalb der betrachteten Bewehrungsreihe angesetzt werden.

In jedem Fall sind mindestens zwei Bewehrungsreihen innerhalb des durch den Umfang u_{out} nach Abschnitt 6.4.5 (4) begrenzten Bauteilbereiches zu verlegen.

Der radiale Abstand der ersten Bewehrungsreihe ist bei gedungenen Fundamenten auf 0,3 d vom Rand der Lasteinleitungsfläche und die Abstände s_r zwischen den ersten drei Bewehrungsreihen auf 0,5 d zu begrenzen.

3 Arbeiten mit RF-STANZ Pro

3.1 RF-STANZ Pro starten

Das Zusatzmodul RF-STANZ Pro kann aus dem RFEM-Menü

Zusatzmodule → **RF-STANZ Pro**

aufgerufen werden.

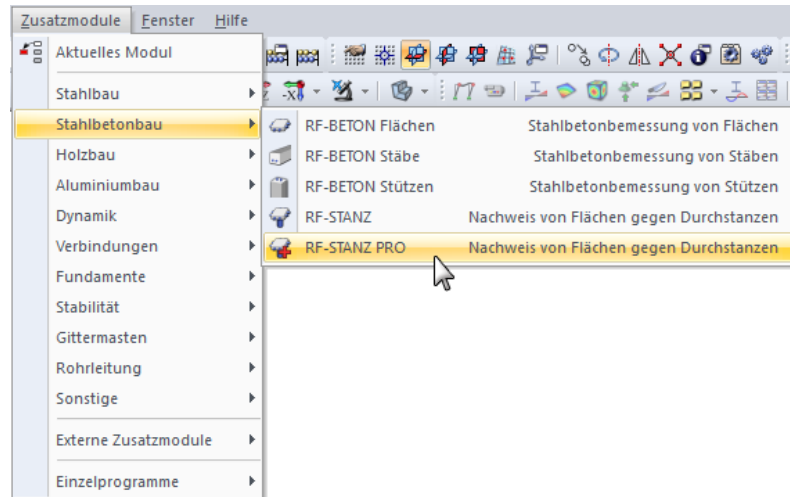


Bild 3.1: Aufruf von RF-STANZ Pro über das Menü *Zusatzmodule*

Alternativ lässt sich RF-STANZ Pro über den Projekt-Navigator starten.

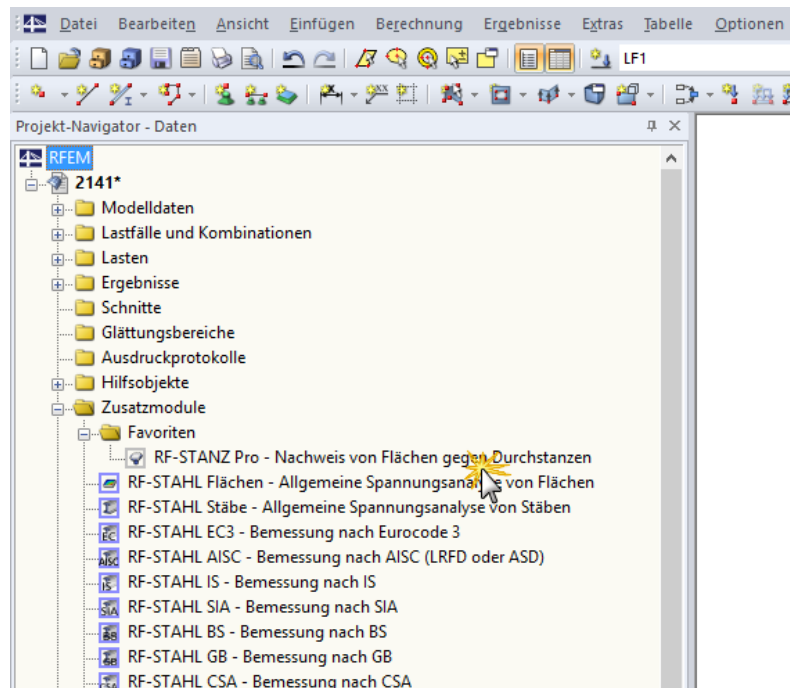


Bild 3.2: Aufruf von RF-STANZ Pro über den *Projekt-Navigator*



Im Bild 3.2 wurde das Modul **RF-STANZ Pro** im Navigator als Favorit klassifiziert. Dies kann über einen Rechtsklick auf die Modulbezeichnung und den Kontextmenüeintrag *Favorit* erfolgen. Damit wird das Modul am Beginn der Liste der Zusatzmodule unter dem Unterordner *Favoriten* angezeigt.

3.2 Masken

Sowohl die Eingaben zur Definition der RF-STANZ Pro-Fälle als auch die numerischen Ergebnisausgaben erfolgen in sogenannten Masken.

Die einzelnen Masken lassen sich durch Anklicken eines Eintrags links im RF-STANZ Pro-Navigator oder durch Blättern mit den Tasten [F2] und [F3] bzw. den beiden Schaltflächen ansteuern.

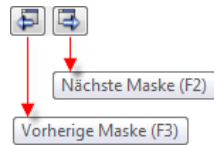



Bild 3.3: Buttons [Blättern]

Über dem RF-STANZ-Navigator befindet sich eine Pulldownliste mit den Bemessungsfällen. Mit der Schaltfläche  wird die Liste aufgeklappt, in der der gewünschte Bemessungsfall dann durch Anklicken ausgewählt werden kann.

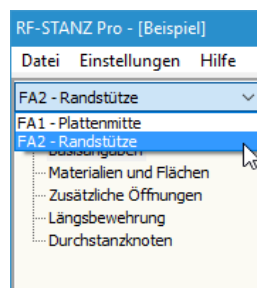


Bild 3.4: Bemessungsfall auswählen

Berechnung

Mit der Schaltfläche [Berechnung] wird nach Abschluss aller Eingaben die Bemessung gestartet. Anschließend werden die Ergebnisse in den Ausgabemasken und im RFEM-Arbeitsfenster angezeigt.

Nat. Anhang...

Die Schaltfläche [Nat. Anhang] ermöglicht es, die Parameter des Nationalen Anhangs in einem Dialog einzusehen (siehe [Bild 3.9, Seite 44](#)).

Grafik

Die Schaltfläche [Grafik] aktiviert die Darstellung der Ergebnisse im Arbeitsfenster von RFEM (siehe [Kapitel 4.1 ab Seite 74](#)).

OK

Abbrechen

[OK] sichert vor dem Verlassen von RF-STANZ Pro die Eingaben und Ergebnisse. [Abbrechen] beendet das Zusatzmodul, ohne die Daten zu speichern.

Die Schaltfläche [?] und die Funktionstaste [F1] aktivieren die Online-Hilfe.

3.3 Eingabe

Die Daten sind in den Eingabemasken 1.1 bis 1.5 zu definieren.

3.3.1 Basisangaben

In Maske 1.1 *Basisangaben* sind die Bemessungsnorm sowie die Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen festzulegen, die für den Durchstanznachweis angesetzt werden sollen.

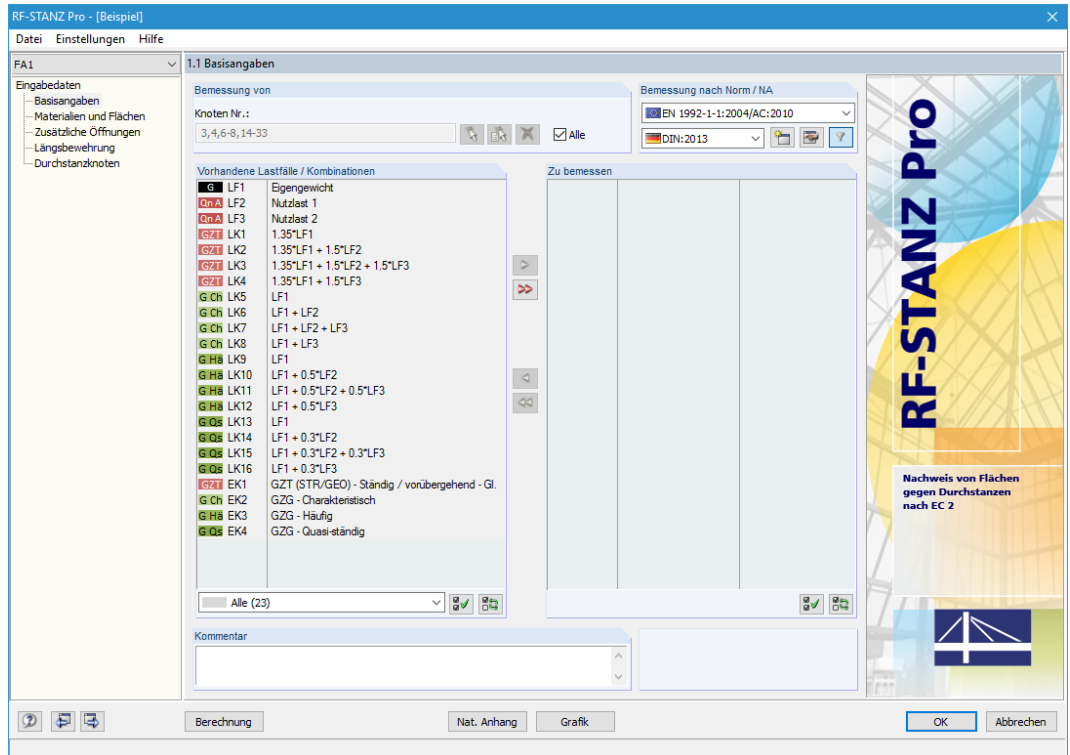


Bild 3.5: Maske 1.1 *Basisangaben*

Bemessung von



Im Eingabefeld dieses Abschnitts sind die Nummern der nachzuweisenden *Knoten* anzugeben. Falls nur bestimmte Knoten nachgewiesen werden sollen, ist das Kontrollfeld *Alle* zu deaktivieren: Damit wird das Eingabefeld zugänglich, in das die Nummern der relevanten Knoten eingetragen werden können. Die Schaltfläche [Löschen] leert die Liste der voreingestellten Nummern. Über die Schaltfläche [Auswählen] lassen sich die Knoten auch grafisch im RFEM-Arbeitsfenster auswählen.



Mit der Schaltfläche [Knoten nach verschiedenen Kriterien auswählen] ist ein Dialog aufrufbar, der gezielte Einstellungen für die Selektion der zu bemessenden Knoten ermöglicht.

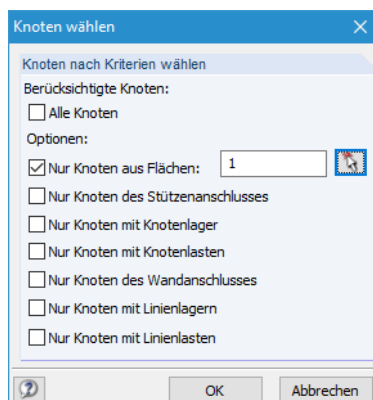


Bild 3.6: Dialog *Knoten wählen*

In diesem Dialog kann beispielsweise eingestellt werden, dass nur die Knoten einer bestimmten Fläche für den Nachweis infrage kommen. Dies ist hilfreich, wenn im Modell sehr viele Knoten vorhanden sind, die von RF-STANZ Pro als mögliche Durchstanzstellen erkannt werden.

Bemessung nach Norm / NA

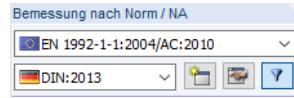
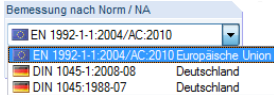


Bild 3.7: Norm und Nationaler Anhang für Stahlbetonbemessung

Norm

Es ist anzugeben, nach welcher Norm die Durchstanznachweise erfolgen sollen. In der Liste stehen (momentaner Entwicklungsstand) folgende Stahlbetonnormen zur Auswahl:

- EN 1992-1-1:2004/AC:2010 Europäische Union



Nationaler Anhang

Für die Bemessung nach Eurocode (EN 1992-1-1:2004/AC:2010) ist der Nationale Anhang festzulegen, dessen Parameter für die Nachweise angesetzt werden sollen.

CEN	EU
BDS:2011	Bulgarien
BS:2005	Vereinigtes Königreich
CSN:2016	Tschechien
CYS:2009	Zypern
DIN:2015	Deutschland
DK:2013	Dänemark
LST:2011	Litauen
LVS:2014	Lettland
MS:2010	Malaysia
NBN:2010	Belgien
NEB:2016	Niederlande
NF:2016	Frankreich
NP:2010	Portugal
NS:2008	Norwegen
PN:2010	Polen
SFS:2007	Finnland
SingaporeS:2008	Singapur
SIST:2006	Slowenien
SR:2008	Rumänien
STN:2008	Slowakei
SvenskS:2008	Schweden
TKP:2009	Weißrussland
UNE:2013	Spanien
UNI:2007	Italien
ÖNORM:2011	Österreich

Bild 3.8: Nationale Anhänge für EN 1992-1-1



Über die Schaltfläche [Bearbeiten] können die voreingestellten Werte eingesehen werden (siehe Bild 3.9).

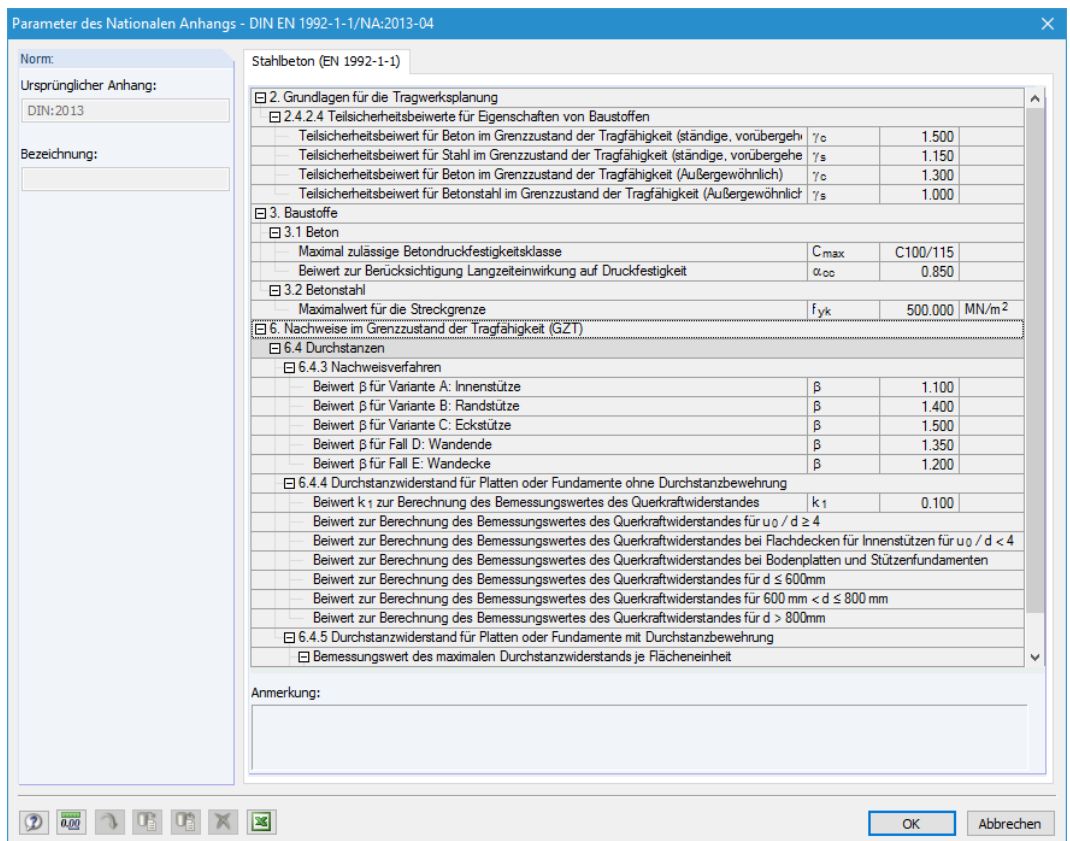


Bild 3.9: Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs*

Hier finden sich alle bemessungsrelevanten Beiwerte, die in den Nationalen Anhängen geregelt sind. Sie sind nach den Abschnittnummern des Eurocode aufgelistet.

Falls andere Anwendungsvorgaben für Teilsicherheits- und Abminderungsbeiwerte etc. gelten, können die Parameter angepasst werden. Hierzu ist zunächst über die Schaltfläche eine Kopie des aktuellen Nationalen Anhangs zu erzeugen. In diesem benutzerdefinierten Anhang können die Parameter dann geändert werden.

Vorhandene Lastfälle / Kombinationen

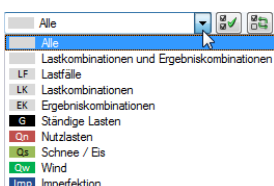
In dieser Spalte sind alle Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen aufgelistet, die in RFEM angelegt wurden.

Mit der Schaltfläche lassen sich selektierte Einträge in die Liste *Zu Bemessen* nach rechts übertragen. Die Übergabe kann auch per Doppelklick erfolgen. Die Schaltfläche übergibt die komplette Liste nach rechts.

Die Mehrfachauswahl von Lastfällen ist – wie in Windows üblich – mit gedrückter [Strg]-Taste möglich. So lassen sich mehrere Lastfälle gleichzeitig übertragen.

Falls die Nummer eines Lastfalls rot dargestellt ist, so kann dieser nicht bemessen werden: Hier handelt es sich um einen Lastfall ohne Lastdaten oder um einen Imperfektionslastfall. Bei der Übergabe erscheint eine entsprechende Warnung.



Am Ende der Liste sind mehrere Filteroptionen verfügbar. Sie erleichtern es, die Einträge nach Kategorien sortiert zuzuweisen. Die Schaltflächen sind mit folgenden Funktionen belegt:



	Alle Lastfälle in der Liste werden selektiert.
	Die Auswahl der Lastfälle wird umgekehrt.

Tabelle 3.1: Schaltflächen im Register *Vorhandene Lastfälle / Kombinationen*


Zu bemessen





In der rechten Spalte werden die zur Bemessung gewählten Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen aufgelistet. Mit  oder per Doppelklick lassen sich selektierte Einträge wieder aus der Liste entfernen. Die Schaltfläche  leert die ganze Liste.


Die Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen können folgenden Bemessungssituationen zugewiesen werden:

- *Ständig und vorübergehend*
- *Außergewöhnlich*

Diese Einteilung steuert die Teilsicherheitsbeiwerte γ_c und γ_s nach [1] Tabelle 2.1N (siehe [Bild 3.9, Seite 44](#)).

Die Bemessungssituation kann über die Liste geändert werden, die mit der Schaltfläche  am Ende des Eingabefeldes zugänglich ist.

	EK10	1.35*EK1/s + 1.5*EK2/s	Ständig und vorübergehend
	EK11	1.35*EK1/s + 1.05*EK2	Ständig und vorübergehend 
	EK12	1.35*EK1/s + 1.05*EK2	Ständig und vorübergehend
			Außergewöhnlich

 Bild 3.10: Bemessungssituation zuweisen

Auch hier ist eine Mehrfachauswahl mit gedrückter [Strg]-Taste möglich, sodass mehrere Einträge gleichzeitig geändert werden können.



Die Bemessung einer einhüllenden Max/Min-Ergebniskombination verläuft schneller als die aller pauschal übernommenen Lastfälle und Lastkombinationen. Beim Nachweis einer Ergebniskombination sind die im [Kapitel 2.1](#) genannten Hinweise zu beachten.

Kommentar

Kommentar

Durchstanznachweis nach NA Österreich

 Bild 3.11: Benutzerdefinierter Kommentar

Dieses Eingabefeld steht für eine benutzerdefinierte Anmerkung zur Verfügung. Der hier eingegebene Kommentar wird auch im Ausdrucksprotokoll im Abschnitt *Basisangaben* für die Eingabedaten aus RF-STANZ Pro angegeben.

3.3.2 Materialien und Flächen

Die Maske *1.2 Materialien und Flächen* ist zweigeteilt. Im oberen Abschnitt sind die bemessungsrelevanten Beton- und Stahlgütern aufgelistet. Alle *Materialien* der Kategorie „Beton“, die auch in RFEM für Flächen benutzt werden, sind voreingestellt.

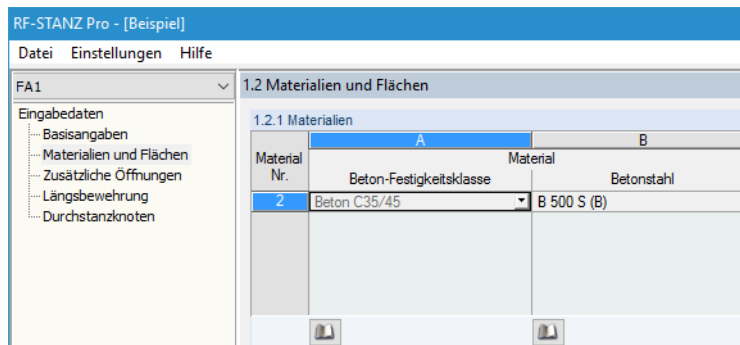


Bild 3.12: Maske *1.2 Materialien und Flächen*, Tabelle *1.2.1 Materialien*

Durch Klicken in die Zelle einer Beton- oder Stahlgüte erscheint die Schaltfläche , über die dann in einer Liste die Betonfestigkeitsklasse bzw. Stahlsorte ausgewählt werden, die für die Norm zur Verfügung stehen:

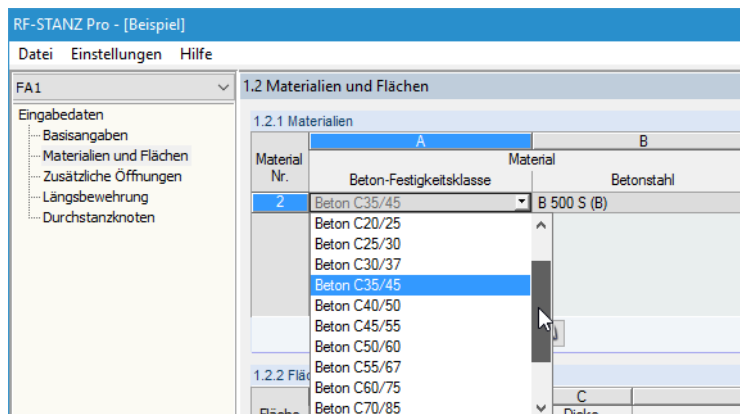


Bild 3.13: Ändern der Betonfestigkeitsklasse

Die Materialien lassen sich auch in Bibliotheken auswählen (siehe folgende Seite).

Im unteren Abschnitt sind die Flächen aufgelistet, die für die Bemessung infrage kommen.

1.2.2 Flächen				
Fläche Nr.	A	B	C	D
	Material Nr.	Dicke Typ	Dicke d [cm]	Kommentar
1	1	Konstant	20.00	
2	1	Konstant	18.00	
3	1	Konstant	18.00	
4	1	Konstant	25.00	
5	1	Konstant	20.00	

Bild 3.14: Maske *1.2 Materialien und Flächen*, Tabelle *1.2.2 Flächen*

Die oben definierten Materialnummern sind den einzelnen *Flächen* zugeordnet.

In Spalte C sind die Flächendicken von RFEM voreingestellt. Sie können bei Bedarf für die Bemessung mit RF-STANZ Pro geändert werden.

Materialbibliothek



Viele Materialien sind in einer Datenbank hinterlegt. Über die [Bibliothek]-Schaltflächen besteht eine Zugriffsmöglichkeit auf die Beton- und Betonstahl-Bibliotheken.

Es erscheint folgender Dialog.

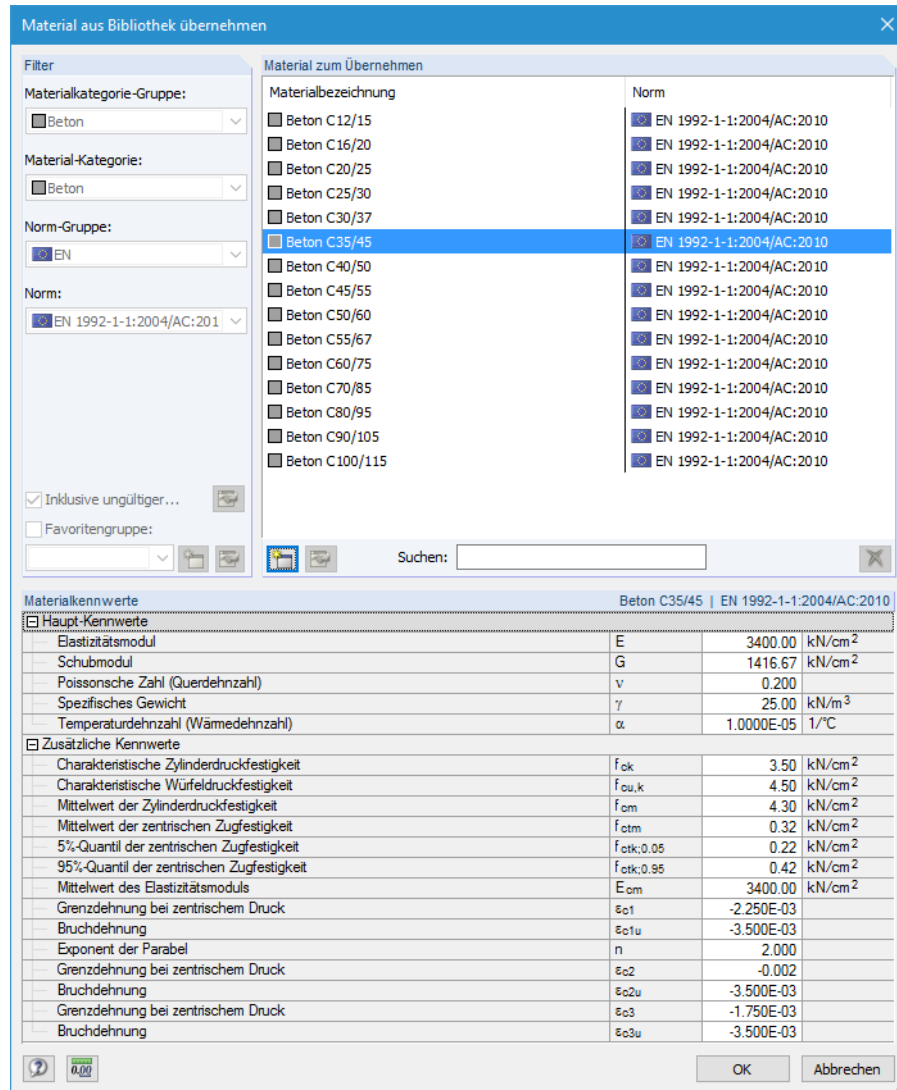
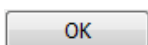


Bild 3.15: Dialog *Material aus Bibliothek übernehmen*

Im Abschnitt *Filter* sind die normrelevanten Materialien als Vorauswahl so eingestellt, dass keine anderen Kategorien oder Normen zugänglich sind. Die gewünschte Betongüte kann in der Liste *Material zum Übernehmen* ausgewählt werden; die Kennwerte lassen sich im unteren Abschnitt überprüfen.



Mit [OK] oder [↵] wird die gewählte Betongüte in die Maske 1.2 von RF-STANZ Pro übergeben.

Das Kapitel 4.3 des RFEM-Handbuchs beschreibt, wie Materialien gefiltert, ergänzt oder neu sortiert werden können.



Jeder Betonfestigkeitsklasse muss eine Bewehrungsstahlsorte zugewiesen werden. Mit der Schaltfläche [Betonstahl-Bibliothek] wird die entsprechende Datenbank aufgerufen.

Es erscheint folgender Dialog:

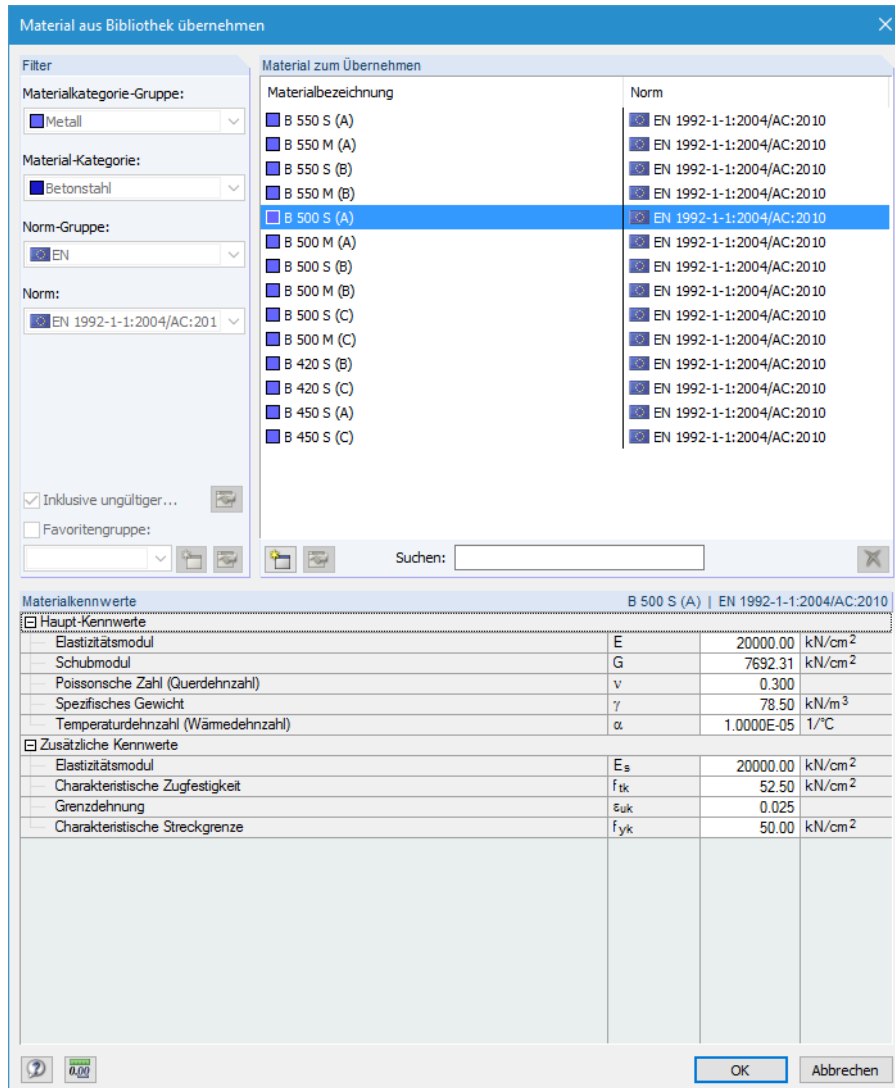


Bild 3.16: Dialog *Material aus Bibliothek übernehmen*

Im Abschnitt *Filter* sind ebenfalls die Betonstähle voreingestellt, die nach der gewählten Norm zulässig sind.

3.3.3 Zusätzliche Öffnungen

Alle Öffnungen, die im RFEM-Modell vorliegen, werden automatisch beim Durchstanznachweis erfasst. In Maske 1.3 *Zusätzliche Öffnungen* können Aussparungen definiert werden, die auf die Steifigkeit des RFEM-Modells keinen Einfluss haben: Diese Öffnungen werden nur für den Durchstanznachweis berücksichtigt.

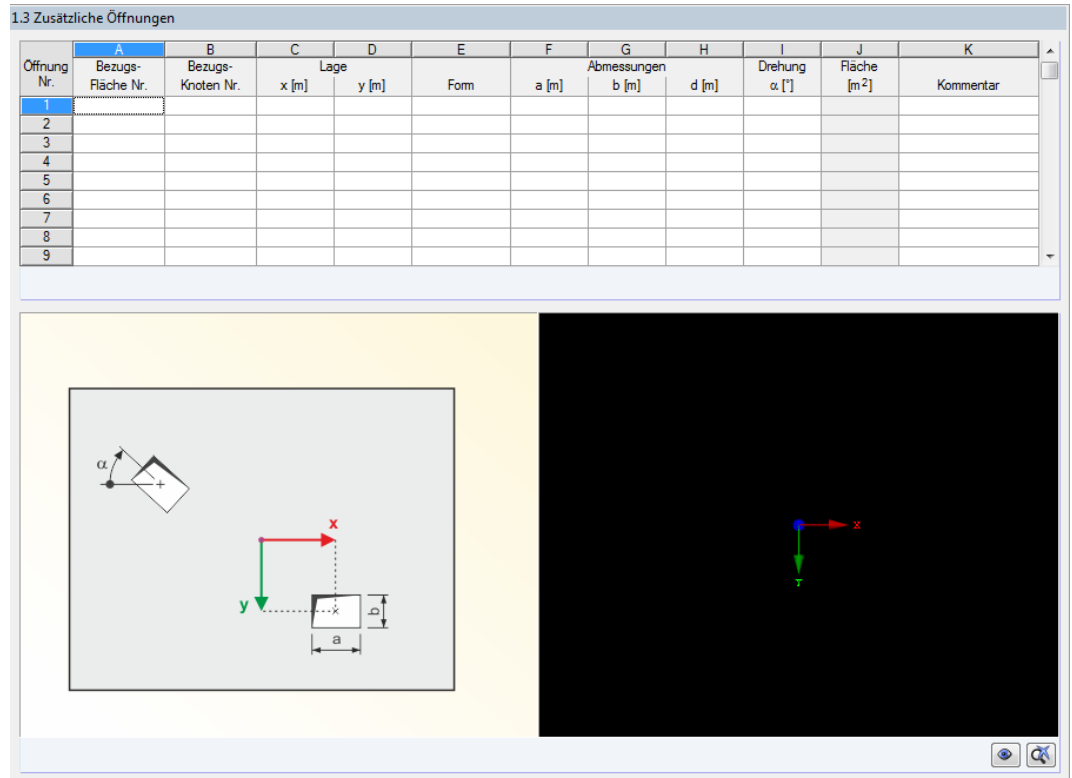


Bild 3.17: Maske 1.3 *Zusätzliche Öffnungen*

Links unterhalb der Tabelle befindet sich eine Grafik, die die Definitionsparameter veranschaulicht. Die interaktive Grafik rechts davon stellt die Fläche dar, für die eine zusätzliche Öffnung angelegt werden soll.

In Spalte A *Bezugsfläche Nr.* ist zunächst die Nummer der Fläche einzutragen, in der die zusätzliche Öffnung vorliegt. Hierzu kann die Schaltfläche benutzt und die Fläche grafisch im RFEM-Arbeitsfenster ausgewählt werden. Alternativ kann die Flächennummer direkt eingetragen werden.

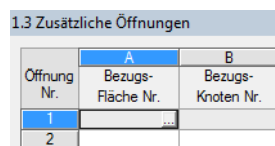
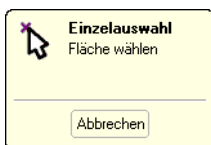


Bild 3.18: Schaltfläche zur Auswahl der Fläche

Sobald die Fläche in Spalte A eingetragen ist, wird sie in der interaktiven Infografik dargestellt (siehe Bild 3.22).

In die Tabellenspalten C und D ist die Lage der Öffnung in der Fläche zu definieren. Dazu kann in Spalte B die *Bezugsknoten-Nummer* eingeben oder wiederum mit grafisch im RFEM-Arbeitsfenster bestimmt werden. Als Bezugsknoten kann jeder Knoten der vorliegenden Fläche dienen.

Öffnung Nr.	A Bezugs- Fläche Nr.	B Bezugs- Knoten Nr.	C Lage	
			x [m]	y [m]
1	1	1	1.000	2.000

Bild 3.19: Bezugsknoten und Lage

Die Koordinaten des Mittelpunkts der Öffnung sind dann relativ zu diesem Bezugsknoten in den beiden *Lage*-Spalten C und D einzugeben oder mit grafisch festzulegen.

Wurde als Bezugsknoten die „0“ belassen, dann beziehen sich die Lage-Angaben auf den Abstand in x- und y-Richtung des lokalen Flächen-Koordinatensystems, wie es in der Infografik rechts unten in der Maske 1.3 dargestellt wird.

In Spalte E ist dann anhand der Liste die *Form* der Öffnung festzulegen.

Öffnung Nr.	A	B	C		D	E
	Bezugs-Fläche Nr.	Bezugs-Knoten Nr.	x [m]	y [m]	Lage	Form
1	1	1	1.000	2.000		Rechteckig
2						Rechteckig
3						Rund

Bild 3.20: Form der Öffnung

In Abhängigkeit von der vorgegebenen Form kann in den *Abmessungen*-Spalten die Länge und Breite bzw. der Durchmesser der Öffnung eingetragen werden.

Bei einer rechteckigen Öffnung lässt sich zusätzlich eine Drehung definieren (positiv im Uhrzeigersinn, bezogen auf positive x-Achse des Flächen-Koordinatensystems).

Öffnung Nr.	A	B	C		D	E	F			G	H	I	J	K
	Bezugs-Fläche Nr.	Bezugs-Knoten Nr.	x [m]	y [m]	Lage	Form	a [m]	b [m]	d [m]	Abmessungen	Drehung α [°]	Fläche [m ²]	Kommentar	
1	1	1	1.000	2.000		Rechteckig	0.50	0.50			30.00	0.25		

Bild 3.21: Rechteckige Öffnung mit Drehung

Sind alle Eigenschaften der zusätzlichen Öffnung definiert, so wird diese in der Grafik der Fläche dargestellt.

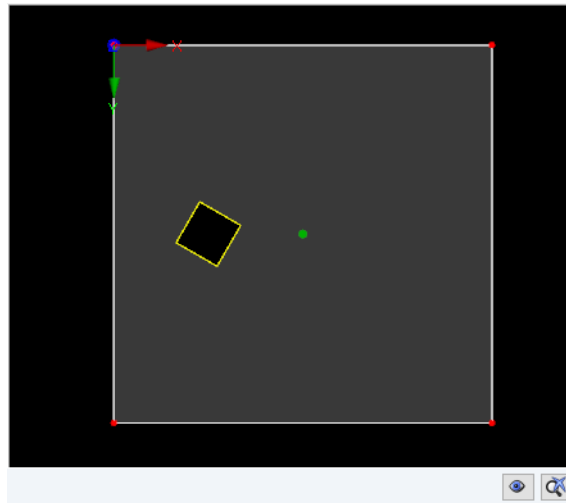


Bild 3.22: Grafik der Öffnung



Unterhalb dieser Grafik befindet sich die Schaltfläche [Grafik]. Sie öffnet ein großes Fenster mit der Darstellung der Fläche (siehe Bild 3.23).

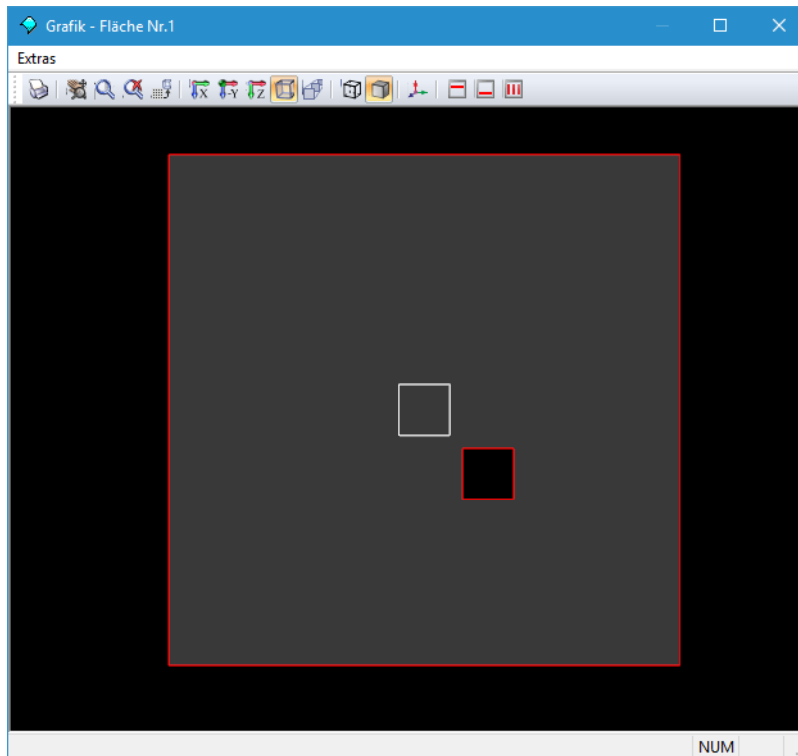


Bild 3.23: Grafik der Fläche mit zusätzlicher Öffnung

3.3.4 Längsbewehrung

In Maske 1.4 *Längsbewehrung* können für jede Fläche Anzahl und Richtung der Bewehrungsbahnen sowie die Betondeckungen festgelegt werden. Es sind separate Vorgaben für Plattenober- und Plattenunterseiten möglich.

1.4 Längsbewehrung

Fläche Nr.	A	B	C	D			E			F	G			H	I	J
	Lage	Anzahl Bahnen	Definitionsart Betondeckung	d ₁	d ₂	d ₃	φ ₁	φ ₂	φ ₃	Bahnrichtung [°]	Kommentar					
1	oben	2	Achsmaß	3.00	4.00		0.00	90.00								
	unten	2	Achsmaß	3.00	4.00		0.00	90.00								

Schnitt A-A

Bild 3.24: Maske 1.4 Längsbewehrung

Unterhalb der Tabelle verdeutlichen zwei interaktive Grafiken, worauf sich die Angaben oben beziehen. Die linke Grafik zeigt einen Schnitt durch die Platte. Beim Eingeben der Betondeckung einer Lage werden dort die schematisch dargestellten Bewehrungsstäbe selektiert. Die Lage des Schnitts ist in der rechten Grafik dargestellt.

Die für den Nachweis angesetzten Stabdurchmesser der vorhandenen Längsbewehrung werden hierbei rein über die Vorgabe der Betondeckung gesteuert. Hieraus wird die statische Höhe d für die Berechnung der Querkrafttragfähigkeit $\nu_{Rd,c}$ ermittelt.

3.3.5 Durchstanzknoten

Die Maske *1.5 Durchstanzknoten* besteht aus zwei Tabellen und einem Grafikenfenster mit der Darstellung des Durchstanzknotens, der in der oberen Tabelle selektiert ist. In der Grafik wird auch die Form des Durchstanzkegels angezeigt.

1.5 Durchstanzknoten

Knoten Nr.	A Bezugs- Fläche Nr.	B Durchstanz- Form	C Durchstanz- Bewehrung	D Stützenabmessungen			G Wanddicke		I Übergreifende Flächen	J Kommentar
				a [m]	b [m]	F d [m]	t1 [m]	t2 [m]		
2	1	Rund	Vertikal			0.30			1	
4	1	Rund	Vertikal			0.30			1	
6	1	Rund	Vertikal			0.30			1	
8	1	Rund	Vertikal			0.30			1	
10	1	Rund	Vertikal			0.30			1	
12	1	Rund	Vertikal			0.30			1	
14	1	Rund	Vertikal			0.30			1	
16	1	Rund	Vertikal			0.30			1	
18	1	Rund	Vertikal			0.30			1	

Mehrfachauswahl-Einstellungen ermöglichen: Alle

Durchstanzknoten-Details - Knoten Nr. 12

Form	Form	Rund
Breite	D	0.30 m
Stützenkopfverstärkung		<input type="checkbox"/>
Lage	Lage	Rand
Nächster Rand	Linie Nr.	12
Randabstand	d _R	0.500 m
Bauteil	Bauteil	Platte
Angewendete Durchstanzlast		Einzelkraft aus
Richtung der Durchstanzkraft		Ermitteln
Lasterhöhungsfaktor β		6.4.3(3) - Vollpl
Durchstanzbewehrung	Bew.	Vertikal
Mindestmomente	Beachten	<input type="checkbox"/>
Rundschnitte	Definieren	<input type="checkbox"/>
Mindestabstand der Bewehrungsreihen	min s _r	0.05 m
Längsbewehrung	Definieren	<input type="checkbox"/>
Querschnitt	Definieren	<input type="checkbox"/>
Verlegebreite		
Obere Bahnen	Anzahl	2
1. Bahn	b _{1,oben}	1.00 m
2. Bahn	b _{2,oben}	1.00 m
Untere Bahnen	Anzahl	2
1. Bahn	b _{1,unten}	1.00 m

Bild 3.25: Maske 1.5 Durchstanzknoten

Die obere Tabelle zeigt eine Übersicht aller Knoten, die in Maske *1.1 Basisangaben* für den Durchstanznachweis ausgewählt wurden. Hier sind auch die wichtigsten Eigenschaften angegeben. Weitere Eigenschaften lassen sich definieren, indem in der oberen Tabelle in die Zeile des relevanten Knotens geklickt wird. In der unteren Tabelle *Durchstanzknoten-Details* können nun in den weißen Eingabefeldern weitere Vorgaben für diesen Knoten erfolgen (siehe Kapitel 3.3.5.2).

1.5 Durchstanzknoten

Knoten Nr.	A Bezugs- Fläche Nr.	B Durchstanz- Form	C Durchstanz- Bewehrung	D Stützenabmessungen			G Wanddicke		I Übergreifende Flächen	J Kommentar
				a [m]	b [m]	F d [m]	t1 [m]	t2 [m]		
2	1	Rund	Vertikal			0.30			1	
4	1	Rund	Vertikal			0.30			1	
6	1	Rund	Vertikal			0.30			1	
8	1	Rund	Vertikal			0.30			1	
10	1	Rund	Vertikal			0.30			1	
12	1	Rund	Vertikal			0.30			1	
14	1	Rund	Vertikal			0.30			1	
16	1	Rund	Vertikal			0.30			1	
18	1	Rund	Vertikal			0.30			1	

Mehrfachauswahl-Einstellungen ermöglichen: Alle

Bild 3.26: Haupttabelle mit wichtigsten Eigenschaften der Durchstanzknoten

Spalte A verwaltet die Bezugsflächen der Knoten.

In Spalte B ist die *Durchstanzform* über die Schaltfläche anhand der Liste festzulegen. Es ist eine rechteckige oder eine runde Form der Lasteinleitungsfläche möglich. Befindet sich im RFEM-Modell am Durchstanzpunkt eine Stütze, so wird deren Querschnittsform und Querschnittsabmessung automatisch übernommen. Es kann hier allerdings auch eine vom RFEM-Modell unabhängige Querschnittsform und Abmessung eingestellt werden.

Bei der Auswahl der rechteckigen Durchstanzform kann in den *Abmessungen*-Spalten die Länge und Breite bzw. der Durchmesser der Stütze eingetragen werden. Bei einer rechteckigen Durchstanzform ist zusätzlich eine Drehung des Durchstanzknotens möglich. Die Eingabe hierzu befindet sich in den *Durchstanzknoten-Details* unter dem Parameter γ .

Die Art der *Durchstanzbewehrung* ist in Spalte C festzulegen. Es stehen verschiedene Möglichkeiten zur Auswahl.

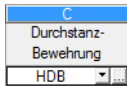
1.5 Durchstanzknoten						
Knoten Nr.	A Bezugsfläche Nr.	B Durchstanz-Form	C Durchstanz-Bewehrung	D a [m]	E b [m]	F d [m]
10	1	Rechteckig	Vertikal	0.40	0.40	

Bild 3.27: Auswahl der Durchstanzbewehrung

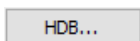
Bei der Option *Keine* wird beim Nachweis der Platte nur überprüft, ob die Querkrafttragfähigkeit der Platte alleine ausreichend ist. Die Angabe, ob die Durchstanzbewehrung *Vertikal* oder *Schräg* angeordnet wird, hat entscheidenden Einfluss auf den Ablauf des Nachweises.



Bei der Anordnung einer Stützenkopfverstärkung entfällt die Option der schrägen Durchstanzbewehrung.



Mit der Vorgabe *HDB* erfolgt die Bemessung mit der Bemessungssoftware des Dübelleistenherstellers HALFEN. Hierfür ist zunächst die separate Installation dieses Bemessungsprogramms erforderlich. Die Installationsdatei und Hinweise zur Registrierung finden Sie auf der HALFEN-Website.



Ist das Bemessungsprogramm installiert, so lässt es sich in Maske *1.5 Durchstanzknoten* über die Schaltfläche [HDB] aufrufen. Der Aufruf aus RF-STANZ Pro ist nur für bestimmte Normeinstellungen möglich: Als Nationaler Anhang muss in Maske 1.1 entweder CEN oder DIN ausgewählt werden.



Bild 3.28: Vorgabe des Nationalen Anhangs für HDB-Schnittstelle

3.3.5.1 Dübelleistensoftware HDB

HDB...

Nach dem Drücken der Schaltfläche [HDB] erscheint der Startdialog von HDB.



Bild 3.29: Startdialog von HDB

Start

Dort ist [Start] zu drücken. Anschließend erscheint folgender Dialog.

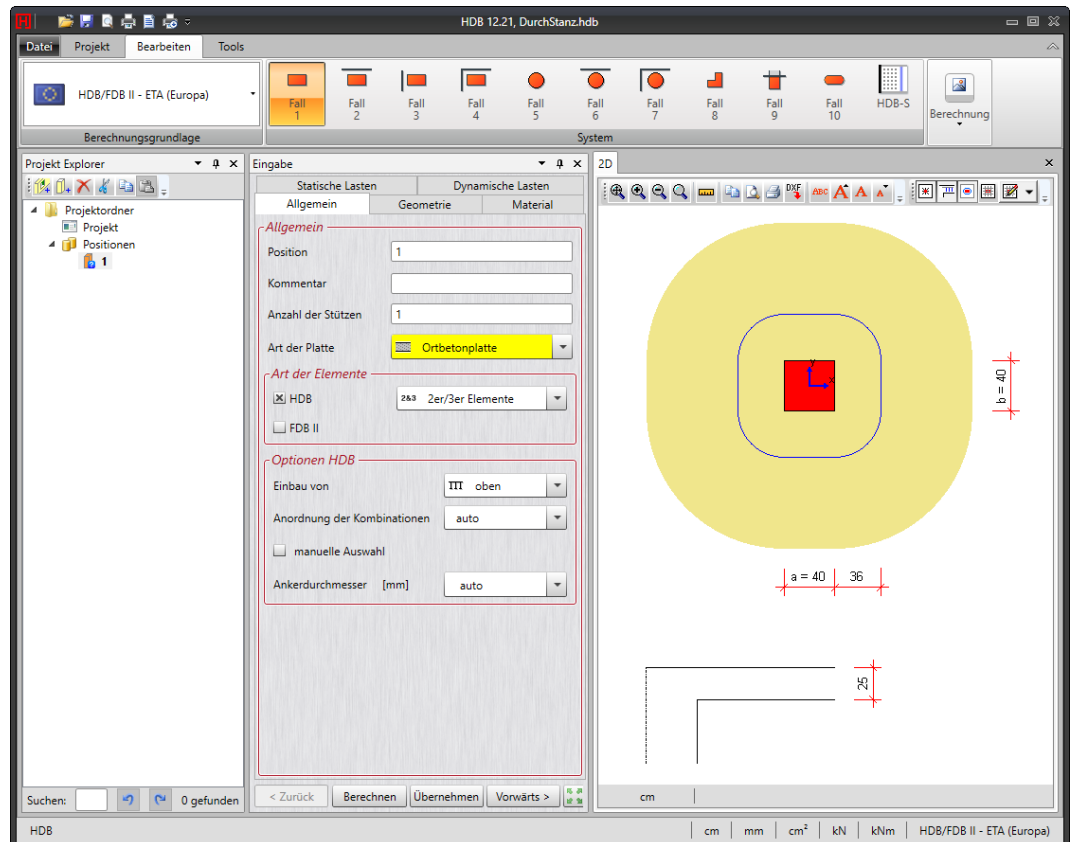


Bild 3.30: HDB-Dialog zur Ermittlung der Dübelleisten

Berechnen

Sind die Eingaben in den Registern *Allgemein*, *Geometrie*, *Material* und *Statische Lasten* vollständig, lassen sich die Ergebnisse [Berechnen].

Nach der Bemessung werden die Ergebnisse als 2D- und 3D-Grafiken dargestellt.

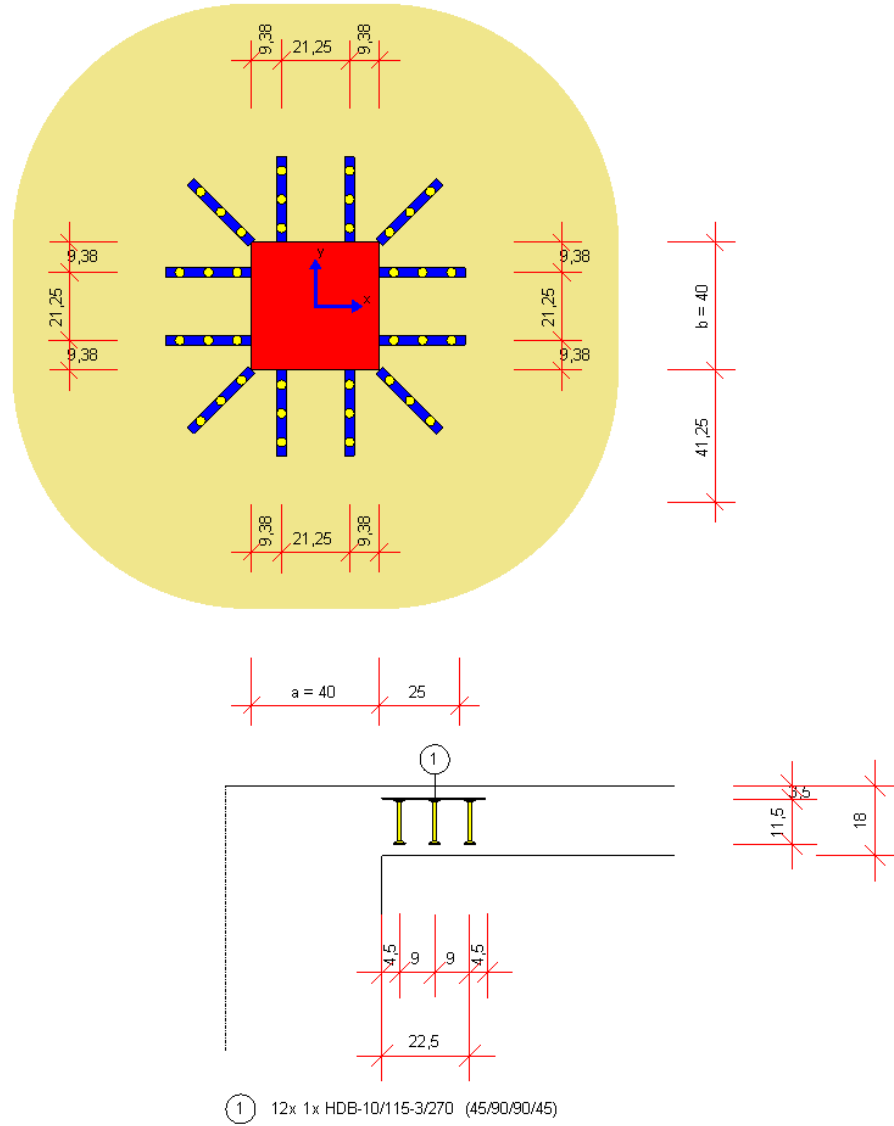


Bild 3.31: HDB-Ergebnisse in 2D (Grundriss und Schnitt)

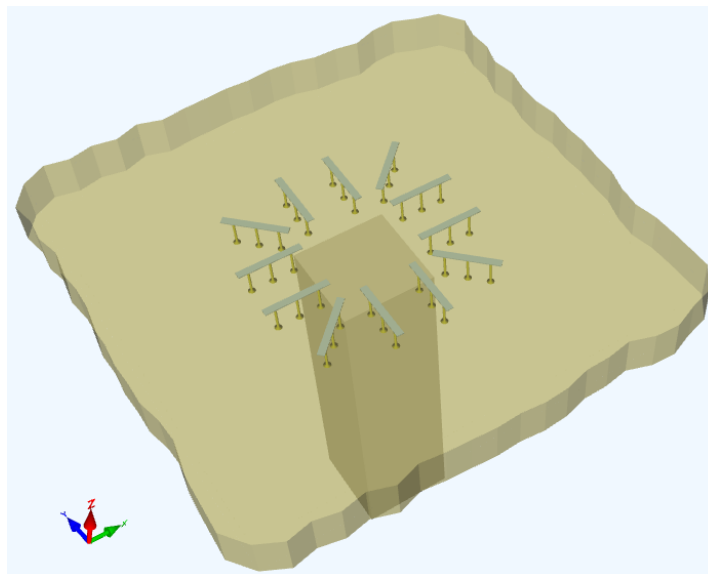


Bild 3.32: HDB-Ergebnisse in 3D

3.3.5.2 Detailtabelle zur Bemessung

In diesem Kapitel werden die Bemessungsvorgaben für den Durchstanznachweis bei punktgelagerten Platten bzw. punktförmig belasteten Fundamenten erläutert. Details bzw. Unterschiede bei den liniengelagerten Wänden (Durchstanzen am Wandende bzw. an der Wanddecke) werden im [Kapitel 3.3.5.3](#) behandelt.

In der Tabelle *Durchstanzknoten-Details* sind die genauen Vorgaben für die Bemessung zu treffen.

Form des Durchstanzknotens

<input type="checkbox"/> Form		Form	Rechteckig	
<input type="checkbox"/> Breite in y-Richtung	a		0.40	m
<input type="checkbox"/> Breite in x-Richtung	b		0.40	m
<input type="checkbox"/> Drehung	γ		0.00	°
<input type="checkbox"/> Stützenkopfverstärkung				<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Lage		Lage		Mitte
<input type="checkbox"/> Bauteil		Bauteil		Platte
<input type="checkbox"/> Angewendete Durchstanzlast			Einzelkraft aus Stütze / Belas	
<input type="checkbox"/> Richtung der Durchstanzkraft				Ermitteln
<input type="checkbox"/> Lasterhöhungsfaktor β			6.4.3(3) - Vollplastische Schu	
<input type="checkbox"/> Durchstanzbewehrung		Bew.		Keine
<input type="checkbox"/> Rundschnitte		Definieren		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Mindestabstand der Bewehrungsreihen		min s_r		0.05 m
<input type="checkbox"/> Längsbewehrung				
<input type="checkbox"/> Querschnitt	Definieren			<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Verlegebreite				
<input type="checkbox"/> Obere Bahnen		Anzahl		2
<input type="checkbox"/> 1. Bahn	b 1.oben			1.00 m
<input type="checkbox"/> 2. Bahn	b 2.oben			1.00 m
<input type="checkbox"/> Untere Bahnen		Anzahl		2
<input type="checkbox"/> 1. Bahn	b 1.unten			1.00 m
<input type="checkbox"/> 2. Bahn	b 2.unten			1.00 m
<input type="checkbox"/> Normalkraft		N_{cp}		Ermitteln
<input type="checkbox"/> Abziehende Flächenlast				
<input type="checkbox"/> Größe	q		0.00	N/mm ²
<input type="checkbox"/> Abzugsfähiger Anteil	Anteil		100.00	%
<input type="checkbox"/> Max. abziehbare Fläche	Abstand		1.0	d

Bild 3.33: Detailtabelle

Die Form der Lasteinleitungsfläche kann *Rechteckig* oder *Rund* sein.

<input type="checkbox"/> Form		Form	Rechteckig	
<input type="checkbox"/> Breite in y-Richtung	a		0.40	m
<input type="checkbox"/> Breite in x-Richtung	b		0.40	m
<input type="checkbox"/> Drehung	γ		0.00	°
<input type="checkbox"/> Form		Form	Rund	
<input type="checkbox"/> Breite	D		0.30	m

Bild 3.34: Form

Stützenkopfverstärkung

In RF-STANZ Pro ist es möglich, bei punktuellen Durchstanzproblemen eine zusätzliche Stützenkopfverstärkung anzuordnen. Hierzu ist das entsprechende Kontrollfeld in den Durchstanzknoten-Details zu aktivieren. Eine Modifikation der Plattendicke im eigentlichen RFEM-Modell ist nicht erforderlich.

<input checked="" type="checkbox"/> Stützenkopfverstärkung				<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Typ	Form			Treppe
<input type="checkbox"/> Abstand in x-Richtung	$l_{H,x}$		0.30	m
<input type="checkbox"/> Abstand in y-Richtung	$l_{H,y}$		0.30	m
<input type="checkbox"/> Höhe	h_H		0.30	m

Bild 3.35: Aktivieren der Stützenkopfverstärkung

Als *Typ* der Stützenkopfverstärkung sind die Formen *Treppe* oder *Konus* möglich.

Das Maß $l_{H,x}$ bzw. $l_{H,y}$ beschreibt den Abstand von der Vorderkante der Stütze zur Vorderkante der Stützenkopfverstärkung. Die Höhe h_H entspricht der Höhe der Stützenkopfverstärkung (ohne den Plattenanteil). Die Parameter sind in [Bild 3.36](#) und [Bild 3.37](#) erläutert.

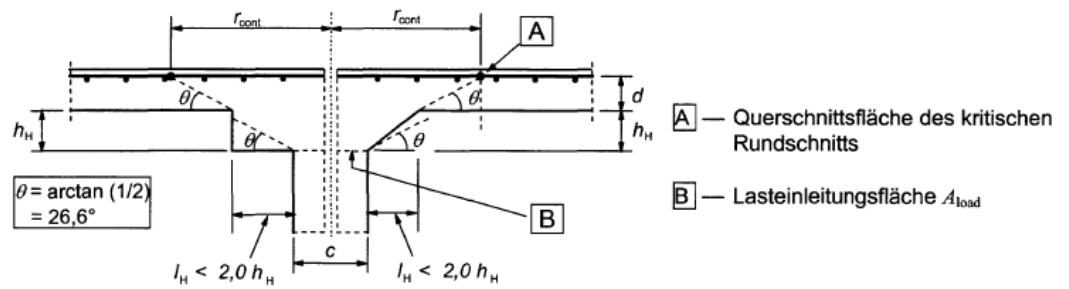


Bild 3.36: Stützenkopfverstärkung gemäß [1] Bild 6.17 – kritischer Rundschnitt im Plattenbereich

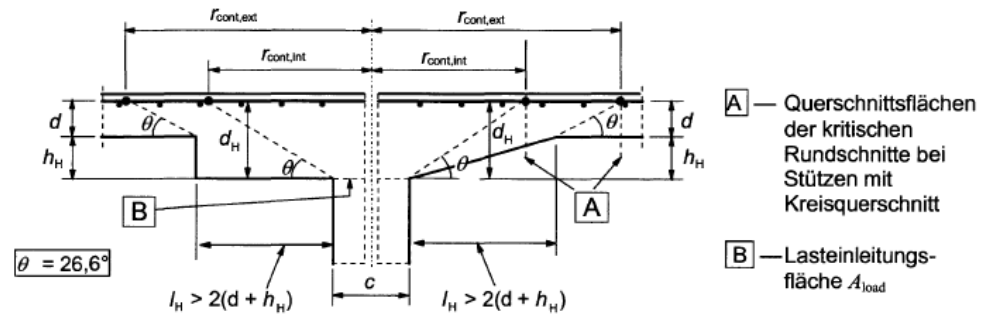


Bild 3.37: Stützenkopfverstärkung gemäß [1] Bild 6.17 mit kritischem Rundschnitt in Platte und Verstärkung

Die eingegebenen Abmessungen für die Stützenkopfverstärkung werden automatisch in der interaktiven Infografik im rechten Bereich der Maske 1.5 dargestellt.

Durchstanzknoten-Details - Knoten Nr. 10

Fom			Rechteckig
Breite in y-Richtung	a	0.40	m
Breite in x-Richtung	b	0.40	m
Drehung	gamma	0.00	°
Stützenkopfverstärkung			<input checked="" type="checkbox"/>
Typ			Treppe
Abstand in x-Richtung	l _{H,x}	0.50	m
Abstand in y-Richtung	l _{H,y}	0.50	m
Höhe	h _H	0.20	m
Lage	Lage	Mitte	
Bauteil	Bauteil	Platte	
Angewendete Durchstanzlast			Einzelkraft aus
Richtung der Durchstanzkraft			Ermitteln
Lasterhöhungsfaktor beta			6.4.3(3) - Vollpl
Durchstanzbewehrung			Bew. Keine
Rundsnitte			Definieren <input type="checkbox"/>
Mindestabstand der Bewehrungsreihen			min s _r 0.05 m
Längsbewehrung			
Querschnitt			Definieren <input type="checkbox"/>
Verlegebreite			
Obere Bahnen			Anzahl 2
1. Bahn			b _{1,oben} 1.00 m

Bild 3.38: Eingabe der Stützenkopfverstärkung

Bei der Eingabe der Stützenkopfverstärkung ist der Abschnitt 6.4.2 in [1] zu beachten. Im Abschnitt 6.4.2 (9) wird darauf hingewiesen, dass ein Nachweis im Plattenbereich sowie im Bereich der Stützenkopfverstärkung erforderlich wird, wenn $l_H > 2 h_H$ ist (siehe auch Grafik und Abmessungen in Bild 3.38). In diesem Fall wird der Nachweis des Durchstanzens in RF-STANZ Pro im Plattenbereich sowie innerhalb der Stützenkopfverstärkung geführt.

Wird entsprechend der Eingabe $l_H < 2 h_H$, so wird der Nachweis des Durchstanzens lediglich in der Platte außerhalb der Stützenkopfverstärkung geführt. In diesem Fall wird der innere Durchstanzkegel gestrichelt dargestellt (siehe Bild 3.39).

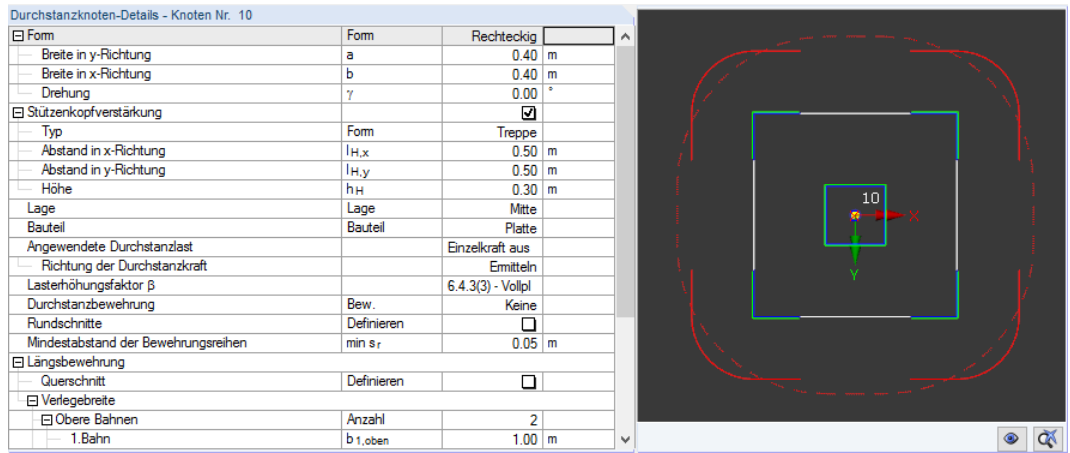


Bild 3.39: Eingabe der Stützenkopfverstärkung mit $l_h < 2 h_H$

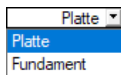
Lage des Durchstanzknotens

RF-STANZ Pro erkennt die *Lage* des Durchstanzknotens automatisch und ordnet diesen in *Mitte*, *Rand* oder *Ecke* ein. Abhängig von der modellierten Struktur kann es jedoch vorkommen, dass die Lage durch den Anwender angepasst werden muss. Dies kann ebenfalls über die Durchstanzknoten-Details gesteuert werden

Lage	Lage	Mitte
Bauteil	Bauteil	Mitte
Angewendete Durchstanzlast		Rand
Richtung der Durchstanzkraft		Ecke

Bild 3.40: Lage

Bauteil



Mit der Auswahl des Bauteils kann gesteuert werden, ob es sich um den Nachweis an einer *Platte* oder einem *Fundament* handelt.

Angewendete Durchstanzlast

Mit dieser Option lässt sich festlegen, wie die Durchstanzlast für den Nachweis ermittelt werden soll. Hierzu stehen grundsätzlich folgende Möglichkeiten zur Auswahl:

Angewendete Durchstanzlast		Einzelkraft aus Stütze / Belastung / Knotenlager
Richtung der Durchstanzkraft		Einzelkraft aus Stütze / Belastung / Knotenlager
Lasterhöhungsfaktor β		Geglättete Schubkraft über Umfang des kritischen Rundschnitts
Durchstanzbewehrung	Bew.	Nicht-geglättete Schubkraft über Umfang des kritischen Rundschnitts
Rundsnitte	Definieren	Benutzerdefiniert

Bild 3.41: Angewendete Durchstanzlast

- Einzelkraft aus Stütze / Belastung / Knotenlager**
 Es wird die Normalkraft aus einer Stütze, die Belastung an einem Knoten oder die Lagerkraft eines ausgewählten Knotens für die Bemessung herangezogen.
- Geglättete Schubkraft über den Umfang des kritischen Rundschnitts**
 Das Modul ermittelt die Schubkraft in der Platte entlang des kritischen Rundschnitts und bildet hieraus einen gemittelten Verlauf, aus dem die Durchstanzlast ermittelt wird.
- Nicht-geglättete Schubkraft über den Umfang des kritischen Rundschnitts**
 Es wird der tatsächliche Schubkraftverlauf entlang des kritischen Rundschnitts verwendet. Die Durchstanzlast wird aus dem Maximalwert der Schubspannung ermittelt. In diesem Fall wird der Lasterhöhungsfaktor β mit 1,00 angesetzt.
- Benutzerdefiniert**
 Die für den Nachweis angesetzte Durchstanzlast kann direkt vorgegeben werden.



Je nach Art des Durchstanznachweises sind nicht alle Auswahlmöglichkeiten verfügbar. Wird der Nachweis beispielsweise am Wandende oder an einer Wanddecke geführt, fehlt die Option *Einzelkraft aus Stütze / Belastung / Knotenlager*.

Die **Richtung der Durchstanzlast** wird in der Regel direkt vom Programm ermittelt. Hierzu kann die Einstellung *Ermitteln* beibehalten werden. Bei Bedarf kann diese allerdings auch in +Z bzw. -Z gesetzt werden.

Angewendete Durchstanzlast		Einzelkraft aus	
Richtung der Durchstanzkraft		Ermitteln	
Lasterhöhungsfaktor β		Ermitteln	
Durchstanzbewehrung	Bew.	+ Z	
Rundschnitte	Definieren	- Z	

Bild 3.42: Richtung der Durchstanzlast

Lasterhöhungsfaktor β

Angewendete Durchstanzlast		Einzelkraft aus	
Richtung der Durchstanzkraft		Ermitteln	
Lasterhöhungsfaktor β		6.4.3(3) - Voll	
Durchstanzbewehrung	Bew.	6.4.3(3) - Vollplastische Schubspannungsverteilung	
Rundschnitte	Definieren	6.4.3(6) - Konstante Faktoren gemäß Bild 6.21N	
Mindestabstand der Bewehrungsreihen	min s_r	Bestimmt durch Sektorenmodell	
<input checked="" type="checkbox"/> Längsbewehrung		Definition durch Benutzer	
<input type="checkbox"/> Querschnitt	Definieren	<input checked="" type="checkbox"/>	

Bild 3.43: Auswahl des Lasterhöhungsfaktors

Mit dieser Einstellung kann festgelegt werden, ob der Lasterhöhungsfaktor β nach [1] Abschnitt 6.4.3 (3) über die *Vollplastische Schubspannungsverteilung* oder nach Abschnitt 6.4.3 (6) über *Konstante Faktoren* gemäß Bild 6.21N aus [2] ermittelt werden soll. Hierbei ist zu beachten, dass die Näherungswerte gemäß Abschnitt 6.4.3 (6) verwendet werden dürfen, wenn die in diesem Abschnitt beschriebenen Voraussetzungen erfüllt sind (siehe auch [Kapitel 2.2.1.3](#) auf [Seite 21](#)).

Als dritte Möglichkeit steht die Ermittlung des Lasterhöhungsfaktors über ein *Sektorenmodell* zur Verfügung.

Alternativ kann der Lasterhöhungsfaktor auch durch den *Benutzer* vorgegeben werden.



Wird die Durchstanzlast aus der nicht-geglätteten Schubkraft entlang des kritischen Rundschnitts ermittelt, entfällt diese Vorgabe. In diesem Fall wird kein Lasterhöhungsfaktor berücksichtigt, da die Durchstanzlast ohnehin mit dem Maximalwert der Schubspannung am kritischen Rundschnitt aus der FEM-Berechnung in RFEM ermittelt wird.

Weitere Informationen zur Ermittlung des Lasterhöhungsfaktors β finden Sie auch in unserer [Knowledge-Base](#) auf der DLUBALWebsite.

Bei der Vorgabe *Definition durch Benutzer* erscheint eine zusätzliche Eingabezeile, in der der Wert des Lasterhöhungsfaktors β frei vorgegeben kann.

<input checked="" type="checkbox"/> Lasterhöhungsfaktor β		Definition durch Benutzer
<input type="checkbox"/> Definierter Beiwert β		1.250

Bild 3.44: Benutzerdefinierte Vorgabe des Lasterhöhungsfaktors

Mindestmomente

Um die Mindestmomente nach [1] Abschnitt 6.4.5 (NA.6) bei der Ermittlung der Längsbewehrung zu *Beachten*, ist das Kontrollfeld anzuhaken. Die theoretischen Hintergründe zur Ermittlung der Mindestmomente finden Sie im [Kapitel 2.2.2.1](#) auf [Seite 34](#).

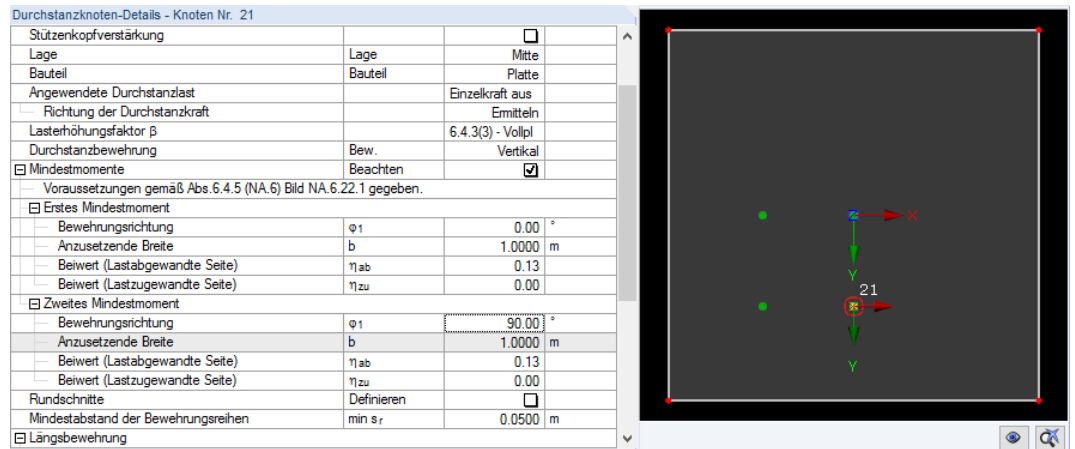


Bild 3.45: Berücksichtigung der Mindestmomente

Zu beachten ist hierbei, dass das Modul zur automatischen Bestimmung der Mindestmomente die Abmessungen I_x bzw. I_y entsprechend Tabelle NA.6.1.1 benötigt (siehe [Tabelle 2.1](#), [Seite 34](#)). Dadurch sind in der Maske *1.1 Basisangaben* mindestens zwei Durchstanzknoten in x- bzw. y-Richtung vorzugeben.

Wird zum Beispiel nur ein Knoten für den Durchstanznachweis ausgewählt und die Option Mindestmomente angewählt, erhält man den Hinweis, wonach die *Voraussetzungen gemäß Abs. 6.4.5 (NA.) Bild NA.6.22.1 nicht erfüllt* sind. In diesem Fall können die Mindestmomente durch den Anwender definiert werden (siehe [Bild 3.46](#)).

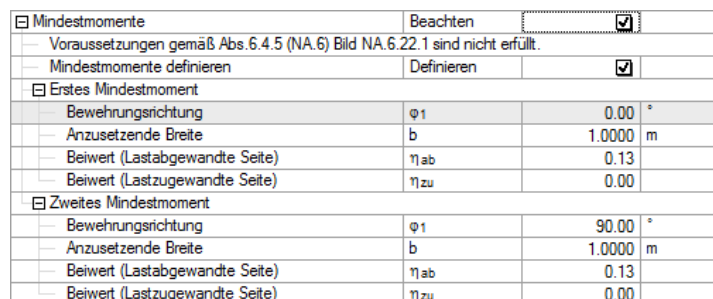


Bild 3.46: Definition der Mindestmomente

Rundschnitte

RF-STANZ Pro legt den kritischen Rundschnitt, die inneren Rundschnitte für eine ggf. erforderliche Durchstanzbewehrung sowie den äußeren Rundschnitt, für den eine Durchstanzbewehrung nicht mehr erforderlich ist, automatisch an.

Optional können die Rundschnitte auch durch den Benutzer vor der Berechnung vorgegeben werden. Dies kann beispielsweise erforderlich werden, wenn die vom Programm angelegte Durchstanzbewehrung für eine bessere Ausführbarkeit der Bewehrung angepasst werden soll. In diesem Fall ist das Kontrollfeld *Rundschnitte* anzuhaken. Damit öffnen sich weitere Eingabezeilen, in denen die einzelnen Rundschnitte mit den jeweiligen Parametern (*Abstand*, *Umfang* und *Anzahl* der Rundschnitte) definiert werden können (siehe [Bild 3.47](#)).

<input type="checkbox"/> Rundschnitte	Definieren	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Kritischer Rundschnitt		
Abstand	$l_{w,crit}$	0.3800 m
Umfang	u_{crit}	4.1876 m
<input type="checkbox"/> Innere Rundschnitte	Definieren	<input checked="" type="checkbox"/>
Anzahl	n_i	3
<input type="checkbox"/> Abstand zur Lasteinleitungsfläche	Definieren	<input checked="" type="checkbox"/>
1. Abstand	$l_{w,1}$	0.0950 m
Radialabstand	s_r	0.1425 m
<input type="checkbox"/> Äußerer Rundschnitt	Definieren	<input type="checkbox"/>

Bild 3.47: Manuelle Vorgabe der Rundschnitte

Bei der in Bild 3.47 dargestellten Eingabe wurden die inneren Rundschnitte benutzerdefiniert vorgegeben. Es wurden drei innere Rundschnitte angeordnet. Der Abstand von der Lasteinleitungsfläche soll für das Beispiel $0,5 \cdot d = 0,5 \cdot 0,19 \text{ m} = 0,095 \text{ m}$ betragen. Der radiale Abstand zwischen den einzelnen Bewehrungsreihen wird mit $0,75 \cdot d = 0,1425 \text{ m}$ voreingestellt.

Eine Änderung an den Eingaben wird in der interaktiven Infografik direkt visualisiert.

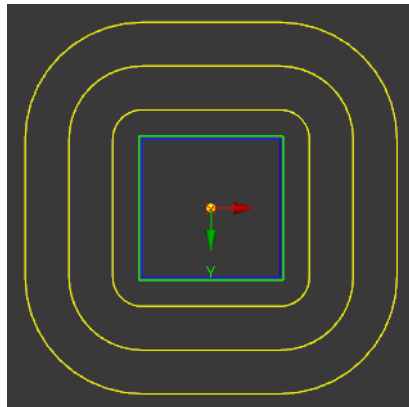


Bild 3.48: Darstellung der manuell vorgegebenen inneren Rundschnitte

Längsbewehrung

In RF-STANZ Pro wird die erforderliche Längsbewehrung zum Erreichen des erforderlichen Durchstanzwiderstandes $\nu_{Rd,c}$ automatisch erhöht. Optional kann eine vorhandene Längsbewehrung benutzerdefiniert vorgegeben werden, die z. B. aus der Biegebemessung der Platte im Zusatzmodul RF-BETON Flächen resultiert. Damit kann überprüft werden, ob die daraus resultierende Biegebewehrung für die Querkrafttragfähigkeit ausreichend ist.

Um eine Längsbewehrung zu *Definieren*, ist zunächst das entsprechende Kontrollfeld anzuhaken.

<input type="checkbox"/> Längsbewehrung		
<input type="checkbox"/> Querschnitt	Definieren	<input type="checkbox"/>

Bild 3.49: Querschnitt der Längsbewehrung definieren

Danach kann in den zusätzlich verfügbaren Eingabezeilen der Bewehrungsgehalt in $[\text{cm}^2/\text{m}]$ für die jeweiligen Lagen und Richtungen definiert werden.

<input type="checkbox"/> Längsbewehrung			
<input type="checkbox"/> Querschnitt	Definieren	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Obere Bahnen	Anzahl	2	
1. Bahn	vorh a 1, s, oben	31.42	cm^2/m
2. Bahn	vorh a 2, s, oben	31.42	cm^2/m
<input type="checkbox"/> Untere Bahnen	Anzahl	2	
1. Bahn	vorh a 1, s, unten	0.00	cm^2/m
2. Bahn	vorh a 2, s, unten	0.00	cm^2/m

Bild 3.50: Bewehrungsgehalt vorgeben



Des Weiteren kann die *Verlegebreite* angepasst werden. Standardmäßig ist diese mit 1,00 m vor-eingestellt. Wichtig hierbei ist, dass eine Überprüfung der erforderlichen Verlegebreiten bzw. Verankerungslängen der Längsbewehrung im Modul **nicht erfolgt!** Die Verankerungslängen und Verlegebreiten der erforderlichen Stahlzulagen sind durch den Anwender festzulegen bzw. zu kontrollieren.

Die Verlegebreiten können im Programm angegeben werden, um dies grafisch in der Ergebnisdarstellung sichtbar zu machen. Dies ist unabhängig davon möglich, ob die Längsbewehrung vom Programm ermittelt oder vom Anwender vorgegeben wird

Verlegebreite			
Obere Bahnen	Anzahl	2	
1. Bahn	b 1, oben	1.0000	m
2. Bahn	b 2, oben	1.0000	m
Untere Bahnen	Anzahl	2	
1. Bahn	b 1, unten	1.0000	m
2. Bahn	b 2, unten	1.0000	m

Bild 3.51: Verlegebreite vorgeben

Normalkraft

Die Normalkraft N_{cp} in der Platte wird in RF-STANZ Pro standardmäßig automatisch ermittelt und für die Berechnung des Durchstanzwiderstandes berücksichtigt. Das Modul setzt hierbei eine entlang des kritischen Rundschnitts gemittelte Normalkraft an.

Soll bei der Ermittlung des Durchstanzwiderstandes eine günstig wirkende Druckkraft oder eine ungünstig wirkende Zugkraft nicht berücksichtigt werden, kann der Anwender anstatt *Ermitteln* auch *Eingeben* wählen.

Normalkraft	N_{cp}	Ermitteln	
		Eingeben	
		Ermitteln	
Größe	N_{cp}	0.00	kN/m

Bild 3.52: Verlegebreite vorgeben

Daraufhin erscheint eine neue Eingabezeile, in der die Normalkraft in der Platte z. B. zu null gesetzt werden kann.

Abziehende Flächenlast

Die *Details* sehen auch die Möglichkeit vor, eine Flächenlast zu definieren, die vor der Bemessung abgezogen wird. Dies bedeutet, dass die einwirkende Querkraft (z. B. aus der Normalkraft der Stütze) um einen Betrag einer entgegenwirkenden Querkraft reduziert wird. Diese entgegenwirkende Querkraft ist über die *Größe* (Flächenlast z. B. in $[kN/m^2]$), den *Abzugsfähigen Anteil* [%] und die *Maximal abziehbare Fläche* zu definieren.

Abziehende Flächenlast			
Größe	q	0	kN/m ²
Abzugsfähiger Anteil	Anteil	100.00	%
Max. abziehbare Fläche	Abstand	1.0 d	
		1.0 d	
		a_crit	

Bild 3.53: Abziehende Flächenlast bei Fundament

Die maximal abziehbare Fläche wird über den *Abstand* definiert. Wurde das Bauteil als *Platte* definiert, ist nur die Option *1.0 d* verfügbar. Bei einem *Fundament* stehen die Einträge *1.0 d* und *a_crit* zur Auswahl.

Flächenlast innerhalb des kritischen Rundschnitts

Wird die angewendete Durchstanzlast als *Geglättete Schubkraft über Umfang des kritischen Rundschnitts* oder *Nicht-geglättete Schubkraft über Umfang des kritischen Rundschnitts* definiert (siehe Bild 3.41, Seite 58), so entfällt die Eingabemöglichkeit einer abzuziehenden Flächenlast.

Mit den beiden genannten Optionen wird die Schubkraft bereits entlang des kritischen Rundschnitts herangezogen, um die Durchstanzlast zu ermitteln. Daher ist das Abziehen einer entgegengerichteten Flächenlast nicht mehr erforderlich. In diesem Fall wird in den Details die Zeile *Flächenlast innerhalb des kritischen Rundschnitts* angezeigt.

Flächenlast innerhalb des kritischen Rundschnitts		Eingeben	
Größe	q	18	kN/m ²

Bild 3.54: Flächenlast innerhalb des kritischen Rundschnitts

Die Durchstanzlast wird für den Nachweis von $V_{Rd,max,u0}$ aus der Integration der Schubspannung entlang des kritischen Rundschnitts und der Flächenlast innerhalb des kritischen Rundschnitts ermittelt.

Bei der Option *Eingeben* wird eine Größe der Flächenlast q voreingestellt. Hierbei setzt RF-STANZ Pro eine Flächenlast von 1,5 kN/m² (ständig) und 5,0 kN/m² (veränderlich) als Standardeingabe an. Somit ergibt sich mit der Variablen für die Plattendicke und den zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten folgende Gleichung für die voreingestellte Größe der Flächenlast q :

$$q = \gamma_{g,k} \cdot (t_{pl} \cdot \gamma_c + 1,50 \text{ kN/m}^2) + \gamma_{q,k} \cdot 5,00 \text{ kN/m}^2$$

In Bild 3.54 wurde eine Lastgröße von 18,0 kN/m² angesetzt. Dieser Wert ergibt sich aus der Flächendicke von 0,24 m mit einer Wichte von 25,0 kN/m³ und den Teilsicherheitsbeiwerten für die ständigen und veränderlichen Lasten ($\gamma_{g,k} = 1,35$; $\gamma_{q,k} = 1,50$). Der aus der Gleichung oben resultierende Wert für $q = 17,625 \text{ kN/m}^2$ wird daraufhin auf die nächste ganze Zahl gerundet und in Maske 1.5 als Größe $q = 18,0 \text{ kN/m}^2$ angesetzt.

Wird als Bauteil die *Platte* gewählt, steht zudem die Option *Ermitteln* zur Verfügung. Hierbei wird die Flächenlast innerhalb des kritischen Rundschnitts gänzlich vom Programm ermittelt. Eine Vorgabe der Flächenlast innerhalb des kritischen Rundschnitts ist nicht erforderlich.

3.3.5.3 Wandecken und Wandenden

RF-STANZ Pro erkennt automatisch Durchstanzpunkte an Wandenden und Wandecken und führt an diesen Knoten ebenfalls die Durchstanznachweise durch.

Im vorherigen Kapitel 3.3.5.2 wurde speziell auf die *Durchstanzknoten-Details* für punktuelle Durchstanzprobleme eingegangen. In diesem Kapitel werden die Unterschiede bei der Nachweisführung für Wandenden und Wandecken herausgestellt.

Form des Durchstanzknotens

RF-STANZ Pro erkennt, ob es sich um einen Durchstanznachweis an einer Wandecke oder einem Wandende handelt. Der Durchstanzpunkt an einer Wandecke wird durch zwei Linien in Wandrichtung 1 und in Wandrichtung 2 definiert.

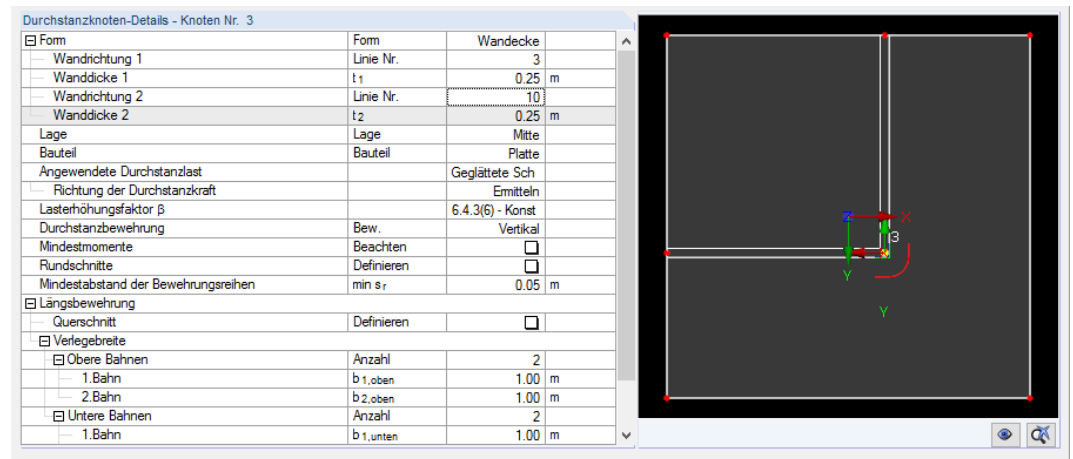


Bild 3.55: Durchstanzknoten-Details einer Wandecke

Falls die automatische Objekterkennung für das Wandende oder die Wandecke den gewünschten Durchstanzpunkt nicht erkennt, so kann dies durch die manuelle Vorgabe der Liniennummer in Wandrichtung 1 bzw. Wandrichtung 2 korrigiert werden.

Form		Form	Wandecke
Wandrichtung 1	Linie Nr.	3	
Wanddicke 1	t ₁		0,25 m
Wandrichtung 2	Linie Nr.	10	
Wanddicke 2	t ₂		0,25 m

Bild 3.56: Auswahl der Linien in Wandrichtung 1 und 2

Angewendete Durchstanzlast



Bei den Nachweisen an einem Wandende oder an einer Wandecke wird standardmäßig die *Nicht-geglättete Schubkraft entlang des kritischen Rundschnitts* angesetzt. Dies bedeutet auch, dass in diesem Fall der Lasterhöhungsfaktor β mit 1,00 angesetzt wird, da für die Ermittlung der Durchstanzlast bereits der Maximalwert der Schubkraft entlang des kritischen Rundschnitts berücksichtigt wurde.

Wird hierzu auf die *Geglättete Schubkraft entlang des kritischen Rundschnitts* umgestellt, so wird auch der Lasterhöhungsfaktor β relevant. Bei der Auswahl des geglätteten Verlaufs der Schubkraft sind entsprechend die Eingabeoptionen für die Ermittlung des Lasterhöhungsfaktors zugänglich.

3.4 Ergebnismasken

3.4.1 Durchstanznachweise

Berechnung

Unmittelbar nach der [Berechnung] erscheint die Maske *2.1 Durchstanznachweise*. Sie besteht aus zwei Tabellen und einem interaktivem Grafikfenster.

The screenshot shows the '2.1 Durchstanznachweise' mask in the RF-STANZ Pro software. The main window contains two tables and a graphic window.

Knoten Nr.	A	B	C	D	E
	Bauteil	Belastung	Nachweisart	Nachweiskriterium	Fehlermeldung Hinweis
2	Platte	EK1	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit	0.55	51)
4	Platte	EK1	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit	0.66	51)
6	Platte	EK1	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit	0.55	51)
8	Platte	EK1	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit	0.61	51)
10	Platte	EK1	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit	0.51	51)
12	Platte	EK1	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit	0.61	51)
14	Platte	EK1	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit	0.55	51)
16	Platte	EK1	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit	0.66	51)
18	Platte	EK1	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit	0.55	51)

Zwischenergebnisse - Knoten Nr. 2			
<input type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit	v_{Ed}	288	kN/m ²
<input type="checkbox"/> Bemert	β	1.56	
gemäß Gleichung (6.39) ermittelt			
<input type="checkbox"/> In Richtung x			
<input type="checkbox"/> Bemert k nach Tabelle 6.1	k_x	0.60	
<input type="checkbox"/> Ausmittensparallele Abmessung	c_1	0.300	m
<input type="checkbox"/> Ausmittensenkrechte Abmessung	c_2	0.300	m
<input type="checkbox"/> Moment im Rundschnittschwerpunkt um y-Achse	$M_{Ed,y,sl}$	16.06	kNm
<input type="checkbox"/> Moment um die y-Achse	M_y	-3.84	kNm/m
<input type="checkbox"/> Schwerpunkteabstand von Rundschnitt um	x_{sl}	0.262	m
<input type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	75.83	kN
<input type="checkbox"/> Maßgebende Durchstanzlast	V_{Ed}	75.83	kN
<input type="checkbox"/> Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	1.911	m
<input type="checkbox"/> Widerstandsmoment des Rundschnitts	$W_{t,x}$	0.58	m ²
<input type="checkbox"/> In Richtung y			
<input type="checkbox"/> Bemert k nach Tabelle 6.1	k_y	0.60	
<input type="checkbox"/> Ausmittensparallele Abmessung	c_1	0.300	m
<input type="checkbox"/> Ausmittensenkrechte Abmessung	c_2	0.300	m
<input type="checkbox"/> Moment im Rundschnittschwerpunkt um x-Achse	$M_{Ed,x,sl}$	14.55	kNm
<input type="checkbox"/> Moment um die x-Achse	M_x	-5.35	kNm/m
<input type="checkbox"/> Schwerpunkteabstand von Rundschnitt um	y_{sl}	-0.262	m
<input type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	75.83	kN

The graphic window shows a square cross-section of a slab with a red circle indicating the critical perimeter. The axes x and y are shown, along with the center of gravity and the location of the applied load.

Bild 3.57: Maske 2.1 Durchstanznachweise

Übersichtstabelle

In der oberen Tabelle sind in der ersten Spalte alle *Knoten* aufgelistet, die für den Durchstanznachweis ausgewählt wurden. In der Spalte *Bauteil* wird dokumentiert, ob es sich um einen Nachweis an einer Platte oder einem Fundament handelt. Die Spalte *Belastung* weist den Lastfall, die Last- oder Ergebniskombination mit der maßgebenden Durchstanzlast aus. In der Spalte *Nachweisart* sind die Bezeichnungen der Einzelnachweise aufgelistet, die in den Gesamtnachweis des Knotens einfließen.

Die Spalte *Nachweiskriterium* vermittelt eine quantitative und qualitative Aussage darüber, ob der Nachweis erfolgreich geführt werden konnte. In der letzten Spalte erscheinen für manche Zeilen Nummern von Anmerkungen. Die Anmerkung wird am unteren Rand dieser Maske angezeigt. Sie kommentiert das Ergebnis der Bemessung, wie z. B. die Meldung 51) in Bild 3.66, wonach der Durchstanzwiderstand $v_{Rd,c}$ einer Platte gemäß [1] 6.4.4 (2) ausreichend ist.

Die Übersichtstabelle ist mit der interaktiven Grafik verbunden: Beim Setzen des Cursors in die Zeile eines Knotens wird dieser mitsamt Fläche im Grafikfenster rechts unten dargestellt.

Zwischenergebnisse

Die untere Tabelle zeigt alle Zwischenschritte des Nachweises an, der in der Übersichtstabelle oben selektiert ist. Sie beginnt mit der Ermittlung der maßgebenden Beanspruchung. Danach schließt sich die Bestimmung der Beanspruchbarkeit an. Im Nachweis werden die beiden Größen gegenübergestellt und aus ihnen das Nachweiskriterium bestimmt.

- Die Tabelle ist zur Informationsverdichtung hierarchisch aufgebaut. Die Endergebnisse einer Berechnung befinden sich auf einer höheren Darstellungsebene als die jeweiligen Zwischenergebnisse. Die tieferen Darstellungsebenen sind durch Anklicken der [+]-Zeichen erreichbar.

Grafische Auswahl

In den Tabellen besteht eine grafische Auswahlmöglichkeit über die Schaltfläche . Sie befindet sich unterhalb der Übersichtstabelle rechts.

2.1 Durchstanznachweise

Knoten Nr.	A Bauteil	B Belastung	C Nachweisart	D Nachweis- kriterium	E Fehlermeldung Hinweis
2	Platte	LK2	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit	0.81	51)
4	Platte	LK2	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit	1.00	50)
6	Platte	LK2	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit	0.81	51)
8	Platte	LK2	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit	1.00	50)
10	Platte	LK2	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit	1.40	
			Querkrafttragfähigkeit Druckstrebe	1.00	
			Querkrafttragfähigkeit Zugstrebe	1.00	
			Querkrafttragfähigkeit äußerer Rundschnitt	1.00	
12	Platte	LK2	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit	1.00	50)
14	Platte	LK2	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit	0.81	51)

Bild 3.58: Schaltfläche

Beim Anklicken der Schaltfläche erscheint das RFEM-Arbeitsfenster. Im Modell kann nun einer der Durchstanzknoten, die für den Nachweis bestimmt wurden, ausgewählt werden. Danach erfolgt die Rückkehr in das Modul RF-STANZ Pro. In der Tabelle werden nun die Ergebnisse dieses Knotens angezeigt.

Ausgabe der Zwischenergebnisse

Die Zwischenergebnisse der Durchstanznachweise sind in verschiedenen Ebenen angeordnet. Die oberste Darstellungsebene sieht wie folgt aus:

Zwischenergebnisse - Knoten Nr. 10

<input checked="" type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit	v_{Ed}	1050	kN/m ²
<input checked="" type="checkbox"/> Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung			
<input checked="" type="checkbox"/> Nachweis			

Bild 3.59: Zwischenergebnisse – Hauptpunkte

Die darunterliegenden Ebenen sind in folgenden Bildern dargestellt.

<input checked="" type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit	v_{Ed}	1050	kN/m ²
<input checked="" type="checkbox"/> Beiwert	β	1.10	
gemäß Gleichung (6.39) ermittelt			
<input checked="" type="checkbox"/> In Richtung x			
<input checked="" type="checkbox"/> Beiwert k nach Tabelle 6.1	k_x	0.60	
<input checked="" type="checkbox"/> Moment im Rundschnittschwerpunkt um y-Achse	$M_{Ed,y,sl}$	0.00	kNm
Maßgebende Durchstanzlast	V_{Ed}	382.47	kN
Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	2.765	m
Widerstandsmoment des Rundschnitts	$W_{1,x}$	0.77	m ²
<input checked="" type="checkbox"/> In Richtung y			
<input checked="" type="checkbox"/> Beiwert k nach Tabelle 6.1	k_y	0.60	
<input checked="" type="checkbox"/> Moment im Rundschnittschwerpunkt um x-Achse	$M_{Ed,x,sl}$	0.00	kNm
Maßgebende Durchstanzlast	V_{Ed}	382.47	kN
Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	2.765	m
Widerstandsmoment des Rundschnitts	$W_{1,y}$	0.77	m ²
<input checked="" type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	382.47	kN
Lastfall	LF	LK2	
Lastabgewandte Fläche		Oberseite	
<input checked="" type="checkbox"/> Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	2.765	m
Abstand zur Lasteinleitungsfläche	$l_{w,1}$	0.290	m
Länge der Lasteinleitungsfläche	a1	0.30	cm
Breite der Lasteinleitungsfläche	b1	0.30	cm
<input checked="" type="checkbox"/> Mittlere statische Nutzhöhe	d	14.50	cm
Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d1	14.00	cm
Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d2	15.00	cm
<input checked="" type="checkbox"/> Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung			
<input checked="" type="checkbox"/> Nachweis			

Bild 3.60: Unterpunkte für *Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit*

<input checked="" type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit	V_{Ed}	1050	kN/m ²
<input checked="" type="checkbox"/> Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung			
<input checked="" type="checkbox"/> Grunddurchstanzwiderstand nach (6.47)	$V_{Rd,c,calc,1}$	750	kN/m ²
<input type="checkbox"/> Landesspezifischer Wert	$C_{Rd,c}$	0.12	
<input type="checkbox"/> Beiwert (Einfluss der Bauteilhöhe)	k	2.00	
<input checked="" type="checkbox"/> Mittlere statische Nutzhöhe			
<input type="checkbox"/> Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d_1	15.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	14.00	cm
<input type="checkbox"/> Mittlere statische Nutzhöhe	d	14.50	cm
<input checked="" type="checkbox"/> Mittlerer Längsbewehrungsgrad			
<input checked="" type="checkbox"/> Bewehrungsgrad der 1. Bahn	ρ_1	0.010	
<input checked="" type="checkbox"/> Bewehrungsgrad der 2. Bahn	ρ_2	0.011	
<input type="checkbox"/> Mittlerer Längsbewehrungsgrad	ρ	0.010	
<input type="checkbox"/> Maximal zulässiger Bewehrungsgrad	ρ_{max}	0.020	
<input type="checkbox"/> Charakteristische Zylinderfestigkeit	f_{ck}	30.00	N/mm ²
<input type="checkbox"/> Landesspezifischer Wert	k_1	0.10	
<input checked="" type="checkbox"/> Spannung im Beton	σ_{cp}	5	kN/m ²
<input type="checkbox"/> Membrankraft	N_{cp}	-0.81	kN/m
<input checked="" type="checkbox"/> Mindestdurchstanzwiderstand nach (6.47)	$V_{Rd,c,calc,2}$	543	kN/m ²
<input type="checkbox"/> Landesspezifischer Wert	v_{min}	542	kN/m ²
<input type="checkbox"/> Landesspezifischer Wert	k_1	0.10	
<input checked="" type="checkbox"/> Spannung im Beton	σ_{cp}	5	kN/m ²
<input type="checkbox"/> Membrankraft	N_{cp}	-0.81	kN/m
<input type="checkbox"/> Maßgebender Durchstanzwiderstand	$V_{Rd,c}$	750	kN/m ²
<input checked="" type="checkbox"/> Nachweis			

Bild 3.61: Unterpunkte für *Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung*


<input checked="" type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit	V_{Ed}	1050	kN/m ²
<input checked="" type="checkbox"/> Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung			
<input checked="" type="checkbox"/> Nachweis			
<input type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit	V_{Ed}	1050	kN/m ²
<input type="checkbox"/> Maßgebender Durchstanzwiderstand	$V_{Rd,c}$	750	kN/m ²
<input type="checkbox"/> Nachweiskriterium	Kriterium	1.40	

Bild 3.62: Unterpunkte für *Nachweis*

Export des kritischen Rundschnitts



In der Ergebnismaske 2.1 befindet sich zusätzlich eine Schaltfläche zum [Exportieren] des kritischen Rundschnitts in das RFEM-Modell.

Zunächst ist in der Tabelle der Durchstanznachweise die relevante Zeile mit einem Mausklick auszuwählen. Wird dann die Schaltfläche  betätigt, erzeugt RF-STANZ Pro Linien im RFEM-Modell am Verlauf des generierten kritischen Rundschnitts. Diese können dann z. B. genutzt werden, um Flächenschnittgrößen aus den RFEM-Ergebnissen grafisch auszuwerten.

3.4.2 Erforderliche Durchstanzbewehrung

Das Erscheinungsbild der zweiten Ausgabemaske ist von der Bewehrungsart abhängig.

2.2 Erforderliche Durchstanzbewehrung

Knoten Nr.	A Bauteil	B Belastung	C			D		E		F Fehlermeldung Hinweis
			Bewehrungsart			Bewehrungsfläche	Einheit			
10	Platte	LK2	Plattenunterseite in Richtung φ_2			0,00	cm ² /m			
			Plattenoberseite in Richtung φ_1			14,72	cm ² /m			
			Plattenoberseite in Richtung φ_2			14,72	cm ² /m			
			Plattenunterseite in Richtung φ_1			0,00	cm ² /m			
			Plattenunterseite in Richtung φ_2			0,00	cm ² /m			
			1. Rundschnitt			7,81	cm ²			
			2. Rundschnitt			4,37	cm ²			
12	Platte	LK2	Plattenoberseite in Richtung φ_1			6,26	cm ² /m			
			3. Rundschnitt			3,12	cm ²			
			4. Rundschnitt			3,12	cm ²			

Zwischenergebnisse - Knoten Nr. 10

Für Querkrafttragfähigkeit			
<input type="checkbox"/>	Erforderlicher Längsbewehrungsgrad	ρ	0,010
<input checked="" type="checkbox"/>	Bewehrungsgrad der 1. Bahn	ρ_1	0,010
<input checked="" type="checkbox"/>	Bewehrungsgrad der 2. Bahn	ρ_2	0,011
<input type="checkbox"/>	Maximal zulässiger Bewehrungsgrad	ρ_{max}	0,020
<input type="checkbox"/>	Erf. Bewehrung	erf a_s	14,72 cm ² /m
<input type="checkbox"/>	Erf. Länge der Bewehrung	l_r	1,478 m
<input type="checkbox"/>	Erf. Verlegete der Bewehrung	b_r	1,170 m

Bild 3.63: Maske 2.2 Erforderliche Durchstanzbewehrung

Diese Maske besteht ebenfalls aus einer Übersichtstabelle, einer Detailtabelle und einem interaktiven Grafikfenster.

Übersichtstabelle

In der ersten Spalte sind alle *Knoten* aufgelistet, für die der Durchstanznachweis geführt wurde. Mit der Schaltfläche ist auch hier die grafische Auswahl eines Knotens im RFEM-Modell möglich. Die Spalte *Bauteil* beschreibt wiederum, ob es sich um eine Fundamentplatte, Platte oder Stützenkopfverstärkung handelt. Die Spalte *Belastung* weist den Lastfall, die Last- oder Ergebniskombination mit der maßgebenden Durchstanzlast aus.

In Spalte *Bewehrungsart* sind die Bezeichnungen der einzelnen Bewehrungen aufgelistet. Die Anzahl der Bewehrungsbahnen wurde in Maske 1.4 *Längsbewehrung* festgelegt. Wurden dort zwei Bewehrungsbahnen an der Plattenoberseite vorgegeben, so finden sich in den ersten beiden Zellen die Angaben zur Längsbewehrung an Plattenoberseite für die Bewehrungsrichtungen φ_1 und φ_2 gemäß Maske 1.4. Bei drei Bewehrungsbahnen folgt noch eine Zelle für die Bewehrungsrichtung φ_3 . Die nächsten Zellen enthalten dann analog die Angaben zur Längsbewehrung an Plattenunterseite. Die Ausgabe für jeden Knoten endet dann mit den Angaben zur Durchstanzbewehrung für die einzelnen Rundschnitte.

Die Spalte *Bewehrungsfläche* enthält die Stahlquerschnitte der einzulegenden Bewehrungen. Die *Einheit* ist in Spalte E angegeben. Die erforderliche Längsbewehrung wird immer auf einen Meter Plattenbreite bezogen ausgegeben; die Durchstanzbewehrung hingegen stellt eine absolute Größe dar.

In der letzten Spalte finden sich wieder Nummern von Anmerkungen, die in der Fußleiste erläutert sind.

Zwischenergebnisse

Die Detailtabelle zeigt alle Zwischenschritte der Bewehrungsermittlung an, die für den oben selektierten Knoten gelten.

Die folgenden Bilder zeigen verschiedene Darstellungsebenen der Zwischenergebnisse.

Zwischenergebnisse - Knoten Nr. 10			
<input type="checkbox"/> Für Querkrafttragfähigkeit			
<input type="checkbox"/> Erforderlicher Längsbewehrungsgrad	ρ	0.010	
<input type="checkbox"/> Bewehrungsgrad der 1. Bahn	ρ_1	0.010	
<input type="checkbox"/> Erf. Längsbewehrung	$\text{erf } a_{s,1}$	14.72	cm ² /m
<input type="checkbox"/> Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d_1	15.00	cm
<input type="checkbox"/> Bewehrungsgrad der 2. Bahn	ρ_2	0.011	
<input type="checkbox"/> Erf. Längsbewehrung	$\text{erf } a_{s,2}$	14.72	cm ² /m
<input type="checkbox"/> Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	14.00	cm
<input type="checkbox"/> Maximal zulässiger Bewehrungsgrad	ρ_{max}	0.020	
<input type="checkbox"/> Erf. Bewehrung	$\text{erf } a_s$	14.72	cm ² /m
<input type="checkbox"/> Erf. Länge der Bewehrung	l_r	1.478	m
<input type="checkbox"/> Erf. Verlegebreite der Bewehrung	b_r	1.170	m

Bild 3.64: Unterpunkte für Querkrafttragfähigkeit und Längsbewehrung

<input type="checkbox"/> Bestimmen der Anzahl der inneren Rundschnitte			
<input type="checkbox"/> Abstand erstes und letztes inneres Rundschnitts	x_{in}	0.17	m
<input type="checkbox"/> Max. zulässiger Abstand innere Rundschnitte	$\text{max } s_r$	0.14	m
<input type="checkbox"/> Rech. erf. Anzahl Abstände	$n_{\text{dis,calc}}$	1.22	
<input type="checkbox"/> Gewählte Anzahl Abstände	n_{dis}	2	
<input type="checkbox"/> Gewählte Anzahl Rundschnitte	n_{in}	3	
<input type="checkbox"/> Lage des 1. Rundschnitts			
<input type="checkbox"/> Umfang des Rundschnitts	u	1.52	m
<input type="checkbox"/> Abstand zur Lasteinleitungsfläche	l_w	0.09	m
<input type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit	v_{Ed}	1541	kN/m ²
<input type="checkbox"/> Beiwert	β	1.10	
<input type="checkbox"/> gemäß Gleichung (6.39) ermittelt			
<input checked="" type="checkbox"/> In Richtung x			
<input checked="" type="checkbox"/> In Richtung y			
<input type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	394.95	kN
<input type="checkbox"/> Lastfall	LF	LK2	
<input type="checkbox"/> Lastabgewandte Fläche		Oberseite	
<input type="checkbox"/> Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	1.524	m
<input type="checkbox"/> Abstand zur Lasteinleitungsfläche	$l_{w,1}$	0.093	m
<input type="checkbox"/> Mittlere statische Nutzhöhe	d	18.50	cm
<input type="checkbox"/> Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d_1	19.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	18.00	cm
<input type="checkbox"/> Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung			
<input checked="" type="checkbox"/> Grunddurchstanzwiderstand nach (6.47)	$V_{\text{Rd,c,calc},1}$	608	kN/m ²
<input checked="" type="checkbox"/> Mindestdurchstanzwiderstand nach (6.47)	$V_{\text{Rd,c,calc},2}$	543	kN/m ²
<input type="checkbox"/> Maßgebender Durchstanzwiderstand	$V_{\text{Rd,c}}$	608	kN/m ²
<input type="checkbox"/> Statisch erforderliche Durchstanzbewehrung			
<input type="checkbox"/> Mittlere statische Nutzhöhe	d	18.50	cm
<input type="checkbox"/> Radialabstand Bewehrungsreihen	s_r	0.08	m
<input type="checkbox"/> Wirksame Bewehrungsfestigkeit	$f_{\text{ywd,ef}}$	296.25	N/mm ²
<input checked="" type="checkbox"/> Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	3.267	m
<input type="checkbox"/> Gewählter Erhöhungsfaktor	k_{sw}	2.50	
<input type="checkbox"/> Statische erforderliche Durchstanzbewehrung	$A_{\text{sw,stat}}$	4.08	cm ²
<input type="checkbox"/> Mindestdurchstanzbewehrung			
<input checked="" type="checkbox"/> Mindestquerschnitt je Bügelschenkel	$A_{\text{sw,min,Bügel}}$	0.13	cm ²
<input checked="" type="checkbox"/> Mindestanzahl Bügelschenkel			
<input checked="" type="checkbox"/> Mindestdurchstanzbewehrung	$A_{\text{sw,min}}$	0.75	cm ²
<input checked="" type="checkbox"/> Maximaler Durchmesser Bügelschenkel	$\text{max } \Phi_{\text{sw}}$	0.01	cm
<input type="checkbox"/> Maßgebende Durchstanzbewehrung A_{sw}			
<input type="checkbox"/> Statische erforderliche Durchstanzbewehrung	$A_{\text{sw,stat}}$	4.08	cm ²
<input type="checkbox"/> Mindestdurchstanzbewehrung	$A_{\text{sw,min}}$	0.75	cm ²
<input type="checkbox"/> Maßgebende Durchstanzbewehrung	A_{sw}	4.08	cm ²

Bild 3.65: Unterpunkte für Rundschnitte

Grafikfenster

Das Grafikfenster veranschaulicht die Ergebnisse der Zeile, die in der oberen Tabelle selektiert ist.

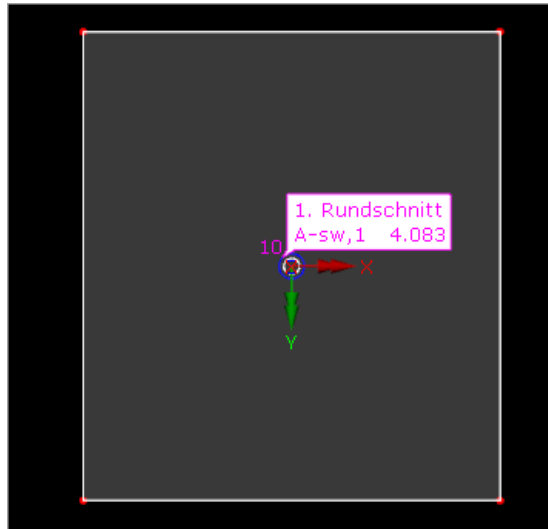



Bild 3.66: Grafikfenster für erforderliche Durchstanzbewehrung

Anhand der Darstellung der Fläche und des aktuellen Durchstanzknotens lassen sich die Ergebnisse eines Knotens in der Tabelle leicht finden. Ebenso lässt sich die aktuelle Bewehrung überprüfen, denn sie wird schematisch mit ihrer Bewehrungsrichtung dargestellt.

Unterhalb dieser Grafik befindet sich die Schaltfläche . Sie öffnet ein großes Fenster mit der Darstellung der Fläche (siehe [Bild 3.23](#), [Seite 51](#)).

Grafik

Im unteren Bereich der Ergebnismasken befindet sich die Schaltfläche [Grafik]. Sie ermöglicht den Wechsel in das Arbeitsfenster von RFEM, um die Ergebnisse grafisch am Modell zu überprüfen (siehe [Kapitel 4.1](#) ab [Seite 74](#)). Die diversen Ergebnisarten können im *Ergebnisse*-Navigator für die Darstellung ausgewählt werden.

3.5 Pulldownmenüs

Die Pulldownmenüs enthalten wichtige Funktionen zum Verwalten der RF-STANZ Pro-Fälle.

3.5.1 Datei

...dient der Handhabung der RF-STANZ Pro-Fälle.

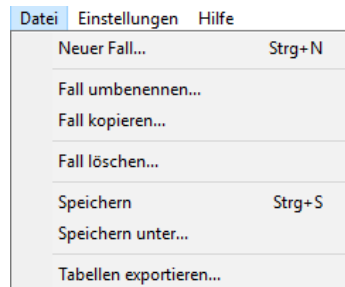


Bild 3.67: Pulldownmenü *Datei*

Neuer Fall

Der Menüpunkt ermöglicht es, einen neuen Bemessungsfall anzulegen.

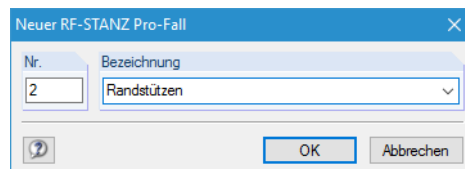


Bild 3.68: Dialog *Neuer RF-STANZ Pro-Fall*

In diesem Dialog ist eine (noch freie) *Nummer* für den neuen Bemessungsfall anzugeben. Die *Bezeichnung* erleichtert die Auswahl in der Lastfall-Liste.

Nach [OK] erscheint die RF-STANZ Pro-Maske *1.1 Basisangaben* zur Eingabe der Bemessungsdaten.

Fall umbenennen

In einem Dialog kann die Bezeichnung des aktuellen RF-STANZ Pro-Falls geändert werden.

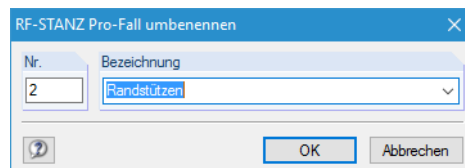


Bild 3.69: Dialog *RF-STANZ Pro-Fall umbenennen*

Es kann nicht nur eine andere *Bezeichnung*, sondern auch eine andere *Nummer* für den Bemessungsfall festgelegt werden.

Fall kopieren

Die Eingabedaten des aktuellen Bemessungsfalls können kopiert werden.

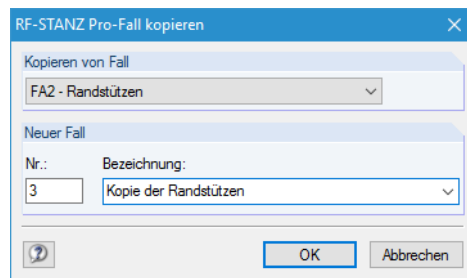


Bild 3.70: Dialog *RF-STANZ Pro-Fall kopieren*

Es ist die *Nummer* und ggf. eine *Bezeichnung* für den neuen Fall festzulegen

Fall löschen

Bemessungsfälle lassen sich wieder löschen.

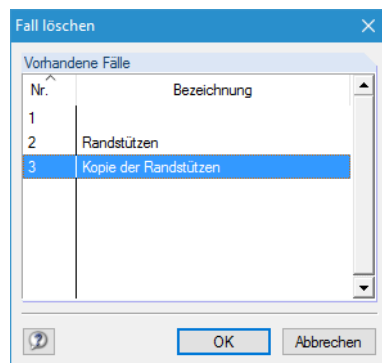


Bild 3.71: Fall löschen

Der Bemessungsfall kann in der Liste *Vorhandene Fälle* ausgewählt werden. Mit [OK] erfolgt der Löschvorgang.

3.5.2 Einstellungen

Über das Menü **Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen** ist der Dialog zum Anpassen der Einheiten und Nachkommastellen zugänglich

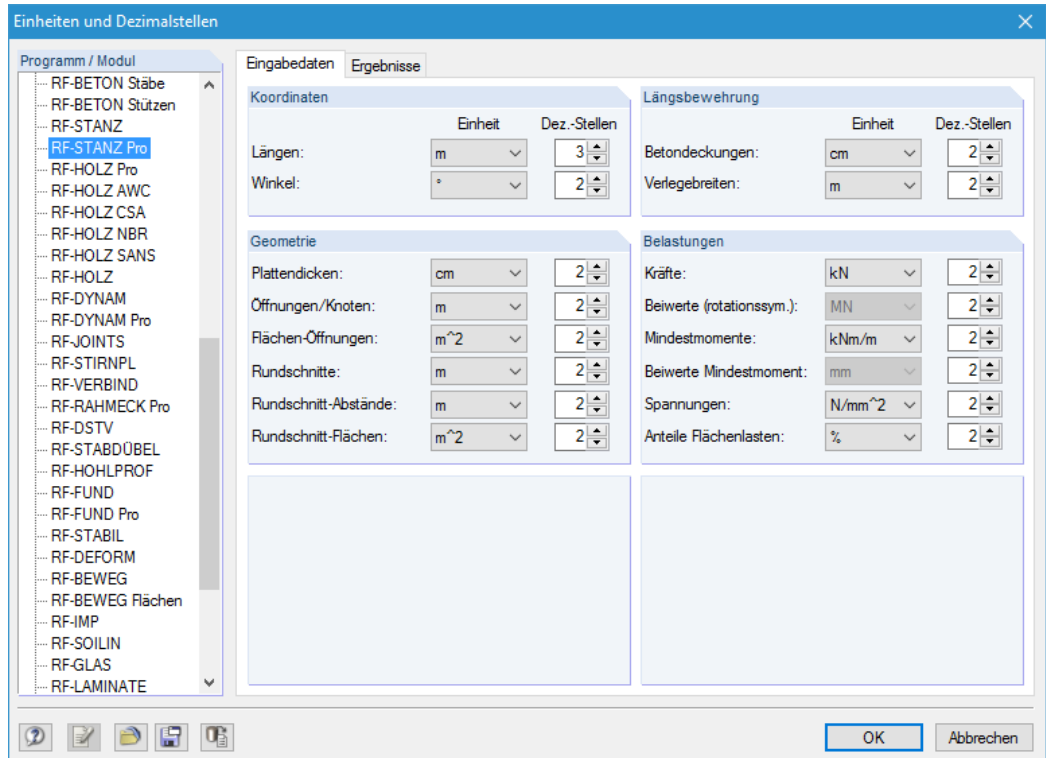


Bild 3.72: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*, Register *Eingabedaten*

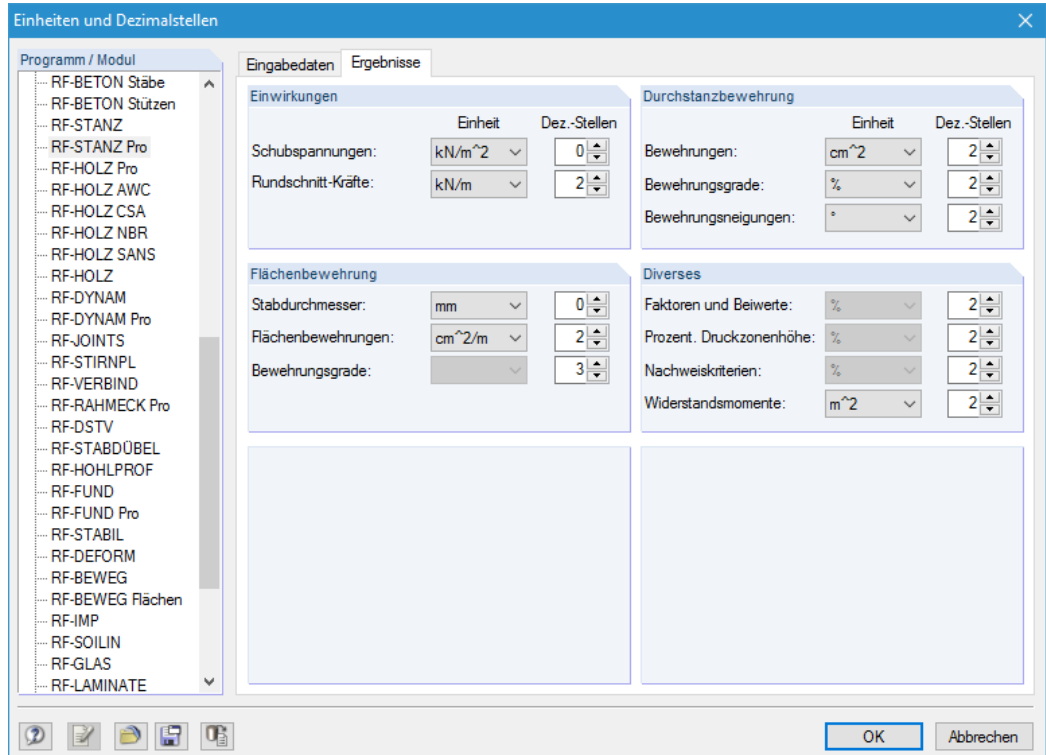


Bild 3.73: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*, Register *Ergebnisse*

4 Ergebnisauswertung

4.1 Darstellung der Ergebnisse

Die tabellarische Auswertung der Ergebnisse aus der Berechnung wurde im [Kapitel 3.4](#) beschrieben.

Grafik

Für die grafische Auswertung kann auch das RFEM-Arbeitsfenster genutzt werden: Klicken Sie die Schaltfläche [Grafik] an, um das Bemessungsmodul zu verlassen. Im Arbeitsfenster von RFEM werden nun die Bewehrungen, Bemessungsschnittgrößen und Nachweiskriterien dargestellt. Der RF-STANZ Pro-Fall ist in der Liste der Lastfälle eingestellt.

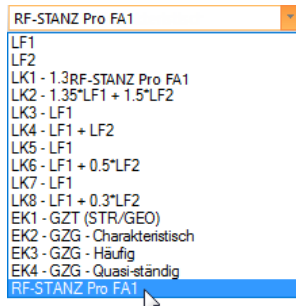


Bild 4.1: RF-STANZ Pro-Fall in Liste der Lastfälle

Der *Ergebnisse*-Navigator ist an die Ausgabemöglichkeiten von RF-STANZ Pro angepasst.

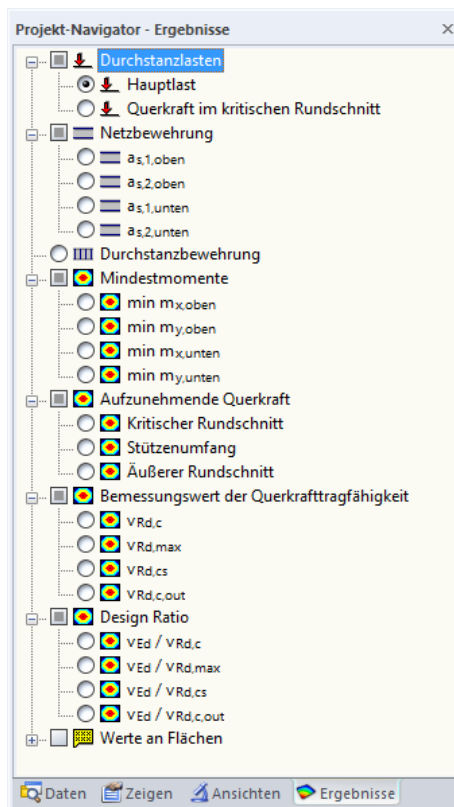


Bild 4.2: *Ergebnisse*-Navigator für RF-STANZ Pro

Damit lassen sich die verschiedenen Ergebnisarten am RFEM-Modell visualisieren (siehe folgende Bilder).

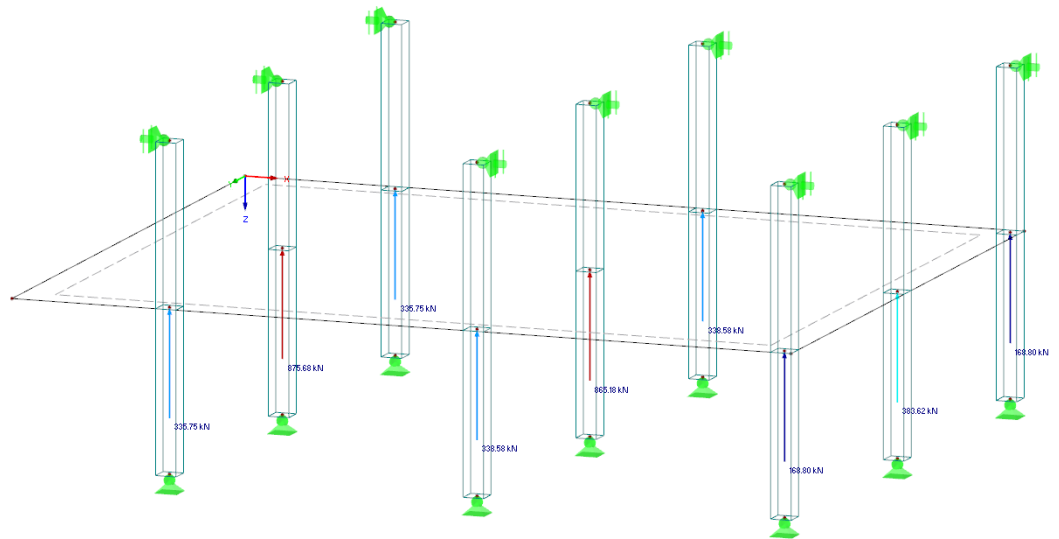


Bild 4.3: Durchstanzlasten

Im Bild 4.3 wurde zur besseren Lesbarkeit der Durchstanzlasten die Darstellungsart der Stützen (Stäbe) auf *Konturen* geändert. Dies kann im Zeigen-Navigator eingestellt werden.

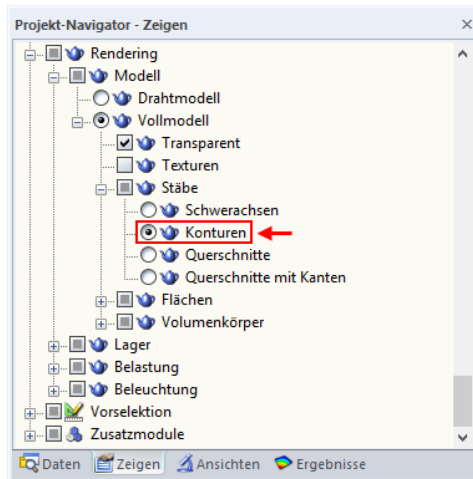


Bild 4.4: Einstellung im Zeigen-Navigator von RFEM

Das Bild 4.5 zeigt den Verlauf der *Querkraft* im *kritischen Rundschnitt*.

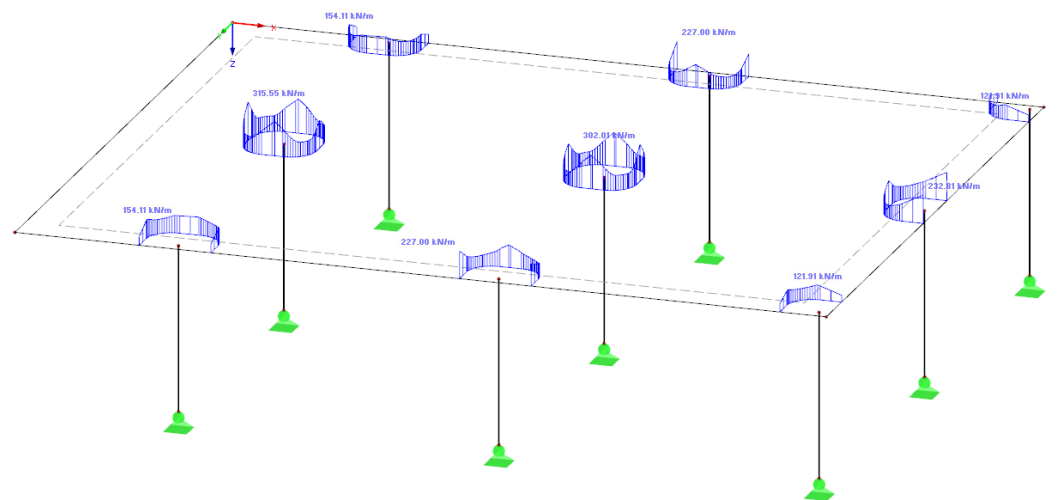


Bild 4.5: Darstellung der Querkraft im kritischen Rundschnitt

In dieser Darstellung wird der Querkraftverlauf im kritischen Rundschnitt für alle Knoten qualitativ dargestellt, die im aktuellen Bemessungsfall untersucht wurden.

Wird die Durchstanzlast aus der Einzelkraft einer Stütze, einer Einzellast oder einem Knotenlager für den Nachweis herangezogen, wird der Querkraftverlauf wie im Bild 4.5 dargestellt angezeigt. Wird bei der Ermittlung der Durchstanzlast in Maske 1.5 die Option *Geglättete Schubkraft über Umfang des kritischen Rundschnitts* ausgewählt, so wird diese geglättete Schubkraft auch entsprechend in der Grafik geglättet dargestellt.



Im Register *Faktoren* des Ergebnispanels von RF-STANZ Pro kann der *Anzeigefaktor* für die Schnitte eingestellt werden. Damit lässt sich die Größe der dargestellten Verläufe steuern.



Über das Register *Filter* kann die Anzahl der dargestellten Durchstanzknoten angepasst werden. Hierzu sind im Feld *Verläufe darstellen von Knoten Nr.* die darzustellenden Knoten einzutragen. Mit dem Betätigen der Schaltfläche wird diese Vorgabe im Grafikfenster umgesetzt.



Bild 4.6: Filterfunktion für Durchstanzknoten



Im Farbpanel stehen die üblichen Steuerungsmöglichkeiten zur Verfügung. Sie sind im Kapitel 3.4.6 des RFEM-Handbuchs beschrieben.



Auch für RF-STANZ Pro können die Möglichkeiten der *Sichtbarkeiten* aus RFEM genutzt werden (siehe RFEM-Handbuch, Kapitel 9.9.1), um Flächen für die Auswertung zu filtern.

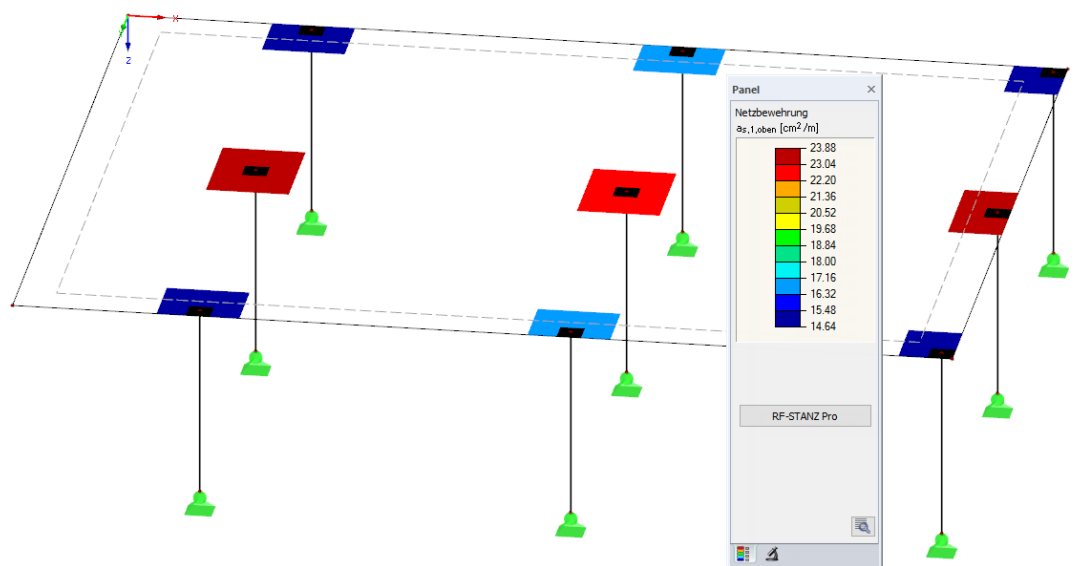


Bild 4.7: Netzbewehrung $a_{s,1,oben}$

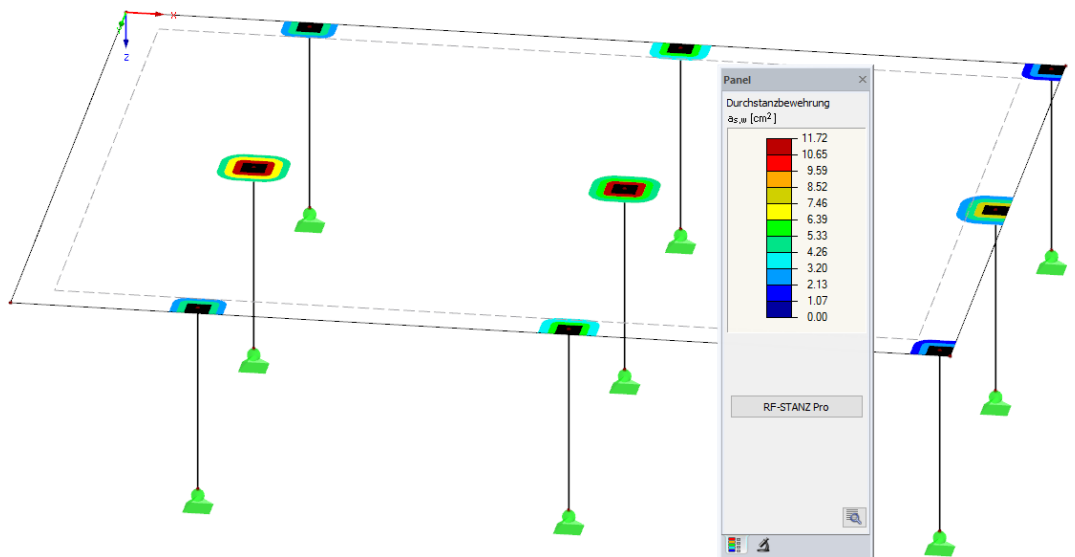


Bild 4.8: Durchstanzbewehrung $a_{s,w}$

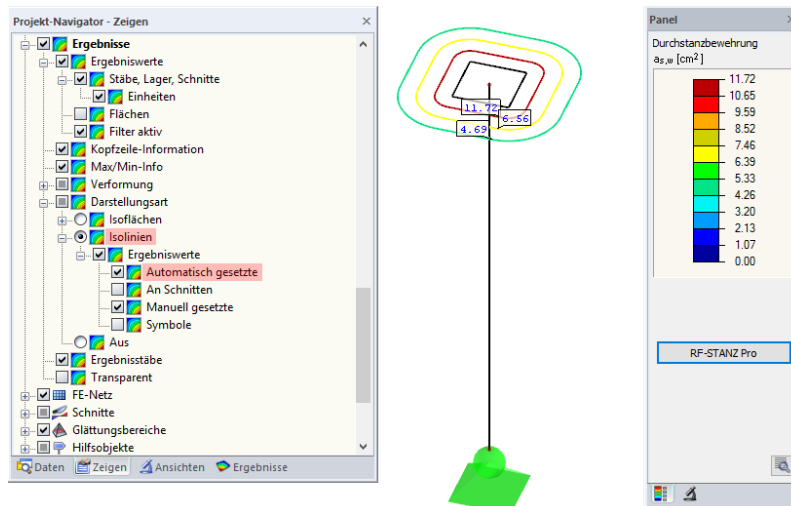


Bild 4.9: Detaildarstellung mit Werten

Wie in Bild 4.9 dargestellt, können die Ergebnisverläufe auch in Form von Isolinien dargestellt werden. Hierzu muss in den Zeigen-Navigator gewechselt werden. Unter dem Eintrag **Ergebnisse** → **Darstellungsart** → **Isolinien** kann zusätzlich die Option *Ergebniswerte* aktiviert werden. Dadurch ist grafisch ersichtlich, in welchem inneren Rundschnitt welcher Absolutwert an Durchstanzbewehrung vorzusehen ist.

Wurde bei Stützenanschlüssen die Option „Stützenkopfverstärkung“ aktiviert, so besteht im *Ergebnisse*-Navigator von RF-STANZ Pro eine zusätzliche Option zur Darstellung der Ergebnisse für die Bemessung an der Stützenkopfverstärkung. Die Ergebnisse für die Platte und die Stützenkopfverstärkung können gleichzeitig oder getrennt voneinander dargestellt werden.

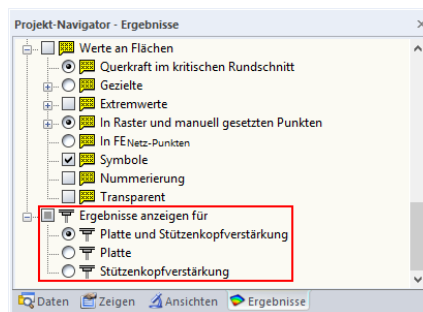


Bild 4.10: Ergebnisse für Platte und Stützenkopfverstärkung

4.2 Ausdrucken

4.2.1 Ausdruckprotokoll

Für den Ausdruck der numerischen Ergebnisse muss zunächst RF-STANZ Pro mit [OK] beendet werden. In RFEM kann dann das Ausdruckprotokoll aufgerufen werden.

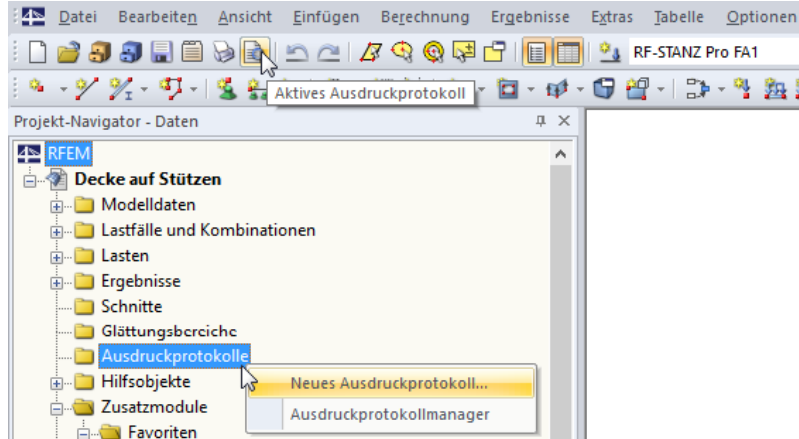


Bild 4.11: Ausdruckprotokoll in RFEM

Für die Daten des Moduls RF-STANZ Pro wird – wie in RFEM – ein Ausdruckprotokoll generiert, das mit Grafiken und Erläuterungen ergänzt werden kann. Die Selektion im Ausdruckprotokoll steuert, welche Daten des Bemessungsmoduls schließlich im Ausdruck erscheinen.

Das Ausdruckprotokoll ist im RFEM-Handbuch beschrieben. Das Kapitel 10.1.3.5 *Selektion der Zusatzmodul-Daten* erläutert, wie die Ein- und Ausgabedaten von Zusatzmodulen für den Ausdruck aufbereitet werden können.

Bei großen Systemen mit vielen Bemessungsfällen trägt die Aufteilung der Daten in mehrere Ausdruckprotokolle zur Übersichtlichkeit bei.

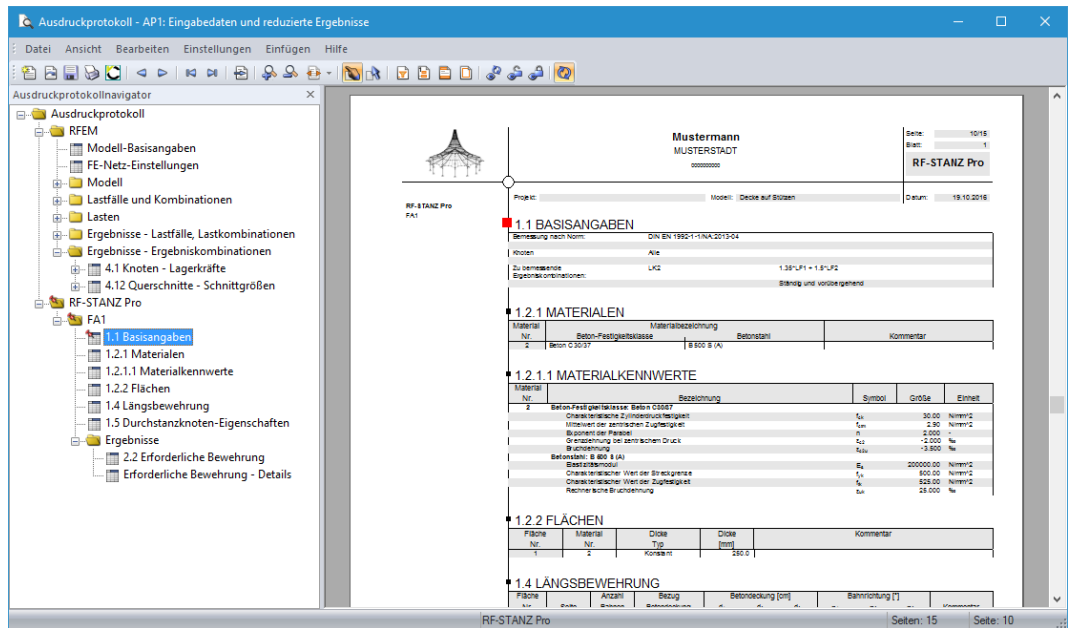


Bild 4.12: Ausdruckprotokoll mit RF-STANZ Pro-Daten

4.2.2 Grafikausdruck

In RFEM kann jedes Bild, das im Arbeitsfenster angezeigt wird, in das Ausdruckprotokoll übergeben oder direkt zum Drucker geleitet werden. Somit lassen sich auch die am RFEM-Modell gezeigten Bewehrungen und Bemessungsschnittgrößen für den Ausdruck aufbereiten.

Die aktuelle Grafik der Ausnutzungsgrade kann gedruckt werden über das Menü

Datei → **Drucken**



oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

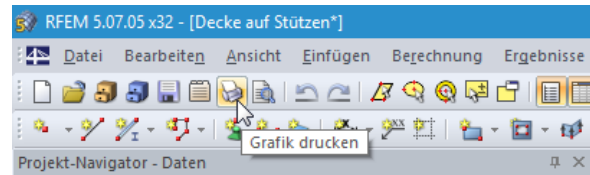


Bild 4.13: Schaltfläche [Grafik drucken] in RFEM-Symbolleiste



Das Drucken von Grafiken ist im Kapitel 10.2 des RFEM-Handbuchs beschrieben.

Wird die Grafik in das Ausdruckprotokoll gedruckt, kann sie wie gewohnt per Drag-and-Drop an eine andere Stelle geschoben werden.

5 Beispiel: Punktgestützte Platte

Eine Platte nach dem Beispiel 4: *Punktförmig gestützte Platte* aus [3] wird schrittweise untersucht. Im Buch des deutschen Betonvereins wird die Berechnung nach DIN EN 1992-1-1 vorgestellt, die auch hier nachvollzogen werden soll.

5.1 System

System und Abmessungen

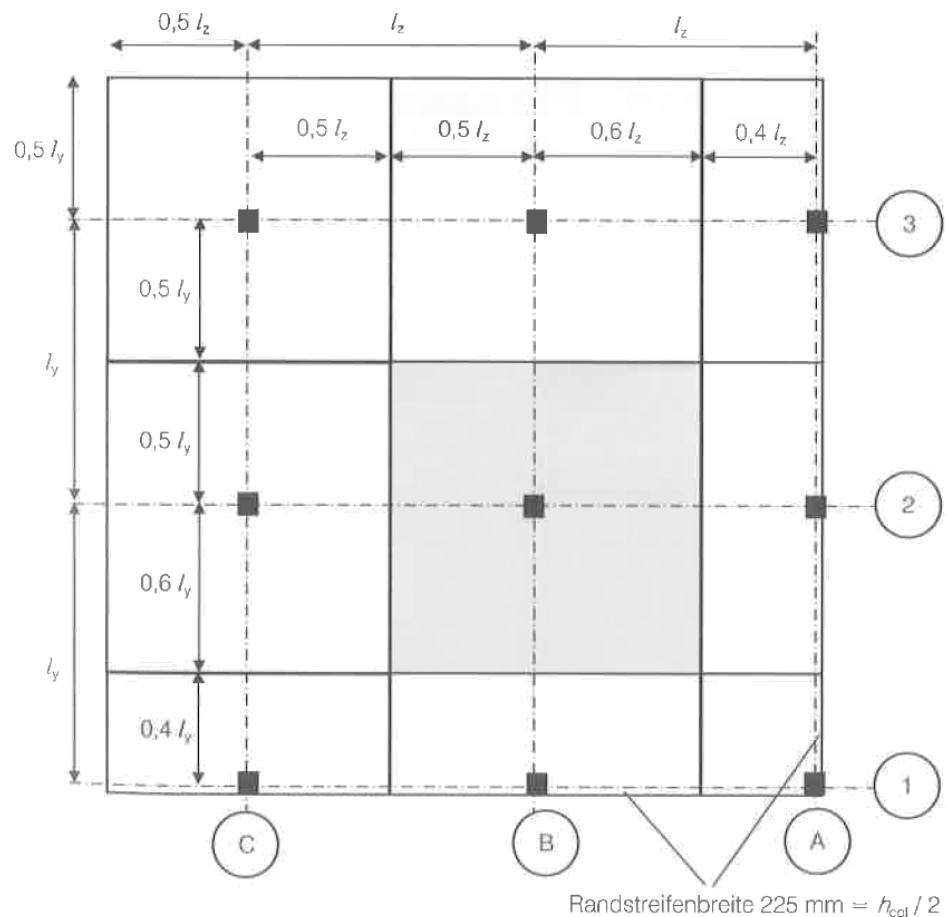


Bild 5.1: System gemäß Beispiel 4 in [3]

Die Achsabstände l_y und l_z betragen jeweils 6,75 m.

Das Modell wird in RFEM erstellt. Die Dicke der Platte beträgt 240 mm. Der Querschnitt aller Stützen ist quadratisch mit 450 mm Seitenlänge. Für alle Bauteile wird generell Beton C35/45 gewählt.

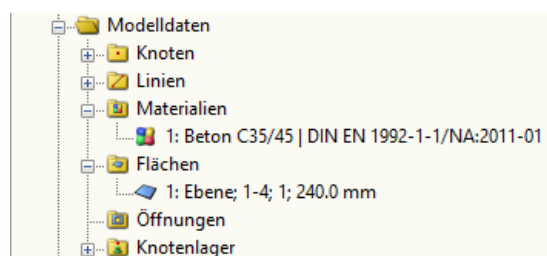


Bild 5.2: Einträge im Daten-Navigator von RFEM

Bei der Modellierung werden die Außenkanten der Deckenplatte bündig mit den Außenkanten der Stützen eingegeben. Somit ergibt sich die Randstreifenbreite von 22,5 cm.

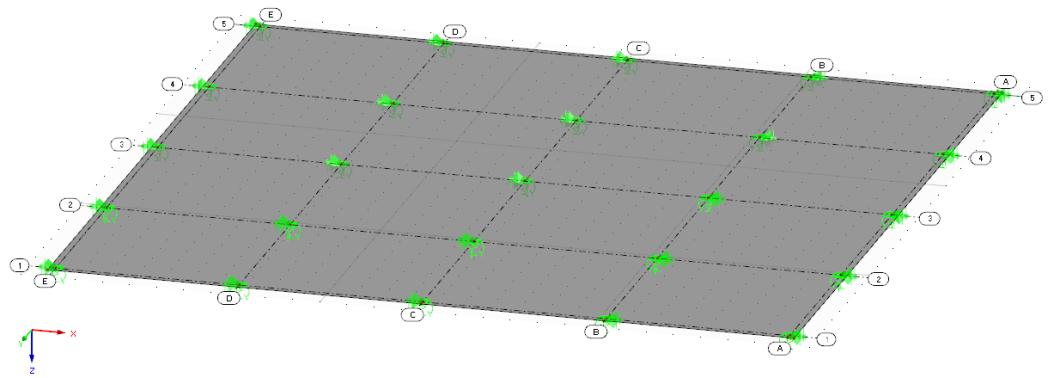


Bild 5.3: Modell in RFEM

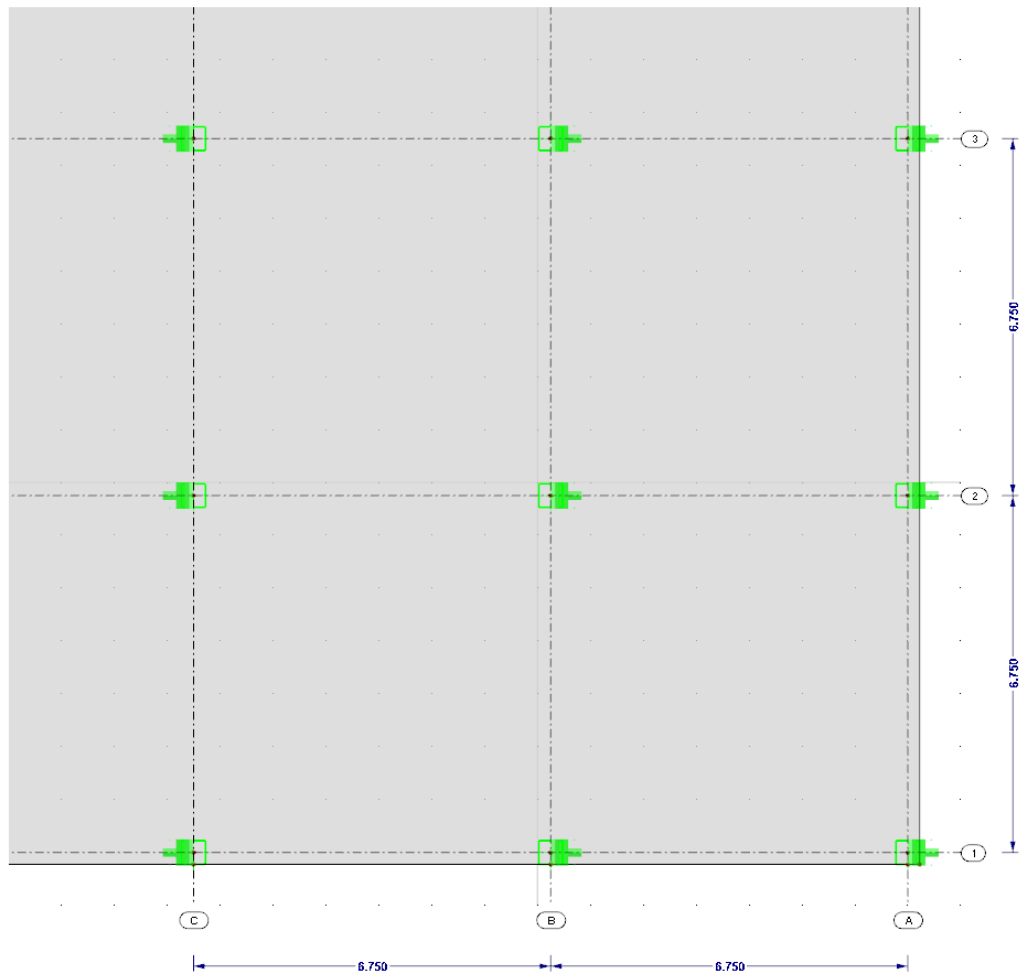


Bild 5.4: Modellausschnitt mit Achsabständen

Lagerung

Die eingegebene Deckenplatte wird punktuell mit Knotenlagern gestützt. Bei der Definition der Knotenlager ist die *Elastische Lagerung als Stütze in Z* zu aktivieren.

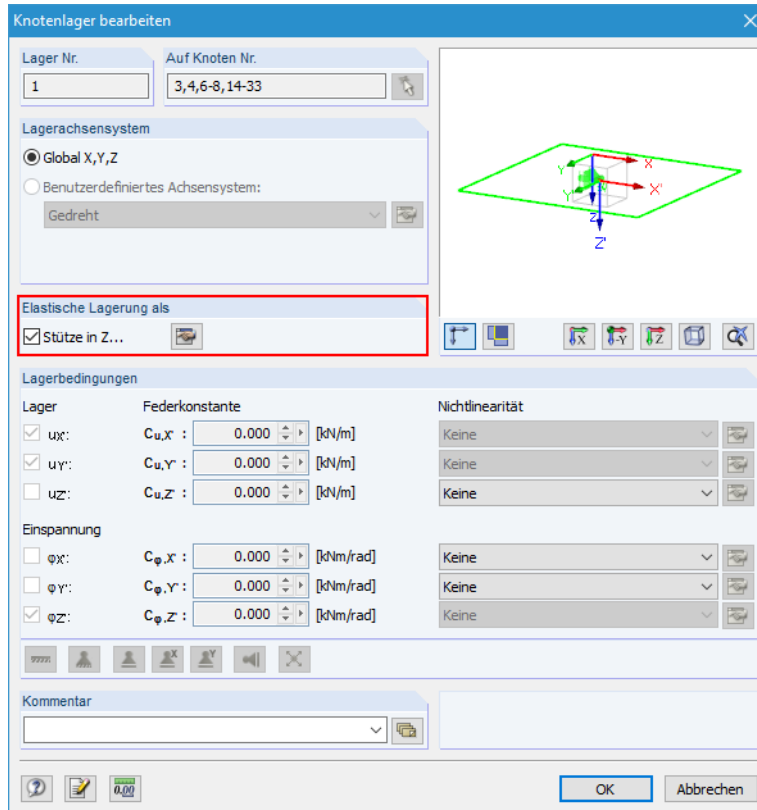


Bild 5.5: Knotenlager als *Stütze in Z*

Über die Schaltfläche ist der Dialog zur Ermittlung der Lagerfedern zugänglich. Dort können die markierten Vorgaben eingegeben werden.

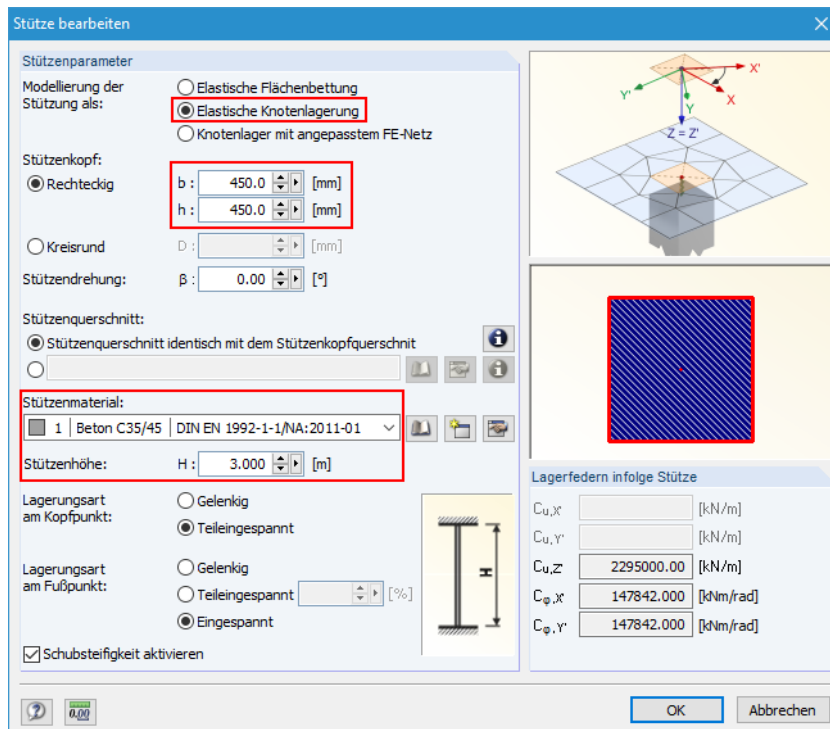


Bild 5.6: Dialog *Stütze bearbeiten* zur Ermittlung der Lagerfedern

Materialien

Beton: C35/45
 Betonstahl: B 500 S (B)

Betondeckung

Infolge der Expositionsklasse XC1 wird eine Betondeckung $c_{\text{nom}} = 20$ mm erforderlich. Daraus ergeben sich die Verlegemaße von
 $c_{v,\text{Bü}} = 20$ mm für die Bügel und
 $c_{v,l} = 30$ mm für die Längsbewehrung.

5.2 Belastung

Für die vereinfachte Ermittlung der Auflagerlasten wird in [3] eine Vollbelastung angesetzt:

$$e_d = 14,67 \text{ kN/m}^2$$

Zur Eingabe der Vollbelastung wird in RFEM ein Lastfall angelegt, für den das Eigengewicht des Modells (Deckenplatte) deaktiviert wird.

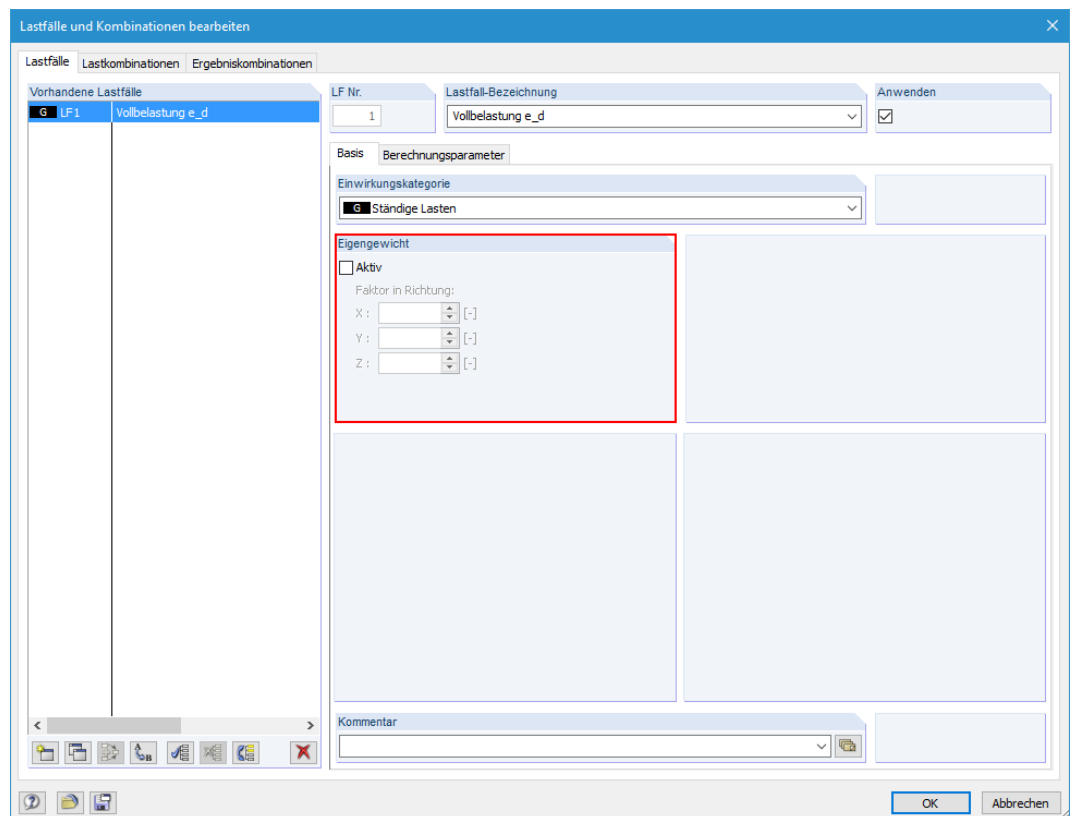


Bild 5.7: Anlegen eines Lastfalls ohne Berücksichtigung des Eigengewichts

Die Last von $14,67 \text{ kN/m}^2$ wird im Lastfall 1 als Flächenlast aufgebracht.

Für die Nachweise im Modul RF-STANZ Pro wird lediglich der Lastfall LF 1 angesetzt. Last- und Ergebniskombinationen werden für dieses Beispiel nicht betrachtet.

5.3 Lagerkräfte

Für die Berücksichtigung der Durchlaufwirkung wird in [3] angenommen, dass sich die jeweilige Lastezugsfläche in Richtung der Durchlaufwirkung von 50 % auf 60 % der jeweiligen Spannweite in Richtung des Deckenrandes erhöht. Die Lastezugsfläche der Rand- und Eckstützen reduziert sich entsprechend.

Die in [3] ermittelten Lagerkräfte können folgender Tabelle entnommen werden.

Stütztyp	Achse	Lastezugsfläche [m ²]	V _{Ed} [kN]
Innenstütze	C/3	$6,75 \cdot 6,75 = 45,56$	668
1. Innenstütze	B/3, C/2	$1,1 \cdot 6,75 \cdot 6,75 = 50,12$	735
Innere Eckstütze	B/2	$1,1 \cdot 6,75 \cdot 1,1 \cdot 6,75 = 55,13$	809
Randstütze	A/3, C/1	$(0,4 \cdot 6,75 + 0,225) \cdot 6,75 = 19,75$	290
1. Randstütze	A/2, B/1	$(0,4 \cdot 6,75 + 0,225) \cdot 1,1 \cdot 6,75 = 21,72$	319
Eckstütze	A/1	$(0,4 \cdot 6,75 + 0,225)^2 = 8,56$	126

Tabelle 5.1: Lagerkräfte nach [3]

Die in [3] errechneten Lagerkräfte weichen aufgrund des vereinfachten Ansatzes der Lastezugsflächen leicht von den in RFEM ermittelten Lagerkräften ab.

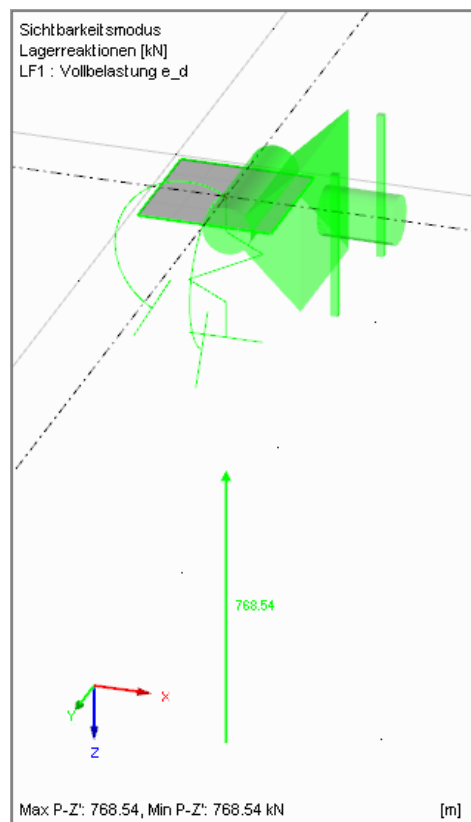


Bild 5.8: RFEM-Lagerkraft in Achse B/2

Da in diesem Beispiel die Ergebnisse aus RF-STANZ Pro mit der Referenzlösung verglichen werden sollen, wird im Folgenden mit der Lagerkraft in Achse B2 nach [3] von 809 kN gerechnet. Diese Kraft kann in Maske 1.5 als Durchstanzlast definiert werden.

5.4 Eingaben in RF-STANZ Pro

Ist das Modell vollständig eingegeben, wird das Zusatzmodul RF-STANZ Pro aus der Familie der Stahlbetonmodule ausgewählt und gestartet (siehe Bild 3.1, Seite 40).

In Maske 1.1 *Basisangaben* wird zunächst der Knoten in der Achse B/2 zur Bemessung ausgewählt. In der Datei für das Beispiel ist dies der Knoten **20** (je nachdem, wie die Flächen modelliert wurden, kann sich eine andere Knotennummerierung ergeben; dies spielt für die weitere Dokumentation aber keine Rolle).

Entsprechend dem Beispiel 4 in [3] wird die Bemessungsnorm **EN 1992-1-1:2004/AC:2010** mit dem Nationalen Anhang **DIN:2015** festgelegt.

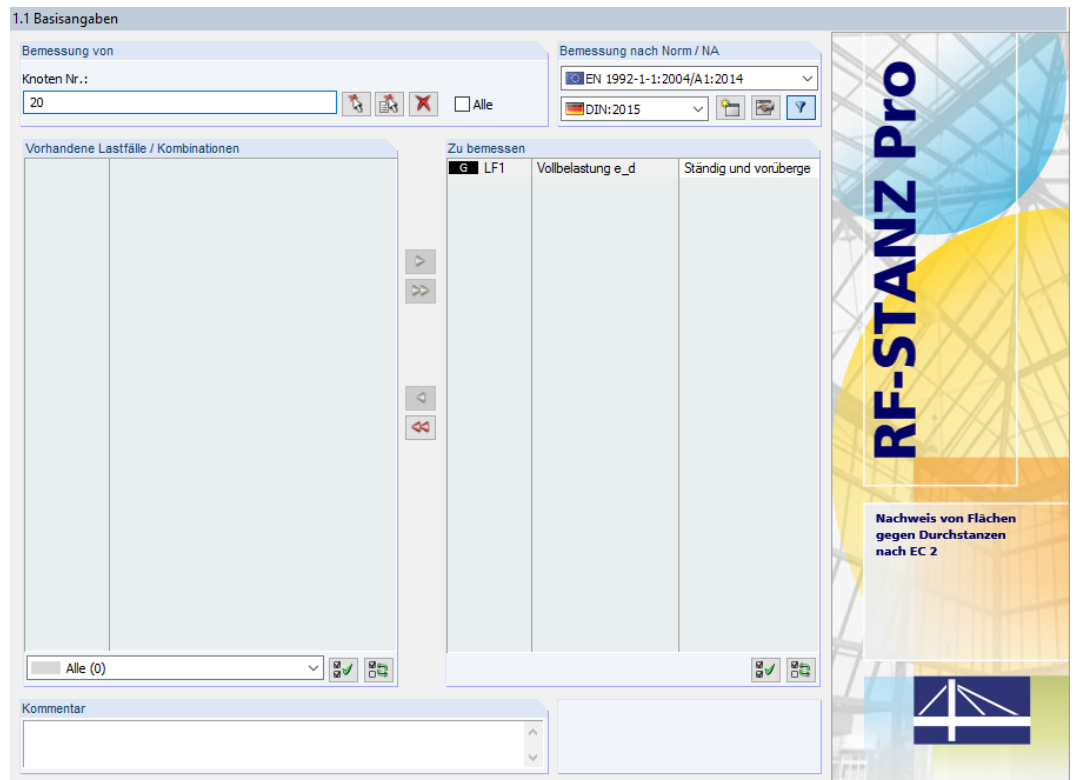


Bild 5.9: Maske 1.1 *Basisangaben*

Als Belastung wird der Lastfall **LF1** für die Bemessung ausgewählt. Dies kann entweder durch Doppelklicken des Lastfalls oder durch Selektieren über einfaches Anklicken und Übertragen mit der Schaltfläche erfolgen

In Maske 1.2 *Materialien und Flächen* sind keine weiteren Eingaben erforderlich. Die Betonfestigkeit (**Beton C35/45**) und die Dicke (**24 cm**) der Stahlbetonfläche werden aus der RFEM-Topologie übernommen. Hier ist lediglich zu überprüfen, ob der Betonstahl **B 500 S (B)** voreingestellt ist.

Auch die Maske 1.3 *Zusätzliche Öffnungen* erfordert keine Eingaben, da im Beispiel keine weiteren Öffnungen in der Deckenplatte vorgesehen sind.

In Maske 1.4 *Längsbewehrung* ist die Lage der Längsbewehrung festzulegen. Die Betondeckung d_1 und d_2 für die Ober- und Unterseite der Betonfläche wird mit $d_1 = 4,00 \text{ cm}$ und $d_2 = 6,00 \text{ cm}$ definiert.

1.4 Längsbewehrung

Fläche Nr.	A		B		C		D			E			F			G			H			I			J		
	Lage	Anzahl Bahnen	Definitionsart	Betondeckung	d_1	d_2	d_3	φ_1	φ_2	φ_3	Betondeckung [cm]			Bahnrichtung [°]			Kommentar										
1	oben	2	Achismaß		4,00	6,00		0,00	90,00																		
	unten	2	Achismaß		4,00	6,00		0,00	90,00																		

Bild 5.10: Maske 1.4 Längsbewehrung

Die Maske 1.5 *Durchstanzknoten* verwaltet die Details des Durchstanzknotens. Die Durchstanzform wird rechteckig definiert, die Stützenabmessungen mit $a = 0,45 \text{ m}$ und $b = 0,45 \text{ m}$ festgelegt.

Die gegebenenfalls erforderliche Durchstanzbewehrung soll als **vertikale Bügelbewehrung** ausgeführt werden.

Knoten Nr.	A		B		C		D			E			F			G		H		I		J	
	Bezugs-Fläche Nr.	Durchstanz-Form	Durchstanz-Bewehrung	a [m]	b [m]	d [m]	Stützenabmessungen			Wanddicke		Übergreifende Flächen		Kommentar									
20	1	Rechteckig	Vertikal	0,45	0,45																		

Mehrfachauswahl-Einstellungen ermöglichen: Alle

Bild 5.11: Maske 1.5 Durchstanzknoten (obere Tabelle)

Für diesen Durchstanzknoten können die *Durchstanzknoten-Details* im unteren Bereich der Maske festgelegt werden (siehe Bild 5.12).

Wie im Kapitel 5.3 beschrieben, weicht die mit RFEM ermittelte Lagerkraft vom Wert des Referenzbeispiels ab. Um die Ergebnisse von RF-STANZ Pro mit den Ergebnissen nach [3] vergleichen zu können, wird die *Angewendete Durchstanzlast Benutzerdefiniert* mit $V_{Ed} = 809 \text{ kN}$ (Lagerkraft in Achse B/2) festgelegt.

Des Weiteren wird eine vorhandene *Längsbewehrung* von $\varnothing 20 - 10$ angenommen. Der daraus resultierende vorhandene Bewehrungsgehalt von **31,42 cm²/m** auf der Oberseite (für beide Richtungen) ist ebenfalls bei den Details zu definieren.

<input type="checkbox"/> Form	Form	Rechteckig	
Breite in y-Richtung	a	0.45	m
Breite in x-Richtung	b	0.45	m
Drehung	γ	0.00	°
Stützenkopfverstärkung		<input type="checkbox"/>	
Lage	Lage	Mitte	
Bauteil	Bauteil	Platte	
<input type="checkbox"/> Angewendete Durchstanzlast		Benutzerdefiniert	
Größe		809.00	kN
Richtung der Durchstanzkraft		Ermitteln	
Lasterhöhungsfaktor β		6.4.3(3) - Vollpl	
Durchstanzbewehrung	Bew.	Vertikal	
Mindestmomente	Beachten	<input type="checkbox"/>	
Rundschnitte	Definieren	<input type="checkbox"/>	
Mindestabstand der Bewehrungsreihen	min s_r	0.05	m
<input type="checkbox"/> Längsbewehrung			
<input type="checkbox"/> Querschnitt	Definieren	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Obere Bahnen	Anzahl	2	
1. Bahn	vorh a 1,s,oben	31.42	cm ² /m
2. Bahn	vorh a 2,s,oben	31.42	cm ² /m
<input type="checkbox"/> Untere Bahnen	Anzahl	2	
1. Bahn	vorh a 1,s,unten	0.00	cm ² /m
2. Bahn	vorh a 2,s,unten	0.00	cm ² /m
Verlegebreite der Bewehrung	Definieren	<input type="checkbox"/>	
Normalkraft	N_{op}	Ermitteln	
<input type="checkbox"/> Abziehende Flächenlast			
Größe	q	0.000	MN/m ²
Abzugsfähiger Anteil	Anteil	100.00	%
Max. abziehbare Fläche	Abstand	1.0 d	

Bild 5.12: Durchstanzknoten-Details für Knoten 20

Berechnung

Sobald die Vorgaben in den Eingabedaten vollständig definiert sind, kann die [Berechnung] mit einem Klick auf die entsprechende Schaltfläche gestartet werden.

5.5 Ergebnisse

5.5.1 Durchstanznachweise

RF-STANZ Pro

Im Bild 5.13 sind die Ergebnisse der Maske 2.1 *Durchstanznachweise* dargestellt.

Knoten Nr.	A		B		C		D	E
	Bauteil	Belastung	Nachweisart		Nachweis-kriterium	Fehlermeldung	Hinweis	
20	Platte	LF1	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit		1.20			
			Querkrafttragfähigkeit Druckstrebe		0.86			
			Querkrafttragfähigkeit Zugstrebe		1.00			
			Querkrafttragfähigkeit äußerer Rundschnitt		1.00			

Bild 5.13: Überblick der Nachweiskriterien

Der Querkrafttragfähigkeit $\nu_{Rd,c}$ ohne Durchstanzbewehrung ist überschritten. Das Nachweiskriterium wird entsprechend mit 1,20 dokumentiert. In diesem Fall ist somit zusätzlich zu der bereits in Maske 1.5 definierten Längsbewehrung von 31,42 cm²/m eine vertikale Durchstanzbewehrung vorzusehen.

Die diversen Zwischenergebnisse für den Durchstanzknoten sind im Bild 5.14 dargestellt.

<input checked="" type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit	V_{Ed}	1.118	MN/m^2
<input checked="" type="checkbox"/> Beiwert	β	1.10	
gemäß Gleichung (6.39) ermittelt			
<input checked="" type="checkbox"/> In Richtung x			
<input checked="" type="checkbox"/> Beiwert k nach Tabelle 6.1	k_x	0.60	
Ausmittenparallele Abmessung	c_1	0.450	m
Ausmittensenkrechte Abmessung	c_2	0.450	m
<input checked="" type="checkbox"/> Moment im Rundschnittschwerpunkt um y-Achse	$M_{Ed,y,sl}$	-24.46	kNm
Moment um die y-Achse	M_y	-24.46	kNm/m
Schwerpunkteabstand von Rundschnitt um	x_{sl}	0.000	m
Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	809.00	kN
Maßgebende Durchstanzlast	V_{Ed}	809.00	kN
Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	4.188	m
Widerstandsmoment des Rundschnitts	$W_{1,x}$	1.76	m^2
<input checked="" type="checkbox"/> In Richtung y			
<input checked="" type="checkbox"/> Beiwert k nach Tabelle 6.1	k_y	0.60	
Ausmittenparallele Abmessung	c_1	0.450	m
Ausmittensenkrechte Abmessung	c_2	0.450	m
<input checked="" type="checkbox"/> Moment im Rundschnittschwerpunkt um x-Achse	$M_{Ed,x,sl}$	24.43	kNm
Moment um die x-Achse	M_x	24.43	kNm/m
Schwerpunkteabstand von Rundschnitt um	y_{sl}	0.000	m
Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	809.00	kN
Maßgebende Durchstanzlast	V_{Ed}	809.00	kN
Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	4.188	m
Widerstandsmoment des Rundschnitts	$W_{1,y}$	1.76	m^2
<input checked="" type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	809.00	kN
Lastfall	LF	LF1	
Lastabgewandte Fläche		Oberseite	
<input checked="" type="checkbox"/> Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	4.188	m
Abstand zur Lasteinleitungsfläche	$l_{w,1}$	0.380	m
Länge der Lasteinleitungsfläche	a_1	0.45	cm
Breite der Lasteinleitungsfläche	b_1	0.45	cm
<input checked="" type="checkbox"/> Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00	cm
Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d_1	18.00	cm
Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	20.00	cm
<input checked="" type="checkbox"/> Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung			
<input checked="" type="checkbox"/> Grunddurchstanzwiderstand nach (6.47)	$V_{Rd,c,calc,1}$	0.929	MN/m^2
Landesspezifischer Wert	$C_{Rd,c}$	0.12	
Beiwert (Einfluss der Bauteilhöhe)	k	2.00	
<input checked="" type="checkbox"/> Mittlere statische Nutzhöhe			
Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d_1	20.00	cm
Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	18.00	cm
Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00	cm
<input checked="" type="checkbox"/> Mittlerer Längsbewehrungsgrad			
Bewehrungsgrad der 1. Bahn	ρ_1	0.016	
Bewehrungsgrad der 2. Bahn	ρ_2	0.017	
Mittlerer Längsbewehrungsgrad	ρ	0.017	
Maximal zulässiger Bewehrungsgrad	ρ_{max}	0.020	
Charakteristische Zylinderfestigkeit	f_{ck}	35.00	N/mm^2
Landesspezifischer Wert	k_1	0.10	
<input checked="" type="checkbox"/> Spannung im Beton	σ_{cp}	0.000	MN/m^2
Membrankraft	N_{cp}	0.00	kN/m
<input checked="" type="checkbox"/> Mindestdurchstanzwiderstand nach (6.47)	$V_{Rd,c,calc,2}$	0.586	MN/m^2
Landesspezifischer Wert	v_{min}	0.586	MN/m^2
Landesspezifischer Wert	k_1	0.10	
<input checked="" type="checkbox"/> Spannung im Beton	σ_{cp}	0.000	MN/m^2
Membrankraft	N_{cp}	0.00	kN/m
Maßgebender Durchstanzwiderstand	$V_{Rd,c}$	0.929	MN/m^2
<input checked="" type="checkbox"/> Nachweis			
Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit	V_{Ed}	1.118	MN/m^2
Maßgebender Durchstanzwiderstand	$V_{Rd,c}$	0.929	MN/m^2
Nachweiskriterium	Kriterium	1.20	

Bild 5.14: Zwischenergebnisse für Knoten 20

Berechnung nach [3]

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{0,20 + 0,18}{2} = 0,19 \text{ m}$$

$$u_i = 2 \cdot (2 \cdot 0,45 + \pi \cdot 2,0 \cdot 0,19) = 4,19 \text{ m}$$

$$\nu_{ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d}$$

$$V_{Ed} = 809 \text{ kN}$$

$$\beta = 1,10$$

$$\nu_{ed} = 1,10 \cdot \frac{0,809}{4,19 \cdot 0,19} = 1,118 \text{ MN/m}^2$$

$$V_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0,10 \cdot \sigma_{cp} \geq \nu_{min} + 0,10 \cdot \sigma_{cp}$$

$$\text{mit } k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = \sqrt{\frac{200}{190}} \leq 2,0$$

$$\nu_{min} = \frac{0,0525}{\gamma_c} \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{f_{ck}} = \frac{0,0525}{1,5} \cdot 2,0^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{35} = 0,586 \text{ MN/m}^2$$

$$\rho_{l,x} = \frac{31,42}{100 \cdot 20} = 0,0157$$

$$\rho_{l,y} = \frac{31,42}{100 \cdot 18} = 0,0175$$

$$\rho_l = \sqrt{0,0157 \cdot 0,0175} = 0,0166$$

$$\leq 2,0$$

$$\leq 0,50 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,5 \cdot \frac{19,8}{435} = 0,023$$

$$V_{Rd,c} = \frac{0,18}{1,5} \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,0166 \cdot 35)^{\frac{1}{3}} = 0,928 \text{ MN/m}^2$$

$$> 0,586 \text{ MN/m}^2 = \nu_{min}$$

$$< 1,118 \text{ MN/m}^2 = \nu_{ed}$$

Die in RF-STANZ Pro ermittelten Ergebnisse stimmen exakt mit den in [3] bestimmten Ergebnissen überein.

In den folgenden Bildern sind die weiteren Ergebnisdetails für den Nachweis der Betondruckstrebe, der Zugstrebe und des äußeren Rundschnitts tabellarisch dokumentiert.

<input type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit	V _{Ed}	1.118	MN/m ²
<input type="checkbox"/> Beiwert	β	1.10	
gemäß Gleichung (6.39) ermittelt			
<input type="checkbox"/> In Richtung x			
<input type="checkbox"/> Beiwert k nach Tabelle 6.1	k _x	0.60	
<input type="checkbox"/> Ausmittenparallele Abmessung	c ₁	0.450	m
<input type="checkbox"/> Ausmittensenkrechte Abmessung	c ₂	0.450	m
<input type="checkbox"/> Moment im Rundschnittschwerpunkt um y-Achse	M _{Ed,y,sl}	-24.46	kNm
<input type="checkbox"/> Moment um die y-Achse	M _y	-24.46	kNm/m
<input type="checkbox"/> Schwerpunkteabstand von Rundschnitt um	x _{sl}	0.000	m
<input type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft	V _{Ed}	809.00	kN
<input type="checkbox"/> Maßgebende Durchstanzlast	V _{Ed}	809.00	kN
<input type="checkbox"/> Umfang des kritischen Rundschnitts	u ₁	4.188	m
<input type="checkbox"/> Widerstandsmoment des Rundschnitts	W _{1,x}	1.76	m ²
<input type="checkbox"/> In Richtung y			
<input type="checkbox"/> Beiwert k nach Tabelle 6.1	k _y	0.60	
<input type="checkbox"/> Ausmittenparallele Abmessung	c ₁	0.450	m
<input type="checkbox"/> Ausmittensenkrechte Abmessung	c ₂	0.450	m
<input type="checkbox"/> Moment im Rundschnittschwerpunkt um x-Achse	M _{Ed,x,sl}	24.43	kNm
<input type="checkbox"/> Moment um die x-Achse	M _x	24.43	kNm/m
<input type="checkbox"/> Schwerpunkteabstand von Rundschnitt um	y _{sl}	0.000	m
<input type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft	V _{Ed}	809.00	kN
<input type="checkbox"/> Maßgebende Durchstanzlast	V _{Ed}	809.00	kN
<input type="checkbox"/> Umfang des kritischen Rundschnitts	u ₁	4.188	m
<input type="checkbox"/> Widerstandsmoment des Rundschnitts	W _{1,y}	1.76	m ²
<input type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft	V _{Ed}	809.00	kN
<input type="checkbox"/> Lastfall	LF		LF1
<input type="checkbox"/> Lastabgewandte Fläche			Oberseite
<input type="checkbox"/> Umfang des kritischen Rundschnitts	u ₁	4.188	m
<input type="checkbox"/> Abstand zur Lasteinleitungsfläche	l _{w,1}	0.380	m
<input type="checkbox"/> Länge der Lasteinleitungsfläche	a ₁	0.45	cm
<input type="checkbox"/> Breite der Lasteinleitungsfläche	b ₁	0.45	cm
<input type="checkbox"/> Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d ₁	18.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d ₂	20.00	cm
<input type="checkbox"/> Maximaler Durchstanzwiderstand je Flächeneinheit			
<input type="checkbox"/> Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung	V _{Rd,c}	0.929	MN/m ²
<input type="checkbox"/> Maximaler Durchstanzwiderstand	V _{Rd,max}	1.300	MN/m ²
<input type="checkbox"/> Nachweis			
<input type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit	V _{Ed}	1.118	MN/m ²
<input type="checkbox"/> Maximaler Durchstanzwiderstand	V _{Rd,max}	1.300	MN/m ²
<input type="checkbox"/> Nachweiskriterium	Kriterium	0.86	

Bild 5.15: Zwischenergebnisse für den Nachweis der Betondruckstrebe

Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit	v_{Ed}	1.118	MN/m ²
Beiwert	β	1.10	
gemäß Gleichung (6.39) ermittelt			
In Richtung x			
Beiwert k nach Tabelle 6.1	k_x	0.60	
Ausmittenparallele Abmessung	c_1	0.450	m
Ausmittensenkrechte Abmessung	c_2	0.450	m
Moment im Rundschnittschwerpunkt um y-Achse	$M_{Ed,y,sl}$	-24.46	kNm
Moment um die y-Achse	M_y	-24.46	kNm/m
Schwerpunkteabstand von Rundschnitt um	x_{sl}	0.000	m
Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	809.00	kN
Maßgebende Durchstanzlast	V_{Ed}	809.00	kN
Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	4.188	m
Widerstandsmoment des Rundschnitts	$W_{1,x}$	1.76	m ²
In Richtung y			
Beiwert k nach Tabelle 6.1	k_y	0.60	
Ausmittenparallele Abmessung	c_1	0.450	m
Ausmittensenkrechte Abmessung	c_2	0.450	m
Moment im Rundschnittschwerpunkt um x-Achse	$M_{Ed,x,sl}$	24.43	kNm
Moment um die x-Achse	M_x	24.43	kNm/m
Schwerpunkteabstand von Rundschnitt um	y_{sl}	0.000	m
Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	809.00	kN
Maßgebende Durchstanzlast	V_{Ed}	809.00	kN
Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	4.188	m
Widerstandsmoment des Rundschnitts	$W_{1,y}$	1.76	m ²
Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	809.00	kN
Lastfall	LF	LF1	
Lastabgewandte Fläche		Oberseite	
Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	4.188	m
Abstand zur Lasteinleitungsfläche	$l_{w,1}$	0.380	m
Länge der Lasteinleitungsfläche	a_1	0.45	cm
Breite der Lasteinleitungsfläche	b_1	0.45	cm
Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00	cm
Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d_1	18.00	cm
Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	20.00	cm
Durchstanzwiderstand mit Durchstanzbewehrung	$v_{Rd,cs}$	1.118	MN/m ²
Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung	$v_{Rd,c}$	0.929	MN/m ²
Mittlere statische Nutzhöhe			
Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d_1	20.00	cm
Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	18.00	cm
Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00	cm
Radialabstand Bewehrungsreihen	s_r	0.10	m
Durchstanzbewehrung im Rundschnitt	A_{sw}	3.92	cm ²
Wirksame Bewehrungsfestigkeit	$f_{ywd,ef}$	297.50	N/mm ²
Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	4.188	m
Winkel Bewehrung\Plattenebene	α	90.00	°
Nachweis			
Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit	v_{Ed}	1.118	MN/m ²
Durchstanzwiderstand mit Durchstanzbewehrung	$v_{Rd,cs}$	1.118	MN/m ²
Nachweiskriterium	Kriterium	1.00	

Bild 5.16: Zwischenergebnisse für den Nachweis der Zugstrebe

<input checked="" type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit	$V_{Ed,out}$	0.774	MN/m ²
<input checked="" type="checkbox"/> Beiwert	β	1.10	
gemäß Gleichung (6.39) ermittelt			
<input checked="" type="checkbox"/> In Richtung x			
<input checked="" type="checkbox"/> Beiwert k nach Tabelle 6.1	k_x	0.60	
Ausmittenparallele Abmessung	c_1	0.450	m
Ausmittensenkrechte Abmessung	c_2	0.450	m
<input checked="" type="checkbox"/> Moment im Rundschnittschwerpunkt um y-Achse	$M_{Ed,y,sl}$	-24.46	kNm
Moment um die y-Achse	M_y	-24.46	kNm/m
Schwerpunkteabstand von Rundschnitt un	x_{sl}	0.000	m
Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	809.00	kN
Maßgebende Durchstanzlast	V_{Ed}	809.00	kN
Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	4.188	m
Widerstandsmoment des Rundschnitts	$W_{1,x}$	1.76	m ²
<input checked="" type="checkbox"/> In Richtung y			
<input checked="" type="checkbox"/> Beiwert k nach Tabelle 6.1	k_y	0.60	
Ausmittenparallele Abmessung	c_1	0.450	m
Ausmittensenkrechte Abmessung	c_2	0.450	m
<input checked="" type="checkbox"/> Moment im Rundschnittschwerpunkt um x-Achse	$M_{Ed,x,sl}$	24.43	kNm
Moment um die x-Achse	M_x	24.43	kNm/m
Schwerpunkteabstand von Rundschnitt un	y_{sl}	0.000	m
Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	809.00	kN
Maßgebende Durchstanzlast	V_{Ed}	809.00	kN
Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	4.188	m
Widerstandsmoment des Rundschnitts	$W_{1,y}$	1.76	m ²
<input checked="" type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	809.00	kN
<input type="checkbox"/> Lastfall	LF	LF1	
<input type="checkbox"/> Lastabgewandte Fläche		Oberseite	
<input checked="" type="checkbox"/> Umfang des äußeren Rundschnitts	u_a	6.054	m
Abstand zur Lasteinleitungsfläche	$l_{w,out}$	0.677	m
<input checked="" type="checkbox"/> Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00	cm
Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d_1	18.00	cm
Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	20.00	cm
<input checked="" type="checkbox"/> Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung			
<input checked="" type="checkbox"/> Grunddurchstanzwiderstand nach (6.47)	$V_{Rd,c,calc,1}$	0.774	MN/m ²
Landesspezifischer Wert	$C_{Rd,c}$	0.10	
Beiwert (Einfluss der Bauteilhöhe)	k	2.00	
<input checked="" type="checkbox"/> Mittlere statische Nutzhöhe			
Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d_1	20.00	cm
Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	18.00	cm
Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00	cm
<input checked="" type="checkbox"/> Mittlerer Längsbewehrungsgrad			
<input checked="" type="checkbox"/> Bewehrungsgrad der 1. Bahn	ρ_1	0.016	
<input checked="" type="checkbox"/> Bewehrungsgrad der 2. Bahn	ρ_2	0.017	
Mittlerer Längsbewehrungsgrad	ρ	0.017	
Maximal zulässiger Bewehrungsgrad	ρ_{max}	0.020	
Charakteristische Zylinderfestigkeit	f_{ck}	35.00	N/mm ²
Landesspezifischer Wert	k_1	0.10	
<input checked="" type="checkbox"/> Spannung im Beton	σ_{op}	0.000	MN/m ²
Membrankraft	N_{op}	0.00	kN/m
<input checked="" type="checkbox"/> Mindestdurchstanzwiderstand nach (6.47)	$V_{Rd,c,calc,2}$	0.586	MN/m ²
Landesspezifischer Wert	v_{min}	0.586	MN/m ²
Landesspezifischer Wert	k_1	0.10	
<input checked="" type="checkbox"/> Spannung im Beton	σ_{op}	0.000	MN/m ²
Membrankraft	N_{op}	0.00	kN/m
Maßgebender Durchstanzwiderstand	$V_{Rd,c}$	0.774	MN/m ²
<input checked="" type="checkbox"/> Nachweis			
Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit	V_{Ed}	0.774	MN/m ²
Maßgebender Durchstanzwiderstand	$V_{Rd,c}$	0.774	MN/m ²
Nachweiskriterium	Kriterium	1.00	

Bild 5.17: Zwischenergebnisse für den Nachweis am äußeren Rundschnitt

5.5.2 Durchstanzbewehrung

In Maske 2.2 *Durchstanzbewehrung* werden die Bewehrungsflächen einer jeden Bewehrungsart ausgegeben.

2.2 Erforderliche Durchstanzbewehrung						
Knoten Nr.	A	B	C	D	E	F
	Bauteil	Belastung	Bewehrungsart	Bewehrungsfläche	Einheit	Fehlermeldung Hinweis
20	Platte	LF1	Plattenoberseite in Richtung φ_1	31,42	cm ² /m	
			Plattenoberseite in Richtung φ_2	31,42	cm ² /m	
			Plattenunterseite in Richtung φ_1	0,00	cm ² /m	
			Plattenunterseite in Richtung φ_2	0,00	cm ² /m	
			1. Rundschnitt	9,80	cm ²	
			2. Rundschnitt	5,49	cm ²	
			3. Rundschnitt	3,92	cm ²	
			4. Rundschnitt	3,92	cm ²	

Bild 5.18: Maske 2.2 *Erforderliche Durchstanzbewehrung*

Die im Bild 5.18 angegebene Plattenlängsbewehrung auf der Oberseite wurde vor der Berechnung auf den Wert von 31,42 cm²/m festgelegt. Sie wurde entsprechend für die Nachweisführung berücksichtigt.

Rechnerisch ergeben sich für das Beispiel vier innere Rundschnitte, an denen eine Durchstanzbewehrung vorzusehen ist. In folgender Berechnung wird der Wert der erforderlichen Durchstanzbewehrung $erf A_{sw}$ ermittelt:

$$\nu_{Rd,cs} = 0,75 \cdot \nu_{Rd,c} + 1,5 \cdot \frac{d}{s_r} \cdot A_{sw} \cdot \frac{f_{ywd,ef}}{u_1 \cdot d} \cdot \sin \alpha$$

mit

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25 \cdot d \leq f_{ywd}$$

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25 \cdot 190 = 297,5 \text{ MN/m}^2 < 435 \text{ MN/m}^2$$

gewählt: $s_r = 0,10 \text{ m} = 0,526 \cdot d$

$$A_{sw} = (\nu_{ed} - 0,75 \cdot \nu_{Rd,c}) \cdot u_1 \cdot \frac{d}{1,5 \cdot \frac{d}{s_r} \cdot f_{ywd,ef}}$$

$$A_{sw} = (1,118 - 0,75 \cdot 0,929) \cdot 4,19 \cdot \frac{0,19}{1,5 \cdot \frac{1}{0,526} \cdot 297,5} \cdot 10^4 = 3,92 \text{ cm}^2$$

Für die ersten zwei Reihen wird die Bewehrungsmenge mit dem Anpassungsfaktor κ_{sw} gemäß [1] vergrößert. Hieraus ergibt sich folgende Durchstanzbewehrung:

$$erf A_{sw,1} = \kappa_{sw,1} \cdot A_{sw,1} = 2,5 \cdot 3,92 = 9,80 \text{ cm}^2$$

$$erf A_{sw,2} = \kappa_{sw,2} \cdot A_{sw,2} = 1,4 \cdot 3,92 = 5,49 \text{ cm}^2$$

$$erf A_{sw,3} = erf A_{sw,4} = 3,92 \text{ cm}^2$$



Hinweis:

In diesem Beispiel wurde mit der Durchstanzlast von $V_{Ed} = 809$ kN aus dem Referenzbeispiel in [3] gerechnet. Die Ergebnisse aus der Referenzlösung können nicht bestätigt werden. Im Modul RF-STANZ Pro werden – anstelle der drei Durchstanzreihen in [3] – vier Reihen an Durchstanzbewehrung erforderlich. Bei genauerer Analyse der Referenzlösung stellt sich heraus, dass dort bei der Festlegung der Durchstanzreihen der Abstand des äußeren Rundschnittes a_{out} von 0,675 m auf 0,665 m (entspricht 3,5 d) abgerundet und somit eine vierte Durchstanzreihe vermieden wurde. Aufgrund dieser Maßnahme ist der Durchstanznachweis nach DIN EN 1992-1-1 in [3] streng genommen als nicht erfüllt anzusehen.

Das in [3] berechnete Ergebnis lässt sich mit RF-STANZ Pro auch mit drei Durchstanzreihen nachvollziehen, wenn die Anzahl und die Abstände der inneren Rundschnitte in Maske 1.5 entsprechend für den Nachweis festgelegt werden. Hierbei wird in der Ergebnismaske 2.1 jedoch eine Meldung ausgegeben, dass der Nachweis nicht eingehalten ist.

Die *Zwischenergebnisse* stehen in unterem Teil der Maske 2.2 für die einzelnen Bewehrungsarten (Plattenoberseite in Richtung φ_1 und φ_2 , Plattenunterseite in Richtung φ_1 und φ_2 sowie Durchstanzbewehrung in den Rundschnitten 1 bis 4) einsehbar.

Zwischenergebnisse - Knoten Nr. 20			
Für Querkrafttragfähigkeit			
<input type="checkbox"/> Erforderlicher Längsbewehrungsgrad	ρ	0.017	
<input type="checkbox"/> Bewehrungsgrad der 1. Bahn			
<input type="checkbox"/> Erf. Längsbewehrung	erf $a_{s,1}$	31.42	cm ² /m
<input type="checkbox"/> Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d_1	20.00	cm
<input type="checkbox"/> Bewehrungsgrad der 2. Bahn			
<input type="checkbox"/> Erf. Längsbewehrung	erf $a_{s,2}$	31.42	cm ² /m
<input type="checkbox"/> Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	18.00	cm
<input type="checkbox"/> Maximal zulässiger Bewehrungsgrad	ρ_{max}	0.020	
<input type="checkbox"/> Erf. Bewehrung	erf a_s	31.42	cm ² /m
<input type="checkbox"/> Erf. Länge der Bewehrung	l_r	1.804	m
<input type="checkbox"/> Erf. Verlegete der Bewehrung	b_r	1.590	m
<input type="checkbox"/> Definierte Längsbewehrung			
<input type="checkbox"/> Verlegete	$b_{1,o}$	1.59	m
<input type="checkbox"/> Definierte Längsbewehrung	vorh $a_{s,1,o}$	31.42	cm ² /m

Bild 5.19: Zwischenergebnisse für Plattenoberseite in Richtung φ_1

Zwischenergebnisse - Knoten Nr. 20			
Für Querkrafttragfähigkeit			
<input type="checkbox"/> Erforderlicher Längsbewehrungsgrad	ρ	0.017	
<input type="checkbox"/> Bewehrungsgrad der 1. Bahn			
<input type="checkbox"/> Erf. Längsbewehrung	erf $a_{s,1}$	31.42	cm ² /m
<input type="checkbox"/> Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d_1	20.00	cm
<input type="checkbox"/> Bewehrungsgrad der 2. Bahn			
<input type="checkbox"/> Erf. Längsbewehrung	erf $a_{s,2}$	31.42	cm ² /m
<input type="checkbox"/> Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	18.00	cm
<input type="checkbox"/> Maximal zulässiger Bewehrungsgrad	ρ_{max}	0.020	
<input type="checkbox"/> Erf. Bewehrung	erf a_s	31.42	cm ² /m
<input type="checkbox"/> Erf. Länge der Bewehrung	l_r	1.804	m
<input type="checkbox"/> Erf. Verlegete der Bewehrung	b_r	1.590	m
<input type="checkbox"/> Definierte Längsbewehrung			
<input type="checkbox"/> Verlegete	$b_{2,o}$	1.59	m
<input type="checkbox"/> Definierte Längsbewehrung	vorh $a_{s,2,o}$	31.42	cm ² /m

Bild 5.20: Zwischenergebnisse für Plattenoberseite in Richtung φ_2

Für die Plattenunterseite wird keine Bewehrung erforderlich; dementsprechend sind hier die Zwischenergebnisse nicht aufgelistet.

☐ Bestimmen der Anzahl der inneren Rundschnitte		
— Abstand erstes und letztes inneres Rundschnitts	x_{in}	0.30 m
— Max. zulässiger Abstand innere Rundschnitte	$max s_r$	0.14 m
— Rech. erf. Anzahl Abstände	$n_{dis,calc}$	2.08
— Gewählte Anzahl Abstände	n_{dis}	3
— Gewählte Anzahl Rundschnitte	n_{in}	4
☐ Lage des 1. Rundschnitts		
— Umfang des Rundschnitts	u	2.40 m
— Abstand zur Lasteinleitungsfläche	l_w	0.10 m
☐ Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit		
— Beiwert	β	1.10
— gemäß Gleichung (6.39) ermittelt		
☐ In Richtung x		
☐ Beiwert k nach Tabelle 6.1		
— Ausmittenparallele Abmessung	c_1	0.450 m
— Ausmittensenkrechte Abmessung	c_2	0.450 m
☐ Moment im Rundschnittschwerpunkt um y-Achse		
— Moment um die y-Achse	$M_{y,sl}$	-24.46 kNm
— Schwerpunkteabstand von Rundschnitt um	x_{sl}	0.000 m
— Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	809.00 kN
— Maßgebende Durchstanzzlast	V_{Ed}	809.00 kN
— Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	2.397 m
— Widerstandsmoment des Rundschnitts	$W_{1,x}$	0.56 m ²
☐ In Richtung y		
☐ Beiwert k nach Tabelle 6.1		
— Ausmittenparallele Abmessung	c_1	0.450 m
— Ausmittensenkrechte Abmessung	c_2	0.450 m
☐ Moment im Rundschnittschwerpunkt um x-Achse		
— Moment um die x-Achse	$M_{x,sl}$	24.43 kNm
— Schwerpunkteabstand von Rundschnitt um	y_{sl}	0.000 m
— Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	809.00 kN
— Maßgebende Durchstanzzlast	V_{Ed}	809.00 kN
— Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	2.397 m
— Widerstandsmoment des Rundschnitts	$W_{1,y}$	0.56 m ²
☐ Einwirkende Querkraft		
— Lastfall	LF	LF1
— Lastabgewandte Fläche		Oberseite
☐ Umfang des kritischen Rundschnitts		
— Abstand zur Lasteinleitungsfläche	$l_{w,1}$	0.095 m
☐ Mittlere statische Nutzhöhe		
— Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d_1	20.00 cm
— Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	18.00 cm
— Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00 cm
☐ Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung		
☐ Grunddurchstanzwiderstand nach (6.47)		
— Landesspezifischer Wert	$V_{Rd,c,calc,1}$	0.929 MN/m ²
— Landesspezifischer Wert	$C_{Rd,c}$	0.12
— Beiwert (Einfluss der Bauteilhöhe)	k	2.00
☐ Mittlere statische Nutzhöhe		
— Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d_1	20.00 cm
— Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	18.00 cm
— Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00 cm
☐ Mittlerer Längsbewehrungsgrad		
— Bewehrungsgrad der 1. Bahn	ρ_1	0.016
— Bewehrungsgrad der 2. Bahn	ρ_2	0.017
— Mittlerer Längsbewehrungsgrad	ρ	0.017
— Maximal zulässiger Bewehrungsgrad	ρ_{max}	0.020
— Charakteristische Zylinderfestigkeit	f_{ck}	35.00 N/mm ²
— Landesspezifischer Wert	k_1	0.10
☐ Spannung im Beton		
— Membrankraft	N_{op}	0.00 kN/m
☐ Mindestdurchstanzwiderstand nach (6.47)		
— Landesspezifischer Wert	V_{min}	0.586 MN/m ²
— Landesspezifischer Wert	k_1	0.10
☐ Spannung im Beton		
— Membrankraft	N_{op}	0.00 kN/m
— Maßgebender Durchstanzwiderstand	$V_{Rd,c}$	0.929 MN/m ²
☐ Statisch erforderliche Durchstanzbewehrung		
— Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00 cm
— Radialabstand Bewehrungsreihen	s_r	0.10 m
— Wirksame Bewehrungsfestigkeit	$f_{ywd,ef}$	297.50 N/mm ²
☐ Umfang des kritischen Rundschnitts		
— Abstand zur Lasteinleitungsfläche	$l_{w,1}$	0.380 m
— Gewählter Erhöhungsfaktor	k_{sw}	2.50
— Statische erforderliche Durchstanzbewehrung	$A_{sw,stat}$	9.80 cm ²
☐ Mindestdurchstanzbewehrung		
☐ Mindestquerschnitt je Bügelschenkel		
— Faktor für Bügelart gem. 9.4.3(2)	$k_{Bügel}$	1.50
— Charakteristische Zylinderfestigkeit	f_{ck}	35.00 N/mm ²
— Charakteristische Bewehrungsfestigkeit	f_{yk}	500.00 N/mm ²
— Neigung der Durchstanzbewehrung	α	90.00 °
— Radialabstand Bewehrungsreihen	s_r	0.10 m
— Tangentialabstand Bewehrungsreihen	s_t	0.266 m
— Umfang des Rundschnitts	u_1	2.40 m
— Ermittelte Mindestanzahl	n	9
☐ Mindestanzahl Bügelschenkel		
☐ Rech. erf. Mindestanzahl		
— Ermittelte Mindestanzahl	n	9
☐ Mindestdurchstanzbewehrung		
— Ermittelte Mindestanzahl	n	9
— Mindestquerschnitt je Bügelschenkel	$A_{sw,min,Bügel}$	0.17 cm ²
☐ Maximaler Durchmesser Bügelschenkel		
— Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00 cm
☐ Maßgebende Durchstanzbewehrung A_{sw}		
— Statische erforderliche Durchstanzbewehrung	$A_{sw,stat}$	9.80 cm ²
— Mindestdurchstanzbewehrung	$A_{sw,min}$	1.50 cm ²
— Maßgebende Durchstanzbewehrung	A_{sw}	9.80 cm ²

Bild 5.21: Zwischenergebnisse für ersten Rundschnitt

☐ Bestimmen der Anzahl der inneren Rundschnitte		
— Abstand erstes und letztes inneres Rundschnitts	x_{in}	0.30 m
— Max. zulässiger Abstand innere Rundschnitte	$\max s_r$	0.14 m
— Rech. erf. Anzahl Abstände	$n_{dis,calc}$	2.08
— Gewählte Anzahl Abstände	n_{dis}	3
— Gewählte Anzahl Rundschnitte	n_{in}	4
☐ Lage des 2. Rundschnitts		
— Umfang des Rundschnitts	u	3.02 m
— Abstand zur Lasteinleitungsfläche	l_w	0.19 m
☐ Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit		
— Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	1.551 MN/m ²
☐ Beiwert		
— gemäß Gleichung (6.39) ermittelt	β	1.10
☐ In Richtung x		
☐ Beiwert k nach Tabelle 6.1		
— Ausmittenparallele Abmessung	k_x	0.60
— Ausmittensenkrechte Abmessung	c_1	0.450 m
— Ausmittensenkrechte Abmessung	c_2	0.450 m
☐ Moment im Rundschnittschwerpunkt um y-Achse		
— Moment um die y-Achse	$M_{Ed,y,sl}$	-24.46 kNm
— Schwerpunkteabstand von Rundschnitt um	M_y	-24.46 kNm/m
— Einwirkende Querkraft	x_{sl}	0.000 m
— Maßgebende Durchstanzzlast	V_{Ed}	809.00 kN
— Umfang des kritischen Rundschnitts	V_{Ed}	809.00 kN
— Widerstandsmoment des Rundschnitts	u_1	3.019 m
— Widerstandsmoment des Rundschnitts	$W_{1,x}$	0.90 m ²
☐ In Richtung y		
☐ Beiwert k nach Tabelle 6.1		
— Ausmittenparallele Abmessung	k_y	0.60
— Ausmittensenkrechte Abmessung	c_1	0.450 m
— Ausmittensenkrechte Abmessung	c_2	0.450 m
☐ Moment im Rundschnittschwerpunkt um x-Achse		
— Moment um die x-Achse	$M_{Ed,x,sl}$	24.43 kNm
— Schwerpunkteabstand von Rundschnitt um	M_x	24.43 kNm/m
— Einwirkende Querkraft	y_{sl}	0.000 m
— Maßgebende Durchstanzzlast	V_{Ed}	809.00 kN
— Umfang des kritischen Rundschnitts	V_{Ed}	809.00 kN
— Widerstandsmoment des Rundschnitts	u_1	3.019 m
— Widerstandsmoment des Rundschnitts	$W_{1,y}$	0.90 m ²
☐ Einwirkende Querkraft		
— Lastfall	V_{Ed}	809.00 kN
— Lastabgewandte Fläche	LF	LF1
☐ Umfang des kritischen Rundschnitts		
— Abstand zur Lasteinleitungsfläche	u_1	3.019 m
— Mittlere statische Nutzhöhe	$l_{w,1}$	0.194 m
☐ Mittlere statische Nutzhöhe		
— Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d	19.00 cm
— Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_1	20.00 cm
— Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	18.00 cm
☐ Durchstanzzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung		
☐ Grunddurchstanzzwiderstand nach (6.47)		
— Landesspezifischer Wert	$V_{Rd,c,calc,1}$	0.929 MN/m ²
— Landesspezifischer Wert	$C_{Rd,c}$	0.12
— Beiwert (Einfluss der Bauteilhöhe)	k	2.00
☐ Mittlere statische Nutzhöhe		
— Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d_1	20.00 cm
— Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	18.00 cm
— Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00 cm
☐ Mittlerer Längsbewehrungsgrad		
— Bewehrungsgrad der 1. Bahn	ρ_1	0.016
— Bewehrungsgrad der 2. Bahn	ρ_2	0.017
— Mittlerer Längsbewehrungsgrad	ρ	0.017
— Maximal zulässiger Bewehrungsgrad	ρ_{max}	0.020
— Charakteristische Zylinderfestigkeit	f_{ck}	35.00 N/mm ²
— Landesspezifischer Wert	k_1	0.10
☐ Spannung im Beton		
— Membrankraft	σ_{cp}	0.000 MN/m ²
— Membrankraft	N_{op}	0.00 kN/m
☐ Mindestdurchstanzzwiderstand nach (6.47)		
— Landesspezifischer Wert	$V_{Rd,c,calc,2}$	0.586 MN/m ²
— Landesspezifischer Wert	v_{min}	0.586 MN/m ²
— Landesspezifischer Wert	k_1	0.10
☐ Spannung im Beton		
— Membrankraft	σ_{cp}	0.000 MN/m ²
— Membrankraft	N_{op}	0.00 kN/m
— Maßgebender Durchstanzzwiderstand	$V_{Rd,c}$	0.929 MN/m ²
☐ Statisch erforderliche Durchstanzbewehrung		
— Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00 cm
— Radialabstand Bewehrungsreihen	s_r	0.10 m
— Wirksame Bewehrungsfestigkeit	$f_{ywd,ef}$	297.50 N/mm ²
☐ Umfang des kritischen Rundschnitts		
— Abstand zur Lasteinleitungsfläche	u_1	4.188 m
— Abstand zur Lasteinleitungsfläche	$l_{w,1}$	0.380 m
— Gewählter Erhöhungsfaktor	k_{sw}	1.40
— Statische erforderliche Durchstanzbewehrung	$A_{sw,stat}$	5.49 cm ²
☐ Mindestdurchstanzbewehrung		
☐ Mindestquerschnitt je Bügelschenkel		
— Faktor für Bügelart gem. 9.4.3(2)	$A_{sw,min,Bügel}$	0.17 cm ²
— Faktor für Bügelart gem. 9.4.3(2)	$k_{Bügel}$	1.50
— Charakteristische Zylinderfestigkeit	f_{ck}	35.00 N/mm ²
— Charakteristische Bewehrungsfestigkeit	f_{yk}	500.00 N/mm ²
— Neigung der Durchstanzbewehrung	α	90.00 °
— Radialabstand Bewehrungsreihen	s_r	0.10 m
— Tangentialabstand Bewehrungsreihen	s_t	0.274 m
— Umfang des Rundschnitts	u_2	3.02 m
— Ermittelte Mindestanzahl	n	11
☐ Mindestanzahl Bügelschenkel		
— Rech. erf. Mindestanzahl	n_{calc}	10.59
— Ermittelte Mindestanzahl	n	11
☐ Mindestdurchstanzbewehrung		
— Ermittelte Mindestanzahl	$A_{sw,min}$	1.89 cm ²
— Ermittelte Mindestanzahl	n	11
— Mindestquerschnitt je Bügelschenkel	$A_{sw,min,Bügel}$	0.17 cm ²
— Maximaler Durchmesser Bügelschenkel	$\max \Phi_{sw}$	0.95 cm
— Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00 cm
☐ Maßgebende Durchstanzbewehrung A_{sw}		
— Statische erforderliche Durchstanzbewehrung	$A_{sw,stat}$	5.49 cm ²
— Mindestdurchstanzbewehrung	$A_{sw,min}$	1.89 cm ²
— Maßgebende Durchstanzbewehrung	A_{sw}	5.49 cm ²

Bild 5.22: Zwischenergebnisse für zweiten Rundschnitt

<input type="checkbox"/> Bestimmen der Anzahl der inneren Rundschnitte			
<input type="checkbox"/> Abstand erstes und letztes inneres Rundschnitts	x_{in}	0.30	m
<input type="checkbox"/> Max. zulässiger Abstand innere Rundschnitte	$\max s_r$	0.14	m
<input type="checkbox"/> Rech. erf. Anzahl Abstände	$n_{dis,calc}$	2.08	
<input type="checkbox"/> Gewählte Anzahl Abstände	n_{dis}	3	
<input type="checkbox"/> Gewählte Anzahl Rundschnitte	n_{in}	4	
<input type="checkbox"/> Lage des 3. Rundschnitts			
<input type="checkbox"/> Umfang des Rundschnitts	u	3.64	m
<input type="checkbox"/> Abstand zur Lasteinleitungsfläche	l_w	0.29	m
<input type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit			
<input type="checkbox"/> V_{Ed}		1.286	MN/m ²
<input type="checkbox"/> Beiwert			
<input type="checkbox"/> β		1.10	
<input type="checkbox"/> gemäß Gleichung (6.39) ermittelt			
<input type="checkbox"/> In Richtung x			
<input type="checkbox"/> Beiwert k nach Tabelle 6.1			
<input type="checkbox"/> k_x		0.60	
<input type="checkbox"/> Ausmittenparallele Abmessung	c_1	0.450	m
<input type="checkbox"/> Ausmittensenkrechte Abmessung	c_2	0.450	m
<input type="checkbox"/> Moment im Rundschnittschwerpunkt um y-Achse			
<input type="checkbox"/> $M_{Ed,y,sl}$		-24.46	kNm
<input type="checkbox"/> Moment um die y-Achse	M_y	-24.46	kNm/m
<input type="checkbox"/> Schwerpunkteabstand von Rundschnitt um	x_{sl}	0.000	m
<input type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	809.00	kN
<input type="checkbox"/> Maßgebende Durchstanzzlast	V_{Ed}	809.00	kN
<input type="checkbox"/> Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	3.641	m
<input type="checkbox"/> Widerstandsmoment des Rundschnitts	$W_{1,x}$	1.33	m ²
<input type="checkbox"/> In Richtung y			
<input type="checkbox"/> Beiwert k nach Tabelle 6.1			
<input type="checkbox"/> k_y		0.60	
<input type="checkbox"/> Ausmittenparallele Abmessung	c_1	0.450	m
<input type="checkbox"/> Ausmittensenkrechte Abmessung	c_2	0.450	m
<input type="checkbox"/> Moment im Rundschnittschwerpunkt um x-Achse			
<input type="checkbox"/> $M_{Ed,x,sl}$		24.43	kNm
<input type="checkbox"/> Moment um die x-Achse	M_x	24.43	kNm/m
<input type="checkbox"/> Schwerpunkteabstand von Rundschnitt um	y_{sl}	0.000	m
<input type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	809.00	kN
<input type="checkbox"/> Maßgebende Durchstanzzlast	V_{Ed}	809.00	kN
<input type="checkbox"/> Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	3.641	m
<input type="checkbox"/> Widerstandsmoment des Rundschnitts	$W_{1,y}$	1.33	m ²
<input type="checkbox"/> Einwirkende Querkraft			
<input type="checkbox"/> V_{Ed}		809.00	kN
<input type="checkbox"/> Lastfall			
<input type="checkbox"/> LF		LF1	
<input type="checkbox"/> Lastabgewandte Fläche			
<input type="checkbox"/> Oberseite			
<input type="checkbox"/> Umfang des kritischen Rundschnitts			
<input type="checkbox"/> u_1		3.641	m
<input type="checkbox"/> Abstand zur Lasteinleitungsfläche	$l_{w,1}$	0.293	m
<input type="checkbox"/> Mittlere statische Nutzhöhe			
<input type="checkbox"/> d		19.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d_1	20.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	18.00	cm
<input type="checkbox"/> Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung			
<input type="checkbox"/> Grunddurchstanzwiderstand nach (6.47)			
<input type="checkbox"/> $V_{Rd,c,calc,1}$		0.929	MN/m ²
<input type="checkbox"/> Landesspezifischer Wert	$C_{Rd,c}$	0.12	
<input type="checkbox"/> Beiwert (Einfluss der Bauteilhöhe)	k	2.00	
<input type="checkbox"/> Mittlere statische Nutzhöhe			
<input type="checkbox"/> Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d_1	20.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	18.00	cm
<input type="checkbox"/> Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00	cm
<input type="checkbox"/> Mittlerer Längsbewehrungsgrad			
<input type="checkbox"/> ρ_1		0.016	
<input type="checkbox"/> ρ_2		0.017	
<input type="checkbox"/> Mittlerer Längsbewehrungsgrad	ρ	0.017	
<input type="checkbox"/> Maximal zulässiger Bewehrungsgrad	ρ_{max}	0.020	
<input type="checkbox"/> Charakteristische Zylinderfestigkeit	f_{ck}	35.00	N/mm ²
<input type="checkbox"/> Landesspezifischer Wert	k_1	0.10	
<input type="checkbox"/> Spannung im Beton			
<input type="checkbox"/> σ_{cp}		0.000	MN/m ²
<input type="checkbox"/> Membrankraft	N_{cp}	0.00	kN/m
<input type="checkbox"/> Mindestdurchstanzwiderstand nach (6.47)			
<input type="checkbox"/> $V_{Rd,c,calc,2}$		0.586	MN/m ²
<input type="checkbox"/> Landesspezifischer Wert	v_{min}	0.586	MN/m ²
<input type="checkbox"/> Landesspezifischer Wert	k_1	0.10	
<input type="checkbox"/> Spannung im Beton			
<input type="checkbox"/> σ_{cp}		0.000	MN/m ²
<input type="checkbox"/> Membrankraft	N_{cp}	0.00	kN/m
<input type="checkbox"/> Maßgebender Durchstanzwiderstand			
<input type="checkbox"/> $V_{Rd,c}$		0.929	MN/m ²
<input type="checkbox"/> Statisch erforderliche Durchstanzbewehrung			
<input type="checkbox"/> Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00	cm
<input type="checkbox"/> Radialabstand Bewehrungsreihen	s_r	0.10	m
<input type="checkbox"/> Wirksame Bewehrungsfestigkeit	$f_{yk,ef}$	297.50	N/mm ²
<input type="checkbox"/> Umfang des kritischen Rundschnitts			
<input type="checkbox"/> u_1		4.188	m
<input type="checkbox"/> Abstand zur Lasteinleitungsfläche	$l_{w,1}$	0.380	m
<input type="checkbox"/> Statische erforderliche Durchstanzbewehrung	$A_{sw,stat}$	3.92	cm ²
<input type="checkbox"/> Mindestdurchstanzbewehrung			
<input type="checkbox"/> Mindestquerschnitt je Bügelschenkel			
<input type="checkbox"/> $A_{sw,min,Bügel}$		0.17	cm ²
<input type="checkbox"/> Faktor für Bügelart gem. 9.4.3(2)	$k_{Bügel}$	1.50	
<input type="checkbox"/> Charakteristische Zylinderfestigkeit	f_{ck}	35.00	N/mm ²
<input type="checkbox"/> Charakteristische Bewehrungsfestigkeit	f_{yk}	500.00	N/mm ²
<input type="checkbox"/> Neigung der Durchstanzbewehrung	α	90.00	°
<input type="checkbox"/> Radialabstand Bewehrungsreihen	s_r	0.10	m
<input type="checkbox"/> Tangentialabstand Bewehrungsreihen	s_t	0.280	m
<input type="checkbox"/> Umfang des Rundschnitts	u_3	3.64	m
<input type="checkbox"/> Ermittelte Mindestanzahl	n	13	
<input type="checkbox"/> Mindestanzahl Bügelschenkel			
<input type="checkbox"/> Rech. erf. Mindestanzahl	n_{calc}	12.78	
<input type="checkbox"/> Ermittelte Mindestanzahl	n	13	
<input type="checkbox"/> Mindestdurchstanzbewehrung			
<input type="checkbox"/> $A_{sw,min}$		2.27	cm ²
<input type="checkbox"/> Ermittelte Mindestanzahl	n	13	
<input type="checkbox"/> Mindestquerschnitt je Bügelschenkel			
<input type="checkbox"/> $A_{sw,min,Bügel}$		0.17	cm ²
<input type="checkbox"/> Maximaler Durchmesser Bügelschenkel			
<input type="checkbox"/> $\max \Phi_{sw}$		0.95	cm
<input type="checkbox"/> Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00	cm
<input type="checkbox"/> Maßgebende Durchstanzbewehrung A_{sw}			
<input type="checkbox"/> Statische erforderliche Durchstanzbewehrung	$A_{sw,stat}$	3.92	cm ²
<input type="checkbox"/> Mindestdurchstanzbewehrung	$A_{sw,min}$	2.27	cm ²
<input type="checkbox"/> Maßgebende Durchstanzbewehrung	A_{sw}	3.92	cm ²

Bild 5.23: Zwischenergebnisse für dritten Rundschnitt

☐ Bestimmen der Anzahl der inneren Rundschnitte			
— Abstand erstes und letztes inneres Rundschnitts	x_{in}	0.30	m
— Max. zulässiger Abstand innere Rundschnitte	$\max s_r$	0.14	m
— Rech. erf. Anzahl Abstände	$n_{dis,calc}$	2.08	
— Gewählte Anzahl Abstände	n_{dis}	3	
— Gewählte Anzahl Rundschnitte	n_{in}	4	
☐ Lage des 4. Rundschnitts			
— Umfang des Rundschnitts	u	4.26	m
— Abstand zur Lasteinleitungsfläche	l_w	0.39	m
☐ Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit			
—	V_{Ed}	1.099	MN/m ²
☐ Beiwert			
— gemäß Gleichung (6.39) ermittelt	β	1.10	
☐ In Richtung x			
☐ Beiwert k nach Tabelle 6.1			
— Ausmittenparallele Abmessung	c_1	0.450	m
— Ausmittensenkrechte Abmessung	c_2	0.450	m
☐ Moment im Rundschnittschwerpunkt um y-Achse			
— Moment um die y-Achse	$M_{Ed,y,sl}$	-24.46	kNm
— Schwerpunkteabstand von Rundschnitt um	M_y	-24.46	kNm/m
— Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	809.00	kN
— Maßgebende Durchstanzzlast	V_{Ed}	809.00	kN
— Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	4.263	m
— Widerstandsmoment des Rundschnitts	$W_{1,x}$	1.83	m ²
☐ In Richtung y			
☐ Beiwert k nach Tabelle 6.1			
— Ausmittenparallele Abmessung	c_1	0.450	m
— Ausmittensenkrechte Abmessung	c_2	0.450	m
☐ Moment im Rundschnittschwerpunkt um x-Achse			
— Moment um die x-Achse	$M_{Ed,x,sl}$	24.43	kNm
— Schwerpunkteabstand von Rundschnitt um	M_x	24.43	kNm/m
— Einwirkende Querkraft	V_{Ed}	809.00	kN
— Maßgebende Durchstanzzlast	V_{Ed}	809.00	kN
— Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	4.263	m
— Widerstandsmoment des Rundschnitts	$W_{1,y}$	1.83	m ²
☐ Einwirkende Querkraft			
— Lastfall	LF	LF1	
— Lastabgewandte Fläche		Oberseite	
— Umfang des kritischen Rundschnitts	u_1	4.263	m
— Abstand zur Lasteinleitungsfläche	$l_{w,1}$	0.392	m
☐ Mittlere statische Nutzhöhe			
— Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d_1	20.00	cm
— Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	18.00	cm
— Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00	cm
☐ Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung			
☐ Grunddurchstanzwiderstand nach (6.47)			
— Landesspezifischer Wert	$V_{Rd,c,calc,1}$	0.929	MN/m ²
— Landesspezifischer Wert	$C_{Rd,c}$	0.12	
— Beiwert (Einfluss der Bauteilhöhe)	k	2.00	
☐ Mittlere statische Nutzhöhe			
— Stat. Nutzhöhe 1. Bahn	d_1	20.00	cm
— Stat. Nutzhöhe 2. Bahn	d_2	18.00	cm
— Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00	cm
☐ Mittlerer Längsbewehrungsgrad			
— Bewehrungsgrad der 1. Bahn	ρ_1	0.016	
— Bewehrungsgrad der 2. Bahn	ρ_2	0.017	
— Mittlerer Längsbewehrungsgrad	ρ	0.017	
— Maximal zulässiger Bewehrungsgrad	ρ_{max}	0.020	
— Charakteristische Zylinderfestigkeit	f_{ck}	35.00	N/mm ²
— Landesspezifischer Wert	k_1	0.10	
☐ Spannung im Beton			
— Membrankraft	σ_{cp}	0.000	MN/m ²
— Membrankraft	N_{cp}	0.00	kN/m
☐ Mindestdurchstanzwiderstand nach (6.47)			
— Landesspezifischer Wert	$V_{Rd,c,calc,2}$	0.586	MN/m ²
— Landesspezifischer Wert	v_{min}	0.586	MN/m ²
— Landesspezifischer Wert	k_1	0.10	
☐ Spannung im Beton			
— Membrankraft	σ_{cp}	0.000	MN/m ²
— Membrankraft	N_{cp}	0.00	kN/m
— Maßgebender Durchstanzwiderstand	$V_{Rd,c}$	0.929	MN/m ²
☐ Statisch erforderliche Durchstanzbewehrung			
— Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00	cm
— Radialabstand Bewehrungsreihen	s_r	0.10	m
— Wirksame Bewehrungsfestigkeit	$f_{yk,ef}$	297.50	N/mm ²
☐ Umfang des kritischen Rundschnitts			
— Abstand zur Lasteinleitungsfläche	$l_{w,1}$	0.380	m
— Statische erforderliche Durchstanzbewehrung	$A_{sw,stat}$	3.92	cm ²
☐ Mindestdurchstanzbewehrung			
☐ Mindestquerschnitt je Bügelschenkel			
— Faktor für Bügelart gem. 9.4.3(2)	$k_{Bügel}$	1.50	
— Charakteristische Zylinderfestigkeit	f_{ck}	35.00	N/mm ²
— Charakteristische Bewehrungsfestigkeit	f_{yk}	500.00	N/mm ²
— Neigung der Durchstanzbewehrung	α	90.00	°
— Radialabstand Bewehrungsreihen	s_r	0.10	m
— Tangentialabstand Bewehrungsreihen	s_t	0.355	m
— Umfang des Rundschnitts	u_4	4.26	m
— Ermittelte Mindestanzahl	n	12	
☐ Mindestanzahl Bügelschenkel			
— Rech. erf. Mindestanzahl	n_{calc}	11.22	
— Ermittelte Mindestanzahl	n	12	
☐ Mindestdurchstanzbewehrung			
— Ermittelte Mindestanzahl	$A_{sw,min}$	2.66	cm ²
— Ermittelte Mindestanzahl	n	12	
— Mindestquerschnitt je Bügelschenkel	$A_{sw,min,Bügel}$	0.22	cm ²
☐ Maximaler Durchmesser Bügelschenkel			
—	$\max \Phi_{sw}$	0.95	cm
— Mittlere statische Nutzhöhe	d	19.00	cm
☐ Maßgebende Durchstanzbewehrung A_{sw}			
— Statische erforderliche Durchstanzbewehrung	$A_{sw,stat}$	3.92	cm ²
— Mindestdurchstanzbewehrung	$A_{sw,min}$	2.66	cm ²
— Maßgebende Durchstanzbewehrung	A_{sw}	3.92	cm ²

Bild 5.24: Zwischenergebnisse für vierten Rundschnitt

Grafik

Über die Schaltfläche [Grafik] sind die Ergebnisse des Moduls RF-STANZ Pro im Arbeitsfenster von RFEM darstellbar.

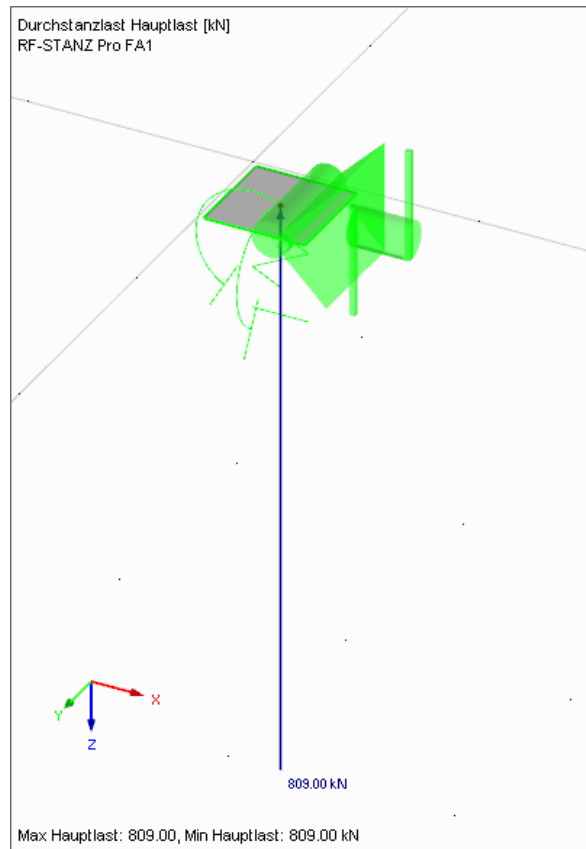


Bild 5.25: Darstellung der Durchstanzlast

Durchstanzbewehrung a-s,w [cm²]
RF-STANZ Pro FA1

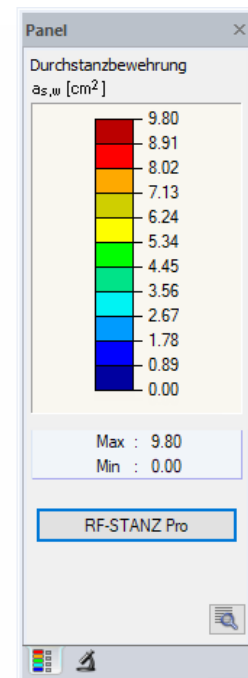
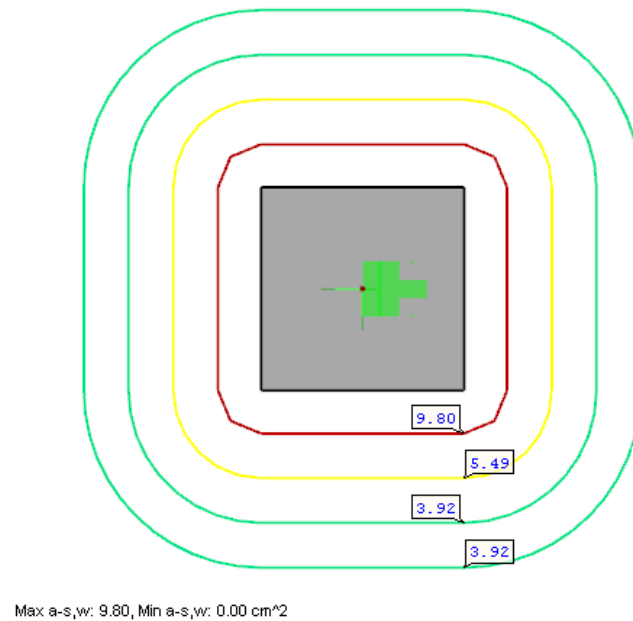


Bild 5.26: Darstellung der Durchstanzbewehrung an den Rundschnitten

Literatur

- [1] *EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004/A1:2014.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2015.
- [2] *DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2010.
- [3] *Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.: Beispiele zur Bemessung nach Eurocode 2 – Band 1: Hochbau.* Ernst & Sohn, Berlin, 2011, 1. korrigierter Nachdruck.
- [4] *SCHNEIDER: Bautabellen für Ingenieure.* Bundesanzeiger Verlag, Köln, 22. Auflage, 2016.

Index

A		G	
Äußerer Rundschnitt	28, 60	Grafik	74
Ausdruckprotokoll	78, 79	Grafikausdruck	79
Außergewöhnlich	45		
B		H	
Basisangaben	42	Halfen	53
Bauteil	58, 65	Hauptlast	33
Beanspruchbarkeit	65	HDB	53, 54
Beanspruchung	20, 36, 65		
Beidseitige Lastwirkung	33	I	
Beiwert β	21	Innerer Rundschnitt	28, 60
Bemessungsfall	41, 71, 72	Installation	3
Bemessungssituation	45		
Beton	46, 47	K	
Betondeckung	52	Knoten	42, 52, 65, 68
Betonstahl	46	Knotenlager	6
Bewehrung	68	Knotenlast	12
Bewehrungsbahn	51, 68	Kommentar	45
Bewehrungsreihe	25, 39	Kritischer Rundschnitt 15, 18, 19, 26, 27, 36, 63, 67	
Bewehrungsrichtung	51, 68		
D		L	
Dezimalstellen	73	Längsbewehrung	23, 25, 38, 51, 61, 68
Dicke	47	Lage	58
Drucken	79	Lasteinleitung	18
Druckkraft	62	Lasteinleitungsfläche	35, 56
Durchstanzbewehrung 18, 23, 24, 27, 37, 53, 68		Lasterhöhungsfaktor	59, 64
Durchstanzform	53	Lastfall	44
Durchstanzknoten	42, 52, 66, 70	Lastkombination	13, 44
Durchstanzlast	4, 6, 58, 65	Linienlast	16
Durchstanznachweis	65	Lokales Achsensystem	4
Durchstanzwiderstand 18, 19, 23, 24, 26, 37, 38, 67			
E		M	
Eckstütze	58	Masken	41
Einheiten	73	Material	46
EN 1992-1-1	17, 34	Materialbibliothek	47
Ergebniskombination	12, 13, 44	Mindestbewehrung	26
Ergebnisse-Navigator	74	Mindestmomente	34, 60
Export	67		
F		N	
FE-Netz	15	Nachweiskriterium	65
Fläche	46, 49	Nationaler Anhang	43
Flächenschnittgröße	15	NA	43
Freier Rand	19	Nebenlast	33
Fundament	22, 23, 58	Norm	43, 53
		Normalkraft	62
		O	
		Oberseite	4, 34, 51

Öffnung	19, 49, 50	T	Teilsicherheitsbeiwert	44, 45
P			Tragfähigkeit	17
Panel	76	U	Unterseite	4, 34, 51
Parameter	43	V	Verankerungslänge	62
Platte	58		Verlegebreite	62
R			Vollplastische Schubspannungsverteilung ..	21, 59
Randstütze	58		Vorzeichen	9
RF-STANZ Pro-Fall	71, 74	W	Wanddecke	16, 64
RFEM-Arbeitsfenster	74		Wandende	15, 64
Rundschnitt	29, 60, 69	Z	Zugkraft	62
S			Zwischenergebnisse	65, 69
Schrägstäbe	39, 53			
Schubkraft	58			
Schubkraftverlauf	15, 16, 64			
Sichtbarkeiten	76			
Stabnormalkraft	13			
Ständig und vorübergehend	45			
Start des Programms	40			
Stütze	13			
Stützenkopfverstärkung	56, 77			