Querschnittsnachweis Stahlbeton B2+

Inhaltsverzeichnis

Anwendungsmöglichkeiten **3**
Normen 3
Berechnungsgrundlagen **4**
Eingabe – allgemeine Bedienhinweise **5**
Assistent 5
Grafische Eingabe 5
Bemerkungen 5
Grundparameter **6**
Bemessungsnorm und Material 6
Dauerhaftigkeit 8
System **9**
Beanspruchung 9
Querschnitt 9
Geometrie 9
Bewehrungslage 10
Bewehrungstyp 10
Ortbetonergänzung 11
Bewehrungsführung manuell 12
Belastung **13**
Bemessungssituation 13
Belastung (Eingabe für die Bemessung) 13
Bemessung **14**
Bemessungsart / Bewehrungsverteilung 14
Heißbemessung 15
Bewehrung 16
Optionen 28
Optionen Biegebemessung 28
Optionen Schubbemessung 29
Optionen für die effektive Steifigkeit 30
Optionen Rissbreitennachweis 30
Sonstige Optionen 30
Ausgabe / Ergebnisse **31**
Ergebnisse 32
Import/Export **32**
Literatur **33**

Weitere relevante Informationen und Beschreibungen finden Sie in den Dokumentationen:

Nachweise am Stahlbeton-Querschnitt

Dauerhaftigkeit - Kriechzahl und Schwindmaß

B2 – Schöck Combar®-Bewehrung

Grundlegende Dokumentationen, Hotline-Service und FAQ

Neben den einzelnen Programmhandbüchern (Manuals) finden Sie „Allgemeine Dokumente und Bedienungsgrundlagen“ auf unserer Homepage www.frilo.eu unter CAMPUS im Downloadbereich (Handbücher).

Tipp 1: Bei Fragen an unsere Hotline lesen Sie Hilfe – Hotline-Service – Tipps.
Siehe auch Video FRILO-Service.

Tipp 2: Zurück im PDF - z.B. nach einem Link auf ein anderes Kapitel/Dokument – geht es mit der Tastenkombination <ALT> + „Richtungstaste links“

Tipp 3: Häufige Fragestellungen finden Sie auf www.frilo.eu unter ▸ Service ▸ Support ▸ FAQ beantwortet.

*Tipp 4: Hilfedatei nach Stichwörtern durchsuchen mit **<Strg> + F***

Anwendungsmöglichkeiten

Mit dem FRILO-Programm B2+ können Stahlbetonquerschnitte bemessen werden. Eine Übersicht über die verfügbaren Querschnittstypen und den zugehörigen möglichen Bearbeitungsumfang zeigt Tabelle. 1:

Beanspruchung	Querschnitt	Nachweise					
		Biegung + Längskraft	Querkraft + Torsion	Schubfuge *1)	effektive Steifigkeit GZT/GZG	Spannung Stahl/Beton	Rissbreite
Einachsig	**Rechteck**	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Plattenbalken	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Schichten	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ein- oder zweiachsig	**Rechteck**	✓	✓*2)	-	✓	✓	-
	Rechteckhohl-kasten	✓	-	-	✓	✓	-
	Kreis	✓	✓*3)	-	✓	✓	✓
	Kreisring	✓	-	-	✓	✓	-

*1) Optional kann für einachsig beanspruchte Querschnitte eine Ortbetonergänzung eingegeben werden
*2) nur für DIN EN 1992-1-1
*3) nur Querkraft einachsig

Tabelle. 1: in B2+ verfügbare Beanspruchungsarten, Querschnittstypen und Nachweise

Normen

Die Bemessung ist nach dem

- Originaleurocode und nach den
- nationalen Anhängen von Deutschland, Österreich, Großbritannien und Polen

möglich.

Nachfolgend werden die in B2+ verfügbaren Normen und die in diesem Dokument verwendeten zugehörigen Kurzbezeichnungen aufgelistet:

	Kurzbezeichnung	Norm
Originaleurocode	EN	EN 1992-1-1:2004 /A1:2014 und EN 1992-1-2:2004 /AC:2008
Deutschland	NA-D	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12 DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 DIN 1992-1-1/NA:2011-01 mit DIN 1992-1-1/NA Ber 1:2012-06
Österreich	NA-A	ÖNORM B 1992-1-1:2018-01 ÖNORM B 1992-1-1:2011-12
Großbritannien	NA-GB	NA+A2:2014 to BS EN 1992-1-1:2004+A1:2014 (2015-07)
Polen	NA-PL	PN EN 1992-1-1:2008/NA:2010

Sofern in den nationalen Anhängen Parameter vom Originaleurocode abweichen, wird in diesem Dokument mit folgender Kurzbezeichnung darauf hingewiesen:

NDP – im Nationalen Anhang definierbarer Parameter

Ansonsten gelten die Aussagen des Originaleurocodes für alle nationalen Anhänge in gleicher Weise.

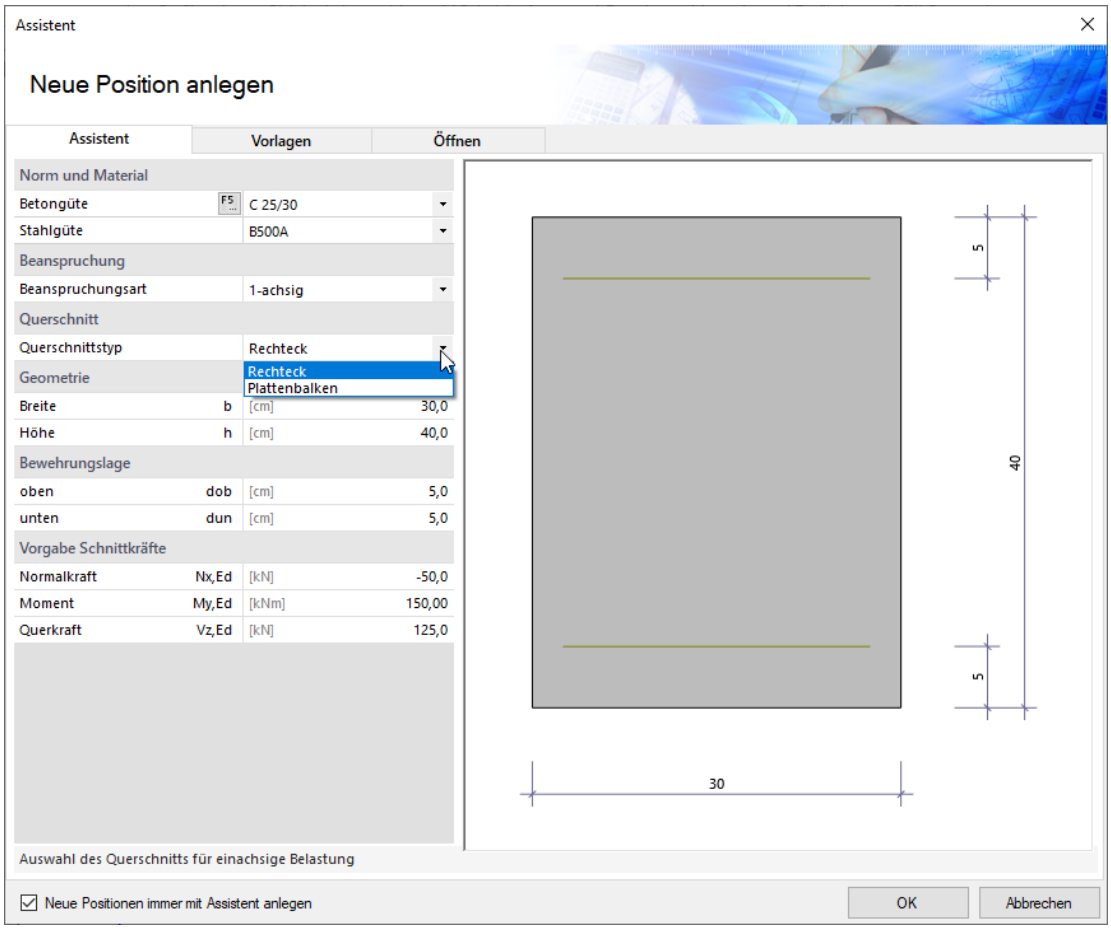
Berechnungsgrundlagen

Erläuterungen zu den Berechnungsgrundlagen und Nachweisen finden Sie im Dokument „Nachweise am Stahlbeton-Querschnitt“.

Eingabe – allgemeine Bedienhinweise

Assistent

Beim Start des Programms erscheint automatisch das Fenster Assistent.
Hier können schnell die wichtigsten Eckdaten des Systems eingegeben werden, die dann im Eingabebereich oder/ und in der interaktiven Grafikoberfläche editiert werden können.
Selbst definierte Positionen können hier auch als Vorlagen eingelesen werden. Das Speichern als Vorlage geschieht über ▸ Datei ▸ Speichern unter ▸ Option „Als Vorlage verwenden“ markieren.



Anschließend können die Eingaben im Programm einfach ergänzt und weiterbearbeitet werden.

Siehe auch Bedienungsgrundlagen-PLUS.pdf

Grafische Eingabe

Die Eingabe der Werte und Steuerparameter erfolgt i.d.R. im Menü auf der linken Seite des Bildschirmfensters. Die interaktive Eingabemöglichkeit in der Grafik auf der rechten Fensterseite empfiehlt sich für schnelle Änderungen an einem bereits definierten Querschnitt.

Siehe auch Grafisch interaktive Eingabe in den Bedienungsgrundlagen-PLUS.

Bemerkungen

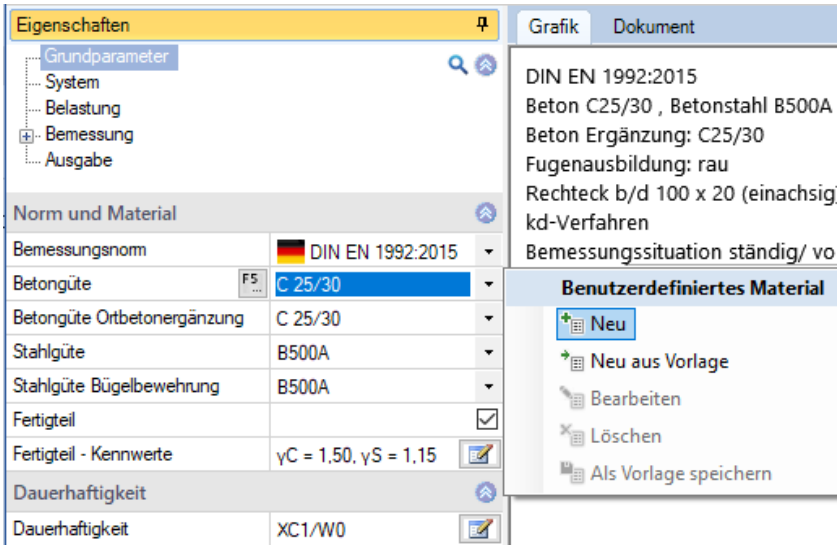
Sie können in den einzelnen Eingabeabschnitten jeweils eigene Bemerkungen eingeben – siehe hierzu auch Bedienungsgrundlagen – Bemerkungseditor.

Grundparameter

Bemessungsnorm und Material

Zunächst wählen Sie die gewünschte Bemessungsnorm.
Je nach ausgewählter Norm werden die entsprechenden Materialgüten für den **Beton** (Querschnitt und optional Ortbetonergänzung) und **Betonstahl** (Längs- und Bügelbewehrung) zur Auswahl aufgeführt.

Alternativ können die Betonmaterialwerte auch selbst definiert werden (siehe Beton – benutzerdefiniert unten).



Betongüte

C12/15 ... C90/105	Normalbeton entsprechend EN, Tab. 3.1
C100/115	für NA-D und NA-GB Normalbeton entsprechend EN, Tab. 3.1 + NDP
LC12/13 ... LC80/88	Leichtbeton entsprechend EN, Tab. 11.3.

Hinweis: *Für hochfesten Beton (> C50/60) kann die Aktivierung der Option „Bemessung mit Netto Ac“ sinnvoll sein.*

Die ausgewählte Betonklasse sollte den Anforderungen aus Dauerhaftigkeit genügen. Bei Auswahl einer geringeren Betonklasse erfolgt ein Programmhinweis.

Beton – benutzerdefiniert

Über die F5-Taste oder den Button „F5“ im (aktivierten) Eingabefeld der „Betongüte“ wird ein Dialog aufgerufen (Neu, Bearbeiten, Löschen) in dem benutzerdefinierte Betonkennwerte eingegeben/bearbeitet werden können.

Zur Ermittlung der Betonkennwerte stehen drei Varianten zur Verfügung:

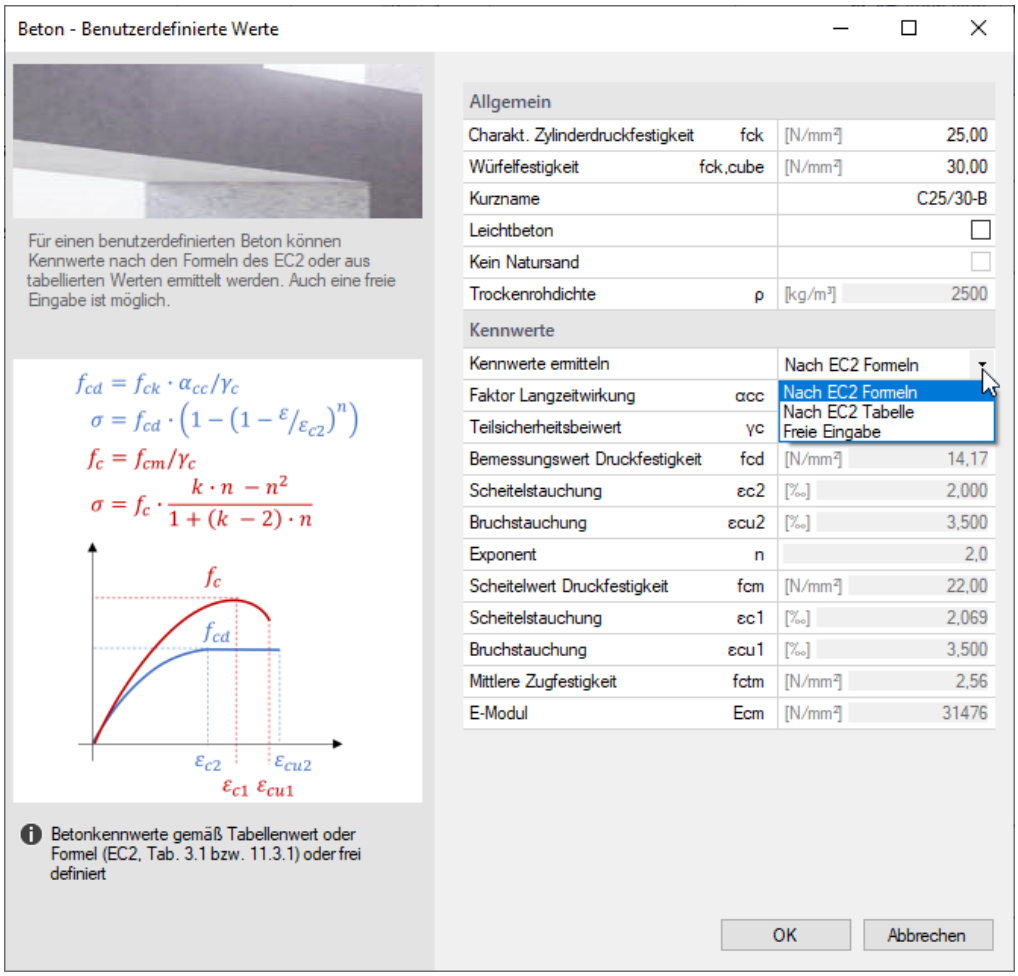
Nach EC2-Formeln Normal- und Leichtbetone mit beliebigem f_{ck}-Wert
Die Ermittlung der Betonkennwerte erfolgt gemäß den Formeln in EN, Tabelle 3.1 + NDP bzw. EN, Tabelle 11.3.1 + NDP

Nach EC2-Tabelle 3.1 genormte Normal- und Leichtbetone
Die Betonkennwerte werden EN, Tabelle 3.1 + NDP bzw. EN, Tabelle 11.3.1 + NDP entnommen.

Zur Erläuterung des Teilsicherheitsbeiwerts γ_c und des Beiwerts zur Langzeitwirkung α_{cc} siehe Kapitel „Bemessungsgrundlagen“ im Dokument „Nachweise am Stahlbeton-Querschnitt“.

Freie Eingabe alle Betonkennwerte sind frei definierbar

Zur Steuerung der Leichtbetonkennwerte ist die Eingabe der Rohdichte und ggf. die Angabe „Kein Natursand“ (Steuerung εlc1 nach EN, Tab. 11.3.1) erforderlich.



Tipp: *Infos zu den einzelnen Parametern können als Tooltips angezeigt werden.*

Stahlgüte

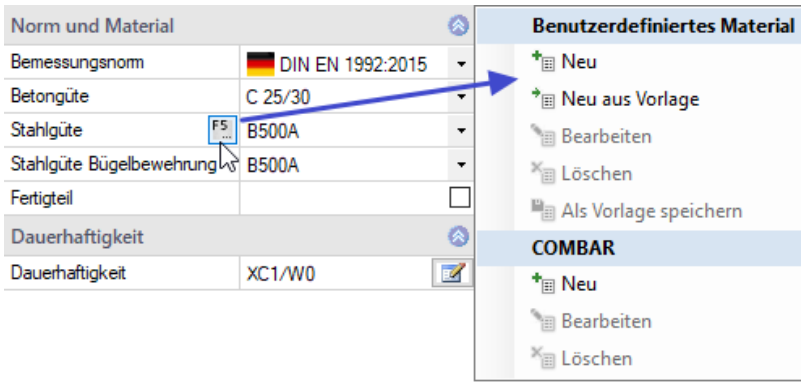
Auswahl entsprechend EN, 3.2 und EN, Anhang C sowie nationalen Regelwerken

EN:	B220(A), B420(A), B500(A), B500(B), B500(C), B550(A), B550(B), B600(A)
NA-D:	B500A und B500B nach DIN 488 (2009) außerdem BSt 420 S(A)
NA-A:	B500A, B550A, B600A, B550B
NA-GB:	B500A, B500B, B500C, grade 460 TH, grade 460 YH, grade 485 WH, grade 485 WN
NA-PL:	B500(A), B500(B), B500(SP)

Duktilitätsklasse: A (normal), B (hoch), C (sehr hoch)

Stahlgüte - benutzerdefiniert

Alternativ können über die F5-Taste oder den Button „F5“ im Eingabefeld der Stahlgüte der Längs- und Bügelbewehrung (siehe Abb.) in einem Dialog benutzerdefinierte Kennwerte optional über eine bilineare oder lineare Arbeitslinie definiert werden (Neu, Neu aus Vorlage, Bearbeiten, Löschen, Als Vorlage speichern).



Schöck Combar®

Über die F5-Taste oder den Button „F5“ im (aktivierten) Eingabefeld der „Stahlgüte“ der Längs- und Bügelbewehrung kann die Bewehrung neu definiert oder eine vorhandene bearbeitet/gelöscht werden (COMBAR: Neu, Bearbeiten, Löschen).

Nach Definition einer Combarbewehrung werden zusätzliche Optionen eingeblendet:

Kurzzeitbelastung — Gibt an, ob Combar Bewehrung für eine Kurzzeitbelastung von 5 Jahren berechnet werden soll. ZiE erforderlich.

Querkraftnachweis … — Gibt an, ob beim Querkraftnachweis die rechnerisch erforderliche Schubbewehrung berücksichtigt werden soll. ZiE erforderlich.

Stahlgüte	Combar Längsbewehrung 1
Stahlgüte Bügelbewehrung	B500A
Combar: Kurzzeitbelastung	☑
Combar: Querkraftnachweis mit Schubbewehrung	☑

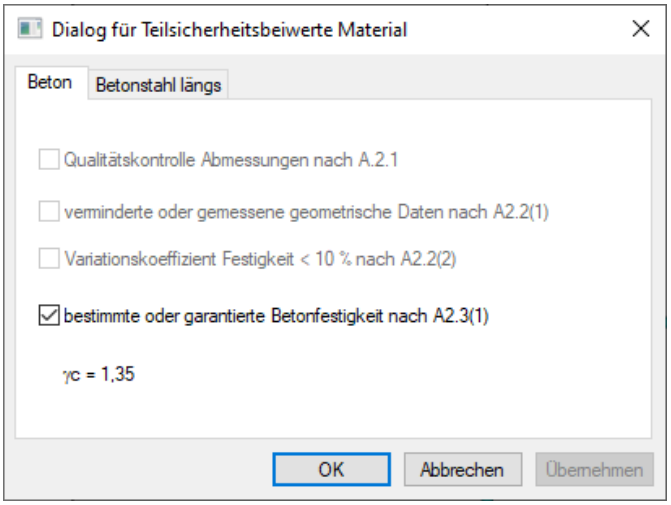
Für weitere Informationen zur Eingabe und Berechnung von Schöck Combar® siehe Handbuch B2 – Schöck Combar®-Bewehrung.

Fertigteil - Teilsicherheitsbeiwerte Beton und Betonstahl

Für Fertigteile, die einer speziellen Qualitätskontrolle unterliegen, können entsprechend EN, Anhang A reduzierte Teilsicherheitsbeiwerte berücksichtigt werden.

Fertigteil	☑
Fertigteil - Kennwerte	γC = 1,50, γS = 1,15

Nach Aktivierung der Option **„Fertigteil“** kann der Dialog zur Auswahl fertigteilspezifischer Teilsicherheitsbeiwerte geöffnet werden.



Dauerhaftigkeit

Dauerhaftigkeit, Kriechen und Schwinden

Über den Button öffnet sich ein Dialog, in dem Anforderungen an die Dauerhaftigkeit und zum Kriech- und Schwindverhalten des Bauteils definiert werden können.
→ Siehe hierzu Dokument Dauerhaftigkeit, Kriechzahl und Schwindmaß

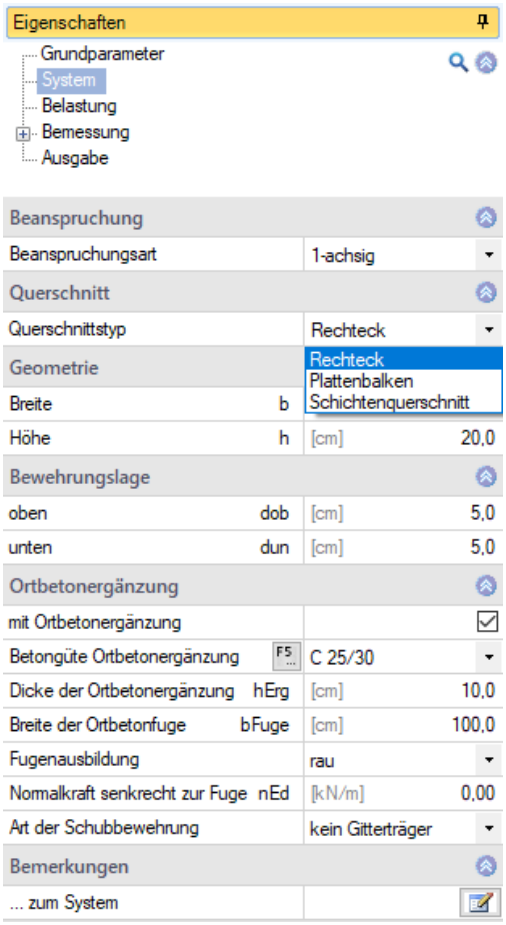
System

Beanspruchung

Auswahl zwischen ein- und zweiachsiger Beanspruchung.

- 1-achsig: Rechteck, Plattenbalken, Schichtenquerschnitt
- 2-achsig: Rechteck/Hohlkasten, Kreis/Kreisring

Siehe auch Anwendungsmöglichkeiten, Tabelle 1.



Querschnitt

Auswahl des Querschnittstyps – siehe auch „Geometrie“.

1-achsig

Rechteck

Plattenbalken

Schichtenquerschnitt

2-achsig

Kreis bzw.Kreisring

Rechteck bzw. Rechteck mit Aussparung

Geometrie

Je nach gewähltem Querschnittstyp werden die passenden Parameter (Breite, Höhe …) zur Eingabe eingeblendet.

Rechteck 1-achsig / Plattenbalken

b Breite (≥ 10 cm)

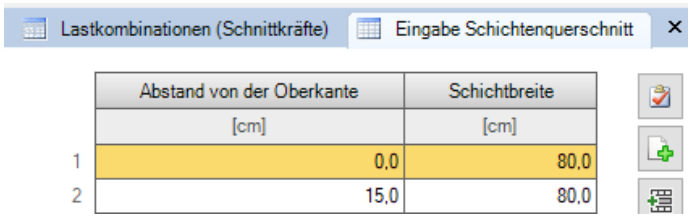
h Höhe (≥ 10 cm)

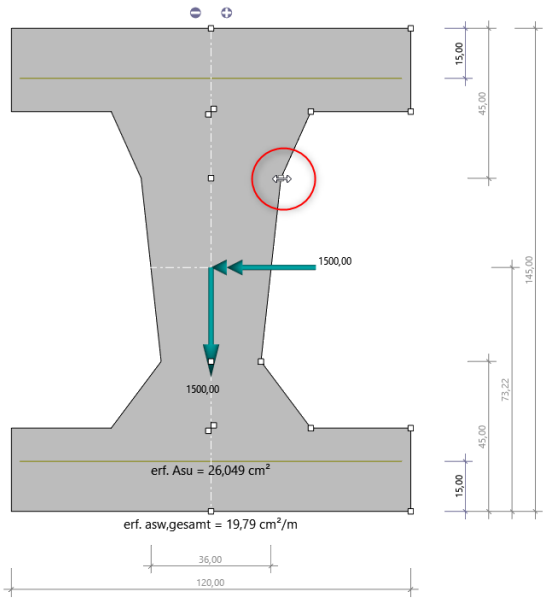
Schichtenquerschnitt

Es können beliebige einfachsymmetrische Querschnitte eingegeben werden. Jede Schicht hat einen Abstand von der Bauteiloberkante und eine Breite. Der Abstand der ersten Schicht von der Bauteiloberkante ist entsprechend mit „0“ belegt.

Die Eingabe der Schichten erfolgt tabellarisch über das Register „Eingabe Schichtenquerschnitt“ unter der Grafik:

Über das -Symbol erzeugen Sie für jede Schicht einen neuen Eintrag (eine neue Tabellenzeile). Siehe auch Tabelleneingabe in den Bedienungsgrundlagen.





Tipp: Editieren Sie die Maße direkt in der interaktiven Grafik an den Markierungspunkten (Abb. rechts).

Kreis / Kreisring

da Außendurchmesser (≥ 10 cm)

di Innendurchmesser (≤ da – 12 cm, Vollkreis: di = 0)

Rechteck 2-achsig

b Breite (≥ 10 cm)

h Höhe (≥ 10 cm)

bi Breite der Aussparung (≤ b – 10 cm, Vollquerschnitt: bi = 0)

hi Höhe der Aussparung (≤ h – 10 cm, Vollquerschnitt: hi = 0)

Bewehrungslage

Rechteck 1-achsig / Plattenbalken / Schichtenquerschnitt

dob Abstand des Schwerpunktes der oberen Bewehrung vom oberen Querschnittsrand (bei einer Ortbetonergänzung: Oberkante Ortbetonergänzung).

dun Abstand des Schwerpunktes der unteren Bewehrung vom unteren Querschnittsrand.

Kreisquerschnitt

d1 Abstand des Schwerpunktes der Bewehrung vom Außenrand.

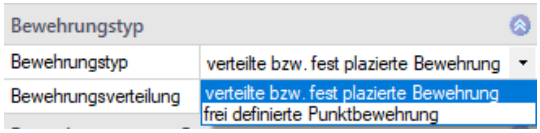
Rechteckquerschnitt, 2-achsig

d1 Abstand des Schwerpunktes der oberen bzw. unteren Bewehrung vom oberen bzw. unteren Querschnittsrand.

b1 Abstand des Schwerpunktes der Bewehrung auf der rechten bzw. linken Seite vom rechten bzw. linken Querschnittsrand.

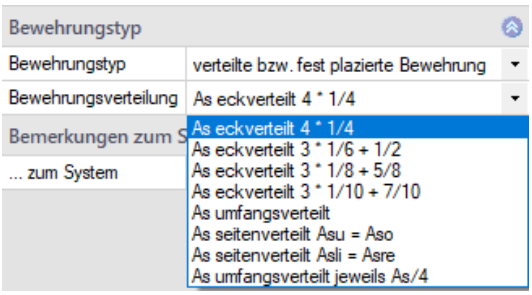
Bewehrungstyp

Für 2-achsige Beanspruchung ist die Bemessung von Rechteck- und Kreisquerschnitten unter Berücksichtigung exakter Bewehrungsanordnung möglich (Einbindung Bewehrungsdialog).



Fest platzierte Bewehrung - Rechteckquerschnitt, 2-achsig

As eckverteilt Der Gesamtbewehrungsgehalt wird entsprechend des gewählten Verhältnisses (siehe Auswahlliste rechts) in den Ecken des Querschnitts angeordnet. Die Anordnung erfolgt für jede Lastkombination einzeln. Damit kann sich die Lage des maximalen Bewehrungsstranges zwischen den Lastkombinationen unterscheiden.



As umfangverteilt Einheitlicher Bewehrungsgehalt über den Umfang u (u im Abstand von b1/d1 von der Bauteiloberfläche).

As seitenverteilt Asu = Aso Einheitlicher Bewehrungsgehalt über die Länge l (l im Abstand von d1 von der Bauteilober-/unterseite mit l = b – 2 b1).

As seitenverteilt Asli = Asre Einheitlicher Bewehrungsgehalt über die Länge l (l im Abstand von b1 von der Bauteilseite mit l = h – 2 d1).

As umfangsverteilt jeweils As/4 Einheitlicher Gesamtbewehrungsgehalt je Bauteilseite.

Fest platzierte Bewehrung - Kreisquerschnitt, 2-achsig

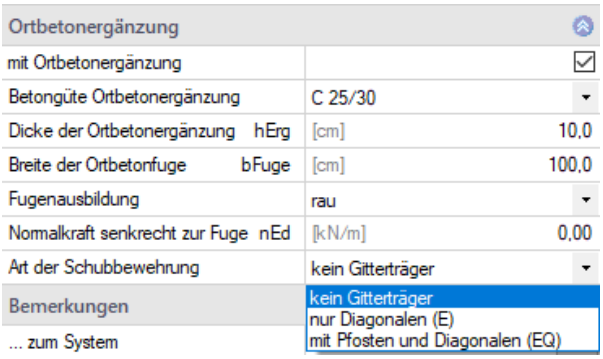
As umfangverteilt Einheitlicher Bewehrungsgehalt über den Umfang u (u im Abstand von d1 von der Bauteiloberfläche).

Frei definierte Punktbewehrung

Klicken Sie auf den Editierbutton, um den Bewehrungsdialog zur Eingabe der Punktbewehrung aufzurufen.

Ortbetonergänzung

Ortbetonergänzungen können für die einachsigen Querschnittstypen Rechteck-, Plattenbalken- und Schichtenquerschnitt eingegeben werden. Nach Aktivierung der Option „**mit Ortbetonergänzung**“ können Sie die Eigenschaften der Ortbetonergänzung definieren



Betongüte Auswahl der Betongüte für Normal- und Leichtbeton der Ortbetonergänzung bei Halbfertigteilen. Über die **F5-Taste** können in einem weiteren Dialog benutzerdefinierte Kennwerte nach den Formeln des EC2 oder aus tabellierten Werten ermittelt werden. Auch eine freie Eingabe ist möglich. Es kann ein Name vergeben werden und das Material kann gespeichert werden.

hErg Dicke (Höhe) der Ortbetonschicht

Rechteckquerschnitt: $3cm \le h_{Erg} \le h - 5\ cm$

Plattenbalkenquerschnitt: $h_{Erg} \le d_o$ bzw. wenn $d_o = 0$, dann $h_{Erg} \le h - d_u$

Schichtenquerschnitt: $h_{Erg} \le$ Dicke der 1. Schicht

bFuge Breite der Ortbetonfuge.
Standardmäßig wird die Breite des Querschnitts auf Höhe der Fuge als Fugenbreite gesetzt. Manuell ist eine geringere Fugenbreite definierbar (z.B., wenn durch eine Fertigteilschalung die Breite reduziert ist).

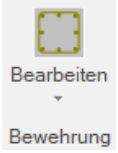
Fugenausbildung Oberflächenkategorien nach EN, 6.2.5 (2). Siehe NA für weiterführende Regelungen.

- **Sehr glatt** gegen Stahl, Kunststoff oder glatte Holzschalung betoniert.
- **Glatt** Oberfläche abgezogen oder im Gleit- bzw. Extruderverfahren hergestellt oder unbehandelt.
- **Rau** Korngerüst ≥ 3 mm freigelegt (erzeugt durch Rechen mit ca. 40 mm Abstand Zinkenabstand, Freilegen der Gesteinskörnungen oder andere Methoden, die ein äquivalentes Verhalten herbeiführen).
- **Verzahnt** Ausbildung der Verzahnung entsprechend EN, Bild 6.9.

nEd Unterer Bemessungswert der Normalkraft senkrecht zur Fuge je Längeneinheit, Druck negativ.
Im Falle eines Überzuges (Plattenbalkenquerschnitt mit Platte unten) und $n_{Ed} = 0$ wird auf der sicheren Seite liegend angenommen, dass die Fuge senkrecht unter Zug steht und somit der Haftverbundanteil der Fugentragfähigkeit nicht berücksichtigt werden darf ($v_{Rdi0} = 0\ kN/m^2$).

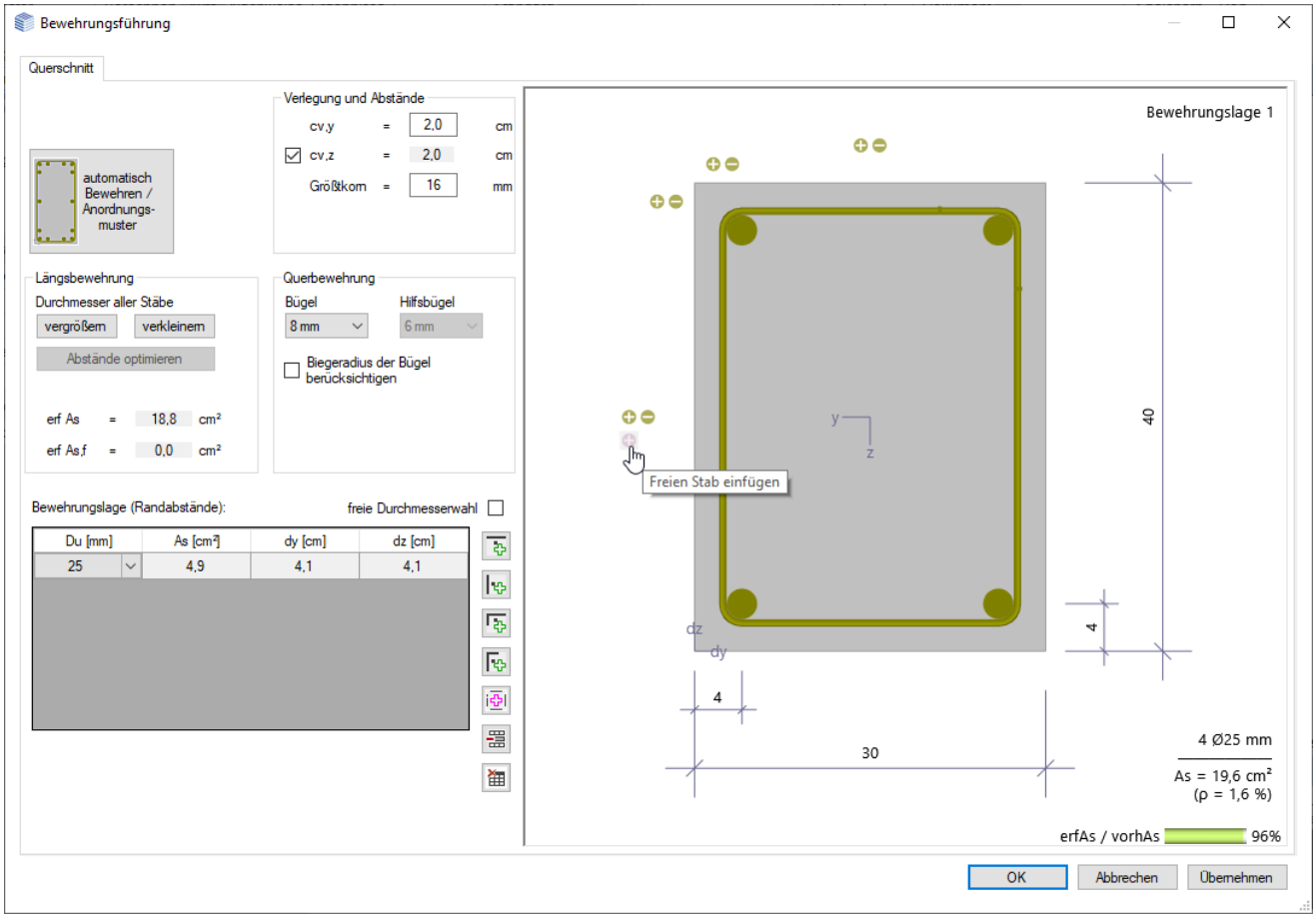
Art der Schubbewehrung

Gitterträger in Elementdecken als Fugenbewehrung für NA-D.
Bei der Bemessung nach NA-D können für Platten (der Rechteckquerschnitt muss b/h ≥ 5 sein oder die Option „Schubbemessung wie Platte“ ist aktiviert) Gitterträger als Fugenbewehrung ausgewählt werden. Die Bemessung basiert auf den Angaben mehrerer allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassungen für Gitterträger (siehe /67/ bis /72/).
Erläuterungen zum Nachweis finden Sie im Kapitel „Schubbemessung für Elementdecken mit Gitterträgern“ des Dokuments „Nachweise am Stahlbeton-Querschnitt“.



Bewehrungsführung manuell

Über das Bewehrungs-Icon öffnen Sie den Bewehrungsführungsdialog zur Erstellung bzw. Bearbeitung der Bewehrung. Hier geben Sie die Bewehrungsparameter wie Längs- und Querbewehrung, Abstände/Lage usw. ein.



automatisch Bewehren/Anordnungsmuster

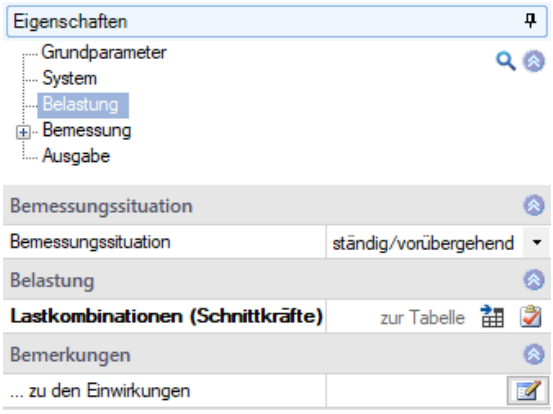
Öffnet den Dialog für die Auswahl der Bewehrungsanordnung – die Auswahloptionen sind grafisch selbsterklärend.
Im rechten Dialogbereich wählen Sie die Durchmesser der Längsstäbe und Bügel sowie das Größtkorn.
Erf. As und vorh. As werden angezeigt.

Bewehrungslage

Klicken Sie hier, um die zu bearbeitende Bewehrungsreihe auszuwählen. Über die „+“ bzw. „-“ Symbole können Sie Stäbe hinzufügen (Tooltip beachten). Mit Rechtsklick auf einen Stab kann der Durchmesser vergrößert/verkleinert werden.

Belastung

Bemessungssituation



Auswahl der Bemessungssituation:

- ständig/vorübergehend
- außergewöhnlich
- Erdbeben

Durch die Auswahl werden die Materialteilsicherheitsbeiwerte entsprechend der gewählten Bemessungssituation zugeordnet (siehe Kapitel „Bemessungsgrundlagen“ im Dokument „Nachweise am Stahlbeton-Querschnitt“).

Belastung (Eingabe für die Bemessung)

Entsprechend der gewählten Beanspruchungsart werden die Schnittkraftkomponenten für eine ein- bzw. zweiachsige Beanspruchung aktiviert. Jede Schnittkraftkombination ist einzeln aktivierbar bzw. deaktivierbar (Option **„Lk berechnen“**).
Die Eingabe der Schnittkräfte erfolgt über das Register „Lastkombinationen (Schnittkräfte)“ (unter der Grafik).

Über das -Symbol erzeugen Sie für jede Schicht einen neuen Eintrag (eine neue Tabellenzeile).

Lastkombinationen (Schnittkräfte)

	Schnittkräfte aus Bemessungs-Lk (GZT)						Schnittkräfte aus seltener Lk			Schnittkräfte aus quasiständiger Lk			Sonstiges
	Nx,Ed	My,Ed	Mz,Ed	Vz,Ed	Vy,Ed	Tx,Ed	Nx,seltLk	My,seltLk	Mz,seltLk	Nx,quasistLk	My,quasistLk	Mz,quasistLk	Lk berechnen
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
1	-50,0	150,00	0,00	125,0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	☑

Schnittkräfte aus Bemessungs-Lk

Die folgenden Bemessungslasten werden bei der Biege-, Querkraft-, Schubfugen- und Torsionsbemessung herangezogen.

Nx,Ed Bemessungsnormalkraft (Druckkraft negativ)
My,Ed Bemessungsmoment um y-Achse
Mz,Ed Bemessungsmoment um z-Achse
Vy,Ed Bemessungsquerkraft in y-Richtung
Vz,Ed Bemessungsquerkraft in z-Richtung
Tx,Ed Bemessungstorsionsmoment

Schnittkräfte aus seltener Lk

Die folgenden Bemessungslasten werden für den Spannungsnachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit herangezogen.

Nx,seltLk Normalkraft aus seltener Lastkombination (Druckkraft negativ)
My,seltLk Moment um die y-Achse aus seltener Lastkombination
Mz,seltLk Moment um die z-Achse aus seltener Lastkombination

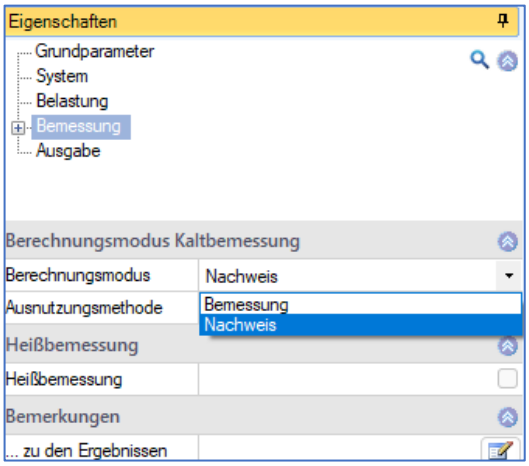
Schnittkräfte aus quasiständiger Lk (= Schnittkräfte aus Riss-Lk)

Die folgenden Bemessungslasten werden für den Spannungsnachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sowie für den Rissbreitennachweis herangezogen.

Nx,quasstLk Normalkraft aus quasi-ständiger Lastkombination (Druckkraft negativ)
My,quasstLk Moment um die y-Achse aus quasi-ständiger Lastkombination
Mz,quasstLk Moment um die z-Achse aus quasi-ständiger Lastkombination

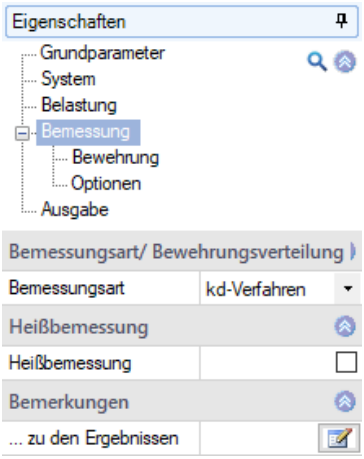
Berechnungsmodus für Biegung mit Längskraft

Über eine Auswahlbox im Knoten „Bemessung“ des FDC kann als Berechnungsmodus neben der Bemessung einer erforderlichen Bewehrung auch der „Nachweis der Tragfähigkeit“ für eine gewählte Bewehrung eingestellt werden.



Bemessung

Bemessungsart / Bewehrungsverteilung



Für 1-achsig beanspruchte Querschnitte

kd-Verfahren

Siehe auch Bemessung nach Kd-Verfahren im Dokument „Nachweise am Stahlbeton-Querschnitt“.

Bewehrungsverteilung

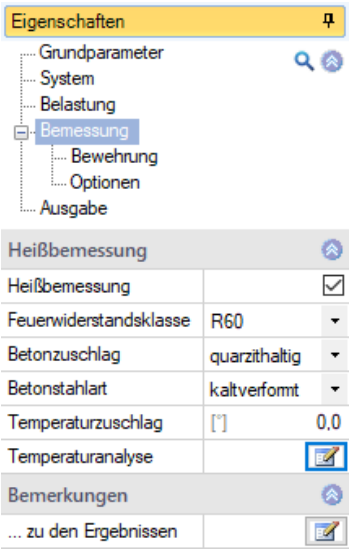
As2 / As1 = 1 / 3 / 5 / 7

Der höhere Bewehrungsgehalt wird auf der stärker zugbeanspruchten Bauteilseite angeordnet.
Siehe auch Bemessung für gegebenes Bewehrungsverhältnis im Dokument „Nachweise am Stahlbeton-Querschnitt“.

Für 2-achsige Beanspruchung

Siehe Kapitel Bewehrungstyp.

Heißbemessung



Die Berechnung ist nur bei lizenziertem Zusatzmodul B2-POLY (polygonale Ergänzung und Temperaturanalyse zu B2) verfügbar!
Markieren Sie die Option, um die entsprechenden Eingabefelder einzublenden.

Der Nachweis der Tragfähigkeit im Brandfall kann für die Querschnittstypen Rechteck und Kreis mit allgemeiner Punktbewehrung geführt werden. Berücksichtigt wird das nichtlineare temperaturabhängige Materialverhalten, wobei die Temperaturverteilung innerhalb des Querschnitts in Abhängigkeit der Branddauer mittels thermischer FEM-Analyse bestimmt wird.

Feuerwiderstandsklasse Auswahl aus R30 bis 240 oder freie Vorgabe (die freie Vorgabe der Branddauer erfolgt im Dialog Temperaturanalyse).

Betonzuschlag Beeinflusst die thermischen Dehnungen (/42/ Bild 3.1) und die Spannungsdehnungslinie des Betons (/42/ Bild 3.5).
Voreinstellung: quarzithaltige Zuschlagstoffe; die Berücksichtigung günstigerer kalksteinhaltiger Zuschlagstoffe muss vom Anwender explizit ausgewählt werden.

Betonstahlart Beeinflusst die Spannungsdehnungslinie des Stahls (/42/ Bild 3.3).
Voreinstellung: kaltverformter Stahl; der günstigere warmgewalzte Stahl muss vom Anwender explizit ausgewählt werden.

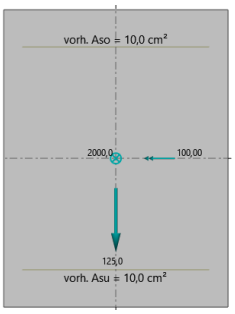
Temperaturzuschlag Der definierte Temperaturzuschlag wird an jedem Punkt im Querschnitt der berechneten Temperatur hinzuaddiert.
Hinweis: Nicht erforderlich bei Temperaturanalyse mit dem FEM Programm TA. Zur Reduzierung des Fehlers, der bei der Übertragung der an Querschnitten mit h= 30 cm ermittelten Temperaturprofile auf größere oder kleinere Querschnitte auftritt, ist ein positiver (h < 30 cm) oder negativer (h > 30 cm) Temperaturzuschlag einzugeben.

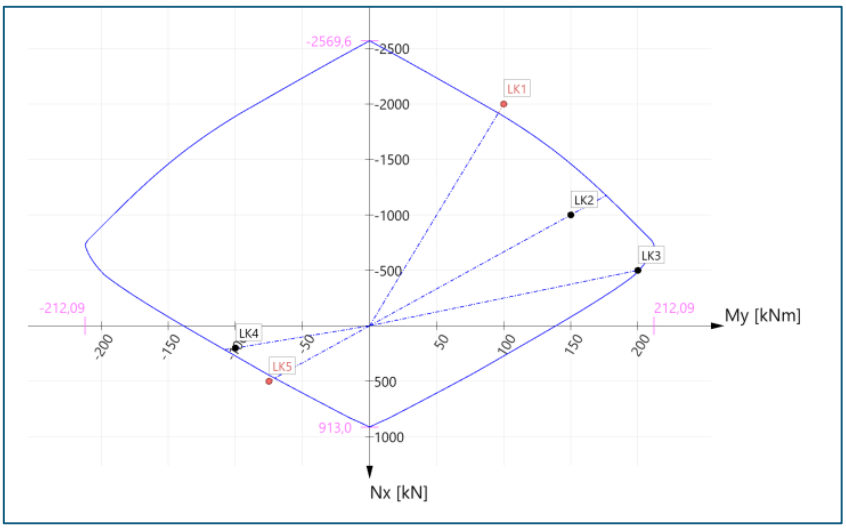
Temperaturanalyse Öffnet den Dialog zur FEM basierten Temperaturanalyse. Siehe hierzu FRILO-Programm Temperaturanalyse TA.

Nachweis der Tragfähigkeit

Einachsige Beanspruchung

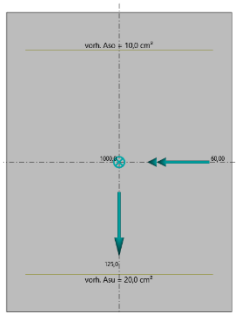
Die Tragfähigkeit eines mindestens einachsig symmetrischen Querschnittes wird durch seine „N_{Rd}- M_{Rd}-Kurve“ definiert, im Folgendem Tragfähigkeitskurve genannt.
Dabei wird die Längskraft zwischen den maximal aufnehmbaren Längskräften unter Zug und Druck variiert und jeweils das aufnehmbare positive und negative Moment M_{Rd} bestimmt. Liegt der Beanspruchungspunkt P_{Ed} (M_{Ed}, N_{Ed}) innerhalb der Kurve, ist die Tragfähigkeit des Querschnittes ausreichend, P_{Ed} ist schwarz markiert. Liegt er außerhalb der Kurve, ist die Tragfähigkeit des Querschnittes zu klein, P_{Ed} ist rot markiert.
Eine Erhöhung der Tragfähigkeit ohne Querschnitt und Betonklasse zu ändern ist durch eine Erhöhung der Bewehrung möglich.

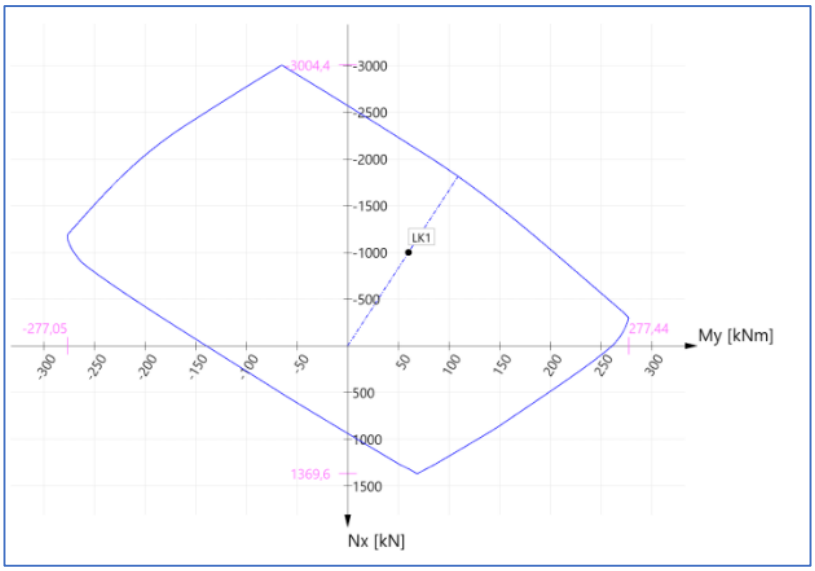


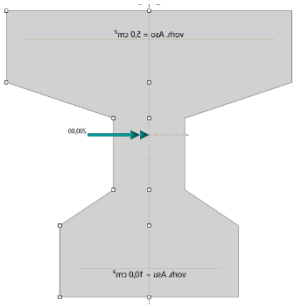


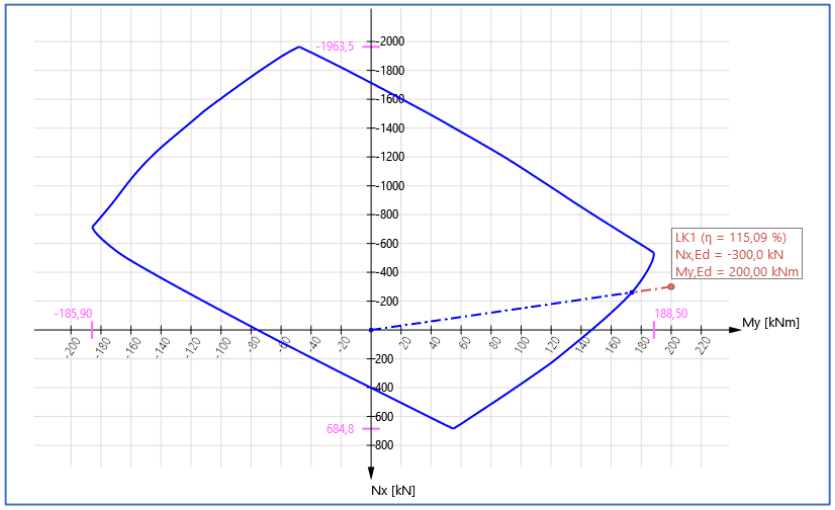
Für doppelt symmetrische Querschnitte und Bewehrung ergibt sich eine bezüglich der N-Achse symmetrischen Tragfähigkeitskurve mit den extremen Längskräften bei M=0.

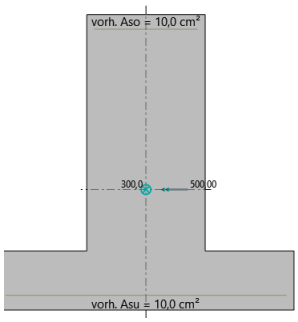
Sind Querschnitt oder die Bewehrung nicht doppeltsymmetrisch, entsteht eine verzerrte Kurve und die extremen Längskräfte stellen sich bei Momenten M < >0 ein.
Ist die Bewehrung unten größer oder der Schwerpunkt des Querschnittes nach oben verschoben, ist die maximale Druckkraft mit einem negativen Moment, die maximale Zugkraft mit einem positiven Moment verknüpft, andernfalls genau umgekehrt.

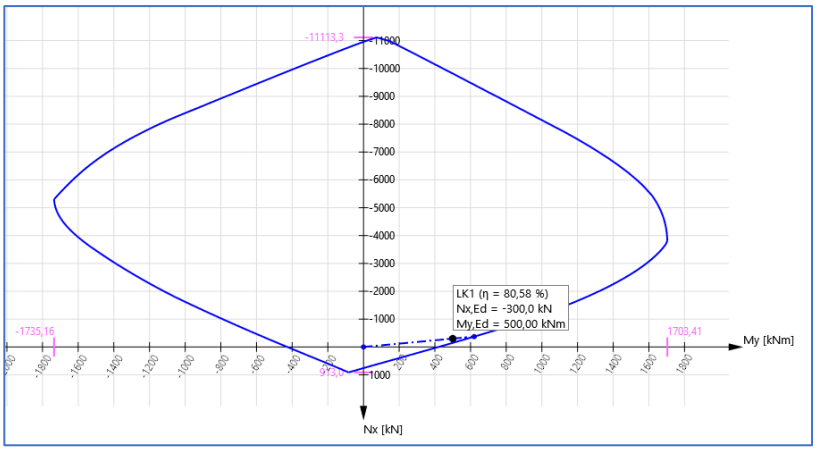




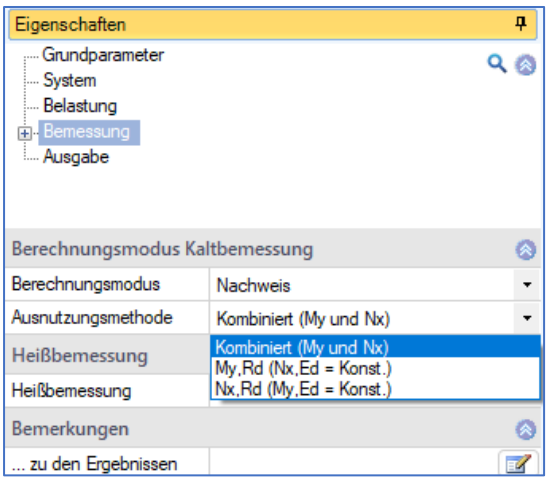




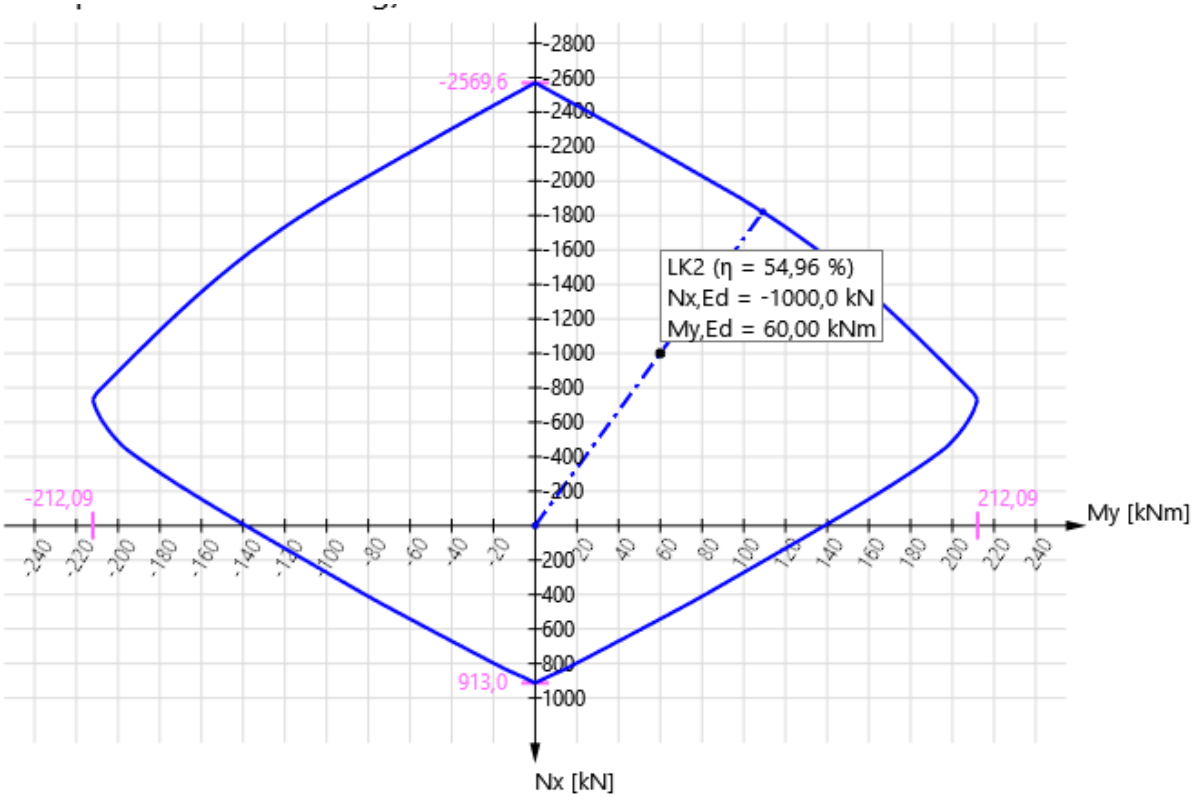




Über eine Auswahlbox im Knoten Bemessung des FDC sind 3 Methoden für die Ermittlung der Ausnutzung auswählbar, bei denen entweder alle Schnittkraftkomponenten oder jeweils nur das Moment oder nur die Normalkraft extrapoliert werden.
Welche Methode in Frage kommt, hängt vom konkreten Problem ab, das betrachtet wird. Die Extrapolation für Moment und Normalkraft ist z.B. typisch für Stützen, bei denen die Normalkraft bei gleichbleibender Exzentrizität gesteigert wird. Die Extrapolation nur für ein Moment ist z.B. sinnvoll, wenn man die Tragreserven für einen Spannbetonquerschnitt mit konstanter Vorspannkraft unter-sucht. Die ermittelten Werte können sehr unterschiedlich sein, eine Überschreitung der Tragfähigkeit kann aber unabhängig von der Variante eindeutig festgestellt werden.



Extrapolation von Normalkraft und Biegemoment



Die Ausnutzung der Tragfähigkeit ergibt sich aus dem Verhältnis der Streckenlänge für die Beanspruchung L_{Ed} {P_0, P_{Ed}} zur Streckenlänge für die Tragfähigkeit L_{Rd} {P_0, P_{Rd}}
Der Beanspruchungsursprung P_0 liegt im Koordinatenursprung. Von den prinzipiell 2 Lösungen wird die maßgebend, die im Quadranten der Beanspruchung liegt.

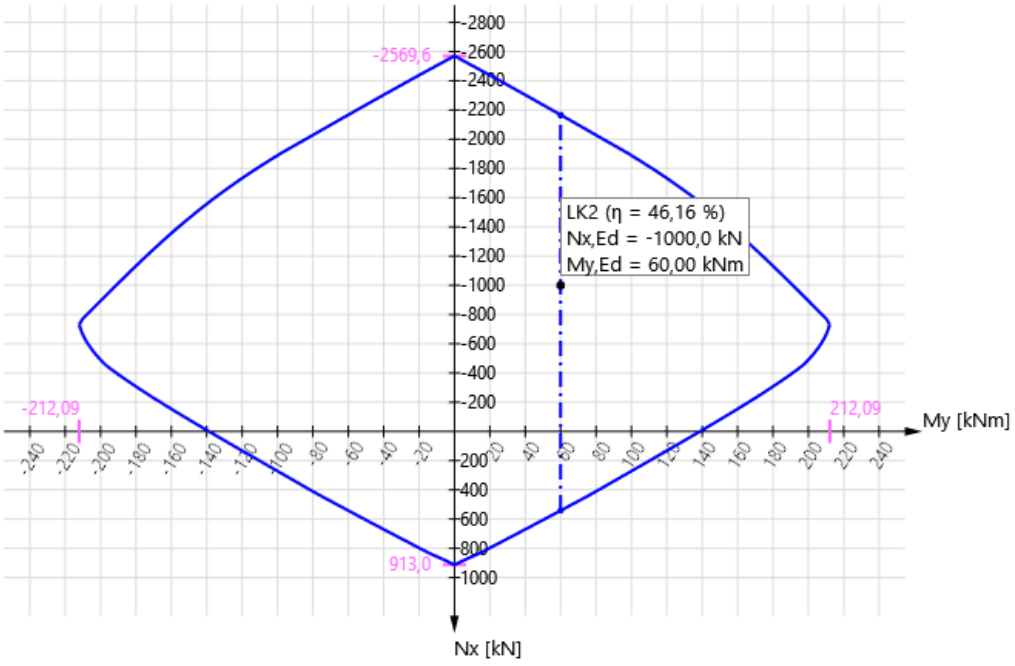
$$Ausn = \frac{\sqrt[2]{N_{Ed}{}^2 + M_{Edy}{}^2}}{\sqrt[2]{N_{Rd}{}^2 + M_{Rdy}{}^2}}$$

Nachweis Biegetragfähigkeit

Ausnutzungsmethode M-N Diagramm Kombiniert (My und Nx)
vorh. Bewehrung vorh. A_{su} = 10.0 cm² vorh. A_{so} = 10.0 cm²

Lk Nr. [-]	$N_{x,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$\varepsilon_{1,Ed}$ [‰]	$\varepsilon_{2s,Ed}$ [‰]	ε_1 [‰]	ε_{2s} [‰]	x/d [-]	z/d [-]	$M_{y,Rd}$ [kNm]	$N_{x,Rd}$ [kN]	η [-]
2	-1000.0	60.00	-1.026	-0.199	-3.500	-0.311	0.708	0.757	109.17	-1819.5	0.55

Option ausschließliche Extrapolation der Normalkraft



Die Die Ausnutzung ergibt sich aus dem Verhältnis von vorhandener zu aufnehmbarer Längskraft. Der Beanspruchungsursprung P_0 liegt bei M_y=M_{Edy} und N=0. Von den prinzipiell 2 Lösungen wird die maßgebend, die im Quadranten der Beanspruchung liegt.

$$Ausn = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$$

Nachweis Biegetragfähigkeit

Ausnutzungsmethode M-N Diagramm Nx,Rd (My,Ed = Konst.)
vorh. Bewehrung vorh. A_{su} = 10.0 cm² vorh. A_{so} = 10.0 cm²

Lk Nr. [-]	$N_{x,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$\varepsilon_{1,Ed}$ [‰]	$\varepsilon_{2s,Ed}$ [‰]	ε_1 [‰]	ε_{2s} [‰]	x/d [-]	z/d [-]	$N_{x,Rd}$ [kN]	η [-]
1	-1000.0	60.00	-1.026	-0.199	-3.147	-0.916	0.708	0.757	-2166.5	0.46

Sonderfall: beide Tragfähigkeitspunkte befinden sich im selben Quadranten wie der Beanspruchungspunkt:

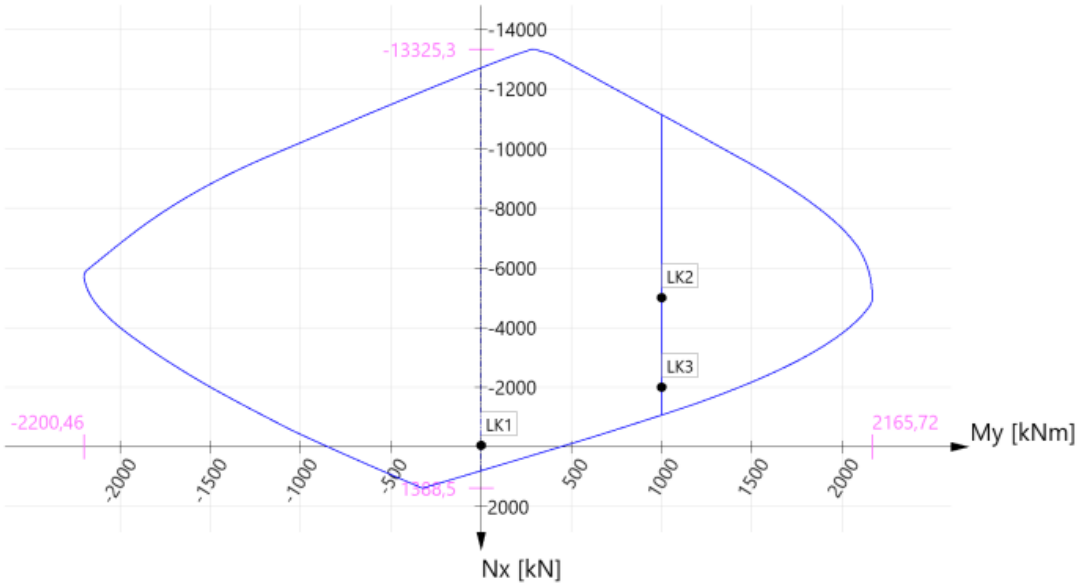
$$Ausn = max\left\{\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,max}} \middle| \frac{N_{Rd,min}}{N_{Ed}}\right\}$$

Nachweis Biegetragfähigkeit

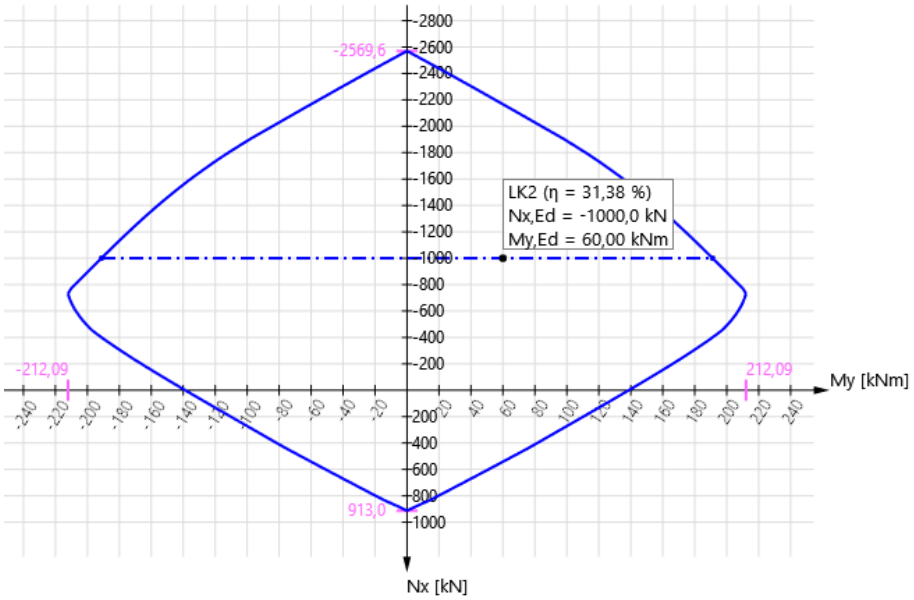
Ausnutzungsmethode M-N Diagramm Nx,Rd (My,Ed = Konst.)
vorh. Bewehrung vorh. A_{su} = 10.2 cm² vorh. A_{so} = 19.6 cm²

Lk Nr. [-]	$N_{x,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$\varepsilon_{1,Ed}$ [‰]	$\varepsilon_{2s,Ed}$ [‰]	ε_1 [‰]	ε_{2s} [‰]	x/d [-]	z/d [-]	$N_{x,Rd}$ [kN]	η [-]
1	-50.0	0.00	-0.004	-0.004	-2.080	-1.321	0.059	0.969	-12708.0	0.00
2	-5000.0	1000.00	-1.015	-0.110	-2.170	-0.553	0.635	0.769	-11136.3	0.45
3	-2000.0	1000.00	-0.919	0.806	-3.500	34.369	0.223	0.921	-1068.0	0.53

Die Ausnutzung für LK2 ergibt sich mit $N_{Rd,max}$=-11136 kN, die für LK3 mit $N_{Rd,min}$= -1068 kN.



Option ausschließliche Extrapolation des Momentes



Die Ausnutzung ergibt sich aus dem Verhältnis von vorhandenen zum aufnehmbaren Moment. Der Beanspruchungsursprung P_0 liegt bei M_y=0 und N=N_{Ed}. Von den prinzipiell 2 Lösungen wird die maßgebend, die im Quadranten der Beanspruchung liegt.

$$Ausn = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}$$

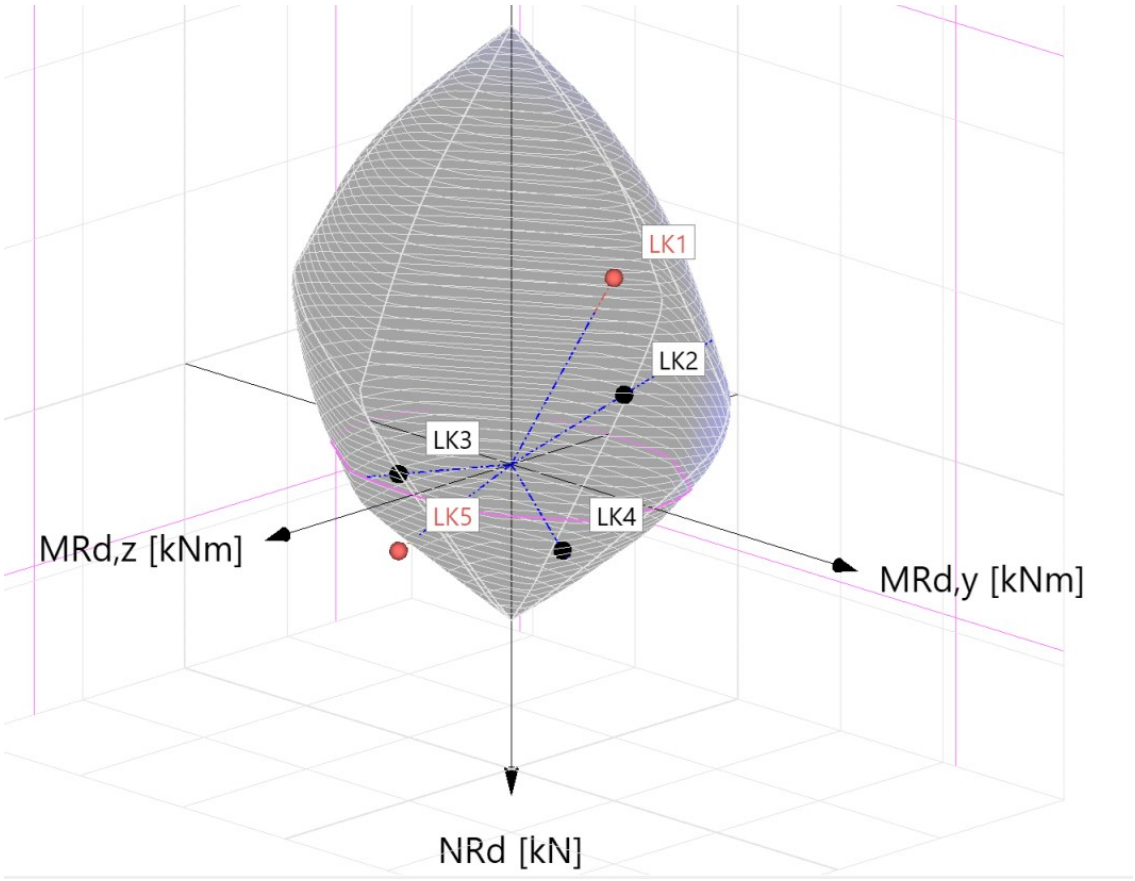
Nachweis Biegetragfähigkeit

Ausnutzungsmethode M-N Diagramm My,Rd (Nx,Ed = Konst.)
vorh. Bewehrung vorh. A_{su} = 10.0 cm² vorh. A_{so} = 10.0 cm²

Lk Nr. [-]	$N_{x,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$\varepsilon_{1,Ed}$ [‰]	$\varepsilon_{2s,Ed}$ [‰]	ε_1 [‰]	ε_{2s} [‰]	x/d [-]	z/d [-]	$M_{y,Rd}$ [kNm]	η [-]
1	-1000.0	60.00	-1.026	-0.199	-3.500	1.442	0.708	0.757	191.20	0.31

Zweiachsige Beanspruchung

Die Tragfähigkeit eines Querschnittes mit einer bestimmten Bewehrung wird durch die Hülle seines N_{Rd}-M_{Rdy}-M_{Rdz} Körpers begrenzt, im Folgenden Tragfähigkeitskörper genannt. Liegt der Beanspruchungspunkt P_{Ed} (M_{Edy}, M_{Edz}, N_{Ed}) innerhalb dieser Hülle (im Bild schwarz markiert), ist die Tragfähigkeit gegeben (Ausnutzung <= 1). Ein Beanspruchungspunkt außerhalb der Hülle ist rot markiert, da mit dieser Beanspruchung die Tragfähigkeit überschritten wird (Ausnutzung > 1). Eine Erhöhung der Tragfähigkeit ohne Querschnitt und Betonklasse zu ändern ist durch eine Erhöhung der Bewehrung möglich.

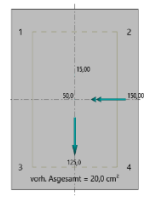
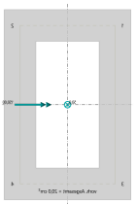
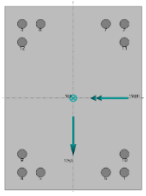


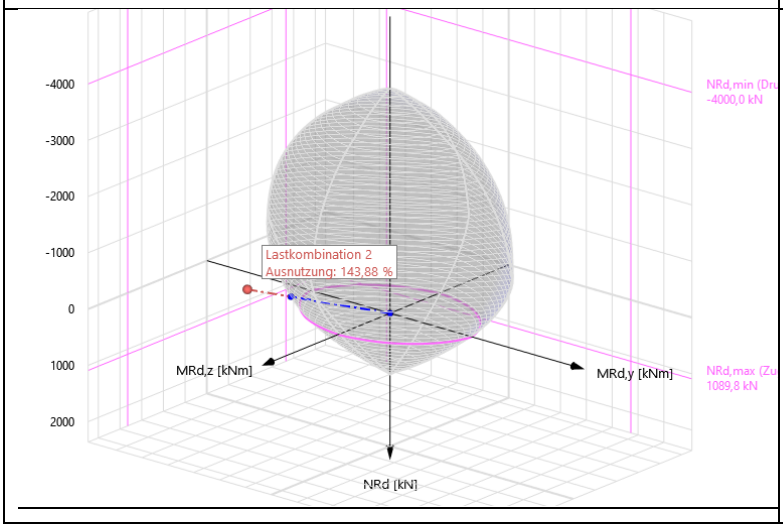
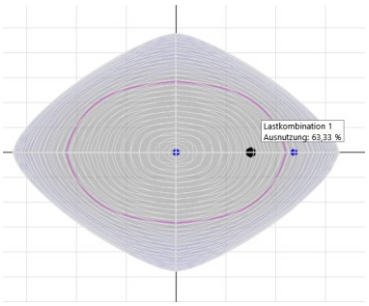
Da es keine mathematische Formulierung für die Hülle des Tragfähigkeitskörpers gibt, kann die Ausnutzung der Tragfähigkeit nicht wie im einachsigen Fall über eine Schnittpunktberechnung ermittelt werden. Ihre Ermittlung erfolgt in einem iterativen Prozess. Dabei werden die Beanspruchungskomponenten {N_{Ed}, M_{Edy}} oder {N_{Ed}, M_{Edz}} linear verändert und in der folgenden Tragfähigkeitsberechnung der dritten Komponente festgehalten, bis sich für diese $M_{Edz} \sim M_{Rdz}$ bzw. $M_{Edy} \sim M_{Rdy}$ ergibt.

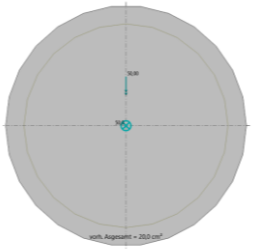
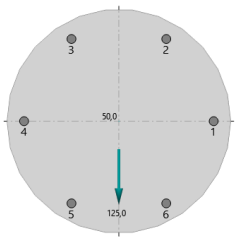
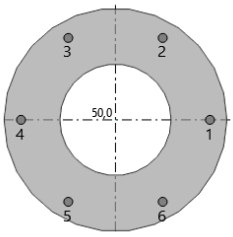
Der Tragfähigkeitskörper wird näherungsweise über ein Drahtmodell dargestellt. Dieses setzt sich aus einem N-My-Diagramm mit Mz= 0, einem N-Mz-Diagramm mit My=0 und aus einer größeren Anzahl von My-Mz-Diagrammen für Längskräfte zwischen der maximal aufnehmbaren Zug- und Druckkraft zusammen.
Zur Erzeugung eines My-Mz Diagrammes für eine gegebene Längskraft werden Tragfähigkeitsberechnungen für ein Raster {+M_{Rdy}(M_{Edz}=0); ...;-M_{Rdy}, (M_{Edz}=0)} durchgeführt und die aufnehmbaren positiven und negativen M_{Rdz} bestimmt.
Für die Erzeugung des Tragfähigkeitskörpers ist eine erheblich größere Anzahl von Tragfähigkeitsberechnungen als im einachsigen Fall erforderlich, was zu erhöhten Rechenzeiten führen kann.

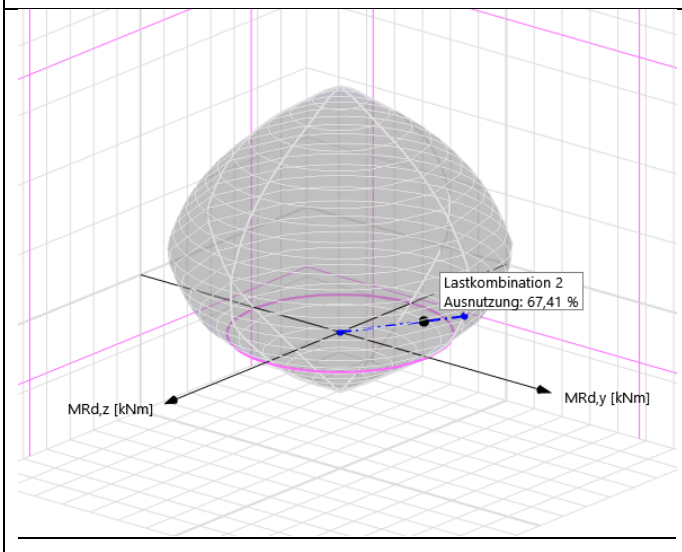
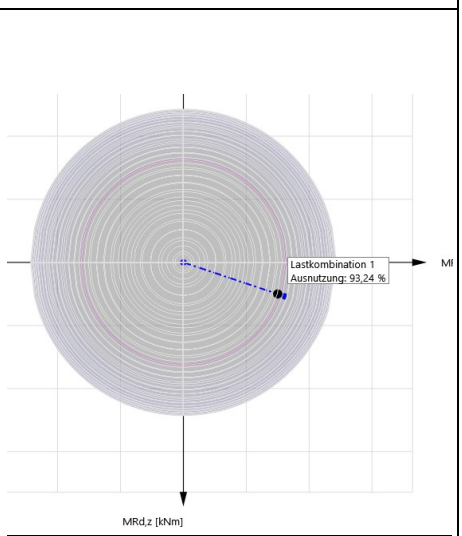
Aktuell ist die Tragfähigkeitsermittlung für zweiachsige Beanspruchungen nur für Rechteck-, Hohlkasten, Kreis- und Kreisringquerschnitte möglich.

Symmetrische Bewehrungsanordnungen:

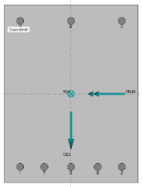
Rechteck- bzw. Hohlkastenquerschnitte mit vordefinierter Bewehrungsanordnung bzw. Punktbewehrung			

3D Darstellung	Draufsicht
	

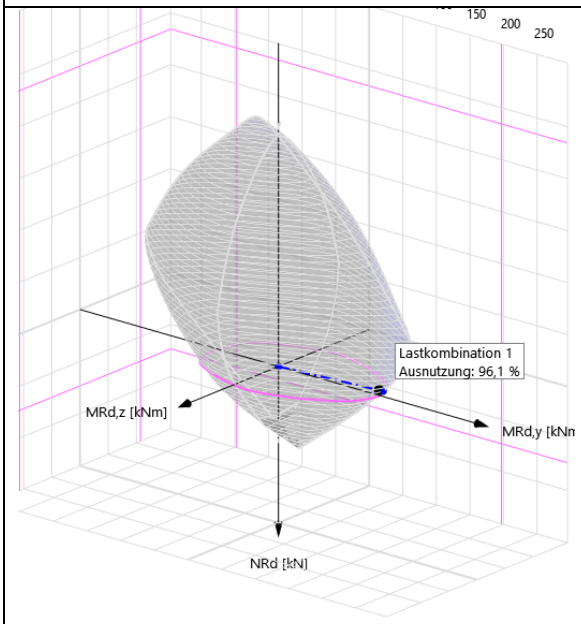
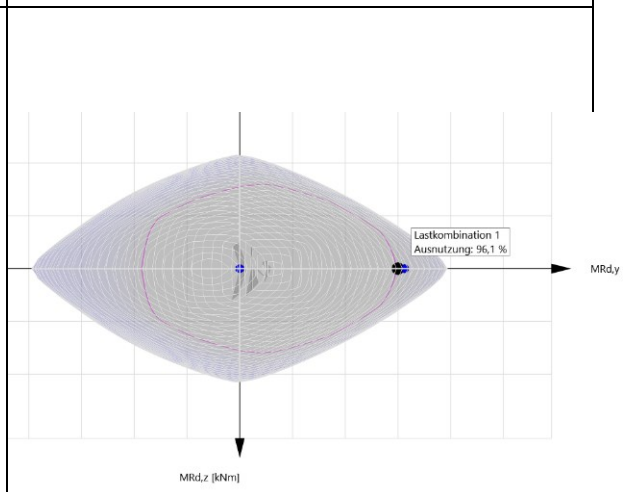
Kreis- bzw. Kreisringquerschnitte mit umfangsverteilter Bewehrung bzw. Punktbewehrung			

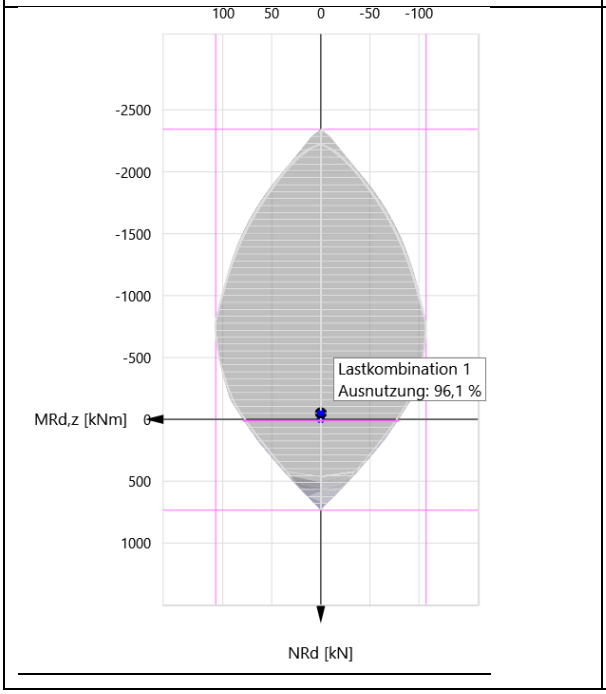
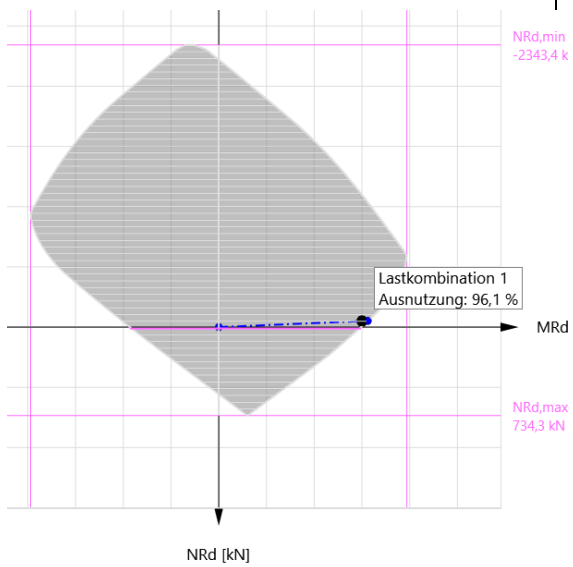
3D Darstellung	Draufsicht
	

Unsymmetrische Bewehrungsanordnung



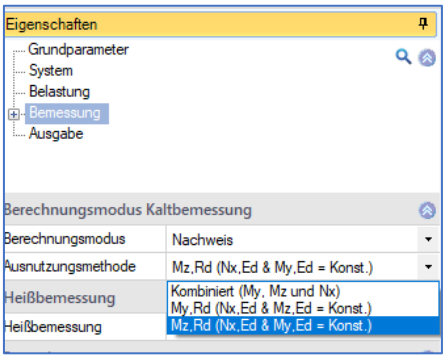
Für einen Rechteckquerschnitt mit einer bzgl. der Y-Achse unsymmetrischen Punktbewehrung ergibt sich ein bzgl. My unsymmetrischer Tragfähigkeitskörper

3D Darstellung	Draufsicht
	

Ansicht Y	Ansicht Z
	

Für in beide Richtungen unsymmetrische Bewehrungen kann aktuell nicht immer eine Lösung gefunden werden.

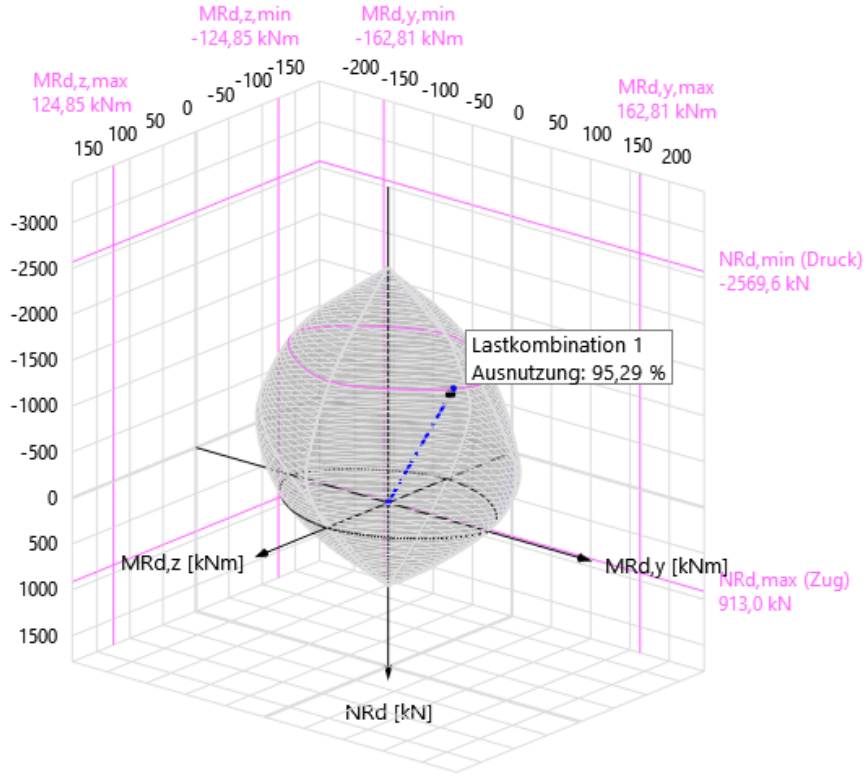
Über eine Auswahlbox im Knoten Bemessung des FDC sind 3 Methoden für die Ermittlung der Ausnutzung auswählbar, bei denen entweder alle 3 Schnittkraftkomponenten (N_x, M_y, M_z) oder jeweils nur ein Moment M_y bzw. M_z extrapoliert werden. Die ermittelten Werte können sehr unterschied-lich sein, eine Überschreitung der Tragfähigkeit kann unabhängig von der Methode eindeutig festgestellt werden.



Extrapolation von Normalkraft und Biegemomenten (Standard)

Die Ausnutzung der Tragfähigkeit ergibt sich aus dem Verhältnis der Streckenlänge für die Beanspruchung L_{Ed} {P_0, P_{Ed}} zur Streckenlänge für die Tragfähigkeit L_{Rd} {P_0, P_{Rd}}

Der Beanspruchungsursprung P_0 liegt im Koordinatenursprung. Von den prinzipiell 2 Lösungen wird die maßgebend, die im Quadranten der Beanspruchung liegt.



$$Ausn = \frac{\sqrt[2]{N_{Ed}{}^2 + M_{Edy}{}^2 + M_{Edz}{}^2}}{\sqrt[2]{N_{Rd}{}^2 + M_{Rdy}{}^2 + M_{Rdz}{}^2}}$$

Nachweis Biegetragfähigkeit

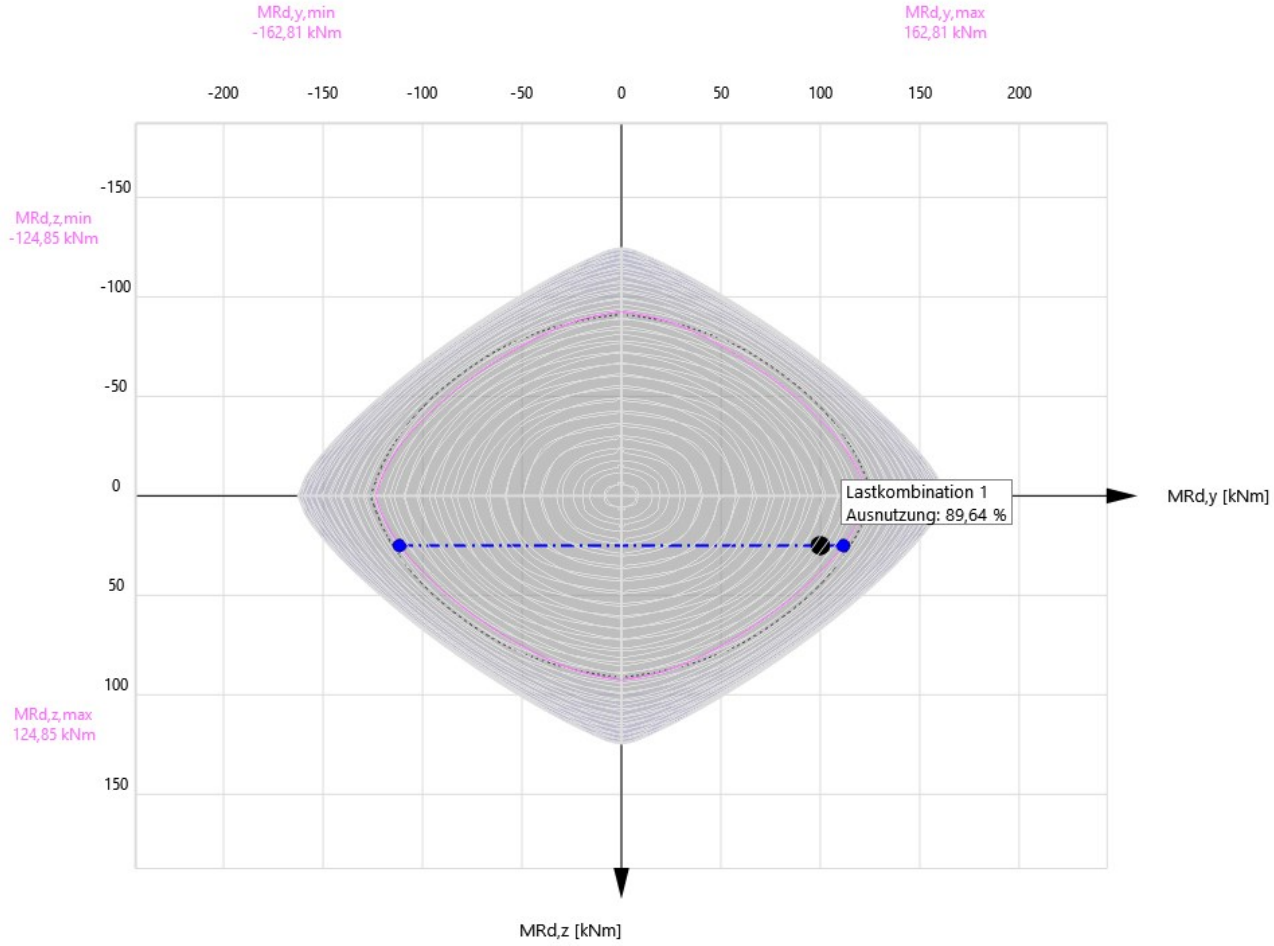
Ausnutzungsmethode M-N Diagramm Kombiniert (My, Mz und Nx)

vorh. Bewehrung vorh. $A_{sgesamt}$ = 20.0 cm²

Lk Nr. [-]	$N_{x,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	$\varepsilon_{1,Ed}$ [‰]	$\varepsilon_{2,Ed}$ [‰]	$\varepsilon_{3s,Ed}$ [‰]	ε_1 [‰]	ε_2 [‰]	ε_{3s} [‰]	z/d [-]	$M_{y,Rd}$ [kNm]	$M_{z,Rd}$ [kNm]	$N_{x,Rd}$ [kN]	η [-]
1	-1500.0	100.00	25.00	-2.887	-1.892	0.298	-3.500	-2.236	0.457	0.653	104.93	26.26	-1575.8	0.95

Option ausschließliche Extrapolation des Momentes My

Die Ausnutzung ergibt sich aus dem Verhältnis von vorhandenen zum aufnehmbaren Moment. Der Der Beanspruchungsursprung P_0 liegt bei M_y=0, M_z= M_{Edz} und N=N_{Ed}. Von den prinzipiell 2 Lösungen wird die.



$$Ausn = \frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}}$$

Nachweis Biegetragfähigkeit

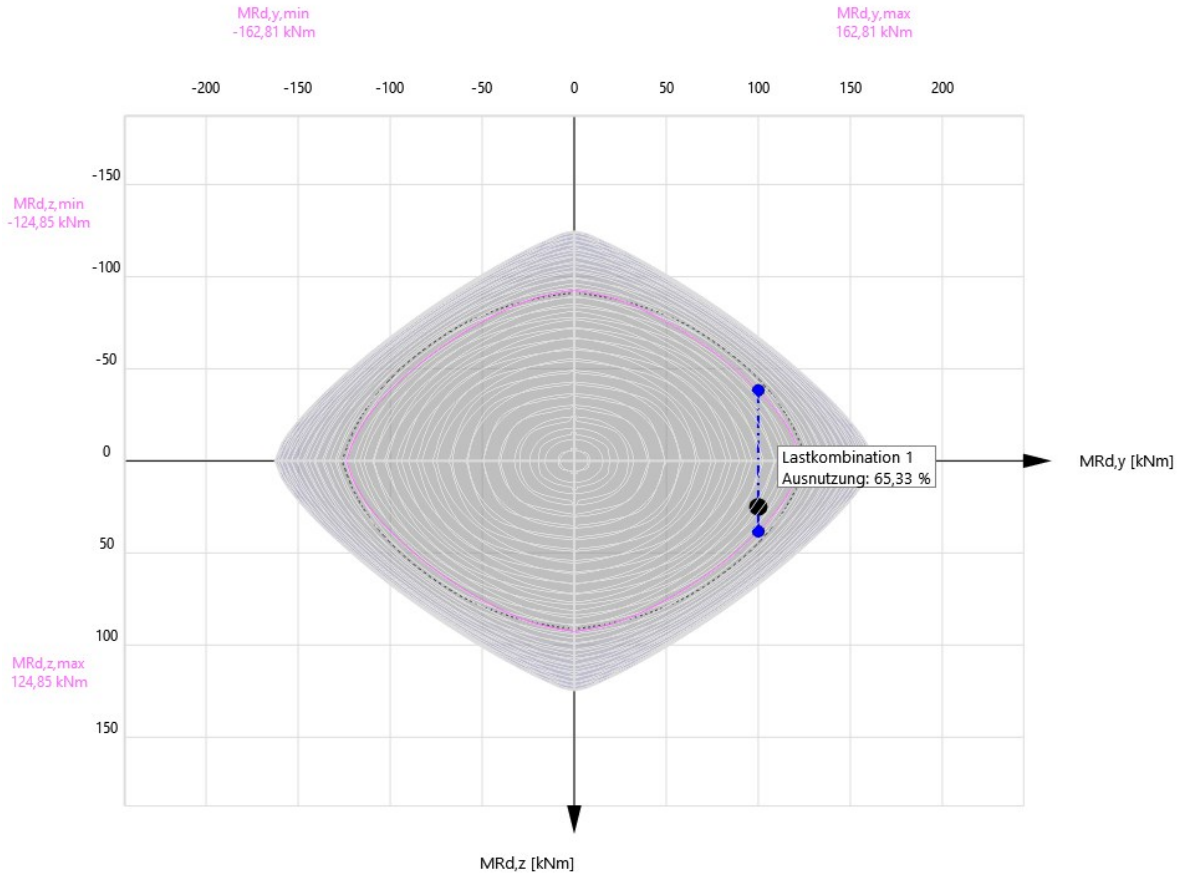
Ausnutzungsmethode M-N Diagramm My,Rd (Nx und Mz = Konst.)

vorh. Bewehrung vorh. $A_{sgesamt}$ = 20.0 cm²

Lk Nr. [-]	$N_{x,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	$\varepsilon_{1,Ed}$ [‰]	$\varepsilon_{2,Ed}$ [‰]	$\varepsilon_{3s,Ed}$ [‰]	ε_1 [‰]	ε_2 [‰]	ε_{3s} [‰]	z/d [-]	$M_{y,Rd}$ [kNm]	η [-]
1	-1500.0	100.00	25.00	-2.887	-1.892	0.298	-3.500	-2.266	0.585	0.653	111.56	0.90

Option ausschließliche Extrapolation des Momentes Mz

Die Ausnutzung ergibt sich aus dem Verhältnis von vorhandenen zum aufnehmbaren Moment. Der Beanspruchungsursprung P_0 liegt bei $M_y=M_{Edy}$, $M_z= 0$ und $N=N_{Ed}$. Von den prinzipiell 2 Lösungen wird die maßgebend, die im Quadranten der Beanspruchung liegt.



$$Ausn = \frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}}$$

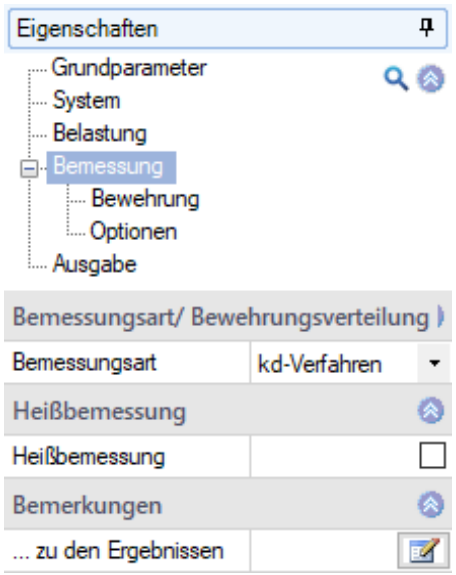
Nachweis Biegetragfähigkeit

Ausnutzungsmethode M-N Diagramm Mz,Rd (Nx und My = Konst.)

vorh. Bewehrung vorh. $A_{sgesamt}$ = 20.0 cm²

Lk Nr. [-]	$N_{x,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	$\varepsilon_{1,Ed}$ [‰]	$\varepsilon_{2,Ed}$ [‰]	$\varepsilon_{3s,Ed}$ [‰]	ε_1 [‰]	ε_2 [‰]	ε_{3s} [‰]	z/d [-]	$M_{z,Rd}$ [kNm]	η [-]
1	-1500.0	100.00	25.00	-2.887	-1.892	0.298	-3.500	-1.772	0.628	0.647	38.27	0.65

Bewehrung



Maximal erforderliche Längsbewehrung

Anzeige der Maximalwerte der erforderlichen Gesamtlängsbewehrung von allen berechneten Schnittkraftkombinationen aus der Bemessungs-Lk (Momenten- und Normalkraftbeanspruchung).

Vorhandene Längsbewehrung

Standardmäßig wird programmintern die vorhandene Längsbewehrung entsprechend der maximal erforderlichen Längsbewehrung gesetzt. Wird die vorhandene Bewehrung vom Benutzer definiert, erfolgt keine automatische Anpassung mehr.

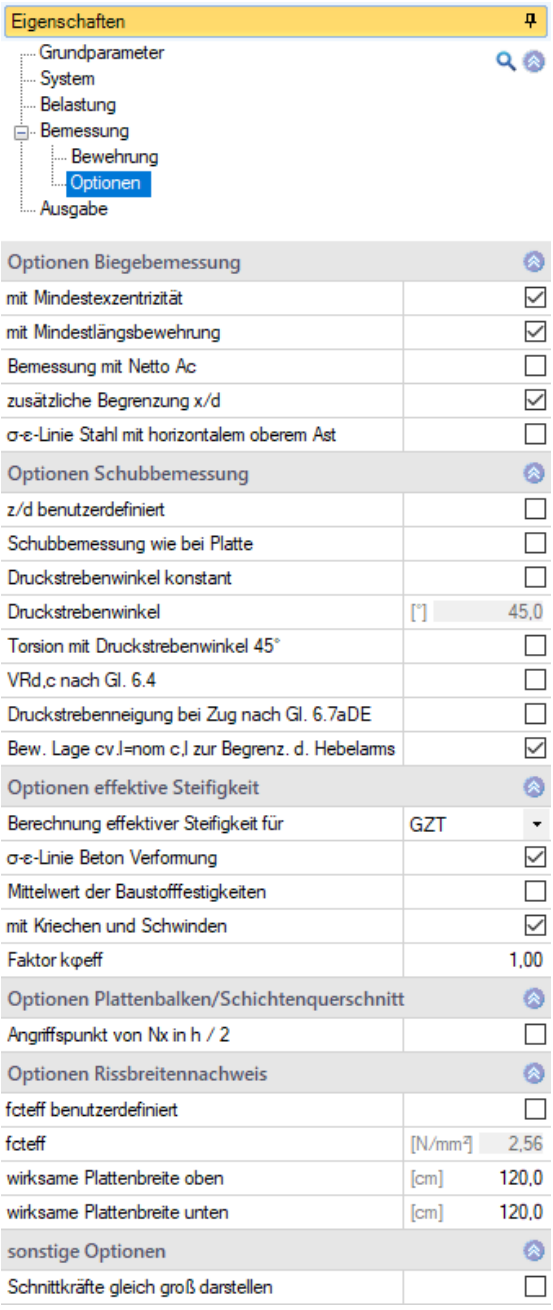
Maximal erforderliche Schub- und Torsionsbewehrung

Anzeige der Maximalwerte der erforderlichen Schubbewehrung von allen berechneten Schnittkraftkombinationen aus der Bemessungs-Lk (Querkraft- und Torsionsbeanspruchung).

Die Längsbewehrung **max AslT** ist zusätzlich zur Längsbewehrung aus der Biege-/Normalkraftbeanspruchung (Anzeige unter „maximal erforderliche Längsbewehrung“) im Querschnitt zu berücksichtigen.

Optionen

Wenn eine Option markiert ist (Häkchen) gilt:



Optionen Biegebemessung

Mit Mindestexzentrizität Eine Mindestexzentrizität nach EN, Abschnitt 6.1 (4) wird berücksichtigt.

Mit Mindestlängsbewehrung Berücksichtigt die Mindestbewehrung für

- Biegebauteile nach EN, Abschnitt 9.2.1.1 bzw. NA-D, Abschnitt 9.2.1.1 *(Option für einachsig beanspruchte Querschnitte),*
- Druckglieder (Stützen) nach EN, Abschnitt 9.5.2(2) bzw. NA-D, Abschnitt 9.5.2(2) bzw. NA-A, Abschnitt 12.5.3 und
- Druckglieder (Wände) nach EN, Abschnitt 9.6.2 (1) bzw. NA-D, Abschnitt 9.6.2(1).

Für Erläuterungen siehe Kapitel „Mindestbewehrung für auf Biegung beanspruchte Bauteile“ / „Mindestbewehrung für Druckglieder“ im Dokument „Nachweise am Stahlbeton-Querschnitt“.

Bemessung mit Netto Ac Berücksichtigt ausschließlich die Druckzonenfläche des Betons. Die vom Stahl verdrängte Druckzonenfläche wird nicht berücksichtigt.
Hinweis: Bei Verwendung hochfesten Betons (> C50/60) kann es bei hohem Bewehrungsgrad der Druckzone sinnvoll sein, die Option „Bemessung mit Netto Ac“ einzustellen (/66/ S.67).

zusätzl. Begrenzung x/d Unter dem Ansatz einer Auslastung der Bewehrung im GZT bis zur Streckgrenze und gleichzeitigem Erreichen der Bruchdehnung des Betons, ergibt sich eine Begrenzung der Druckzonenhöhe x ($x/d = \varepsilon_{cu} / (\varepsilon_{cu} - \varepsilon_{yd})$). Zur Sicherung ausreichender Duktilität ist bei linear-elastischer Berechnung von Durchlaufträgern die Druckzonenhöhe darüber hinaus zu begrenzen. Die zusätzliche Begrenzung nach EN 1992-1-1, Abschnitt 5.6.3.(2) ist hier anwählbar.
Die Einhaltung des Kriteriums wird durch eine entsprechend modifizierte Stahlgrenzdehnung erreicht, ab der eine Druckbewehrung ermittelt wird.

σ-ε Linie Stahl mit horiz. oberem Ast Vernachlässigt bei der Spannungs-Dehnungs-Linie des Betonstahls die Neigung des oberen Astes. So können z.B. mit Bemessungstafeln vergleichbare Ergebnisse erzielt werden.

Optionen Schubbemessung

z/d benutzerdefiniert Der bezogene Hebelarm z/d kann für die Schubbemessung vorgegeben werden. Ansonsten wird der in der Biegebemessung berechnete Hebelarm angesetzt. Wurde keine Biegebemessung durchgeführt gilt z = 0,9 · d
bzw. zusätzlich für NA-D z < max (d – 2 · nomc, d – 3 · nomc).

Schubbemessung wie Platte Die Schubbemessung erfolgt unabhängig von den Querschnittsabmessungen wie bei einer Platte. Dementsprechend wird die Mindestschubbewehrung für Platten nach EN, Abschnitt 9.3.2 bzw. NA-D, Abschnitt 9.3.2 berücksichtigt.
Für Erläuterungen siehe Kapitel „Schubbemessung“ im Dokument „Nachweise am Stahlbeton-Querschnitt“.

Druckstrebenwinkel konstant Für die Schub- und Torsionsbemessung kann eine konstante Druckstrebenneigung unabhängig vom Beanspruchungszustand festgelegt werden.
Die Option findet z.B. Anwendung bei Schnitten, die für den Nachweis der Querkrafttragfähigkeit nicht maßgebend sind, aber mit dem am maßgebenden Schnitt geltenden Neigungswinkel berechnet werden sollen.
Hinweis: Die für die jeweiligen Normen geltenden Begrenzungen des Druckstrebenwinkels (siehe Kapitel „Schubbemessung“ im Dokument „Nachweise am Stahlbeton-Querschnitt“) werden bei der benutzerdefinierten Druckstrebenneigung nicht überprüft!

Torsion mit Druckstrebenwinkel 45° Ermittelt die Torsionsbewehrung vereinfachend mit einem Druckstrebenwinkel von 45° und addiert diese zur Querkraftbewehrung infolge $V_{z,Ed}$, gemäß NA-D, 6.3.2 (2).

VRd,c nach Gl. 6.4 Bei einfeldrigen, statisch bestimmten Spannbetonbauteilen ohne Querkraftbewehrung darf im ungerissenen Zustand die Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,c}$ auf Grundlage der Betonzugfestigkeit f_{ctd} ermittelt werden, wenn die Biegezugspannung kleiner f_{ctd} ist. Bei Aktivierung der Option wird unter dieser Bedingung $V_{Rd,c}$ nach EN, Gl. 6.4 ermittelt.

Druckstrebenneigung bei Zug nach Gl. 6.7aDE *Option für NA-D.*
Ermittelt auch für einen Querschnitt unter Längszug die Druckstrebenneigung nach DIN EN 1992-1-1 NA Gl. 6.7aDE. Damit ergeben sich gegenüber einer Berechnung mit dem vereinfachten Ansatz von cot θ = 1,0. i.d.R. günstigere Bemessungsergebnisse.

Bewehrungslage cv.l = cnom,l zur Begrenzung des Hebelarms *Option für NA-D.*
Nach NA-D zu 6.2.3 (1) ist der Hebelarm auf
z < max (d – 2 $c_{v,l}$; d – 30 mm – $c_{v,l}$) zu begrenzen. Für das Verlegemaß der Druckbewehrung $c_{v,l}$ wird bei Aktivierung der Option die zugehörige Betondeckung $c_{nom,l}$ angesetzt. Diese kann im Dialog zur Dauerhaftigkeit (siehe Kapitel „Grundparameter“) eingestellt werden. Andernfalls wird $c_{v,l}$ über die Schwerachse der Druckbewehrung (d_{ob} bzw. d_{un}) und den Durchmesser der Längsbewehrung bestimmt.

für Betone > C50 fck ohne Abminderung *Option für NA-GB.*
Wird die Betonschubfestigkeit durch einen Test nachgewiesen, darf für Betone > C50/60 nach NA-GB f_{ck} auch ohne Abminderung berücksichtigt werden.

erhöhtes fcd nach PD 6687:2006 *Option für NA-GB.*
Nach PD 6687:2006 darf für den Nachweis der Querkrafttragfähigkeit ein mit α_{cc} = 1,0 ermitteltes erhöhtes f_{cd} berücksichtigt werden.

Feldbewehrung vollständig bis Auflager *Option für NA-A.*
Feldbewehrung wird vollständig bis zum Auflager durchgeführt, dadurch ist nach NA-A, Abs. 6.2.3 (2) der Ansatz eines flacheren Druckstrebenwinkels möglich.

Druckstrebenwinkel für σsd < fyk *Option für NA-A.*
Begrenzung des Druckstrebenwinkels nach NA-A, Abs. 6.2.3 (2) für $\sigma_{sd} < f_{yk}$.

Optionen für die effektive Steifigkeit

mit effektiver Steifigkeit im GZT/GZG Die Ermittlung der effektiven Steifigkeit erfolgt anhand der Schnittkräfte im GZT oder anhand der Schnittkräfte aus der quasiständigen Lastkombination im GZG.

σ-ε-Linie Beton Verformung Bei Aktivierung der Option wird die effektive Steifigkeit mit der Spannungsdehnungslinie für die Verformungsberechnung des Betons nach EN, Bild 3.2 und 5.8.6 (3) mit $f_c = f_{cd}$ und $k = E_{cm} / \gamma_{cE} \cdot \varepsilon_{c1} / f_c$ (E_{cm}, ε_{c1} und ε_{c1u} nach Tab.3.1 bzw. 11.3.1, γ_{cE} ist NDP) ermittelt. Andernfalls wird der Berechnung das Parabel-Rechteck-Diagramm nach EN, Bild 3.3 und Parameter nach EN, Tabelle 3.1 bzw. 11.3.1 zugrunde gelegt.

Mittelwert der Baustofffestigkeiten Für die Option „Spannungsdehnungslinie Beton Verformung“ kann optional die Ermittlung der effektiven Steifigkeit mit dem Mittelwert der Baustofffestigkeiten berechnet werden.

mit Kriechen und Schwinden Bei Aktivierung der Option wird bei der Ermittlung der effektiven Steifigkeit Kriechen und Schwinden berücksichtigt**.** Andernfalls bleiben die Einflüsse von Kriechen und Schwinden unberücksichtigt. Für Erläuterungen siehe Kapitel „Ermittlung der effektiven Steifigkeit“ im Dokument „Nachweise am Stahlbeton-Querschnitt“.

Faktor kφeff Für die Option „mit Kriechen und Schwinden“ kann der Faktor $k\varphi_{eff}$ zwischen 0,0 und 1,0 gewählt werden. Der Wert $k\varphi_{eff}$ fließt als Faktor von φ_{eff} bei der Berechnung der effektiven Steifigkeit ein.

Optionen Rissbreitennachweis

(Optionen für einachsig beanspruchte Querschnitte)

fcteff benutzerdefiniert Es kann die Betonzugfestigkeit modifiziert werden. Als Standardwert ist der Mittelwert der Betonzugfestigkeit f_{ctm} definiert (Festigkeit nach 28 Tagen).

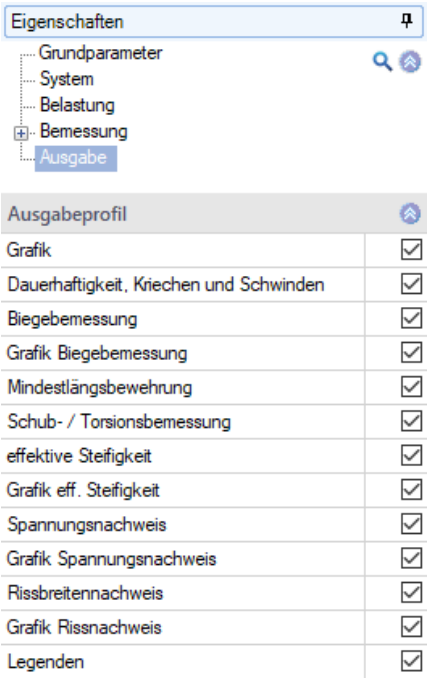
Wirksame Plattenbreite oben / unten *Option für Plattenbalken*
Es kann die Breite der Wirkungszone der Zugbewehrung in den Platten von Plattenbalken definiert werden.
Ein Beispiel für die Berechnung der wirksamen Plattenbreite findet sich in /13/ S.145:
$b_{eff,II} = 0{,}5 \cdot b_{eff,„I} + 2 \cdot c_I$ mit $c_I = c_{nom,I}$ und $b_{eff,„I} = bo$ bzw. bu

Sonstige Optionen

Schnittkräfte gleich groß darstellen Die Schnittkräfte werden immer in gleicher Größe dargestellt. Ansonsten wird die angezeigte Größe im Verhältnis zum Maximalwert aus allen Lastkombinationen (Lk-Zeilen) ermittelt.

Ausgabe / Ergebnisse

Das Ausgabedokument rufen Sie durch Klick auf das Register Dokument (über der Grafik) auf.

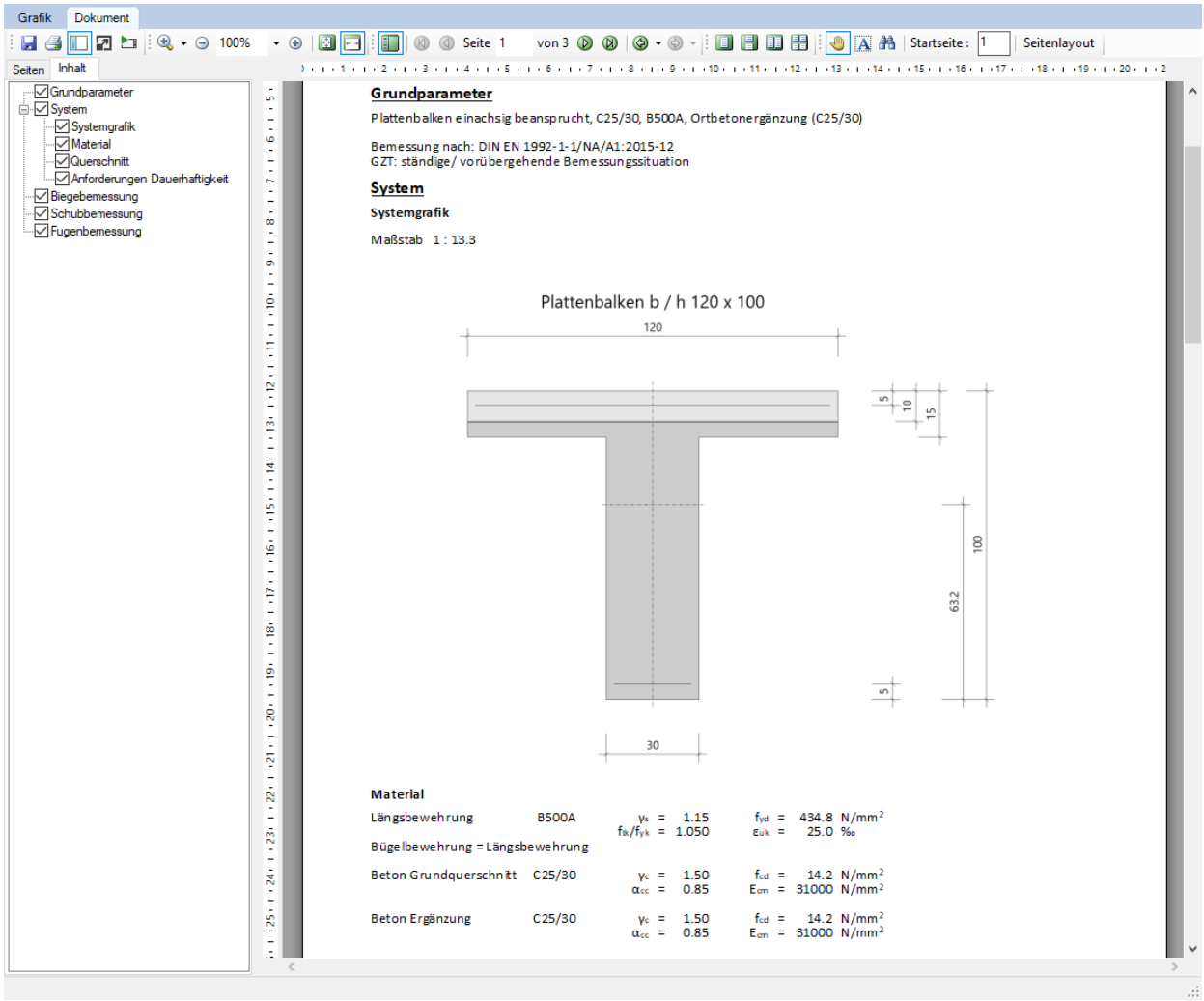


Ausgabeprofil

Hier legen Sie den Umfang der Ausgabe fest. Markieren Sie hierzu die gewünschten Ausgabeoptionen:

- Grafik (Systemgrafik)
- Dauerhaftigkeit, Kriechen und Schwinden
- Biegebemessung
- Mindestlängsbewehrung
- Schubbemessung / Torsionsbemessung
- effektive Steifigkeit
- Spannungsnachweis
- Rissbreitennachweis
- Legenden (zusätzliche Erläuterungen zu einzelnen Werten)

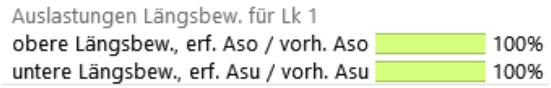
Siehe weiterhin Dokument Ausgabe und Drucken.



TIpp: *im Tab „Inhalt" können Sie einzene Kapitel im Dokument individuell an- und abwählen.*

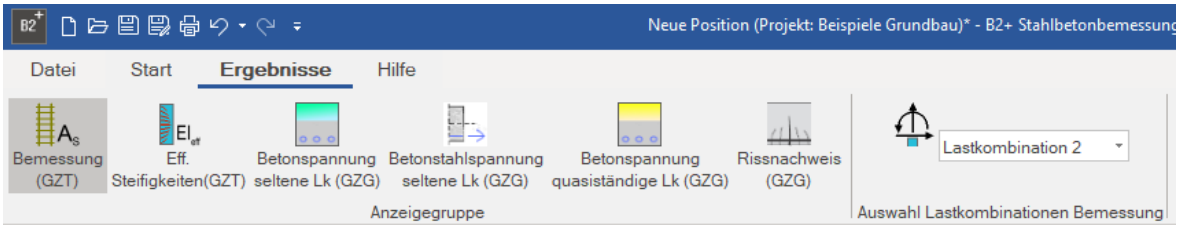
Ergebnisse

Die Auslastung wird in der Grafik angezeigt.



Werden Nachweise oder geometrische Anforderungen nicht eingehalten, wird die Nachweisampel rot eingefärbt und es wird ein entsprechender Hinweis gegeben. Im Ausdruck werden die nicht eingehaltenen Anforderungen / Nachweise entsprechend gekennzeichnet.

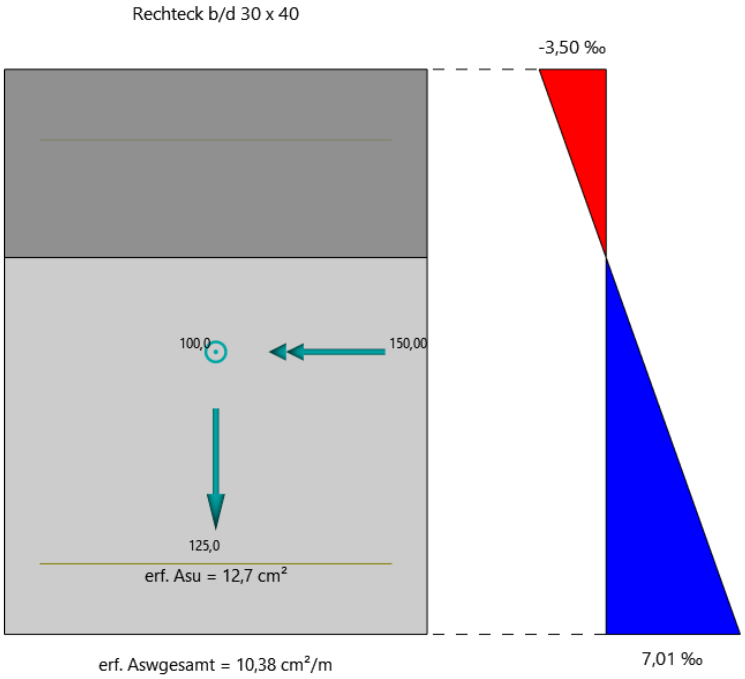
Im Tab „Ergebnisse“ wird der Querschnitt, die Bewehrung und der Dehnungszustand des eingestellten Nachweises und der gewählten Lastkombination grafisch dargestellt.



Folgende Grafiken können angezeigt werden:

- Bemessungswerte (GZT)
- Effektive Steifigkeit (GZT)
- Betonspannung aus seltener Lastkombination (GZG)
- Betonstahlspannung aus seltener Lastkombination (GZG)
- Betonspannung aus quasi-ständiger Lastkombination (GZG)
- Werte des Rissbreitennachweises (GZG)

Weiterhin kann die Lastkombination für die Bemessung ausgewählt werden.



Import/Export

Über den Tab „Datei“ am oberen Bildschirmrand können Im- und Exportfunktionen aufgerufen werden. Folgende Dateiformate stehen dafür in B2+ zur Verfügung:

Import: FRILO XML

Export: FRILO XML, Word, PDF

Literatur

Siehe Dokument „Nachweise am Stahlbeton-Querschnitt“, Kapitel Literatur