



Bemessung Rahmenecken n. EC2

Detailinformationen

Seite neu aktualisiert Okt. 2024

[Kontakt](#)
[Programmübersicht](#)
[Bestelltext](#)
[Handbuch](#)

Infos auf dieser Seite

[... als pdf](#)

- [Norm / Material / Querschnitt](#)
- [Bewehrung](#)
- [Schnittgrößenimport](#)
- [Bemessungsp./ Schnittgrößen](#)
- [Durchführung Bemessung](#)
- [Ausdrucksteuerung](#)
- [Verankerungslängen etc.](#)
- [Nationale Anhänge](#)

Norm, Material, Querschnitt

Material/ Querschn

Im ersten Register werden die Material- und Querschnittsparameter festgelegt.

4H-EC2 - Bemessung [Position 16: Hilfe neg]
auto an
ec
?

Material/Querschn
Schnittgrößen
Bewehr

Norm EC 2 Hochbau
NA: Deutschland

Material
Bewehrung B500A
Beton C30/37

Materialsicherheitsbeiwerte
Bemessungssituation Grundkombination
Tragfähigkeit (G2T) γ_c 1.50 γ_s 1.15

Expositionsklasse
für Bewehrungskorrosion XC1
für Betonangriff ...

System

Riegel: Höhe/Breite h_b 60.0 cm b_b 40.0 cm
Achsabstand $d_{t,bo}$ 6.0 cm $d_{t,bu}$ 4.0 cm

Stütze: Höhe/Breite h_o 50.0 cm $b_o = b_b$
Achsabstand $d_{t,ol}$ 5.0 cm $d_{t,or}$ 5.0 cm
Öffnungswinkel α 90.00°

Rahmenbewehrung

Riegel: Anzahl, Abstand = 0: keine Bewehrung

oben 4 @ 16 vorh $A_{s,bo}$ 8.04 cm²
unten 2 @ 16 vorh $A_{s,bu}$ 4.02 cm²
Bügel @ 10 / 20.0 vorh $a_{s,b}$ 7.85 cm²/m

Stütze: Anzahl, Abstand = 0: keine Bewehrung

links 4 @ 16 vorh $A_{s,ol}$ 8.04 cm²
rechts 4 @ 16 vorh $A_{s,or}$ 8.04 cm²
Bügel @ 8 / 20.0 vorh $a_{s,o}$ 5.03 cm²/m

▶ Daten exportieren ▶ Daten importieren

[Bild vergrößern](#)

Norm

Es steht die Bemessungsregel (Norm)
EC 2 Hochbau (s. [Literatur](#)) zur Verfügung.

Norm

EC 2 Hochbau

NA: Deutschland

Der aktuelle **nationale Anhang** (NA) wird eingeblendet.

Material

In einer Liste werden die zur Verfügung stehenden
Betonstahl- und Betongütern angeboten.

Die Namen (z.B. C30/37) stehen für eine Reihe von
Parametern, die zur Berechnung verwendet
werden.

Jeweils am Ende der Liste kann über den Eintrag
frei auf diese Parameter direkt zugegriffen werden.

Die Spannungsdehnungslinie des Betonstahls wird
n. EC 2, 3.2.2, bilinear approximiert.

Die Spannungsdehnungslinie des Betons im
Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) entspricht n.
EC 2, 3.1.7, einem Parabel-Rechteck-Diagramm.

Material

Betonstahl

B500A

Beton

C30/37

alternativ:

Beton (nicht zugfestes Material)

frei

Trockenrohdichte

 ρ_c 2200.0 kg/m³

charakteristische Druckfestigkeit

 f_{ck} 30.0 N/mm²

Dehnung bei Erreichen der Festigkeit

 ϵ_{c2} -2.00 %

Bruchdehnung

 ϵ_{cu2} -3.50 %

Exponent der Parabel (EC 2, 3.1.7)

 n_{c2} 2.00 N/mm²

Elastizitätsmodul

 E_{cm} 32836.6 N/mm²

Eine Beschreibung der Baustoffe sowie der o.a. Funktionen befindet sich [hier](#).

Materialsicherheitsbeiwerte

Das Bemessungskonzept des Eurocode sieht vor,
dass die Schnittgrößen (Lastseite) mit Teilsicher-
heitsbeiwerten und die Baustoffe (Materialseite) mit
Materialsicherheitsbeiwerten gewichtet werden.

Die Bemessung erfolgt für die gewichteten
Schnittgrößen (Bemessungsgrößen), die in
Abhängigkeit der Belastungsart (Kombination)
festgelegt wurden.

Daher können die Materialsicherheitsbeiwerte für die **Grundkombination**, **Erdbeben-Kombination** oder
außergewöhnliche Kombination nach EC 0 vom Programm vorgelegt werden (s. **NA**).

Analog zu den Beton- und Stahlgütern kann über den Eintrag **frei** am Ende der Liste auf die Beiwerte direkt
zugegriffen werden.

Nähere Informationen zum Sicherheitskonzept finden Sie [hier](#).

Materialsicherheitsbeiwerte

Bemessungssituation

Grundkombination

Tragfähigkeit (GZT)

 γ_c

1.50

 γ_s

1.15

alternativ:

Bemessungssituation

frei

Tragfähigkeit (GZT)

 γ_c

1.50

 γ_s

1.15

Expositionsklasse

Optional kann die Expositionsklasse des Bauteils
berücksichtigt werden.

Ist eine Beanspruchungsklasse nicht maßgebend,
kann sie deaktiviert werden.

Anhand der Expositionsklasse werden die Betondeckung und die Mindestbetongüte überprüft.

Sind die Werte unterschritten, erfolgt eine Fehlermeldung.

Nähere Informationen zur Dauerhaftigkeit und Betondeckung finden Sie [hier](#).

Expositionsklasse

für Bewehrungskorrosion

XC1

für Betonangriff

Der eingegebene Datenzustand kann exportiert
(temporär gesichert) und in einem Bauteil derselben
Klasse (hier: 4H-EC2RB) wieder importiert werden.

▶ Daten exportieren

▶ Daten importieren

Querschnitt

Die Rahmenecke wird durch den Riegel- und
Stützenabschnitt beschrieben.

Es werden Rechteckquerschnitte mit gleicher Breite
vorausgesetzt.

Für die Querschnittsbemessung sind die

System

Riegel:

Höhe/Breite h_b cm b_b cmAchsabstand $d_{1,bo}$ cm $d_{1,bu}$ cm

Stütze:

Höhe/Breite h_c cm $b_c = b_b$ Achsabstand $d_{1,cl}$ cm $d_{1,cr}$ cm

Achsabstände der Bewehrung zum Betonrand anzugeben.

Rahmenbewehrung

Die (externe) Tragwerksberechnung ergibt in der Rahmenecke eine erforderliche Bewehrung, die durch eine geeignete (vorhandene) Bewehrungswahl abzudecken ist.

Diese Bewehrung ist Grundlage der Rahmeneckbewehrung und wird in der maßstäblichen Bildschirmgrafik dargestellt.

Rahmenbewehrung

Riegel: Anzahl, Abstand = 0: keine Bewehrung

oben \varnothing cm²unten \varnothing cm²Bügel \varnothing / cm cm²/m

Stütze: Anzahl, Abstand = 0: keine Bewehrung

links \varnothing cm²rechts \varnothing cm²Bügel \varnothing / cm cm²/m**Bemessungsparameter und Schnittgrößen****Schnittgrößen**

Im zweiten Register werden die Parameter zur Bemessung der Rahmenecke und die Schnittgrößen zur Überprüfung der Rahmeneckbewehrung festgelegt.

4H-EC2 - Bemessung [Position 16: Hilfe neg]

Material/Querschn Schnittgrößen Bewehr

auto an ec

Bemessungsparameter

erf. Bewehrung am Anschnitt: aus Biege- und Schubbbemessung (ohne Mindestbewehrung)

Schubbbemessung: Druckstrebenwinkel minimal vereinfacht n. EC 2-1-1 NA-DE, 6.2.3(2)

alle Momente nur positive Momente nur negative Momente berücksichtigen

Bemessungsschnittgrößen im Rahmeneckknoten (Riegel, GZT)

Kräfte / Momente in

Schnittgrößen aus // Bauteil importieren Schnittgrößen aus Text-Datei einlesen Tabelle löschen

Zeile löschen
Zeile duplizieren
neue Zeile anhängen

	$N_{j,b,Ed}$ kN	$M_{j,b,Ed}$ kNm	$V_{j,b,Ed}$ kN	Bezeichnung	ΣA_s cm ²
1	-10.9	-60.4	81.2		3.43
2	-31.3	-138.7	145.6		9.01
3	-32.4	-113.6	116.5		7.10

erf $A_{s,bo}$ 3.91 cm² erf $a_{sb,b}$ 5.88 cm² erf $A_{s,cl}$ 5.10 cm² erf $A_{s,z}$ 5.10 cm² erf $A_{s,sh}$ 3.72 cm²
erf $A_{s,sv}$ 3.76 cm²

Bild vergrößern

Bemessungsparameter

Die erforderliche Bewehrung an den Anschnitten von Riegel und Stütze der Rahmenecke kann entweder aus einer beliebigen Anzahl an Schnittgrößen vom Programm ermittelt (Biege- und Schubbbemessung) oder manuell eingegeben werden.

erf. Bewehrung am Anschnitt: aus Biege- und Schubbbemessung (ohne Mindestbewehrung)
Schubbbemessung: Druckstrebenwinkel minimal vereinfacht n. EC 2-1-1 NA-DE, 6.2.3(2)

Wird die erforderliche Bewehrung am Anschnitt aus einer **Biege- und Schubbbemessung** ermittelt, kann für die Schubbbemessung die Neigung des Druckstrebenwinkels festgelegt werden.

Er kann entweder n. EC 2-1-1, 6.2.3(2) auf den zulässigen **Minimalwert** begrenzt werden oder n. EC 2-1-1 NA-DE **vereinfacht** angenommen werden.

alle Momente nur positive Momente nur negative Momente berücksichtigen

Die Bewehrungsführungen der Rahmenecke bei öffnender und schließender Momentenbeanspruchung unterscheiden sich sehr (s. **Register 3**).

Da i.A. auf eine Beanspruchungsart Bezug genommen wird (Rahmenecke nur mit negativen oder positiven Momenten) besteht die Möglichkeit, automatisch die Momente des anderen Vorzeichens zu ignorieren. Das ist insbesondere dann sinnvoll, wenn eine große Anzahl an Schnittgrößenkombinationen z.B. durch den Import vorliegt, von denen nur wenige oder sehr kleine Momente das andere Vorzeichen aufweisen.

Sollen Momente beider Vorzeichen berücksichtigt werden, wird die Bewehrungsführung an die Regeln beider Bewehrungsvarianten angepasst.

Alternativ kann das Ergebnis einer externen Tragwerksberechnung die erforderliche Bewehrung bestimmen. In dem

Fall ist sie **manuell** einzugeben.

Rahmenecke mit positivem Moment negativem Moment

Es ist festzulegen, ob eine geöffnete (nur positive Momente) oder eine schließende (nur negative Momente) Rahmenecke vorliegt.

Riegel oben	$A_{s,bo}$	3.04	cm ²	Stütze links	$A_{s,cl}$	3.90	cm ²
Riegel unten	$A_{s,bu}$	0.00	cm ²	Stütze rechts	$A_{s,cr}$	0.00	cm ²
Riegel Bügel	$a_{s,b,b}$	5.96	cm ² /m	Stütze Bügel	$a_{s,b,c}$	0.00	cm ² /m
Riegel Zugkraft	$F_{t,b}$	132.3	kN	Stütze Zugkraft	$F_{t,c}$	169.4	kN
Riegel innerer Hebelarm	z_b	52.6	cm	Stütze innerer Hebelarm	z_c	42.6	cm

Abhängig von der vorliegenden Rahmeneck-Variante sind neben der erforderlichen Längs- und Bügelbewehrung A_s , a_{sb} die innere Zugkraft (negatives Moment) F_t bzw. Druckkraft (positives Moment) F_c und der innere Hebelarm z (Index b: beam - Riegel, Index c: column - Stütze) anzugeben.

Bemessungsschnittgrößen

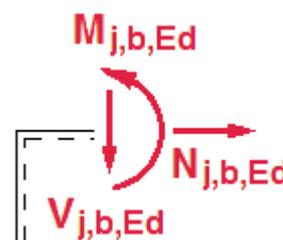
Die Eingabe von Schnittgrößen ist nur erforderlich, wenn die erforderliche Bewehrung am Anschnitt von Riegel und Stütze vom Programm ermittelt wird.

Die Schnittgrößen wirken im Rahmeneckknoten (Index j; joint - Knotenverbindung). Die Riegelschnittgrößen werden eingegeben, die Stützenschnittgrößen können berechnet werden, da sie mit den Riegelschnittgrößen im Gleichgewicht stehen. Äußere Knotenlasten werden nicht berücksichtigt.

Die Schnittgrößen werden als Bemessungsgrößen mit der Vorzeichendefinition der Statik eingegeben, wobei das x,y,z-Koordinatensystem dem l,m,n-System der **pcae**-Tragwerksprogramme entspricht.

Es können bis zu 10.000 Schnittgrößenkombinationen eingegeben werden.

Es werden nur ebene System berechnet.



	$N_{j,b,Ed}$ kN	$M_{j,b,Ed}$ kNm	$V_{j,b,Ed}$ kN	Bezeichnung	ΣA_s cm ²
1:	-10.9	-60.4	81.2		3.43
2:	-31.3	-138.7	145.6		9.01 ▶ maßgeb. Lk
3:	-32.4	-113.6	116.5		7.10

neu →

Ist die Online-Berechnung (**auto**) aktiviert, wird die Summe der erforderlichen Bewehrung je Schnittgrößenkombination am Bildschirm angegeben.

Die maximal erforderliche Summe der Zugbewehrung ist gekennzeichnet und bestimmt eine maßgebende Lastkombination, deren Berechnung über den Aktions-Knopf direkt am Bildschirm angezeigt werden kann.

Schnittgrößen importieren

Detailnachweisprogramme zur Querschnittsbemessung benötigen Schnittgrößenkombinationen, die häufig von einem Tragwerksprogramm zur Verfügung gestellt werden.

Dabei handelt es sich i.d.R. um eine Vielzahl von Kombinationen, die im betrachteten Bemessungsschnitt des übergeordneten Tragwerkprogramms vorliegen und in das Anschlussprogramm übernommen werden sollen.

pcae stellt neben der 'per Hand'-Eingabe zwei verschiedene Mechanismen zur Verfügung, um Schnittgrößen in das vorliegende Programm zu integrieren.

Schnittgrößen aus **4H**-Programm importieren



Schnittgrößen aus Text-Datei einlesen



• Import aus einem 4H-Programm

Voraussetzung zur Anwendung des DTE[®]-Import-Werkzeugs ist, dass sich ein **pcae**-Programm auf dem Rechner befindet, das Ergebnisdaten exportieren kann.

Eine ausführliche Beschreibung zum Schnittgrößenimport aus einem **pcae**-Programm befindet sich [hier](#).

• Import aus einer Text-Datei

Die Schnittgrößenkombinationen können aus einer Text-Datei im ASCII-Format eingelesen werden.

Die Datensätze müssen in der Text-Datei in einer bestimmten Form vorliegen; der entsprechende Hinweis wird bei Betätigen des **Einlese**-Buttons gegeben.

Anschließend wird der Dateiname einschl. Pfad der entsprechenden Datei abgefragt.

Es werden sämtliche vorhandenen Datensätze eingelesen und in die Tabelle übernommen. Bereits bestehende Tabellenzeilen bleiben erhalten.

Wenn keine Daten gelesen werden können, erfolgt eine entsprechende Meldung am Bildschirm.

Bewehrung

Bewehr

Im dritten Register wird die Bewehrung festgelegt.

4H-EC2 - Bemessung [Position 16: Hilfe neg]

Material/Querschn | Schnittgrößen | **Bewehr** | auto an | ec | ? | ✓

Bewehrung

Riegelzugbewehrung abbiegen (nur für schließendes Moment)
 Riegelzugbewehrung separat verankern (nur für öffnendes Moment)
 Zugzulagen durch Schrägbewehrung (nur für öffnendes Moment)

Verankerungslängen:
 Verbundbedingungen berechnen gut mäßig

Biegerollendurchmesser:
 Abstand vom Betonrand berechnen maximal

▶ Verankerungslängen/Biegerollendurchmesser zurücksetzen

Betondeckung c_v cm \geq cm

Riegelbewehrung Anzahl = 0, Schrittigkeit = 0, Abstand = 0: keine Bewehrung

Position	Anzahl	Ø	Abstand	cm	vorh $A_{s,bo}$	cm ²	\geq min s_{bo}	cm	\geq erf $A_{s,bo}$	cm ²
oben	4	16	10.5	cm	8.04	cm ²	3.6	cm	3.91	cm ²
unten	2	16	31.4	cm	4.02	cm ²	3.6	cm	0.00	cm ²
Bügel	2	-schn.	10	cm	7.85	cm ² /m			5.80	cm ² /m

Stützenbewehrung Anzahl = 0, Schrittigkeit = 0, Abstand = 0: keine Bewehrung

Position	Anzahl	Ø	Abstand	cm	vorh $A_{s,cl}$	cm ²	\geq min s_{cl}	cm	\geq erf $A_{s,cl}$	cm ²
links	4	16	10.6	cm	8.04	cm ²	3.6	cm	5.10	cm ²
rechts	4	16	10.6	cm	8.04	cm ²	3.6	cm	0.00	cm ²
Bügel	2	-schn.	8	cm	5.03	cm ² /m			0.00	cm ² /m

Verankerungsbewehrung (schließendes Moment) Anzahl = 0: keine Bewehrung

Lage	Anzahl	Ø	Abstand	cm	vorh $A_{s,2}$	cm ²	\geq min s_2	cm	\geq erf $A_{s,2}$	cm ²
2. Lage	4	16	9.9	cm	8.04	cm ²	3.6	cm	5.10	cm ²

Bild vergrößern

Bewehrungsvarianten

Es wird davon ausgegangen, dass die Stütze vorgefertigt ist und der Riegel auf der Stütze aufliegt (Arbeitsfuge ist OK)

Stütze). Der Riegel wird in Ortbeton erstellt, d.h. die Bewehrung des Riegels wird nicht in die Stütze geführt. Die Verbindung mit der Stütze erfolgt durch eine Anschlussbewehrung bzw. Schrägbewehrung.

In Anlehnung an die **Literatur** wird auf eine möglichst einfache Bewehrungsführung Wert gelegt. Eine besondere Aufmerksamkeit ist auf den Mindeststababstand zu legen, da die Ecke stets hoch bewehrt ist.

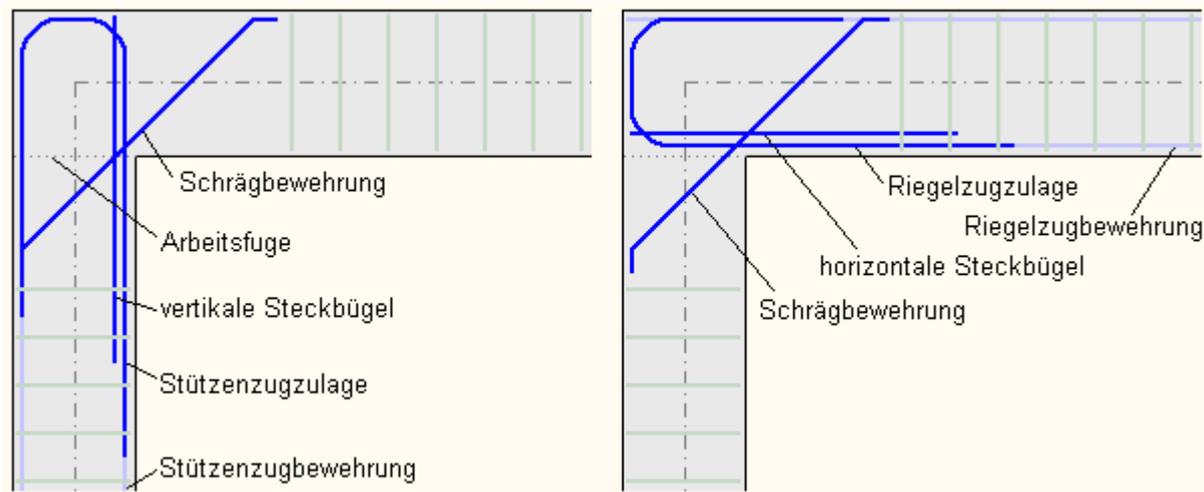
Die Bemessung einer Rahmenecke basiert darauf, dass die Kräfte aus dem Riegel sauber in die Stütze übertragen werden. Es wird zwischen einem 'öffnenden' und einem 'schließenden' Moment unterschieden.

Das öffnende Moment ist positiv, d.h. die Zugseite ist innen (im Riegel unten, in der Stütze rechts). Durch die Zugbeanspruchung in der einspringenden Ecke entstehen große Diagonalspannungen, die durch geeignete Zulagen zur Zugbewehrung abzudecken sind.

Die Zulagen sind nur erforderlich, wenn der erforderliche Zugbewehrungsgrad größer als 0.4% ist.

Optional können entweder eine Schrägbewehrung oder horizontale und vertikale Steckbügel verwendet werden.

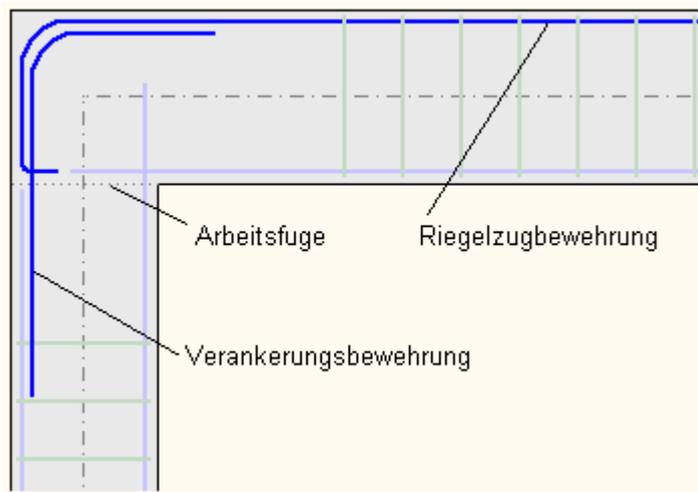
Werden Steckbügel zur Aufnahme der Diagonalspannungen verwendet, sind sie i.A. in der 2. Lage anzuordnen.



Die Zugbewehrung wird mit Schlaufen in die Ecke geführt. In der Stütze werden Schlaufen als Stützenszugzulage auf der Zug- und Druckseite verankert. Im Riegel wird entweder die Zugbewehrung abgebogen und auf der Druckseite verankert, oder es werden Schlaufen als Riegelzugzulage verwendet.

Da der Bewehrungsbedarf einer Rahmenecke mit öffnendem Moment i.A. relativ gering ist, können die Verankerungsstäbe parallel zur Stützen-/Riegelbewehrung gelegt werden.

Das schließende Moment ist negativ, d.h. die Zugseite ist außen (im Riegel oben, in der Stütze links).



Da der Zugbewehrungsbedarf einer Rahmenecke mit schließendem Moment i.A. relativ groß ist, wird die Verankerungsbewehrung in der 2. Lage angeordnet. Um deren Verankerungslänge im Riegel zu reduzieren, kann die Riegelzugbewehrung über dem Stützenkopf abgebogen werden.

Die Druckbewehrung ist bis über die Auflagerlinie zu führen.

Parameter

Der Bewehrungsvorschlag des Programms basiert auf den Angaben der Betondeckung, der vorhandenen Bewehrung

sowie den Verankerungs-/Übergreifungslängen und Biegerollendurchmesser.

Für eine Rahmenecke mit schließendem oder öffnendem Moment werden die notwendigen Bewehrungsarten angegeben, Stabanzahl und -durchmesser oder Bügelschnittigkeit, -durchmesser und Abstand können gewählt werden.

Bei Online-Berechnung (**auto**-Button **an**) werden die vorhandenen Größen den erforderlichen bzw. vorgegebenen Werten gegenübergestellt.

Auch wenn eine Bewehrung nicht erforderlich ist, kann konstruktiv eine Bewehrung vorgesehen werden.

- Riegelzugbewehrung abbiegen (nur für schließendes Moment)
- Riegelzugbewehrung separat verankern (nur für öffnendes Moment)
- Zugzulagen durch Schrägbewehrung (nur für öffnendes Moment)

Bei einer Rahmenecke mit schließendem Moment kann die Verankerungslänge der Verankerungsbewehrung (s.u.) durch das **Abbiegen der Riegelzugbewehrung** reduziert werden.

Bei öffnendem Moment kann der Einbau der Riegelzugbewehrung durch eine **separate Verankerungsbewehrung** (s. Riegelzugbewehrung) erleichtert werden.

Ebenso kann bei öffnendem Moment die Zugzulage zur Abdeckung der Diagonalspannungen entweder durch eine Schrägbewehrung oder durch vertikale und horizontale Steckbügel erfolgen.

Verankerungslängen:
 Verbundbedingungen berechnen gut mäßig
 Biegerollendurchmesser:
 Abstand vom Betonrand berechnen maximal
 ▶ Verankerungslängen/Biegerollendurchmesser zurücksetzen

Optional können die minimalen **Verankerungslängen und Biegerollendurchmesser** der Zugbewehrung berechnet (und grafisch) dargestellt werden.

Zur Berechnung der Verankerungslängen ist festzulegen, ob die Verbundbedingungen entweder in Abhängigkeit des Abstands zum Betonierand **berechnet**, stets als **gut** (z.B. bei liegender Fertigung) oder **mäßig** angenommen werden sollen.

Für den Biegerollendurchmesser ist anzugeben, ob der Abstand des gebogenen Bewehrungseisens vom seitlichen Betonrand **berechnet** oder stets als **maximal** angesehen werden soll.

Die Zahlenwerte der Verankerungslängen und Biegerollendurchmesser können manuell verändert werden. Bei Bedarf können sie über die Option **zurücksetzen** (nur bei Online-Berechnung) auf den berechneten Wert gesetzt werden.

Möglichkeiten der Bewehrungswahl

Betondeckung

Betondeckung c_v cm \geq cm

Die Berechnung der Abstände basiert auf der Angabe der **Betondeckung** (Verlegemaß zur Bewehrung). Aus konstruktiven Gründen (z.B. zur Berechnung des Biegerollendurchmessers bei Schlaufen) kann es sinnvoll sein, größere Betondeckungen als notwendig vorzusehen.

Wird die Expositionsklasse des Bauteils berücksichtigt (s. **Reg. 1, Expositionsklasse**), wird die gewählte mit der erforderlichen Betondeckung verglichen. Ein Fehler wird gekennzeichnet.

Riegel- / Stützenbewehrung

Riegelbewehrung		Anzahl = 0, Abstand = 0: keine Bewehrung	
oben	4 \varnothing 16 ∇ / 10.5 cm	vorh $A_{s,bo}$	8.04 cm ²
	$\geq \min s_{bo}$ 3.6 cm	$\geq \text{erf } A_{s,bo}$	3.91 cm ²
unten	2 \varnothing 16 ∇ / 31.4 cm	vorh $A_{s,bu}$	4.02 cm ²
	$\geq \min s_{bu}$ 3.6 cm	$\geq \text{erf } A_{s,bu}$	0.00 cm ²
Bügel	2-schn., \varnothing 10 ∇ / 20.0 cm	vorh $a_{sb,b}$	7.85 cm ² /m
		$\geq \text{erf } a_{sb,b}$	5.88 cm ² /m

Die **Riegelbewehrung** (**Stützenbewehrung** analog) ist die Bewehrung im Riegel bzw. in der Stütze am Anschnitt zur Rahmenecke. Die erforderliche Längsbewehrung ist mit Stabstahl (im Riegel oben und unten, in der Stütze links und rechts), die Schubbewehrung mit geschlossenen Bügeln abzudecken.

Im Programm wird eine linksseitige Ecke betrachtet, daher liegen die Bewehrungsstäbe oben und links außen, unten und rechts innen.

Die Stäbe werden mit Anzahl und Durchmesser eingegeben. Zur Info ist der vorhandene Stababstand angegeben.

Die Bügel werden mit ihrer Schnittigkeit, Durchmesser und dem Stababstand eingegeben.

Ist die Online-Berechnung aktiviert, wird die gewählte mit der erforderlichen Bewehrung verglichen. Ein Fehler wird gekennzeichnet. Ebenso wird der vorhandene mit dem minimalen Stababstand der Längsbewehrung verglichen.

Verankerungsbewehrung (schließendes Moment)

Verankerungsbewehrung (schließendes Moment)		Anzahl = 0: keine Bewehrung	
2. Lage	4 \varnothing 16 ∇ / 9.9 cm	vorh $A_{s,z}$	8.04 cm ²
	$\geq \min s_z$ 3.6 cm	$\geq \text{erf } A_{s,z}$	5.10 cm ²
Übergreifungslänge Riegel	$l_{b,zb}$ 103.5 cm	$\geq \text{erf } l_{b,zb}$	103.5 cm
Stütze	$l_{b,zc}$ 72.5 cm	$\geq \text{erf } l_{b,zc}$	72.5 cm
Biegerollendurchmesser	D_z 32.0 cm	$\geq \text{erf } D_z$	32.0 cm

Da die Rahmenecke i.A. durch die Riegelzugbewehrung bereits hoch bewehrt ist, wird die **Verankerungsbewehrung** in der 2. Lage verlegt. Die erforderliche Längsbewehrung ist mit Stabstahl abzudecken.

Die Stäbe werden mit Anzahl und Durchmesser eingegeben. Zur Info ist der vorhandene Stababstand angegeben.

Ist die Online-Berechnung aktiviert, werden die gewählte mit der erforderlichen Bewehrung sowie der vorhandene Stababstand mit dem Mindestwert verglichen. Ein Fehler wird gekennzeichnet.

Es besteht die Möglichkeit, die Übergreifungslängen sowie den Biegerollendurchmesser festzulegen.

Die Übergreifungslänge ist in der Stütze wirksam ab Stützenkopf, im Riegel ab Abbiegung.

Ist die Option **Riegelzugbewehrung abbiegen** gesetzt (s.o.), reduziert sich die Übergreifungslänge um den überlappenden Stababschnitt.

Bei Online-Berechnung werden die erforderlichen Längen bzw. der erforderliche Durchmesser angegeben und mit den eingegebenen Größen verglichen.

Riegelzugverankerung (öffnendes Moment)

Riegelzugverankerung (öffnendes Moment)	
Übergreifungslängen	$l_{b,bu,t}$ 53.5 cm $\geq \text{erf } l_{b,cr,t}$ 53.5 cm
	$l_{b,cr,c}$ 38.2 cm $\geq \text{erf } l_{b,cr,c}$ 38.2 cm
Biegerollendurchmesser	D_{cr} 32.0 cm $\geq \text{erf } D_{cr}$ 32.0 cm
Stabanzahl	n_c 5 $\leq \text{zul } n_c$ 7

Die **Riegelzugverankerung** verankert die (innen bzw. unten liegende) Riegelzugbewehrung durch schlaufenartig abgebogenen Stabstahl, der die in der Rahmenecke endende Riegelzug- und -druckbewehrung übergreift. Sie wird in gleicher Menge wie die Riegelzugbewehrung und parallel zur Zug- und Druckbewehrung des Riegels eingebaut.

Sie ist erforderlich, wenn die Option **Riegelzugbewehrung separat verankern** (s.o.) aktiviert ist.

Es besteht die Möglichkeit, die Übergreifungslängen sowie den Biegerollendurchmesser festzulegen.

Die Übergreifungslängen sind jeweils wirksam ab Abbiegung.

Bei Online-Berechnung werden die erforderlichen Längen bzw. der erforderliche Durchmesser angegeben und mit den

einggegebenen Größen verglichen.

Da die Riegelzugbewehrung parallel zur Riegelbewehrung eingebaut wird, reduziert sie den zur Verfügung stehenden Platz (Betonierfuge). Bei Online-Berechnung wird daher die vorhandene Stabanzahl mit der maximalen verglichen.

Stützenszugverankerung (öffnendes Moment)

Stützenszugverankerung (öffnendes Moment)

Übergreifungslängen	$l_{b,cr,t}$	105.4	cm	\geq	erf $l_{b,cr,t}$	105.4	cm
	$l_{b,cr,c}$	52.7	cm	\geq	erf $l_{b,cr,c}$	52.7	cm
Biegerollendurchmesser	D_{cr}	32.0	cm	\geq	erf D_{cr}	32.0	cm
Stabanzahl	n_c	5		\leq	zul n_c	7	

Die **Stützenszugverankerung** leitet die (innen bzw. rechts liegende) Stützenszugbewehrung in die Rahmenecke. Sie erfolgt durch schlaufenartig abgebogenen Stabstahl, der die am Stützenkopf endende Stützenszug- und -druckbewehrung übergreift. Sie wird in gleicher Menge wie die Stützenszugbewehrung und parallel zur Zug- und Druckbewehrung der Stütze eingebaut.

Es besteht die Möglichkeit, die Übergreifungslängen sowie den Biegerollendurchmesser festzulegen.

Die Übergreifungslängen sind jeweils wirksam ab Stützenkopf.

Bei Online-Berechnung werden die erforderlichen Längen bzw. der erforderliche Durchmesser angegeben und mit den eingegebenen Größen verglichen.

Da die Stützenszugbewehrung parallel zur Stützensbewehrung eingebaut wird, reduziert sie den zur Verfügung stehenden Platz (Betonierfuge). Bei Online-Berechnung wird daher die vorhandene Stabanzahl mit der maximalen verglichen.

Schrägbewehrung (öffnendes Moment)

Schrägbewehrung (öffnendes Moment)

Anzahl = 0: keine Bewehrung

	4	∅ 16	/	9.9	cm	vorh $A_{s,s}$	8.04	cm ²	
		$\geq \min s_s$		3.6	cm	\geq	erf $A_{s,s}$	4.63	cm ²
Verankerungslänge Riegel	$l_{b,s,b}$	80.7	cm	\geq	erf $l_{b,s,b}$	80.7	cm		
Stütze	$l_{b,s,c}$	67.1	cm	\geq	erf $l_{b,s,c}$	67.1	cm		

Die **Schrägbewehrung** zur Aufnahme der diagonalen Zugspannungen in der einspringenden Ecke wird als Stabstahl mit Anzahl und Durchmesser der Stäbe eingegeben. Zur Info ist der vorhandene Stababstand angegeben.

Ist die Online-Berechnung aktiviert, werden die gewählte mit der erforderlichen Schrägbewehrung sowie der vorhandene Stababstand mit dem Mindestwert verglichen. Ein Fehler wird gekennzeichnet.

Es besteht die Möglichkeit, die Verankerungslängen in Riegel und Stütze festzulegen.

Bei Online-Berechnung werden die erforderlichen Längen angegeben und mit den eingegebenen Größen verglichen.

Steckbügel als Zugzulagen (öffnendes Moment)

Steckbügel als Zugzulagen (öffnendes Moment)

Schnittigkeit = 0: keine Bewehrung

horizontal	4	-schn., ∅ 8		vorh $A_{s,bs}$	2.01	cm ²	\geq	erf $A_{s,bs}$	1.88	cm ²
Verankerungslänge		$l_{b,bs}$	36.2	cm	\geq	erf $l_{b,bs}$	36.2	cm		
vertikal	5	-schn., ∅ 12		vorh $A_{s,cs}$	5.65	cm ²	\geq	erf $A_{s,cs}$	4.63	cm ²
Verankerungslänge		$l_{b,cs}$	60.6	cm	\geq	erf $l_{b,cs}$	60.6	cm		

Die **Steckbügel** zur Aufnahme der diagonalen Zugspannungen in der einspringenden Ecke befinden sich i.A. in der 2. Bewehrungslage Sie werden als Schlaufen mit Schnittigkeit und Durchmesser ausgeführt.

Ist die Online-Berechnung aktiviert, wird die gewählte mit der erforderlichen Bewehrung verglichen. Ein Fehler wird gekennzeichnet.

Es besteht die Möglichkeit, die jeweiligen Verankerungslängen festzulegen.

Bei Online-Berechnung werden die erforderlichen Längen angegeben und mit den eingegebenen Größen verglichen.

Spaltzugbewehrung

Spaltzugbewehrung

Abstand = 0: keine Bewehrung

horizontal	2 -schn., ∅ 8	/	10.0	cm	vorh $a_{s,sh}$	10.05	cm ² /m ≥ erf $a_{s,sh}$	3.72	cm ² /m
Verankerungslänge			$l_{b,sh}$	15.1	cm	≥ erf $l_{b,sh}$	15.1	cm	
vertikal	2 -schn., ∅ 8	/	10.0	cm	vorh $a_{s,sv}$	10.05	cm ² /m ≥ erf $a_{s,sv}$	3.76	cm ² /m

Die **Spaltzugbewehrung** wird in der Ecke angeordnet, um die durch die Zugkraftumleitung entstehenden Querspannungen abzudecken. Die vertikale Spaltzugbewehrung wird als Bügel ausgeführt, horizontal sind im Bereich des Riegels Schlaufen, im Bereich der Stütze Bügel anzuordnen.

Die Spaltzugbewehrung wird bis zu einem Abstand von $0.9 \cdot h_c$ im Riegel bzw. $0.9 \cdot h_b$ in der Stütze mit einem maximalen Stababstand von 10 cm verteilt.

Die Bügel/Schlaufen sind stets zweischnittig. Sie werden mit ihrem Durchmesser und dem Abstand eingegeben.

Ist die Online-Berechnung aktiviert, wird die gewählte mit der erforderlichen Bewehrung verglichen.

Ein Fehler wird gekennzeichnet.

Es besteht die Möglichkeit, die Verankerungslänge der horizontalen Schlaufen festzulegen.

Sie ist wirksam ab Riegelanschnitt.

Bei Online-Berechnung wird die erforderliche Länge angegeben und mit der eingegebenen Größe verglichen.

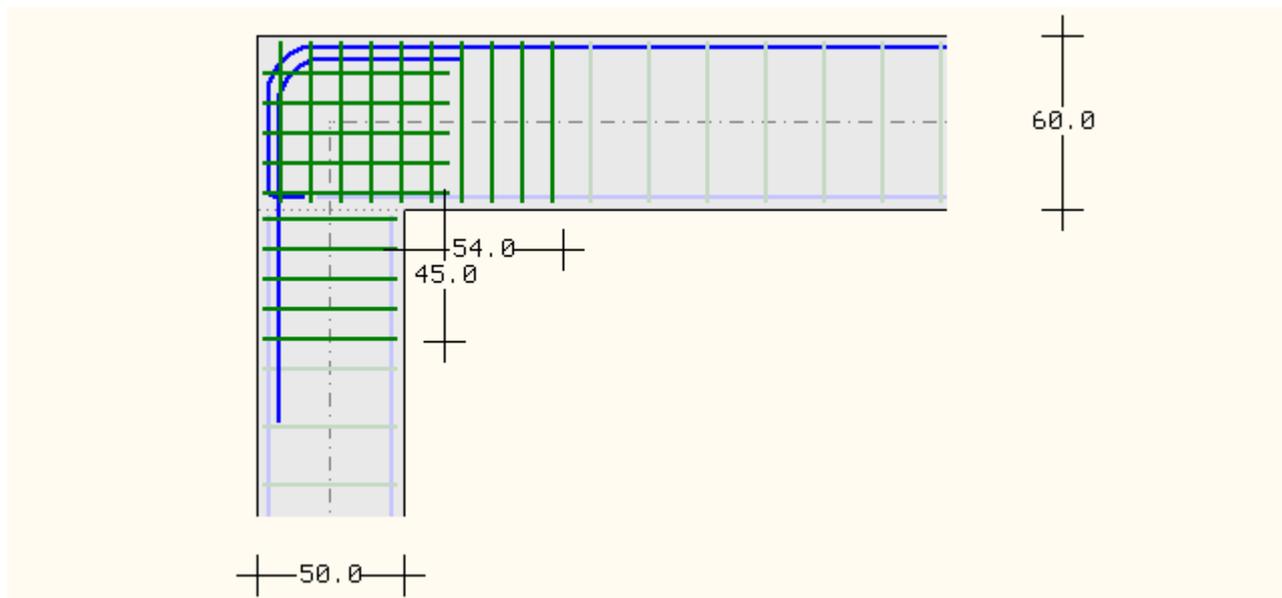


In der Rahmenecke ist auf genügend große Stababstände (Betonierfugen) zu achten!

maßstäbliche grafische Bildschirmdarstellung

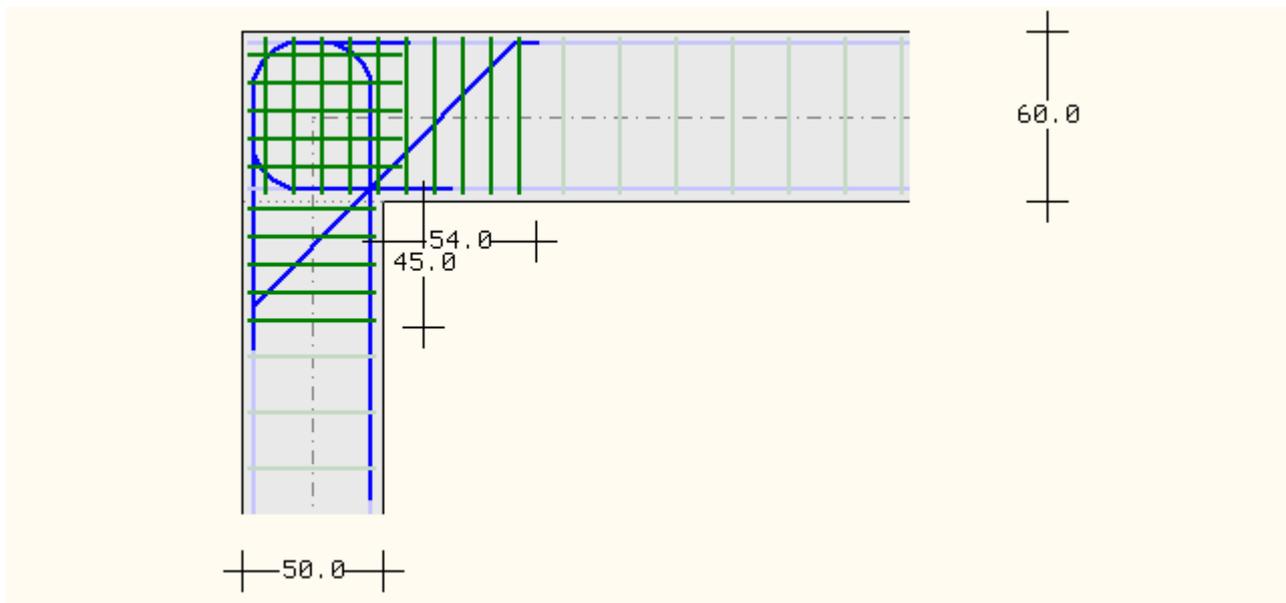
Die aus der (externen) Tragwerksberechnung folgende erforderliche Bewehrung ist in Pastell (blau für den Stabstahl, grün für die Bügel) dargestellt. Die zusätzlich erforderliche Rahmeneckbewehrung ist durch kräftige Farben gekennzeichnet. Die wesentlichen Abstände sind angegeben.

Bewehrungsbeispiel einer Rahmenecke mit schließendem Moment



Es wurde die Option der **abgebogenen Riegelzugbewehrung** gesetzt. Dadurch kann die Verankerungslänge der Verankerungsbewehrung im Riegel reduziert werden.

Bewehrungsbeispiel einer Rahmenecke mit öffnendem Moment

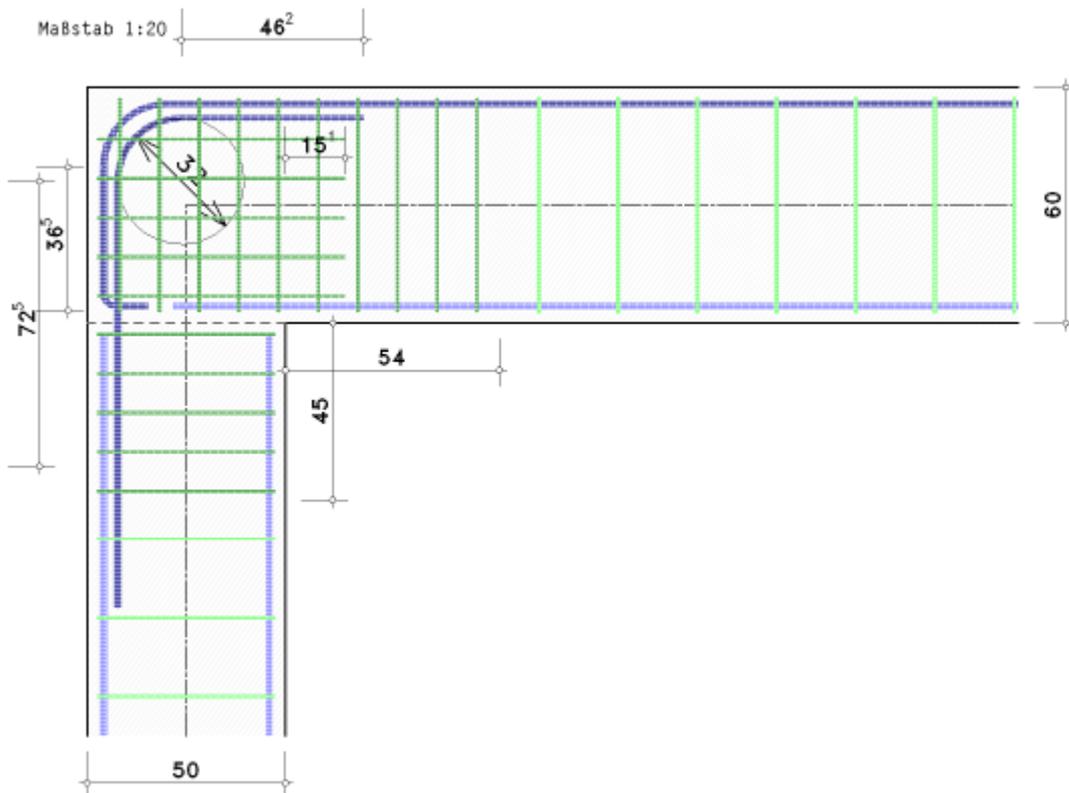


Es wurde die Option der **separaten Riegelzugverankerung** gesetzt.

Druckliste

In der Druckliste werden die gewählten Werte dokumentiert und mit den Berechnungswerten verglichen. Fehler werden gekennzeichnet.

Berechnungsbeispiel einer Rahmenecke mit schließendem Moment mit abgebogener Riegelzugbewehrung



Zunächst ist die bewehrte Rahmenecke (**Maßstab** der Grafik, s. **Ausdrucksteuerung**) sowohl in der Druckliste als auch als Bewehrungsplan maßstäblich dargestellt.

Die Systemabmessungen sowie die vorhandenen Verankerungslängen und Biegerollendurchmesser der Bewehrung sind angegeben.

Auszug:Übergreifungslängen der Verankerungsbewehrung**Stütze:**

Abminderungsbeiwert für $\rho_1 = \text{erf } A_{s,z} / \text{vorh } A_{s,cl} = 0.634$, $\varnothing_{s,z} = 16 \text{ mm}$, $\varnothing_{s,cl} = 16 \text{ mm}$:

$$\alpha_i = \alpha_1 \cdot \alpha_6 = 2.00, \alpha_1 = 1, \alpha_6 = 2.00$$

Verbundbereich gut

Bemessungswert der Verbundfestigkeit für $f_{ck} = 30.0 \text{ N/mm}^2$, $\varnothing_s = 16.0 \text{ mm}$: $f_{bd} = 3.04 \text{ N/mm}^2$

Grundwert der Verankerungslänge für $f_{yd} = 434.8 \text{ N/mm}^2$: $l_{b,rqd} = 0.25 \cdot \varnothing_s \cdot f_{yd} / f_{bd} = 57.18 \text{ cm}$

Mindestverankerungslänge für $\alpha_i = 2.00$: $l_{b,min} = \min(0.3 \cdot \alpha_i \cdot l_{b,rqd}, 15 \cdot \varnothing_s, 20 \text{ cm}) = 34.31 \text{ cm}$

Bemessungswert der Verankerungslänge für $\alpha_i = 2.00$, $A_{s,erf} = 5.10 \text{ cm}^2$, $A_{s,vorh} = 8.04 \text{ cm}^2$:

$$l_b = A_{s,erf} / A_{s,vorh} \cdot \alpha_i \cdot l_{b,rqd} = 72.47 \text{ cm}$$

Riegel:

Abminderungsbeiwert für $\rho_1 = \text{erf } A_{s,z} / \text{vorh } A_{s,bo} = 0.634$, $\varnothing_{s,z} = 16 \text{ mm}$, $\varnothing_{s,bo} = 16 \text{ mm}$:

$$\alpha_i = \alpha_1 \cdot \alpha_6 = 2.00, \alpha_1 = 1, \alpha_6 = 2.00$$

Verbundbereich für $h = 60.0 \text{ cm}$, $h_z = 7.10 \text{ cm}$: mäßig

Bemessungswert der Verbundfestigkeit für $f_{ck} = 30.0 \text{ N/mm}^2$, $\varnothing_s = 16.0 \text{ mm}$: $f_{bd} = 2.13 \text{ N/mm}^2$

Grundwert der Verankerungslänge für $f_{yd} = 434.8 \text{ N/mm}^2$: $l_{b,rqd} = 0.25 \cdot \varnothing_s \cdot f_{yd} / f_{bd} = 81.69 \text{ cm}$

Mindestverankerungslänge für $\alpha_i = 2.00$: $l_{b,min} = \min(0.3 \cdot \alpha_i \cdot l_{b,rqd}, 15 \cdot \varnothing_s, 20 \text{ cm}) = 49.01 \text{ cm}$

Bemessungswert der Verankerungslänge für $\alpha_i = 2.00$, $A_{s,erf} = 5.10 \text{ cm}^2$, $A_{s,vorh} = 8.04 \text{ cm}^2$:

$$l_b = A_{s,erf} / A_{s,vorh} \cdot \alpha_i \cdot l_{b,rqd} = 103.53 \text{ cm}$$

Biegerollendurchmesser der Verankerungsbewehrung

Biegerollendurchmesser für Stäbe: $D = 20 \cdot \varnothing_s = 32.0 \text{ cm}$ für $\min c = 33.0 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$ und $< 3 \cdot \varnothing_s = 48 \text{ mm}$

reduzierte Übergreifungslänge der Verankerungsbewehrung im Riegel

$l_{b,red} = l_b \cdot \Delta l_b = 46.2 \text{ cm}$ mit $\Delta l_b = 57.3 \text{ cm}$

Verankerungslänge der horizontalen Spaltzugbewehrung

Verbundbereich für $h = 60.0 \text{ cm}$, $h_z = 10.70 \text{ cm}$: mäßig

Bemessungswert der Verbundfestigkeit für $f_{ck} = 30.0 \text{ N/mm}^2$, $\varnothing_s = 8.0 \text{ mm}$: $f_{bd} = 2.13 \text{ N/mm}^2$

Grundwert der Verankerungslänge für $f_{yd} = 434.8 \text{ N/mm}^2$: $l_{b,rqd} = 0.25 \cdot \varnothing_s \cdot f_{yd} / f_{bd} = 40.85 \text{ cm}$

Mindestverankerungslänge für $\alpha_i = 1.00$: $l_{b,min} = \min(0.3 \cdot \alpha_i \cdot l_{b,rqd}, 10 \cdot \varnothing_s) = 12.25 \text{ cm}$

Bemessungswert der Verankerungslänge für $\alpha_i = 1.00$, $A_{s,erf} = 3.72 \text{ cm}^2$, $A_{s,vorh} = 10.05 \text{ cm}^2$:

$$l_b = A_{s,erf} / A_{s,vorh} \cdot \alpha_i \cdot l_{b,rqd} = 15.13 \text{ cm}$$

Bei Aktivierung der **Zwischenergebnisse** (s. **Ausdrucksteuerung**) wird der Rechenweg zur **Berechnung** der Verankerungs-, Übergreifungslängen und Biegerollendurchmesser eingefügt.

Durchführung der Bemessung einer Rahmenecke

Mit dem Programm 4H-EC2RB, Bemessung und Bewehrung einer Rahmenecke, können eine

- **schließende** Rahmenecke (positives Eckmoment) und
- **öffnende** Rahmenecke (negatives Eckmoment)

bemessen werden.

Die Bewehrungsstrategien sind A. Wommelsdorff, Heft 599, DAfStb, und K. Beer (s. **Literatur**) entnommen.

Die Bewehrungsführung unterscheidet sich grundlegend, da bei einer öffnenden Rahmenecke die Zugbewehrung innen (im Riegel unten, in der Stütze rechts) und bei einer schließenden Rahmenecke die Zugbewehrung außen (im Riegel oben, in der Stütze links) liegt.

Der Fokus liegt daher auf der Bewehrungsführung, lediglich bei der Zulagebewehrung sind erforderliche Mengen abzudecken.

Bedingung: Betongüte $\geq \text{C25/30}$, Betonstahlgüte $\geq \text{B500}$

schließende Rahmenecke

Die Verankerungsbewehrung wird in der 2. Bewehrungslage verlegt. Die erforderliche Bewehrung muss die maximale Zugkraft aus Riegel- und Stützenbewehrung abdecken.

$$\text{erf } A_{s,z} = \max(F_{t,c}, F_{t,b}) / f_{yd}$$

Die Spaltzugbewehrung ist mit Bügeln/Schlaufen abzudecken. Der Bügel-/Schlaufenabstand sollte 10 cm nicht überschreiten.

Vertikale Bügel sind im Riegel auf einer Länge von $\Delta h_c = 0.9 \cdot h_b$ ab Innenecke zu verlegen.

$$\text{erf } a_{s,sv} = \sum A_{s,b} / (h_c + \Delta h_b)$$

Horizontal sind auf einer Länge von $\Delta h_b = 0.9 \cdot h_c$ ab Innenecke im Riegel Schlaufen, in der Stütze Bügel anzuordnen.

$$\text{erf } a_{s,sh} = \Delta F_t / (f_{yd} \cdot (h_b + \Delta h_c))$$

Der Biegerollendurchmesser der Verankerungsbewehrung sollte möglichst groß gewählt werden, d.h. $D \geq 0.8 \cdot \min(d_b, d_c)$ bzw. $D/2 \leq \min(z_b, z_c)$

Ist der mechanische Bewehrungsgrad $\omega > 0.20$, wird die Betondruckspannung in der inneren Ecke überprüft

$$\begin{aligned} \text{Druckspannungen } \sigma_{c,b} &= F_{c,b} / A_{c,b} \dots \text{ mit } \dots A_{c,b} = b \cdot 2 \cdot (h_b - d_{1,b0} - z_b) \\ \sigma_{c,c} &= F_{c,c} / A_{c,c} \dots \text{ mit } \dots A_{c,c} = b \cdot 2 \cdot (h_c - d_{1,c1} - z_c) \end{aligned}$$

$$\text{Nachweis } U = \max(\sigma_{c,b}, \sigma_{c,c}) / f_{cd}$$

öffnende Rahmenecke

Ist der maximale Bewehrungsgrad $\rho > 0.4\%$, wird eine Zulagebewehrung zur Abdeckungen der diagonalen Zugspannungen erforderlich.

Sie wird entweder als Schrägbewehrung mit

$$\text{erf } A_{s,S} = 0.5 \cdot \max(A_{s,cr}, A_{s,bu})$$

oder als horizontale und vertikale Steckbügel (2. Bewehrungslage) mit

$$\text{erf } A_{s,bS} = 0.5 \cdot A_{s,bu} \quad \text{erf } A_{s,cS} = 0.5 \cdot A_{s,cr}$$

ausgeführt.

Die Spaltzugbewehrung ist mit Bügeln/Schlaufen abzudecken. Der Bügel-/Schlaufenabstand sollte 10 cm nicht überschreiten.

Vertikale Bügel sind im Riegel auf einer Länge von $\Delta h_c = 0.9 \cdot h_b$ ab Innenecke zu verlegen.

Horizontal sind auf einer Länge von $\Delta h_b = 0.9 \cdot h_c$ ab Innenecke im Riegel Schlaufen, in der Stütze Bügel anzuordnen.

Bei Querschnittshöhen ≥ 100 cm ist die Umlenkraft F_u der Druckkräfte in Riegel $F_{c,b}$ und Stütze $F_{c,c}$ abzudecken.

$$\text{horizontal } \text{erf } a_{s,sh} = F_u / (f_{yd} \cdot (h_b + \Delta h_c))$$

$$\text{vertikal } \text{erf } a_{s,sv} = F_u / (f_{yd} \cdot (h_c + \Delta h_b))$$

$$\dots \text{ mit } \dots F_u = (F_{c,c}^2 + F_{c,b}^2)^{0.5}$$

Verankerungs-, Übergreifungslängen und Biegerollendurchmesser

Im Programm werden die Mindestwerte der Verankerungslängen, Übergreifungslängen und Biegerollendurchmesser n. EC 2, 8 berechnet.

Biegerollendurchmesser n. EC 2-1-1, 8.3

Um eine Schädigung der Bewehrung zu vermeiden, darf der Biegerollendurchmesser von gebogenen Stäben und Schlaufen nicht kleiner sein als D_{\min} . D_{\min} ist n. EC 2-1-1, Tab. 8.1N, bzw. EC 2-1-1/NA-DE, Tab. 8.1DE, festgelegt.

EC 2-1-1, Tab. 8.1N - für Stäbe und Draht

Stabdurchmesser	Mindestwerte der Biegerollendurchmesser D_{\min} für Haken, Winkelhaken und Schlaufen
$\phi \leq 16$ mm	4 ϕ
$\phi > 16$ mm	7 ϕ

EC 2-1-1/NA-DE, Tab. 8.1DE - für Stäbe

Mindestwerte der Biegerollendurchmesser für Haken, Winkelhaken, Schlaufen, Bügel		Mindestwerte der Biegerollendurchmesser für Schrägstäbe oder andere gebogene Stäbe		
Stabdurchmesser in mm		Mindestwerte der Betondeckung rechtwinklig zur Biegeebene		
$\phi < 20$	$\phi \geq 20$	$> 100 \text{ mm}$ und $> 7 \phi$	$> 50 \text{ mm}$ und $> 3 \phi$	$\leq 50 \text{ mm}$ oder $\leq 3 \phi$
4ϕ	7ϕ	10ϕ	15ϕ	20ϕ

Für Stäbe ist n. EC 2-1-1, 8.3(3), der Biegerollendurchmesser zu erhöhen auf (nicht NA-DE)

$$D_{\min} \geq F_{bt} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_b} + \frac{1}{2 \cdot \Phi} \right) / f_{cd} \dots \text{ mit } \dots$$

F_{bt} Zugkraft im GZT in einem Stab oder Stabbündel am Anfang der Stabbiegung

α_b für einen bestimmten Stab (Stabbündel) der halbe Schwerpunktabstand zwischen den Stäben (Stabbündeln) senkrecht zur Biegungsebene. Für einen Stab (Stabbündel) in der Nähe der Oberfläche eines Bauteils ist i.d.R. α_b mit $\Phi/2$ zzgl. der Betondeckung anzunehmen.

Der Wert für f_{cd} darf i.d.R. nicht größer als derjenige für die Betonfestigkeitsklasse C55/67 angenommen werden.



Diese Bedingung wird nicht überprüft!

Verankerung der Längsbewehrung n EC 2-1-1, 8.4

Bewehrungsstäbe müssen so verankert werden, dass ihre Verbundkräfte ohne Betonschädigungen in den Beton eingeleitet werden.

Hier werden nur Zugverankerungen ohne Querbewehrung und angeschweißte Querstäbe sowie ohne Querdruck betrachtet.

N. 8.4.4(1) wird der Bemessungswert der Verankerungslänge ermittelt mit

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min} \dots \text{mit } \dots$$

$$l_{b,rqd} = (\Phi/4) \cdot (\sigma_{sd} / f_{bd}) \quad \text{Grundwert der Verankerungslänge}$$

σ_{sd} vorh. Stahlspannung des Stabes im GZT am Beginn der Verankerungslänge

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} \quad \text{Bemessungswert der Verbundfestigkeit} \dots \text{mit } \dots$$

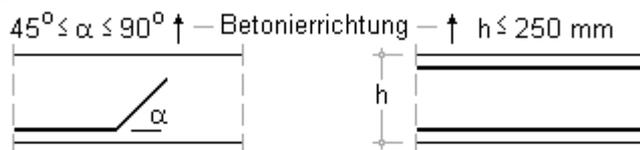
$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0.05} / \gamma_C \quad \text{Bemessungswert der Betonzugfestigkeit mit } f_{ctk,0.05} \leq f_{ctk,0.05}(60/75)$$

η_1 Beiwert, der die Qualität der Verbundbedingungen und die Lage der Stäbe während des Betonierens berücksichtigt

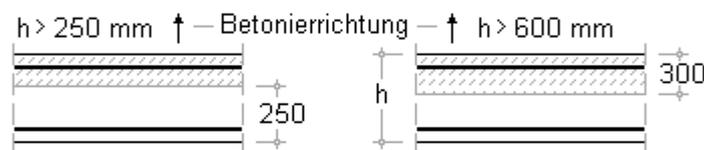
$\eta_1 = 1.0$ bei "guten" Verbundbedingungen für alle Stäbe

$\eta_1 = 0.7$ für alle anderen Fälle

"gute" Verbundbedingungen für alle Stäbe



unschraffierter Bereich - "gute" Verbundbedingungen
schraffierter Bereich - "mäßige" Verbundbedingungen



η_2 Beiwert zur Berücksichtigung des Stabdurchmessers

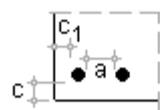
$\eta_2 = 1.0$ für $\phi \leq 32$ mm

$\eta_2 = (132 - \phi) / 100$ für $\phi > 32$ mm

Beiwerte α_i $\alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1$

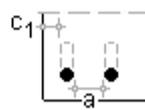
Einflussfaktor	Verankerungsart	Bewehrungsstab unter Zug
Stabform	gerade	$\alpha_1 = 1.0$
	gebogen	$\alpha_1 = 0.7$ für $c_d > 3\phi$ andernfalls $\alpha_1 = 1.0$
Betondeckung	gerade	$\alpha_2 = 1 - 0.15 \cdot (c_d - \phi) / \phi$ $\geq 0.7 \dots$ und $\dots \leq 1.0$
	gebogen	$\alpha_2 = 1 - 0.15 \cdot (c_d - 3\phi) / \phi$ $\geq 0.7 \dots$ und $\dots \leq 1.0$

... mit ...



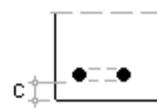
gerade Stäbe

$$c_d = \min(a/2, c_1, c)$$



(Winkel) Haken

$$c_d = \min(a/2, c_1)$$



Schlaufen

$$c_d = c$$

Die Mindestverankerungslänge für Zugverankerungen beträgt

$$l_{b,min} \geq \max\{0.3 \cdot l_{b,rqd}; 10\phi; 100 \text{ mm}\}$$

Unterschiede zum NA-DE

Berechnung der Verbundfestigkeit: Der gute Verbundbereich geht bis 300 mm (anstelle 250 mm).

Berechnung der Mindestverankerungslänge

$$l_{b,\min} \geq \max(\alpha_1 \cdot \alpha_4 \cdot 0.3 \cdot l_{b,rqd}, 10 \phi)$$

$$l_{b,\min} \geq \max(\alpha_1 \cdot \alpha_4 \cdot 0.3 \cdot l_{b,rqd}, 2/3 \cdot 10 \phi) \quad \text{bei direkter Lagerung}$$

$$l_{b,rqd} = (\phi/4) \cdot (f_{yd}/f_{bd})$$

Bemessungswert der Verankerungslänge

bei Schlaufenverankerungen mit $c_d > 3 \phi$ und mit Biegerollendurchmesser $D \geq 15 \phi$ darf $\alpha_1 = 0.5$ angesetzt werden

Übergreifungslänge n EC 2-1-1, 8.7.3

Die bauliche Durchbildung von Stößen zwischen Stäben muss so ausgeführt werden, dass die Kraftübertragung zwischen den Stäben sichergestellt ist und keine Betonschädigungen auftreten.

N. 8.7.3(1) wird der Bemessungswert der Übergreifungslänge ermittelt mit

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,\min} \dots \text{mit} \dots$$

dem Grundwert der Verankerungslänge $l_{b,rqd}$ und den Beiwerten $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_5$ s.o.

$$\alpha_6 = (\rho_1/25)^{0.5} \leq 1.5 \text{ bzw. } \geq 1.0$$

ρ_1 Prozentsatz der innerhalb von $0.65 \cdot l_0$ (gemessen ab der Mitte der betrachteten Übergreifungslänge) gestoßenen Bewehrung

hier: $\rho_1 = \text{erf } A_s / \text{vorh } A_s \cdot 100 \%$

Die Mindestverankerungslänge für Zugverankerungen beträgt

$$l_{0,\min} \geq \max(0.3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}, 15 \phi, 200 \text{ mm})$$

Unterschiede zum NA-DE

Berechnung der Verbundfestigkeit: Der gute Verbundbereich geht bis 300 mm (anstelle 250 mm).

Berechnung der Mindestverankerungslänge

$$l_{0,\min} \geq \max(0.3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}, 15 \phi, 200 \text{ mm})$$

Bemessungswert der Verankerungslänge

Der Beiwert α_6 wird Tab. 8.3DE entnommen (Sonderregeln werden hier nicht berücksichtigt)

Stoß	Stab- ϕ	Stoßanteil einer Bewehrungslage	
		$\leq 33 \%$	$> 33 \%$
Zug	< 16	1.2	1.4
	≥ 16	1.4	2.0

Schnittgrößenimport bei einer Rahmenecke

Die statische Berechnung eines Bauteils beinhaltet i.A. die Modellbildung mit anschließender Berechnung des Tragsystems sowie nachfolgender Einzelnachweise von Detailpunkten.

Bei der Beschreibung eines Details sind die zugehörigen Schnittgrößen aus den Berechnungsergebnissen des Tragsystems zu extrahieren und dem Detailnachweis zuzuführen.

In der 4H-Programmorganisation gibt es hierzu verschiedene Vorgehensweisen

- zum einen können Tragwerks- und Detailprogramm fest miteinander verbunden sein, d.h. die Schnittgrößenübergabe erfolgt intern. Es sind i.A. keine weiteren Eingaben (z.B. Geometrie) notwendig, aber auch möglich (z.B. weitere Belastungen), die Programme bilden eine Einheit.

Dies ist z.B. bei dem 4H-Programm *Stütze mit Fundament* der Fall.

- zum anderen können Detailprogramme Schnittgrößen von in Tragwerksprogrammen speziell festgelegten Exportpunkten über ein zwischengeschaltetes Export/Import-Tool einlesen.

Das folgende Beispiel einer Rahmenecke erläutert diesen 4H-Schnittgrößen-Export/Import.

Zunächst sind im exportierenden 4H-Programm (hier 4H-NISI) die Stellen zu kennzeichnen, deren Schnittgrößen beim nächsten Rechenlauf exportiert, d.h. für den Import bereitgestellt, werden sollen.

Um das Anschlussprogramm sinnvoll einsetzen zu können, sollte bereits bei der Modellbildung im Stabwerksprogramm darauf geachtet werden, dass die Profile nur über die starken Achsen abtragen.

In diesem Beispiel sollen die Schnittgrößen für eine Rahmenecke übergeben werden.

Dazu ist je ein Kontrollpunkt am Riegelknoten (hier: Stabanfang) und am Stützenknoten (hier: Stabende) zu setzen.

Ausführliche Informationen zum Export entnehmen Sie bitte dem DTE[®]-[Schnittgrößenexport](#).

Bei Rahmenecken (Träger-Stützenverbindung am Stützenende) sind zwei Schnitte (*Riegel, Stütze*) zu setzen.

Nach einer Neuberechnung des Rahmens stehen die Exportschnittgrößen dem aufnehmenden 4H-Programm (z.B. 4H-EC2RB) zum Import zur Verfügung.



aus dem aufnehmenden 4H-Programm wird nun über den [Import](#)-Button das Fenster zur DTE[®]-[Bauteilauswahl](#) aufgerufen

Zunächst erscheint ein Infofenster, das den Anwender auf die wesentlichen Punkte hinweist.

Es besteht die Möglichkeit, den Import an dieser Stelle abubrechen, um ggf. das exportierende Programm entsprechend vorzubereiten.

Nach [Bestätigen](#) des Infofensters wird die DTE[®]-Bauteilauswahl aktiviert.

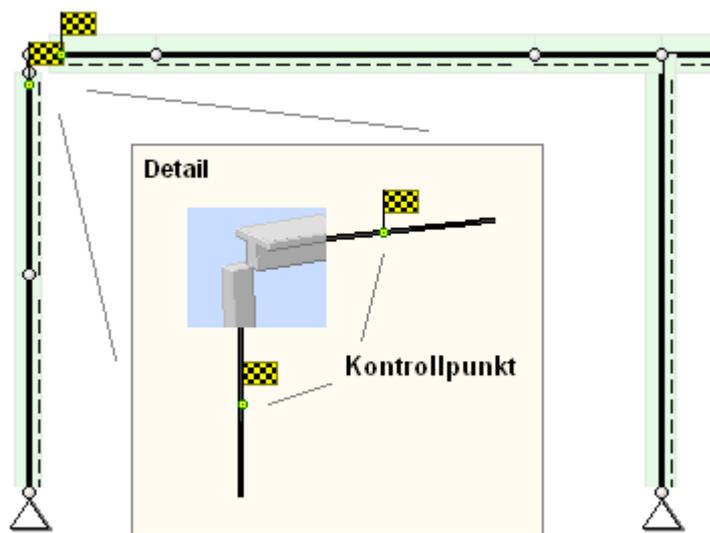
Zur eindeutigen Beschreibung der Rahmenecke sind zwei Schnitte (Riegel, Stütze) festzulegen. Im exportierenden 4H-Programm müssen also **2 zugehörige Schnitte definiert sein, damit** Schnittgrößenimport und -transformation korrekt durchgeführt werden können. Es können maximal 10000 Lastkombinationen mit je 3 Werten in die Tabelle übernommen werden.

In der Bauteilauswahl werden alle berechneten Bauteile nach Verzeichnissen sortiert dargestellt, wobei diejenigen, die Schnittgrößen exportiert haben, dunkel gekennzeichnet sind.

Export Bsp.	3D-Stabtragwerk
FRAP 2 EC3BT	Detailnachweise
Import Frap	3D-Stabtragwerk
Import Nisi	2D-Rahmen
NISI-Voute	2D-Rahmen
Plaba	Durchlaufträger (Beto...
Grundkomponenten Bsp. L	Detailnachweise

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

In der *Identifizierungsphase* der Schnittgrößenauswahl werden alle verfügbaren Schnitte des ausgewählten Bauteils angezeigt, wobei diejenigen Schnitte deaktiviert sind, deren Material nicht kompatibel mit dem Detailprogramm ist.



nicht identifiziert	☹️	Punkt 1: Stab 2 bei s = 0.00 m	🏗️ Riegel links Material: Stahlbeton, Querschnitt: Rechteck mit b=40,0cm, h=60,0cm
Stütze	😬	Punkt 2: Stab 3 bei s = 0.00 m	🏗️ Stütze rechts Material: Stahlbeton, Querschnitt: Rechteck mit b=40,0cm, h=50,0cm
nicht identifiziert	☹️	Punkt 3: Stab 4 bei s = 3.50 m	🏗️ Stütze links Material: Stahlbeton, Querschnitt: Rechteck mit b=40,0cm, h=50,0cm
nicht identifiziert	☹️	Punkt 4: Stab 8 bei s = 7.00 m	🏗️ Stütze mittig Material: Stahlbeton, Querschnitt: Rechteck mit b=40,0cm, h=50,0cm
	☹️	Punkt 5: Stab 10 bei s = 2.00 m	🏗️ Riegel mittig Material: Stahl, Querschnitt: Profil: IPE240
nicht identifiziert	☹️	Punkt 6: Stab 12 bei s = 2.00 m	🏗️ Riegel rechts Material: Stahlbeton, Querschnitt: Rechteck mit b=40,0cm, h=60,0cm

Nun werden die Schnitte den einzelnen Abteilungen in der Schnittgrößentabelle (hier *Riegel*, *Stütze*) zugeordnet.

Dazu wird der entsprechende Eintrag (hier *Punkt 2*) angewählt und der zugehörigen Zeile in der dann folgenden Tabelle zugewiesen (hier *Stütze*).

Ist eine Abteilung festgelegt, werden die in Frage kommenden möglichen Alternativen für die noch nicht festgelegte Abteilung mit einem Pfeil gekennzeichnet.

☒ sind nicht ausreichend Schnitte vorhanden, kann die DTE[®]-Schnittgrößenauswahl nur über den **abbrechen**-Button verlassen werden, ein Import ist dann nicht möglich.

Zur visuellen Kontrolle werden in einem nebenstehenden Fenster die definierten Schnitte angezeigt.



➡ erst wenn sämtliche Schnitte zugeordnet sind, ist die Identifizierungsphase abgeschlossen und die *Schnittgrößenauswahl* folgt.

Es werden die verfügbaren Schnittgrößenkombinationen der gewählten Schnitte angeboten, die über das '+'-Zeichen am linken Rand aufgeklappt werden können.

Riegel		Punkt 6: Stab 12 bei s = 2.00 m						
🏗️ Riegel		Material: Stahlbeton, Querschnitt: Rechteck mit b=40,0cm, h=60,0cm						
	N	V _η	V _ζ	T	M _η	M _ζ	Komme	
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm		
⊕	Lastfallergebnisse							
⊕	Nachweis 1: EC 2 Bemessung							
⊖	Nachweis 2: EC 2 Knicksicherheit ✅ alle							
⊖	Generierung 1: Generierungsvorschrift 1 ✅ alle							
⊖	↻ LK 1	-20.86	0.00	-97.55	0.00	-86.01	0.00	Lf1+1.5
⊖	↻ LK 2	-26.07	0.00	-123.91	0.00	-109.22	0.00	1.35*L1
⊖	↻ LK 3	-22.79	0.00	-99.30	0.00	-91.69	0.00	Lf1+1.5
⊖	↻ LK 4	-28.07	0.00	-125.46	0.00	-115.03	0.00	1.35*L1
⊖	↻ LK 5	-14.25	0.00	-98.50	0.00	-87.18	0.00	Lf1+1.5
⊖	↻ LK 10	-27.53	0.00	-116.60	0.00	-109.70	0.00	1.35*L1
⊖	↻ LK 8	-23.84	0.00	-97.20	0.00	-92.98	0.00	1.35*L1
⊖	↻ LK 6	-19.48	0.00	-125.10	0.00	-110.68	0.00	1.35*L1
⊖	↻ LK 7	-18.27	0.00	-72.51	0.00	-70.61	0.00	Lf1+1.5
⊖	↻ LK 9	-22.02	0.00	-91.87	0.00	-87.34	0.00	Lf1+0.7
⊖	Zusammenfassung Nachweis 2 ✅ alle							
⊖	↻ min N	-28.07	0.00	-125.46	0.00	-115.03	0.00	Gr1[4]:1
⊖	↻ max N	-4.57	0.00	-71.49	0.00	-64.19	0.00	Gr1[11]:1
⊖	↻ min Q	-28.07	0.00	-125.46	0.00	-115.03	0.00	Gr1[4]:1
⊖	↻ max Q	-4.57	0.00	-71.49	0.00	-64.19	0.00	Gr1[11]:1
⊖	↻ min M	-28.07	0.00	-125.46	0.00	-115.03	0.00	Gr1[4]:1
⊖	↻ max M	-4.57	0.00	-71.49	0.00	-64.19	0.00	Gr1[11]:1
⊕	Stütze		Punkt 2: Stab 3 bei s = 0.00 m					

Die Kombinationen können beliebig zusammengestellt werden.

über den nebenstehend dargestellten Button kann die Anzahl an Schnittgrößenkombinationen durch Abwahl



doppelter Zeilen häufig stark reduziert werden

Wenn eine Reihe von Anschlüssen gleichartig ausgeführt werden soll, können in einem Rutsch weitere Schnittgrößen anderer Schnitte aktiviert und so bis zu 10.000 Kombinationen übertragen werden.



wird das Import-Modul über den **bestätigen**-Button verlassen, werden die Schnittgrößen übernommen und für das importierende Programm aufbereitet



pcae gewährleistet durch geeignete Transformationen, dass die Schnittgrößen sowohl im KOS des importierenden Programms vorliegen, als auch - bei mehrschnittigen Verbindungen - einander zugehörig sind, d.h. dass Träger- und Stützenschnittgrößen aus derselben Faktorisierungsvorschrift entstanden sind.

In einem Infowindow werden die eigene Auswahl fett und die aus der Faktorisierungsvorschrift berechneten Schnittgrößen eines anderen Schnitts in normaler Schriftgröße dargestellt.

Riegel						Stütze					
N	V_{η}	V_{ζ}	T	M_{η}	M_{ζ}	N	V_{η}	V_{ζ}	T	M_{η}	M_{ζ}
-26.07	0.00	-123.91	0.00	-109.22	0.00	-123.86	0.00	26.23	0.00	-109.22	0.00
-14.25	0.00	-98.50	0.00	-87.18	0.00	-98.47	0.00	14.39	0.00	-87.18	0.00
-28.07	0.00	-125.46	0.00	-115.03	0.00	-125.40	0.00	28.24	0.00	-115.03	0.00
-4.57	0.00	-71.49	0.00	-64.19	0.00	-71.49	0.00	4.68	0.00	-64.19	0.00

Auch an dieser Stelle besteht wieder die Möglichkeit, doppelt vorkommende Zeilen zu ignorieren.

Es wurden zu den ausgewählten Extremalwerten die jeweils zugehörigen Schnittgrößen ermittelt.

Sollen doppelte Zeilen gelöscht werden?

Das aufnehmende Programm erweitert nun die Schnittgrößentabelle um die ausgewählten Lastkombinationen.

nein

ja

	$N_{j,b,Ed}$ kN	$M_{j,b,Ed}$ kNm	$V_{j,b,Ed}$ kN	Bezeichnung
1:	-26.1	-109.2	123.9	Import Lk 1
2:	-14.2	-87.2	98.5	Import Lk 2
3:	-28.1	-115.0	125.5	Import Lk 3
4:	-4.6	-64.2	71.5	Import Lk 4

Bei der Übernahme erfolgen Plausibilitätschecks und ggf. Meldungen.



Eine Aktualisierung der importierten Schnittgrößenkombinationen, z.B. aufgrund einer Neuberechnung des exportierenden Tragwerks, erfolgt nicht!

Ausdrucksteuerung

Eingabeparameter und Ergebnisse werden in einer Druckliste ausgegeben, deren Umfang über die folgenden Optionen beeinflusst werden kann

Für die Detail-Position können **Vorbemerkungen** in das Druckdokument eingefügt werden. Der Text kann in den dafür vorgesehenen Text-Editor (erreichbar über) eingegeben werden. Die benötigte Zeilenanzahl wird angegeben.

Es kann eine maßstäbliche **grafische Darstellung** des Querschnitts in die Liste eingefügt werden.

Der **Maßstab** kann entweder vorgegeben werden, oder die Zeichnung wird im Falle einer Eingabe von Null größtmöglich in den dafür vorgesehenen Platz gesetzt.

Eingabeprotokoll

- Vorbemerkungen (3 Zeilen)
- Grafik im Maßstab 1:
- Eingabeparameter
- Materialsicherheitsbeiwerte
- zusätzliche Informationen
- Parameter des nationalen Anhangs
- Vorschriften

Anschließend werden die **Eingabeparameter** und die **Materialsicherheitsbeiwerte** bzw. **Bemessungsgrößen** ausgedruckt.

I.A. reicht die Ausgabe der Beton- und Betonstahlsorte aus; bei Aktivierung der **zusätzlichen Informationen** werden zudem die Rechenparameter ausgegeben.

Im Anschluss an die Ergebnisse sind die zur Bemessung des Querschnitts maßgebenden **Parameter des nationalen Anhangs** angeordnet.

Zum Schluss kann eine Liste der verwendeten **Vorschriften** (Normen) abgedruckt werden.

Ergebnisse

- ausführlich
 standard
 minimal

Der Umfang der Ergebnisdarstellung kann **ausführlich**, **standard** oder **minimal** sein.

- eine ausführliche Ergebnisausgabe beinhaltet die Ausgabe sämtlicher verwendeter Formeln, um Schritt für Schritt den Lösungswert nachzuvollziehen
- ist dagegen die Ergebnisausgabe minimal, wird nur das Endergebnis ohne weiteren Kommentar ausgedruckt
- im Normalfall reicht die Standardausgabe, bei der nur die wichtigsten Zwischenwerte zusätzlich zum Endergebnis ausgegeben werden

Bei einer großen Anzahl an Lastkombinationen ist es sinnvoll, die Ergebnisse in sehr kompakter Form **tabellarisch** auszugeben.

- tabellarisch
 maßgebende Lastkombination (max p) detailliert
 Lastkombination detailliert: Nr.
 keine detaillierte Ausgabe

Optional kann die **maßgebende Lastkombination**, die zur maximalen Bewehrung (max p) geführt hat, in der Standard-Form angefügt werden.

Alternativ kann es sinnvoll sein, den Berechnungsablauf einer frei wählbaren Lastkombination ausgeben zu lassen.

- maßgebende Lastkombination (max p)
 Lastkombination detailliert: Nr.

Es kann auch **keine detaillierte Ausgabe** erfolgen.

Neben der tabellarischen Ausgabe kann auch nur die **maßgebende Lastkombination** oder eine frei gewählte Lastkombination protokolliert werden.

Um den Umfang des Berechnungsprotokolls zu reduzieren, kann die Ausgabe von **Zwischenergebnissen** und/oder **Erläuterungsskizzen** unterdrückt werden.

- Zwischenergebnisse
 Erläuterungsskizzen

Das Abschalten der Erläuterungsskizzen betrifft nicht die Ausgabe der Übersichtsgrafik (s.o.).

Das Statikdokument wird in strukturierter Form durchnummeriert, die auch mit dem **pcae**-eigenen

- Abschnittsnummerierung unterdrücken

Verwaltungsprogramm **PROLOG** korrespondiert. Optional kann die **Abschnittsnummerierung unterdrückt** werden.

Nationale Anhänge zu den Eurocodes

Die Eurocode-Normen gelten nur in Verbindung mit ihren **nationalen Anhängen** in dem jeweiligen Land, in dem das Bauwerk erstellt werden soll.

Für ausgewählte Parameter können abweichend von den Eurocode-Empfehlungen (im Eurocode-Dokument mit 'ANMERKUNG' gekennzeichnet) landeseigene Werte bzw. Vorgehensweisen angegeben werden.

In **pcae**-Programmen können die veränderbaren Parameter in einem separaten Eigenschaftsblatt eingesehen und ggf. modifiziert werden.

Dieses Eigenschaftsblatt dient dazu, dem nach Eurocode zu

bemessenden Bauteil ein nationales Anwendungsdokument (NA) zuzuordnen.

NAe enthalten die Parameter der nationalen Anhänge der verschiedenen Eurocodes (EC 0, EC 1, EC 2 ...) und ermöglichen den **pcae**-Programmen das Führen normengerechter Nachweise, obwohl sie von Land zu Land unterschiedlich gehandhabt werden.

NAe enthalten die Parameter der nationalen Anhänge der verschiedenen Eurocodes (EC 0, EC 1, EC 2 ...) und ermöglichen den **pcae**-Programmen das Führen normengerechter Nachweise, obwohl sie von Land zu Land unterschiedlich gehandhabt werden.

Die EC-Standardparameter (Empfehlungen ohne nationalen Bezug) wie auch die Parameter des deutschen nationalen Anhangs (NA-DE) sind grundsätzlich Teil der **pcae**-Software.

Darüber hinaus stellt **pcae** ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem weitere NAe aus Kopien der bestehenden NAe erstellt werden können. Dieses Werkzeug, das über ein eigenes Hilfedokument verfügt, wird normalerweise aus der Schublade des DTE[®]-Schreibtisches heraus aufgerufen. Einen direkten Zugang zu diesem Werkzeug liefert die kleine Schaltfläche hinter dem **Schraubenziehersymbol**.



zur Hauptseite [4H-EC2RB](#), Bemessung von Rahmenecken



© **pcae** GmbH Kopernikusstr. 4A 30167 Hannover Tel. 0511/70083-0 Fax 70083-99 Mail dte@pcae.de