



# KONZEPTTRAINING FÜR FORTGESCHRITTENE Beton

Alle Informationen in diesem Dokument können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Kein Teil dieses Handbuchs darf ohne vorherige schriftliche Zustimmung des Herausgebers reproduziert, in einer Datenbank oder einem Abrufsystem gespeichert oder in irgendeiner Form oder auf irgendeine Weise elektronisch, mechanisch, durch Druck, Fotoprint, Mikrofilm oder ein anderes Medium veröffentlicht werden. SCIA haftet nicht für direkte oder indirekte Schäden aufgrund von Unvollkommenheiten in der Dokumentation und/oder der Software.

© Copyright 2023 SCIA nv. Alle Rechte vorbehalten.

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsv	erze	eichnis.		
Kapitel	1: M	laterialie	ən5	
	1.1	. Nach	weis mittels Teilsicherheitsbeiwertverfahren	5
	1.2	. Beto	n	6
		1.2.1.	Festigkeit (Art. 3.1.2)	6
		1.2.2.	Bemessungsdruck- und Zugfestigkeiten §3.1.6	. 11
		1.2.3.	Elastische Verformung (Art. 3.1.3)	. 12
		1.2.4.	Kriechen und Schwinden (Artikel 3.1.4)	. 13
		1.2.5.	Spannungs-Dehnungs-Beziehungen für die Querschnittsbemessung (Art. 3.1.7)	. 17
	1.3	. Bewe	ehrungsstahl	. 18
		1.3.1.	Eigenschaften (Art. 3.2.2)	. 18
		1.3.2.	Bemessungsannnahmen (Art. 3.2.7)	. 19
	1.4	. Daue	rhaftigkeit und Deckung der Bewehrung	. 20
		1.4.1.	Umweltbedingungen (Art. 4.2)	. 20
		1.4.2.	Nachweisverfahren (Art. 4.4)	. 22
Kapitel	2: B	emessu	ing und Nachweis29	
	2.1	Anal	ysemodelle	. 29
		2.1.1	Eurocode	. 29
		2.1.2	SCIA Engineer	. 29
		2.1.3	Beispiel	. 32
	2.2	Balk	enbemessung	. 33
	2	2.2.1	Beschreibung des verwendeten Beispiels	. 33
		2.2.2	Neu berechnete Schnittgrößen	. 33
		2.2.3	Theoretische Bewehrung	. 41
		2.2.4	Praktische Bewehrung	. 53
		2.2.5	Umwandlung der theoretischen Bewehrung in praktische Bewehrung	. 58
		2.2.6	Nachweis	. 61
	2.3	Stütz	zenbemessung	. 88
		2.3.1	Bewehrungsbemessungsverfahren	. 88
		2.3.2	Ermittlung der Schnittgrößen	105
	2.4	Platt	enbemessung	118
	:	2.4.1	Verwendetes Beispiel	118
	:	2.4.2	Ergebnisse für die lineare Berechnung	122
	:	2.4.3	Betoneinstellungen	128
	:	2.4.4	Bemessung im GZT	129
		2.4.5	Bemessung von 2D-Teilen im GZG – Rissbreite und Spannungsbegrenzung	146

	2.4.6	Rissbreitennachweis	150
2.	5 Durc	hstanzen	154
	2.5.1	Theoretischer Hintergrund	154
	2.5.2	Durchstanznachweis	160
2.	6 Norm	nenabhängige Verformung (NAV)	170
	2.6.1	Erklärung	170
	2.6.2	Kombinationstypen für NAV	171
	2.6.3	Bewehrungstyp	172
	2.6.4	Berechnung der Steifigkeit von 1D-Elementen	173
	2.6.5	Berechnung der Steifigkeit von 2D-Elementen	176
	2.6.6	Parameter für die Berechnung der Schwinddehnung	179
	2.6.7	Verformungsberechnung	180
Kapitel 3:	Änderung	g der Ergebnisse1	81
3.	1 Lage		181
	3.1.1	In Knoten Direktwerte	181
	3.1.2	Mittelwert auf Element	181
	3.1.3	Mittelwert in Knoten	182
	3.1.4	Mittelwert in Knoten teilbezogen	182
	3.1.5	Genauigkeit der Ergebnisse	182
3.	2 Mitte	lwertstreifen	183
3.	3 Ripp	e	186
	3.3.1	Ergebnisse in Rippen	186
	3.3.2 Normen	Steifigkeit der Rippen in der Berechnung der normenabhängigen Normenabhä 194	angigen

# **Kapitel 1: Materialien**

# 1.1. Nachweis mittels Teilsicherheitsbeiwertverfahren

Vgl. Artikel 2.4.2.4

Teilsicherheitsbeiwerte für Werkstoffe für die Grenzzustände der Tragfähigkeit,  $\gamma_c$  und  $\gamma_s$ , sollten verwendet werden.

Die empfohlenen Werte für  $\gamma c$  und  $\gamma s$  für 'ständig & vorübergehend' und 'bedingte Bemessungssituationen' sind in der folgenden Tabelle angegeben. Dies sind nicht für die Bemessung für Feuereinwirkung gültig, wobei auf EN 1992-1-2 bezogen werden sollte.

Für den Ermüdungsnachweis werden die Teilbeiwerte für ständige Bemessungssituationen gemäß dieser Tabelle für die Werte von gc, fat und gs, fat empfohlen genutzt genutzt.

Design situations	$\gamma_{\rm C}$ for concrete	$\gamma_{\rm S}$ for reinforcing steel	$\gamma_{\rm S}$ for prestressing steel
Persistent & Transient	1,5	1,15	1,15
Accidental	1,2	1,0	1,0

Diese Werte finden Sie auch in den Einstellungen für Beton des Nationalanhangs:

		×
N mein eton etonbewehrung orspannbewehrung orspannbewehrung auerhaftigkeit und Deckung des ZT - Allgemein ZT - Durchstanzen ZG - Allgemein ZG - Vorspannung spannnungsbegrenzung währenc pannnungsbegrenzung währenc vick.max 4 a.c Be 4 a.c Be	Name Standaard EN Name Standaard EN Name Standaard EN Sta	
Aktualisieren	Beiwert zur Berechnung des Verhältni Standard NAD Parameter einleser	V OK Abbruch
	<ul> <li>Memein Reton</li> <li>Setonbewehrung /orspannbewehrung /orspannbewehrung /orspannbewehrung /orspannbewehrung</li> <li>Beton</li> <li>Allgemein</li> <li>Beton</li> <li>Mationala</li> <li>EN_1992</li> <li>YGH - Tei</li> <li>YGH - Tei</li> <li>YGH - Tei</li> <li>Good Beiter</li> <li>Acc - Beiter</li></ul>	IN       Name       Standbaard EN         emein       *       Beton         Verspannbewehrung       •       Allgemein         Oauerhaftigkeit und Deckung des       •       Nationalanhang         SZT - Allgemein       •       Nationalanhang         SZT - Allgemein       •       Nationalanhang         SZG - Allgemein       •       EN_1992_1_1         SZG - Vorspannung       Wert[-]       1,00         Spannungsbegrenzung währeng       •       Tc - Teilbeiwert für die Bemessungswerte des         SZG - Vorspannungsbegrenzung im GZG       •       *         Kutktie Auflagen       Wert[-]       1,50 / 1,20         * de Beiwert für die Langzeiteffekte auf die D       •         Wert [-]       1,00       *         * date       D-Teile und plattenartige Stäbe       Wert [-]       1,00         Ourchstanzen       *       *       *         Stabe       D-Teile und plattenartige Stäbe       Wert [-]       1,00         Ourchstanzen       *       *       *         *       *       *       *       *         Ourchstanzen       *       *       *       *         Ourch stanzen       *       *

E Beton-Einstellungen	×
<ul> <li>Teile</li> <li>1D </li> <li>2D </li> <li>Werte</li> <li>NA Gebäude </li> <li>Typ der Funktionalität</li> <li>Hohlkörperbalken </li> <li>Vorspannung </li> <li>GZG</li> <li>GZG - Jürgemein</li> <li>GZG - Vorspannung während</li> <li>Spannungsbegrenzung während</li> <li>Spannungsbegrenzung während</li> <li>Spannungsbegrenzung im GZG</li> <li>Konstruktive Auflagen</li> <li>Allgemein konstruktive Auflagen</li> <li>Stätzen</li> <li>Stätzen</li> <li>Stätzen</li> <li>Stätzen</li> <li>Stätzen</li> </ul>	Name       Standbard EN         •       Beton         •       Name         •       Beton         •       Beton         •       Nationalanhang         •       Name         •       Nationalanhang         •       Yo         •       Sud/*uk - Verhaltnis der Bemessungs- und cha         •       Mert []       0,90         •       fyk.up       Wert []         •       Dauerhaftigkeit und Deckung des Betons         •       GZG       E         •       Konstruktive Auflagen
aufheben	

Alle Werte im Zusammenhang mit der Norm werden grün auf dem Bildschirm dargestellt. Standardmäßig werden die Werte der ausgewählten Norm verwendet.

Die Werte für Teilbeiwerte für Werkstoffe für die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sollten an die in den speziellen Klauseln dieser Euronorm angegebenen Werte angenommen werden.

Der empfohlene Wert für yc und ys im Grenzzustand der Gebrauchsfähigkeit für Situationen, die nicht von bestimmten Abschnitten dieses Eurocode erfasst werden, ist 1,0.

Untere Werte von  $\gamma c$  und  $\gamma s$  können verwendet werden, wenn sie durch Maßnahmen begründet werden, die die Unsicherheit für den berechneten Widerstand reduzieren.

# 1.2. Beton

In den folgenden Abschnitten werden Grundsätze und Regeln für normalen und hochfesten Beton gegeben.

### 1.2.1. Festigkeit (Art. 3.1.2)

Die Druckfestigkeit des Betons wird mit Betonfestigkeitsklassen bezeichnet, die sich auf die charakteristische Zylinderfestigkeit fck (5%), oder die Würfelfestigkeit fck,würfel beziehen.

Die Festigkeitsklassen in dieser Norm basieren auf der charakteristischen Zylinderfestigkeit fck, ermittelt nach 28 Tagen und einem Höchstwert von Cmax.

Der empfohlene Wert für Cmax ist C90/105.

	Beton-Einstellungen				×
	Teile	Standaard EN		Name Star	ndaard EN
	1D 🗹 2D 🗹	Allgemein Beton	▲ Be	ton Ilgemein	
*	Werte NA Gebäude 🗸	Betonbewehrung Vorspannbewehrung Dauerhaftigkeit und Deckung des	4	Beton Nationalanhang	
	Typ der Funktionalität	GZT		EN_1992_1_1	
	Hohlkörperbalken 🔽	GZT - Allgemein GZT - Durchstanzen		<sup>4</sup> γ <sub>SH</sub> - Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen	
	Vorspannung 🗹	GZG		Wert [-] 1,00	0
		GZG - Vorspannung		Y <sub>C</sub> - Teilbeiwert für die Bemessungswerte des Werte [.] 1.50	0 / 1.20
		Spannung	1	4 fak man - Höchstwert der charakteristischen Z	
		Spannnungsbegrenzung im GZG		Wert [MPa] 90,0	00
		- Konstruktive Auflagen		• a <sub>cc</sub> - Beiwert für die Langzeiteffekte auf die D	
		Stützen		Wert [-] 1,00	0
		- 2D-Teile und plattenartige Stäbe		<sup>4</sup> a <sub>ot</sub> - Beiwert f ür die Langzeiteffekte auf die Zu	
		Durchstanzen		Wert [-] 1,00	0
				K1,red - Beiwert zur Berechnung des Verhaltni: Wert [.] 0.44	4
				4 k2	
				Formel Form	mel
				k <sub>3,red</sub> - Beiwert zur Berechnung des Verhältni	
				Wert[-] 0,54	4
				<sup>4</sup> k <sub>4,red</sub> - Beiwert zur Berechnung des Verhältni	
				Formel Form	mel
_		< >>		<sup>4</sup> k <sub>5.red</sub> - Beiwert zur Berechnung des Verhältni	~
A	lles auswählen Auswahl aufheben	Aktualisieren		Standard NAD Parar	meter einlesen OK Abbruch

In bestimmten Situationen (z. B. Vorspannung) kann es zweckmäßig sein, die Druckfestigkeit des Betons vor oder nach 28 Tagen auf der Grundlage von Test778 zu bestimmen, der unter anderen Bedingungen als der Vorschrift in EN 12390 angenommen wurde.

Alle Werte finden Sie auch in der Materialbibliothek von SCIA Engineer:



II Mate	erial								×
et -1	🔼 🖬 📴	ø		<b>T</b> 8		Alle		* <b>T</b>	
C12/15			Bemes	sungswert	der Druc	kfestigkeit - stä	ndig_vorüber	8,00	^
C16/20			Bemes	sungswert	der Druc	kfestigkeit - aul	Bergewöhnlich	10,00	
C20/25			Dehnu	ng Epsc2 be	eim Erre	ichen der Bruch	nfestigkeit [1e-	20,0	
C25/30				0		Grenzdehnung	Enscu2 [1e-4]	35.0	
C30/37			Dehnu	ng Ence2 h	im Erro	ichon der Druck	epocal [10 4]	17.5	
C35/45			Dennu	ng Epses be	amerre		The suggest [16-	25.0	
C40/50						orenzdennung	Epscu3 [1e-4]	35,0	
C45/55						Korndurchmes	ser (dg) [mm]	32	
C50/60							Zementklasse	N (normal erhärtend - CEM 32,5 R, CEM 42,5 N)	*
C60/75							Zuschlagstyp	Ouarzit	×
C70/85			▲ Mes	swerte					
C80/95			Mes	swerte der r	nittl. Dru	ickfestigkeit (Al	terungseffekt)		
C90/105			⊿ Me	sswerte I					
C6/8 (Bri	itish BS-E					Be	tonalter [Tag]	7,0	
C8/10 (B	ritish BS-E	.			Mittlere	Zvlinderdruckfe	estigkeit (MPa)	10,59	
C28/35 (	British BS	.				Fn	nod, sec [MPa]	22381,6	
C28/35 (	Irish I.S-E		4 Ma	cowarta II			real ace fring)	,	- 1
C28/35 (I	Dutch NE		- MC	sswerte n		0.	Laws Haw (To a)	28.0	- 1
C32/40 (	British BS	•				De	tonalter [lag]	10.00	- 1
C100/11	5 (Germa				Mittlere	Zylinderdruckte	estigkeit [MPa]	12,00	
C12/15(E	EN1992-2)					En	nod, sec [MPa]	23236,8	_
C16/20(E	EN1992-2)		▲ Me	sswerte III					_
C20/25(E	EN1992-2)					Be	tonalter [Tag]	0,0	
C25/30(E	EN1992-2)				Mittlere	Zylinderdruckfe	estigkeit [MPa]	0,00	
C35/37(E	EN1002-2)					En	nod, sec [MPa]	0,00	
C40/50(E	EN1992-2)					Standardabw	eichung [MPa]	4,9	
C45/55(E	EN1992-2)			Char.	Zylinder	druckfestigkeit	fck(28) [MPa]	4,0	
C50/60(E	EN1992-2)					0	Graph		
C55/67(E	EN1992-2)		D Sea	nnungs-D	ehnung	s-Diagramm	e. apri		_
C60/75(E	EN1992-2)		Jpa	indigs-D	ciniung	a biagrainin			~
C70/85(E	EN1992-2)		<						>
Neu	Einfügen	Bea	rbeiten	Löschen				Schli	eßen

Es kann erforderlich sein, die Betondruckfestigkeit fck(t) zur Zeit t für mehrere Phasen anzugeben (z. B. Entformung, Eintragung der Vorspannung), wobei:

Fck(T) = Fcm(T) - 8 (MPa) für 3 < T 28 Tage <Fck(T) = Fck Für T  $\ge 28$  Tage

Die Druckfestigkeit des Betons im Alter *t* hängt von der Zementart, der Temperatur und den Nachbehandlungsbedingungen ab. Für eine mittlere Temperatur von 20 °C und nach EN 12390 kann die Druckfestigkeit des Betons für verschiedene Alter fcm(t) geschätzt werden von:

Fcm(T) = 
$$\beta$$
cc(t) fcm  
(3.1)  
Mit  $\beta$ cc(t) =  $e^{\left\{s\left[1-\left(\frac{28}{t}\right)^{\frac{1}{2}}\right]\right\}}$ 

(3.2)

Wo:

- Fcm(T) ist die mittlere Betondruckfestigkeit im Alter von T Tage
- Fcm ist die mittlere Druckfestigkeit zum Zeitpunkt 28 Tage gemäß Tabelle 3.1
- $\beta cc(t)$  ist ein Beiwert, der vom Betonalter tabhängt
- T ist das Betonalter in Tagen
- s ist ein Beiwert, der von der Zementart abhängt:
  - = 0,20 für Zement der Festigkeitsklassen CEM 42,5 R, CEM 52,5 N und CEM 52,5 R (Klasse R)
  - = 0,25 für Zement der Festigkeitsklassen CEM 32,5 R, CEM 42,5 N (Klasse N)
  - = 0,38 für Zement der Festigkeitsklassen CEM 32,5 N (Klasse S)

# Der Zementtyp kann in der Materialbibliothek ausgewählt werden:

Material		×
et -: 🖸 🖬 🕩 🛢	🔦 🗢 🖬 😤 🖻 Alle 🔹 🔻	
C12/15	Name C30/37	
C16/20	4 Normunabhängig	
C20/25	Multin automatiging	
C25/30	Materialtyp	
C30/37	Temperaturdehnzahl [m/mK] 0,00	
C35/45	Massendichte [kg/m^3] 2500,0	
C40/50	Dichte in frischem Zustand [kg/m^3] 2600,0	
C45/55	Zeitabhängigkeit der Dichte Kein	
C50/60	E-Modul [MPa1 3,2800e+04	
C55/67	Overdehozabl 0.2	
C60/75	Unabhänning C. Madul	
C70/85	onabhangiger o-Modul	
C80/95	G-Modul[MPa] 1,36676+04	
C90/105	Logarithmisches Dekrement (nur für ungleichmäßige Dämpfun <sup>0</sup> ,2	
C6/8 (British BS-EN NA)	Farben	
C8/10 (British BS-EN	Spezifische Wärme [J/gK] 6,0000e-01	
C28/35 (British BS-EN	Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärme Kein	
C28/35 (Irish I.S-EN NA)	Wärmeleitfähigkeit [W/mK] 4,5000e+01	
C28/35 (Dutch NEN-E	Temperaturabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit Kein	
C32/40 (British BS-EN		
C100/115 (German Dl	Anordung im Normtext 5	
C12/15(EN1992-2)	Preis pro Einheit [€/m^3] 1,00	
C16/20(EN1992-2)	4 EN 1992-1-1	
C20/25(EN1992-2)	Char. Zylinder-Druckfestigkeit fck(28) [MPa] 30,00	
C25/30(EN1992-2)	Ermittelte abhängige Werte 🔽	
C30/37(EN1992-2)	Mittlere Druckfestigkeit fcm(28) [MPa] 38,00	
C35/45(EN1992-2)	fcm(28) - fck(28) [MPa] 8.00	
C40/50(EN1992-2)	Mittlere Zupfactigkeit fotm(28) [MPa] 2,90	
C45/55(EN1992-2)	( in a sector) (MP 3, 200	
C50/60(EN1992-2)	fctk 0,05(28) [MPa] 2,00	
C55/67(EN1992-2)	fctk 0,95(28) [MPa] 3,80	
C60/75(EN1992-2)	Bemessungswert der Druckfestigkeit - ständig vorübergehend ( 20,00	
Cr0/05(EN1992-2)	Bemessungswert der Druckfestigkeit - außergewöhnlich (fcd = f 25,00	
C00/95(EN1992-2)	Dehnung Epsc2 beim Erreichen der Bruchfestigkeit [1e-4] 20,0	
B 4004	Grenzdehnung Epscu2 [1e-4] 35,0	
B 500A	Debrung Ensc3 heim Erreichen der Bruchfestigkeit [1e.4] 17.5	
B 600A	Consideration of the statement of the st	
B 400B	Grenzdennung Epscus [16-4] 33,0	
B 500B	Korndurchmesser (dg) [mm] 32	_
B 600B	Zementklasse N (normal erhärtend - CEM 32,5 R, CEM 42,5 N)	^
B 400C	Zuschlagstyp S (langsam erhärtend - CEM 32,5 N)	
B 500C	Messwerte     Messwerte     R (schnell erhärtend - CEM 32,5 R, CEM 42,5 N)     R (schnell erhärtend - CEM 32,5 R, CEM 52,5 N)	R)
B 600C	Spannungs-Dehnungs-Diagramm	/
B 420B (Austrian ONO		
B 550A (Austrian ONO		
B 550B (Austrian ONO		>
Neu Etafiana D	anhaiten Länshan	
Reu Einfugen B	Schließe	:0

Die Zugfestigkeit bezieht sich auf die höchste Spannung unter konzentrischer Zugbelastung.

	Tab	ole 3.1	Stre	ngth ar	nd def	ormat	tion cl	narac	teristi	cs for	concre	ete		
Analytical relation / Explanation			$f_{\rm om} = f_{\rm ok} + 8({\rm MPa})$	$f_{cum}=0.30.f_{c}$ , <sup>(23)</sup> $\leq C50/60$ $f_{cum}=2.12 \ln(1+(f_{cm}/10))$ > C50/60	$f_{ck,0,0} = 0.7 \times f_{clm}$ 5% fractile	feecose = 1,3×fem 95% fractile	E <sub>am</sub> = 22[(f <sub>an</sub> )/10] <sup>03</sup> (f <sub>am</sub> in MPa)	$s \in Figure 3.2$ $s_{et} (^{0}_{roo}) = 0.7 t_{em}^{0.31} < 2.8$	See Figure 3.2 for f <sub>4k</sub> ≥ 50 Mpa <sub>for 0</sub> ( <sup>0</sup> /m)=2.8+271(98-f <sub>cm</sub> )/1001 <sup>±</sup>	see Figure 3.3 for f <sub>6k</sub> ≥ 50 Mpa <i>i</i> <sub>6c2</sub> <sup>(°</sup> / <sub>(a)</sub> )=2,0+0,085(f <sub>6k</sub> -50) <sup>058</sup>	see Figure 3.3 for ℓ <sub>k</sub> ≥ 50 Mpa ε <sub>ouc</sub> ( <sup>1</sup> ) <sub>101</sub> )=2,6+35[(90-f <sub>4</sub> )/100] <sup>4</sup>	for f <sub>ek</sub> ≥ 50 Mpa n=1,4+23,4[(90- <i>f<sub>a</sub></i> )/100] <sup>4</sup>	see Figure 3.4 for $f_{4,2} = 50$ Mpa for $f_{4,2} = 50$ Mpa $F_{6,3}(^{0},_{0,0})=1$ , 75+0,55[ $(f_{4,4}-50)/40$ ]	see Figure 3.4 for f <sub>4</sub> ≥ 50 Mpa 5∞6 <sup>(2)</sup> 0)=2,6+35(90-f <sub>4</sub> )/10 0] <sup>4</sup>
	06	105	<u>98</u>	5,0	3,5	6,6	44	2,8	2,8	2,6	2,6	1,4	2,3	2,6
	80	<mark>95</mark>	88	4,8	3,4	6,3	42	2,8	2,8	2,5	2,6	1,4	2,2	2,6
	70	85	78	4,6	3,2	6,0	41	2,7	2,8	2,4	2,7	1,45	2,0	2,7
	60	75	68	4,4	3,1	5,7	39	2,6	3,0	2,3	2,9	1,6	1,9	2,9
	55	67	63	4,2	3,0	5,5	38	2,5	3,2	2,2	3,1	1,75	1,8	3,1
crete	50	8	8	4,1	2,9	5,3	37	2,45	·					
or con	45	<mark>55</mark>	53	3,8	2.7	4,9	36	2,4	14. 					
sses f	40	8	48	3,5	2,5	4,6	35	2,3						3.5
th clas	35	45	43	3,2	2,2	4,2	34	2,25	-					
treng	30	37	8	2,9	2,0	3,8	33	2,2	3,5	2,0	3,5	2,0	1,75	
0,	25	30	33	2,6	1,8	3,3	31	2,1						
	20	25	28	2,2	1,5	2,9	30	2,0						
	16	20	24	1,9	1,3	2,5	29	1,9						
	12	15	20	1,6	1,1	2,0	27	1,8						
	f <sub>dk</sub> (MPa)	f <sub>ck obe</sub> (MPa)	f <sub>an</sub> (MPa)	f <sub>cm</sub> (MPa)	f <sub>dk, 0,05</sub> (MPa)	f <sub>ck,095</sub> (MPa)	E <sub>cm</sub> (GPa)	Ect (%00)	Eart (%00)	E.a (%0)	Eu2 (%0)	и	E c3 (%00)	Ea13 (%0)

Die charakteristischen Festigkeiten für *fck* und die entsprechenden mechanischen Eigenschaften, die für die Bemessung erforderlich sind, sind in der Tabelle 3.1 angegeben:

# 1.2.2. Bemessungsdruck- und Zugfestigkeiten §3.1.6

Der Wert der Bemessungsdruckfestigkeit wird definiert als

Fcd = Αχχ Fck / Γχ (3.15)

Wo:

- Γχ ist der Teilsicherheitsfaktor für Beton.
  - Aχχ ist Beiwert für Langzeiteffekte auf die Druckfestigkeit und ungünstige Einwirkungen der Belastungsgeschichte.

Der Wert von acc sollte zwischen 0,8 und 1,0 liegen Der empfohlene Wert ist 1,0.

Anmerkung: Der belgische Nationalanhang empfiehlt die Verwendung des Werts von 0,85.

Der Wert der Bemessungszugfestigkeit fctd wird definiert als

fctd = Handeln fctk,0,05 /  $\Gamma \chi$  (3.16)

Wo:

- Γχ ist der Teilsicherheitsfaktor für Beton.
- Handeln ist Beiwert für Langzeiteffekte auf die Zugfestigkeit und ungünstige Effekte aus Einwirkungen, die sich aus der Anwendungsgeschichte der Last ergeben.

Der empfohlene Wert für act ist 1,0.

Die Beiwerte für die Langzeiteffekte finden Sie in den Einstellungen für Beton des Nationalen Anhangs:



Wenn die Betonfestigkeit im Alter t > 28 Tagen ermittelt wird, sollten die Werte gemäß Beton um den Faktor kt reduziert werden.

Der empfohlene Wert für kt ist 0,85.

# 1.2.3. Elastische Verformung (Art. 3.1.3)

Die elastischen Verformungen des Betons hängen weitgehend von seiner Zusammensetzung (insbesondere den Zuschlägen) ab. Die in dieser Norm angegebenen Werte sollten als richtig für allgemeine Anwendungen betrachtet werden. Sie sollten jedoch genau beurteilt werden, wenn die Struktur auf Abweichungen von diesen allgemeinen Werten empfindlich ist.

Der Elastizitätsmodul des Betons wird durch das Elastizitätsmodul seiner Komponenten kontrolliert. Ungefähre Werte für den Elastizitätsmodul Ecm, Sekantenwert zwischen  $\sigma\chi = 0$  und 0,4fcm, für Beton mit Basalt-Zuschlag, werden in Tabelle 3.1 angegeben.

Für Kalkstein- und Sandsteinzuschläge sollte der Wert um 10 % bzw. 30 % reduziert werden. Für Basaltzuschläge sollte der Wert um 20 % erhöht werden.



Variation des Elastizitätsmoduls mit der Zeit kann geschätzt werden durch:

$$Ecm(T) = (Fcm(T) / Fcm)^{0,3} Ecm$$

(3.5)

wobei Ecm(t) und fcm(t) die Werte im Alter von *t* Tagen und Ecm und fcm die Werte sind, die im Alter von 28 Tagen ermittelt wurden. Die Beziehung zwischen fcm(t) und fcm folgt aus Expression (3.1).

Das Querdehnzahlverhältnis kann für ungerissenen Beton 0,2 und 0 für gerissenen Beton angenommen werden.

Eine andere Möglichkeit zur Berücksichtigung des gerissenen Betons ist die Deaktivierung der Option 'Abhängige Werte berechnen'. Auf diese Weise können Sie einen beliebigen Benutzerwert für den E-Modul festlegen.

# 1.2.4. Kriechen und Schwinden (Artikel 3.1.4)

Kriechen und Schwinden des Betons hängen von der Umgebungsfeuchte, den Abmessungen des Elements und der Zusammensetzung des Betons ab. Kriechen wird auch durch die Reife des Betons beim ersten Anwenden der Last beeinflusst und hängt von der Dauer und Höhe der Belastung ab.

Der Wert des Kriechbeiwerts kann in den Betoneinstellungen über die Ansicht "Normbasierte Einstellungen" oder in den 1D-Bauteildaten festgelegt werden. Wenn die Eingabe des Typs des Kriechbeiwerts **"Automatisch"** ist, kann der Kriechbeiwert automatisch durch Eingabe des Betonalters und der relativen Feuchte berechnet werden (siehe Anhang B.1. in EN 1992-1-1).

Wenn die Eingabe vom Typ "Benutzerwert" ist, können Sie den Kriechbeiwert direkt eingeben.

Betonei	nstellungen											- 0	×
Ansicht	en: Normbasierte Einstellungen 🔻 Anzeigeeinstellungen 💌	Standard	werte ein	esen		Suche	n				Nationa	lanhang: 🔣	
Be	schreibung	Symbol	Wer		5	Standard	[Dim	Kapitel	0	Norm	Struktur	Nachwe	Π
<all></all>	کم	<all></all>	$\rho$ <all< td=""><td>- &gt;</td><td></td><td><all></all></td><td>&lt; }</td><td><all></all></td><td>ρ</td><td>EN 1992-1 ×</td><td><all> <math>\wp</math></all></td><td>Rechen ×</td><td></td></all<>	- >		<all></all>	< }	<all></all>	ρ	EN 1992-1 ×	<all> <math>\wp</math></all>	Rechen ×	
<b>4</b> 3.	Werkstoffe												
	3.1 Beton				_								
	3.1.4 Kriechen und Schwund		_						100021				
	Betonalter zum Betrachtungszeitpunkt	t	1825	0,00	1	18250,00	Tag	3.1.4.B.:	1-2	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenke	
	Relative Feuchte	RH	50		5	50	%	3.1.4.B.:	1-2	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenke	
	Eingabe des Kriechbeiwerttyps	Typ <b>q</b> (t,to	o) Auto		A	luto		3.1.4(2)		EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenke	
	Betonalter bei Belastungsbeginn	t <sub>0</sub>	28,0	)	2	28,00	Tag	3.1.4(2),	B1	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenke	
	Trocknungs- und Autogenschwindung berücksichtigen	Typ s <sub>cs</sub> (t;	ts) Auto		A	Auto		3.1.4(6)		EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenke	
	Betonalter zu Beginn der Trocknungsschwindung	ts	7,00		7	7,00	Tag	3.1.4(6),	B2	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenke	
<b>⊿</b> 5.	Tragwerksanalyse												
Þ	5.2 Geometrische Imperfektionen												
	5.3 Idealisierung des Tragwerks												
	▲ 5.3.2 Geometrische Daten												
	Momentreduktion über den Auflagern				C			5.3.2.2 (	4)	EN 1992-1-1	Balken,P	Rechenke	
Þ	5.8 Analyse nach Theorie zweiter Ordnung mit Axiallast												
4 6.	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)												
Þ	6.1 Biegung mit oder ohne Axialkraft												
	6.2 Schub												
	4 6.2.1 Allgamaina Übarnriifungenrozadur												
											0	K Ab	bruch

Beachten Sie, dass die Betonteil-Daten automatisch auf jedes 1D- und 2D-Element eingefügt werden. Auf sie kann durch Auswahl der Entität und gehen Sie zu den zusätzlichen Optionen unten:



The creep coefficient \u03c6(t,t\_0) may be calculated from:

 $\varphi(t,t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_0(t,t_0) \tag{B.1}$ 

where:

po is the notional creep coefficient and may be estimated from:

 $\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0)$ 

$$\varphi_{\text{RH}} = 1 + \frac{1 - \text{RH}/100}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}}$$
 for  $f_{\text{cm}} \le 35 \text{ MPa}$  (B.3a)

(B.2)

$$\varphi_{\mathsf{RH}} = \left[1 + \frac{1 - \mathsf{RH}/100}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1\right] \cdot \alpha_2 \quad \text{for } f_{\mathsf{cm}} > 35 \text{ MPa}$$
(B.3b)

RH is the relative humidity of the ambient environment in %

β (f<sub>cm</sub>) is a factor to allow for the effect of concrete strength on the notional creep coefficient:

$$\beta(f_{\rm cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{\rm cm}}} \tag{B.4}$$

 $f_{cm}$  is the mean compressive strength of concrete in MPa at the age of 28 days  $\beta(t_0)$  is a factor to allow for the effect of concrete age at loading on the notional creep coefficient:

$$\beta(t_0) = \frac{1}{(0,1+t_0^{0.20})}$$
(B.5)

h<sub>0</sub> is the notional size of the member in mm where:

$$h_0 = \frac{2A_c}{u} \tag{B.6}$$

Ac is the cross-sectional area

u is the perimeter of the member in contact with the atmosphere

β<sub>c</sub>(t,t<sub>0</sub>) is a coefficient to describe the development of creep with time after loading, and may be estimated using the following Expression:

$$\beta_{c}(t,t_{0}) = \left[\frac{(t-t_{0})}{(\beta_{H}+t-t_{0})}\right]^{0.3}$$
(B.7)

t is the age of concrete in days at the moment considered

to is the age of concrete at loading in days

 $t - t_0$  is the non-adjusted duration of loading in days

β<sub>H</sub> is a coefficient depending on the relative humidity (RH in %) and the notional member size (h<sub>0</sub> in mm). It may be estimated from:

 $\beta_{\rm H} = 1.5 \left[1 + (0.012 \text{ RH})^{18}\right] h_0 + 250 \le 1500$  for  $f_{\rm cm} \le 35$  (B.8a)

$$\beta_{\rm H} = 1.5 \left[1 + (0.012 \text{ RH})^{18}\right] h_0 + 250 \alpha_3 \le 1500 \alpha_3$$
 for  $f_{\rm cm} \ge 35$  (B.8b)

ana are coefficients to consider the influence of the concrete strength:

$$\alpha_{1} = \left[\frac{35}{f_{\rm cm}}\right]^{0.7} \quad \alpha_{2} = \left[\frac{35}{f_{\rm cm}}\right]^{0.2} \quad \alpha_{3} = \left[\frac{35}{f_{\rm cm}}\right]^{0.5} \tag{B.8c}$$

Ist eine große Genauigkeit nicht erforderlich, kann ein Wert aus einer Abbildung (Abbildung 3.1) als Kriechbeiwert betrachtet werden, sofern der Beton im Alter von t0, dem Betonalter zum Zeitpunkt der Belastung, nicht einer Druckspannung größer als 0,45 fck (t0) ausgesetzt ist.



# 1.2.5. Spannungs-Dehnungs-Beziehungen für die Querschnittsbemessung (Art. 3.1.7)

Für die Bemessung von Querschnitten kann die folgende Spannungs-Dehnungs-Beziehung verwendet werden:



εc2 ist die Dehnung beim Erreichen der maximalen Festigkeit im Parabel-Rechteck-Diagramm

εcu2 ist die Grenzdehnung im Parabel-Rechteck-Diagramm

εc3 ist die Dehnung beim Erreichen der maximalen Festigkeit im zweilinearen Diagramm

εcu3 ist die Bruchdehnung im bilinearen Diagramm

In der Materialbibliothek können Sie auswählen, welches Diagramm für die Berechnung verwendet werden soll:



# 1.3. Bewehrungsstahl

In den folgenden Abschnitten werden Grundsätze und Regeln für die Bewehrung in Form von Stäben, geschweißten Stoffen und Fachwerkträgern erläutert. Sie gelten nicht für speziell beschichtene Stäbe.

### 1.3.1. Eigenschaften (Art. 3.2.2)

Das Verhalten des Bewehrungsstahls wird durch die folgenden Eigenschaften spezifiziert:

- Streckgrenze (fyk oder f0,2k)
- Höchstwert der aktuellen Streckgrenze (fy,max)
- Zugfestigkeit ft
- Duktilität (ɛuk und ft/fyk)
- Biegebeanspruchung
- Verbundeigenschaften (fR)
- Querschnittsgrößen und Toleranzen
- Ermüdungsfestigkeit
- Schweißbarkeit
- Schub- und Schweißfestigkeit von geschweißten Material- und Fachwerkträgern

Die Stahleigenschaften finden Sie in der Materialbibliothek:



Der Mittelwert der Dichte kann 7850 kg/m3 annehmen.

Der Bemessungswert des Elastizitätsmoduls Es kann auf 200GPa angenommen werden.

Diese Euronorm gilt für rippen- und schweißbare Bewehrung einschließlich Stoffe.

Die Anwendungsregeln für Bemessung und konstruktive Auflagen dieses Eurocode gelten für eine spezifizierte Streckgrenze, fyk = 400 bis 600 MPa.

Tabelle C.1 zeigt die Eigenschaften der Bev	wehrung passend für diesen Eurocode:
---	--------------------------------------

Product form	Bars a	nd de-coi	led rods	N	Vire Fabri	Requirement or quantile value (%		
Class		А	В	с	А	В	с	~
Characteristic yi or f <sub>0,2k</sub> (MPa)	eld strength f <sub>yk</sub>			400	to 600			5,0
Minimum value	of $k = (f_V / f_y)_k$	≥1,05	≥1,08	≥1,15 <1,35	≥1,05	≥1,08	≥1,15 <1,35	10,0
Characteristic st maximum force,	train at <i>ɛ</i> uk (%)	≥2,5	≥5,0	≥7,5	≥2,5	≥5,0	≥7,5	10,0
Bendability		Ber	nd/Rebend	d test		5		
Shear strength		-		0,3 A f	k (A is area	Minimum		
Maximum deviation from nominal mass (individual bar or wire) (%)	Nominal bar size (mm) ≤ 8 > 8			5,0				

### Table C.1: Properties of reinforcement

### 1.3.2. Bemessungsannnahmen (Art. 3.2.7)

Für die normale Bemessung kann eine der folgenden Annahmen getroffen werden:

B1) ein geneigter oberer Zweig mit einer Dehnungsgrenze von εud und einer Höchstspannung von kfyk / γs bei εuk,

wobei  $k = (ft/fy)_k$ .

### B2) ein horizontaler oberer Zweig, ohne die Dehnungsgrenze zu prüfen.

Der empfohlene Wert für zud ist 0,9 zuk. Der Wert von (ft/fy)k wird in Tabelle C.1 angegeben.



### In der Materialbibliothek können Sie zwischen den beiden Annahmen wählen:



# 1.4. Dauerhaftigkeit und Deckung der Bewehrung

# 1.4.1. Umweltbedingungen (Art. 4.2)

Die Expositionsbedingungen sind zusätzlich zu mechanischen Einwirkungen auch chemische und physikalische Bedingungen, denen die Struktur ausgesetzt ist.

Umweltbedingungen werden gemäß Tabelle 4.1 klassifiziert:

Class designation	Description of the environment	Informative examples where exposure classes may occur
1 No risk of	corrosion or attack	
X0	For concrete without reinforcement or embedded metal: all exposures except where there is freeze/thaw, abrasion or chemical attack For concrete with reinforcement or embedded metal: very dry	Concrete inside buildings with very low air humidity
2 Corrosion	induced by carbonation	
XC1	Dry or permanently wet	Concrete inside buildings with low air humidity Concrete permanently submerged in water
XC2	Wet, rarely dry	Concrete surfaces subject to long-term water contact Many foundations
XC3	Moderate humidity	Concrete inside buildings with moderate or high air humidity External concrete sheltered from rain
XC4	Cyclic wet and dry	Concrete surfaces subject to water contact, not within exposure class XC2

### Table 4.1: Exposure classes related to environmental conditions in accordance with EN 206-1

3 Corrosi	on induced by chlorides	
XD1	Moderate humidity	Concrete surfaces exposed to airborne chlorides
XD2	Wet, rarely dry	Swimming pools Concrete components exposed to industrial waters containing chlorides
XD3	Cyclic wet and dry	Parts of bridges exposed to spray containing chlorides Pavements Car park slabs
4 Corrosi	on induced by chlorides from sea water	55 · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
XS1	Exposed to airborne salt but not in direct contact with sea water	Structures near to or on the coast
XS2	Permanently submerged	Parts of marine structures
XS3	Tidal, splash and spray zones	Parts of marine structures
5. Freeze/	Thaw Attack	
XF1	Moderate water saturation, without de-icing agent	Vertical concrete surfaces exposed to rain and freezing
XF2	Moderate water saturation, with de-icing agent	Vertical concrete surfaces of road structures exposed to freezing and airborne de-icing agents
XF3	High water saturation, without de-icing agents	Horizontal concrete surfaces exposed to rain and freezing
XF4	High water saturation with de-icing agents or sea water	Road and bridge decks exposed to de-icing agents Concrete surfaces exposed to direct spray containing de-icing agents and freezing Splash zone of marine structures exposed to freezing
6. Chemic	al attack	
XA1	Slightly aggressive chemical environment according to EN 206-1, Table 2	Natural soils and ground water
XA2	Moderately aggressive chemical environment according to EN 206-1, Table 2	Natural soils and ground water
XA3	Highly aggressive chemical environment according to EN 206-1, Table 2	Natural soils and ground water

In den Betoneinstellungen in der Ansicht "Standardwerte der Bemessung" können Sie die gewünschte Expositionsklasse auswählen. Alle Elemente mit blauer Hintergrundfarbe können in den 1D-Teil-Daten überschrieben werden.

Beschreibung		Symbo		Wert	0	Standard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachwei
Grundda	stan dar Ramars unz	saus	~	saus ,		sau p	~ <i>P</i>	saur p	saur p	sau p	Grundu 🔨
D Rew	ebrung										
4 Mind	lestdeckung										
N	lutzungsdauer			50,00		50,00	Jahr	4.4.1.2(5), t	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Grunddat
A K	Corrosionsgefahr										
	Durch Karbonisation eingeführte Korrosion			ХСЗ	)	XC3		4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
	Durch Chloride eingeführte Korrosion			Nein		Nein		4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
	Durch Meerwasserchloride eingeführte Korrosion			Nein		Nein		4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
	Betonangriff durch Frost mit und ohne Taumittel			Nein		Nein		4.4.1.2(12)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
	Chemischer Angriff			Nein		Nein		4.4.1.2(12)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
	Verschleißbeanspruchung des Betons			Nein		Nein		4.4.1.2(13)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
ÞM	löglichkeit spezieller Kontrolle										
	Gefahr durch Herstellung auf Oberflächen mit architekto			Standard		Standard		4.4.1.3(4)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
⊳ B	Betonparameter										

Name	CMD1D
Stab	\$1
Bauteil-Typ	Stütze
Grunddaten der Bemessung	
Bewehrung	
> Stūtze	
Mindestdeckung	
Nutzungsdauer [Jahr]	50,00
Menübaum	
<ul> <li>Korrosionsgefahr</li> </ul>	
Durch Karbonisation eingeführte Korrosion	XC3
Durch Chloride eingeführte Korrosion	Nein
Durch Meerwasserchloride eingeführte Korrosion	Nein
Betonangriff durch Frost mit und ohne Taumittel	Nein
Chemischer Angriff	Nein
Verschleißbeanspruchung des Betons	Nein
<ul> <li>Möglichkeit spezieller Kontrolle</li> </ul>	
Geometrische Sonderkontrolle	
Sonder-Qualitätskontrolle des Betons	
Gefahr durch Herstellung auf Oberflächen mit architektonischer	Standard
4 Betonparameter	
Betontyp	Ortbeton

### 1.4.2. Nachweisverfahren (Art. 4.4)

Betondeckung: Art. 4.4.1

### **4** Allgemein (Art. 4.4.1.1)

Die Betondeckung ist der Abstand zwischen der Oberfläche der Bewehrung, die am nahesten der nächsten Betonoberfläche ist (einschließlich Verbindungen, Bügel und Oberflächenbewehrung, sofern relevant).

Die Nenndeckung ist in den Zeichnungen anzugeben. Definiert als Mindestdeckung cmin, zuzüglich einem Zuschlag für Bemessung für Abweichung, Δcdev:

cnom = cmin + Dcdev

### Mindestdeckung, cmin (Art. 4.4.1.2)

Die Mindestbetondeckung *cmin* muss angegeben werden, um folgendes sicherzustellen:

- die sichere Kraftübertragung der Verbundkräfte
- Schutz des Stahls gegen Korrosion (Dauerhaftigkeit)
- ein adäquater Feuerwiderstand

Der größere Wert für *cmin*, der die Anforderungen sowohl an die Verbund- als auch an die Umweltbedingungen erfüllt, wird verwendet:

cmin = max {cmin,b; cmin,dur + Dcdur,<sub>G</sub> - Dcdur,st - Dcdur,add; 10 mm} (4.2)

Wo:

- cmin,b Mindestdeckung aufgrund Bindungsanforderung
- cmin,dur Mindestdeckung aufgrund von Umgebungsbedingungen
- Δcdur,<sub>G</sub> zusätzliches Sicherheitselement
- Δcdur,sτ Reduzierung wegen Verwendung von rostfreiem Stahl
- $\Delta$ cdur,add Reduzierung wegen Verwendung von zusätzlichem Schutz

Der empfohlene Wert für  $\Delta$ cdur, $\gamma$ ,  $\Delta$ cdur,st und  $\Delta$ cdur,add ohne weitere Spezifikation ist 0 mm.

• Zur sicheren Übertragung der Verbundkräfte und zur Gewährleistung einer ausreichenden Verformung des Betons sollte die Mindestdeckung cmin, b gemäß Tabelle 4.2 nicht kleiner als cmin, b sein.

ver, c <sub>min,b</sub> , requirements with regard to bond
Minimum cover cmin.b*
iameter of bar
quivalent diameter (\u03c6_h)(see 8.9.1)

• Die Mindestdeckungswerte der Bewehrungs- und Vorspannspannglieder im Normalgewichtbeton unter Berücksichtigung der Expositionsklassen und der Strukturklassen werden durch cmin,dur angegeben.

Die empfohlene Tragwerksklasse (Bemessungslebensdauer von 50 Jahren) ist S4 für die indikativen Betonfestigkeiten (angegeben im Anhang E von EN 1992-1-1). Die empfohlene Mindest-Anforderungsklasse ist S1.

Die empfohlenen Änderungen an der Anforderungsklasse sind in Tabelle 4.3N angegeben:

Structural Class															
Critorion	Exposure Class according to Table 4.1														
Citterion	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1	XD2/XS1	XD3/XS2/XS3								
Design Working Life of 100 years	increase class by 2	Increase class by 2	increase class by 2	increase class by 2	increase class by 2	increase class by 2	increase class by 2								
Strength Class 1) 2)	≥ C30/37 reduce class by 1	≥ C30/37 reduce class by 1	≥ C35/45 reduce class by 1	≥ C40/50 reduce class by 1	≥ C40/50 reduce class by 1	≥ C40/50 reduce class by 1	≥ C45/55 reduce class by 1								
Member with slab geometry (position of reinforcement not affected by construction process)	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1								
Special Quality Control of the concrete production ensured	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1								

Die Bemessungslebensdauer und die besondere Qualitätskontrolle können in den Beton-Einstellungen oder in den 1D-Bauteil-Daten definiert werden:

isichten: Gru	unddaten der Bemessung 👻 Anzeigeeinstellungen 💌	St	tandard	werte	einlesen		Suchen				Nationalan	hang: 🌔
Beschreib	Beschreibung S all> P <		Symbo	ool	Wert		Standard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachwei
all>			<all></all>	P	<all></all>	P	<all> <math>\rho</math></all>	< P	<all> <math>\wp</math></all>	all>	<all> <math>\rho</math></all>	${\rm Grundd}\times$
Grunddate	en der Bemessung											
▷ Beweh	rung					- 1						
<ul> <li>Mindes</li> </ul>	stdeckung											
Nut	tzungsdauer				50,00		50,00	Jahr	4.4.1.2(5), t	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Grunddat
A Ko	rrosionsgefahr											
	Durch Karbonisation eingeführte Korrosion				XC3		XC3		4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
	Durch Chloride eingeführte Korrosion Durch Meerwasserchloride eingeführte Korrosion				Nein		Nein		4.4.1.2(5) EN 1	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
					Nein		Nein		4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
	Betonangriff durch Frost mit und ohne Taumittel				Nein		Nein		4.4.1.2(12)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
	Chemischer Angriff				Nein		Nein		4.4.1.2(12)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
V	erschleißbeanspruchung des Betons				Nein		Nein		4.4.1.2(13)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
▲ Mö	glichkeit spezieller Kontrolle					_						
	Geometrische Sonderkontrolle								4.4.1.3(3)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
	Sonder-Qualitätskontrolle des Betons								4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
G	efahr durch Herstellung auf Oberflächen mit architekte	D			Standard		Standard		4.4.1.3(4)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
⊳ Bet	tonparameter											

Name	CMD1D
Stab	\$1
Bauteil-Typ	Stütze
Grunddaten der Bemessung	
Bewehrung	
Stütze	
Mindestdeckung	
Nutzungsdauer [Jahr]	50,00
Menübaum	
4 Korrosionsgefahr	
Durch Karbonisation eingeführte Korrosion	XC3
Durch Chloride eingeführte Korrosion	Nein
Durch Meerwasserchloride eingeführte Korrosion	Nein
Betonangriff durch Frost mit und ohne Taumittel	Nein
Chemischer Angriff	Nein
Verschleißbeanspruchung des Betons	Nein
4 Möglichkeit spezieller Kontrolle	
Geometrische Sonderkontrolle	
Sonder-Qualitätskontrolle des Betons	
Gefahr durch Herstellung auf Oberflächen mit architektonischer	Standard
Betonparameter	
Betonton	Ortbeton
betontyp	

Die empfohlenen Werte für cmin,dur sind in Tabelle 4.4N (Bewehrungsstahl) angegeben:

Γable 4.4N: Values of minimum cover, c <sub>min,dur</sub>	, requirements with regard to durability for
reinforcement steel in accordance	ce with EN 10080.

Environmenta	Environmental Requirement for c <sub>min,dur</sub> (mm)												
Structural	Exposu	Exposure Class according to Table 4.1											
Class	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3						
S1	10	10	10	15	20	25	30						
S2	10	10	15	20	25	30	35						
S3	10	10	20	25	30	35	40						
S4	10	15	25	30	35	40	45						
S5	15	20	30	35	40	45	50						
S6	20	25	35	40	45	50	55						

Die Betondeckung sollte um das zusätzliche Sicherheitselement Dcdur, gerhöht werden.

Wird Edelstahl verwendet oder sind andere besondere Maßnahmen getroffen worden, so kann die Mindestdeckung mittels  $\Delta$ cdur,st reduziert werden. In solchen Situationen sollten die Auswirkungen auf alle relevanten Materialeigenschaften einschließlich des Verbunds berücksichtigt werden.

Für Beton mit zusätzlichem Schutz (z. B. Überzug) kann die Mindestdeckung durch ∆cdur,add reduziert werden.

Bei Betonabrieb sollte besonderes Augenmerk auf den Zuschlag gegeben werden. Optional kann ein Betonabrieb durch Erhöhen der Betondeckung (Opferschicht) zulässig sein. In diesem Fall sollte die Mindestdeckung cmin für die Verschleißklasse XM1, für XM2 um k2 und für XM3 um k3 um k1 erhöht werden.

Verschleißklasse XM1 bedeutet einen mäßigen Verschleiß, wie er von Industriestandorten besucht wird von Fahrzeugen mit Luftreifen. Abriebklasse XM2 bedeutet einen starken Verschleiß, wie von Industriestandorten, die von Gaswerken mit Luft- oder Gummireifen frequentiert sind. Abriebklasse XM3 bedeutet einen extremen Verschleiß, der an Industriestandorten von Gaswerken mit Aufzüge oder Stahlreifen oder Schienenfahrzeuge frequentiert wird.

Die empfohlenen Werte für k1, k2 und k3 sind: 5 mm, 10 mm und 15 mm.

# Die Verschleißklasse kann in den Betoneinstellungen oder in den 1D-Bauteil-Daten eingegeben werden:

nsich	ten:	Gru	unddaten der Bemessung 👻	Anzeigeeinstellungen 🔻	St	tandardv	verte	einlesen	4	Suchen				Nationalan	hang: 🏹
B	esch	reibi	ung			Symbol		Wert	St	andard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachwei
all>					P	<all></all>	P	<all></all>	) <a< th=""><th>all&gt; P</th><th>&lt;</th><th><all> <math>\rho</math></all></th><th><all> <math>\rho</math></all></th><th><all> D</all></th><th><math display="block">Grundd \times</math></th></a<>	all> P	<	<all> <math>\rho</math></all>	<all> <math>\rho</math></all>	<all> D</all>	$Grundd \times$
∡ Grunddaten der Bemessung															
Þ	Be	weh	rung												
4	Mi	inde	ndestdeckung Nutzungsdauer												
		Nutzungsdauer				50,00	50	,00	Jahr	4.4.1.2(5), t	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Grunddat		
		Ko	rrosionsgefahr												
			Durch Karbonisation einge	führte Korrosion				ХСЗ	XC	3		4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
		Durch Chloride eingeführte Korrosion Durch Meerwasserchloride eingeführte Korrosion					Nein	Ne	in		4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat	
							Nein	Ne	sin		4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat	
			Betonangriff durch Frost m	nit und ohne Taumittel				Nein	Ne	in		4.4.1.2(12)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
		_	Chemischer Angriff					Nein	Ne	in		4.4.1.2(12)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
		Verschleißbeanspruchung des Betons					Nein	Ne	in		4.4.1.2(13)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat	
		Mö	glichkeit spezieller Kontrol	lle							_		I		
			Geometrische Sonderkontr	rolle								4.4.1.3(3)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
			Sonder-Qualitätskontrolle	des Betons								4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
		G	efahr durch Herstellung auf (	Oberflächen mit architekto	)			Standard	Sta	andard		4.4.1.3(4)	EN 1992-1-1	Balken,P	Grunddat
	⊳	Bet	tonparameter												

	Name	CMD1D	
	Stab	S1	
	Bauteil-Typ	Stütze	*
4	Grunddaten der Bemessung		
	Bewehrung		
Þ	Stütze		
	Mindestdeckung		
	Nutzungsdauer [Jahr]	50,00	
-	Menübaum		
	<ul> <li>Korrosionsgefahr</li> </ul>		
	Durch Karbonisation eingeführte Korrosion	XC3	r.
	Durch Chloride eingeführte Korrosion	Nein	*
	Durch Meerwasserchloride eingeführte Korrosion	Nein	~
	Betonangriff durch Frost mit und ohne Taumittel	Nein	r.
	Chemischer Angriff	Nein	r
	Verschleißbeanspruchung des Betons	Nein	-
	Möglichkeit spezieller Kontrolle		
	Geometrische Sonderkontrolle		
	Sonder-Qualitätskontrolle des Betons		
	Gefahr durch Herstellung auf Oberflächen mit architektonischer	Standard	r
	Betonparameter		
	Betontyp	Ortbeton	r.
Þ	Rechenkern Einstellungen		
<			>

### Die Werte von k1, k2 und k3 sind im Nationalanhang verfügbar:

### Vorhaltegrenze bei Bemessung für Abweichung (Art. 4.4.1.3)

Zur Ermittlung der Nenndeckung *cnom* muss im Bemessungsentwurf ein Zusatz zur Mindestdeckung vorgenommen werden, um die Abweichung ( $\Delta cdev$ ) zu berücksichtigen. Die erforderliche Mindestdeckung wird um den Absolutwert der akzeptierten negativen Abweichung erhöht.

Der empfohlene Wert für Δcdev ist 10 mm.

In bestimmten Situationen kann die akzeptierte Abweichung und damit die Entschädigung,  $\Delta\chi\delta\epsilon\varpi$ , reduziert werden.

Die empfohlenen Werte sind:

 bezieht sich die Herstellung auf ein Qualitätssicherungssystem, bei dem die Überwachung Messungen der Betondeckung umfasst, kann die Zuschlagsmenge bei der Bemessung für Abweichung Δcdev reduziert werden:

#### $10 mm \ge \Delta cdev \ge 5 mm$

 kann sichergestellt werden, dass eine sehr genaue Vorrichtung zur Überwachung verwendet wird und nicht konforme Teile abgelehnt werden (z. B. Fertigteile), kann die Zuschlagsmenge im Bemessungsentwurf für Abweichung ∆cdev reduziert werden:

 $10 mm \ge \Delta cdev \ge 0 mm$ 

Die besondere Geometriekontrolle kann in den Betoneinstellungen oder in den 1D-Bauteil-Daten nachgewiesen werden:

Betonein	stellungen																×
Ansichte	n: Grunddaten der Bemessung 👻	Anzeigeeinstellungen 💌 S	Standardw	erte	einlesen		Sucher	n					Nat	iona	lant	nang: 🌔	
Bes	chreibung		Symbol		Wert		Standar	d	[Dim]	Kapitel		Norm	Str	ukti	ır	Nachwei	
<all></all>	0	Q	<all></all>	Q	<all></all>	Q	<all></all>	ρ	< P	<all></all>	ρ.	all>	○ <a< p=""></a<>	l>	Q	Grundd  imes	
🖌 Gru	nddaten der Bemessung																
Þ	Bewehrung																
	Mindestdeckung																
	Nutzungsdauer				50,00		50,00		Jahr	4.4.1.2(5), t	E	N 1992-1-1	Alle	(Ba	il	Grunddat	
	<ul> <li>Korrosionsgefahr</li> </ul>					_		_									
	Durch Karbonisation einge	eführte Korrosion	_	_	XC3		XC3	_		4.4.1.2(5)	E	N 1992-1-1	Ba	ken,	P	Grunddat	
	Durch Chloride eingeführte	e Korrosion		-	Nein		Nein	_		4.4.1.2(5)	t	N 1992-1-1	Bal	ken,	P	Grunddat	
	Betonongriff durch Erect p	eingerunrte Korrosion		-	Nein		Nein	-		4.4.1.2(5)	1	N 1992-1-1	Bal Ral	ken,	P D	Grunddat	>>
	Chemischer Angriff	nit und onne raumittet		_	Nein		Nein	_		4.4.1.2(12)	F	N 1992-1-1	Ba	ken,	P	Grunddat	
	Verschleißbeanspruchung des	Betons		_	Nein		Nein	_		4.4.1.2(12)	E	N 1992-1-1	Bal	ken.	P	Grunddat	
	Möglichkeit spezieller Kontrol	lle															
	Geometrische Sonderkonti	rolle								4.4.1.3(3)	E	N 1992-1-1	Ba	ken	P	Grunddat	
	Sonder-Qualitätskontrolle	des Betons								4.4.1.2(5)	E	N 1992-1-1	Bal	ken.	P	Grunddat	
	Gefahr durch Herstellung auf	Oberflächen mit architekto			Standard		Standar	d		4.4.1.3(4)	E	N 1992-1-1	Bal	ken,	P	Grunddat	
	Betonparameter																
														0	ĸ	Abbru	ich
										_							
			1	Van	ne CMD1	D											
				C	L S1												
				Sta	aD 51												
			Baute	il-Ty	yp Stütze												*
▲ Gru	Inddaten der Bemessun	g															
A R	webrung	0															
	u-i -																
1 1	otutze																
- 141	ndestdeckung	Nutrunge	rdauar (	lab	-1 50.00												
		nuccuig.	suarce [	Jan													
1	lenubaum					_		_			_			_	_		
4	Korrosionsgefahr																
	Durch Ka	arbonisation eingefüh	rte Korr	osic	on XC3												~
	Du	rch Chloride eingefüh	rte Korr	osic	n Nein												~
	Durch Meerwa	sserchloride eingefüh	rte Korr	osic	on Nein												v
	Betonangriff (	durch Frost mit und ob	ne Tau	mitt	lal Nein												~
	betonungrint	Chemi	ischer A	nar	iff Nein												¥
	Va	rachlai® haansnruchur	and des R	-161 oto:	ne Nein												~
	Nõglichkeit spezieller k	Controlle	ig des b	etoi	115 116111												
	Mogueirkeit spezienei r	Geometrische So	nderkon	tro													
	So	nder-Qualitätskontrol	le des B	eto	ns												
G	afabr durch Harstellung auf	f Oberflächen mit arch	nitektoni	isch	Stand	arc	4										×
	Potoposo motor	i Obernachen mit arci	intektorii	ISCH	ier ottarica												
-	betonparameter		0.1		. Ortho	101											
-			Beto	onty	yp Urtbe	o											Y
▷ Rec	henkern Einstellungen																
<																	>

Die Werte von  $\triangle cdev$  finden Sie im Nationalanhang:

E Beton-Einstellungen	×
<ul> <li>Teile</li> <li>Teile</li> <li>10 2</li> <li>20 2</li> <li>Werte</li> <li>Na Gebäude </li> <li>Typ der Funktionalität</li> <li>Hohlkörperbalken </li> <li>GZT - Allgemein</li> <li>GZT - GZT - Allgemein</li> <li>GZT - Albernhungsbegrenzung währen</li> <li>Spannungsbegrenzung im GZG</li> <li>Konstruktive Auflagen</li> <li>Auswahl</li> <li>Auswahl</li> <li>Attualisiren</li> </ul>	
aumeben	

# Kapitel 2: Bemessung und Nachweis

# 2.1 Analysemodelle

### 2.1.1 Eurocode

Strukturmodelle für Gesamtanalyse (Art. 5.3.1)

Elemente eines Bauwerks werden unter Berücksichtigung ihrer Beschaffenheit und Funktion als Balken, Stützen, Platten, Wände, Platten, Schalen usw. klassifiziert. Es werden Regeln für die Analyse des Allgemeinwertes dieser Elemente und von Strukturen, die aus Kombinationen dieser Elemente bestehen, bereitgestellt.

Für Hochbau sind folgende Vorschriften anwendbar:

- 1) Ein Träger ist ein Teil, bei dem das Feld nicht kleiner als das 3-Fache der Gesamthöhe des Querschnitts ist. Andernfalls sollte er als wandartiger Träger betrachtet werden.
- 2) Eine Platte ist ein Teil, dessen Mindestabmessung nicht kleiner als das 5-Fache der Gesamtdicke der Platte ist.
- 3) Eine Platte, die einer dominierend gleichförmig verteilten Last ausgesetzt ist, kann als einachsig gespannt betrachtet werden, wenn
  - er hat zwei freie (nicht unterstützte) und sinnvoll parallele Kanten.
  - es ist der zentrale Teil einer vernünftigen Rechteckplatte, gestützt auf vier Seiten mit einem Verhältnis des längeren zu kürzeren Feldes größer 2.
- Rippenplatten brauchen Sie f
  ür die Analyse nicht als diskrete Elemente behandeln, sofern der Flansch, der Strukturbeton und die Querrippen eine ausreichende Torsionssteifigkeit haben. Dies kann angenommen werden, sofern
  - Der Rippenabstand darf 1500 mm nicht überschreiten
  - Die Tiefe der Rippe unterhalb des Flansches überschreitet nicht das 4-Fache ihrer Breite.
  - Die Gurthöhe beträgt mindestens 1/10 des lichten Abstands zwischen den Rippen oder 50 mm, je nachdem, welcher Wert größer ist.
  - Querrippen werden mit einem lichten Abstand bereitgestellt, der das 10-Fache der Gesamttiefe der Platte nicht überschreitet.

Die Mindestflanschdicke von 50 mm kann auf 40 mm reduziert werden, falls zwischen den Rippen ständige Blöcke eingefügt werden.

Eine Stütze ist ein Bauteil, bei dem die Querschnittshöhe das 4-fache seiner Breite nicht überschreitet und die Höhe mindestens das 3-Fache der Querschnittshöhe ist. Andernfalls sollte es als eine Wand betrachtet werden.

### 2.1.2 SCIA Engineer

### ZUORDNUNG DES ANALYSEMODELLS

In SCIA Engineer stehen verschiedene Typen von Analysemodellen zur Verfügung. Welches Modell für welches Element verwendet werden soll, liegt am Benutzer.

Für 1D-Teile besteht die Wahl zwischen Balken, plattenartiger Balken und Stützenberechnung.

Jedem Element ist eine Eigenschaft 'Typ' zugewiesen, um zu bestimmen, welcher Berechnungstyp verwendet wird:

5				
1D-TE				
🗃 Ij 🗡 🧨				
Name	B1			
Layer	Layer1	$\sim$ $\Xi$		
Тур	Stütze (100)	$\sim$		
Analysemodell	allgemein (0) Träger (80)			
FEM-Typ	Stütze (100)			
Querschnitt	Giebelstütze (70) Hilfsstütze (60)			
α	Sparren (90)			
Position der Bauteilsystemlinie	Pfette (0)			
ez [mm]	Dachverband (0)			
LKS	Windrispe (0)			
▼ KNICKFIGUREN	Binder (95)			
Systemlängen und Knickeinstellungen	Fachwerkdiagonale (90) Plattenartiger Balken (99)			
Material und Anzahl der Teile	Beton - 1			

Die Stabberechnung wird für die Typen 'Allgemein', 'Träger, 'Sparren', 'Pfette', 'Dachverband', 'Wandverband', 'Windrispe', 'Binder' und 'Fachwerkdiagonale' verwendet.

Die Berechnung der Balkenplatte wird nur für den Typ 'Plattenbalken' verwendet. Für diesen Typ wird standardmäßig keine Schubbewehrung hinzugefügt (sofern dies nicht erforderlich ist, wenn eine Plattendicke von 200 mm oder mehr erforderlich ist, wie in den Betoneinstellungen für Platten definiert). Wie der Durchmesser der Längsbewehrung der Standarddurchmesser für 2D-Strukturen – und nicht für Balken! – wird aus den Betoneinstellungen übernommen.

Die Stützenberechnung wird für die Typen 'Stütze', 'Giebelstütze' und 'Hilfsstütze' verwendet.

Auch hier haben Sie die Wahl für die 3 verschiedenen Analysemodelle, mittels der Option "Bauteiltyp":

5	
1D-TEILE (1) > 1D-ST	TAHLBETONDATEN (1)
₩ I] ≠ 🗗	
Name	CMD1D
Bauteil	B1
Bauteil-Typ	Stütze 🗸
GRUNDDATEN DER BEMESSUNG	Balken
RECHENKERN EINSTELLUNGEN	Stütze
AKTIONEN >>>	Plattenartiger Balken
Einstellungswerte laden	

Die 1D-Bauteildaten *überschreiben* sowohl die Elementeigenschaften als auch die Standardeinstellungen in den Betoneinstellungen.

### **4** DIFFERENZ ZWISCHEN BALKEN UND STÜTZEN-ANALYSEMODELL

Der wichtigste Unterschied zwischen der Berechnung des Trägers und der Stütze ist die Differenz in der Bewehrungsfläche je Richtung. Ein Träger hat eine obere Bewehrungsfläche, die sich von der unteren Bewehrungsfläche unterscheidet. Eine Stütze hat immer für die parallelen Seiten je Richtung die gleiche Bewehrungskonfiguration.



Diese Konfigurationen sind offensichtlich und durch die Differenz der maßgebenden Schnittgrößen je Berechnungstyp verursacht. Für eine Stabberechnung ist das Biegemoment maßgebend, während für eine Stütze die Normaldruckkraft + Biegemomente (falls vorhanden) berechnet werden.

Wenn der Normaldruck an einem Träger zu groß ist, sollten Sie das Element als Stütze berechnen. In den Betoneinstellungen ist eine Option verfügbar, um zu berücksichtigen, ob das Bauteil druckbeansprucht ist oder nicht. Bei Druckbeanspruchung wird die Einwirkung nach Theorie II. Ordnung berücksichtigt. Gehen Sie zur Beton-Arbeitsstation und "Betoneinstellungen", in der Ansicht "Vollständige Einrichtung":

etone	inste	ellungen													- 0		×
Ansich	ten:	Vollständige Einrichtung 🛛 👻 Anzeigeeinstellungen	•	Standard	lwer	te einlesen		Suc	hen					National	anhang:		
В	esch	nreibung		Symbol		Wert		Standa	rd [D	)im]	Kapitel		Norm	Struktur	Nachwe	Π	
<all></all>			P	<all></all>	P	<all></all>	2	<all></all>	P <.	P	<all></all>	P	<all></all>	<all> D</all>	<all></all>		
⊳ G	rund	klaten der Bemessung															
A R	eche	enkern Einstellungen				(											
-	AU	lgemein															
		Grenzwert des Einheitsnachweises		Nachwe	isg	1,0		1,0					Unabhängig	Alle (Bal	Rechenke.		
		Grenzwert des Einheitsnachweises für nicht berechnete	s Ei	. NICHT_E	3E	3,0		3,0					Unabhängig	Alle (Bal	Rechenke.		
		Beiwert für die Berechnung der Nutzhöhe des Quersch	nitts	Coeffd		0,9		0,9					Unabhängig	Alle (Bal	Rechenke.		
		Beiwert zur Berechnung des inneren Hebelarms	_	Coeff,	_	0,9	_	0,9	_				Unabhängig	Alle (Bal	Rechenke.		
		Beiwert zur Ermittlung des Druckglieds		Coeffcom	n	0,1		0,1					Unabhängig	Alle (Bal	Rechenke.		
	-	Kriechen und Schwund															1
		Betonalter zum Betrachtungszeitpunkt		t		18250,00		18250,00	) Ta	g	3.1.4.B.1-2		EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenke.		
		Relative Feuchte		RH		50		50	%		3.1.4.B.1-2		EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenke.		
		Eingabe des Kriechbeiwerttyps		Typ <b>q</b> (t,	to)	Auto		Auto			3.1.4(2)		EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenke.		
		Betonalter bei Belastungsbeginn		t <sub>0</sub>		28,00		28,00	Ta	g	3.1.4(2),B1	L I	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenke.		
		Trocknungs- und Autogenschwindung berücksichtig	gen	Typ s <sub>cs</sub> (	t,ts)	Auto		Auto			3.1.4(6)		EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenke.		
		Betonalter zu Beginn der Trocknungsschwindung		ts		7,00		7,00	Ta	g	3.1.4(6),B2	2	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenke.		
	₽	GZG															
	₽	Standardverschieblichkeit															
Þ	Sc	:hnittgrößen															
	-	amore und Ar art															

Mit dieser Option "Beiwert zur Ermittlung des Druckglieds, bei dem das Teil als unter Druck betrachtet wird" wird überprüft, wie wichtig der Beitrag der Axialdruckkraft ist:

- Wenn die Axialdrucklast NEd < 0,1\*Ac\*fcd, wird das Teil nicht als druckbeansprucht betrachtet. Das Bedeutet, dass der Typ 'Träger' die richtige Wahl ist.
- Wenn die Axialdrucklast NEd > 0,1\*Ac\*fcd, dann wird das Bauteil als druckbeansprucht betrachtet. Das bedeutet, dass der Träger als Typ 'Stütze' modelliert werden muss und die Einflüsse nach Theorie II. Ordnung berücksichtigt werden.

# 2.1.3 Beispiel



#### Bewehrung 1D Bemessung Werte: As,req Lineare Analyse Lastfall: LC2 Koordinatensystem: Teil Extremwerte 1D: Bauteil Auswahl: Alle Träger – Erforderliche Bewehrung Ouerschnitt (mm²/m N... [mm<sup>2</sup>] [mm<sup>2</sup>] [m Na [n n31 B2 0,000 0 0,0 CS1 -0 0 0 0 496 LC2 Rectangle 2ø8/203 19,2 (300; 300) Plattenartige Balken - Erforderliche Bewehrung Querschnitt dx [m] $[kg/m^3]$ **B**3 0,000 LC2 CS1 - Rectangle 0 0 0 0,0 (300; 300)Stützen – Erforderliche Bewehrung Duerschnit iswm,req [mm²/m N= [kg/m<sup>3</sup>] [m N\_ [m Na m3] B1 0,000 LC2 CS1 -706 274 980 335 85,6 Rectangle 2x1,8ø16 2x0,7ø16 4,9ø16 2ø8/300 13,0 (300; 300)

Unter Schnittgrößen wird in der Detailausgabe eine Warnung angezeigt, ob ein Element als Stütze berechnet werden muss, um die Druckkräfte zu berücksichtigen. Der Typ muss bei Bedarf entweder manuell in den Bauteil-Eigenschaften auf Stütze geändert werden oder über die 1D-Bauteildaten.

### Druckglied

Grenzwert der Axialkraft zur Betrachtung des Teils als druckbeansprucht:

$$N_{com} = -Coeff_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0.1 \cdot (6.4 \cdot 10^6 \cdot 0.09) = -57.6 \text{ kN}$$

Nachweisbedingung:

N<sub>Ed</sub> < N<sub>com</sub> = -300 kN < -58 kN ... Druckglied

Warnung: Ausmitten nach Theorie erster und zweiter Ordnung sollten berücksichtigt werden. Teil sollte als Stütze bewertet werden (signifikante Drucknormalkraft). Teiletyp zu 'Stütze' ändern.

# 2.2 Balkenbemessung

### 2.2.1 Beschreibung des verwendeten Beispiels

Das Beispiel, das zum Erklären der Bewehrungsberechnung in einem Träger verwendet wird, heißt 'beam.esa'.

Die Berechnung der Stabbewehrung wird über die folgenden beiden Feldträger erläutert:



Der Gesamtträger ist 10 m lang und hat eine Abmessung von 500x300mm.

Die Lasten sind eingegeben:

- BG1: Eigengewicht
- BG2: ständige Lasten
  - Linienlast: -27 kN/m
  - Einzellast: -100 kN an Position x = 0,25
- BG3: Variable Lasten
  - o Linienlast: -15 kN/m
  - Einzellast: -150 kN an Position x = 0

### 2.2.2 Neu berechnete Schnittgrößen

Die Bewehrungsberechnung in SCIA Engineer basiert auf neu berechneten Schnittgrößen. Die mit der mechanischen FEM-Berechnung ermittelten reinen Schnittgrößen werden für die Bemessung der Bewehrung in "neu berechnete Schnittgrößen" umgewandelt.

Die neu berechneten Schnittgrößen können in den Betoneinstellungen von SCIA Engineer angezeigt werden.

### Versatz von Biegemomenten §9.2.1.3

Für alle Querschnitte sollte ausreichende Bewehrung bereitgestellt werden, um der Umhülle der einwirkenden Zugkraft, einschließlich der Einwirkung geneigter Risse in Stegen und Flanschen, zu widerstehen.

Zusätzliche, durch Schub und Torsion verursachte Zugkräfte werden in SCIA Engineer berücksichtigt, indem die vereinfachte Berechnung verwendet wird, die auf dem Verschieben der Biegemomente gemäß Artikel 9.2.1.3(2) basiert. Das Versagen von Biegemomenten wird nur für plattenartige Balken und Balken berechnet

Für Bauteile mit Schubbewehrung sollte die zusätzliche Zugkraft  $\Delta$ Ftd ermittelt werden. Für Bauteile ohne Schubbewehrung kann  $\Delta$ Ftd durch Verschieben der Momentkurve um einen Abstand al = d (für plattenartige Balken) geschätzt werden. Diese "Verschiebungsregel" kann auch als Alternative für Bauteile mit Schubbewehrung verwendet werden, wobei:

al = 
$$z (\cot \theta - \cot \alpha)/2$$
 (für Stäbe) (9.2)

### Die zusätzliche Zugkraft ist in Abbildung 9.2 dargestellt:



In SCIA Engineer können Sie die neu berechneten Schnittgrößen überprüfen. Im Betonmenü können die neu berechneten Schnittgrößen und Schnittgrößen angezeigt werden. In der Abbildung unten ist der Unterschied deutlich sichtbar:



Die Verschiebemomentlinie wird für die neuberechneten Schnittgrößen und damit auch für die Berechnung der Längsbewehrung berücksichtigt, wenn dies in den Betoneinstellungen (für die globale Struktur) oder in den 1D-Bauteil-Daten (einzeln je Bauteil) aktiviert wird:

hten: Vollständige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstellungen 👻	Standa	ardwer	te einlesen	Sucher	1			Nationa	lanhang:
Beschreibung	Symt	ool	Wert	Standard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachwe
>>	<all></all>	P	<all></all>	<all></all>	< P	<all> <math>\rho</math></all>	<all> <math>\rho</math></all>	<all> <math>\wp</math></all>	<all> D</all>
Grunddaten der Bemessung									
Bewehrung									
Mindestdeckung									
Rechenkern Einstellungen									
Allgemein			1						
Schnittgrößen									
Querkraftreduktion über den Auflagern						6.2.1(8)	EN 1992-1-1	Balken,P	Rechenke
Momentreduktion über den Auflagern						5.3.2.2 (4)	EN 1992-1-1	Balken,P	Rechenke
Verschiebung der Momentkurve zur Berücksichtigung zus.				×		9.2.1.3(2)	EN 1992-1-1	Balken,R	Rechenke
Geometrische Imperfektion im GZT	ei,ULS			2		5.2(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenke
Geometrische Imperfektion im GZG	ei,SLS					5.2(3)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenke
Mindestausmitte	e <sub>min</sub>		Ausmitte The.	. Ausmitte		6.1(4)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenke
Ausmitte nach Theorie I. Ordnung mit Ersatzmoment				$\checkmark$		5.8.8.2(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenke
Ausmitte nach Theorie II. Ordnung	e2		Nennkrümm	Nennkrü		5.8.5	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenke
Wirksamer Kriechbeiwert M <sub>0Eqp</sub> /M <sub>0Ed</sub>	Coeff	p.eff	1,00	1,00		5.8.4(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenke
Änderungen der Schnittgrößen									
Bemessung As,erf									
Umwandlung in Bewehrungsstäbe									

1.41 32	
1D-TEILE (1) > 1D-S	TAHLBETONDATEN (1)
套 Ij 🖊 🧨 🖽 📥	
Name	CMD1D
Bauteil	S1
Bauteil-Typ	Balken 🗸
GRUNDDATEN DER BEMESSUNG	
RECHENKERN EINSTELLUNGEN     ALLGEMEIN	
Beiwert für die Berechnung der Nutzh	0,9
Beiwert zur Berechnung des inneren H	0,9
Beiwert zur Ermittlung des Druckglieds	0,1
KRIECHEN UND SCHWUND	
Betonalter zum Betrachtungszeitpunkt	1825,00
Relative Feuchte [%]	50
Eingabe des Kriechbeiwerttyps	Auto 🗸
Betonalter bei Belastungsbeginn [Tag]	28,00
Trocknungs- und Autogenschwindung	Nein 🗸
GZG	
Wirksames Elastizitätsmodul des Beto	$\bigcirc$
SCHNITTGRÖßEN	
Querkraftreduktion über den Auflagern	$\bigcirc$
Momentreduktion über den Auflagern	
Verschiebung der Momentkurve zur Be	
ÄNDERUNGEN DER SCHNITTGRÖß	BEN

### **4** REDUKTION DES BIEGEMOMENTES (ART. 5.3.5.5 (3) & §5.3.2.2(4))

Ein weiterer typischer Fall von neu berechneten Schnittgrößen ist die Momentkappung an den Auflagern.

Wenn ein Träger oder eine Platte mit seinen Auflagern monolithisch ist, sollte das kritische Bemessungsmoment am Auflager als das an der Stirnseite des Auflagers verwendet werden. Das Bemessungsmoment und die Reaktion, die auf das tragende Element (z. B. Stütze, Wand usw.) übertragen werden, sollten im Allgemeinen als der größere des elastischen oder umgelagerten Wertes angenommen werden.

Unabhängig von der verwendeten Analysemethode, bei denen ein Träger oder eine Platte über einem Auflager durchlaufend ist, was als keine Zwängung für Verdrehung angesehen wird (z. B. über Wänden), kann das Bemessungs-Auflagermoment, das auf Grundlage eines Felds, das dem Mittelpunktabstand der Auflager entspricht, um eine Menge ∆MEd wie folgt reduziert werden:

$$\Delta MEd = FEd, sup t / 8$$

Wo:

- FEd,sup ist die Bemessungsauflagerreaktion
- T ist die Auflagerbreite

(5.9)

In SCIA Engineer wird diese Abminderung des Biegemoments nur berücksichtigt, wenn sie in den Betoneinstellungen (für die globale Struktur) oder in den 1D-Bauteildaten (einzeln je Bauteil) aktiviert ist:

oneinstellungen											- 0	
sichten: Vollständige Einrichtung 💌 Anzeigeeinstellungen 💌	Standard	wert	e einlesen		Suchen					Nationa	lanhang: 🔰	y.
Beschreibung	Symbol		Wert	S	tandard	[Dim]	Kapitel		Norm	Struktur	Nachwe	Π
all>	<all></all>	2	<all></all>	> <	all> 🔎	<	<all></all>	P	<all></all>	<all></all>	<all> 🔎</all>	Ш
Grunddaten der Bemessung												
Bewehrung												
Mindestdeckung												
Rechenkern Einstellungen												
Allgemein												
✓ Schnittgrößen	1											
Ouerkraftreduktion über den Auflagern							6.2.1(8)		EN 1992-1-1	Balken,P	Rechenke	
Momentreduktion über den Auflagern					]		5.3.2.2 (4)	)	EN 1992-1-1	Balken,P	Rechenke	
Verschiebung der Momentkurve zur Berücksichtigung zus			<b>Z</b>	1	1		9.2.1.3(2)		EN 1992-1-1	Balken,R	Rechenke	
Geometrische Imperfektion im GZT	ei,ULS		2	1			5.2(2)		EN 1992-1-1	Stütz e	Rechenke	
Geometrische Imperfektion im GZG	ei,SLS						5.2(3)		EN 1992-1-1	Stütz e	Rechenke	
Mindestausmitte	e <sub>min</sub>		Ausmitte The	At	usmitte		6.1(4)		EN 1992-1-1	Stűtz e	Rechenke	
Ausmitte nach Theorie I. Ordnung mit Ersatzmoment			<b>V</b>	V	1		5.8.8.2(2)		EN 1992-1-1	Stütze	Rechenke	н
Ausmitte nach Theorie II. Ordnung	e2		Nennkrümm.	N	ennkrü		5.8.5		EN 1992-1-1	Stütze	Rechenke	
Wirksamer Kriechbeiwert M <sub>0Eqp</sub> /M <sub>0Ed</sub>	$\operatorname{Coeff}_{q,eff}$		1,00	1,	,00		5.8.4(2)		EN 1992-1-1	Stütze	Rechenke	II.
Änderungen der Schnittgrößen												L
Bemessung As,erf												L
Umwandlung in Bewehrungsstäbe												L
N Interaktionediagramm												

1D-TEILE (1) > 1D-S	TAHLBETONDATEN (1)	6
B -1 F F 📇 📥		
Name	CMD1D	
Bauteil	S1	
Bauteil-Typ	Balken	$\sim$
GRUNDDATEN DER BEMESSUNG		
RECHENKERN EINSTELLUNGEN     ALLGEMEIN		
Beiwert für die Berechnung der Nutzh	0,9	
Beiwert zur Berechnung des inneren H	0,9	
Beiwert zur Ermittlung des Druckglieds	0,1	
KRIECHEN UND SCHWUND		
Betonalter zum Betrachtungszeitpunkt	1825,00	
Relative Feuchte [%]	50	
Eingabe des Kriechbeiwerttyps	Auto	$\sim$
Betonalter bei Belastungsbeginn [Tag]	28,00	
Trocknungs- und Autogenschwindung	Nein	~
GZG		
Wirksames Elastizitätsmodul des Beto	$\bigcirc$	
SCHNITTGRÖßEN		
Querkraftreduktion über den Auflagern	$\bigcirc$	
Momentreduktion über den Auflagern	$\bigcirc$	
Verschiebung der Momentkurve zur Be		

Die Art der Momentenreduktion basiert auf dem Auflagertyp. Wenn ein Standardauflager definiert ist, erfolgt die Reduktion nach Formel 5.9. Ist eine Stütze definiert, wird die Reduktion am Stützenrand verwendet.

### An der Stützenseite §5.3.2.2(3)




In SCIA Engineer kann die Breite "t", die für die Momentreduktion an Auflagern verwendet wird, in den Eigenschaften des Auflagers festgelegt werden:

	KNOTENAU	FLAGER (1)	6
#			
	Name	Sn1	
	Тур	Standard	$\sim$
	Winkel [Grad]		
	Lagertyp	Gelenkig	~
	x	Starr	$\sim$
	Z	Starr	$\sim$
	Ry	Frei	$\sim$
	Auflagerbreite [m]	0,200	
	Knoten	K1	
▼ GEOMETRIE			
	System	GKS	$\sim$

Am unteren Rand der 1D-Bauteildaten befindet sich die Aktionsschaltfläche "Auflagerbreite aktualisieren". Diese Schaltfläche sammelt alle gekoppelten Teile oder Auflager des ausgewählten Bauteils und lesen die Auflagerbreiten.

2	🎉 👗							
İ			1D-TEILE (1) >	1D-ST	AHLBETO	NDATEN (1)		
ź	<b>₹ I</b> ]	1	17 🖽 📥					
			N	lame	CMD1D			
			Ba	uteil	S1			
			Bautei	l-Typ	Balken			$\sim$
►	GRUND	DATEN	DER BEMESSUNG					-
	RECHE	NKERN	EINSTELLUNGEN					-
	AKTIO	NEN >>>						
	Aufla	gerbreit	te aktualisieren					
		0						
	Einst	ellungsv	verte laden					
	Einst	ellungsv	werte laden					
A	Einst	ellungsv	verte laden					X
A	Einst uflagerbreite Na	ellungsv	Position [m]	Br	eite [m]	Schubreduktion	Mome	entenreduktion
1	Einst uflagerbreite Na Sn1	ellungsv	Position [m] 0,000	Br	eite [m] 0,200	Schubreduktion	Mome	entenreduktion
1 2	Einst uflagerbreite Na Sn1 Sn2	ellungsv	Position [m] 0,000 5,000	Br	eite [m] 0,200 0,200	Schubreduktion	Mome 2	entenreduktion
1 2 3	Einst uflagerbreite Sn1 Sn2 Sn3	ellungsv	Position [m]           0,000           5,000           10,000	Br	eite [m] 0,200 0,200 0,200	Schubreduktion	Mome V V	entenreduktion
1 2 3	Einst uflagerbreite Sn1 Sn2 Sn3	ame	Position [m]           0,000           5,000           10,000	Br	eite [m] 0,200 0,200 0,200	Schubreduktion	Mome V V	ntenreduktion
1 2 3	Einst uflagerbreite Sn1 Sn2 Sn3	ellungsv	verte laden Position [m] 0,000 5,000 10,000	Br	eite [m] 0,200 0,200 0,200	Schubreduktion	Mome V V	entenreduktion
1 2 3	Einst uflagerbreite Sn1 Sn2 Sn3	ame	Verte laden  Position [m]  0,000  5,000  10,000	Br	eite [m] 0,200 0,200 0,200	Schubreduktion	Mome 2 2	entenreduktion
1 2 3	Einst uflagerbreite Sn1 Sn2 Sn3	ame	Verte laden  Position [m]  0,000  5,000  10,000	Br	eite [m] 0,200 0,200 0,200	Schubreduktion	Mome V V	entenreduktion
I Ari	Einst uflagerbreite Sn1 Sn2 Sn3	ame agerbreite w	verte laden Position [m] 0,000 5,000 10,000 vird durch das Tragwerk bel	Br lastet, oh	eite [m] 0,200 0,200 0,200 0,200	Schubreduktion	Mome V V gen!	entenreduktion

Die Momentenabminderung im Auflagerbereich ist für unser Beispiel unten dargestellt:

- t = 0,2m
- FEd,sup = 477,5kN
- ΔMEd = 477,5\*0,2 / 8 = 11,94kNm

Originalmoment My am Auflager betrug 254,16 kNm:

Das neu berechnete Moment zeigt deutlich die Versatzverschiebung der Momentenlinie an.



Bei Berücksichtigung der Momentenkappung am Auflager beträgt das neu berechnete Moment 242,22 kNm.



# **4** ABMINDERUNG DER QUERKRÄFTE (ART. 6.2.1 (8))

Für Bauteile, die einer überwiegend gleichförmig verteilten Belastung ausgesetzt sind, muss die Bemessungsquerkraft nicht in einem Abstand kleiner d vom Auflagerrand kontrolliert werden. Erforderliche Querkraftbewehrung sollte bis zum Auflager fortgesetzt werden. Außerdem sollte überprüft werden, dass der Schub am Auflager VRd,max nicht überschreitet.

In SCIA Engineer wird diese Abminderung der Querkräfte nur berücksichtigt, wenn sie in den Betoneinstellungen (für die globale Struktur) oder in den 1D-Bauteil-Daten (einzeln je Bauteil) aktiviert ist:

Beto	onei	inst	ellungen											>
nsi	chter	n: \	Vollständige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 👻 Sta	andardy	verte	ein	S	uchen				Nationa	alanhang:	)
	Be	sch	reibung	Symbo	ol	Wert		Standard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachw	Π
<al< td=""><td>  &gt;</td><td></td><td>Q</td><td><all></all></td><td>P</td><td><all></all></td><td>P</td><td><all> <math>\wp</math></all></td><td></td><td><all> 🔎</all></td><td><all></all></td><td><all> D</all></td><td><all> <math>\wp</math></all></td><td></td></al<>	>		Q	<all></all>	P	<all></all>	P	<all> <math>\wp</math></all>		<all> 🔎</all>	<all></all>	<all> D</all>	<all> <math>\wp</math></all>	
	Gru	und	ldaten der Bemessung											
	₽	Be	ewehrung											
	Þ	Mi	indestdeckung											
4	Re	che	enkern Einstellungen											
	Þ	Al	lgemein											
	4	Sc	hnittgrößen		_		_							
			Querkraftreduktion über den Auflagern							6.2.1(8)	EN 1992-1-1	Balken,	Rechen	
		Þ	Querkräfte reduzieren			An der Stir	^	An der St		6.2.1(8)	EN 1992-1-1	Balken,	Rechen	
			Momentreduktion über den Auflagern			An der Stirr	nsei	te (Auflager	/Stütze	2)		en,	Rechen	
			Verschiebung der Momentkurve zur Berücksichtigun			An der Stiri	nsei	te (Auflager	/Stütze	e) + Nutzhöh	e des Quersch	nitts <sub>en,</sub>	Rechen	
			Geometrische Imperfektion im GZT	e <sub>i,ULS</sub>				×		5.2(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	
			Geometrische Imperfektion im GZG	e <sub>i,SLS</sub>						5.2(3)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	
			Mindestausmitte	e <sub>min</sub>		Ausmitte T	ħ	Ausmitte		6.1(4)	EN 1992-1-1	Stü tz e	Rechen	
			Ausmitte nach Theorie I. Ordnung mit Ersatzmoment			<b>~</b>		~		5.8.8.2(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	ц.
			Ausmitte nach Theorie II. Ordnung	e2		Nennkrüm		Nennkrü		5.8.5	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	
			Wirksamer Kriechbeiwert M <sub>0Eqp</sub> /M <sub>0Ed</sub>	Coeff	eff	1,00		1,00	-	5.8.4(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	
		Þ	Änderungen der Schnittgrößen											
	Þ	Be	emessung As, erf											
	Þ	U	mwandlung in Bewehrungsstäbe											
	D	In	teraktionsdiagramm											

∞	
= 1D-TEILE (1) > 1D-S	TAHLBETONDATEN (1)
🗃 Ij 🏭 🖊 📥 🥐	
Name	CMD1D
Bauteil	S1
Bauteil-Typ	Balken 🗸
GRUNDDATEN DER BEMESSUNG	
RECHENKERN EINSTELLUNGEN     ALLGEMEIN	
Beiwert für die Berechnung der Nutzhöhe d	0,9
Beiwert zur Berechnung des inneren Hebela	0,9
Beiwert zur Ermittlung des Druckglieds	0,1
KRIECHEN UND SCHWUND	
Betonalter zum Betrachtungszeitpunkt [Tag]	1825,00
Relative Feuchte [%]	50
Eingabe des Kriechbeiwerttyps	Auto 🗸
Betonalter bei Belastungsbeginn [Tag]	28,00
Trocknungs- und Autogenschwindung berüc	Nein 🗸
GZG	
Wirksames Elastizitätsmodul des Betons ver	$\bigcirc$
SCHNITTGRÖßEN	
Querkraftreduktion über den Auflagern	
Querkräfte reduzieren	An der Stirnseite (Auflager/Stütze) 🛛 🗸
Momentreduktion über den Auflagern Verschiebung der Momentkurve zur Berücks	An der Stirnseite (Auflager/Stütze) An der Stirnseite (Auflager/Stütze) + Nut

Der Typ der Abminderung der Querkräfte am Auflagerrand oder in einem Abstand d vom Auflagerrand kann ausgewählt werden:



Auch für die Abminderung der Querkräfte wird die Auflagerbreite "t" berücksichtigt, die von den Eigenschaften des Auflagers bzw. den 1D-Teil-Daten übernommen wird. Die Abminderung der Querkräfte an Auflagern wird für unser untenstehendes Beispiel mit t = 0,2 m illustriert.

Das erste Bild zeigt das originale Vz:



Das zweite Bild zeigt die Reduktion an der Auflagerkante:



Das letzte Bild zeigt die Reduktion in der Nutzhöhe von der Stirnseite:



# 2.2.3 Theoretische Bewehrung

## **KONFIGURATION**

Die theoretische Bewehrung wird aus den neu berechneten Schnittgrößen berechnet. Diese gibt die Bewehrungsmenge an, die zum Standhalten der durch Lasten im GZT erzeugten Schnittgrößen erforderlich ist. Da zur Bemessung von Betonbalkenelementen mehrere Workflows möglich sind, muss die theoretische Bewehrungsbemessung nicht ausgeführt werden. Erfahrene Benutzer können direkt zur praktischen Bewehrung springen, um die Kontrolle durchzuführen, aber dieser theoretische Ansatz gibt eine gute Vorstellung davon, wie diese praktische Bewehrung aussehen sollte. Es gibt zwei Arten von theoretischer Bewehrung:

- Erforderliche Bewehrung: Die erforderliche Bewehrung ist ein Numerischer Wert (mm<sup>2</sup>) der in jedem Querschnitt des Trägers erforderlichen Bewehrung.
- **Angegebene Bewehrung:** Die angegebene Bewehrung ist eine Vorlage, die jedem Träger/jeder Stütze hinzugefügt wird, die aus Grundbewehrung und Zusatzbewehrung besteht.

Die Konfiguration der theoretischen Bewehrung finden Sie in den Betoneinstellungen in der Ansicht "Grunddaten der Bemessung". Vorlagen für Längsbewehrung und Bügel für verschiedene Stabformen sind verfügbar. Die Betondeckung kann für die oberen, unteren und seitlichen Flächen festgelegt werden.

hten: Grunddaten der Bemessul 👻 Anzeigeeinstell 👻 🛽	Stand	lardw	erte	ein	9	Suchen				Nationa	lanhang:
Beschreibung	S	ymbo	1	Wert		Standard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachw
all>	0 <	all>	Q	<all></all>	P	<all> D</all>		<all></all>	<all> D</all>	<all></all>	Grund ×
Grundda ten der Bemessung											
▲ Bewehrung											
∡ Träger/Rippe											
Bemessung der angegebenen Bewehrung									Unabhängig	Balken,	Grundd
Rechteckige Querschnitte				Beam_R		Beam_R			Unabhängig	Balken,	Grundd
T-Profil				Beam_T		Beam_Ts			Unabhängig	Balken,	Grundd
L-Profil				Beam_L		Beam_Ls			Unabhängig	Balken,	Grundd
I-Profile				Beam_I		Beam_ls			Unabhängig	Balken,	Grundd
Sonstiges und Allgemeines				Beam		Beam_O			Unabhängig	Balken,	Grundd
<ul> <li>Längsbewehrung</li> </ul>	_								-		
<ul> <li>Oben (z+)</li> </ul>											
Typ der Deckung				Auto		Auto		4.4.1	EN 1992-1-1	Balken,	Grundd
Durchmesser	ds	,u		16,0		16,0	mm		EN 1992-1-1	Balken,	Grundd
<ul> <li>Unten (z-)</li> </ul>											
Typ der Deckung				Auto		Auto		4.4.1	EN 1992-1-1	Balken,	Grundd
Durchmesser	ds	J.		16,0		16,0	mm		EN 1992-1-1	Balken,	Grundd
∡ Seite (+/-)											
Typ der Deckung				Oben		Oben		4.4.1	EN 1992-1-1	Balken,	Grundd
Konstruktive Auflagen (det)											

Für die verschiedenen Querschnittstypen (angegebene Bewehrung) stehen mehrere Standardvorlagen für Längsbewehrung und Bügel zur Verfügung. Diese können angepasst oder neu erstellt werden.



Diese Vorlage besteht aus Grundbewehrung, Zusatzbewehrung und Querkraftbewehrung. Ziel ist es, diese Vorlagen mit der erforderlichen Bewehrung zu vergleichen, die zu einem späteren Zeitpunkt eingefügte Bewehrung zu modellieren oder sie automatisch in die benutzerdefinierte Bewehrung umzuwandeln.

#### *⇒* Längsbewehrung

Die Grundbewehrung ist entlang der gesamten Stablänge vorhanden; Die Zulagenbewehrung ist nur in den Bereichen vorhanden, in denen die Grundbewehrung nicht ausreichend ist, um den (neu berechneten) Schnittgrößen standzuhalten.

Es kann wahlweise zwischen starren Zusatzstäben (Durchmesser und Anzahl) oder einer Liste mit unterschiedlichen Anzahlen von Stäben mit starrem Durchmesser getroffen werden. SCIA Engineer verwendet die geringste Menge an erforderlichen zusätzlichen Stäben oder platziert das Maximum, wenn diese Vorlage immer noch nicht ausreichend ist, um den (neu berechneten) Schnittgrößen zu widerstehen. Neben der Grundbewehrung und der Zusatzbewehrung können Sie auch einen Durchmesser für die konstruktive Bewehrung festlegen. Bei der konstruktiven Bewehrung handelt es sich um eine Bewehrung, die statisch nicht erforderlich ist, die jedoch zum Querschnitt hinzugefügt werden muss, um die konstruktiven Auflagen zu erfüllen.



⇒ Schubbewehrung

Für die Schubbewehrung können die Schnittigkeit, die Höchstanzahl Bügelabschnitte, der Durchmesser und der Abstand festgelegt werden. Für den Abstand können verschiedene Eingabetypen verwendet werden: **Mehrfach** und **Benutzerdefiniert**. Mehrfach bedeutet, dass der Abstand zwischen den Bügeln das Vielfache

eines gesetzten Wertes ist. Mit benutzerdefinierter Bewehrung können Sie die zu verwendenden Abstände festlegen. Abhängig von dieser Vorlage und den allgemeinen Einstellungen in den Bemessungstandardeinstellungen wählt SCIA Engineer automatisch den Abstand aus. Mit der Option **Symmetrisch** können Sie festlegen, ob die Zonen in jedem Feld symmetrisch sind oder nicht.

·	Bewehrung (Bemess	sung) bearbeiter	n - Beam_Rect_B	Empty									
Bauteil-Typ	Balken	× I											
Querschnitt	Rechteck	· •	-										
Modus	Standard	×.											
				Längsbeweh	rung	m <sub>o</sub>	<b></b>						
				Pand	Laver	Eir	nfach (As,	bas)		Zusätzlic	h (As,add)		Konstr
	0	C		Railu	Layer	Ø [mm]	N x [-]	As [m	Тур	Ø [mm]	N x [-]	As [m	Ø [mm]
				Oben	1 Lage	16,0	0	0	Phix	16,0	0		
				Seite	1 Lage	16,0	0	0	Phix	16,0	0		10,0
				Unten	1 Lage	16,0	0	0	Phix	16,0	0		
	z ≬												
		>¥		Schubbeweh	rung	ügelabs	Anzahl	Bü Ø	[mm]	Verteilung	Abst	and m]	Symmetri
		- <b>&gt;</b> ¥		Schubbeweh	rung F	ügelabs	Anzahl	Bü Ø 8,0	[mm]	Verteilunş Mehrfach	Abst g s (m 50	and im]	Symmetri

## KONFIGURATION FÜR UMWANDLUNG IN BEWEHRUNGSSTÄBE

Die Konfiguration für die Umwandlung in Bewehrungsstäbe finden Sie in den Betoneinstellungen in der Ansicht "Vollständige Einrichtung". Es stehen verschiedene Optionen zur Verfügung:

etoneinstellungen										_		
sichten: Vollständige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 💌 Sta	andardw	erte	ein	S	uchen					Nationa	alanhang:	
Beschreibung	Symbo	ı	Wert		Standar	d [Dim]	Kapitel		Norm	Struktur	Nachw	1
<all></all>	<all></all>	P	<all></all>	2	<all></all>	C	<all></all>	P	<all></all>	<all> <math>\wp</math></all>	<all> 🔎</all>	
<ul> <li>Grunddaten der Bemessung</li> </ul>												
Bewehrung												
Mindestdeckung												
<ul> <li>Rechenkern Einstellungen</li> </ul>												
Allgemein												
Schnittgrößen												
Bemessung As, erf												
<ul> <li>Umwandlung in Bewehrungsstäbe</li> </ul>	-											
Bewehrung Oberseite über mittlerem Auflager verei					<b>X</b>			l	Unabhängig	Balken,	Rechen	
Mindestlänge der Längsbewehrung			1000		1000	mm		l	Unabhängig	1D (Bal	Rechen	
Gleichförmig verteile Bewehrung für die Stütze								l	Unabhängig	Stütze	Rechen	
Anzahl der korrigierten Stäbe (benachbarte Quersch					<b>×</b>			t	Unabhängig	1D (Bal	Rechen	
Art der Zone für korrigierte Querkraftbewehrung			Geometr	isch	Geometr			- I	Unabhängig	1D (Bal	Rechen	
Interaktionsdiagramm												
▶ Schub												
Torsion												
Begrenzung der Spannungen												
Rissbeanspruchung												
Rissbreite												
Durchbiegungen				_	-							

Bewehrung Oberseite über mittlerem Auflager vereinheitlichen

Anzahl der Stäbe der oberen Bewehrung am mittleren Auflager vereinheitlicht Die Höchstanzahl an Stäben der linken und rechten Seite des Auflagers wird berücksichtigt.



⇒ Mindestlänge der Längsbewehrung

Legt eine Mindestlänge für die Längsbewehrung fest



⇒ Gleichförmig verteilte Bewehrung für die Stütze

Gleichmäßige Verteilung der Bewehrung entlang der gesamten Länge der Stütze, wobei die Höchstfläche von den y- und z-Rändern in allen Querschnitten berücksichtigt wird.



⇒ Anzahl der korrigierten Stäbe (benachbarte Querschnitte)

Die Zusatzbewehrung wird in jedem Querschnitt für die Stabanzahl und den Durchmesser in benachbarten Querschnitten getestet. Wenn die Zulagenbewehrung auf die Bügelverbindungen zwischen den Hauptbewehrungsstäben verteilt werden kann, werden die Stabanzahl und der Durchmesser der Zulagenbewehrung erhöht, soweit die Bedingungen erfüllt sind. Der Grund für die Korrektur der Anzahl der Stäbe der angegebenen Zusatzbewehrung ist das Erhalten einer logischen und symmetrischen Bewehrung im Querschnitt entlang des Trägers.



⇒ Art der Zone für korrigierte Querkraftbewehrung

Keine – Die Zonen für die Querkraftbewehrung werden nicht erstellt. Die angegebene Bewehrung kann nicht in echte Stäbe umgewandelt werden.

- (A) Geometrisch Das Bauteil ist in jedem Feld geometrisch in Zonen der gleichen Länge aufgeteilt.
- (B) Abstand Das Bauteil ist in jedem Feld in Zonen gemäß häufigstem Abstand aufgeteilt.



## ERMITTLUNG DER LÄNGSBEWEHRUNG As

Die Berechnung der Längsbewehrung basiert auf der im vorigen Kapitel dargestellten My, Neuberechnung.

In den Beton-Einstellungen ist nur die Materialqualität und der Standarddurchmesser festgelegt:

- Materialqualität wird auf B 500A festgelegt. Dies kann in den Projektdaten oder in den 1D-Betonbauteil-Daten geändert werden.
- Der Standarddurchmesser ist auf 16 mm festgelegt. Dieser Parameter wird vom Zusatzdurchmesser der Bewehrungsvorlage unter 'Standardwerte der Bemessung' oder den 1D-Bauteildaten übernommen.

Mit diesen Einstellungen werden sie die folgenden Ergebnisse erhalten:



In der folgenden Abbildung sehen Sie die Kurzausgabe in der Vorschau:

Träger – Erforderliche Bewehrung

Name	dx [m]	LF	Querschnitt	A <sub>s</sub> ,req,z+ [mm <sup>2</sup> ] Nø,req,z+	As, req, z· [ mm <sup>2</sup> ] Nø, req, z·	A <sub>s,req,y+</sub> [ mm <sup>2</sup> ] N ø,req,y+	As, req, y- [mm²] Nø, req, y-	A <sub>s,req</sub> [mm <sup>2</sup> ]	A <sub>swm,req</sub> [mm <sup>2</sup> /m] N <sub>øw,req</sub>	Gl,req [kg/m <sup>3</sup> ] Gw,req [kg/m <sup>3</sup> ]	E/W/N
S1	2,375-	ULS	CS1 - RECT	0	1188	0	0	1188	311	62,1	W6
			(500; 300)	- /	5,9ø16	-	-		2ø8/324	10,5	
S1	7,125-	ULS	CS1 - RECT	0	175	0	0	175	299	9,2	W6
			(500; 300)	-	0,9ø16	-	-		2ø8/337	10,1	
S1	5,000-	ULS	CS1 - RECT	1329	0	0	0	1329	1199	69,5	W6
			(500; 300)	6,6ø16	-	-	-		2ø8/84	40,4	

Sie können auch nach einer Norm oder einer detaillierteren Ausgabe fragen, wo Sie weitere Informationen zu bestimmten in der Berechnung verwendeten Parametern finden, zum Beispiel zu d = Hebelarm der Bewehrung:

d = h – Deckung – Φstirrup – ΦLangträger /2 = 500 – 35 - 8 – **16**/2 = 449 mm

(die Deckung wird durch die Umweltklasse definiert und ist für XC3 35 mm)

Die einzige Schnittgröße, die an diesem Stab wirkt, ist Myd. Nd und Td sind null.

Asy\_req = 0, weil auf diesem Träger keine Torsion vorhanden ist

Beachten Sie, dass die konstruktiven Auflagen deaktiviert sind. Andernfalls könnte keine Bewehrung des  $\varphi$  = 16 mm vorgeschlagen werden, weil die konstruktiven Auflagen nicht erfüllt sind (zu kleiner Stababstand).





Träger – Erforderliche Bewehrung

Name	dx [m]	LF	Querschnitt	A <sub>s,req,z+</sub> [mm <sup>2</sup> ] Nø,req,z+	As, req. z- [ mm <sup>2</sup> ] Nø, req. z-	As, req, y+ [mm <sup>2</sup> ] Nø, req, y+	As, req, y- [mm <sup>2</sup> ] Nø, req, y-	A <sub>s,req</sub> [mm <sup>2</sup> ]	A <sub>swm,req</sub> [mm <sup>2</sup> /m] N <sub>øw,req</sub>	Gi, <sub>req</sub> [kg/m <sup>3</sup> ] G <sub>w,req</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]	E/W/N
S1	2,375-	ULS	CS1 - RECT	0	1131	0	0	1131	300	59,2	W6
			(500; 300)	-	3,6ø20	-	-		2ø8/335	10,1	
S1	5,000-	ULS	CS1 - RECT	1244	0	0	0	1244	1126	65,1	W6
			(500; 300)	4,0ø20	-	-	-		2ø8/89	37,9	

Wenn Sie diese Ergebnisse genau betrachten, sehen Sie, dass auch der Wert für As, req geändert wurde.

Dies liegt daran, dass der Hebelarm d gesunken ist:

Wie Sie sehen können, wirkt sich der Standarddurchmesser aufgrund des veränderten Hebelarms auch leicht auf die erforderliche Bewehrungsmenge aus.

<u>Hinweis: Aus</u> den 1D-Teil-Daten kann der Standarddurchmesser des Stabes, dem diese Daten zugeordnet sind, geändert werden. Es liegt auf der Hand, dass die 1D-Teil-Daten höhere Priorität haben als die Betoneinstellungen.



iγ)				
	ERGEBNIS	SSE (1)	A	×
	Name	Bewehrung 1D Bemes	ssung	
AUSWAHL				
	Auswahltyp	Alle	~	/
	Filter	Nein	~	
Ergeb	nisse in Schnitten	Alle	~	7
ERGEBNIS	SSFALL			
	Lasttyp	LF-Kombinationen	~	/
	Kombination	ULS	~	
EXTREMW	/ERTE 1D			
	Extremwerte 1D	Global	~	/
	Werte	Erforderlich	~	/
	Werte	As,req	\	7
	Intervall	As,req		
GRENZZU	STANDSBEDINGUN	As,req (S)		-0
B	emessung im GZT	Nø,req		
AUSGABE	EINSTELLUNGEN	Nø,req (Σ)		
	Ausgabe	Nøw,req Gl.reg		
PLATTENF	RIPPE	Gw,req		
Wer	rtename anzeigen	Komp.		
	Werte darstellen			

Die Option Erforderlich – nicht abgedeckt zeigt die Menge der angegebenen Bewehrung an, die fehlt. Zum Beispiel:  $\Delta$ As,req = As,req - As,prov, d.h. die Bewehrungsmenge, die zur Vorlage noch hinzugefügt werden muss, um den (neu berechneten) Schnittgrößen standzuhalten. If As,prov > As,req ,  $\Delta$ As,req = 0

≡	ERGEBNI	SSE (1)	×
	Name	Bewehrung 1D Bemessung	
▼ AUSV	/AHL		1
	Auswahltyp	Alle 🗸	
	Filter	Nein 🗸	
E	rgebnisse in Schnitten	Alle 🗸	
▼ ERGE	BNISSFALL		
	Lasttyp	LF-Kombinationen V	
	Kombination	ULS $\sim$	
▼ EXTR	EMWERTE 1D		
	Extremwerte 1D	Global 🗸	
	Werte	Erforderlich – Nicht abg $\vee$	L
	Werte	<mark>∆As,req</mark> ∨	1
	Intervall	ΔAs,req	
▼ GREN	ZZUSTANDSBEDINGUN	ΔAs,req (Σ)	
	Bemessung im GZT	ΔNø,req	
▼ AUSG	ABEEINSTELLUNGEN	ΔNøw,req	
	Ausgabe	Komp.	1

Einheitskontrollen können an der angegebenen Bewehrung im Vergleich zur erforderlichen Bewehrung ausgeführt werden. So erhalten Sie eine Vorstellung von der Wirksamkeit der Bewehrung.

=	ERGEBNI	SSE (1)	A ×
	Name	Bewehrung 1D Bemessu	ing
▼ AUSWA	HL.		_
	Auswahltyp	Alle	$\sim$
	Filter	Nein	$\sim$
Erg	ebnisse in Schnitten	Alle	$\sim$
▼ ERGEB	NISSFALL		
	Lasttyp	LF-Kombinationen	$\sim$
	Kombination	ULS	$\sim$
▼ EXTRE	MWERTE 1D		_
	Extremwerte 1D	Global	$\sim$
	Werte	Angegeben – Ausnutzun	g 🗸
	Werte	UC(As,prov)	N
	Intervall	UC(As,prov)	10
▼ GRENZ	ZUSTANDSBEDINGUN	UC(Asw,prov)	
	Bemessung im GZT	As,req-prov	
▼ AUSGA	BEEINSTELLUNGEN	As,prov	
	Ausgabe	Aswm,req	
▼ PLATTE	ENRIPPE	Aswm,prov	
١	Vertename anzeigen	Komp.	_
	Werte darstellen		

#### ERMITTLUNG DER SCHUBBEWEHRUNG Aswm

#### Schubbewehrung

Angegeben	α	A <sub>swm,V</sub>	A <sub>swm,T</sub>	A <sub>swm,req</sub>	A <sub>swm,prov</sub>	Pw,prov	G <sub>w,prov</sub>	s <sub>l,max</sub>	s <sub>t,max</sub>	UC <sub>Asw,prov</sub>
	[°]	[mm <sup>2</sup> /m]	[mm <sup>2</sup> /m]	[mm <sup>2</sup> /m]	[mm <sup>2</sup> /m]	[%]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[-]
[w] 2ø8/300	90	271	-	299	335	0,11	11,3	300	222	0,89 🖌
				≥299		≥0,07	1	≤337	≤337	

Ved = Bemessungsquerkraft infolge externer Beanspruchung

- VRd,c = Bemessungsschubwiderstand des Teils ohne Schubbewehrung
- VRd,s = Bemessungswert der Querkraft, der durch die Fließschubbewehrung aufgenommen werden kann
- **VRd,max** = Bemessungswert der maximalen Querkraft, die vom Bauteil getragen werden kann, begrenzt durch Quetschbeanspruchung der Druckstreben

Im Allgemeinen können wir drei Fälle haben:

- VEd > VRd,max Versagen der Betonstrebe
- Ved ≤ VRd,c Querkraft getragen von Beton. Keine Schubbewehrung erforderlich
  - (Mindestschubbewehrung gemäß konstruktiven Auflagen)
- VEd > VRd,c und VEd < VRd,maxSchubbewehrung erforderlich in der Reihenfolge, dass: VEd  $\leq$  Vrd
- ⇒ Teile, für die keine Bemessungsschubbewehrung erforderlich ist: VEd < VRd,c (Artikel 6.2.2)

VRd,c = [CRd,c k(100)  $\rho$ l fck)<sup>1/3</sup> + k1  $\sigma$ cp] bw d

(6.2.a)

Mindestwert von:

 $VRd,c = (vmin + k1) \sigma cp)$  bw d

(6.2.b)

Wo:

- Fck = Charakteristische Betondruckfestigkeit [MPa]
- K = Abmessungsbeiwert:  $k = 1 + \sqrt{(200/d)} \le 2,0$  (mit d in mm)
- pl = Längsbewehrungsverhältnis: pl = Asl/bwd ≤ 0,02
- Bw = kleinste Stegbreite des Querschnitts im Zugbereich [mm]
- σcp = Betondruckspannung infolge Belastung: σcp = NEd/Ac < 0,2 fcd [MPa]
- D = wirksame Querschnittshöhe

Der empfohlene Wert für CRd,c ist 0,18/yc, dieser für k1 ist 0,15 und der für vmin wird durch Ausdruck gegeben:

vmin = 0,035 k3/2. fck1/2 (6.3N)

Die Querkraft VEd, ermittelt ohne Abminderung durch  $\beta$ , sollte immer die Bedingung erfüllen:

 $Ved \le 0.5 Bw d v fcd$ 

(6.5)

wobei v ein Festigkeitsabminderungsbeiwert für unter Schub gerissenen Beton ist.

Der empfohlene Wert für v folgt von:

$$V = 0.6 \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] \tag{6.6N}$$

Beton-Einstellungen		×
Beton-Einstellungen      Werte     NA Gebäude      Typ der Funktionali Hohlkörperbalken      Vorspannung	Standard EN Beton Gata Standard EN Betonswehrung Vorspanbewehrung Dauerhaftigkeit und Deckung des Bet Gat Gat - Allgemein Gaz - Vorspannung Zul. Spannungsbegrenzung während de Spannungsbegrenzung im Gaz Konstruktive Auflagen Allgemeine konstruktive Auflagen Stäbe	Name Standard EN         • Beton         • Allgemein         • GZT         • GZT - Allgemein         • Ø_0=1/x - Grundwert der Neigung 5.2(5)         • $\lambda_{tim}$ 5.8.3.1(1)         • Typ des vereinfachten Verfahrens         • Y <sub>CE</sub> - Teilsicherheitsbeiwert         • C <sub>Rd,c</sub> Wert[-] 0,18         • k_1,shear - Beiwert für Berechnung von         Wert[-] 0,15         • vmin - Beiwert für Berechnung von Vrc         Formel Formel         • v - Festigkeitsabminderungsbeiwe         Formel Formel         • v - Festigkeitsabminderungsbeiwe         Formel Formel         • v - Festigkeitsabminderungsbeiwe         Formel Formel         • war, - Höchstwert des Winkels der B         • @min, prestressed - Mindestwert des Win         • @min, 2 Mindestwert des Winkels der B         • @min, 2 Mindestwert des Winkels der B         • @min, 2 Höchstwert des Winkels der B         • wrae - Festigkeitsabminderungsbeiwer:         • vrae - Festigkeitsabminderungsbeiwer:         • vrae - Festigkeitsabminderungsbeiwer:         • vrae
Alles auswählen Auswahl aufheben	Aktualisieren	Standard NAD Parameter einlesen OK Abbruch

#### In SCIA Engineer können die folgenden Parameter eingegeben werden:

Hinweis: Die grünen Werte entsprechen der EN-Norm

#### ⇒ Teile, für die eine Bemessungsschubbewehrung VEd > VRd,c erforderlich ist (Artikel 6.2.3)

Die Bemessung von Teilen mit Schubbewehrung basiert auf der Theorie des Betonfachwerkmodells. In dieser Theorie ist ein virtuelles Fachwerkmodell in einem Betonbalken vorstellbar. Dieses Fachwerkmodell hat einen Satz vertikaler (oder leicht diagonaler), horizontaler und diagonaler Bauteile. Die vertikalen Stäbe werden als Bügel betrachtet, die horizontalen Stäbe als Längsbewehrungsstäbe und die Diagonalen als Betonstrebe.



#### Der Winkel $\theta$ sollte begrenzt sein

Die empfohlenen Grenzen für cot  $\theta$  werden angegeben:

$$1 \leq \text{Kot } \theta \leq 2,5$$
 (6.7N)

#### Der Winkel 0 kann in SCIA Engineer eingefügt werden:

chte	n: Vollständige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 💌 Sta	ndardw	erte	ein	S	uchen					Nationa	lanhang:	¥.
Be	schreibung	Symbo	ı	Wert		Standard	[Dim]	Kapitel	1	Norm	Struktur	Nachw	Π
>	Q	<all></all>	P	<all></all>	ρ	<all> <math>\wp</math></all>		<all></all>	р.	call> D	<all> 🔎</all>	<all> 🔎</all>	
Gr	undda ten der Bemessung												
Þ	Bewehrung												
Þ	Mindestdeckung												
Re	chenkern Einstellungen												
Þ	Allgemein												
Þ	Schnittgrößen												
Þ	Bemessung As, erf				_				_				
Þ	Umwandlung in Bewehrungsstäbe				_				_				
Þ	Interaktionsdiagramm		_						+				
4	Schub												
L	Berechnungstyp/Eingabe des Winkels der Betondruc	Туре Ө		Benutzerwe	·	Benutzer		6.2.3	E	N 1992-1-1	Alle (Bal	Rechen	
L	Winkel der Druckstrebe	θ		40,00		40,00	deg	6.2.3	E	N 1992-1-1	Alle (Bal	Rechen	
L	Cotangens des Winkels der Betondruckstrebe	cot( <del>0</del> )		1,2		1,2		6.2.3	E	N 1992-1-1	Alle (Bal	Rechen	
L	Einwirkung der Normalkraft im Schubnachweis für n	Typ a <sub>cw</sub>						6.2.2(1)	E	N 1992-1-1	1D (Bal	Rechen	
	Schub zwischen Steg und Gurten												
	Eingabetyp für den Winkel der Druckstrebe	Type θ <sub>f</sub>		Benutzerwe		Benutzer		6.2.4(4)	E	N 1992-1-1	Balken,	Rechen	ч
	Winkel der Druckstrebe	θ <sub>f</sub>		40,00		40,00	deg	6.2.4(4)	E	N 1992-1-1	Balken,	Rechen	
	Kotangens des Winkels der Druckstrebe	$\cot(\theta_{f})$		1,2		1,2		6.2.4(4)	E	N 1992-1-1	Balken,	Rechen	
Þ	Torsion												

Für Bauteile mit Vertikalschubbewehrung ist der Querkraftwiderstand VRd der kleinere Wert von:

$$VRd,s = z f \frac{A_{sw}}{s}_{ywd} \cot \theta$$
  
Und

VRd,max =  $\alpha$ cw bw z v1 fcd/(cot  $\Theta$  + tan  $\Theta$ )

(6.9)

Wo:

•

•

•

- Asw = Querschnittfläche der Schubbewehrung
- s = Bügelabstand
- fywd = Bemessungswert der Streckgrenze der Schubbewehrung
  - v1 = Festigkeitsabminderungsbeiwert für unter Schubbeanspruchung gerissenen Beton
  - αcw = Beiwert für den Spannungszustand im Druckgurt

Der empfohlene Wert für v1 ist v (siehe Expression 6.6N)

Wenn die Bemessungsspannung der Schubbewehrung kleiner 80 % der charakteristischen Streckgrenze fyk ist, kann v1 angenommen werden als:

v1 = 0,6 (6.10.aN) v1 = 0,9 − fck/200 > 0,5 (6.10.bN) für fck ≥ 60 MPa

Der empfohlene Wert von αcw ist 1 für nicht vorgespannte Strukturen.

CS-11.12.2023

(6.8)

#### Beton-Einstellungen × ▲ Werte Standard EN Allgemein Beton NA Gebäude ▲ GZT Allgemein 4 Typ der Funktionali... ▲ GZT - Allgemein Beton Hohlkörperbalken 🗸 Betonbewehrung θ<sub>0</sub>=1/x - Grundwert der Neigung 5.2(5) Vorspannbewehrung ▷ λ<sub>lim</sub> 5.8.3.1(1) Vorspannung 🛃 Dauerhaftigkeit und Deckung des Bet Typ des vereinfachten Verfahrens ... GZT YCE - Teilsicherheitsbeiwert GZT - Allgemein GZG ▶ C<sub>Rd,c</sub> GZG - Allgemein k<sub>1,shear</sub> - Beiwert für Berechnung von -GZG - Vorspannung v<sub>min</sub> - Beiwert für Berechnung von Vrd -Zul. Spannung Spannnungsbegrenzung während de v - Festigkeitsabminderungsbeiwer... Spannnungsbegrenzung im GZG k - Beiwert zur Ermittlung der Läng... -Konstruktive Auflagen 4 θ<sub>min</sub> - Mindestwert des Winkels der Be Allgemeine konstruktive Auflagen Stützen Wert [deg] 21,80 Stäbe θ<sub>min,prestressed</sub> – Mindestwert des Win 4 θ<sub>max</sub> - Höchstwert des Winkels zwisch Wert [deg] 45,00 θ<sub>min,c</sub> - Mindestwert des Winkels der E θ<sub>max,f</sub> - Höchstwert des Winkels der Be v<sub>1a</sub> - Festigkeitsabminderungsbeiwert Wert[-] 0,60 v<sub>1b</sub> - Festigkeitsabminderungsbeiwert Formel Formel α<sub>cw</sub> (nicht vorgespannte Tragwerke) Wert[-] 1,00 <sup>Δ</sup> α<sub>cw</sub> (vorgespannte Tragwerke) Formel Formel k - Beiwert für Schubspannungsna... Alles auswählen Auswahl aufheben Aktualisieren Standard NAD Parameter einlesen OK Abbruch

#### Diese normbezogenen Parameter finden Sie in den Einstellungen für Beton:

Wenn wir zu unserem Beispiel in SCIA Engineer zurückkehren, finden wir die folgenden Aswm,req für den gesamten Träger:



Name	dx [m]	UF	Querschnitt	A <sub>s,req,z+</sub> [mm <sup>2</sup> ] N <sub>ø,req,z+</sub>	As,req,z- [ mm <sup>2</sup> ] N <sub>o,req,z</sub> -	As,req,y+ [mm <sup>2</sup> ] Nø,req,y+	Α <sub>6</sub> ,req,y <sup>.</sup> [mm <sup>2</sup> ] Ν <sub>0</sub> ,req,y <sup>.</sup>	A <sub>s,req</sub> [mm <sup>2</sup> ]	A <sub>swm,req</sub> [mm <sup>2</sup> /m] Nøw,req	Gl,req [kg/m <sup>3</sup> ] Gw,req [kg/m <sup>3</sup> ]	E/W/N
S1	2,375-	ULS	CS1 - RECT (500; 300)	0 -	1188 5,9ø16	0 -	0 -	1188	311 2ø8/324	62,1 10,5	W6
S1	7,125-	ULS	CS1 - RECT (500; 300)	0	175 0,9ø16	0 -	0 -	175	299 2ø8/337	9,2 10,1	W6
S1	5,000-	ULS	CS1 - RECT (500; 300)	1329 6,6ø16	0 -	0 -	0 -	1329	1172 2ø8/86	69,5 39,5	W6

Träger – Erforderliche Bewehrung

Der Höchstwert von 1315 mm2 entspricht einem Zwei-Querschnitts-Bügel von  $\varphi$  = 8 mm alle 75 mm.

# 2.2.4 Praktische Bewehrung

Wir werden nun auf die Höhe der praktischen Bewehrung übergehen. Auf diese Weise können wir die Bewehrung lokal über dem Träger angeben.

In der theoretischen Bewehrungsbemessung haben wir berechnet, wo bewehrt wird.

Auf diese Weise können wir manuell die praktische Bewehrung durch Hinzufügen der neuen Bewehrung für die gesamte Stablänge eingeben.

Zunächst können wir eine Vorlage für die Längsbewehrung auswählen:



Im nächsten Schritt müssen wir entscheiden, woher die Parameter der Bewehrung stammen:



Die praktische Bewehrung wird grafisch auf dem Bildschirm dargestellt:



Als Benutzer können Sie lokal neue Bügel oder Neue Längsbewehrungsstäbe hinzufügen.

Für die Bügel können Sie eine bestimmte Bügelform auswählen:



Die Bügelform kann bearbeitet oder neu definiert werden. Daher können Benutzerpunkte eingefügt werden.



Für die Längsbewehrung können wir genau definieren, wo die praktische Zusatzbewehrung gesetzt werden soll:



Der ausgewählte Abschnitt des Bauteils kann im Eigenschaftenbereich oder über die Menübibliothek / Beton, Bibliothek der Bewehrung / Längsbewehrungen geändert werden:

tab S1, Zone von 0,000 m i	ois 10,000 m(0.000 - 1.000)		×
	3	1	Filter Alle v L1-5154 2-25152 Löschen Alles löschen Name L2-51E2 Positionsnum 3 Material B 600C v Durchmesser [ 16,0 Anzahl Stübe 2
	4	<u>0</u>	Bewehrungsm 402 Stabanordnun Gleichmäf v Deckungstyp Lichter Ab: v Deckung [m] 0,0 Linker Stab Vor der Bik v Rechter Stab Vor der Bik v Bügelname S1 v Analysemodell Automatische ( )
LÄNGSBEWEHRUNG	PARAMETER DER NEUEN BEWEH	BALKENTYP	QUERSCHNITTSFLÄCHE DER BE
Neue Lage	Anzahl Stäbe 2	Balken und Ripper Y	Ausgew. Lage 402 mm^
Stäbe in Ecken einf	Durchmesser [mi 8,0	,	Alle Lagen 804 mm^
	Bügelname S1	BÜGEL	BILD-EIGENSCHAFTEN
Position der Beweh	Kantenindex 2	Bügel bearbeiten Deckung bearbeiten	Bemaßungen zeichnen Textmaßstab 0.5 +
Kollision	Zwischen existierende Stäbe Lage absetzen	In Vorlage speichern	Aktualisieren OK Abbruch

Stah S1 Zone von 0.000 m	his 10 000 m/0 000 - 1 000)		
500 51, 2010 V01 0,000 III	bis 10,000 m(0.000 m000)		
	2		Filter <u>Alle</u> L1-5164 L2-5162 L3-5164
			Löschen Alles löscher
			Desitionsnum 4
	3	1	Material B 600C V
		1	Durchmesser [ 20.0
			Anzahl Stähe 3
			Rewehrungsm 942
			Stabanordnun Nicht in Ec v
			Deckungstyp Lichter Ab: *
			Deckung [mm] 0,0
			Bügelname S1 v
			Kantenindex 4 👻
	4		Konstruktiv Nein
			Analysemodell Automatische I
ÄNGSBEWEHRUNG	PARAMETER DER NEUEN BEWEH	BALKENTYP	QUERSCHNITTSFLÄCHE DER BE
Neue Lage	Anzahl Stäbe 3 💌	Balken und Ripper Y	Ausgew. Lage 942 mm
Stäbe in Ecken einf	Durchmesser [mi 20,0 ¥		Alle Lagen 1747 mm
	Bügelname S1 v	BÜGEL	BILD-EIGENSCHAFTEN
	Kantenindex 4 v	Bügel bearbeiten	Bemaßungen zeichnen
Position der Beweh		Deckung bearbeiten	Textmaßstab 0.5
KOLLISION DER ST		In Vorlage speichern	Aktualisieren
Kollision	Zwischen existierende Stäbe     Lage absetzen		OK Attack
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	concerner and care		OK Abbruch

Hier kann festgelegt werden, an welcher Seite zusätzliche Bewehrung hinzugefügt werden muss:

Aus Gründen der Einfachheit werden 3 noch erforderliche Stäbe von 20 mm über die gesamte Fläche hinzugefügt, auf der zusätzliche Bewehrung erforderlich ist. Das kann natürlich detaillierter gemacht werden.

Das gleiche Verfahren wird für die obere Bewehrung über dem Auflager wiederholt.

Außerdem muss die Querkraftbewehrung in den Bereichen über dem Auflager erhöht werden. Dies kann entweder durch Erhöhen des Bügeldurchmessers oder durch Verminderung des Bügelabstandes erreicht werden.

Es können verschiedene Bügelabschnitte angelegt werden:



Um zu überprüfen, ob ausreichend Schubbewehrung vorhanden ist, muss ein Tragfähigkeitsnachweis ausgeführt werden. Dies wird im nächsten Kapitel erläutert.

Durch Auswahl der Bewehrung ist es immer möglich, die Parameter im Anschluss über das Eigenschaftsfenster zu ändern.

Durch Ansichtparametereinstellungen kann eine 3D-Repräsentation der Bewehrung erhalten werden:

				Posit	ion sperren
ll 🛃 Lasten/Massen	Beton 🔛	Modellieren/Zeichn	en 📑 Attribute	Werschiedenes	Ansicht
V					
~					
Nein					•
~					
~					
Alle					-
~					
Alle					•
Alle					•
Farbe nach Layer					-
3D					•
<b>v</b>					
<b>v</b>					
<b>v</b>					
~					
~					
	All Lasten/Masser	I I   I I <td>Il Easten/Massen Beton Modellieren/Zeichn Lasten/Massen  Beton Modellieren/Zeichn  Nein  V Nein  V Alle  Alle  Farbe nach Layer  Farbe nach Layer  S S S S S S S S S S S S S S S S S S</td> <td>I I   I I <td>Posit ILasten/Massen Beton Modellieren/Zeichnen Attribute Verschiedenes</td></td>	Il Easten/Massen Beton Modellieren/Zeichn Lasten/Massen  Beton Modellieren/Zeichn  Nein  V Nein  V Alle  Alle  Farbe nach Layer  Farbe nach Layer  S S S S S S S S S S S S S S S S S S	I I   I I <td>Posit ILasten/Massen Beton Modellieren/Zeichnen Attribute Verschiedenes</td>	Posit ILasten/Massen Beton Modellieren/Zeichnen Attribute Verschiedenes

Die gesamtpraktische Bewehrung des Trägers ist unten gezeigt:



Eine gezoomte Ansicht zeigt die 3D-Repräsentation:



# 2.2.5 Umwandlung der theoretischen Bewehrung in praktische Bewehrung

Seit SCIA Engineer 19 ist es auch möglich, die theoretische Bewehrung in praktische umzuwandeln. Wie im vorigen Kapitel erwähnt, gibt es zwei Arten von theoretischen Bewehrungsstäben: **Erforderliche Bewehrung** (= mm<sup>2</sup> in jedem Querschnitt erforderlich) und **Angegebene Bewehrung** (= Vorlage für Bewehrung mit verschiedenen Aufhängen möglich). Es ist nur möglich, die **angegebene Bewehrung** in praktische (=benutzerdefinierte) Bewehrung umzuwandeln.

Schauen wir uns dieses Beispiel an: open beam.esa

#### Vorlage der angegebenen Bewehrung festlegen.



Wechseln Sie zu Bewehrungsbemessung und betrachten Sie den Wert As,  $prov(\phi)$ . Dies ist die angegebene Bewehrung, die in praktische Bewehrung umgewandelt wird.



Drücken Sie 'Umwandlung für echte Stäbe'



#### Die folgende Bewehrung wurde generiert.



Die praktische Bewehrung wird als Bewehrungsdaten hinzugefügt. Sie können die Bewehrung durch Auswahl bearbeiten und dann auf 'Bewehrung bearbeiten' klicken.

A	KTIONEN >>>
l	Bewehrung bearbeiten

Jetzt können die Teile der Bewehrung angepasst werden. Durchmesser, Stabanzahl, Länge, Abstand, ... kann im Eigenschaftenfenster geändert werden.

#### Bemerkung:

Es kann vorkommen, dass die Fehlermeldung 'Bewehrung wurde nicht umgewandelt, weil der Typ der Zone der Querkraftbewehrung in den Grunddaten der Bemessung auf 'Keine' festgelegt ist' nach der Umwandlung in der Zusammenfassung erscheint, wenn die angegebene Bewehrung in echte Stäbe umgewandelt wird. Dieses Verhalten wird verursacht, weil die Option 'Keine' für die Einstellung 'Typ der Zone für korrigierte Querkraftbewehrung' in den Bemessungsstandardeinstellungen ausgewählt ist.

Zusammenfassu	ung nach Umwandlung		
Steb S1	Zusatzdaten -	Status Nicht OK	Erklärung Bewehrung wurde nicht umgewandelt, weil der Typ der Zone für die Querkraftbewehrung in de…
			ОК

Im Beispiel erhöhen wir die Länge und den Durchmesser der Bewehrungsfläche 5.

Ξ	LÄNGSBEWEHF	RUNGSLAGE (1)
▼ LÄNGS ALLC	BEWEHRUNGSLAGE GEMEIN	
	Name	Lang5
	Positionsnummer	5
	Тур	Zusätzlich 🗸
	Torsion	
GRU	NDPARAMETER	
	Anzahl Stäbe	3
	Durchmesser [mm]	22,0
	Fläche As [mm^2]	1140
	Randtyp	Oben 🗸
	Material	B 600C ~
GEO	METRIE	
	Rand	3
	Bügel	Schub1
к	oordinaten-Definition	Absolut $\sim$
	Anfang [m]	4,000
	Ende [m]	6,000
	Länge [m]	2,000
	Randabstand [mm]	43
/erankerur	ngslänge am Anfang	0,000
/erankeru	ngslänge am Ende [m]	0,000
DET	AILIERTE INFORMATION BAR - 1	EN
	Info	φ22,0(B 600C);y=0,048;z=0,
	BAR - 2	
	Info	φ22,0(B 600C);y=0,000;z=0,
	BAR - 3	
	Info	φ22,0(B 600C);y=-0,048;z=0,



Beachten Sie, dass die umgewandelte Bewehrung nicht mit der praktischen benutzerdefinierten Bewehrung auf dem gleichen Element zusammengesetzt werden kann. Sie können entweder mit der ersten Option eine eigene Bewehrungsvorlage eingeben oder die Bewehrungsvorlage mit der zweiten Option umwandeln. Im Allgemeinen ist es ratsam, die erste Option für Elemente mit einem schwierigeren Bewehrungslayout (mehrere Bewehrungslagen) zu verwenden, da dies leichter anzupassen ist. Für Elemente mit sehr ähnlichem Bewehrungslayout kann die umgewandelte Bewehrung ein nützliches Werkzeug sein.

# 2.2.6 Nachweis

In SCIA Engineer können Nachweise auf drei verschiedene Arten ausgeführt werden:

- 1. Mit der Eingabe einer praktischen Bewehrung auf dem Bauteil können die Nachweise für alle Querschnitte des Teils nacheinander ausgeführt werden
- 2. Mit der Eingabe der praktischen Bewehrung auf dem Bauteil können mit dem Werkzeug "Querschnittsnachweis" Gesamtnachweise im GZT oder GZG für einen bestimmten Querschnitt des Teils erbracht werden
- 3. Ohne praktische Bewehrung können mit dem Werkzeug "Querschnittsnachweis" allgemeine Nachweise im GZT oder GZG für einen bestimmten Querschnitt des Bauteils erbracht werden. Bewehrung wird dann lokal im Querschnittsnachweiswerkzeug hinzugefügt, um die verschiedenen verfügbaren Nachweise durchführen zu können.

Zunächst erhalten Sie einen Überblick über die Eingabedaten für die Nachweise:

- Schnittgrößen: Anzeige von Charakteristischen und Bemessungswerte
- Schlankheit: Bestimmung, ob die Einwirkungen nach Theorie II. Ordnung berücksichtigt werden müssen (für Teiltyp 'Stütze')
- Steifigkeiten: Werte EA, Ely und Elz anzeigen

Verfügbare Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind:

- Kapazitätsnachweis: für N-My-Mz-Interaktion basierend auf Widerstand gemäß Interaktionsdiagramm
- Dehnungsnachweis: basiert auf Nachweis der Grenzspannungen und Dehnungen für N-My-Mz-Interaktion
- Nachweis von Schub und Torsion
- Nachweis der Interaktion von Schub, Torsion, Biegung und Normalkraft

Verfügbare Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchsfähigkeit sind:

- Spannungsbegrenzung (sowohl für Beton als auch für Bewehrungsstahl)
- Begrenzung der Rissbreite
- Einfacher Nachweis der Verformung: basierend auf Berechnung des Steifigkeitsgrades, ohne dass die normenabhängige Durchbiegung berechnet werden muss

Es ist auch ein allgemeiner Nachweis verfügbar. Dadurch werden lediglich alle Nachweise geprüft, die Sie aktiviert haben, aber für ein genaueres Protokoll müssen Sie sich dem Nachweis selbst unterziehen.

Die Nachweise für Tragfähigkeit, Widerstand und Schub + Torsion sollten in Ordnung sein, wenn keine zusätzliche Bewehrung erforderlich ist.

Diese Nachweise geben jedoch interessante Aufschluss über die Wirksamkeit der Bewehrung. Wenn in einem Querschnitt beispielsweise nur 50 % der Bewehrung verwendet wird, können wir daraus schließen, dass hier weniger Bewehrung ausreichend gewesen wäre.

Die konstruktiven Auflagen und die Rissbegrenzung sind zusätzliche Nachweise, die in der Bewehrungsbemessung nicht berücksichtigt werden. Wenn diese Nachweise nicht in Ordnung sind, muss die praktische Bewehrung geändert werden.

In den folgenden Kapiteln werden die Nachweise nach der Eingabe der praktischen Bewehrung erläutert. Sie entspricht der 1. Methode zur Durchführung eines Nachweises (siehe oben).

#### Beispiel 1: beam\_practical bewehrung.esa

Das letzte Kapitel konzentriert sich auf das Querschnittsnachweiswerkzeug, das der 2. und 3. Methode zur Durchführung eines Nachweises (siehe oben) entspricht.

#### Beispiel 2: beam\_without praktische Bewehrung.esa

#### 🔸 KAPAZITÄTSANTWORT

Die Kapazitätsantwort basiert auf der Berechnung der Dehnung und Spannung in einer bestimmten Komponente (Betonfaser oder Bewehrungsstab).

Der Nachweis besteht aus einem Vergleich dieser Dehnungen und Spannungen mit den Grenzwerten gemäß EN 1992-1-1 Anforderungen.

Dieses Verfahren ermittelt jedoch nicht die Extremwerte (Beanspruchbarkeit des Querschnitts) wie das Interaktionsdiagramm, sondern ermittelt den Gleichgewichtszustand für diesen Querschnitt (Antwort).

Beanspruchbarkeiten des Bauteils finden Sie im Nachweis "Kapazität - Diagramm".

Folgende Nachweise wurden durchgeführt:

- Betondrucknachweis (cc) ٠
- Nachweis der Druckbewehrung (sc) •
- Nachweis der Zugbewehrung (st) ٠

Der Auf dem Bildschirm angezeigte Einheitsnachweis ist der Höchstwert für diese 3 Nachweise.

#### Beispiel: beam practical bewehrung.esa

Führen Sie den Nachweis Kapazität – Antwort in der > der > der Grenzdehnungen für Betonteile aus.

Der Höchstwert des Nachweises ist für das mittlere Auflager angegeben. Die Standardausgabe ergibt:



In der Standardausgabe können Sie den BKS und die extremen Dehnungen und Extremspannungen im geprüften Abschnitt ablesen.

0,96

0,12

1

OK

In der Detailausgabe finden Sie alle Dehnungen und Spannungen sowie die Grenzwerte der Dehnungen und Spannungen:

#### Extremwerte der Spannung/Dehnung in der Komponente

Type der Komponente	Faser/ Stab	ε [‰]	ε <sub>lim</sub> [‰]	σ [MPa]	σ <sub>lim</sub> [MPa]	UC [-]	Status
Beton - Druck	3	-1	-3.5	-11,4	-20	0,57	OK
Beton - Zug	1	3.18	0	0	0	0,00	OK
Bewehrung - Druck	1	-0.541	-22.5	-108	-454	0,24	OK
Bewehrung – Zug	3	2.72	22.5	435	454	0,96	OK

Beachten Sie, dass die Zugspannung im Beton nicht berücksichtigt wird und der entsprechende BKS 0 ist.

Spannungs- und Dehnungs-Diagramme sind auch in der Detailausgabe verfügbar: Spannungs- und Dehnungsverteilung

3 2.72

Beweh

435



#### Einstellungen, die sich möglicherweise auf den Nachweis auswirken könnten:

#### • Statische Querschnittshöhe - d

Er wird normalerweise als Abstand der druckbeanspruchten Betonfaser vom Schwerpunkt der Zugbewehrung definiert. In SCIA Engineer wird die Nutzhöhe des Querschnitts als Abstand der Betonfaser mit der stärksten Druckbeanspruchung von der Position der Resultierenden der Kräfte in der Zugbewehrung definiert.



Die wirksame Tiefe d kann in den folgenden Fällen nicht ermittelt werden:

- Die größte Druckfaser kann nicht ermittelt werden (der gesamte Querschnitt ist unter Zug)
- Resultierende der Kräfte in der Zugbewehrung kann nicht ermittelt werden (gesamter Querschnitt ist druckbeansprucht)
- Gleichgewicht wurde nicht gefunden
- Abstand der stärksten Druckfaser und der Resultierenden der Kräfte in der Zugbewehrung ist kleiner als 0.5\*h

In diesen Fällen wird die Nutzhöhe nach Formel ermittelt:

#### Mit:

- Beiwert Standardmäßig 0,9 in den Beton-Einstellungen, in der Ansicht "Vollständige Einrichtung" und in "Rechenkern-Einstellungen" / "Allgemein"

HI

Höhe des Querschnitts lotrecht zur Neutralachse

		and the statement of Analysian and Statement														_
sichte	en:	Vollstandige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 👻 Sta	indardw	erte	ein	5	ucnen							Nationa	tannang:	2
Be	esch	nreibung	Symbo	1	Wert		Stand	ard	[Dim]	Kapite		Norm		Struktur	Nachw	
all>	۶ ۶		<all></all>	2	<all></all>	P	<all></all>	2		<all></all>	P	<all></all>	P	<all> D</all>	<all> P</all>	
Gr	und	ida ten der Bemessung														1
Þ	B	ewehrung														
₽	М	indestdeckung														1
Red	che	enkern Einstellungen														1
	A	lgemein														
		Grenzwert des Einheitsnachweises	Nachwe	is	1,0		1,0					Unabhän	gig	Alle (Bal	Rechen	
		Grenzwert des Einheitsnachweises für nicht berechn	NICHT I	BE	3,0	_	3,0					Unabhän	gig	Alle (Bal	Rechen	
	ichten: V Beschr Beschr Bernde Bern Berne	Beiwert für die Berechnung der Nutzhöhe des Quers	Coeffd		0,9		0,9					Unabhän	gig	Alle (Bal	Rechen	
		Beiwertzur Berechnung des inneren Hebelarms	Coeffz		0,9		0,9					Unabhän	gig	Alle (Bal	Rechen	
		Beiwert zur Ermittlung des Druckglieds	Coeffcor	m	0,1		0,1					Unabhän	gig	Alle (Bal	Rechen	
	Þ	Kriechen und Schwund														
	Þ	GZG														
	Þ	Standardverschieblichkeit														
Þ	<ul> <li>Schnittgrößen</li> <li>Bemessung As, erf</li> </ul>															
Þ																
Þ	U	mwandlung in Bewehrungsstäbe														ł
Þ	In	teraktionsdiagramm														
Þ	S	thub														
Þ	Te	orsion														1

#### Innerer Hebelarm

z wird in EN 1992-1-1, Artikel 6.2.3 (3), als Abstand zwischen der Resultierenden der Zugkraft (Zugbewehrung) und der Position der Resultierenden der Druckkraft (Druckbewehrung und Beton auf Druck definiert).

Der innere Hebelarm kann in den folgenden Fällen nicht berechnet werden:

- Die größte Druckfaser kann nicht ermittelt werden (der gesamte Querschnitt ist unter Zug)
- Resultierende der Kräfte in der Zugbewehrung kann nicht ermittelt werden (gesamter Querschnitt ist • druckbeansprucht)
- Gleichgewicht wurde nicht gefunden

In diesen Fällen wird die Berechnung nach Formel berechnet:

z = Coeffz \* d

Mit:

 Beiwert Standardmäßig 0,9 in den Beton-Einstellungen, in der Ansicht "Vollständige Einrichtung" und in "Rechenkern-Einstellungen" / "Allgemein"

te	en: /	/ollständige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 👻 Sta	ndardw	erte	ein	S	uchen							Natio	nalanh	ang:	
B	esch	reibung	Symbo	l	Wert		Stand	lard	[Dim]	Kapite	l	Norm		Strukt	ir Na	chw	
>		Q	<all></all>	P	<all></all>	P	<all></all>	P		<all></all>	2	<all></all>	P	<all></all>	0 <a< th=""><th>11&gt; P</th><th></th></a<>	11> P	
Gı	und	da ten der Bemessung															
Þ	Be	wehrung															
Þ	Mi	ndestdeckung															
Re	eche	nkern Einstellungen															
-	All	gemein															
		Grenzwert des Einheitsnachweises	Nachwe	is	1,0		1,0					Unabhän	gig	Alle (Ba	I Rea	hen	
		Grenzwert des Einheitsnachweises für nicht berechn	NICHT_E	BE	3,0		3,0					Unabhän	gig	Alle (Ba	I Re	:hen	
		Beiwert für die Berechnung der Nutzhöhe des Quers	Coeffd		0,9		0,9					Unabhän	gig	Alle (Ba	I Ree	hen	
		Beiwertzur Berechnung des inneren Hebelarms	Coeffz		0,9		0,9					Unabhän	gig	Alle (Ba	l Red	hen	
		Beiwert zur Ermittlung des Druckglieds	Coeff <sub>cor</sub>	m	0,1		0,1					Unabhän	gig	Alle (Ba	l Red	hen	
	Þ	Kriechen und Schwund															
	Þ	GZG															
	Þ	Standardverschieblichkeit															
Þ	Sc	hnittgrößen															
₽	Be	messung As, erf															
Þ	Un	nwandlung in Bewehrungsstäbe															
Þ	Int	teraktionsdiagramm															
Þ	Sc	hub															
Þ	To	rsion															1

Weitere Informationen zu diesem Nachweis und zum theoretischen Hintergrund finden Sie in der Hilfe im Web.

#### **4** KAPAZITÄTSDIAGRAMM

Kapazität - Diagramm dienste verwendet die Erstellung eines Interaktionsdiagramms (Diagramm, das die Tragfähigkeit eines Betonteils darstellt, einem Satz von N + My + Mz zu widerstehen).

Dieser Nachweis berechnet die extrem zulässige Interaktion zwischen der Normalkraft N und den Biegemomenten My und Mz.

#### Beispiel: beam\_practical bewehrung.esa

Nachweis der Tragfähigkeit - Diagramme im GZT > 1D-Beton > Nachweis Biegetragfähigkeit GZT ausführen

Die Standardausgabe ergibt das zusammenfassende Ergebnis des Nachweises:

N	NEd	N <sub>Rd+</sub>	My	MEdy	MRdy+	MRdy-	UC	Status
		N <sub>Rd</sub> .	Mz	MEdz	MRdz+	M <sub>Rdz</sub> .		
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[-]	
0	0	0	-261	-261	119	-278	0,94	OK
		0	0	0	0	0		MEdz/MRdz

Die Detailausgabe enthält zusätzliche Informationen zur Durchführung des Nachweises:

#### Prüfzusammenfassung

Kräfte:  $N_{Ed} = 0 \text{ kN}$   $M_{Edy} = -261 \text{ kNm}$   $M_{Edz} = 0 \text{ kNm}$ Widerstand:  $N_{Rd} = 0 \text{ kN}$   $M_{Rdy} = -278 \text{ kNm}$   $M_{Rdz} = 0 \text{ kNm}$ Berechnung der Einheitsprüfung:

$$UC = \frac{\sqrt{N_{Ed}^{2} + M_{Edy}^{2} + M_{Edz}^{2}}}{\sqrt{N_{Rd}^{2} + M_{Rdy}^{2} + M_{Rdz}^{2}}} = \frac{\sqrt{0^{2} + 261^{2} + 0^{2}}}{\sqrt{0^{2} + 278^{2} + 0^{2}}} = 0.94 \quad <= 1 \quad \text{OK}$$

#### Interaktionsdiagramme werden auch in der Detailausgabe gezeichnet:





Einstellungen, die sich möglicherweise auf den Nachweis auswirken könnten:

- Verfahren des Interaktionsdiagramms
- Aufteilung der Verformung
- Anzahl Punkte im Vertikalschnitt

Weitere Informationen zu diesem Nachweis und zum theoretischen Hintergrund finden Sie in der Hilfe im Web.

#### SCHUB + TORSION

Der Nachweis der Interaktion von Schub und Torsion besteht aus drei Nachweisen gemäß Artikel 6.1 – 6.3 in EN 1992-1-1:

- Schubnachweis
- Nachweis der Torsion
- Nachweis der Interaktion von Schub und Torsion

Dieser Nachweis kann durchgeführt werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Das Material aller Bewehrungsstäbe und Bügel ist gleich
- Der Winkel zwischen Neigung der Verformungsebene und Resultierender der Schubkräfte ist nicht größer als 15°
- Querschnitt mit einem Polygon und einem Material

#### Beispiel: beam\_practical bewehrung.esa

Nachweis Schub und Torsion in der > > Nachweis der Querkraft- und Torsionsbeanspruchung im GZT ausführen

Einige Teile des Trägers erfüllen nicht:



Anhand der Standardausgabe können wir identifizieren, welcher spezifische Nachweis nicht erbracht wurde:

#### Kräfte

Inhalt der Kombination: 1.35*LC1+1.35*LC2+1.50*LC3	
$N_{Ed} = 0 \ kN  M_{Edy} = 203 \ kNm  M_{Edz} = 0 \ kNm  V_{Edy} = 0 \ kN$	$V_{Edz} = -152 \text{ kN}$ $T_{Ed} = 0 \text{ kNm}$
Resultierende der Schubkraft	Differenz der Winkel $\alpha_{M}$ und $\alpha_{V}$
$V_{Ed} = \sqrt{V_{Edy}^{2} + V_{Edx}^{2}} = \sqrt{0^{2} + -152^{2}} = 152 \text{ kN}$	$\alpha_{MV} = abs \left( \alpha_M - \alpha_V \right) = abs \left( 90 - 90 \right) = 0 $

#### Prüfzusammenfassung

Art der Prüfung	Kräfte	Widerstände	UC [-]	Status	
Prüfung Schub Vy+Vz	151,7 kN	66,5 kN	2,28	Nicht OK	
Prüfung der Torsion	0,0 kNm	0,0 kNm	0,00	OK	
Interaktionsprüfung Vy+Vz+T (Beton)			0,00	OK,*	
Interaktionsprüfung Vy+Vz+T (Schub)	0,0 MPa	0,0 MPa	0,00	OK,*	
Prüfzusammenfassung			2,28	Nicht OK	

Die Querkräfte führen hier einen Einheitsnachweis >1 aus.

In der Detailausgabe lesen wir Hinweise, Warnungen und Fehler zur Bemessung. Wenn z.B. der Querkraftnachweis nicht erbracht wird, erklärt der Bericht klar und deutlich, dass die Querkraftbewehrung nicht ausreichend ist und dass wir sie erhöhen müssen.

# Schubprüfung $V_{Rdmax}$ prüfen $V_{Ed} = 152 \text{ kN} \le V_{Rdmax} + V_{col} + V_{tol} = 598 \text{ kN}$ Hinweis: Die Prüfung in Bezug auf das Versagen der Druckstrebe wurde bestanden ( $V_{Ed} \le V_{Rd,max} + V_{td} + V_{cod}$ ). $V_{Edmax}$ prüfen $V_{Ed} = 152 \text{ kN} \le V_{Edmax} + V_{cod} + V_{tol} = 705 \text{ kN}$ Hinweis: Die Prüfung in Bezug auf die Schubkraft in der Nähe der Stütze ( $V_{Ed} \le V_{Ed,max} + V_{td} + V_{cod}$ ) wurde bestanden. $V_{Rdc}$ und $V_{Rds}$ prüfen $V_{Ed} = 152 \text{ kN} > V_{Rdc} = 87.8 \text{kN}$ and $V_{Ed} = 152 \text{ kN} > V_{Rds} + V_{cod} + V_{td} = 66.5 \text{ kN}$ Warnung: Die Prüfung wurde aufgrund der Schubbewehrung nicht bestanden ( $V_{Ed} > V_{Rds} + V_{cod} + V_{td}$ ). Es muss entweder die Fläche der Schubbewehrung erhöht, die Abmessung des Querschnitts vergrößert oder die Qualität der Schubbewehrung verbessert werden.**Einh. Prüfung**

 $UC = \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{152 \text{ kN}}{66.5 \text{ kN}} = 2.28$ 

Es können verschiedene Aktionen ausgeführt werden, um das Problem zu beheben. In diesem Beispiel möchten wir den Bügelabstand in dem Bereich mit einem Problem reduzieren.

Wählen Sie Bügel aus und klicken Sie auf "Bügelabstände bearbeiten" unten in den Eigenschaften der Bügellayer:

rə 📾	
BEWEHRUN	GSLAGE (1)
i 🖉 💋	
Name	RL
Abschnittstyp	Bügel
Konstruktive Auflagen	$\bigcirc$
Positionsnummer	6
Material	B 500A V 🗮
Anzahl Schnitte ermitteln	Benutzer V
Schnittigkeit	2
Biegerollendurchmesser dm =	4
Torsionstyp	D
Verankerung L [mm]	120
Schalung beachten	
▼ GEOMETRIE	-
Kontrolle der sich überlappen	$\bigcirc$
Bauteil	51
Gesamtlänge Balken/Feld	
Koordinaten-Definition	Relativ 🗸
Position x1	0,000
Position x <sub>2</sub>	1,000
Ursprung	Von Anfang 🗸 🗸
▼ BESCHRIFTUNGSPOSITIONEN	
Vertikal [m]	-0,400
BEWEHRUNGSSCHEMA	
Horizontal Position in Richtun	0,000
Vertikale Position in Richtung Z	0
AKTIONEN >>>>	
Bügelform bearbeiten	
Deckungen bearbeiten	
Bügelabstände bearbeiten	

Wählen Sie "Zone 2" aus und ändern Sie den Bügelabstand von 0,3 m bis 0,1 m. Wenden Sie das gleiche Verfahren für "Zone 4" an und ändern Sie den Abstand auf 0,2 m:

Bügelabschnit	itte	×
2x	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	
Zone 2 Zone 2 Zone 5 Zone 4 Zone 5	Mindest-Bügelbewehrung       Beschriftungsmaß:       1         Zone       Länge [m]       rchmesser [m]       Abstand [m]       ittelter Abstand       Typ       itzerdefi       tand vom Anfang       itzerdefi       bstand vom Ende [m]         1       2       2,500       8,000       0.1       0,100       Einfach v       Ja       0,050       Ja       0,050       Ja       0,050       Ja       0,050       Ja       Ja	••
	Eingabetyp Zahlenwerte Durchmesser[mm] Abstand[m] Gesamtabstand[m] Typ	
Neuer Bereich	Zone löschen Jeuer Abschnit Joschnitt lösche OK Abbruck	1

#### Bügelform × 2 Löschen Alles löschen Name \$2 Farbe Anzahl Eckpunkt 4 3 1 Geschlossen 🔽 Konstruktiv Nein Torsion Nein Schub in Fuge Nein Analysemo... SCHUBSPANNUNGSNACHWEIS BÜGEI BENUTZERDEEINIERTE PUNKTE Schnittigkeit 4 Neuer Bügel Kantenindex Typ Relativ Absolut[mm] Von Biegerollendurch 4 dss 1 2.Kante Re ¥ 0,300 Anfan 🗸 Automatisch BILD-EIGENSCHAFTEN 2 2.Kante Re ∀ 0,300 Ende 👻 Schnittpunkte zeichnen 3 4.Kante Re 🗸 0,300 Anfan 🗸 Durchmesser Eckpunkte zeichnen 8,0 × mm 4 4.Kante Re v 0,300 Ende v Maßstab Texte & I 0.5 + Einfügen Löschen Alles löschen Aktualisieren OK Abbruch

#### Wir hätten auch weitere Bügel wie unten hinzufügen können:

Wenn die Bügelform geändert wird, können wir einen größeren Abstand von 0,2 m zwischen den Bügeln in "Zone 2" einhalten.

Nach der Änderung der Nachweis Schub + Torsion ist erbracht:



Einstellungen, die sich möglicherweise auf den Nachweis auswirken könnten:

- Beiwert für Ermittlung der statischen Nutzhöhe des Querschnitts
   Standardwert 0,9 in der Ansicht "Vollständige Einstellungen" > Rechenkerneinstellungen > Allgemein >
- Beiwert für Ermittlung des inneren Hebelarms
   Standardwert 0,9 in der Ansicht "Vollständige Einstellungen" > Rechenkerneinstellungen > Allgemein >
- Winkel der Betondruckstrebe

3 Eingabearten in den Betoneinstellungen > Rechenkern-Einstellungen > Querkraft:

- o Benutzer (Winkel) Ber
- Benutzereingabe des Winkels Standard Benutzereingabe des Kotangens
- Benutzer (Cotangens)
   Auto
   §6.29
   Benutzereingabe des Kotangens
   Automatische Berechnung der Winkelerfüllungsgleichung

ichten: Vollständige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 👻 Sta	ndardwe	erte	ein S	uchen				Nationa	lanhang:	3
Beschreibung	Symbol		Wert	Standar	1 [Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachw	Π
	<all></all>	2	<all> D</all>	<all></all>	D	<all></all>	all> D	<all> D</all>	<all> D</all>	
Grundda ten der Bemessung							1		1	
Bewehrung										
Mindestdeckung										
Rechenkern Einstellungen										
Allgemein										
Schnittgrößen										
Bemessung As, erf										
Umwandlung in Bewehrungsstäbe		_			_		1		-	
Interaktionsdiagramm		_								
✓ Schub										
Berechnungstyp/Eingabe des Winkels der Betondruc	Туре Ө		Benutzerwe	Benutzei		6.2.3	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechen	
Winkel der Druckstrebe	θ		40,00	0,00	deg	6.2.3	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechen	
Cotangens des Winkels der Betondruckstrebe	cot(0)		1,2	,2		6.2.3	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechen	
Einwirkung der Normalkraft im Schubnachweis für n	Typ a <sub>cw</sub>				_	6.2.2(1)	EN 1992-1-1	1D (Bal	Rechen	
· Schub zwischen Steg und Gurten				·						
Eingabetyp für den Winkel der Druckstrebe	Type <sub>f</sub>		Benutzerwe	Benutzei		6.2.4(4)	EN 1992-1-1	Balken,	Rechen	ч.
Winkel der Druckstrebe	θ <sub>f</sub>		40,00	40,00	deg	6.2.4(4)	EN 1992-1-1	Balken,	Rechen	
Kotangens des Winkels der Druckstrebe	$\cot(\theta_{f})$		1,2	1,2		6.2.4(4)	EN 1992-1-1	Balken,	Rechen	
Torsion										





- Winkel der Schubbewehrung Praktische Bewehrung kann nur bei 90° eingefügt werden.

Weitere Informationen zu diesem Nachweis und zum theoretischen Hintergrund finden Sie in der Hilfe im Web.

#### SPANNUNGSBEGRENZUNG

Spannnungsbegrenzung basiert auf der Überprüfung von:

- Druckspannung im Beton der hohe Wert der Druckspannung im Beton kann zum Auftreten von Längsrissen, der Verbreitung von Mikrorissen im Beton und höheren Kriechwerten (hauptsächlich nichtlinear) führen. Dieser Effekt kann zu einem Zustand führen, in dem die Struktur nicht brauchbar ist.
- Zugspannung in der Bewehrung Die Spannung in der Bewehrung wird aufgrund der Begrenzung der nicht akzeptablen Dehnung und damit des Auftretens von Rissen im Beton überprüft.

#### Beispiel: beam practical bewehrung.esa

Der Nachweis der Spannungsbegrenzung wird gemäß den folgenden Schritten durchgeführt:

- Kontrolle der Rissbildung
- Nachweis der Spannungen

Die Standardausgabe zeigt diese 2 Schritte:

# Nachweis von Rissen in Querschnitt

Last	Art des Moduls	E <sub>c</sub> [MPa]	Kombination	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Edy</sub> [kNm]	M <sub>Edz</sub> [kNm]	σ <sub>ct</sub> [MPa]	h [mm]	f <sub>cteff</sub> [MPa]	Risse treten auf
Kurz	Ec	0	Char.	0	174	0	11.6	500	2.9	JA

# Spannungsbegrenzung im Beton

Typ prüfen	Last	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Edy</sub> [kNm]	M <sub>Edz</sub> [kNm]	yi [mm]	z; [mm]	σ <sub>c</sub> [MPa]	σ <sub>c,lim</sub> [MPa]	σ <sub>c</sub> /σ <sub>c,lim</sub> [-]	Status
§7.2(2) Char.	Kurz	0	174	0						AUS
§7.2(3) QP.	Kurz	0	157	0	0.15	0.25	-17.7	-13.5	1.31	Nicht OK

# Spannungsbegrenzung in nicht vorgespannter Bewehrung

Typ prüfen	Last	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Edy</sub> [kNm]	M <sub>Edz</sub> [kNm]	yi [mm]	z <sub>i</sub> [mm]	σ <sub>s</sub> [MPa]	σ <sub>s.lim</sub> [MPa]	σ <sub>s</sub> /σ <sub>s,lim</sub> [-]	Status
§7.2(5) Char.	Kurz	0	174	0	-0.09	-0.2	277	400	0.692	OK

#### Kontrolle der Rissbildung

Das Rissbild wird für die charakteristische Lastkombination gemäß Kapitel 7.1(2) in EN 1992-1-1 überprüft:

- $\sigma ct \leq fct, eff$  kein Riss tritt auf
- σct > fct,eff Riss tritt auf

Mit:

- σct Höchstzugspannung in der Betonfaser
- fct,eff wirksame Betonzugfestigkeit

#### Nachweis der Spannungen

Es wurden 3 Spannungsbegrenzungen geprüft:

- σc,char,lim ≤ k1 \* fck XF, XS
   Betonspannung unter Char. Last § 7.2(2) – Expositionsklassen XD,
- $\sigma c,qp,lim \le k2 * fck$  Betonspannung unter Quasi-Perm Last Kapitel 7.2(3)
- $\sigma$ s,char,lim  $\leq$  k3 \* fyk Bewehrungsspannung unter Char. Last §7.2(5)

Werte von k1, k2, k3, sind im NA definiert, Standardwerte sind 0.6, 0.45, 0.8

Wenn die Spannung in der Bewehrung durch eine erzwungene Verformung verursacht wird, wird außerdem die Höchstfestigkeit auf k4 \* fyk erhöht, wobei k4 einen NA-Parameter mit Standard-Wert k4 = 1,0 ist.

Diese Option kann in den Betoneinstellungen > Begrenzung der Spannungen aktiviert werden:



Standardmäßig wird der Nachweis der Spannungsbegrenzung für den Kurzzeitzustand ausgeführt.

Es ist möglich, einen langzeit-Zustand auszuführen. Wirksamer E-Modul für Elastizitätsmodul wird unter Verwendung des Kriechbeiwerts wie folgt berechnet:

$$Ec,eff = Ecm / (1+\phi)$$

Langzeitverhalten kann in der Ansicht "Betoneinstellungen > Vollständige Einrichtung > Rechenkerneinstellungen > Allgemein > GZG" aktiviert werden > Effektiven Elastizitätsmodul verwenden.

Der Kriechbeiwert kann entweder von der Software berechnet oder manuell in den Betoneinstellungen eingegeben werden.

nten: Vollständige Einrichtung 👻 Anzeigee	nstell 🔻	Stand	ardv	verte ein	1	Such	en r	Nationala	nhang: ()			
Beschreibung	Symbol	Wert		Stan	[	Kapitel	Norm	Stru	Nach	1	Bemerkung	
کې	<all></all>	<all></all>	2	< P		<all></all>	<all> 🔎</all>	<	< P			
Grundda ten der Bemessung												
Bewehrung												
Mindestdeckung												
Rechenkern Einstellungen											Ecm	
Allgemein												
Grenzwert des Einheitsnachweises	Nachw	1,0		1,0			Unabhä	Alle (	Reche			
Grenzwert des Einheitsnachweises für	NICHT	3,0		3,0			Unabhä	Alle (	Reche			
Beiwert für die Berechnung der Nutzh	Coeffd	0,9		0,9			Unabhä	Alle (	Reche		E	
Beiwertzur Berechnung des inneren H.	. Coeff <sub>z</sub>	0,9		0,9			Unabhä	Alle (	Reche	<<	cm	
Beiwert zur Ermittlung des Druckglieds	Coeff.com	0.1	_	0,1			Unabhä	Alle (	Reche		1+φ	
Kriechen und Schwund												
Betonalter zum Betrachtungszeitp.	. t	1825,0	0	18250,	. Tag	3.1.4.B	EN 1992	Alle (	Reche		Möglichkeit der Verwendung de	s effektiven
Relative Feuchte	RH	50		50	96	3.1.4.B	EN 1992	Alle (	Reche		Elastizitätsmoduls des Betons. I	Damitist
Eingabe des Kriechbeiwerttyps	Typ φ(t	Auto		Auto		3.1.4(2)	EN 1992	Alle (	Reche		gemeint, dass das Langzeitverh	alten des
Betonalter bei Belastungsbeginn	t <sub>0</sub>	28,00		28,00	Tag	3.1.4(2	EN 1992	Alle (	Reche		Steifigkeitsberechnung abgede	ssbreiten un cktist
Trocknungs- und Autogenschwind.	. Typ ε <sub>cs</sub> (t,	Nein		Auto		3.1.4(6)	EN 1992	Alle (	Reche			
✓ GZG												
<ul> <li>Wirksames Elastizitätsmodul des B.</li> </ul>						7.1(2)	EN 1992	Alle (	Reche			
Standardverschieblichkeit			_									

<u>Hinweis:</u> SCIA Engineer kann charakteristische oder quasi-ständige Kombinationen nicht in einem Schritt zusammen verwenden. Daher werden dieselben Kräfte (Lastkombination) für das Rissaussehen und die endgültigen Spannungswerte verwendet.

## RISSBREITE

Die Rissbreite wird nach Artikel 7.3.4 in EN 1992-1-1 ermittelt.

Die folgenden Vorbedingungen werden für die Berechnung verwendet:

- Die Rissbreite wird für Balken und Stützen sowie für allgemeine Lasten (N + My + Mz) ermittelt
- Querschnitt mit einem Polygon und einem Material wird ab Version SEn 17 berücksichtigt
- Das Material aller Bewehrungsstäbe muss gleich ab SEn 17 sein
- Aussehen von Rissen sollte f
  ür eine charakteristische Kombination gem
  äß EN 1992-1-1, Artikel 7.2(2), berechnet werden. In SEn 17 wird vereinfacht, dass die Normalspannung f
  ür den gleichen Kombinationstyp wie f
  ür die Berechnung der Rissbreite berechnet wird, die im Dienst Rissbreitennachweis eingegeben wird.

#### Beispiel: beam\_practical bewehrung.esa

Zunächst wird ermittelt, ob der Querschnitt gerissen oder nicht gerissen ist, durch Vergleich:

- $\sigma ct \leq \sigma$  mit nicht gerissen
- $\sigma ct > \sigma$  mit gerissen
Der Wert für  $\sigma$ komma kann in den Betoneinstellungen > Rissbeanspruchung festgelegt werden. Dieser Wert kann durch zwei Optionen beeinflusst werden:

Betone	instellungen											— 🗆 X
Ansicht	en: Vollständige Einrichtung 👻 Anzeigeeinst	tell 🔻	Standa	rdwerte ei	n		Suchen	Na	tionalanha	ng: ()		
В	eschreibung	Symbol	Wert	Star		[D	Kapitel	Norm	Stru	Nach		Bemerkung
<all></all>	Q	<all> D</all>	<all></all>	P <a< td=""><td>2</td><td></td><td><all> D</all></td><td><all></all></td><td>&lt; P</td><td>&lt; P</td><td></td><td>Festigkeitswert, der zur Berechnung des</td></a<>	2		<all> D</all>	<all></all>	< P	< P		Festigkeitswert, der zur Berechnung des
4 Gi	rundda ten der Bemessung											Erstrisses verwendet wird. Es ist möglich zu wählen zwischen
Þ	Bewehrung											1) 0 MPa – der erste Riss tritt auf, wenn
Þ	Mindestdeckung											Zugspannung im Querschnitt auftritt
▲ R	echenkern Einstellungen				_							2) Ict, en – Erstrisse treten auf, wenn die wirksame Betonzugfestigkeit im Querschnitt erreicht wird
Þ	Allgemein				_				_			0 0 0
Þ	Schnittgrößen				_							
Þ	Bemessung As, erf		_		_							
Þ	Umwandlung in Bewehrungsstäbe				_							
Þ	Interaktionsdiagramm				_						<<	
Þ	Schub				_							
P	Torsion				_							
Þ	Begrenzung der Spannungen				_							
1	Rissbeanspruchung											
	Typ der Betonzugfestigkeit für die Berec	f <sub>ct,eff</sub>	fctm	fctm			7.1(2)	EN 1992	. Alle (	Reche		
	<ul> <li>Festigkeitswert zur Berechnung der Riss</li> </ul>		f <sub>ct,eff</sub>	f <sub>ct,eff</sub>			7.1(2)	EN 1992	Alle (	Reche		
Þ	Rissbreite											
Þ	Durchbiegungen											
Þ	Bauliche Durchbildung		-									
												OK Abbruch

#### Festigkeitswert zur Ermittlung der Risskräfte:

- $\sigma b = 0$  MPa Risse treten auf, wenn die Zugspannung im Querschnitt auftritt
- σ entweder = fct,eff Risse treten auf, wenn die wirksame Zugfestigkeit des Betons im Querschnitt erreicht wird

#### Typ der Festigkeit für die Berechnung der Risskräfte:

Wenn die vorherige Option auf  $\sigma$  weder noch fct,eff gesetzt ist, also der Standardwert, dann:

- fct,eff = fctm mittlere Zugfestigkeit des Betons zum Zeitpunkt 28 Tage, festgelegt in den Materialeigenschaften.
- fct,eff = fctm,fl mittlere Biegezugfestigkeit (EN 1992-1-1, Artikel 3.1.8(1)). Dieser Wert sollte verwendet werden, wenn bei der Berechnung der Rissbreite behinderte Verformungen wie Schwinden oder Temperaturschwankungen berücksichtigt werden.



<u>Hinweis:</u> Der in den Materialeigenschaften (Bild oben) dargestellte Wert ist die mittlere Zugfestigkeit zum Zeitpunkt 28 Tage wenn eine Rissbildung früher als 28 Tage erwartet wird, muss dieser Wert fctm(t) in die Materialeigenschaften eingegeben werden (EN 1992-1-1, Artikel 3.1.2(9)).

Der Nachweis der Rissbildung mit Werten der Risskräfte (Ncr, Mcry, Mcrz) kann in der Detailausgabe nachgelesen werden:

Materialeigenschaften			
Effektive Festigkeit des Betons:	Elastizitätsmodul des	Betons:	
f <sub>ct.eff</sub> = f <sub>ctm</sub> = 2.9 MPa	$E_c = E_{cm} = 33 \text{ GPa}$		
Betonzugfestigkeit für die Berechnung der Rissnormalkraft:			
σ <sub>σ</sub> = 2.9 MPa			
Kräfte	Querschnit	tteigenschaften	
Charakteristische Werte	Тур	Ungerissener Q.	Gerissener Q
LC1+LC2+LC3	t <sub>iy</sub> [m]	0	0
N <sub>char</sub> = 0 kN M <sub>y,char</sub> = 174 kNm M <sub>z,char</sub> = 0 kNm	t <sub>a</sub> [m]	-6.82.10"	0.117
Quasi-ständige Werte	A, [m <sup>2</sup> ]	0.163	0.0533
LC1+LC2+0.30*LC3	l <sub>iy</sub> [m <sup>4</sup> ]	3.63.10**	1.91.10-2
N <sub>ap</sub> = 0 kN M <sub>y.ap</sub> = 157 kNm M <sub>z.ap</sub> = 0 kNm	$I_{iz}[m^4]$	1.19.10**	370-10 <sup>-6</sup>
Winkel der Biegemomentresultierenden			
$\alpha_{M} = 90^{\circ}$			
Winkel der Biegemomentresultierenden α <sub>M</sub> = 90° Berechnung der Risskräfte (gerissener Q	uerschnitt)		

```
\begin{array}{l} \text{Maximale Spannung im Beton} \\ \sigma_{\alpha} = 11.6 \text{ MPa} \\ \text{Risskräfte} \\ N_{cr} = 0 \text{ kN} \quad M_{cry} = 43.3 \text{ kNm} \quad M_{cr\alpha} = 0 \text{ kNm} \\ \sigma_{\alpha} = 11.6 \text{ MPa} > \sigma_{cr} = 2.9 \text{ MPa} = > \quad \text{Risse treten auf} \\ \hline \\ \text{Bemerkung: Der Riss ist aufgetreten, weil die maximale Zugspannung größer als die Reißfestigkeit ist.} \end{array}
```

Hier wird das E-Modul für den Kurzzeitzustand berücksichtigt. Wie bereits erwähnt, kann der Langzeit-Zustand mit einem wirksamen Modul Eeff in den Betoneinstellungen > Ansicht 'Vollständige Einrichtung' > Allgemein > GZG > Effektives E-Modul auswählen werden.

In diesem Beispiel treten Risse auf.

Die Rissbreite wird dann gemäß EN 1992-1-1, Formel (7.8) ermittelt:

$$w = sr,max \bullet (\epsilon sm - \epsilon cm)$$

Für weitere Details über die Berechnung kann die Detailausgabe analysiert werden. In der folgenden Abbildung ist nur ein Teil des Berichts dargestellt:



Die Standardausgabe gibt die Zusammenfassungswerte:

rüfzusam	menfassung						
$N_{cr} = 0 \ kN$	M <sub>cry</sub> = 43.3 kNm	M <sub>crz</sub> = 0 kNm	$\sigma_s$ = 250 MPa	s <sub>r.max</sub> = 232 mm	Esm_cm =	1.08 %	
σ <sub>ct</sub> [MPa]	ರ <sub>್</sub> [MPa]	Gerissen	w [mm]	w <sub>max</sub> [mm]	UC[-]	Grenzprüfung [-]	Status
11.6	2.9	JA	0.251	0.4	0,63	1	ОК

Der Grenzwert der Rissbreite wmax wird standardmäßig automatisch nach EN 1992-1-1 (Tabelle 7.1N) ermittelt. Die zulässige Rissbreite kann in den NA-Einstellungen angezeigt werden:

<ul> <li>Verte</li> <li>NA Gebäude</li> <li>Typ der Funktionali</li> <li>Hohlkörperbalken</li> <li>Beton</li> <li>Beton</li> <li>Beton</li> <li>GZG</li>     &lt;</ul>	4 Worte	Standard EN	Name Standard EN
	<ul> <li>Werte</li> <li>NA Gebäude </li> <li>Typ der Funktionali</li> <li>Hohlkörperbalken </li> <li>Vorspannung </li> </ul>	Standard EN Beton Beton Betonbewehrung Uorspannbewehrung Dauerhaftigkeit und Deckung des Bet GZT - Allgemein GZ5 - Allgemein GZ5 - Allgemein GZ5 - Allgemein GZ5 - Allgemein Spannungsbegrenzung im GZG Konstruktive Auflagen Allgemeine konstruktive Auflagen Stützen Stäbe	Name Standard EN   Beton  Allgemein  GZT  GZG  GZG  SZG  Kationalanhang  Kajcrack Beiwert für die Ermittlung de  Wert[-] 3,40  Kajcrack Beiwert für die Ermittlung de  Wert[-] 0,43  Wmax  Gun Gun Gun Gun Gun Gun Gun Gun Gun Gu

Die begrenzende Rissbreite können Sie manuell in die 1D-Bauteildaten eingeben:

ig 📾 🏂	
1D-TEILE (1) > 1D-S	TAHLBETONDATEN (1)
	<u>-</u>
Biegemoment um z-Achse (M <sub>Edz</sub> )	
Torsionsmoment (T <sub>Ed</sub> )	
Querkraft in y-Achse (V <sub>Edy</sub> )	
Querkraft in z-Achse (V <sub>Edz</sub> )	
BEMESSUNG AS,ERF	
TRÄGER, STÜTZE, RIPPE,	PLATTENAR
Beiwert zur Erhöhung der sta	0,00
Beiwert zur Erhöhung der sta	0,00
UMWANDLUNG IN BEWEHR	RUNGSSTÄBE
Bewehrung Oberseite über m	0
Mindestlänge der Längsbewe	0
Anzahl der korrigierten Stäbe	$\bigcirc$
Art der Zone für korrigierte Q	Nein 🗸
INTERAKTIONSDIAGRAMM	
Methode des Interaktionsdia	NRdMRd V
SCHUB	
Berechnungstyp/Eingabe de	Benutzerwert(Winkel) V
Winkel der Druckstrebe [deg]	40,00
Cotangens des Winkels der B	1,19175359259421
SCHUB ZWISCHEN STEG	UND GURTEN
Eingabetyp für den Winkel de…	Benutzerwert(Winkel) V
Winkel der Druckstrebe [deg]	40,00
Kotangens des Winkels der D	1,19175359259421
TORSION	
Aquivalenter dünnwandig ei	Automatisch V
BEGRENZUNG DER SPANN	Auto
DISCREANSODUCHUNG	A010 V
Typ der Betonzugfestigkeit fü	f {ctm} ~
Festigkeitswert zur Berechnu	f (ct.eff)
RISSBREITE	(equi)
Typ der minimalen Rissbreite	Benutzer 🗸 🗸
Benutzerdefinierte Rissbreite	0,300
VERFORMUNGEN	
Beiwert zum Erhöhen der Be	1
Maximale Gesamtdurchbiegu	250
Maximale Zusatzdurchbiegu	500
AKTIONEN >>>	

### **DURCHBIEGUNG**

Die Berechnung der Durchbiegung wurde gemäß Kapitel 7.4.3 in EN 1992-1-1 ausgeführt.

Die Software ermöglicht zwei Arten von Verformungsberechnungen:

- Vereinfachte Methode, bei der die Berechnung zweimal ausgeführt wird, wobei das gesamte Bauteil nicht gerissen und vollständig gerissen ist, und dann die Interpolation von Formel 7.18 gemäß Artikel 7.4.3(7) ausgeführt wird. Dies ist das standardmäßig verwendete Verfahren.
- Normenabhängige Verformung: Dies ist die rigoroseste Methode zur Ermittlung der Durchbiegung durch Berechnung der Krümmungen an häufigen Querschnitten des Bauteils und anschließend der Durchbiegung durch numerische Integration. Weitere Informationen zu diesem Verfahren finden Sie im Kapitel Normabhängige Durchbiegungen.

Das <u>Berechnungsverfahren für das vereinfachte Verfahren</u> kann in den folgenden Schritten beschrieben werden:

- 1. Berechnung der Kurzzeitsteifigkeit mittels E-Modul zum Zeitpunkt 28 Tage.
- 2. Berechnung der Langzeit-Steifigkeit mit effektiven E-Modul auf Basis des Kriechbeiwerts.

In der aktuellen Version der Software ist der kurz- und langfristige Teil der Last in einer LF-Kombination nicht zu unterscheiden. Es wurden daher einige Vorbedingungen für die Ermittlung des langfristigen Lastanteils festgelegt. Der langfristige Teil der Last (LongTermPercentage) wird basierend auf der Art der LF-Kombination geschätzt. Es gibt drei Hauptkombinationen im GZG:

- Eigenschaften im GZG LongTermPercent = 70 %
- GZG häufig LongTermPercent = 85 %
- GZG quasi-ständig LongTermPercentage = 100 %

Der Kriechbeiwert wird von der Software in Abhängigkeit von der relativen Feuchte, dem Umriss des Querschnitts, dem Bewehrungsgrad, der Betonklasse usw. berechnet. Sie kann auch manuell in die Ansicht 'Beton-Einstellungen' > 'Vollständige Einrichtung' > Allgemein > Kriechen eingegeben werden:

ten:	Volls	ständige Einrichtung 👻	Anzeigeeinstell 🔻	Star	ndardwe	rte e	ein	Su	chen						Nati	ional	lanhang: 🥫
Besc	hreib	oung			Symbol		Wert		Standar	rd [Din	] Kapitel		Norm		Strukt	ur	Nachw
>				ρ	<all></all>	P	<all></all>	2	<all></all>	P	<all></all>	Q	<all></all>	ρ	<all></all>	Q	<all> D</all>
Grun	ddat	en der Bemessung															
Þ B	eweł	hrung															
⊳ M	linde	stdeckung															
Rech	enke	rn Einstellungen															
▲ A <sup>1</sup>	llgen	nein									_						
	Gr	enzwert des Einheitsnach	weises		Nachwei	İ\$	1,0		1,0				Unabhäng	ig	Alle (Ba	al	Rechenk
	Gr	enzwert des Einheitsnach	weises für nicht berech	ne	NICHT_E	3E	3,0		3,0				Unabhäng	ig	Alle (Ba	al	Rechenk
	Be	iwert für die Berechnung	der Nutzhöhe des Quer	sc	Coeffd		0,9		0,9				Unabhäng	ig	Alle (Ba	al	Rechenk
	Be	iwertzur Berechnung des	inneren Hebelarms		Coeffz		0,9		0,9				Unabhäng	ig	Alle (Ba	al	Rechenk
-	Be	iwert zur Ermittlung des D	ruckglieds		Coeff	n	0,1		0,1				Unabhäng	ig	Alle (Ba	al	Rechenk
1	<ul> <li>Kr</li> </ul>	iechen und Schwund															
- 1		Betonalter zum Betracht	tungszeitpunkt		t		1825,00		18250,0	0 Tag	3.1.4.B.1	-2	EN 1992-1-	1	Alle (Ba	al	Rechenk
		Relative Feuchte			RH		50		50	%	3.1.4.B.1	-2	EN 1992-1-	1	Alle (Ba	al	Rechenk
	Þ	Eingabe des Kriechbeiwe	erttyps		Typ φ(t,t	:0)	Auto	^	Auto		3.1.4(2)		EN 1992-1-	1	Alle (Ba	al	Rechenk
		Betonalter bei Belastur	ngsbeginn		t <sub>o</sub>	_	Auto	ort	28,00	Tag	3.1.4(2),	31	EN 1992-1-	1	Alle (Ba	al	Rechenk
- L		Trocknungs- und Autoge	enschwindung berücksi	ch	Typ ecs(t	,ts)	Denutzerw	rent	Auto		3.1.4(6)		EN 1992-1-	1	Alle (Ba	al	Rechenk
	- 02	0						-		_						_	
		Wirksames Elastizitätsm	odul des Betons verwer	nd							7.1(2)		EN 1992-1-	1	Alle (Ba	al	Rechenk
	4 St	andardverschieblichkeit					_							_		_	
	_	Verschieblich um v Achse	e		Versch y	w	<ul> <li>Image: A second s</li></ul>		4			_	Unabhäng	iσ	Alle (Ba	aL	Rechenk

### 3. Berechnung der Steifigkeitsverhältnisse zwischen jedem Zustand, kurz- und langfristig.

Es ist das Verhältnis der linearen Steifigkeit der Betonkomponente durch die resultierende Steifigkeit unter Berücksichtigung der Risse. Die Berechnung der resultierenden Steifigkeit basiert auf Artikel 7.4.3 (3), Formel 7.18.

Biegesteifigkeit um y-Achse (Ely) =  $1 / [\zeta/(Ely)_{II} + (1-z) / (Ely)_{I}]$ Biegesteifigkeit um die Achse z (Elz) =  $1 / [\zeta/(Elz)_{II} + (1-z) / (Elz)_{I}]$ Normalsteifigkeit (EA) =  $1 / [(\zeta/(EA)_{II} + (1-z) / (EA)_{I}]$  In dieser Formel (EI)<sub>1</sub> ist die lineare Steifigkeit, (EI)<sub>11</sub> die Steifigkeit des gerissenen Elements (= Langzeit-Steifigkeit = Elin / 1 +  $\phi$ ) und  $\zeta$  ist der Verteilungsbeiwert.

$$\zeta = 1 - \beta \left(\frac{\sigma_{\rm sr}}{\sigma_{\rm s}}\right)^2$$

Verhältnis = Steifigkeit/Steifigkeiten, zum Beispiel ratiouz = Elz,lin / Elz,res

#### 4. Ermittlung von Verformungskomponenten

Mehrere Komponenten werden benötigt, um die Gesamtdurchbiegung und die zusätzliche Durchbiegung zu berechnen.

Im folgenden Teil werden wir "s" für kurzfristige und "I" für langfristige Sicht notieren. Komponenten sind:

- $\delta$  δlin lineare (elastische) Durchbiegung,  $\delta$ lin =  $\delta$ lin,s +  $\delta$ lin,l
- sofortige Verformung  $\delta$ imm,  $\delta$ imm =  $\delta$ lin, I  $\Rightarrow$  Verformungen
- $\delta s$  kurzfristige Durchbiegung,  $\delta s = \delta lin, s \Rightarrow Verformungen$
- δl,kriech langfristige Durchbiegung + Kriechen, δl,kriechen = δlin,l ratiol
- $\delta$ creep kriechverformung,  $\delta$ creep =  $\delta$ lin, l  $\Rightarrow$  (ratiol Verformungen)
- $\delta I$  langfristige Durchbiegung,  $\delta I = \delta I$ , kriech  $\delta creep$
- Zusätzliche Verformung  $\delta$ add,  $\delta$ add =  $\delta$ s +  $\delta$ l, kriechen  $\delta$ imm
- $\delta$ tot Gesamtdurchbiegung,  $\delta$ tot =  $\delta$ s +  $\delta$ l,kriechen

#### 5. Verformungsnachweis

Zwei Durchbiegungen wurden nachgewiesen:

*Gesamtdurchbiegung:* Aussehen und allgemeiner Nutzen der Struktur können erkannt werden, wenn die berechnete Durchbiegung eines Balkens, einer Platten oder eines Konsolen, der quasi-ständiger Lasten ausgesetzt ist, das Feld/250 überschreitet.

Zusätzliche Durchbiegung: Durchbiegungen, die benachbarte Teile der Struktur schädigen könnten, sollten begrenzt werden.

L ist die Knicklänge, multipliziert mit einem β Beiwert des Bauteils in die entsprechende Richtung. Endgültiger Einheitsnachweis ist:

Unity check = max { 
$$\frac{\delta \text{tot}}{\delta \text{tot}, \lim}$$
 ;  $\frac{\delta \text{add}}{\delta \text{add}, \lim}$  }

Die Grenzen der Durchbiegung können in den Betoneinstellungen > Ansicht Vollständige Einrichtungn > Durchbiegungen geändert werden:

chi	ten: Vollständige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 💌 Stand	ardwerte	ein	Suc	cher	n				Nationalan	hang: 🌔
E	Beschreibung	Symbol		Wert	St	tandard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachw
all>	Q	<all></all>	0	<all></all>	) <	all> 🔎		<all> D</all>	<all> D</all>	<all> D</all>	<all></all>
G	rundda ten der Bemessung										
1	Bewehrung										
1	Mindestdeckung										
R	echenkern Einstellungen										
1	Allgemein										
1	Schnittgrößen										
1	Bemessung As, erf										
1	Umwandlung in Bewehrungsstäbe										
1	Interaktionsdiagramm										
1	Schub										
1	Torsion		_								
1	Begrenzung der Spannungen		_		1						
1	Rissbeanspruchung		_		_						
1	Rissbreite		_		1						
	Durchbiegungen		_								
	Beiwertzum Erhöhen der Bewehrungsmenge	Coeffreinf		1,0	1,0	0			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
	Maximale Gesamtdurchbiegung L/x; x =	tot		250,0	25	50,0		7.4.1(4)	EN 1992-1-1	1D (Balk	Rechenk
	Maximale Zusatzdurchbiegung L/x; x =	<sup>(</sup> add	1	500,0	50	0,0		7.4.1(5)	EN 1992-1-1	1D (Balk	Rechenk
	Art der variablen Last für das automatische Erzeugen e…		-	Faktor Psi2 v	. Fa	ktor Ps			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
1	Bauliche Durchbildung			-							

#### Beispiel: beam\_practical bewehrung.esa

Suchen Sie den Durchbiegungsnachweis für die Kombination "GZG qp".

Verschiedene Ergebnisse können auf dem Bildschirm angezeigt werden: BKS, Gesamt- und Zusatzdurchbiegung oder Grenzwerte für Gesamt- und Zusatzdurchbiegung.

Standardausgabe für den BKS öffnen. Für Position dx = 2,5 m haben wir folgendes Ergebnis:

undwerte de	r Durchbie	gungen							
Art der Durchbiegung	Verhältnis kurz [-]	Verhältnis lang [-]	δ <sub>in</sub> [mm]	δ <sub>imm</sub> [mm]	δ <sub>add</sub> [mm]	δ <sub>short</sub> [mm]	δ <sub>long</sub> [mm]	δ <sub>long+creep</sub> [mm]	δ <sub>creep</sub> [mm]
u <sub>y</sub>	2.91	5.26	0	0	0	0	0	0	0
U,	2.53	3.39	-3.43	-6.07	-4.69	-2.6	-6.07	-8.15	-2.08

Prüfung der zusätzlichen und	gesamten Durchbiegungen
------------------------------	-------------------------

Art der	L	δ <sub>add</sub>	δ <sub>add,lim</sub>	UCadd	δ <sub>tot</sub>	δ <sub>tot,lim</sub>	UCtot	11011	Grenzwert	Status
Durchbiegung	[m]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	00 [-]	[-]	
uy	10	0	0	0	0	0	0	0	1	OK
uz	5	-4.69	-10	0.47	-10.8	-20	0.54	0.54	1	OK

Alle Verhältnisse der Steifigkeiten und Verformungskomponenten werden in einer Tabelle aufgenommen.

Detailausgabe öffnen, an derselben Position dx = 2,5 m

Alle vorher genannten Schritte zur Berechnung der Durchbiegungen finden Sie hier.

Für die Langzeitsteifigkeit erhalten wir beispielsweise den Langzeitanteil der Lasten und den berechneten Kriechbeiwert:

### Langzeit Steifigkeiten und Krümmungen bei Vollast

#### Einstellungen

Langzeitanteil der angewendeten Last = 70% Kriechkoeffizient  $\phi = 2.214$ 

Eigenschaften des nicht gerissenen (Zustand I) und gerissenen (Zustand II) Querschnittes werden auch in einer Tabelle dargestellt:

#### Querschnitteigenschaften

Art der Komponente	t, [m]	t <u>.</u> [m]	A [m <sup>2</sup> ]	l, [m <sup>4</sup> ]	l <sub>2</sub> [m <sup>4</sup> ]	x; [m]	A <sub>st</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>sc</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>s</sub> [m <sup>2</sup> ]
Linear	0	0	0.15	3.13.10-3	1.13.10-3	0.25	-	-	
Nicht gerissen	0	-0.019	0.193	4.69.10-3	1.35.10-3	0.27	1.57.10-3	628·10 <sup>-6</sup>	2.2.10-3
Gerissen	0	0.053	0.102	2.89.10-3	667·10 <sup>-6</sup>	0.197	1.57.10-3	628·10 <sup>-6</sup>	2.2.10-3

#### Prüfung auf Betonspannungen und Berechnung der Risskräfte

waxima	a _ 0 57		der beto	maser						
	$\sigma_{ct} = 0.57$	MPa								
Rissstat	us									
	$\sigma_{ct} > f_{cteff}$	r = 8.57 N	1Pa > 2.9	MPa =	Risse treten auf.					
Spannu	ng in der	Bewehrun	ng für Riss	alast						
	σ <sub>sr</sub> = 99.3	MPa								
Spannu	ng in der	Bewehrun	ng für ein	wirkende	Last					
	σ <sub>s</sub> = 290 !	MPa								
Verteilu	ngskoeffi	zient								
	ζ = max	0;1 - β·(-	$\left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = r$	nax(0;1 ·	$-0.5 \cdot \left(\frac{99.3}{290}\right)^2 = 0.941$					
N <sub>cr</sub> ,	M <sub>y,cr</sub>	Mz,or	σ <sub>ct</sub>	fcteff	Corissoner Querschnitt	σsr	σ	β	ζ	Ec
[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	Genssener Querschnitt	[MPa]	[MPa]	[-]	[-]	[GPa]
0	59.6	0	8.57	2.9	AL	99.3	290	0.5	0.941	10.3

#### Damit kann das Steifigkeitsverhältnis ermittelt werden, zum Beispiel das Biegesteifigkeitsverhältnis:

Biegesteifigkeit Elv

$$E_{l_{y,lin}} = E_{c} \cdot I_{y} = 33 \cdot 3.13 \cdot 10^{9} = 103 \text{ MNm}^{2}$$

$$E_{l_{y,l}} = E_{c\text{eff}} \cdot I_{y,l} = 10.3 \cdot 4.69 \cdot 10^{9} = 48.1 \text{ MNm}^{2}$$

$$E_{l_{y,l}} = E_{c\text{eff}} \cdot I_{y,l} = 10.3 \cdot 2.89 \cdot 10^{9} = 29.7 \text{ MNm}^{2}$$

$$E_{l_{y,l}} = \frac{1}{\frac{\zeta}{El_{y,l}}} = \frac{1}{\frac{0.941}{29.7}} + \frac{1 - 0.941}{48.1}} = 30.4 \text{ MN} \cdot \text{m}^{2}$$

$$RatioEly = \frac{El_{y}}{El_{y,lin}} = \frac{30.4}{103} = 0.295$$
Biegesteifigkeit Elz
$$E_{l_{z,lin}} = E_{c} \cdot I_{z} = 33 \cdot 1.13 \cdot 10^{9} = 37.1 \text{ MNm}^{2}$$
(7.18)

 $EI_{zJ} = E_{ceff} \cdot I_{zJ} = 10.3 \cdot 1.35 \cdot 10^9 = 13.8 \text{ MNm}^2$  $EI_{z,II} = E_{c,eff} \cdot I_{z,II} = 10.3 \cdot 667 \cdot 10^{6} = 6.85 \text{ MNm}^{2}$  $\mathsf{EI}_{z} = \frac{1}{\frac{\zeta}{\mathsf{EI}_{z,1}} + \frac{1-\zeta}{\mathsf{EI}_{z,1}}} = \frac{1}{\frac{0.941}{6.85} + \frac{1-0.941}{13.8}} = 7.06 \text{ MN} \cdot \text{m}^{2}$ RatioElz =  $\frac{EI_z}{EI_{z,lin}} = \frac{7.06}{37.1} = 0.19$ 

#### Und die kurz- und langfristigen Verhältnisse endgültig: Kurzzeitverhältnisse



Anschließend werden alle Durchbiegungskomponenten zusammen mit den Grenzverformungen ermittelt:

# Durchbiegungen

#### Lineare Durchbiegung

 $\delta_{\text{lin},y} = u_{ys} + u_{yl} = 0 + 0 = 0 \text{ mm}$  $\delta_{\text{lin},z} = u_{zs} + u_{zl} = -1.03 + -2.4 = -3.43 \text{ mm}$ 

#### Unmittelbare Durchbiegung

 $\delta_{imm,y} = u_{yl} \cdot ratio_{uys} = 0 \cdot 2.91 = 0 mm$  $\delta_{imm,z} = u_{z1} \cdot ratio_{uzs} = -2.4 \cdot 2.53 = -6.07 \text{ mm}$ 

#### Kurzzeitdurchbiegung

 $\delta_{shorty} = u_{ys} \cdot ratio_{uys} = 0 \cdot 2.91 = 0 mm$  $\delta_{shortz} = u_{zs} \cdot ratio_{uzs} = -1.03 \cdot 2.53 = -2.6 \text{ mm}$ 

#### Langzeit- und Kriechdurchbiegung

 $\delta_{long,creepy} = u_{yl} \cdot ratio_{uyl} = 0 \cdot 5.26 = 0 \text{ mm}$  $\delta_{long,creepz} = u_{z1} \cdot ratio_{uz1} = -2.4 \cdot 3.39 = -8.15 \text{ mm}$ 

#### Kriechdurchbiegung

Langzeitverhältnisse

 $\delta_{creepy} = u_{yl} \cdot \left( ratio_{uyl} - ratio_{uys} \right) = 0 \cdot \left( 5.26 - 2.91 \right) = 0 \text{ mm}$  $\delta_{creepz} = u_{z1} \cdot (ratio_{uz1} - ratio_{uzs}) = -2.4 \cdot (3.39 - 2.53) = -2.08 mm$ 

(7.18)

#### Langzeitdurchbiegung

 $\delta_{longy} = \delta_{long,creepy} - \delta_{creepy} = 0 - 0 = 0 \text{ mm}$  $\delta_{\text{long}z} = \delta_{\text{long,creepz}} - \delta_{\text{creepz}} = -8.15 - -2.08 = -6.07 \text{ mm}$ 

## Zusätzliche Durchbiegung

 $\delta_{\text{add},y} = \delta_{\text{shorty}} + \delta_{\text{long,creepy}} - \delta_{\text{imm},y} = 0 + 0 - 0 = 0 \text{ mm}$  $\delta_{addz} = \delta_{shortz} + \delta_{long,creepz} - \delta_{immz} = -2.6 + -8.15 - -6.07 = -4.69 \text{ mm}$ 

#### Grenzwert zusätzliche Durchbiegung

 $\delta_{add,lim,y} = 0 mm$ 

# $\delta_{add,lim,z} = \frac{-l_{0z}}{Lim_{add}} = \frac{-5}{500} = -10 \text{ mm}$

Gesamtdurchbiegung

 $\delta_{toty} = \delta_{shorty} + \delta_{long,creepy} = 0 + 0 = 0 mm$  $\delta_{totz} = \delta_{shortz} + \delta_{long,creepz} = -2.6 + -8.15 = -10.8 \text{ mm}$ 

### Grenzwert Gesamtdurchbiegung

### $\delta_{tot,lim,y} = 0 \text{ mm}$

 $\delta_{\text{tot,lim},z} = \frac{-l_{0z}}{l_{1,1,2}} = \frac{-5}{250} = -20 \text{ mm}$ 

#### Einschränkungen des Durchbiegungsnachweises:

- Verformung infolge Schwinden wird nicht automatisch berücksichtigt.
- Die Überprüfung basierend auf grenzabhängigem Biegefeld-/Tiefenverhältnis gemäß 7.4.2 ist nicht implementiert.
- Die Berechnung der Durchbiegung hängt von den Schnittgrößen ab, die für die reduzierte Steifigkeit verwendet werden. Der Nachweis der Verformung funktioniert daher nicht in Fällen, bei denen die Schnittgrößen gleich null sind, die Durchbiegungen jedoch nicht null sind. Typischerweise ist dies bei Konsolenstrukturen mit freiem Überhang der Fall.

#### **4** KONSTRUKTIVE AUFLAGEN

SCIA Engineer unterscheidet drei Arten von Bauteilen anhand von konstruktiven Auflagen:

- Träger Nachweis der Längs- und Querkraftbewehrung
- Stütze Nachweis der Haupt- und Querbewehrung
- Plattenartiger Balken Nachweis nur der Längsbewehrung

Alle konstruktiven Auflagen werden in den Betoneinstellungen > Vollständige Einrichtung > konstruktiven Auflagen automatisch berücksichtigt:

eschreibung	Symbo	L	Wert		Standa	rd	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktu	r Nach	w
Q	<all></all>	P	<all></all>	Q	<all></all>	2		<all></all>	Q <all></all>	Q <all></all>	O <all></all>	2
rundda ten der Bemessung												
Bewehrung												
Mindestdeckung												
echenkern Einstellungen												
Allgemein	1											
Schnittgrößen												
Bemessung As, erf												
Umwandlung in Bewehrungsstäbe												
Interaktionsdiagramm												
Schub	1									_		
Torsion												
Begrenzung der Spannungen												
Rissbeanspruchung												
Rissbreite												
Durchbiegungen												
Bauliche Durchbildung												
<ul> <li>Träger / Rippe</li> </ul>			-									
▲ Längsbewehrung												
Nachweis Mindeststababstand			<b>~</b>		¥			8.2(2)	EN 1992-1-	1 Balken,	Rech	enk
Mindeststababstand	s <sub>Ib,min</sub>		20		20	r	mm	8.2(2)	EN 1992-1-	1 Balken,	Rech	enk
Nachweis Höchststababstand	1				1				Unabhäng	ig Balken,	Rech	enk
Nachweis Höchststababstand (Torsion)			<b>~</b>		~			9.2.3(4)	EN 1992-1-	1 Balken,	Rech	enk
Höchststababstand (Torsion)	SIbt,max		350		350	r	mm	9.2.3(4)	EN 1992-1-	1 Balken,	Rech	nk
Nachweis der Mindestbewehrungsfläche			<b>~</b>		4			9.2.1.1(1)	EN 1992-1-	1 Balken,	Rech	enk
Nachweis der Mindestbewehrungsfläche für se			<b>~</b>		¥			9.2.1.1(1)	EN 1992-1-	1 Balken,	Rech	nk
Nachweis der Höchstbewehrungsfläche					<b>V</b>			9.2.1.1(3)	EN 1992-1-	1 Balken,	Rech	enk
▲ Bügel			-									
Nachweis Mindest-Biegerolledurchmesser								8.3(2)	EN 1992-1-	1 Balken,	Rech	enk
Nachweis Höchstlängsabstand (Schub)			<b>~</b>		~			9.2.2(6)	EN 1992-1-	1 Balken,	Reche	enk
Nachweis Höchstlängsabstand (Torsion)			<b>~</b>		1			9.2.3(3)	EN 1992-1-	1 Balken,	Rech	enk
Nachweis Höch stquer abstand			<b>Z</b>		~			9.2.2(8)	EN 1992-1-	1 Balken,	Reche	enk
Nachweis Mindestprozentwert für Bügel					1			9.2.2(5)	EN 1992-1-	1 Balken,	Rech	enk
Plattenartiger Balken			-									
▷ Stütze			8									

#### Folgende Tabelle zeigt, welche Nachweise in konstruktiven Auflagen ausgeführt werden:

Teil-Typ	Längs (Hauptbewehrung)	Schub (quer)
Strahl	<ul> <li>8.2(2) - Lichter Mindeststababstand</li> <li>9.2.1.1(1) – Mindestfläche der Längsbewehrung</li> <li>9.2.1.1(3) – Höchstfläche der Längsbewehrung</li> <li>9.2.3(4) - Maximaler Stababstand gemäß Torsion</li> <li>Normunabhängig - Lichter Höchstabstand</li> </ul>	<ul> <li>6.2.3(3) - Höchstprozentwert der Querkraftbewehrung</li> <li>9.2.2(5) - Mindestprozentwert der Querkraftbewehrung</li> <li>9.2.2(6) - Höchstlängsabstand der Bügel (Schub)</li> <li>9.2.2(8) - Höchstquerabstand der Bügel (Schub)</li> <li>9.2.3(3) - Höchstlängsabstand der Bügel (Torsion)</li> </ul>
Spalte	8.2(2) - Lichter Mindeststababstand9.5.2(1)-MindeststabdurchmesserderLängsbewehrung9.5.2(2) - Mindestfläche der Längsbewehrung9.5.2(3) - Maximale Längsbewehrungsfläche9.5.2(4) - Mindestanzahl Längsbewehrungsstäbe	9.2.3(3) - Höchstlängsabstand der Bügel (Torsion) 9.5.3(1) - Mindestdurchmesser der Querbewehrung 9.5.3(3) - Höchstlängsabstand der Querbewehrungsstäbe
Plattenartiger Balken	<ul><li>8.2(2) - Lichter Mindeststababstand</li><li>9.3.1.1(3) – Höchststababstand der Längsbewehrung</li></ul>	-

### **4** QUERSCHNITTSNACHWEIS

Die Querschnittsnachweiswerkzeuge können auf zwei verschiedene Arten verwendet werden: mit oder ohne zuvor eingegebene praktische Bewehrung.

Querschnittsnachweis kann durchgeführt werden:

• Im Eigenschaftenfenster für einen individuellen Nachweis



• Im Eigenschaftenfenster für den Querschnittsnachweis – Ergebnisservice

(i)				OUERSCHNITTSNACHWEIS - ERGERNISSE
ERGEBNI	SSE (1)	(the (		
Name	Querschnittsnachweis - Ergebnis	(chile		
▼ AUSWAHL		(M)	CIII	
Auswahltyp	Alle	1.1		
▼ ERGEBNISSFALL				
Lasttyp	Lastfälle V		+	
Lastfall	LC1 - SW 🗸 🗸		+	
▼ AUSGABEEINSTELLUNGEN			3	
Ausgabe	Kurz 🗸		<b>-</b>	
Nachweise je Querschnitt drucken		-	2	
▼ NACHWEISE			6	
Kapazität (GZT)			~	
Kapazitätsdiagramm (GZT)			1	
Schub + Torsion (GZT)		d d	a l	
Begrenzung der Spannungen (GZG)	$\bigcirc$		ø	
Begrenzung der Rissbreiten (GZG)	$\bigcirc$		3	
Verformungen (GZG)	$\overline{\mathbb{O}}$	1		Ň
Konstruktive Auflagen		1	Ŧ.	
AKTIONEN >>>		1	₽	
C Aktualisieren	F5		-	
Querschnittsnachweis				
() Ergebnistabelle		e	Y	
Destakelluseschau			×	

⇒ Mit praktischer Bewehrung

#### Beispiel 1: beam\_practical Bewehrung SC.esa

Querschnittsnachweis kann aus allen Einzelnachweisen geöffnet werden.

Wählen Sie in diesem Beispiel Die Bemessung > 1D-Beton > Nachweis der Spannungsbegrenzung im GZG aus und klicken Sie im Eigenschaftenfenster auf "Querschnittsnachweis":

Wählen Sie den Stab aus und klicken Sie dann auf die Position, für die der Nachweis ausgeführt werden soll. Wählen Sie Schnitt 25 an der Trägermitte:



Das Querschnittsnachweiswerkzeug öffnet:

	Querschnittsnachweis (fool)	
Home		
	Standard system kerketen Bandard Systeme	
Längsbewehrung Bügel	Anwendung	Madauak
	Nachweic Snannunghenrenzung (G7G) Einheittnachweis	Name Wart Status
Rastergröße: 100 mm / 4	Standard • Extremwerte : SLS/2 [SLS] 0,89	Crhoitterste (Nachuair)
x0 <sup>10</sup> <sup>100</sup> <sup>100</sup> <sup>100</sup> <sup>100</sup> <sup>100</sup> <sup>100</sup> <sup>100</sup> <sup>100</sup> <sup>100</sup>		Kananitar (GZD)
		Kanazitätisianamm (GZD
20	Schnitt SC1 RECT (500; 300)	Schub und Terrien (GZT)
	EN 1992-1-1:2004/A1:2014 Stab S1 [dx = 5 m]	Spannungsbegrenzung (GZG)     0.89
	Länge des Teils: L = 10 m Beton: C30/37	Bearenzung der Rissbreiten (C
100 100	Knicken y-y-4 L <sub>y</sub> = 10 m (verschieblich) Bilineares Spannungs-Dehnungs-Diagramm Knicken y-y-4 L <sub>z</sub> = 10 m (verschieblich) Expositionsklasse: XC3	Verformungen (GZG)
<u>Z</u>	Längsbewehrung: B 500A	Konstruktive Auflagen
	Bilinear mit geneigtem oberem Zweig	Extremuerte
У	7ø20 (2199 mm <sup>4</sup> )	Name Wert Status
	Schubbewehrung: B 500A	• SIS/2 (SIS) 0.89 🖌
-100 -100	Bilinear mit geneigtem oberem Zweig	0.79
	8 2ø10/99.7 (1575 mm²/m)	- 303 ( 003)
	action         Central Section           Central Section         Central Section	-
Längsbewehrung	* ***	
Stahistab Y (mm) Z (mm) Durchmesser Ø (mm) Material Konstruktive Auflagen	Nachweis von Rissen in Querschnitt	
175 20 8 500A	Last Art des Ec Kombination Nrd Mrdy Mrdy Grt h friter Risse	
- 01	Moduls [MPa] [kN] [kNm] [kNm] [MPa] [mm] [MPa] treten auf	
	Kurz E <sub>c</sub> 0 Char. 0 -134 0 8.99 500 2.9 JA	
BA 45 105 20 B 500A		
	Spannungsbegrenzung im Beton	
	Typ pruten Last $N_{id} = M_{idy} = M_{idy} = M_{idy} = J_i = J_i = J_i = J_i$ (ADa) (ADa) (ADa) (J	
57° Neu 8 5004 🖸	§7.2(2) Char. Kurz 0 -134 0 AUS	
Schub	§7.2(3) QP. Kurz 0 -107 0 0.15 -0.25 -12 -13.5 0.891 OK	
Bögelbereich Ø (mm)         Durchmesser § (mm)         Abstand § (mm)         Material           =         S0         10         100         8 500A	Spannungsbegrenzung in nicht vorgespannter Bewehrung	
	4	Gesamtnachweis Status
		Der Nachweis wurde erbracht 0,89 💙
Bereit		

Dieses Fenster besteht aus 3 Hauptteilen:

- Bewehrung definieren/ändern
- Vorschau des Berichts
- Nachweise gemäß den vorigen ausgewählten Kombinationen oder Lastfällen. Standardmäßig wird nur der für die Einzelauswahl ausgewählte Nachweis ausgeführt. Weitere Nachweise können Sie auf Wunsch aktivieren.

Wenn Sie eine Kombination im GZG in den Eigenschaftenfenstern auswählen, sind nur Nachweise im GZG verfügbar.

Wenn Sie eine LFK im GZT in den Eigenschaftenfenstern auswählen, sind nur Nachweise im GZT verfügbar.

In diesem Beispiel ist die Spannungsbegrenzung im Beton nicht ok. Eine Lösung besteht im Umgestalten der Längsbewehrung, um die Spannungsbegrenzungen im GZG zu erfüllen. Dann können wir das

Querschnittsnachweiswerkzeug schließen und die praktische Bewehrung für diesen Träger ändern oder die Bewehrung im geprüften Querschnitt lokal anpassen (Abschnitt 19). Wir werden die Bewehrung im Querschnittsnachweiswerkzeug selbst anpassen.

Wenn bereits praktische Bewehrung eingegeben wurde, kann dies auf der Registerkarte "Bewehrung (frei)" bearbeitet werden:



Jeder vorliegende Stab, Position und Durchmesser, ist in der Tabelle aufgeführt. Sie können geändert, gelöscht oder neue Stäbe hinzugefügt werden.

Durchmesser der Bewehrungsstäbe der oberen Bewehrung B0, B1, B4 und B6 von 20 mm auf 25 mm erhöhen:

Home							Quesschnittsniktiviers (1000)					
E	0	Längsbew	ehrung			Bögel	Standard Sporten Metrichen Standard Sporten Metrichen Sporten					
Schnitt	Info						Protokoli	N	chweis			
1.1	Raster	oroßer 10	mm /	4			Nachweis-Spannungsbegrenzung (6ZG)		Name	Wert	Status	
	-300	-20	-100	0 10	0 2	0 3 <u>0</u>	Extremwerte : SLS/2 (SLS)	12	Schnittkräfte (Nachweis)			
	800					800		1	Kapazität (GZT)			
									Kapazitätsdiagramm (GZT)			
	2.0					200	Schnitt SC1 RECT (500; 300)		Schub und Torsion (GZT)			
							EN 1992-1-1:2004/A1:2014 Stab S1 [dx = 5 m]	12	Spannungsbegrenzung (GZG)	0,76	~	
							Länge des Teils: L = 10 m Beton: C30/37		Begrenzung der Rissbreiten (0			
	100					100	Knicken y-y L <sub>y</sub> = 10 m (verschieblich) Bilineares Spannungs-Dehnungs-Diagramm		Verformungen (G7G)			
				ž			Längsbewehrung: B 500A	1	Konstruktive Auflagen			
	0						Bilinear mit geneigtem oberem Zweig		tramulata			
				ý			5ø25+2ø20 (3083 mm <sup>4</sup> )		Name	West	Status	
							pi = 2,055 % (24.2 kg/m) Schubbewehrung: B 500A		SI 6/2 /SI 6)	0.76	-	
	-100					-100	HIIInear mit geneigtem oberem Zweig		515/2 (515)	0.68		
							2ø10/99.7 (1575 mm <sup>2</sup> /m)		363/1 (363)			
							у р <sub>w</sub> = 0,525 % (12.4 kg/m)					
		_					Oben: 36 mm					
							Unten: 36 mm	4				
	-366	-300	-100	0 10	0 2	an and a state	2ø20 (628 mm2) Links: 36 mm					
Revel	(turous I) conu	Revehrung	(frail)				Recrts: 36 mm					
							300 2#10/100					
Läng	bewehrung						7 7					
	Stahistab	Y (mm)	Z (mm)	Durchmesser	Material	Konstruktive Auflagen						
	80	00	105	o (mm)	B 6004	1	Nachweis von Rissen in Querschnitt					
	B1	-00	105	cə 16	B 500A	8	Last Art des E. Kombination Ned Mede Mede on h fatell Risse					
	82	-30	195 4	2.7	D 500A		Moduls [MPa] [kN] [kNm] [kNm] [MPa] [mm] [MPa] treten auf					
	30	-90	-195	20	0.5004		Kurz E <sub>c</sub> 0 Char. 0 -134 0 8.35 500 2.9 JA					
	83	90	-193	20	B SOUA							
-	54	40	195	6	B SUUA							
	85	0	195	25	8 500A		spannungsbegrenzung im Beton					
	80	-45	195	25	B 500A		Typ prüfen Last $N_{i,d}$ $M_{i,dy}$ $M_{i,dz}$ $y_i$ $z_i$ $\sigma_c$ $\sigma_{c,lim}$ $\sigma_c/\sigma_{c,lim}$ Status					
	Neu				B 500A		[KN] [KNm] [KNm] [mm] [MPa] [MPa] [-]					
Schul	•						\$7.2(3) QP. Kurz 0 -107 0 0.15 -0.25 -10.3 -13.5 0.763 OK					
	Bügelbereic	h Durchme	sser Abstand	d Material								
	50	10	100	8 500A			Spannungsbegrenzung in nicht vorgespannter Bewehrung					
			100	a south			()					
							e	Der	amtnachweis Status: Nachweis wurde erbracht			0,76 💙
Bernit					_			- Alegan		-		

#### ⇒ Ohne praktische Bewehrung

#### Beispiel 2: beam\_without praktische Bewehrung SC.esa

Wenn vorher keine praktische Bewehrung eingegeben wurde, kann das Querschnittsnachweiswerkzeug ausgeführt werden, um einen bestimmten Querschnitt eines Bauteils mit lokaler Bewehrung dieses spezifischen Querschnitts zu überprüfen.

Wählen Sie im Betonmenü die Option "Querschnittsnachweis Ergebnisse".

Wählen Sie im Eigenschaftenfenster die LFK im GZT aus, um alle Nachweise im GZT auszuführen:

ក្មោ	
ERGEBNIS	SE (1)
Name	Querschnittsnachweis - Ergebnis
▼ AUSWAHL	
Auswahltyp	Alle 🗸
▼ ERGEBNISSFALL	
Lasttyp	LF-Kombinationen V
Kombination	ULS 🗸
AUSGABEEINSTELLUNGEN	
Ausgabe	Kurz 🗸
Kombinationsvorschrift drucken	
Nachweise je Querschnitt drucken	
NACHWEISE	
Kapazität (GZT)	
Kapazitätsdiagramm (GZT)	
Schub + Torsion (GZT)	
Konstruktive Auflagen	
AKTIONEN >>>	
C Aktualisieren	F5
Querschnittsnachweis	
Ergebnistabelle	
Protokollvorschau	

Wählen Sie Schnitt 9 in der Mitte des ersten Felds aus.

Alle Nachweise sind nicht erfüllt und der allgemeine BKS ist 3. Der Wert 3 bedeutet, dass der Nachweis aufgrund eines Berechnungsfehlers nicht durchgeführt werden konnte. In diesem Fall liegt dies daran, dass noch keine Bewehrung vorhanden ist.

Wir beginnen mit dem Einfügen der Bewehrung. Wählen Sie zuerst die Bewehrungsvorlage:

Home						
	Ó		× •			* *
	ängsbeweh	rung		Büge	2	

Ändern Sie dann den Durchmesser der Bewehrungsvorlage. Ändern Sie für untere Längsbewehrungsstäbe den Durchmesser 20 mm in der Registerkarte "Bewehrung (Layout):

30       -20       -100       0       100       20       30       30         20       20       20       20       16       20         100       -25       0       20       100       100         -100       -100       -100       100       100       100         -100       -25       -20       -20       -500       -500         -20       -20       -20       -20       -300       -300         ewehrung (Layout)       Bewehrung (frei)		Rastergrö	ве:	100 mm	1/	4					
20       20       20       20       20       20       100 <th>3</th> <th>-200</th> <th></th> <th>- 100</th> <th>25</th> <th>5</th> <th>100</th> <th>z Ø8</th> <th>» <b>3/200</b></th> <th>300</th> <th>-300</th>	3	-200		- 100	25	5	100	z Ø8	» <b>3/200</b>	300	-300
100       7       100       100         0       25       7       0       0         -100       -100       20       -100       -100         -200       -200       -200       -200       -200         -300       -200       -100       20       300         ewehrung (Layout)       Bewehrung (frei)	2	60		•			•	2Ø	16		-200
evehrung (Layout) Layer Position Layer Position Layer Position Layer Position Layer Position Layer N x Q (mm) Material Konstruktive Auflagen Material B 500A Stabe N x Q (mm) B 500A C Durchmesser Material B 500A C B 500A C C C C C C C C C C C C C	1	00			z						-100
-100 -20 -2	0	25	; <b>&gt;</b>		1	y					-0
-200         25         -200         -200           -300         -200         -200         -200         -200           -300         -200         -100         0         100         200         300           ewehrung (Layout)         Bewehrung (frei)         -200         -200         300         -300           Layer         Position         Stäbe         Durchmesser         Material         Konstruktive Auflagen           L1         oben         2         16         B 500A	-	100									- 100
-300       -200       -100       20       300         ewehrung (Layout)       Bewehrung (frei)       -300         Längsbewehrung       Bewehrung (frei)       -300         Layer       Position       Stäbe N x       Durchmesser Ø [mm]       Material       Konstruktive Auflagen         L1       oben       2       16       B 500A       □       -         L2       unten       2       20       B 500A       □       -         Schub	-	200		<u> </u>				2Ø	20		-200
ewehrung (Layout) Bewehrung (frei) Längsbewehrung Layer Position Stäbe N x Ø [mm] Material Konstruktive Auflagen L1 oben 2 16 B 500A C Schub C C C C C C C C C C C C C C C C C C C		300 -200		- 100	25	5	100	z	10	300	-300
Layer     Position     Stabe N x     Durchmesser Ø [mm]     Material     Konstruktive Auflagen       L1     oben     2     16     8 500A     Image: Construktive Auflagen       L2     unten     2     20     8 500A     Image: Construktive Auflagen       Schub     Durchmesser     Abstand     Image: Construktive Auflagen	ewehrung	(Layout) Be	wehru	ng (frei)							
L1         oben         2         16         B 500A         Image: Constraint of the state of	Layer	Position	5	itäbe N x	Durch Ø (mi	nmesser m]	Ma	terial	Konstru	uktive A	uflagen
L2 unten 2 20 B 500A Schub	L1	oben	2		16	_	B 50	0A			
Schub Durchmesser Abstand	L2	unten	2		20		B 50	AO			
Durchmesser Abstand	Schub										
Bugel Schenkel zählen Ø [mm] s [mm] Material Konstruktive Auflag	Bügel	Schenkel z	ählen	Ø [mm]	nesser	Absta s (mm	nd 1]	Materi	ial Ko	onstruk	tive Auflager

Beachten Sie, dass in diesem Fenster auch die Querkraftbewehrung definiert werden kann.

Die Ergebnisse für alle Nachweise im GZT sind jetzt:

nd Nachweis:Kapazit Extremwerte : UL	tät (GZT) S/2 [ULS]	Einheitsnachweis: 0,85			Name Schnittkräfte (Nachweis)	Wert	Status
			Ê		Kapazität (GZT)	0,85	4
Calmitte CC					Kapazitätsdiagramm (GZT)	0,81	¥
Schnitt SC	1	RECT (500; 300)			Schub und Torsion (GZT)	0,38	× 1
EN 1992-1-1:2004/A1	:2014	Stab S1 [dx = 2.5 m]			Spannungsbegrenzung (GZG)		
Länge des Teils:	L = 10 m	Beton: C30/37			Begrenzung der Rissbreiten (C		
Knicken y-y-	$L_y = 10 \text{ m} \text{ (verschieblich)}$	Bilineares Spannungs-Dehnungs-Diagramm			Verformungen (G7G)		
Knicken z-z-	$L_z = 10 \text{ m} (\text{verschieblich})$	Expositionskiasse. ACS			venomungen (626)	0.71	
	2a16 (402 mm2)	Bilinear mit geneigtem oberem Zweig			Konstruktive Auflagen	0,71	
	2/2/10 (402 mm2)	$2a_{20+}^{2a_{10}} = (1030 \text{ mm}^2)$		Extr	emwerte		
		$p_1 = 0.687 \% (8.09 \text{ kg/m})$		-	Name	Wert	Status
		Schubbewehrung: B 500A		•	ULS/2 (ULS)	0,85	
+z		Bilinear mit geneigtem oberem Zweig				0.59	
8	- I	2ø8/200 (503 mm <sup>2</sup> /m)		- 30	015/1 (015)		
5	У	ρ <sub>w</sub> = 0,168 % (3.95 kg/m)		۲	ULS/3 (ULS)	0,43	× .
	2ø20 (628 mm2)	Betondeckung (Bügel) Oben: 25 mm Unten: 25 mm Links: 25 mm Rechtr: 25 mm					
		Notifus, Ly fifth					
300	2ø8/200						
* 500	<del>/</del>						

Sobald der Querschnitt bewehrt ist und die Nachweise erbracht sind, können Sie die Bemessung dieses Querschnitts mit der Option "Speichern und schließen" speichern:



#### Eine Kennung wird dann auf den Stab eingefügt:



Der Querschnittsnachweis für LF-Kombination im GZG kann wie folgt ausgeführt werden:



Falls erforderlich, kann das Querschnittsnachweiswerkzeug noch zum Umgestalten des Querschnitts geöffnet werden, um die Nachweise im GZG zu erfüllen, indem Sie im Eigenschaftenfenster auf den Querschnittsnachweis klicken.

# 2.3 Stützenbemessung

# 2.3.1 Bewehrungsbemessungsverfahren

Für die Stützenbemessung gibt es 3 Berechnungsarten:

- Nur Normaldruck
- Einachsige Biegung
- Zweiachsige Biegung

Betrachtet man die Stützenberechnung genauer, lassen sich 2 verschiedene Ansätze unterscheiden:

- Für die Berechnung 'Nur Axialdruck' und 'Einaxiale Biegung' verwendet SCIA Engineer den gleichen Rechenansatz wie für Träger.
- Für die Berechnungen zum zweiachsigen Biegen verwendet SCIA Engineer eine Kombination aus dem Rechenansatz für Träger und den so genannten Interaktionsformeln.

Außerdem hat die Berechnung des einaxialen Biegens immer eine 1-richtungsartige Bewehrungskonfiguration mit der gleichen Anzahl an Bewehrungsstäben an den Parallelseiten.

Die Berechnung des zweiaxialen Biegens hat als Ergebnis eine Bewehrungskonfiguration für 2-Richtungen. Die Anzahl der Stäbe kann je nach Richtung voneinander abweichen, ist aber für parallele Seiten immer gleich:



Die Berechnung des einaxialen Biegens ist ein relativ einfacher Berechnungstyp, während die Berechnung der zweiaxialen Biegung einen iterativen Prozess erfordert.

Denken Sie daran als Grund, warum die Berechnung des einaxialen Biegens viel schneller gehen wird.

### **BEMESSUNG NUR FÜR NORMALDRUCK**



⇒ Keine Bewehrung erforderlich: NEd < NRd

Beispiel: Nur Normaldruck.esa

#### Untersuchte Stütze: B1

#### Geometrie

Stützenquerschnitt: RECT 350x350 mm<sup>2</sup> Höhe: 4,5 m Betongüte: C45/55

#### **Beton-Einstellungen**

Betoneinstellungen > Schnittgrößen GZT: 'Ausmitten' werden nicht berücksichtigt.

Deceb	and have a	Cumha		West		Ctondard	(Dim)	Manital		Marren		Charletter	Mashur
Beschi	reibung	Symbo	л	wert	0	Standard		Kapite	0	Norm	0	Struktur	Nachw
111>	Q	<all></all>	2	<all></all>	2	<all> &gt;</all>		<all></all>	2	<all></all>	2	<all> D</all>	Schnitt X
Recher	nkern Einstellungen												
▲ Sc	hnittgrößen						-						
	Querkraftreduktion über den Auflagern							6.2.1(8)		EN 1992-1	-1	Balken,	Rechenk
	Momentreduktion über den Auflagern							5.3.2.2	(4)	EN 1992-1	-1	Balken,	Rechenk
	Verschiebung der Momentkurve zur Berücksichtigung		1		_	<u>-</u>	_	9.2.1.3(	2)	EN 1992-1	-1	Balken,	Rechenk
	Geometrische Imperfektion im GZT	e <sub>i,ULS</sub>		_		2		5.2(2)		EN 1992-1	-1	Stütze	Rechenk
	Geometrische Imperfektion im GZG	e <sub>i,SLS</sub>						5.2(3)		EN 1992-1	-1	Stütze	Rechenk
	Mindestausmitte	e <sub>min</sub>		Nein		Ausmitte		6.1(4)		EN 1992-1	-1	Stütze	Rechenk
	Ausmitte nach Theorie I. Ordnung mit Ersatzmoment		_			¥.		5.8.8.2(	2)	EN 1992-1	-1	Stütze	Rechenk
	Ausmitte nach Theorie II. Ordnung	e2		Nein		Nennkrü.		5.8.5		EN 1992-1	-1	Stütze	Rechenk
	Wirksamer Kriechbeiwert M <sub>0Eqp</sub> /M <sub>0Ed</sub>	Coeff	æ	1,00		1,00	-	5.8.4(2)		EN 1992-1	-1	Stütze	Rechenk
Þ	Änderungen der Schnittgrößen						-						

Die Konstruktiven Auflagen werden nicht berücksichtigt, um die reinen Ergebnisse anzuzeigen (gemäß EC muss immer ein Mindestbewehrungsprozentsatz hinzugefügt werden).

isichte	en:	Vollstär	ndige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 👻 Stan	dardwert	e ei	1	Such	hen						Nationalan	hang:	
B	esch	hreibun	Ig	Symbol		Wert		Standa	rd	[Dim]	Kapitel		Norm	Struktur	Nachw.	**
all>			Q	<all></all>	P	<all></all>	P	<all></all>	P		<all></all>	P	<all></all>	<all> P</all>	<all></all>	ρ
Gr	une	ddaten	der Bemessung													
Þ	В	ewehru	ing													
Þ	М	lindesta	deckung													
4 Re	ch	enkern	Einstellungen													
Þ	A	llgemei	ín													
Þ	S	chnittg	rößen													
Þ	В	emessu	ing As, erf													
Þ	U	mwand	dlung in Bewehrungsstäbe													
Þ	In	nterakti	ionsdiagramm													
Þ	S	chub														
Þ	T	orsion														
Þ	В	egrenz	ung der Spannungen											1		
₽	R	issbear	nspruchung											1		
Þ	R	issbreit	te											1		
Þ	D	urchbie	egungen													
1	B	auliche	Durchbildung			-										
	Þ	Träg	er / Rippe			-										
	Þ	Plat	tenartiger Balken			-								-		
	1	4 Stütz	ze			-								-		
		- L	ängsbewehrung		-	-										
			Nachweis Mindeststababstand					9			8.2(2)		EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	K
			Nachweis Höchststababstand		4			¥					Unabhängig	Stütze	Rechen	K
			Nachweis Höchststababstand (Torsion)		4			¥			9.2.3(4)		EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	K
			Nachweis der Mindestbewehrungsfläche		4			2			9.5.2(2)		EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	K
			Nachweis der Höchstbewehrungsfläche					$\checkmark$			9.5.2(3)		EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	K
			Nachweis Mindeststabdurchmesser		4			4			9.5.2(1)		EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	K
			Nachweis der Mindestanzahl der Stäbe		4			2			9.5.2(4)		EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	K
		- 9	luer		1											
			Nachweis Mindest-Biegerolledurchmesser		4						8.3(2)		EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	K
			Nachweis Höchstlängsabstand					8			9.5.3(3)		EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	ś
			Nachweis Mindeststabdurchmesser					1			9.5.3(1)		EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	K

Last

- LC1: Ständige Lasten > F = 1100 kN
- LC2: Variable Last > F = 1000 kN

Dies bedeutet, dass die Stütze mit einer einzigen Druckkraft belastet ist.

#### *LF-Kombination* gemäß Eurocode:

LF-Kombination im GZT = 1,35 \* LC1 + 1,50 \* LC2

Bemessungsnormalkraft NEd = 1,35 \* 1100 + 1,50 \* 1000 = 2985kN

#### Stabdurchmesser

Der Stabdurchmesser wird aus den Betoneinstellungen > Ansicht Vollständige Einrichtungn oder, falls angewendet, von den 1D-Bauteildaten übernommen (1D-Bauteildaten überschreiben immer die Beton-Einstellungsdaten für das spezifische Bauteil, dem sie zugewiesen sind).

-	_												
Besch	reil	bung	Symbo	l	Wert	Sta	ndard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachw	
ll>		P	<all></all>	2	<all></all>	<al< th=""><th>&gt; p</th><th></th><th><all> 🔎</all></th><th><all> <math>\rho</math></all></th><th><all> <math>\wp</math></all></th><th><all> 🔎</all></th></al<>	> p		<all> 🔎</all>	<all> <math>\rho</math></all>	<all> <math>\wp</math></all>	<all> 🔎</all>	
Grund	dat	ten der Bemessung											
⊿ Be	we	hrung											
Þ	Tr	räger / Rippe											
Þ	Р	lattenartiger Balken		_									
- ×	St	tütze											
		Bemessung der angegebenen Bewehrung								Unabhängig	Stütze	Grundda	
		Rechteckige Querschnitte			Column	. Coli	ımn			Unabhängig	Stütze	Grundda	
		Kreisförmig Oval	Kreisförmig			Column	. Colu	ımn			Unabhängig	Stütze	Grundda
			Oval			Column	. Colu	ımn			Unabhängig	Stütze	Grundda
		Sonstiges und Allgemeines			Column	. Colu	ımn			Unabhängig	Stütze	Grundda	
	4	Längsbewehrung											
		<ul> <li>Hauptbewehrung (m)</li> </ul>											
		Typ der Deckung			Auto	Auto	0		4.4.1	EN 1992-1-1	Stütze	Grundda	
		Durchmesser	d <sub>s,m</sub>		16,0	16,0		mm		EN 1992-1-1	Stütze	Grundda	
		Konstruktive Auflagen (det)											
	-	Bügel (sw)											
		Durchmesser	dss		8,0	8,0		mm		EN 1992-1-1	Stütze	Grundda	
		Schnittigkeit	ns		2,0	2,0				Unabhängig	Stütze	Grundda	
▶ Mi	nde	estdeckung											
Reche	nke	ern Einstellungen											

Standardmäßig wird der Durchmesser der Hauptstützenbewehrung auf  $\phi$ 16mm gesetzt. Basierend auf diesem Durchmesser und der Expositionsklasse (standardmäßig XC3) wird die Betondeckung berechnet. Diese Information ist notwendig, um den Hebelarm der Bewehrungsstäbe berechnen zu können.



Hinweis: Um z. B. den Standarddurchmesser von  $\phi$ 16mm in f20mm zu ändern, bearbeiten Sie die Vorlage "Column\_Rect\_Empty" (oder die entsprechende leere Vorlage für die spezifische Stützenform) und ändern Sie den Wert des zu berücksichtigenden Durchmessers (angegebene Zuteilung der Bewehrung).

### Ergebnisse

Gehen Sie zur Stahlarbeitsstation > 1D-Bewehrungsbemessung:



Stellen Sie den Wert von As, reg für Teil B1 an und klicken Sie auf die Aktionsschaltfläche [Aktualisieren].

i 🖗 😼		
ERGEBNIS	SE (1)	A ×
Name	Overall Design (ULS)	
▼ AUSWAHL		
Auswahltyp	Aktuell	$\sim$
Filter	Nein	$\sim$
Ergebnisse in Schnitten	Alle	~
▼ ERGEBNISSFALL		
Lasttyp	LF-Kombinationen	$\sim$
Kombination	ULS	$\sim$
▼ EXTREMWERTE 1D		
Extremwerte 1D	Global	$\sim$
Werte	Erforderlich	$\sim$
Werte	As,req	$\sim$
Intervall	$\bigcirc$	
▼ GRENZZUSTANDSBEDINGUNG		
Bemessung im GZT		
▼ AUSGABEEINSTELLUNGEN		
Ausgabe	Kurz	$\sim$
► PLATTENRIPPE		
EINSTELLUNGEN FÜR FEHLER, WAI	RNUNG UND HINWEISE	
Ausführen mit Modelldatendateien	0	
Aktualisieren	and the second second	F5
Vortage tur angegebene Bewehru	ing bearbeiten	
Beton-Einstellungen		
Ergebnistabelle		
Protokollvorschau		

Das Diagramm scheint auf dem Bildschirm leer zu sein. Die Kurzausgabe (Vorschauschaltfläche) ergibt As,req = 0

Bewe Werte: Au Lineare A Kombinati Koordinat Extremwe Auswahl: Stützen	hrung s,req nalyse ion: ULS ensystem erte 1D: B1 - Erford	g 10 n: Teil Global <b>derliche</b>	Bemessu Bewehrung	ing				
Name	dx [m]	LF	Querschnitt	A <sub>s,req,z</sub> [mm <sup>2</sup> ] N <sub>ø,req,z</sub>	A <sub>s,req,y</sub> [mm²] N <sub>ø,req,y</sub>	A <sub>s,req</sub> [mm²] N <sub>e,req</sub>	A swm, req [mm²/m] N øw, req	G <sub>↓req</sub> [kg/m³] G <sub>w,req</sub> [kg/m³]
B1	0,000	ULS	CS1 - RECT (350; 350)	0 -	0 -	0 -	57 2ø8/1778	0,00 2,04
Bewehru	ingsgew	icht (	pro Volumenein	heit Bet	on		-40	
Teil Stützen Gesamt	Gլ, [kg/n	<sup>∞</sup> n <sup>3</sup> ] 0,00 0,00	G <sub>w,req</sub> G [kg/m <sup>3</sup> ] [kg, 2,04 2,04	/m <sup>3</sup> ] 2,04 2,04				

Wenn Sie Ausgabeeinstellungen für Detailliert festlegen, wird die Erklärung angezeigt, dass die Bewehrung nicht erforderlich ist.

i 🗃 💋				
ERGEB	NIS	SE (1)	2	×
Nar	me	Overall Design (ULS)		
▼ AUSWAHL	_			
Auswahlt	typ	Aktuell		$\sim$
Fil	ter	Nein		$\sim$
Ergebnisse in Schnitt	ten	Alle		$\sim$
▼ ERGEBNISSFALL	_			_
Lastt	typ	LF-Kombinationen		$\sim$
Kombinati	ion	ULS		$\sim$
▼ EXTREMWERTE 1D	_			_
Extremwerte	1D	Global		$\sim$
We	rte	Erforderlich		$\sim$
We	rte	As,req		$\sim$
Interv	all .	$\bigcirc$		_
▼ GRENZZUSTANDSBEDINGUNG	_		_	_
Bemessung im G	ZT			
▼ AUSGABEEINSTELLUNGEN				_
Ausga	be	Detailliert		$\sim$
PLATTENRIPPE				
EINSTELLUNGEN FÜR FEHLER,	WAR	NUNG UND HINWEISE		
Ausführen mit Modelldatendateien		$\bigcirc$		
AKTIONEN >>>				
C Aktualisieren				F5
Vorlage f ür angegebene Bewei	ehru	ng bearbeiten		
Beton-Einstellungen				
Ergebnistabelle				
Protokollvorschau				

<u>Anmerkung</u>: Dieses Ergebnis wird nur erhalten, weil **alle konstruktiven Auflagen** in den Betoneinstellungen deaktiviert sind!

#### Nachweis der Bewehrung

NRd = fcd  $\cdot \alpha \cdot$  Ac = 30 \* 1 \* 3502 / 1000 = 3675kN

Seit NRd = 3675kN > NEd = 2985kN ist in der Tat keine theoretische Bewehrung erforderlich.

⇒ Erforderliche Bewehrung: NEd > NRd

#### Beispiel: Nur Normaldruck.esa

#### Untersuchte Stütze: B2

Für dieses Beispiel wird die gleiche Konfiguration wie oben verwendet, nur die ständige Einzellast wird auf 2000 kN erhöht.

#### Last

- LC1: Ständige Lasten > F = 2000kN
- LC2: Variable Last > F = 1000kN

LF-Kombination gemäß Eurocode:

LF-Kombination im GZT =  $1,35 \times LC1 + 1,50 \times LC2$ 

Bemessungsnormalkraft NEd = 1,35 \* 2000 + 1,50 \* 1000 = 4200kN

#### Ergebnisse

Hinweis: SCIA Engineer zeigt auf dem Bildschirm die Bewehrung in Richtung an. Die Gesamtbewehrungsfläche ist in der Tat 750 + 750 = 1500mm2.



# Bewehrung 1D Bemessung

Werte: As,req Lineare Analyse Kombination: ULS Koordinatensystem: Teil Extremwerte 1D: Global Auswahl: Alle Stützen – Erforderliche Bewehrung

Name	e dx [m]	LF	Querschnitt	A <sub>s,req,z</sub> [mm²] N <sub>s,req,z</sub>	A <sub>s,req,y</sub> [mm²] N <sub>ø,req,y</sub>	A <sub>s,req</sub> [mm²] N <sub>ø,req</sub>	A swm, req [mm²/m] N øw, req	G <sub>Lreq</sub> [kg/m <sup>3</sup> ] G <sub>w,req</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]
B2	0,000	ULS	CS1 - RECT (350; 350)	770 2x1,9ø16	770 2x1,9ø16	1540 7,7ø16	0 Nicht erforderlich	98,65 0,00

Bewehrungsgewicht pro Volumeneinheit Beton

Teil	G <sub>i,req</sub> [kg/m³]	G <sub>w,req</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]	G <sub>req</sub> [kg/m³]
Stützen	98,65	0,00	98,65
Gesamt	98,65	0,00	98,65

Wenn Sie nach der Standardausgabe für die Bewehrungsbemessung gefragt werden, wird die vorgeschlagene Konfiguration gefunden:

# Längsbewehrung

	Angegeb	en	<b>d</b> <sub>1</sub>	Asmin	A <sub>s,ult</sub>	ΔΑ <sub>s.T</sub>	ΔA <sub>s,serv</sub>	ΔA <sub>s,incr</sub>	Asreq	A <sub>s,prov</sub>	Glprov	Smin	Smax
	N <sub>g,prov,bas</sub>	N <sub>ø,prov,add</sub>	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[mm]	[mm]
57			43	-	770	-	-	-	770	-	-	254	264
24									0.63%	-		-	-
TV				-	770	-	-	-	770	-		0	0
2'									0.63%	-		-	-
Σ			GZT [-]		GZG [-]			Asmin	ΣA <sub>s,req</sub>	ΣA <sub>s,prov</sub>	Asmax	UC <sub>As,pro</sub>	ov
			N-M	σ-ε	Wim	σ <sub>s,lim</sub>	<b>G</b> c,lim	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[-]	
			0,97 🗸	1,00 🗸	-	-			1540	0			3,00 🗙

# Schubbewehrung

Angegeben	α [°]	A <sub>swm,V</sub> [mm <sup>2</sup> /m]	A <sub>svm,T</sub> [mm <sup>2</sup> /m]	A <sub>swm,req</sub> [mm <sup>2</sup> /m]	A <sub>svm,prov</sub> [mm <sup>2</sup> /m]	<b>ρ</b> <sub>w,prov</sub> [%]	G <sub>w,prov</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]	s <sub>cltmax</sub> [mm]	UC <sub>Asw,prov</sub>
[w] Nicht erforderlich	90	-	-	0	0	0,00	0,0	0	0,00 🖌
				-		-		-	

#### Erläuterung der Anzahl der Bewehrungsstäbe

Der Standard-Stabdurchmesser wurde im Standard der Bemessung auf \u00e916 festgelegt.

Wie aus der Tabelle hervorgeht, benötigt jede Kante 3\u00e916

Auf dem endgültigen Bild führt dies zu insgesamt 8\otin 16 im Stützenschnitt.

### **BEMESSUNG MIT BIEGEMOMENT UND NORMALKRAFT**

Vier Berechnungsverfahren stehen in SCIA Engineer in den Betoneinstellungen > Bemessung As > Träger, Stütze, Rippe usw. zur Verfügung > Bemessungsverfahren:

- Automatisch (Standardeinstellung)
- Uniaxial um y Achse
- Uniaxial um z Achse
- Biaxial (immer für kreisförmige und ovale Stützen verwendet)

etone	instellu	inge	n									>
nsichte	n: Voll	stär	ndige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 💌 Star	ndardwerte e	ein	Suchen				Nationa	alanhang:	2
Be	schreit	bun	g	Symbol	Wert	Standard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachw	
<all></all>			Q	<all> <math>\rho</math></all>	<all></all>	all> p		<all> <math>\wp</math></all>	<all> <math>\rho</math></all>	<all> D</all>	<all> D</all>	
	⊿ Ăı	nde	rungen der Schnittgrößen									
		G	renzzuteilung für einaxiale Methode	Plim	0,10	0,10	-		Unabhängig	1D (Balk	Rechenk	
	Þ	B	alken									
		4 5	tütze									
	- 1	)	Art		Auto	Auto			Unabhängig	Stütze	Rechenk	
	- 1		Längskraft (N <sub>Ed</sub> )	N <sub>Ed</sub>	Auto				Unabhängig	Stütze	Rechenk	
	- 1		Biegemomentum y-Achse (M <sub>Edy</sub> )	MEdy	Einaxial Y-Y				Unabhängig	Stütze	Rechenk	
	- 1		Biegemoment um z-Achse (M <sub>Edz</sub> )	M <sub>Edz</sub>	Zweiachsig				Unabhängig	Stütze	Rechenk	Π.
	- 1		Torsionsmoment (T <sub>Ed</sub> )	TEd	Benutzer				Unabhängig	Stütze	Rechenk	
	- 1		Querkraft in y-Achse (V <sub>Edy</sub> )	VEdy	Benutzer mit	Grenzwert			Unabhängig	Stütze	Rechenk	
	- 1		Querkraft in z-Achse (V <sub>Edz</sub> )	VEdz	<b>V</b>				Unabhängig	Stütze	Rechenk	
		P	lattenartiger Balken									
Þ	Beme	essu	ing As, erf									
₽	Umw	and	llung in Bewehrungsstäbe									
Þ	Intera	akti	ionsdiagramm									
Þ	Schul	Ь										
Þ	Torsic	on										
Þ	Begre	enzi	ung der Spannungen									
Þ	Rissb	ean	ispruchung									
Þ	Rissb	reit	e									
Þ	Durch	nbie	gungen									

Die "Automatische" Auswahl des Bemessungsverfahrens basiert auf dem Grenzverhältnis des Biegemoments für die uniaxiale Methode. Das Programm wählt automatisch die einaxiale oder zweiachsige Methode, abhängig von den Werten der Biegemomente um die y- und z-Achse.

Regel für automatische Auswahl des Bemessungsverfahrens:

• Falls  $\rho M \le \rho M$ , lim Einaxiale Methode

$$\rho_{M} = \frac{\text{Min}\{|\text{MEd}_{y,\text{max}}|,|\text{MEd}_{z,\text{max}}|\}}{\text{Max}\{|\text{MEd}_{y,\text{max}}|,|\text{MEd}_{z,\text{max}}|\}}$$

• Falls  $\rho M \ge \rho M$ , lim Biaxiales Verfahren

Mit:

- MEdy.max Maximales Bemessungsmoment um y-Achse aus allen Kombinationen im aktuellen
   Querschnitt
- MEdz.max Maximales Bemessungsmoment um die z-Achse aus allen Kombinationen im aktuellen Querschnitt
- ρM,lim Grenzzuteilung der Biegemomente f
  ür uniaxiale Methode, die aus den Betoneinstellungen geladen wird

Einstellungen für Grenzverhältnis:

ichte	n: Vo	llstär	dige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 👻 Sta	andardwerte	ein	Su	ichen				Nationa	lanhang:
Be	eschre	ibun	g	Symbol	Wert		Standard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachw
>			2	<all> D</all>	<all></all>	P	<all> D</all>		<all> P</all>	<all> D</all>	<all> D</all>	<all> D</all>
		Inde	rungen der Schnittgrößen									
		G	renzzuteilung für einaxiale Methode	Plim	0,10		,10			Unabhängig	1D (Balk	Rechenk
		Þ B	alken				1					
		4 S	tütze									
			Art		Auto		Auto			Unabhängig	Stütze	Rechenk
			Längskraft (N <sub>Ed</sub> )	N <sub>Ed</sub>						Unabhängig	Stütze	Rechenk
			Biegemoment um y-Achse (M <sub>Edy</sub> )	MEdy						Unabhängig	Stütze	Rechenk
			Biegemoment um z-Achse (M <sub>Edz</sub> )	M <sub>Edz</sub>						Unabhängig	Stütze	Rechenk
			Torsionsmoment (T <sub>Ed</sub> )	T <sub>Ed</sub>						Unabhängig	Stütze	Rechenk
			Querkraft in y-Achse (V <sub>Edy</sub> )	VEdy						Unabhängig	Stütze	Rechenk
			Querkraft in z-Achse (V <sub>Edz</sub> )	VEdz						Unabhängig	Stütze	Rechenk
		D P	lattenartiger Balken									
Þ	Bem	essu	ng As, erf									
Þ	Um	vand	lung in Bewehrungsstäbe	-								
Þ	Inte	rakti	onsdiagramm									
Þ	Schu	ıb										
Þ	Tors	ion										
Þ	Beg	enzu	ing der Spannungen									
Þ	Riss	bean	spruchung									
Þ	Riss	breit	e									

⇒ Berechnung des einaxialen Biegens



### Prinzip

Die Bewehrung wurde für NEd und ein Biegemoment MEd, y oder MEd, z bemessen:

- Uniaxial um y: MEdz wird ignoriert, die Bewehrung wird nur für NEd und MEd, y bemessen
- Uniaxial um z: MEdy wird ignoriert, die Bewehrung wird nur für NEd und MEd, z bemessen

Wenn die automatische Auswahl des Bemessungsverfahrens ausgewählt wurde und  $\rho M \le \rho M$ ,lim, gilt die Regel zur Wahl zwischen der einaxialen Methode für y oder z:

- Falls MEd,y > MEd,z → As = Asy ist für die Kräfte NEd und MEd,y
- Falls MEd,z > MEd,y → As = Asz ist für die Kräfte NEd und MEd,z

Beispiel: Einaxiales Biegen.esa

#### Geometrie

Stützenquerschnitt: RECT 350x350mm<sup>2</sup>

Höhe: 4,5 m

Betongüte: C45/55

#### **Beton-Einstellungen**

Betoneinstellungen > Schnittgrößen GZT: 'Ausmitten' werden nicht berücksichtigt (nur Momente nach Theorie I. Ordnung werden berücksichtigt).

icht	en: \	Vollständige Einrichtung Y Anzeigeeinstell Vollständige Einrichtung	ndardwe	rte e	in	Su	chen				Nationa	lanhang:
							C		Manifest		<b>C 1 1 1</b>	
В	escn	ireibung	Symbol	-	wert	0	Standard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachw
all>		Q	<all></all>	2	<all></all>	P	<all> D</all>		<all> P</all>	<all> <math>\rho</math></all>	<all> D</all>	<all> D</all>
G	und	lda ten der Bemessung										
Þ	Be	ewehrung										
Þ	Mi	indestdeckung										
R	eche	nkern Einstellungen										
Þ	Al	lgemein										
-	Sc	hnittgrößen										
		Querkraftreduktion über den Auflagern							6.2.1(8)	EN 1992-1-1	Balken,	Rechenk
		Momentreduktion über den Auflagern							5.3.2.2 (4)	EN 1992-1-1	Balken,	Rechenk
	•	Verschiebung der Momentkurve zur Berücksichtigun				_			9.2.1.3(2)	EN 1992-1-1	Balken,	Rechenk
		Geometrische Imperfektion im GZT	ei,ULS				2		5.2(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
		Geometrische Imperfektion im GZG	e <sub>i,SLS</sub>						5.2(3)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
		Mindestausmitte	e <sub>min</sub>		Nein		Ausmitte		6.1(4)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
		Ausmitte nach Theorie I. Ordnung mit Ersatzmoment			<b>~</b>		× .		5.8.8.2(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
		Ausmitte nach Theorie II. Ordnung	e2		Nein		Nennkrü		5.8.5	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
		Wirksamer Kriechbeiwert M <sub>0Eqp</sub> /M <sub>0Ed</sub>	Coeff		1,00		1,00		5.8.4(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
	Þ	Änderungen der Schnittgrößen										
Þ	Be	emessung As, erf										
Þ	U	mwandlung in Bewehrungsstäbe										
Þ	In	teraktionsdiagramm										
Þ	Sc	hub										
Þ	To	rsion										

Konstruktive Auflagen für Posten werden nicht berücksichtigt, um die reinen Ergebnisse anzuzeigen (gemäß Eurocode muss immer ein Mindestbewehrungsprozentsatz hinzugefügt werden).

n: Voll	ständige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 👻	Sta	ndardw	ertee	ein	Su	ichen					Nationa	alanhang:
schrei	bung		Symbo	bl	Wert		Standa	ard [Di	m] Kap	itel	Norm	Struktur	Nachw
		P	<all></all>	P	<all></all>	P	<all></all>	2	<al< td=""><td>Þ P</td><td><all> <math>\rho</math></all></td><td><all> D</all></td><td><all> D</all></td></al<>	Þ P	<all> <math>\rho</math></all>	<all> D</all>	<all> D</all>
Schul	h												
Torsi	on												
Begre	enzung der Spannungen												
Rissb	eanspruchung												
Rissb	reite												
Durch	nbiegungen												
Bauli	iche Durchbildung				-								-
▶ Ti	räger / Rippe				-								
₽ P	lattenartiger Balken				-								
4 S	tütze				-								
	Längsbewehrung				-								
	Nachweis Mindeststababstand						1		8.2(	2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
	Nachweis Höchststababstand						~				Unabhängig	Stütze	Rechenk
	Nachweis Höchststababstand (Torsion)						4		9.2.	3(4)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
	Nachweis der Mindestbewehrungsfläche						<b>V</b>		9.5.	2(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
	Nachweis der Höchstbewehrungsfläche						2		9.5.	2(3)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
	Nachweis Mindeststabdurchmesser						~		9.5.	2(1)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
	Nachweis der Mindestanzahl der Stäbe						1		9.5.	2(4)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
1	Quer				-								
	<ul> <li>Nachweis Mindest-Biegerolledurchmesse</li> </ul>	r							8.3(	2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
	Nachweis Höchstlängsabstand						×		9.5.	3(3)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
	Nachweis Mindeststabdurchmesser			- 1			~		9.5.	3(1)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk

### Last

Stütze B1:

- LC1: Ständige Lasten > F = 500 kN; My = 100 kNm
- LC2: Variable Last > F = 1000 kN; My = 100 kNm

Stütze B2:

- LC1: Ständige Lasten > F = 500 kN; My = 100 kNm
- LC2: Variable Last > F = 1000 kN; My = 100 kNm; Mz = 10 kNm

LF-Kombination gemäß Eurocode:

LF-Kombination im GZT =  $1,35 \times LC1 + 1,50 \times LC2$ 

Bemessungsnormalkraft NEd = 1,35 \* 500 + 1,50 \* 1000 = 2175 kN

Bemessungsmoment Myd = 1,35 \* 100 + 1,50 \* 100 = 285 kNm

Zusätzliches Bemessungsmoment in Stütze B2 Mzd = 22,5 kNm

### Ergebnisse

Wechseln Sie zu Bewehrungsbemessung > 1D-Bauteilen > Bewehrungsbemessung, fragen Sie den Wert für As,req und klicken Sie auf die Aktionsschaltflächen [Aktualisieren] und [Protokollvorschau].

Betrachtung der Detailausgabe für Stütze B1:

# Schnittgrößen (FEM-basiert)

Extremwert: LC1 Typ: Lastfall

Lasttyp	N	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]
Schnittgrößen (FEM-basiert)	-500,0	-100,0	0,0	0,0	0,0	0,0

#### Reduktionen und Änderungen

Änderung der Schnittgrößen: Automatisch (einachsig Y) (N = Ja, M<sub>y</sub> = Ja, M<sub>z</sub>=Nein, M<sub>x</sub> = Ja, V<sub>y</sub>=Nein, V<sub>z</sub> = Ja)  $\rho_M = 0 < \rho_{lim} = 0.1$  und  $|M_y| = -100$  kNm >  $|M_z| = 0$  kNm und

 $|V_y| = |V_y| = 0$  kN => Uniaxial y

Die numerischen Ergebnisse der Berechnung sind wie folgt (Standardausgabe):

	Angegeb	en	<b>d</b> <sub>1</sub>	A <sub>s,min</sub>	A <sub>s,ult</sub>	ΔA <sub>s,T</sub>	ΔA <sub>s,serv</sub>	ΔA <sub>s,incr</sub>	A <sub>s,req</sub>	A <sub>s,prov</sub>	G.prov	Smin	Smax
	N <sub>g,prov,bas</sub>	N <sub>g,prov,add</sub>	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[mm]	[mm]
77			43	-	3180	-	-	-	3180	-	-	254	264
22									2.6%			-	
TV				-	-	-	-	-	-	-		0	0
2'									-	-		-	
Σ			GZT [-]		GZG [-]	1		A <sub>s,min</sub>	ΣA <sub>s,req</sub>	ΣA <sub>s.prov</sub>	A <sub>s,max</sub>	UC <sub>As,pr</sub>	ov
			B1 84	~ -	144	G	C. In	[mm²]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	UC <sub>As,p</sub> [-]	
			IN-IN	0-2	ww.lim	•3,im	- Cam	Lumn 1	Luum 1		Luun 1		
			IN-IVI	2-0	ww.im	•3,im	• cam	fumu 1	fumu 1	fumu 1	fumu 1	1.1	

### Betrachtung der Detailausgabe für Stütze B2:

# Schnittgrößen (FEM-basiert)

Extremwert: ULS/1 (GZT) Typ: Kombinationen (linear) Bemessungssituation: EN-GZT (STR/GEO) Satz B

Lasttyp	N	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	Vz	M <sub>×</sub>
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]
Schnittgrößen (FEM-basiert)	-500,0	-100,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Inhalt: LC1

### Reduktionen und Änderungen

Änderung der Schnittgrößen: Automatisch (einachsig Y) (N = Ja,  $M_y$  = Ja,  $M_z$ =Nein,  $M_x$  = Ja,  $V_y$ =Nein,  $V_z$  = Ja)

 $\rho_M$  = 0 <  $\rho_{lim}$  = 0.1 und  $|M_y|$  = -100 kNm >  $|M_z|$  = 0 kNm und

 $|V_y| = |V_z| = 0 \text{ kN} => \text{Uniaxial y}$ 

#### Und die Standardausgabe:

	Angegeb	en	d <sub>1</sub>	Asmin	Asult	ΔA <sub>s,T</sub>	ΔA <sub>s,serv</sub>	ΔA <sub>s,incr</sub>	A <sub>s,req</sub>	A <sub>s,prov</sub>	GLprov	Smin	Smax
	N <sub>ø,prov,bas</sub>	N <sub>g,prov,add</sub>	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	$[kg/m^3]$	[mm]	[mm]
			43	-	3180	-	-	-	3180	-	-	254	264
24									2.6%	-		-	
77				-	-	-	-	-	-			0	0
2'									-			-	
Σ			GZT [-]		GZG [-]			A <sub>s,min</sub>	ΣA <sub>s,req</sub>	ΣA <sub>s.prov</sub>	A <sub>s,max</sub>	UC <sub>As,pro</sub>	w
			N-M	0-E	Wlim	σ <sub>s.lim</sub>	σ <sub>clim</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[-]	
			0.99	1.00 🗸	-	-	-		3180	0			3,00 ×

### Schubbewehrung

Angegeben	α [°]	A <sub>swm,V</sub> [mm <sup>2</sup> /m]	A <sub>swm,T</sub> [mm <sup>2</sup> /m]	A <sub>swm,req</sub> [mm <sup>2</sup> /m]	A <sub>swm,prov</sub> [mm <sup>2</sup> /m]	Pw.prov [%]	G <sub>w,prov</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]	S <sub>cltmax</sub>	UC <sub>Asw,prov</sub>
[w] 2ø8/1000	90	-	-	57	101	0,03	3,6	1000	0,56
				≥57		-		-	

Auch wenn in Stütze B2 ein zusätzliches Biegemoment in Richtung z vorhanden ist, wurde gemäß dem Grenzverhältnis die einaxiale Methode verwendet und für die Stützen B1 und B2 ist die gleiche Menge an Bewehrung erforderlich.

Sie haben die Möglichkeit, die Biaxiale Methode für Bemessung von Stützen B2 unter Verwendung von 1D-Teiledaten zu erzwingen:

नि 🏂			
1D-T	EILE (1) > 1D-S	TAHLBETONDATEN (1)	
율 I] 🖊	P		
	Name	CMD1D	
	Bauteil	B2	_
	Bauteil-Typ	Stütze	$\overline{}$
GRUNDDATEN	DER BEMESSU	ING	
	EINSTELLUNG	EN	
ALLGEMEIN			_
Beiwert für die Be	rechnung d	0,9	
Beiwert zur Berec	hnung des i	0,9	
Beiwert zur Ermit	tlung des D	0,1	
KRIECHE	N UND SCHWUI	ND	_
Betonalter zum Be	etrachtungs	1825,00	
Relativ	e Feuchte [%]	50	
Eingabe des Kried	hbeiwerttyps	Auto	~
Betonalter bei Be	astungsbe	28,00	
Trocknungs- und	Autogensch	Nein	$\sim$
GZG		~	
Wirksames Elastiz	itätsmodul	$\bigcirc$	
SCHNITTGR	OBEN		_
	Isoliertes Teil		
Geometrische Im	perfektion i	0	
Geometrische Im	perfektion i	$\bigcirc$	
Mir	destausmitte	Nein	$\sim$
Ausmitte nach Th	eorie II. Ord	Nein	$\sim$
mer Kriechbeiwer	t M <sub>oEqp</sub> /M <sub>oEd</sub> [-]	1,00	
ÄNDERUI STÜTZ	NGEN DER SCHI E	NITTGRÖßEN	
	Art	Zweiachsig	$\sim$
Lâ	ingskraft (N <sub>Ed</sub> )		
Biegemoment um	y-Achse (M <sub>Edy</sub> )		
Biegemoment um	z-Achse (M <sub>Edz</sub> )		
Torsions	moment (T <sub>Ed</sub> )		
Querkraft in	y-Achse (V <sub>Edv</sub> )		
Querkraft in	z-Achse (Vra-)		
BEMESSUN	G AS,ERF		_

Die Menge der erforderlichen Bewehrung ist in diesem Fall etwas höher, da auch MEdz berücksichtigt wird.

	Angegeb	en	<b>d</b> <sub>1</sub>	Asmin	Asult	ΔΑ <sub>s.T</sub>	ΔA <sub>s.serv</sub>	ΔA <sub>s.incr</sub>	A <sub>s.req</sub>	A <sub>s.prov</sub>	GLprov	Smin	Smax
	N <sub>ø.prov.bas</sub>	N <sub>g.prov.add</sub>	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[mm]	[mm]
			43	-	3456	-	-	-	3456	-	-	254	264
24									2.82%	-		-	
ΣY				-	-	-	-	-	-	-		0	0
-									-			-	
Σ			GZT [-]		GZG [-]			A <sub>s,min</sub>	ΣA <sub>s,req</sub>	ΣA <sub>s.prov</sub>	A <sub>s,max</sub>	UC <sub>As.pro</sub>	w
			N-M	0-E	Wlim	σ <sub>s,lim</sub>	σ <sub>clim</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[-]	
			0.00	100		-	-		3456	0			3 00 ×

### Schubbewehrung

Angegeber	ι α	A <sub>swm,V</sub>	A <sub>swm,T</sub>	A <sub>swm,req</sub>	A <sub>swm,prov</sub>	Pw.prov	G <sub>w,prov</sub>	Sclitmax	UC <sub>Asw,prov</sub>
	[°]	[mm <sup>2</sup> /m]	[mm <sup>2</sup> /m]	[mm <sup>2</sup> /m]	$[mm^2/m]$	[%]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[mm]	[-]
[w] 2ø8/1000	90	-	-	57	101	0,03	3,6	1000	0,56
				≥57		-		-	

⇒ Berechnung der zweiachsigen Biegung



Dieses Verfahren ermöglicht die Bemessung der Bewehrung für Normalkraft (NEd) und zweiachsige Biegemomente. Dieses Verfahren basiert auf einer Interaktionsformel, Gleichung 5.39 in EN 1992-1-1.

$$\left(\frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}}\right)^{a} + \left(\frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}}\right)^{a} \le 1,0$$
(5.39)

Wo:

- MEdz/y Bemessungsmoment, einschließlich Moment nach Th.II.O. (falls erforderlich)
- MRdz/y Momentenwiderstand
- Eine Exponent:

für kreisförmige und elliptische Querschnitte: a = 2 für Rechteckquerschnitte:

$N_{\rm Ed}/N_{\rm Rd}$	0,1	0,7	1,0
a =	1,0	1,5	2,0

mit linearer Interpolation für Zwischenwerte

- Ned Bemessungswert der Normalkraft
- o Nrd = Ac ⇒ (fcd +  $\mu$ s ⇒ fyd), Bemessungswert der Normalkrafttragfähigkeit des Querschnitts, Wo:
  - Ac Bruttofläche des Betonquerschnitts
  - Fcd Bemessungswert der Betondruckfestigkeit
  - fyd Bemessungswert der Streckgrenze des Bewehrungsstahls
  - Ms Mechanischer Bewehrungsgrad bei der Ermittlung der Grenzschlankheit, erhalten durch iterative Berechnung

#### ⋠ KREISSTÜTZE

Für kreisförmige und ovale Stützen besteht das Bemessungsverfahren immer in der zweiachsigen Berechnung, unabhängig vom Bemessungsverfahren, das in den Betoneinstellungen festgelegt ist.

Für kreisförmige und ovale Stützen ist die erforderliche Anzahl an Bewehrungsstäben gleichmäßig entlang der Stützenseite verteilt.

#### Beispiel: Kreisstütze.esa

#### Geometrie

Stützenquerschnitt: CIRC Durchmesser 400mm Höhe: 4,5 m Betongüte: C45/55

### Last

Lastkonfiguration:	NEd = 2175,00kN
	Myd = 142,50kNm
	Mzd = 0kNm

#### **Beton-Einstellungen**

Geometrische Imperfektion und Momente nach Th.II.O. sind deaktiviert: Betoneinstellungen > Komplette Einstellungsansicht:

oneinstellungen												<u> </u>	
chten: Vollständige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 👻	Standard	verte	ein	S	uchen					N	ationa	lanhang:	2
Beschreibung	Symb	ol	Wert		Standa	rd [Dir	n] Kap	itel	Norm	Stru	iktur	Nachw	
11>	O <all></all>	P	<all></all>	P	<all></all>	P	<all< td=""><td>&gt; 2</td><td><all></all></td><td>P <all< td=""><td>&gt; 2</td><td><all></all></td><td>5</td></all<></td></all<>	> 2	<all></all>	P <all< td=""><td>&gt; 2</td><td><all></all></td><td>5</td></all<>	> 2	<all></all>	5
Grundda ten der Bemessung													
Bewehrung													
Mindestdeckung													
Rechenkern Einstellungen													
Allgemein													
✓ Schnittgrößen													
Querkraftreduktion über den Auflagern							6.2.1	(8)	EN 1992-1	-1 Balk	en,	Rechen	
Momentreduktion über den Auflagern							5.3.2	2.2 (4)	EN 1992-1	-1 Balk	en,	Rechen	
Verschiebung der Momentkurve zur Berücksichtigun							9.2.1	.3(2)	EN 1992-1	-1 Balk	en,	Rechen	
Geometrische Imperfektion im GZT	e <sub>i,ULS</sub>				2		5.2(	2)	EN 1992-1	-1 Stütz	ze	Rechen	
Geometrische Imperfektion im GZG	e <sub>i,SLS</sub>						5.2(	3)	EN 1992-1	-1 Stütz	ze	Rechen	
Mindestausmitte	e <sub>min</sub>		Nein		Ausmitt	e	6.1(4	ŧ)	EN 1992-1	-1 Stütz	ze	Rechen	
Ausmitte nach Theorie I. Ordnung mit Ersatzmomen	t			_	¥		5.8.8	3.2(2)	EN 1992-1	-1 Stüt	ze	Rechen	
Ausmitte nach Theorie II. Ordnung	e2		Nein		Nennkr	i	5.8.5	5	EN 1992-1	-1 Stütz	ze	Rechen	
Wirksamer Kriechbeiwert M <sub>0Eqp</sub> /M <sub>0Ed</sub>	Coeff	er	1,00		1,00	-	5.8.4	(2)	EN 1992-1	-1 Stütz	ze	Rechen	
Anderungen der Schnittgrößen													
Bemessung As, erf													
Umwandlung in Bewehrungsstäbe													
Interaktionsdiagramm	_												
Schub					-								

Alle konstruktiven Auflagen werden berücksichtigt.

#### Grunddaten der Bemessung

Der Stabdurchmesser wird in der Bewehrungsbemessung auf  $\phi$ 20 mm festgelegt, > Bemessungsstandardeinstellungen > Registerkartenstützen oder, falls angewendet, aus den 1D-Bauteildaten.

en: V	olls	tändige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 🔻	Sta	andardw	erte	ein	S	uchen				Nationa	lanhang:
Beschr	eib	ung		Symbo	l	Wert		Standard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachw
>			P	<all></all>	P	<all></all>	P	<all> D</all>		<all> D</all>	<all></all>	<all> D</all>	<all> D</all>
Grunde	late	en der Bemessung											
⊿ Be	weh	nrung											
Þ	Trá	äger / Rippe											
Þ	Pla	attenartiger Balken											
	Sti	ütze											
	•	Bemessung der angegebenen Bewehrung				<b>~</b>		~			Unabhängig	Stütze	Grundd
		Rechteckige Querschnitte				Column		Column			Unabhängig	Stütze	Grundd
		Kreisförmig				Column		Column			Unabhängig	Stütze	Grundd
		Oval				Column		Column			Unabhängig	Stütze	Grundd
		Sonstiges und Allgemeines				Column		Column			Unabhängig	Stütze	Grundd
	4	Längsbewehrung											
		<ul> <li>Hauptbewehrung (m)</li> </ul>											
		Typ der Deckung				Benutzer		Auto		4.4.1	EN 1992-1-1	Stütze	Grundd
		Betondeckung (c)		с		35,0		30,0	mm	4.4.1	EN 1992-1-1	Stütze	Grundd
		Durchmesser		d <sub>s,m</sub>		20,0		16,0	mm		EN 1992-1-1	Stütze	Grundd
	-	Konstruktive Aunagen (det)			-		-						
	4	Bügel (sw)											
		Durchmesser		dss		8,0		8,0	mm		EN 1992-1-1	Stütze	Grundd
		Schnittigkeit		ns		2,0		2,0			Unabhängig	Stütze	Grundd

#### Ergebnisse

Wechseln Sie zu Bewehrungsbemessung > 1D-Bauteilen > Bewehrungsbemessung.

Wählen Sie im Eigenschaftenfenster Standardausgabe und öffnen Sie unten im Eigenschaftenfenster die Vorschau:

	Angegeb	en	<b>d</b> <sub>1</sub>	Asmin	Asult	ΔAsT	ΔA <sub>s.serv</sub>	ΔA <sub>s.incr</sub>	A <sub>s,req</sub>	A <sub>s.prov</sub>	GLprov	Smin	Smax
	N <sub>g,prov,bas</sub>	N <sub>ø.prov.add</sub>	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[mm]	[mm]
			48	500	1159	-	-	-	1159	-	-	205	215
-									0.92%	-		≥37	≤236
Σ			GZT [-]		GZG [-]			A <sub>s,min</sub>	ΣA <sub>s.req</sub>	ΣA <sub>s.prov</sub>	A <sub>s.max</sub>	UC <sub>As,pro</sub>	w
			N-M	σ-ε	Wiim	σ <sub>s,lim</sub>	σ <sub>c,lim</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[-]	
			1.00	1,00 🖌	-	-	-	500≤	1159	0	≤5027		3,00 ×

Angegeben	α	A <sub>swm,V</sub>	A <sub>swm,T</sub>	A <sub>swm,req</sub>	A <sub>swm,prov</sub>	Pw.prov	G <sub>w,prov</sub>	S <sub>cltmax</sub>	UC <sub>Asw,prov</sub>
	[°]	[mm <sup>2</sup> /m]	[mm <sup>2</sup> /m]	[mm <sup>2</sup> /m]	[mm <sup>2</sup> /m]	[%]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[mm]	[-]
[w] 2ø8/400	90	-	-	251	251	0,09	7,9	400	1,00 🖌
				≥251		-		≤400	

In diesem Beispiel wird As,req durch die Mindestbewehrungsmenge gemäß konstruktiven Auflagen (As,det,min) bestimmt.

Seit As,req = 1257mm<sup>2</sup>, schlägt die Software 5 Stäbe  $\phi$ 20mm (5\*314mm<sup>2</sup> = 1571mm<sup>2</sup> = As,req,bar) vor, die nächste Stabmenge mit As,req,bar > As,req.

Beachten Sie, dass SCIA Engineer die reale Fläche der Stäbe verwendet, um die erforderliche Bewehrungsfläche zu berechnen.

Die endgültige erforderliche Bewehrung, die auf dem Bildschirm angezeigt wird, ist As, req, bar.

**Hinweis 1:** Wenn Sie eine Vorlage ohne vordefinierte Stäbe im Standard wählen, zum Beispiel "Column\_Circ-Leer", zeigt die Software nur As,req und nicht wie oben erwähnt As,req,bar an.



#### Anmerkung 2:

Gemäß EN1992-1-1, Artikel 9.5.2(4), besteht in einer Kreisstütze eine Mindestanzahl an Stäben.

Dieser Parameter wird in der Ansicht "Betoneinstellungen > Vollständige Einstellungen" auf "4" festgelegt.

sichten:	Vo	ollstär	ndige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 👻	Sta	andardw	erte	ein	S	uchen				Nationa	lanhang:	2
Besc	hre	eibun	ng		Symbo	ı	Wert		Standard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachw	
all>				ρ	<all></all>	P	<all></all>	2	<all> D</all>		<all></all>	<all> D</all>	<all> D</all>	<all> D</all>	
	Bau	ıliche	Durchbildung				-								
	Þ	Träg	er / Rippe				-								
	Þ	Plat	tenartiger Balken				-								
	4	Stütz	ze				-								
		4 L	ängsbewehrung				-								
			Nachweis Mindeststababstand				<b>~</b>		$\checkmark$		8.2(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	
			Mindeststababstand		SIC,min		20		20	mm	8.2(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	
			Nachweis Höchststababstand				<b>~</b>		~			Unabhängig	Stütze	Rechen	
			Maximaler Stababstand		slc,max		350		350	mm		Unabhängig	Stütze	Rechen	
			Nachweis Höchststababstand (Torsion)				<b>~</b>		~		9.2.3(4)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	
			Höchststababstand (Torsion)		Sict,max		350		350	mm	9.2.3(4)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	
			Nachweis der Mindestbewehrungsfläche				<b>~</b>		$\checkmark$		9.5.2(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	
			Nachweis der Höchstbewehrungsfläche				<b>~</b>		~		9.5.2(3)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	
			Nachweis Mindeststabdurchmesser				<b>~</b>		~		9.5.2(1)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	
			Nachweis der Mindestanzahl der Stäbe	_		_		_			9.5.2(4)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	
			Mindeststabanzahl in Rundsäule		n <sub>Ic,min</sub>		4,0		4,0		9.5.2(4)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	
		- Q	Quer				-								
			Nachweis Mindest-Biegerolledurchmesser								8.3(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	
			Nachweis Höchstlängsabstand				<b>~</b>		×		9.5.3(3)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	
			Nachweis Mindeststabdurchmesser				<b>~</b>		×		9.5.3(1)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	
			Mindeststabdurchmesser		d <sub>sc,min</sub>		6		6	mm	9.5.3(1)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	
			Mindeststabdurchmesser		xdsc		25		25	%	9.5.3(1)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechen	

### Wenn wir die Lasten erhöhen: Fz = -1250kN

M = 50 kNm

Die Ergebnisse sind wie folgt:

Beispiel: Kreis column increase.esa

	Erforderlich	<b>d</b> <sub>1</sub>	Asmin	Asult	ΔA <sub>s,T</sub>	∆A <sub>s,serv</sub>	∆A <sub>s,incr</sub>	A <sub>s,req</sub>	Gtreg
	N <sub>g,req</sub>	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]
-	13,3ø20	53	587	4181	-	-	-	4181	261
								3.33%	
Σ	13,3ø20	GZT [-]	Í.	GZG [-	1		Asmin	ΣA <sub>s,req</sub>	Asmax
		N-M	0-E	Wlim	σ <sub>s,lim</sub>	σ <sub>c,lim</sub>	$[mm^2]$	$[mm^2]$	[mm <sup>2</sup> ]
		0.99 🖌	1.00 ✓	-	-	-	587≤	4181	≤ 5027

# Schubbewehrung

Erforderlich	α [°]	A <sub>swm,V</sub> [mm <sup>2</sup> /m]	A <sub>swm,T</sub> [mm <sup>2</sup> /m]	A <sub>swm,req</sub>	Pw.req	G <sub>w,req</sub>
[w] 2ø8/400	90			251	0,08	7,9
				≥251	-	

# 2.3.2 Ermittlung der Schnittgrößen

### DRUCKBEANSPRUCHTES BAUTEIL ERMITTELN

Einwirkungen nach Theorie II. Ordnung, geometrische Imperfektion und Mindestausmitte werden nur berücksichtigt, wenn:

- Stabtyp = Stütze
- Der Druck in der Stütze ist relativ hoch

SCIA Engineer enthält einen Parameter, mit dem entschieden werden kann, ob ein Bauteil druckbeansprucht ist oder ob der Druck zu klein ist, um er berücksichtigt zu werden.

In der Ansicht 'Betoneinstellungen > Vollständige Einrichtung':

Beschreibung       Symbol       Wert       Standard       [Dim]       Kapitel          > <all> /all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all></all>			Nationalar	nhang: 🌔
I>       Call>       Call       C	Norm	itel Norm	Struktur M	Nachw
Grundsten der Bemessung       inde	P <all></all>	> $\rho$ <all></all>	<al></al>	all> 🔎
▶         Bewehrung         Indestdeckung				
▶ Mindestdeckung       Indextdeckung       Indextdec				
Rechenkern Einstellungen       Image: Construction of the ima				
▲ Allgemein       Image: Construction of the interval of the interva				
Grenzwert des Einheitsnachweises       Nachweis…       1,0       1,0         Grenzwert des Einheitsnachweises für nicht berechn…       NICHT_BE…       3,0       3,0       Image: Coeff diamond diam				
Grenzwert des Einheitsnachweises für nicht berechn       NICHT_BE       3,0       3,0         Beiwert für die Berechnung der Nutzhöhe des Quers       Coeff_       0,9       0,9         Beiwert zur Berechnung des inneren Hebelarms       Coeff_       0,9       0,9         Beiwert zur Ermittlung des Druckglieds       Coeff_com       0,1       0,1         Kriechen und Schwund       1825,000       Tag       3.1.4.B.         Betonalter zum Betrachtungszeitpunkt       t       1825,000       Tag       3.1.4.B.         Relative Feuchte       RH       50       50       %6       3.1.4.B.         Eingabe des Kriechbeiwerttyps       Typ φ(t,to)       Auto       3.1.4(2)         Betonalter bei Belastungsbeginn       t_0       28,000       Tag       3.1.4(2)         Trocknungs- und Autogenschwindung berücksic       Typ ¢ <sub>cs</sub> (t,ts)       Nein       Auto       3.1.4(6)         Image: Standardverschiehlichkeit       Standardverschiehlichkeit       Standardverschiehlichkeit       Standardverschiehlichkeit       Standardverschiehlichkeit	Unabhängi	Unabhän	g Alle (Bal R	echen
Beiwert für die Berechnung der Nutzhöhe des Quers       Coeff <sub>d</sub> 0,9       0,9         Beiwert zur Berechnung des inneren Hebelarms       Coeff <sub>c</sub> 0,9       0,9         Beiwert zur Ermittlung des Druckglieds       Coeff <sub>c</sub> 0,1       0,1         Kriechen und Schwund       Image: Coeff <sub>c</sub> 0,1       0,1         Betonalter zum Betrachtungszeitpunkt       t       1825,00       Tag       3.1.4.B.         Relative Feuchte       RH       50       50       %       3.1.4.B.         Eingabe des Kriechbeiwerttyps       Typ φ(t,to)       Auto       Auto       3.1.4(2)         Betonalter bei Belastungsbeginn       t <sub>0</sub> 28,00       Zag       3.1.4(2)         Trocknungs- und Autogenschwindung berücksic       Typ ε <sub>cs</sub> (t,ts)       Nein       Auto       3.1.4(6)         Ø       GZG       Standardværschiehlichkeit       Image: Coeff <sub>c</sub> Image: Coeff <sub>c</sub> Image: Coeff <sub>c</sub>	Unabhängi	Unabhän	g Alle (Bal R	echen
Beiwert zur Berechnung des inneren Hebelarms       Coeff₂       0,9       0,9         Beiwert zur Ermittlung des Druckglieds       Coeff₂om       0,1       0,1         Kriechen und Schwund       0,1       0,1       0,1         Betonalter zum Betrachtungszeitpunkt       t       1825,00       Tag       3.1.4.B.         Relative Feuchte       RH       50       50       %       3.1.4.B.         Eingabe des Kriechbeiwerttyps       Typ φ(t,to)       Auto       Auto       3.1.4(2)         Betonalter bei Belastungsbeginn       t₀       28,00       28,00       Tag       3.1.4(2)         Trocknungs- und Autogenschwindung berücksic…       Typ ε <sub>cs</sub> (t,ts)       Nein       Auto       3.1.4(6)         Image: Standardverschiehlichkeit       Image: Standardverschiehlichkeit       Image: Standardverschiehlichkeit       Image: Standardverschiehlichkeit       Image: Standardverschiehlichkeit	Unabhängi	Unabhän	g Alle (Bal R	echen
Beiwert zur Ermittlung des Druckglieds       Coeff <sub>com</sub> 0,1       0,1         Kriechen und Schwund       Image: Coeff_com       0,1       0,1         Betonalter zum Betrachtungszeitpunkt       t       1825,00       Tag       3.1.4.B.         Relative Feuchte       RH       50       50       %6       3.1.4.B.         Eingabe des Kriechbeiwerttyps       Typ \u03c4(t,to)       Auto       Auto       3.1.4(2)         Betonalter bei Belastungsbeginn       to       28,00       28,00       Tag       3.1.4(2)         Trocknungs- und Autogenschwindung berücksic       Typ \u03c4_cs(t,ts)       Nein       Auto       3.1.4(6)         Image: Process of the standardverschiehlichkeit       Standardverschiehlichkeit       Image: Process of the standardverschiehlichkeit       Image: Process of the standardverschiehlichkeit       Image: Process of the standardverschiehlichkeit       Image: Process of the standardverschiehlichkeit       Image: Process of the standardverschiehlichkeit       Image: Process of the standardverschiehlichkeit       Image: Process of the standardverschiehlichkeit       Image: Process of the standardverschiehlichkeit       Image: Process of the standardverschiehlichkeit       Image: Process of the standardverschiehlichkeit       Image: Process of the standardverschiehlichkeit       Image: Process of the standardverschiehlichkeit       Image: Process of the standardverschiehlichkeit       Image: Process of th	Unabhängi	Unabhän	g Alle (Bal R	echen
<ul> <li>Kriechen und Schwund</li> <li>Kriechen und Schwund</li> <li>Kriechen und Schwund</li> <li>Kriechen und Schwund</li> <li>Betonalter zum Betrachtungszeitpunkt</li> <li>Relative Feuchte</li> <li>RH</li> <li>S0</li> <li>S0</li> <li>%</li> <li>3.1.4.B.</li> <li>Eingabe des Kriechbeiwerttyps</li> <li>Typ \(\phi\)</li> <li>Auto</li> </ul>	Unabhängi	Unabhän	g Alle (Bal R	echen
Betonalter zum Betrachtungszeitpunkt     t     1825,00     Tag     3.1.4.B.       Relative Feuchte     RH     50     50     %6     3.1.4.B.       Eingabe des Kriechbeiwerttyps     Typ φ(t,to)     Auto     Auto     3.1.4(2)       Betonalter bei Belastungsbeginn     t <sub>0</sub> 28,00     28,00     Tag     3.1.4(2)       Trocknungs- und Autogenschwindung berücksic     Typ ¢ <sub>cs</sub> (t,ts)     Nein     Auto     3.1.4(6)       b     Standardverschiehlichkeit     Standardverschiehlichkeit     Image: Standardverschiehlichkeit     Image: Standardverschiehlichkeit     Image: Standardverschiehlichkeit				
Relative Feuchte     RH     50     50     %6     3.1.4.B.       Eingabe des Kriechbeiwerttyps     Typ φ(t,to)     Auto     Auto     3.1.4(2)       Betonalter bei Belastungsbeginn     to     28,00     28,00     Tag     3.1.4(2)       Trocknungs- und Autogenschwindung berücksic     Typ ¢ <sub>cs</sub> (t,ts)     Nein     Auto     3.1.4(6)       Ø     GZ G     Standardværschiehlichkeit     Image: Standardværschiehlichkeit <td>3.1-2 EN 1992-1-1</td> <td>4.B.1-2 EN 1992-</td> <td>1 Alle (Bal R</td> <td>echen</td>	3.1-2 EN 1992-1-1	4.B.1-2 EN 1992-	1 Alle (Bal R	echen
Eingabe des Kriechbeiwerttyps     Typ φ(t,to)     Auto     Auto     3.1.4(2)       Betonalter bei Belastungsbeginn     t <sub>0</sub> 28,00     28,00     Tag     3.1.4(2)       Trocknungs- und Autogenschwindung berücksic     Typ ε <sub>CS</sub> (t,ts)     Nein     Auto     3.1.4(6)       b     GZG     Standardverschieblickeit     Image: Standardverschieblickeit     Image: Standardverschieblickeit     Image: Standardverschieblickeit	3.1-2 EN 1992-1-1	4.B.1-2 EN 1992-	1 Alle (Bal R	echen
Betonalter bei Belastungsbeginn     t₀     28,00     28,00     Tag     3.1.4(2)       Trocknungs- und Autogenschwindung berücksic     Typ ε <sub>cs</sub> (t,ts)     Nein     Auto     3.1.4(6)       ▷     GZ G     Standardverschieblichkeit     Image: Standardverschieblichkeit     Image: Standardverschieblichkeit     Image: Standardverschieblichkeit     Image: Standardverschieblichkeit	EN 1992-1-1	4(2) EN 1992-	L Alle (Bal R	echen
Trocknungs- und Autogenschwindung berücksic     Typ ε <sub>cs</sub> (t,ts)     Nein     Auto     3.1.4(6)       ▷     GZG	e),B1 EN 1992-1-1	4(2),B1 EN 1992-	1 Alle (Bal R	echen
GZG     Standardverschiehlichkeit	EN 1992-1-1	4(6) EN 1992-	1 Alle (Bal R	echen
5 Standardverschiehlichkeit				
Standardverschieblichkeit				
Schnittgrößen				_

Bedingung ist:

Wenn NEd ≤ – Coeffcom \* fcd \* Ac

Stab ist druckbeansprucht

Wenn NEd > - Coeffcom \* fcd \* Ac

Druck ist nicht ausreichend (null oder relativ klein)

Dieses Ergebnis kann unter Bewehrungsbemessung > 1D-Bauteils > Schnittgrößen angezeigt werden.

Die Detailausgabe ergibt:

#### Druckglied

Grenzwert der Axialkraft zur Betrachtung des Teils als druckbeansprucht:

$$N_{com} = -Coeff_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0.1 \cdot (30 \cdot 10^6 \cdot 0.123) = -368 \text{ kN}$$

Nachweisbedingung:

N<sub>Ed</sub> ≥ N<sub>com</sub> = -300 kN ≥ -368 kN ... nicht Druckglied

Hinweis: Ausmitte nach Theorie I. und II. Ordnung wird nicht berücksichtigt, weil das Teil nicht als Druckglied betrachtet wird (Normalkraft ist relativ klein bzw. null).

### UND II. ORDNUNG NACH THEORIE I. UND II. ORDNUNG

#### Schlankheit – Nachweis der Kriterien $\lambda < \lambda$ lim

- Falls λ <, sind die Einwirkungen nach Th.I.O. mit der geometrischen Imperfektion zu berücksichtigen (Art. 5.2)
- Falls λ >, sind Einwirkungen nach Th.II.O. mit der geometrischen Imperfektion zu berücksichtigen (Art. 5.2)

Die Werte für  $\lambda$  und  $\lambda$ lim sowie der entsprechende Nachweis finden Sie im Hauptmenü > 1D-Betonbauteil > Schlankheit für Bemessung:

(m)			
	ERGEBNIS	SE (1)	×
	Name	Slenderness(Design)	
▼ Al	JSWAHL		
	Auswahltyp	Alle	$\sim$
	Filter	Nein	$\sim$
	Ergebnisse in Schnitten	Alle	$\sim$
▼ EF	RGEBNISSFALL		_
	Lasttyp	LF-Kombinationen	$\sim$
	Kombination	ULS	$\sim$
▼ Đ	TREMWERTE 1D		_
	Extremwerte 1D	Global	$\sim$
	Werte	λ	$\sim$
	Intervall	$\bigcirc$	
▼ Al	JSGABEEINSTELLUNGEN		
	Ausgabe	Kurz	$\sim$
Komb	inationsvorschrift druck		
► Pl	ATTENRIPPE		
► EI	NSTELLUNGEN FÜR FEHLER	R, WARNUNG UND HINWEISE	
Ausfü	hren mit Modelldatenda	$\bigcirc$	_
Ał	KTIONEN >>>		
S	Aktualisieren		F5
$\odot$	Neue Kombination aus Kon	nbinationsvorschrift	
$\odot$	Ergebnistabelle		
	Protokollvorschau		

Die Standardausgabe zeigt den Nachweis von  $\lambda$  > Mindestwerts und zeigt an, ob eine Berechnung nach Theorie I. oder II. Ordnung ausgeführt werden sollte.

## Schlankheit (Bemessung)

Werte: **À** Lineare Analyse Kombination: ULS Koordinatensystem: Teil Extremwerte 1D: Global Auswahl: Alle

Stütze B1	RECT (350; 350)
EN 1992-1-1:2004/A1:2014	Schnitt 0 [dx = 0 m]

# Schlankheit

Achs	e Versteift	L <sub>z/y</sub> [m]	βzz/yy [-]	l <sub>oz/y</sub> [m]	λ <sub>z/y</sub> [-]	λ <sub>limz/y</sub> [-]	$\lambda_{z/y} > \lambda_{limz/y}$
у-у-	- Nein	4.5	2	9.01	89.2	40.8	Theorie II. Ordnung
z-z	Nein	4.5	2	9.01	89.2	40.8	Theorie II. Ordnung

### EINWIRKUNGEN NACH THEORIE I. ORDNUNG

Einwirkungen nach Th.I.O. (Ausmitte) werden immer berücksichtigt.

Es gibt zwei Möglichkeiten, die Momente und die Ausmitte nach Theorie I. Ordnung in SCIA Engineer je nach Kontrollkästchen **Ausmitte nach Theorie I. Ordnung mit Äquivalentem Moment** in Betoneinstellungen >Rechenkerneinstellungen > Schnittgrößen zu berechnen.



Die 2 Optionen sind:

 Ausmitte nach Theorie I. Ordnung mit Äquivalentem Moment = JA, Biegemoment an den Enden der Stütze werden verwendet, um ein äquivalentes Biegemoment nach Theorie I. Ordnung zu berechnen. Dies führt zum gleichen Biegemoment nach Th.I.O. entlang der gesamten Bauteillänge.

$$e_{0y} = M_{0ez}/N_{Ed}$$
 Und  $e_{0z} = M_{0ey}/N_{Ed}$ 

Mit

$$M_{0e} = (0.6 * M_{02}) + (0.6 * M_{01}) \ge 0.4 * M_{02}$$

• Ausmitte nach Theorie I. Ordnung mit Ersatzmoment = NEIN, Die Ausmitte nach Theorie I. Ordnung wird aus den Biegemomenten im aktuellen Querschnitt berechnet. Infolgedessen können Biegemomente in jedem Querschnitt unterschiedlich sein.

$$e_{0y} = M_z/N_{Ed}$$
 Und  $e_{0z} = M_y/N_{Ed}$ 

Die Werte der Ausmitten und Momente nach Theorie I. Ordnung können in Bemessung > 1D-Betonbauteil > Schnittgrößen für die Bemessung angezeigt werden.

#### Standardausgabe ergibt:

					RE	CT (350;	350)			
N 1992-1-1:2	004/A1:201	14	E		Sch	nitt 0 [dx =	0 mJ			
Knicken v-v	2 1	L = 4	9.01 m (ve	rschieblich	h) Bilin	n: C43/33 neares Spar	nunas-De	hnunas-Di	agramm	
Knicken z-z	<u>بل</u>	L <sub>z</sub> = 9	9.01 m (ver	rschieblich	n) Exp	ositionskla	sse: XC3	,		
•	35	y 0	• 481 • 481	16 (804 mm	12)					
tremwert: UL	S/2 (GZT)	ur)								
emessungssiti	uation: EN-	-GZT (STR/	GEO) Satz	B	A <sub>y</sub>	Ma	Vy	Vz	1	Ν.
p: Kombinatio emessungssite asttyp	uation: EN-	-GZT (STR/	(kN)	B N I (I	A <sub>y</sub> kNm]	M: [kNm]	V <sub>y</sub> [kN]	V: [kN	1	N. kNm]
asttyp halt: 1.35*LC	(FEM-bas	-GZT (STR/	GEO) Satz N [kN] -405	B   [] 5,0 -4	<b>A</b> y <b>kNm]</b> 40,5	M <sub>z</sub> [kNm] 0,0	V <sub>y</sub> [kN] 0,0	V <sub>z</sub> [kN 0,0	ן 1 [ כ	<b>kNm]</b> 0,0
p: Kombinati messungssit asttyp chnittgrößen halt 1.35°LC	(FEM-bas	-GZT (STR/4	nen nad	sh Theo	4, kNm] 40,5	M <sub>c</sub> [kNm] 0,0	V <sub>7</sub> [kN] 0,0	V: [kN 0,0		<b>4.</b> kNm] 0,0
p: Kombinati messungssit asttyp chnittgrößen halt 1.35*LCC	(FEM-bas	-GZT (STR/4 iert) fektion M <sub>0Edy/2</sub> [kNm]	M (kN) -405 M (kN) (kN) (kN) (kN)	в (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	4γ, kNm] 40,5	M <sub>ε</sub> [kNm] 0,0 Ordnun e <sub>z/γ</sub> [mm]	V <sub>7</sub> [[K]] 0,0 9 ( <u>e</u> <sub>Omin.1.7</sub> ) [[m]]	V: [kN 0,0	e <sub>22/y</sub> [mm]	4. kNm] 0,0 ε <sub>idz/y</sub> [mm]
p: Komunatu messungssit asttyp chnittgrößen halt: 1.35°LC fluss und Achse y-y-	(FEM-bas (FEM-bas	-GZT (STR// iert) rfektior M <sub>060//</sub> x [kNm] -49.1	Men nac Monta for the formation of the f	в N 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	A <sub>γ</sub> kNm] 40,5 orie II. ( e <sub>(x)γ</sub> [mm] 100	Mr [[kNm] 0,0 Ordnum erecy [[mm] 212	V <sub>7</sub> [kN] 0,0 9 ( <u>e</u> omin.z/y [mm] 20	V: [kN 0,0 0,0 121 121	e <sub>220</sub> y [mm] 161	4. kNm] 10 e <sub>tdt/</sub> (mm) 283

Lasthan	NEd	MEdy	M <sub>Edz</sub>	VEdy	VEdz	MEdx
Lastryp	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]
Bemessungskräfte (neu berechnet)	-405,0	-114,4	0,0	0,0	0,0	0,0

### **GEOMETRISCHE IMPERFEKTION (ART. 5.2)**

Dabei ist immer die Einwirkung von geometrischen Imperfektionen zu berücksichtigen: sowohl in einer Berechnung nach Theorie I. als auch II. Ordnung.

Geometrische Imperfektion ist standardmäßig in den Betoneinstellungen aktiviert > Schnittgrößen

ichte	N: Vollständige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 👻 Star	ndardwerte	ein Su	then				Nationa	alanhang:
Be	schreibung	Symbol	Wert	Standard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachw
Gr	undda ten der Bemessung								
Þ	Bewehrung								
Þ	Mindestdeckung								
Re	chenkern Einstellungen								
Þ	Allgemein								
4	Schnittgrößen								
	Querkraftreduktion über den Auflagern					6.2.1(8)	EN 1992-1-1	Balken,	Rechenk
	Momentreduktion über den Auflagern					5.3.2.2 (4)	EN 1992-1-1	Balken,	Rechenk
	Verschiebung der Momentkurve zur Berücksichtigung			×		9.2.1.3(2)	EN 1992-1-1	Balken,	Rechenk
	Geometrische Imperfektion im GZT	e <sub>i,ULS</sub>		<b>V</b>		5.2(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
	Geometrische Imperfektion im GZG	e <sub>i,SLS</sub>				5.2(3)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
	Mindestausmitte	e <sub>min</sub>	Ausmitte Th	Ausmitte		6.1(4)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
	Ausmitte nach Theorie I. Ordnung mit Ersatzmoment			4		5.8.8.2(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
	Ausmitte nach Theorie II. Ordnung	e2	Nennkrüm	Nennkrü		5.8.5	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
	Wirksamer Kriechbeiwert M0Eqp/M0Ed	Coeff <sub>o,eff</sub>	1,00	1,00		5.8.4(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk
	Anderungen der Schnittgrößen								
Þ	Bemessung As, erf								
Þ	Umwandlung in Bewehrungsstäbe								
Þ	Interaktionsdiagramm								
Þ	Schub								
In SCIA Engineer wird die geometrische Imperfektion durch eine Neigung gemäß Artikel 5.2(5) in EN 1992-1-1 dargestellt.

Für beide Achsen (y und z des LKS) wird die Neigung wie folgt berechnet:

$$\theta_{i,y(z)} = \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_{m,y(z)} \tag{5.1}$$

- 00 Grundwert der Verdrehung
- $\alpha$ h Reduktionsbeiwert für Stützenlänge oder Tragwerkshöhe:  $\alpha_h = 2/\sqrt{l}$ ;  $2/3 \le \alpha_h \le 1$
- $\alpha m, y(z)$  Reduktionsbeiwert für Teileanzahl:  $\alpha_{m,y(z)} = \sqrt{(0.5 \cdot (1 + 1/m_{y(z)}))}$
- L Stützenlänge oder Tragwerkshöhe je nach:
  - Einzelteil I = L, wobei L die Länge des Teils ist
  - nicht als Einzelbauteil I = H, wobei H die Gesamthöhe des Bauwerks ist (Knicksystem)
- my(z) Zahl der vertikalen Teile, die zum Gesamteffekt der Imperfektion beitragen, lotrecht zu y(z)

Werte für I und my(z) werden in den Knickdaten definiert.

Die Einwirkung der Imperfektion für Einzelstütze und für das Tragwerk wird immer als Ausmitte gemäß EN 1992-1-1 Artikel 5.2(7a) berücksichtigt:

$$e_{i,y} = \theta_{i,z} \cdot l_{0,z}/2$$
,  $e_{i,z} = \theta_{i,y} \cdot l_{0,y}/2$ 

Die Imperfektion soll in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit berücksichtigt werden und braucht nicht in Grenzzuständen der Gebrauchsfähigkeit berücksichtigt zu werden. Siehe Artikel 5.2(2P) und 5.2(3) in EN 1992-1-1.

In den Betoneinstellungen können Sie unabhängig festlegen, ob die Imperfektion für GZT oder GZG berücksichtigt wird.

Eine Mindestausmitte nach Theorie I. Ordnung wird auch gemäß Artikel 6.1(4) in EN 1992-1-1 berechnet.

Dies kann in den Betoneinstellungen > Schnittgrößen angezeigt werden > Mindestwert der Ausmitte verwenden



### Knickdaten für I und my(z)

Einstellungen für I und my(z) zur Berechnung der geometrischen Imperfektion können in den Eigenschaften der Stützen festgelegt werden.

Eigenschaften > Systemlängen und Knickeinstellungen

5	
1D-TE	ILE (1)
율 IJ 卢 🕼	
Name	B1
Layer	Layer1 🗸 🖬
Тур	Stütze (100) 🗸 🗸 🗸
Analysemodell	Standard $\checkmark$
FEM-Typ	Standard $\vee$
Querschnitt	CS1 - RECT (350; 350) 🗸 🚍
α[deg]	0,00
Position der Bauteilsystemlinie	Mitte 🗸
ey [mm]	0
ez [mm]	0
LKS	Standard $\checkmark$
Verdrehung des LKS [deg]	0,00
KNICKFIGUREN	
Systemlängen und Knickeinst	Standard $\vee \Xi$
Material und Anzahl der Teile	Beton - 1
Sekundär-Teil	$\bigcirc$



Beim Öffnen des Knickmenüs müssen Sie sowohl die '**aktiven Knickeinschränkungen**' und '**Feldeinstellungen**' für das Beulen um die lokale y-Achse (Knickfeld y-y) und lokale z-Achse (Knickfeld z-z) definieren.

- Ermittlung der Gesamthöhe: Legen Sie den Berechnungstyp der Gesamthöhe des Gebäudes oder die Länge der Einzelstützen fest.
  - o *Berechnung*: H-tot wird automatisch als Summe der Längen aller Teile im Knicksystem berechnet
  - o Eingabe: manueller Eingabewert für Htot in Editbox Höhe
- **my/z**: Anzahl vertikaler Teile, die zum Gesamteffekt der Imperfektion beitragen, lotrecht zur y/z Achse des LKS.

Ausmitten infolge geometrischer Imperfektionen können in der Bemessung > 1D-Bauteils > Schnittgrößen angezeigt werden:

### Einfluss und Imperfektionen nach Theorie II. Ordnung

Achse	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>0Edy/z</sub> [kNm]	M <sub>2y/z</sub> [kNm]	M <sub>Edy/z</sub> [kNm]	e <sub>0z/y</sub> [mm]	e <sub>iz/y</sub> [mm]	e <sub>0min,z/y</sub> [ <b>mm</b> ]	e <sub>0Edz/y</sub> [mm]	e <sub>2z/y</sub> [mm]	e <sub>Edz/y</sub> [mm]
у-у⊥	-405	-49.1	-65.3	-114	100	21.2	20	121	161	283
z-z⊥	-405	8.1	0	8.1	0	0	-20	-20	0	-20

Nach Berechnung der Ausmitte nach Theorie I. Ordnung einschließlich Einwirkung der Imperfektion wird das Moment nach Theorie I. Ordnung einschließlich der Imperfektion um die y (z)-Achse des LKS berechnet:

$$M_{0Ed,y(z)} = N_{Ed} \cdot e_{0Ed,z(y)}$$

```
e_{0Ed,z(y)} = e_{0,y(z)} + e_{i,y(z)} > e_{0,min,y(z)}
```

- e0y(z) Ausmitte nach Theorie I. Ordnung
- ei,y(z) Ausmitte infolge geometrischer Imperfektion
- e0,min Mindestausmitte nach Th.I.O.

#### EINWIRKUNGEN NACH THEORIE II. ORDNUNG

EN 1992-1-1 definiert mehrere Verfahren für Einwirkungen nach Theorie II. Ordnung mit Normallasten (allgemeines Verfahren, vereinfachtes Verfahren der Nennsteifigkeit, vereinfachtes Verfahren basierend auf Nennkrümmung...).

In SCIA Engineer sind die folgenden Methoden verfügbar:

- Allgemeines Verfahren gemäß §5.8.2(2) nichtlineare Berechnung
- Vereinfachtes Verfahren der Nennkrümmung nach §5.8.8
- Vereinfachtes Verfahren basierend auf Nennsteifigkeit nach §5.8.7

Das vereinfachte Verfahren wird berücksichtigt:

- Für den Grenzzustand der Tragfähigkeit
- Für Teiltyp = Stütze mit Druck gemäß "Ermittlung des druckbeanspruchten Teiles"
- Wenn die Option "Effekt zweiter Ordnung verwenden" in eingeschaltet ist, siehe Betoneinstellungen
   > Schnittgrößen.

Diese Option ist standardmäßig aktiviert.

• Falls Schlankheit  $\lambda$  >, siehe Kapitel "Schlankheitskriterien"

#### Vereinfachtes Verfahren basierend auf Nennsteifigkeit

Das Gesamtbemessungsmoment einschl. Th.II.O. kann als Vergrößerung der Biegemomente ausgedrückt werden, die sich aus einer ersten Analyse ergeben, und zwar:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} \cdot \left[ 1 + \frac{\beta}{\left(\frac{N_B}{N_{Ed}}\right) - 1} \right]$$

Wo:

- M0Ed ist das Moment nach Th.I.O.
- $\beta$  ist ein Beiwert, der von der Verteilung der Momente nach Th.I.O. und 2. Ordnung abhängt:  $\beta = \frac{\pi^2}{c_0}$
- c<sub>0</sub> ist ein Beiwert, der von der Momentenverteilung nach Th.I.O. abhängt
- Ned ist der Bemessungswert der Normalkraft
- NB ist die Knicklast basierend auf der Nennsteifigkeit

#### Vereinfachtes Verfahren der Nennkrümmung

Das Nennmoment nach Theorie II. Ordnung wird gemäß Artikel 5.8.8.2(3) in EN 1992-1-1 ermittelt:

$$M_{2,y(z)} = N_{Ed} \cdot e_{2,z(y)}$$

Mit:

- Ned Bemessungsaxialkraft
- e2,z(y) Ausmitte nach Theorie II. Ordnung

Wenn alle oben genannten Kriterien für das vereinfachte Verfahren erfüllt sind, wird die Ausmitte nach Theorie II. Ordnung nach Formel ermittelt:

$$e_{2y(z)} = (1/r)_{z(y)} \cdot l_{0z(y)}^2 / c_{z(y)}$$

Andernfalls:

 $e_{2,y(z)=0}$ 

Mit:

- (1/r)<sub>z(y)</sub>Krümmung um z(y), ermittelt nach §5.8.8.3
  - cz(y) Beiwert abh. der Krümmungsverteilung um die Achse z(y) gemäß §5.8.8.2(4)
    - = 8, für Biegemoment nach Th.I.O. (nicht null) entlang der Stütze und für den Fall, dass das äquivalente Biegemoment berücksichtigt wird ("äquivalenten Wert nach Theorie I. Ordnung verwenden" EIN).
    - = 10 andernfalls
- λz(y) Schlankheit
- λz(y),lim Grenzschlankheit
- I0z(y) wirksame Stützenlänge um z(y) Knicklänge

#### Wirksame Länge

Die wirksame Länge, die Knicklänge, wird standardmäßig von SCIA Engineer ermittelt. Beachten Sie, dass Formeln für automatische Berechnung nur für einfache Strukturen gültig sind!

Andernfalls ist es auch möglich, den Wert der effektiven Länge manuell einzugeben.

#### Automatische Ermittlung der wirksamen Länge

Die Berechnung der wirksamen Länge hängt vom Typ der Struktur, der Verschieblichkeit oder der Unverschieblichkeit ab.

Es werden zwei ungefähre Formeln verwendet: eine Formel für eine Unverschieblichkeitsstruktur (mit einem Knickbeiwert  $\beta \le 1$ ) und eine Formel für eine Verschieblichkeitsstruktur (mit einem Knickbeiwert  $\beta \ge 1$ ):

• Für eine unverschiebliche Struktur:

$$\beta = \frac{(\rho_1 \rho_2 + 5\rho_1 + 5\rho_2 + 24)(\rho_1 \rho_2 + 4\rho_1 + 4\rho_2 + 12)2}{(2\rho_1 \rho_2 + 11\rho_1 + 5\rho_2 + 24)(2\rho_1 \rho_2 + 5\rho_1 + 11\rho_2 + 24)}$$

Für verschiebliche Struktur:

$$\beta = x \sqrt{\frac{\pi^2}{\rho_1 x} + 4}$$

Mit:

- B Knickbeiwert
- L Systemlänge
- E Elastizitätsmodul von Young
- Ich Querschnittsträgheitsmoment
- Ci Steifigkeit in Knoten i
- Mi Moment in Knoten i
- Φi Verdrehung in Knoten i

$$\begin{split} \mathbf{x} &= \frac{4\rho_1\rho_2 + \pi^2\rho_1}{\pi^2(\rho_1 + \rho_2) + 8\rho_1\rho_2}\\ \rho_i &= \frac{C_iL}{EI} \qquad \quad C_i = \frac{M_i}{\phi_i} \end{split}$$

Die Werte für Mi und Phi werden ungefähr durch die Schnittgrößen und die Verformungen ermittelt, ermittelt anhand von Lastfällen, die Verformungsformen mit einem Bild von Demb mit der Knickform erzeugen.

Die Berechnung der  $\beta$  Verhältnissen erfolgt bei der linearen Berechnung der Struktur automatisch. Hierfür werden im Hintergrund zwei zusätzliche Lastfälle berechnet:

- Lastfall 1:
  - o auf den Trägern werden die lokalen Verteillasten qy=1 N/m und qz=-100 N/m verwendet
  - auf den Stützen werden die globalen Verteiltlasten Qx =10000 N/m und Qy =10000 N/m verwendet
- Lastfall 2:
  - auf den Trägern werden die lokalen Verteillasten qy=-1 N/m und qz=-100 N/m verwendet
  - auf den Stützen werden die globalen Verteiltlasten Qx =-10000 N/m und Qy=-10000 N/m verwendet

Da diese Lastfälle und damit die Knicklängenbeiwerte während der linearen Berechnung berechnet werden, muss immer eine lineare Berechnung der Struktur durchgeführt werden.

<u>Hinweis:</u> Der verwendete Ansatz liefert gute Ergebnisse für Rahmenstrukturen mit lotrechten starren oder halbstarren Trägerverbindungen. In anderen Fällen müssen Sie die dargestellten Knickbeiwerte bewerten.

Standardmäßig wird die Struktur als Verschieblichkeit in Richtung y und z betrachtet. Sie kann für das gesamte Projekt in den Betoneinstellungen > Allgemeinen > Standardverschieblichkeit geändert werden.

er	n: V	Ollständige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 👻 Star	ndardwerte e	in	Suchen				Nationa	alanhang:
Be	schr	reibung	Symbol	Wert	Standard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachw
iru	Inde	daten der Bemessung					1			
Þ	Be	wehrung								
Þ	Mir	ndestdeckung								
Red	her	nkern Einstellungen								
	All	gemein								
		Grenzwert des Einheitsnachweises	Nachweis	1,0	1,0			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
		Grenzwert des Einheitsnachweises für nicht berechne	NICHT_BE	3,0	3,0			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
		Beiwert für die Berechnung der Nutzhöhe des Quersc	Coeffd	0,9	0,9			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
		Beiwertzur Berechnung des inneren Hebelarms	Coeffz	0,9	0,9			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
		Beiwert zur Ermittlung des Druckglieds	Coeff <sub>com</sub>	0,1	0,1			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
	Þ	Kriechen und Schwund								
	Þ	GZG								
	4	Standardverschieblichkeit								
		Verschieblich um y Achse	Versch. yy		4			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
		Verschieblich um z Achse	Versch.zz		1			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
Þ	sa	nnittgroisen				·				
Þ	Be	messung As, erf								
Þ	Um	nwandlung in Bewehrungsstäbe								
₽	Int	teraktionsdiagramm								
Þ	Sch	hub								

Diese Standardeinstellungen für eine bestimmte Stütze im Projekt können Sie ganz einfach im Knickmenü ändern. Auf dieses Menü kann – wie im vorigen Abschnitt erläutert – über die Option '**Systemlängen und Knickeinstellungen**' in den Bauteil-Eigenschaften zugegriffen werden.



Diese neue Einstellung hat den Namen HIER **BG1**, dem Sie anderen ähnlichen Stützen im Eigenschaftenfenster zuordnen können:

2	
	ILE (1)
🗃 Ij 🗡 🗨 🔰	
Name	B1
Layer	Layer1 🗸 📑
Тур	Stütze (100) 🛛 🗸 🗸
Analysemodell	Standard $\checkmark$
FEM-Typ	Standard $\checkmark$
Querschnitt	CS1 - RECT (350; 350) 🗸 📑
α [deg]	0,00
Position der Bauteilsystemlinie	Mitte 🗸 🗸
ey [mm]	0
ez [mm]	0
LKS	Standard $\checkmark$
Verdrehung des LKS [deg]	0,00
<ul> <li>KNICKFIGUREN</li> </ul>	
Systemlängen und Knickeinst	BG1 V 🖬
Material und Anzahl der Teile	Standard
Sekundär-Teil	

Die berechnete wirksame Länge kann im Bemessungsmenü > 1D-Beton > Schlankheit für Bemessung angezeigt werden:

🮯 👁 🛱 Ra		Klicken
Betoneinstellungen	•	
Beton 1D	•	Schnittgrößen für die Bemessung
Beton 2D	•	Schlankheit für die Bemessung
🔅 Bewehrung in freie Stäbe auflösen		Stahlbetonbemessung
e 👘 Normenabhängige Verformung		Schnittgrößen für Nachweise
r 🔐 Bewehrungsliste		1mi A. Schlankhait für Machuraiaa

Stütze B1	RECT (350; 350)
EN 1992-1-1:2004/A1:2014	Schnitt 0 [dx = 0 m]

# Schlankheit

Achse	Versteift	L <sub>z/y</sub> [m]	β <sub>zz/yy</sub> [-]	I <sub>0z/y</sub> [m]	λ <sub>z/y</sub> [-]	λ <sub>imz/y</sub> [-]	$\lambda_{z/y} > \lambda_{iimz/y}$
у-у⊥	Nein	4.5	2	9.01	89.2	43.5	Theorie II. Ordnung
z-z⊥	Nein	4.5	2	9.01	89.2	43.5	Theorie II. Ordnung

#### Manuelle Eingabe der wirksamen Länge

Mit derselben Option – wie auch für die automatische Berechnung – können Sie die Knicklänge des Systems manuell definieren. Die Option 'Knicklängenbeiwerte' kann in der Sektion 'Feldeinstellungen' eingestellt werden. In der Tabelle 'Einstellungen je Feld für Achse y-y/z-z' können Sie die zu berücksichtigende Knicklänge eingeben.



Unabhängig von der Bewehrung in der Stütze führt das auf der Nennkrümmung basierende Verfahren in etwa das gleiche Ergebnis, während die auf der Nennsteifigkeit basierende Methode stark von der Bewehrung der Stütze beeinflusst wird.

Und andererseits ist das auf der Nennsteifigkeit basierende Verfahren nicht mehr einsetzbar, wenn die angewendete Normalkraft NEd zu nah an der Beulbeanspruchung liegt.

#### **WEU BERECHNETE SCHNITTGRÖßEN**

Im Betonmenü > Bewehrungsbemessung > 1D-Bauteil > Schnittgrößen.

Das Bemessungsmoment MEd ist gleich MEd =  $M_{0Ed}$  + M2.

Mit:

- M2 Biegemoment nach Th.II.O.
- M0Ed Biegemoment zur Berücksichtigung nach Th.I.O. und geometrische Imperfektionen

#### Beispiel: Theorie II. Ordnung.esa

#### Geometrie

Stützenquerschnitt: RECT 350x350mm<sup>2</sup> Höhe: 4,5 m Betongüte: C45/55

#### **Beton-Einstellungen**

Alle Standardwerte werden beibehalten

Das bedeutet, dass die geometrische Imperfektion und Einwirkungen nach Th.II.O. berücksichtigt werden.

Last

Lastkonfiguration: Nd = 405,00 kNMyd = 40,50 kNmMzd = 0 kNm

#### Knickdaten

Verschieblichkeitstyp ist standardmäßig festgelegt

Die Berechnung der effektiven Länge erfolgt automatisch durch die Software.

#### Schlankheitskriterium

Nachweis nach Theorie II. Ordnung gemäß Artikel 5.8.3.1:

Da  $\lambda > \lambda$ lim ist eine Analyse nach Th.II.O. erforderlich.

<u>Hinweis:</u> Das Programm berücksichtigt bei Bedarf automatisch ein Moment nach Th.II.O. Dieser Nachweis ist also nur eine Zusatzinformation für den Benutzer.

### Schnittgrößen

Fragen Sie nach MEd in Bemessung > 1D-Beton > Schnittgrößen für die Bemessung.

Standardausgabe wurde gewählt:

Schnittgrößen (FEM-basiert) -405,0 -40,5 0,0 0,0 (	0,0 0,0	0 0,0	0.0		[KIN]	
nhalt: 1.35°LC1			0,0	-40,5	-405,0	Schnittgrößen (FEM-basiert)

#### Einfluss und Imperfektionen nach Theorie II. Ordnung

Achse	N <sub>Ed</sub>	M <sub>OEdy/z</sub> [kNm]	M <sub>2y/z</sub> [kNm]	M <sub>Edy/z</sub>	e <sub>0z/y</sub> [mm]	e <sub>iz/y</sub> [mm]	e <sub>Omin,z/y</sub> [mm]	e <sub>OEdz/y</sub> [mm]	e <sub>2z/y</sub> [mm]	e <sub>Edz/y</sub> [mm]
у-у⊥	-405	-49.1	-65.3	-114	100	21.2	20	121	161	283
z-z-	-405	8.1	0	8.1	0	0	-20	-20	0	-20

#### Bemessungskräfte (neu berechnet)

Lasttyp	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed.y</sub> [kNm]	M <sub>Ed.z</sub>	V <sub>Ed,y</sub> [kN]	V <sub>Ed.z</sub> [kN]	M <sub>Ed.x</sub> [kNm]
Bemessungskräfte (neu berechnet)	-405,0	-114,4	0,0	0,0	0,0	0,0

#### Ergebnisse

Die Ergebnisse für die Bewehrungsbemessung sind unten dargestellt:

N-M σ-ε

0,63 0,71

Fal	I			N	Ed [k]	N]	VEdy [k]	4]	VEdz [k	N]	TEd [kNr	n] N	LEdy [kNm	] M <sub>Edz</sub>	[kNm]
UL	S/1				-	300,0		-		0,0		0,0	-30,	.0	-
LC1															
UL	S/2				-	405,0		-		0,0		0,0	-114,	4	-
1.3	5*LC1														
per	fektionen	und II. Ordr	nung	Effekt	t										
Fal	I		1	M <sub>Oe</sub>	e	e	in e	Ed	MOEd	λ	λim	Knic	ken	e <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>
				[kNm]	] [mn	n] [n	nm] [n	nm]	[kNm]	[-]	[-]	[-]		[mm]	[kNm]
UL	S/2	V	-v-L	-40.5	5	21	20	121	-49.1	89.	18 > 37.4	5 -> 11. 0	Ordnung	161	-65.3
		Z	-Z-	nicht t	perech	inet (n	ur uniax	ale pe	messun	g)					
ng	sbewehr	ung		_	_	_									
ng	sbewehr reis-Zusam Angegeb	ung Imenfassun en	g d1	A	cmin	Asut	ΔΑ,τ	ΔΑ	Asserv A	Asincr	Asrea	Asprov	GLoroy	Smin	Smax
ng	sbewehr reis-Zusam Angegeb Nø, prov. bas	rung Imenfassun en Na provadd	9 d <sub>1</sub>	A;	umin	A <sub>sut</sub>	ΔA <sub>41</sub> ] [mm	ΔA ] [m	A <sub>ESETV</sub> Δ m <sup>2</sup> ] [r	A <sub>sincr</sub> nm <sup>2</sup> ]	A <sub>streq</sub> [mm <sup>2</sup> ]	A <sub>sprov</sub>	G <sub>Lprov</sub>	s <sub>min</sub> [mm]	s <sub>max</sub> [mm]
ng: thw	sbewehr veis-Zusam Angegeb Nø, prov. bas 4016	ung menfasun en Naprovadd	g d <sub>1</sub> [mm	<b>A</b> s ] [n 46	tmin 1111 <sup>2</sup> ] 246	<b>A</b> <sub>suit</sub> [ <b>mm</b> <sup>2</sup> 90	ΔΑ <sub>sT</sub> ] [mm	ΔA 2] [m	Δ <sub>s.serv</sub> Δ m <sup>2</sup> ] [r	A <sub>sincr</sub> nm <sup>2</sup> ]	A <sub>sreq</sub> [mm <sup>2</sup> ] 904	A <sub>s.prov</sub> [mm <sup>2</sup> ] 1608	G <sub>Lprov</sub> [kg/m <sup>3</sup> ] 103	<b>s</b> <sub>min</sub> [ <b>mm</b> ] 70	s <sub>max</sub> [mm]
ng: chw	sbewehr reis-Zusam Angegeb N <sub>ø,prov.bas</sub> 4ø16	ung menfassun en N <sub>ø.prov.add</sub> 4ø16	g d <sub>1</sub> [mm	A. ] [n 46	100°1 100°1 246	A <sub>sut</sub> [mm <sup>2</sup> 90	ΔΑ <sub>xT</sub> ] [mm	ΔA [] [m	L <sub>s.serv</sub> Δ m <sup>2</sup> ] [r	A <sub>sincr</sub> nm <sup>2</sup> ]	<b>Α</b> <sub>±req</sub> [ <b>mm<sup>2</sup></b> ] 904 0.74%	A <sub>kprov</sub> [mm <sup>2</sup> ] 1608 1.31%	G <sub>Lprov</sub> [kg/m <sup>3</sup> ] 103	<b>s</b> <sub>min</sub> [ <b>mm</b> ] 70 ≥37	<b>s</b> <sub>max</sub> [ <b>mm</b> ]
ng: chw ΣZ ΣY	sbewehr eis-Zusam Angegeb N <sub>el,prov.bas</sub> 4ø16 	ung menfassun en Ns.prov.add 4ø16	g d1 [mm	<b>A</b> <sub>1</sub> ] [n 46	umin 11112] 246	<b>A</b> <sub>xuit</sub> [mm <sup>2</sup> 90	ΔΑ <sub>sT</sub> ] [mm 4	ΔA ] [m	A <sub>s.serv</sub> Δ m <sup>2</sup> ] [r	A <sub>sincr</sub> nm <sup>2</sup> ]	A <sub>kreq</sub> [mm <sup>2</sup> ] 904 0.74%	Α <sub>κ.prov</sub> [mm <sup>2</sup> ] 1608 1.31%	G.prov [kg/m <sup>3</sup> ] 103	<b>s</b> <sub>min</sub> [ <b>mm</b> ] 237 0	s <sub>max</sub> [mm] 86
ng: chw ΣΖ	sbewehr reis-Zusam Angegeb Ng.prov.bas 4ø16	rung Imenfassun en Ns.prov.add 4ø16	g d1 [mm	<b>A</b> , <b>] [n</b> 46	umin 1111 <sup>2</sup> ] 246	A <sub>sut</sub> [mm <sup>2</sup> 90	ΔΑ <sub>sT</sub> ] [mm	ΔA 2] [m	A <sub>S.Serv</sub> Δ m <sup>2</sup> ] [r	Asincr nm²]	A <sub>s.req</sub> [mm <sup>2</sup> ] 904 0.74%	A <sub>s.prov</sub> [mm <sup>2</sup> ] 1608 1.31%	G <sub>i,prov</sub> [kg/m <sup>3</sup> ] 103	<b>s</b> <sub>min</sub> [ <b>mm</b> ] 70 ≥37 0 <37!	s <sub>max</sub>

Beachten Sie, dass das Verfahren des zweiaxialen Biegens für die Bewehrungsberechnung verwendet wurde.

σ<sub>c.lim</sub>

σ<sub>s.lim</sub>

[mm<sup>2</sup>] [mm<sup>2</sup>] [mm<sup>2</sup>] [mm<sup>2</sup>] 245≤ 904 **1608** ≤4900

[-]

0,56 🖌

# 2.4 Plattenbemessung

# 2.4.1 Verwendetes Beispiel

# **GEOMETRIEEINGABE**

#### Projektdaten: 2D-Umgebung = Platte XY

runddaten	Funktionalität Aktio	nen Einheitensystem	Projektschut	Z		
	- IDENTIFIKATION			MATERIAL		
	Name:	Example project		Beton	<ul> <li>Image: A start of the start of</li></ul>	
	Teil:	ACT Reinforced Concr	ete	Material Bewehrungstahlmat	C20/25 B 500A	×
	Beschreibung:	Plate design		Stahl		
1	Autor:	Scia Engineer		Aluminium		
	Datum:	27.07.2011		Holz Stahlfaserbeton		
				- Verschiedenes		
	Tragwerk:	😴 Platte XY	*	NORM		
	Postprozessor	🇳 Standard	v	Norm:		¥
	Modell:	🕅 Ein	*	Nationalanhang:		
		Information 64-Bit-Ve	onen zur	C-EN		¥

Der im Projektdatenfenster ausgewählte Bewehrungsmaterial (z. B. B500A) definiert die Stahlqualität, die für die theoretische Bewehrungsbemessung verwendet wird.



# Eigenschaften der Platte und der Linienauflager:

			<b>x</b>		
2D-TE	EIL (1)	2	LINIENAUFLAGER AUF	2D-BAUTEIL-KANTE (1)	
S 🖊 🎋 🖬 🛣 🛛	z = <u>5</u>				
Name	Slab1		Name	Sle1	
Layer	Laag1	$\sim$ $\Xi$	Lagertyp	Gelenkig	$\sim$
Stabtyp	Standard	$\sim$	Z	Starr	$\sim$
Elementverhalten	Standard-FEM	$\sim$	Rx	Frei	~
Тур	Platte (90)	$\sim$	Ry	Frei	~
Form	Eben		2D-Teil	Slab1	
Material	C20/25	$\sim$ $\Xi$	Rand	4	~ =
FEM-Modell	Isotropisch	$\sim$	▼ GEOMETRIE		
Nichtlineares FEM-Modell	keine	$\sim$	System	GKS	$\sim$
Verlauf der Plattendicke	konstant	$\sim$	Koordinaten-Definition	Relativ	$\sim$
Plattendicke Dicke [mm]	250		Position x <sub>1</sub>	0,000	
LKS-Typ	Standard	$\sim$	Position x <sub>2</sub>	1,000	
LKS-Winkel [deg]	0,00	<b>=</b>	Ursprung	Von Anfang	~
		_			

# 🔸 Last

⇒ Lastfälle und Lastgruppen

Lastfall	Einwirkungstyp	Lastgruppe	Bezug	EC1 - Lasttyp
Eigengewicht	ständig sind	LG1	/	/
Wände	ständig sind	LG1	/	/
GZ-Last	variabel	LG2	Standard	Kat.B: Büroräume

Lastfälle			×	🔳 L	astgruppen					×
🖻 -1 🖸 🕩 🛢 4	h 🐟 🗢 🛅 🕞 🕗 Al	le	• <b>T</b>	e -	-: 🗠 🕩 🖬	4 4			le	· T
LC1 - Self weight	Name	LC1		LG1				Name	LG2	
LC2 - Walls	Beschreibung	Selfweight		LG2				Status	Standard	~
LC3 - Sevice load	Einwirkungstyp	Ständig	~				В	elastung	Variabel	~
	Lastgruppe	LG1	×					Struktur	Gebäude	
	Lasttyp	Eigengewicht	*					Lasttyp	Kat.B: Büroräume	~
	Richtung	-Z	*							
Neu Einfügen Be	earbeiten Löschen		Schließen	Neu	Einfügen	Bearbeiten	Lösche	n	Schlie	eßen

⇒ *LF-Kombinationen* 

# Typ EN-GZT (STR/GEO) Gruppe B

Typ EN-GZG quasi ständig

LF-Kombinationen					×
et -: 🖸 🕩 🛢	A # 1	Spezi	fikation der Ko	mbinatione 👻	
GZT – Gruppe B (aut			Name	GZG – quasi (automatisch	)
GZG - char. (automat			Beschreibung		
GZG – quasi (automa			Тур	EN-GZG quasi ständig	
		Automatis	h aktualisiert	Image: A start and a start	
			Struktur	Gebäude	
		A	tive Beiwerte		
	<ul> <li>Kombi</li> </ul>	nationsge	halt		
		LC1 -	Self weight [-]	1,00	
			LC2 - Walls [-]	1,00	
		LC3 - 5	Sevice load [-]	1,00	
	Aktionen				
				In Umhüllenden auflösen	>>>
			In lineare	Kombinationen auflösen	>>>
			Entfaltete EN	-Kombinationen anzeigen	>>>
Neu Einfügen B	earbeiten	Löschen		Schlie	eßen

⇒ Ergebnisklassen

### Alle GZT+GZG

		Alle	Y. T
	1	Name	Alle GZT+GZ G
Bes	schrei	bung	
Liste			
			GZT – GruppeB (automatisch) - EN-GZT (STR/GEO) GruppeB
			GZG – char. (automatisch) - EN-GZG charakteristisch
			GZG – quasi (automatisch) - EN-GZG quasi ständig
	Be:	Beschrei	Name Beschreibung

#### 🔸 FE-NETZ

⇒ Einführung

2 Arten von finiten Elementen sind in SCIA Engineer implementiert:

- Das **Mindlin-Element** einschließlich Schubkraftverformung, dies ist der Standard in SCIA Engineer. Die Mindlin-Theorie ist gültig für die Berechnung von sowohl dünnen als auch dicken Platten.
- Das **Kirchhoff-Element** ohne Querkraftverformung, womit nur dünne Platten berechnet und bemessen werden können.

Der für die aktuelle Berechnung verwendete Elementtyp wird im Menü Werkzeuge > Berechnung & FE-Netz > Rechenkerneinstellungen definiert:

Rechenkern einstellen		×
Name	SolverSetup1	
Lastfälle für lineare Berechnung angeben		
▲ Erweiterte Rechenkern-Einstellungen		
▲ Allgemein		
Stabverformung infolge Schub vernachlässigen (Ay, Az >> A)		
Schubmitten-Ausmitte vernachlässigen	Image: A state of the state	
FEM-Ansatz für 2D-Kontinuum	Mindlin	*
Typ des Gleichungslösers	Direkt	*
Mindestanzahl der Schnitte am Bauteil	10	
Warnung, falls Höchstverschiebung größer als [mm]	1000,0	
Warnung, falls Höchstverdrehung größer als [mrad]	100,0	
Bewehrungsbeiwert	1	
Mittwirkende Plattenbreite der Rippen		
Mittwirkende Plattenbreite als Vielfaches der Plattendicke	20	
<ul> <li>Erkennung des benachbarten Trägers/Rands</li> </ul>		
Toleranz für Parallelität [deg]	10,00	
Betonträger (automatische Berechnung nach EN 1992-1-1, Artikel 5.3.2.1)		
b Stahl-Narhundträgar (automatische Rerechnung nach FN 1994-1-1 Artikel 5.4.1.2 und 5.4.2.1)		
	ОК	Abbruch

# ⇒ Netzgenerierung

Über das Werkzeugmenü → Berechnung & Fe-Netz → FE-Netz generieren

#### ⇒ Grafische FE-Netzanzeige

Anzeigeeinstellungen für alle Entitäten festlegen, über den rechten Mausklick im Bildschirm oder mehrere Optionen > Anzeigeeinstellungen für alle Entitäten festlegen



- Strukturregister → Netz → FE-Netz zeichnen
- Beschriftungsregister → Netz → Kennungen anzeigen
- ⇒ Netzverdichtung

Über das Werkzeugmenü → Berechnung & FE-Netz-Einstellungen

Standardgröße von 2D-Elementen (FE-Netz) = 1 m

FE-Netz einstellen		>
Name	MeshSetu	ıp1
Durchschnittliche Anzahl an 1D-Netzelementen an geraden 1D-Bauteilen	1	
Mittlere Größe des 1D-Netzelements an gekrümmten 1D-Bauteilen (m).	1.000	
Mittlere Größe des 2D-Netzelements [m]	1,000	
Teile/Knoten koppeln		
Erweiterte Netzeinstellungen		
	OK	Abbruck

#### ODER

Vor dem Ausführen der Berechnung kann die Netzdichte im FE-Analysefenster geändert werden.



'Grundregel' für die Größe der 2D-Netzelemente: Nehmen Sie das 1 bis 2-Fache der Dicke der Platten im Projekt ein. Nehmen Sie für dieses Beispiel eine Netzdichte von 0,25 m.



# 2.4.2 Ergebnisse für die lineare Berechnung

# SPEZIFIKATION DER ERGEBNISSE

Wechseln Sie nach der Ausführung der linearen Berechnung zum Ergebnismenü  $\rightarrow$  2D-Bauteile  $\rightarrow$  2D-Schnittgrößen.

Geben Sie das gewünschte Ergebnis im Eigenschaftenbereich an:

লি	
ERGEBNIS	SE (1)
Name	2D-Schnittgrößen
▼ AUSWAHL	
Auswahltyp	Alle 🗸 🗸
Filter	Nein 🗸
▼ ERGEBNISSFALL	
Lasttyp	LF-Kombinationen $\sim$
Kombination	GZT – Gruppe B (automa $\vee$
Umhüllende (für 2D-Zeichnung)	Absolute Extremwerte $\sim$
Umverteilung von Spitzenwer	$\bigcirc$
Position	Mittelwerte in Knoten - t $\vee$
System	LKS-Netzelement $\sim$
Extremwerte	Global 🗸
Werte	Grundgrößen 🗸
Werte	m_x ~
▼ AUSGABEEINSTELLUNGEN	
Kombinationsvorschrift druck	
Standardergebnisse	
Ergebnisse an Schnitten	$\bigcirc$
Ergebnisse an Kanten	$\bigcirc$
► TABELLENEINRICHTUNG	
EINSTELLUNGEN FÜR FEHLEF	R, WARNUNG UND HINWEISE
AKTIONEN >>>>	
😂 Aktualisieren	F5
Neue Kombination aus Kon	nbinationsvorschrift
Zeichnen einstellen 2D	
S Ergebnistabelle	
Protokollvorschau	

#### System:

- LKS-Netzelement: entsprechend den lokalen Achsen der einzelnen Netzelemente
- LKS 2D-Teil: gemäß dem LKS des 2D Teils (<u>Achten Sie darauf</u> beim Arbeiten mit Schalenelementen!)

Position: 4 verschiedene Möglichkeiten, um nach den Ergebnissen zu fragen, siehe Kapitel Ergebnisse

Schnittgrößentyp: Grundgrößen, Hauptgrößen oder Bemessungsgrößen, siehe Anhang 1

Nach den Änderungen im Eigenschaftenbereich müssen Sie immer die Aktion 'Aktualisieren' ausführen.

#### 🖶 ERGEBNISTYPEN

⇒ Grundgrößen

Kombination = GZT; Schnittgrößentyp = Grundgrößen; Umhüllende = Minimum; Werte = m\_x



Dies sind die charakteristischen Werte der de FE-Analyse in der Mitte der Platte.

⇒ Elementare Bemessungsgrößen

Kombination = GZT; Schnittgrößentyp = Bemessungsgrößen; Umhüllende = Maximum; Werte = m\_xD+



Die Konvention für das Zeichen der Designmomente wurde seit dem V17 Postprozessor geändert. Ein Moment ist jetzt positiv, wenn es eine Zugkraft an der Unterseite der Platte verursacht, und negativ, wenn es zu Zugkraft an der Oberseite der Platte führt.

Im Postprozessor v16 ist ein Bemessungsmoment positiv, wenn Sie für diesen Moment bewehren sollten. Das bedeutet, dass für einen positiven Wert für m\_xD+ eine Zugkraft an der Oberseite der Platte vorhanden ist und dass für einen positiven Wert für m\_xD- eine Zugkraft an der Unterseite der Platte vorhanden ist.

Verfügbare Werte sind mxD, myD und mcD, wobei 'D' für Bemessung steht. '+' bzw. '-' stehen für die Werte an der positiven und negativen Seite der lokalen z Achse des 2D-Bauteils.

Also beispielsweise ist mxD+ der Moment, der für die Bemessung der oberen Bewehrung in lokaler Richtung x des 2D-Bauteils verwendet wird.

Die Berechnung der Bemessungsmomente für *Platten* und *Schalen* nach dem EC2-Algorithmus folgt dem Diagramm aus CSN P ENV 1992-1-1, Anhang 2 Abschnitt A2.8.



Was geschieht, ist, dass für die 3 charakteristischen (Biege- und Torsionsmomente) ein äquivalenter Satz von 3 Bemessungsmomenten berechnet wird:

Mx		mxD	
Meine	≈		Myd
mxy		Mcd	

Es liegt auf der Hand, dass mxD und myD die Momente sind, die für die Bewehrungsbemessung in die jeweilige Richtung zu verwenden sind. Die Menge mcD ist das Bemessungsmoment, das vom Beton aufgenommen werden muss. Der Eurocode erwähnt keinen Nachweis für diesen Wert, ist aber in SCIA Engineer aus Gründen der Vollständigkeit verfügbar.

Die Berechnung der Bemessungskräfte für *Wände* gemäß EC2 folgt der Tabelle aus CSN P ENV 1992-1-1, Anhang 2 Abschnitt A2.9.



Wenn Membraneffekte vorhanden sind, wird für die 3 charakteristischen Membrankräfte ein äquivalenter Satz von 3 Bemessungskräften berechnet:

Nx	-	nxD
Ny	*	nyD
nxy		Ncd

Die Menge ncD hat hier eine eindeutige Bedeutung: Es ist die Druckkraft, die durch die Betondruckstrebe aufgenommen werden muss. Um sicherzustellen, dass keine Betonquellung auftritt, sollte daher der Wert ncD auf ≤ fcd geprüft werden.

**<u>Achtung</u>**: Diese Bemessungsmagnituden sind nicht die, die von SCIA Engineer für die Bewehrungsbemessung im Betonmenü verwendet. Dort wird ein viel verfeinerteres Transformationsverfahren implementiert, um die Bemessungsmagnituden aus den Grundgrößen zu berechnen.

⇒ Hauptgrößen

Ergebnismenü  $\rightarrow$  2D-Teile  $\rightarrow$  2D-Spannungen/Dehnungen

Kombination = GZT; Schnittgrößentyp = Hauptspannung; Umhüllende = Maximum; Werte =  $\sigma$ 1+



'1' und '2' beziehen sich auf die Hauptrichtungen, die basierend auf dem Mohr'schen Kreis berechnet wurden.

Die erste Richtung ist die Richtung des maximalen Zugs (oder des Mindestdrucks). Die zweite Richtung ist die Richtung des maximalen Drucks (oder Mindestzugs).

Denken Sie daran, dass die wirtschaftlichsten Bewehrungsrichtungen diejenigen sind, die den Trajektorien der Hauptrichtungen folgen!

#### VERGLEICH MINDLIN Ø KIRCHHOFF .

 $\Rightarrow$ Querkraft vx



Kombination = GZT; Schnittgrößentyp = Grundgrößen; Umhüllende = Maximum; Werte = v\_x



⇒ Torsionsmoment mxy



Kombination = GZT; Schnittgrößentyp = Grundgrößen; Umhüllende = Maximum; Werte = m\_xy

**<u>Fazit</u>:** Kirchhoff gibt die erwarteten Querkraftwerte, Mindlin die erwarteten Torsionsmomente.

# 2.4.3 Betoneinstellungen

#### **4** ALLGEMEINE EINSTELLUNGEN

⇒ Einstellung 1: Nationale Ermittelte Parameter

Datei  $\rightarrow$  Projekteinstellungen  $\rightarrow$  Nationalanhang [...]  $\rightarrow$  EN 1992-1-1 [...] ODER

Klicken Sie auf die Markierung oben rechts in SCIA Engineer → Manage Anhang → EN 1992-1-1 [...]

Beton-Einstellungen			
Werte	EC-EN	Name EC-EN	
NA Gebäude 🗸	Beton	4 Beton	
Typ der Funktionali	- Allgemein	▲ Allgemein	
Hohlkörperbalken 🔽	Betonbewehrung	▲ Beton	
Vorspannung 🗹	Vorspannbewehrung	<ul> <li>Nationalanhang</li> </ul>	
	- Dauernaftigkeit und Deckung des Bet	▲ EN_1992_1_1	
	- GZT - Allgemein	<ul> <li>Y<sub>SH</sub> - Teilsicherheitsbeiwert f ür Ein</li> </ul>	
	GZT - Durchstanzen	Wert[-] 1,00	
	GZG - Allgemein	<sup>4</sup> γ <sub>C</sub> – Teilbeiwert für die Bemessung	
	E Konstruktive Auflagen	Werte [-] 1,50/1,20	
	- Allgemeine konstruktive Auflagen	f <sub>ck,max</sub> - Höchstwert der charakteri:	
	Durchstanzen	Wert [MPa] 90,00	
		<ul> <li>a<sub>cc</sub> - Beiwert f ür die Langzeiteffekte</li> </ul>	
		Wert [-] 1,00	
		a <sub>ct</sub> - Beiwert für die Langzeiteflekte	
		Wert[-] 1,00	
		* k <sub>1,red</sub> - Beiwert zur Berechnung des	
		Wert [-] 0,44	
		K2,red - Beiwert zur Berechnung des Formel Formel	
		A k Poimert zur Perschnung der	
		Wort 1.1 0.54	
		4 k Beiwert zur Berechnung des	
		Formel Formel	
		4 ks Beiwert zur Berechnung des	
		Wert [-] 0.70	
		4 ke me - Beiwert zur Berechnung des	
		Wortfl 0 90	
Aller auswählen Auswahl aufheb	en Altualisieren	Standard NAD Parameter einlesen	OK Abbr

⇒ Einstellung 2: Betoneinstellungen

#### Betonmenü → Betoneinstellungen

sichten:	Vollständige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 👻 Stan	dardwe	rte e	in	Suc	hen				Nationa	alanhang:
Bes	chreibung	Symbo	l.	Wert		Standard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachw
call>	Q	<all></all>	2	<all></all>	ρ	<all> D</all>		<all> D</all>	<all> D</all>	<all> D</all>	<all> D</all>
Gru	ndda ten der Bemessung										
Þ	Bewehrung										
Þ	Mindestdeckung										
Reck	nenkern Einstellungen										
	Allgemein										
	Grenzwert des Einheitsnachweises	Nachwe	is	1,0		1,0			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
	Grenzwert des Einheitsnachweises für nicht berechne	NICHT_	BE	3,0		3,0			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
	Beiwert für die Berechnung der Nutzhöhe des Quersc	Coeffd		0,9		0,9			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
	Beiwertzur Berechnung des inneren Hebelarms	Coeffz		0,9		0,9			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
	Beiwertzur Ermittlung des Druckglieds	Coeff <sub>cor</sub>	m	0,1		0,1			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
	Kriechen und Schwund										
	Betonalter zum Betrachtungszeitpunkt	t		18250,00		18250,00	Tag	3.1.4.B.1-2	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenk
	Relative Feuchte	RH		50		50	%	3.1.4.B.1-2	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenk
	Eingabe des Kriechbeiwerttyps	Typ φ(t,	to)	Auto		Auto		3.1.4(2)	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenk
	Betonalter bei Belastungsbeginn	t <sub>0</sub>		28,00		28,00	Tag	3.1.4(2),B1	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenk
	Trocknungs- und Autogenschwindung berücksich	Typ Ecs(	t,ts)	Auto		Auto		3.1.4(6)	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenk
	Betonalter zu Beginn der Trocknungsschwindung	ts		7,00		7,00	Tag	3.1.4(6),B2	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenk
	4 GZG										
	Wirksames Elastizitätsmodul des Betons verwenden							7.1(2)	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenk
	Standardverschieblichkeit										

Alle In einer der beiden allgemeinen Einstellungen vorgenommenen Anpassungen sind für das **gesamte Projekt** gültig.

#### **4** TEILE-DATEN

Die Daten aus den allgemeinen Einstellungen pro 2D-Bauteil können überschrieben werden, also über Teildaten. Dies wird an jedem 2D-Bauteil automatisch definiert (das gleiche gilt für 1D-Bauteile).

		2D-TE	IL (1)	> 2D-5	TAHL	BETON	DATE	N (1)	
₿	ø	76	٢	<b>5</b>			٩		
				Name	СМ	D2D			Π
			2	2D-Teil	Sla	b1			
			Baute	eil-Typ	Pla	tte			$\sim$
▼ G	RUNDI BEWE PLA	DATEN HRUN ATTE ÄNGSE	DER B G BEWEH	IRUNG	SUNG	2			
Bom	essung	uer ar	igegei	ene	Plat	e la			
Bem	essung	svoria	ge der	ang	Pla	ce			
		OREN	M	aterial	BS	JUA			~ ==
		Тур	der De	ckung	Aut	0			$\sim$
	т	yp der	erste	n Lage	Нац	ptsys	tem		$\sim$
Durc	hmess	er der	ersten	Ebe	10,0	0			$\sim$
Wink	el der l	Richtu	ng der	erst	0,00	0			
	Ту	p der z	weite	n Lage	Нац	ptsys	tem		$\sim$
Durch	nmess	er der a	weite	n Eb	10,0	0			$\sim$
Winke	l der R	lichtun	g der	zwei	90,0	00			
		UNTE	N (Z-)		-				
		Тур	der De	ckung	Aut	0			$\sim$
	Ţ	yp der	erste	n Lage	Нац	ptsys	tem		$\sim$

# 2.4.4 Bemessung im GZT

#### BEWEHRUNGSBEMESSUNG

⇒ Schnittgrößen

#### Bemessungsmenü →2D-Beton→ Schnittgrößen

Grundbewehrung (Schwerpunkt): Die hier gezeigten Werte sind genau die gleichen wie im Ergebnismenü; sie werden vom FEM-Rechenkern ermittelt.

Bemessung (Schwerpunkt): Die hier gezeigten Werte unterscheiden sich von den Werten im Ergebnismenü.

- Die Bemessungsmagnituden im **Ergebnismenü** werden vom FEM-Rechenkern nach einigen einfachen Formeln gemäß EC-ENV ermittelt.
- Die Bemessungsmagnituden im Betonmenü werden mit dem **Rechenkern NEDIM** berechnet, wo ein viel feinerer Umwandlungsprozess implementiert ist, die auf der Theorie von Baumann basieren. Dies sind die Werte, die für die Bewehrungsbemessung von SCIA Engineer verwendet werden.

#### Theorie von Baumann:

#### 1) Ermittlung des Hebelarms.

Der Hebelarm ist für die Berechnung der Oberflächenkräfte erforderlich. Wert z wird in Richtung des Winkels des ersten Hauptmoments berechnet. Die Schnittgrößen werden neu berechnet und ein Querschnitt wird in diese Richtung erstellt. Die Bewehrung wird für diese neu berechneten Kräfte ausgelegt und von der bemessenen Bewehrung wird der innere Hebelarm berechnet.

Hauptspannungen und Richtungen an beiden Oberflächen

$$\alpha_{z} = -8.01$$

Neu berechnetes Biegemoment zur Richtung des inneren Hebelarms

mz = 92739.2 (die Normalkraft wird zur Berechnung des inneren Hebelarms nicht berücksichtigt)

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 20 \cdot 10^6}{1.5} = 13.33 \text{ MPa}$$
  

$$d = 210 \text{ mm}$$
  

$$\eta = 1 - 0.5 \cdot \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{cu2}} = 1 - 0.5 \cdot \frac{0.0018}{0.0035} = 0.75$$
  

$$\beta = 1 - \frac{\frac{\varepsilon_{cu2}^2}{2} - \frac{\varepsilon_{c2}^2}{6}}{\varepsilon_{cu2}^2 - \frac{\varepsilon_{cu2} \cdot \varepsilon_{c2}}{2}} = 1 - \frac{\frac{0.0035^2}{2} - \frac{0.0018^2}{6}}{0.0035^2 - \frac{0.0035 \cdot 0.0018}{2}} = 0.389$$
  

$$\xi_{bal} = \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2} + \frac{f_{yk}}{\gamma_5 \cdot \varepsilon_5}} = \frac{0.0035}{0.0035 + \frac{500}{1.15 \cdot 200000}} = 0.617$$
  

$$x_{bal} = \xi_{bal} \cdot d = 0.617 \cdot 210 = 0.13$$
  

$$x = \frac{d}{2 \cdot \beta} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 4 \cdot \beta \cdot \frac{abs(m_2)}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}}\right)$$
  

$$= \frac{0.21}{2 \cdot 0.389} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 4 \cdot 0.389 \cdot \frac{abs(92739)}{1000 \cdot 0.21^2 \cdot 0.75 \cdot 13.33}}\right) = 49 \text{ mm}$$
  

$$z = d - \beta \cdot x = 210 - 0.389 \cdot 49 = 191 \text{ mm}$$
  

$$z_{+} = 106 \text{ mm}$$
  

$$z_{-} = 85 \text{ mm}$$

Wenn der Wert z nicht ermittelt werden kann, wird er nach Formel berechnet: z = 0,9 \* d

#### 2) Berechnung der Normalkräfte an den Oberflächen des 2D-Elements.

Die eingegebenen Schnittgrößen werden für beide Oberflächen gemäß den folgenden Formeln neu berechnet:

Einfache Membrankräfter an der unteren Oberfläche

$$n_{x.} = \frac{n_x}{2} + \frac{m_x}{z} = \frac{0}{2} + \frac{91.1}{0.191} = 476.4 \text{ kN/m}$$
  

$$n_{y.} = \frac{n_y}{2} + \frac{m_y}{z} = \frac{0}{2} + \frac{7.61}{0.191} = 39.8 \text{ kN/m}$$
  

$$n_{xy.} = \frac{n_{xy}}{2} + \frac{m_{xy}}{z} = \frac{0}{2} + \frac{-12}{0.191} = -62.6 \text{ kN/m}$$

Einfache Membrankräfte an der oberen Oberfläche

$$n_{x+} = \frac{n_x}{2} - \frac{m_x}{z} = \frac{0}{2} - \frac{91.1}{0.191} = -476.4 \text{ kN/m}$$
  

$$n_{y+} = \frac{n_y}{2} - \frac{m_y}{z} = \frac{0}{2} - \frac{7.61}{0.191} = -39.8 \text{ kN/m}$$
  

$$n_{xy+} = \frac{n_{xy}}{2} - \frac{m_{xy}}{z} = \frac{0}{2} - \frac{-12}{0.191} = 62.6 \text{ kN/m}$$

3) Berechnung der Hauptkräfte an Oberflächen des 2D-Elements.

Die Hauptkräfte an beiden Oberflächen und die Richtung der ersten Hauptkraft werden nach den folgenden Formeln berechnet:

Hauptkräfte an der unteren Oberfläche

$$n_{I.} = \frac{n_{x.} + n_{y.}}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\left(n_{x.} - n_{y.}\right)^{2} + 4 \cdot n_{xy.}^{2}}$$

$$= \frac{476.4 + 39.8}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\left(476.4 - 39.8\right)^{2} + 4 \cdot -62.6^{2}} = 485.2 \text{ kN/m}$$

$$n_{II.} = \frac{n_{x.} + n_{y.}}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\left(n_{x.} - n_{y.}\right)^{2} + 4 \cdot n_{xy.}^{2}}$$

$$= \frac{476.4 + 39.8}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\left(476.4 - 39.8\right)^{2} + 4 \cdot -62.6^{2}} = 31.0 \text{ kN/m}$$

$$\alpha_{I.} = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot n_{xy.}}{n_{x.} - n_{y.}}\right) = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot -62.6}{476.4 - 39.8}\right) = -8^{\circ}$$

Spannungszustand: elliptischerZug

Hauptkräfte an der oberen Oberfläche

$$n_{l+} = \frac{n_{x+} + n_{y+}}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\left(n_{x+} - n_{y+}\right)^2 + 4 \cdot n_{xy+}^2}$$

$$= \frac{-476.4 + -39.8}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\left(-476.4 - -39.8\right)^2 + 4 \cdot 62.6^2} = -31.0 \text{ kN/m}$$

$$n_{ll+} = \frac{n_{x+} + n_{y+}}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\left(n_{x+} - n_{y+}\right)^2 + 4 \cdot n_{xy+}^2}$$

$$= \frac{-476.4 + -39.8}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\left(-476.4 - -39.8\right)^2 + 4 \cdot 62.6^2} = -485.2 \text{ kN/m}$$

$$\alpha_{l+} = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot n_{xy+}}{n_{x+} - n_{y+}}\right) - 90 = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot 62.6}{-476.4 - -39.8}\right) - 90 = -98 \text{ °}$$
Spannungszustand: elliptischer Druck

4) Neuberechnung der Hauptkräfte an beiden Oberflächen in eingegebene Richtungen.

Die Neuberechnung der Hauptkräfte zur eingegebenen Richtung wird für beide Oberflächen separat unter Verwendung der Baumann'schen Transformationsformel ausgeführt.

# Bemesssungsmembrankräfte an Oberflächen

Bemessungsmembrankräfte in den Richtungen der Bewehrung an der unteren Oberfläche

$$\begin{array}{l} \alpha_{1.}=\alpha_{inp,1.}-\alpha_{1.}=0\,-.8=8\ ^{\circ}\\ \alpha_{2.}=\alpha_{inp,2.}-\alpha_{1.}=90\,-.8=98\ ^{\circ}\\ \alpha_{3.}=\alpha_{con.}-\alpha_{1.}=45\,-.8=53\ ^{\circ} \end{array}$$

$$n_{1-} = \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_{2-}) \cdot \sin(\alpha_{3-}) + n_{11-} \cdot \cos(\alpha_{2-}) \cdot \cos(\alpha_{3-})}{\sin(\alpha_{2-} - \alpha_{1-}) \cdot \sin(\alpha_{3-} - \alpha_{1-})}$$

$$= \frac{485.2 \cdot \sin(98) \cdot \sin(53) + 31.0 \cdot \cos(98) \cdot \cos(53)}{\sin(98 - 8) \cdot \sin(53 - 8)} = 539.0 \text{ kN/m}$$

$$n_{2-} = \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_{3-}) \cdot \sin(\alpha_{1-}) + n_{11-} \cdot \cos(\alpha_{3-}) \cdot \cos(\alpha_{1-})}{\sin(\alpha_{3-} - \alpha_{2-}) \cdot \sin(\alpha_{1-} - \alpha_{2-})}$$

$$= \frac{485.2 \cdot \sin(53) \cdot \sin(8) + 31.0 \cdot \cos(53) \cdot \cos(8)}{\sin(53 - 98) \cdot \sin(8 - 98)} = 102.5 \text{ kN/m}$$

$$n_{c-} = \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_{1-}) \cdot \sin(\alpha_{2-}) + n_{11-} \cdot \cos(\alpha_{1-}) \cdot \cos(\alpha_{2-})}{\sin(\alpha_{1-} - \alpha_{3-}) \cdot \sin(\alpha_{2-} - \alpha_{3-})}$$

$$= \frac{485.2 \cdot \sin(8) \cdot \sin(98) + 31.0 \cdot \cos(8) \cdot \cos(98)}{\sin(8 - 53) \cdot \sin(98 - 53)} = -125.3 \text{ kN/m}$$

Bemessungsmembrankräfte in den Richtungen der Bewehrung an der oberen Oberfläche

 $\begin{aligned} \alpha_{1+} &= \alpha_{inp,1+} - \alpha_{1+} = 0 - .98 = 98 \circ \\ \alpha_{2+} &= \alpha_{inp,2+} - \alpha_{1+} = 90 - .98 = 188 \circ \\ \alpha_{3+} &= \alpha_{con+} - \alpha_{1+} = 135 - .98 = 233 \circ \end{aligned}$ 

$$n_{1+} = \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{2+}) \cdot \sin(\alpha_{3+}) + n_{11+} \cdot \cos(\alpha_{2+}) \cdot \cos(\alpha_{3+})}{\sin(\alpha_{2+} - \alpha_{1+}) \cdot \sin(\alpha_{3+} - \alpha_{1+})}$$

$$= \frac{-31.0 \cdot \sin(188) \cdot \sin(233) + -485.2 \cdot \cos(188) \cdot \cos(233)}{\sin(188 - 98) \cdot \sin(233 - 98)} = -413.8 \text{ kN/m}$$

$$n_{2+} = \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{3+}) \cdot \sin(\alpha_{1+}) + n_{11+} \cdot \cos(\alpha_{3+}) \cdot \cos(\alpha_{1+})}{\sin(\alpha_{3+} - \alpha_{2+}) \cdot \sin(\alpha_{1+} - \alpha_{2+})}$$

$$= \frac{-31.0 \cdot \sin(233) \cdot \sin(98) + -485.2 \cdot \cos(233) \cdot \cos(98)}{\sin(233 - 188) \cdot \sin(98 - 188)} = 22.8 \text{ kN/m}$$

$$n_{c+} = \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{1+}) \cdot \sin(\alpha_{2+}) + n_{11+} \cdot \cos(\alpha_{1+}) \cdot \cos(\alpha_{2+})}{\sin(\alpha_{1+} - \alpha_{3+}) \cdot \sin(\alpha_{2+} - \alpha_{3+})}$$

$$= \frac{-31.0 \cdot \sin(98) \cdot \sin(188) + -485.2 \cdot \cos(98) \cdot \cos(188)}{\sin(98 - 233) \cdot \sin(188 - 233)} = -125.3 \text{ kN/m}$$

5) Berechnung der virtuellen Kräfte an beiden Oberflächen in den eingegebenen Richtungen.

Die virtuellen Kräfte sind notwendig, um die Druck-/Zugkräfte an der Oberfläche wieder zum Mittelpunkt der Platte umzuwandeln. Die virtuelle Kraft stellt die äquivalente Kraft auf der anderen Seite der Platte dar.





6) Neuberechnung der Kräfte an Oberflächen zum Schwerpunkt des Querschnitts.

Mit transformierten Bemessungsschnittgrößen und virtuellen Schnittgrößen können die Schnittgrößen im Mittelpunkt der Platte berechnet werden.

#### Bemessungsschnittgrößen in der Schwerpunktebene

```
Bemessungsschnittgrößen in den Richtungen der Bewehrung an der unteren Oberfläche, neu berechnet zur Schwerpunktebene n_{Ed1.} = n_{1.} + n_{1+,virt} = 539.0 + .413.8 = 125.3 kN/m

m_{Ed1.} = n_{1.} \cdot z_{.} - n_{1+,virt} \cdot z_{+} = 539.0 \cdot 85 - .413.8 \cdot 106 = 89.7 kNm/m

n_{Ed2.} = n_{2.} + n_{2+,virt} = 102.5 + 22.8 = 125.3 kN/m

m_{Ed2.} = n_{2.} \cdot z_{.} - n_{2+,virt} = 102.5 \cdot 85 - 22.8 \cdot 106 = 6.3 kNm/m

n_{Ed3.} = n_{c.} + n_{c+,virt} = .125.3 + .125.3 = .250.6 kN/m

m_{Ed3.} = n_{c.} - n_{c+,virt} = .125.3 \cdot 85 - .125.3 \cdot 106 = 2.6 kNm/m

Bemessungsschnittgrößen in den Richtungen der Bewehrung an der oberen Oberfläche, neu berechnet zur Schwerpunktebene

n_{Ed1+} = n_{1+} \cdot n_{1-,virt} = .413.8 + 539.0 = 125.3 kN/m

m_{Ed2+} = n_{2+} + n_{2-,virt} \cdot z_{.} = .-413.8 \cdot 106 + 539.0 \cdot 85 = 89.7 kNm/m

n_{Ed2+} = n_{2+} + n_{2-,virt} = .22.8 + 102.5 = 125.3 kN/m

m_{Ed2+} = n_{2+} + n_{2-,virt} = .22.8 + 102.5 = 125.3 kN/m

m_{Ed2+} = n_{2+} \cdot z_{+} + n_{2-,virt} \cdot z_{.} = .22.8 \cdot 106 + 102.5 \cdot 85 = 6.3 kNm/m

n_{Ed3+} = n_{c+} \cdot x_{+} + n_{2-,virt} \cdot z_{.} = .22.8 \cdot 106 + 102.5 \cdot 85 = 6.3 kNm/m

m_{Ed3+} = n_{c+} + n_{c-,virt} = .125.3 + .125.3 = .250.6 kN/m

m_{Ed3+} = n_{c+} + n_{c-,virt} \cdot z_{.} = .-125.3 \cdot 106 + .125.3 \cdot 85 = 2.6 kNm/m
```

Verfügbare Werte: mEd,1+, mEd,2+, mEd,c+, mEd,1-, mEd,2-, mEd,c-, nEd,1+, nEd,2+, nEd,c+, nEd,1-, nEd,2-, nEd,c- und vEd. "+" und "-" stehen für die Bemessungswerte auf der positiven und der negativen Seite der lokalen z-Achse des 2D-Bauteils. "1" und "2" stehen für die Bewehrungsrichtungen, die standardmäßig die lokale x- und y- Richtung des 2D-Bauteils sind. (mEd,c+ und mEd,c- sind die Bemessungsmomente, die der Beton aufnehmen müsste, diese jedoch keine reale Bedeutung für die Bewehrungsbemessung haben.)

Kombination = GZT; Typwerte = Bemessungsschnittgrößen ; Wert = mEd,1+



Vergleichen Sie das Ergebnis für mEd,1+ (Betonmenü) mit dem Ergebnis für den Äquivalenten Wert mxD+ (Ergebnismenü) auf Seite 120.

Trotz verschiedener Transformationsverfahren wird die allgemeine Abbildung der Ergebnisse für die *orthogonale* Bewehrungsrichtungen (gemäß den lokalen Achsen x und y) ähnlich sein. Die größte Differenz wird durch die Verschiebungsregel verursacht, die nur in den vom NEDIM-Rechenkern berechneten Bemessungsmagnituden (Werte mEd,1 und mEd,2) berücksichtigt wird.

Die <u>Verschiebungsregel</u> berücksichtigt die durch die Querkraft verursachte zusätzliche Zugkraft durch Verschiebung der Momentenlinie um einen Abstand ai. ai ist wie im Bild unten ermittelt.



Die Verschiebungsregel wird in den Standard-Betoneinstellungen berücksichtigt. Sie können diese Option in den Betoneinstellungen deaktivieren.

Anzeigeeinsteit • Star	luaruwerte	Su 30	uleii				Nationa	nannang:		
leschreibung	Symbol	Wert	Standard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachw		Bemerkung
rundda ten der Bemessung			-							
Bewehrung										
Mindestdeckung										
echenkern Einstellungen										
Allgemein		-								
Schnittgrößen										1D: a <sub>i</sub> = Coeff <sub>i</sub> - d - (cot θ - cot α) / 2 2D: a <sub>i</sub> = d
Querkraftreduktion über den Auflagern					6.2.1(8)	EN 1992-1-1	Balken,	Rechenk		
Momentreduktion über den Auflagern					5.3.2.2 (4)	EN 1992-1-1	Balken,	Rechenk		₩ ₩
Verschiebung der Momentkurve zur Berücksichtigung			<b>X</b>		9.2.1.3(2)	EN 1992-1-1	Balken,	Rechenk	~ ~	
Geometrische Imperfektion im GZT	ei,ULS				5.2(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk		
Geometrische Imperfektion im GZG	e <sub>i,SLS</sub>				5.2(3)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk		
Mindestausmitte	e <sub>min</sub>	Ausmitte Th	Ausmitte		6.1(4)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk		Falls EIN, wird die von der Ouerkraft
Ausmitte nach Theorie I. Ordnung mit Ersatzmoment			¥		5.8.8.2(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk		verursachte zusätzliche Zugkraft anhand
Ausmitte nach Theorie II. Ordnung	e2	Nennkrüm	Nennkrü		5.8.5	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk		Verschiebungsregel berücksichtigt
Wirksamer Kriechbeiwert M <sub>0Eqp</sub> /M <sub>0Ed</sub>	Coeff <sub>o,eff</sub>	1,00	1,00		5.8.4(2)	EN 1992-1-1	Stütze	Rechenk		
Anderungen der Schnittgrößen										
Bemessung As, erf										
Umwandlung in Bewehrungsstäbe										
Interaktionsdiagramm										
Schub										

Wenn wir diese Option deaktivieren, liegt das allgemeine Bild von mEd,1+ näher an dem für mxD+ erhaltenen Bild (Seite 120).



⇒ Angegebene Bewehrung

Vor der Berechnung der theoretischen Bewehrung kann einer Platte eine Bewehrungsvorlage hinzugefügt werden. Diese Vorlage kann verwendet werden für:

- Vergleich der Vorlage mit der berechneten theoretischen Bewehrung. Dadurch wird leicht erkennbar, wo diese Grundvorlage nicht ausreichend ist.
- Durchstanzbemessung, Rissbreitennachweis und normenabhängige Durchbiegungen durchzuführen.

#### Die durch die Vorlage hinzugefügte Bewehrung heißt Angegebene Bewehrung.

Um angegebene Bewehrung hinzuzufügen, gehen Sie zum Betonmenü  $\rightarrow$  Betoneinstellungen  $\rightarrow$  Grunddaten der Bemessung

thten: V	ollstän	dige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 👻 Stand	ardwerte ein	Such	en				Nation	alanhang:
Besch	reibung	s	Symbol	Wert	Standard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachwe
Grund	da ten d	ler Bemessung								
⊿ Be	wehrur	ng								
Þ	Träge	r/Rippe								
Þ	Platte	enartiger Balken								
Þ	Stütze	e								
	Platte	2								
	🔺 Lä	ngsbewehrung								
		Bemessung der angegebenen Bewehrung						Unabhängig	Platte,Sc	Grundda
		Bemessungsvorlage der angegebenen Bewehr		Plate	Plate			Unabhängig	Platte,Sc	Grundda
		Oben (z+)								
		Typ der Deckung	Type <sub>C+</sub>	Auto	Auto		4.4.1	EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda
		Durchmesser der ersten Ebene	d <sub>s1+</sub>	10,0	10,0	mm		EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda
		Winkel der Richtung der ersten Lage	α <sub>1+</sub>	0,00	0,00	deg		EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda
		Durchmesser der zweiten Ebene	d <sub>\$2+</sub>	10,0	10,0	mm		EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda
		Winkel der Richtung der zweiten Lage	a2+	90,00	90,00	deg		EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda
	-	Unten (z-)								
		Typ der Deckung	Type <sub>c</sub> .	Auto	Auto		4.4.1	EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda
		Durchmesser der ersten Ebene	d <sub>s1-</sub>	10,0	10,0	mm		EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda
		Winkel der Richtung der ersten Lage	α <sub>1-</sub>	0,00	0,00	deg		EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda
		Durchmesser der zweiten Ebene	d <sub>\$2-</sub>	10,0	10,0	mm		EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda
		Winkel der Richtung der zweiten Lage	a2-	90,00	90,00	deg		EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda
	▲ Sc	hub								
		Durchmesser der Schubbewehrung		8,0	8,0	mm		EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda
▶ Mir	ndestde	eckung								

Klicken Sie auf die 3 Punkte neben 'Bemessungsvorlage der angegebenen Bewehrung'. Dadurch wird ein Fenster mit allen Standardvorlagen geöffnet.



Sie können eine dieser Vorlagen auswählen, eine neue Vorlage erstellen oder eine der vorhandenen Vorlagen bearbeiten. Wählen Sie die erste Vorlage aus und klicken Sie auf 'Bearbeiten'.



In diesem Fenster kann die Bewehrung definiert werden. Die Vorlagen enthalten 2 Arten von Bewehrung:

- Grundbewehrung: Dieser Bewehrungstyp wird über die gesamte Platte hinzugefügt.
- **Zulagenbewehrung:** Dieser Bewehrungstyp wird nur in Bereichen hinzugefügt, in denen gemäß der berechneten theoretischen Bewehrung eine zusätzliche Bewehrung erforderlich ist. Sie können einen einzelnen Durchmesser und einen Abstand als zusätzliche Bewehrung definieren. Oder eine Liste der Bewehrung mit verschiedenen Durchmessern oder verschiedenen Abständen.

<u>Hinweis:</u> In den Bemessungsstandardeinstellungen können Sie die Bewehrungsrichtungen ändern. Diese Richtungen werden ebenso beachtet wie die theoretisch erforderliche Bewehrung.

⇒ Theoretische Bewehrung

Betonmenü 2D-Teile - Bewehrungsbemessung GZT & GZG

Im Menü Bewehrungsbemessung (GZT) stehen Ihnen 5 Werte zur Auswahl:

• **Erforderlich:** Diese Werte stellen die von SCIA Engineer berechnete theoretische Bewehrung dar. Hierin sind die konstruktiven Auflagen berücksichtigt.

Plat	te, Schalenteil (Platte)		-				
4.1	.ängsbewehrung		=				
	Nachweis Mindestverhältnis der Hauptbewehrung			¥		9.3.1.1(1)	EN 1992-1-1
	Typ der Mindesthauptzugbewehrung für die o		Auto	Auto			Unabhängig
	Typ der Mindesthauptzugbewehrung für die u		Auto	Auto			Unabhängig
	Mindestbewehrungsgradanforderung anwend		Nur in Zugzo	Nur in Zu		9.3.1.1(1)	EN 1992-1-1
	Nachweis Höchstverhältnis der Hauptbewehrung		<b>~</b>	¥		9.3.1.1(1)	EN 1992-1-1
	Nachweis Mindestquerverhältnis der Sekundärb					9.3.1.1(2)	EN 1992-1-1
	Nachweis Mindeststababstand		<b>~</b>	<b>V</b>		8.2(2)	EN 1992-1-1
	Mindeststababstand	slp.min	20	20	mm	8.2(2)	EN 1992-1-1
	Nachweis Höchstabstand der Hauptlängsbeweh		<b>~</b>	4		9.3.1.1(3)	EN 1992-1-1
	Nachweis Höchstabstand der sekundären Längs		<b>~</b>	¥		9.3.1.1(3)	EN 1992-1-1
	Schub		Ξ.				
	Nachweis des Mindestverhältnisses der Schubb		<b>~</b>			9.3.2(2)	EN 1992-1-1
	Nachweis der Mindestdicke des Teils mit Schubb		<b>~</b>	<b>V</b>		9.3.2(1)	EN 1992-1-1
	Mindestdicke des Teils mit Schubbewehrung	h <sub>min</sub>	200	200	mm	9.3.2(1)	EN 1992-1-1
	Nachweis des Höchstabstands der Schubverbin		<b>~</b>	V		9.3.2(4)	EN 1992-1-1
	Höchstabstand der Schubverbindungen	Coeff <sub>smax.p.s</sub>	0,8	0,8		9.3.2(4)	EN 1992-1-1



**As,req1+:** Theoretisch erforderliche Bewehrung an der Oberseite der Platte (positive z-Richtung) in Richtung erster Bewehrung. Berücksichtigung der konstruktiven Auflagen.

• Erforderlich – statisch: Diese Werte stellen die von SCIA Engineer berechnete theoretische Bewehrung dar, ohne die konstruktiven Auflagen zu berücksichtigen.



**As,ult1+:** Theoretisch erforderliche Bewehrung an der Oberseite der Platte (positive Richtung z) in Richtung 1. **Ohne** Berücksichtigung der konstruktiven Auflagen.

• Erforderlich – Nicht abgedeckt: Diese Werte zeigen an, ob eine zusätzliche Bewehrung erforderlich ist über der angegebenen Bewehrung. Bereiche, bei denen dieser Wert 0 ist, sind Flächen, in denen keine zusätzliche Bewehrung erforderlich ist (im Vergleich zur angegebenen Bewehrung). Bereiche, in denen diese Werte nicht 0 sind, sind Flächen, in denen die angegebene Bewehrung nicht ausreichend ist.



**ΔAs,req1+:** Theoretisch erforderliche Zulagenbewehrung an der Oberseite der angegebenen Bewehrung an der Oberseite der Platte (positive Richtung z) in Richtung erster Bewehrung.

• Angegeben: Diese Werte zeigen die in den Vorlagen definierte Bewehrung an.



**As,prov,1+ oder Nφ,prov,1+:** Angegebene Bewehrung auf der Platte in mm<sup>2</sup>/m bzw. als Menge der Bewehrung. Wenn Elemente rot sind, ist die zusätzliche Bewehrung in der Vorlage nicht ausreichend.

- Angegeben Ausnutzung: Einheitsnachweise, bei denen die angegebene Bewehrung mit der erforderlichen Bewehrung verglichen wird. So erhalten Sie eine Vorstellung von der Wirksamkeit der Bewehrung.
- ⇒ Ermittlung der Längsbewehrung

Die theoretische Längsbewehrung wird aus den Bemessungsschnittgrößen berechnet.



⇒ Ermittlung der Schubbewehrung

Vor der Ermittlung der Querkraftbewehrung werden zwei Nachweise ausgeführt:

• VEd ≤ VRd,max: Die Bemessungsschnittgrößen der Platte sollten größer als der Querkraftwiderstand der Platte sein

$$v_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w} \cdot z \cdot v_{1} \cdot f_{cd}}{\left(\cot g\left(\theta\right) + tg\left(\theta\right)\right)}$$

• VEd < VRdc: Wenn VEd kleiner als VRdc ist, ist keine Querkraftbewehrung erforderlich. Falls dies nicht der Fall ist, wird die Durchstanzbewehrung automatisch von SCIA Engineer berechnet.

$$\begin{aligned} v_{Rdc} &= max \left( 10^{6} \cdot \left( C_{Rdc} \cdot k \cdot \left( 100 \cdot \rho_{l} \cdot f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} + k_{1} \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot d; 0 \right) \\ &= max \left( 10^{6} \cdot \left( 0.12 \cdot 1.98 \cdot \left( 100 \cdot 4.58 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \right)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot 0 \right) \cdot 0.21; 0 \right) = 112 \text{ kN/m} \\ v_{Rdcmin} &= max \left( 10^{6} \cdot \left( v_{min} + k_{1} \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot d; 0 \right) = max \left( 10^{6} \cdot \left( 0.486 + 0.15 \cdot 0 \right) \cdot 0.21; 0 \right) = 102 \text{ kN/m} \\ v_{Rdc} &= max \left( v_{Rdc}, v_{Rdcmin} \right) = max \left( 112 \text{ kN/m}; 102 \text{ kN/m} \right) = 112 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Nachweis der Schubtragfähigkeit (ohne Schubbewehrung)

```
      Nachweis von v<sub>Rd,max</sub>

      v<sub>Ed</sub> = 274 kN/m ≤ v<sub>Rd,max</sub> = 641 kN/m (IN ORDNUNG)

      Nachweis von v<sub>Rdc</sub>

      v<sub>Ed</sub> = 274 kN/m > v<sub>Rdc</sub> = 104 kN/m (NICHT IN ORDNUNG, Schubbewehrung erforderlich)
```

Wenn VEd > VRd,max erscheint in der Ausgabe der Bewehrungsbemessung der folgende Fehler.

	Punching shear resistance at the column	Increase the column size or change plate
Warning	perimeter (vRd,max) is not sufficient acc. to	properties (use higher grade of concrete
	§6.4.3(2).	material or increase the thickness).

Diese Fehlermeldung wurde an Standorten mit hohen Spitzenwerten für die Schubspannung gefunden. Meistens sind diese Spitzenwerte Singularitäten und kommen in der Realität nicht vor. Ihnen stehen 2 Möglichkeiten zur Verfügung: Sie können Spitzen einfach ignorieren oder sie mittels Mittelwertstreifen mittelisieren.

#### Praktische Bewehrungsbemessung

Neben der theoretisch erforderlichen und angegebenen Bewehrung verfügen Sie über praktische bzw. **Benutzerdefinierte** Bewehrung. Diese Art der Bewehrung kann über das Menü Beton 2D-Bewehrung der Platte hinzugefügt werden.



Diese Bewehrung wird an der Oberseite und Unterseite sowie in den verschiedenen Bewehrungsrichtungen separat hinzugefügt.



<u>Hinweis:</u> Sie können mehrere Lagen praktischer Bewehrung auf der gleichen Fläche hinzufügen. Die zu dieser Fläche hinzugefügte Bewehrung ist die Summe aller dieser Lagen.

#### 4 Angegebene Bewehrung und benutzerdefinierte Kombination

Nach der Ausführung der Bewehrungsbemessung kann es sein, dass die angegebene Bewehrung in bestimmten Bereichen unzureichend ist. Das bedeutet, dass Sie eine zusätzliche Bewehrung eingeben sollten. In diesem Fall können Sie zwei verschiedene Workflows anwenden:

- a) Die gesamte Bewehrung als praktische Bewehrung definieren;
  - (b) Die angegebene Bewehrung und die praktische Bewehrung kombinieren; dies wird nur in den Bereichen definiert, in denen zusätzliche Bewehrung definiert werden muss.

Dieses Prinzip wird anhand des folgenden Beispiels für die Bewehrungsbemessung im GZT in **Richtung 1** oder lokale x-Richtung erklärt. Innerhalb der Bemessungsstandardeinstellungen können Sie eine Vorlage für die angegebene Bewehrung definieren, die innerhalb der eigentlichen Bemessung verwendet werden kann. In diesem Fall werden die Grundbewehrung auf Ø10 à 150 und die Zusatzbewehrung auf null gesetzt.



Bei Ausführung der Bemessung im GZT für den Wert **As\_prov,1-**, sieht man, dass die angegebene Bewehrung von **Ø10 à 150** nicht ausreichend ist, um den wirkenden Lasten standzuhalten. Dies zeigt an, dass die Anwendung einer zusätzlichen Bewehrung erforderlich ist.



Beim Generieren des Werts **As\_add,req,1-**, können Sie genau die Menge der Bewehrung in mm2/m sehen, die über die angegebene Bewehrung hinzugefügt werden muss. In diesem Fall ist eine zusätzliche Bewehrung von **578 mm2/m** erforderlich. Dieser Wert kann in die Konfiguration der **Ø10 à 100** als praktische Bewehrung übersetzt werden.



Dieser Wert kann in die Konfiguration der Ø10 à 100 als praktische Bewehrung übersetzt werden. Da keine erforderliche Zusatzbewehrung in Richtung 2 vorhanden ist, wird zum 2D-Bauteil nur eine Bewehrungsrichtung hinzugefügt, indem die praktische Bewehrung wie im vorigen Querschnitt definiert verwendet wird.

2D-Bewehrung		
	Name RR1	
	2D-Teil Slab1	
	▲ Bewehrung	
	Typ Stäbe	
	Material B 500A	۷.
	Oberfläche Oben	
	Anzahl Richtungen 1	
	Winkel der ersten Richtung [deg] 0,00	
	Durchmesser (dl) [mm] 10,0	
	Betondeckung (cl,cu) [mm] 40	
cl	Versatz [mm] 0	
sl sl ød	Stababstand (sl) [mm] 100	
1 1 1	Bewehrungsmenge [mm <sup>2</sup> /m] 785	
	Gesamtgewicht [kg] 56,41	
	▲ Geometrie	
	Geometrie definiert durch Polygon	
	Aktionen	
	Aktionen Den Einstellungen entnehme	en >>>
	Aktionen Den Einstellungen entnehme OK	en >>> Abbruc
	Aktionen Den Einstellungen entnehme OK	en >>> Abbruc
	Aktionen Den Einstellungen entnehme OK	n >>> Abbruc
	Aktionen Den Einstellungen entnehme OK	n >>> Abbruc
	Aktionen Den Einstellungen entnehme OK	en >>> Abbruc
	Aktionen Den Einstellungen entnehme OK	Abbruc
	Aktionen Den Einstellungen entnehme OK	Abbruc
	Aktionen Den Einstellungen entnehme OK	Abbruc
	Aktionen Den Einstellungen entnehme OK	an >>> Abbruc
	Aktionen Den Einstellungen entnehme OK	en >>> Abbruc
	Aktionen Den Einstellungen entnehme OK	Abbruc
	Aktionen Den Einstellungen entnehme OK	n >>> Abbruc
	Aktionen Den Einstellungen entnehme OK	Abbruc
	Aktionen Den Einstellungen entnehme OK	an >>> Abbruc
	Aktionen Den Einstellungen entnehme OK	an >>>
	Aktionen Den Einstellungen entnehme OK	Abbruc
	Aktionen Den Einstellungen entnehme OK B 500A (10.0) a 100 mm	Abbruc
Bei der erneuten Generierung der Ergebnisse für den Wert **As\_prov,1-** und Aktivierung der Option '**Benutzerdefinierte Bewehrung berücksichtigen**' sieht man, dass die benutzerdefinierte Bewehrung Ø10 à 100 über die Grundbewehrung von Ø10 à 150, die in den Bemessungsstandardeinstellungen definiert ist, hinzugefügt wird.



Die angewendeten Werte sind in der Vorschau der Bewehrungsbemessung sichtbar.

#### Längsbewehrung – Zusammenfassung

	Angegeben		d <sub>1</sub>	A <sub>s,min</sub>	A <sub>s,ult</sub>	ΔA <sub>s,serv</sub>	As,req	A <sub>s,prov</sub>	A <sub>s,max</sub>	GLprov	Smin	Smax	UC <sub>As,prov</sub>		
	N <sub>ø,prov,bas</sub>	N <sub>ø,prov,add</sub>	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[mm]	[mm]	[-]		
[1+]	ø10,0/150		35	-	-	-	-	524	10000	16,5	58	60	0,00 🖌		
0°							-	0,21%			≥37	≤400			
[2+]	ø10,0/150		45	267	61	-	267	524	10000	16,5	58	60	0,51 🖌		
90°							0,11%	0,21%	1		≥37	≤400			
[1-]	ø10,0/150	ø10,0/100	35	279	1157	-	-	1157	1309	10000	41,1	41,1	55	60	0,88 🖌
0°							0,46%	0,52%	1		≥37	≤400			
[2-]	ø10,0/150		45	267	224	-	267	524	10000	16,5	58	60	0,51 🖌		
90°							0,11%	0,21%	1		≥37	≤400			

Bemessene Bewehrungslagen (in Richtung aus der lokalen x-Achse des Bauteils):

Die Option '**Benutzerdefinierte Bewehrung berücksichtigen**' ist auch in allen Bewehrungsnachweisen verfügbar – Rissbreite, Durchstanzen und NAV. Auf diese Weise können Sie die durch die Vorlage eingeführte Bewehrung sowie die praktischen Stäbe ganz einfach überprüfen.

## 2.4.5 Bemessung von 2D-Teilen im GZG – Rissbreite und Spannungsbegrenzung

Neben der Bemessung im GZT von 2D-Bauteilen definiert der Eurocode auch einige Einschränkungen in Bezug auf die Bemessung im GZG, insbesondere die Rissbreite und die Begrenzung der Zugspannung in der Bewehrung. Aufgrund dieser Bedingungen im GZG muss möglicherweise die Bewehrungsmenge erhöht werden, die ausreichend sein sollte, um den einwirkenden GZT-Schnittgrößen standzuhalten. Die Gesamtzahl der Bewehrung, die die Bedingungen für die Bemessung im GZT und im GZG erfüllt, kann sowohl innerhalb von SCIA als auch das Inkrement der statisch erforderlichen Bewehrung berechnet werden.

Das Prinzip dieses Bemessungsverfahrens wird anhand des folgenden Beispiels einer 2D-Platte erläutert. Auf diesem Teil wird CMD angewendet, bei dem die Rissbreite in Richtung 1 an der Unterseite auf **0.100 mm begrenzt wird**. Die Zugspannung in der Bewehrung kann sowohl innerhalb der Bemessungsstandardwerte als auch im CMD begrenzt werden. In diesem Beispiel wird der Grenzwert auf **150 MPa festgelegt**.

<i>—</i>		
2D-TEIL (1) > 2D-ST/	AHLBETONDATEN (1)	2
🛃 🗾 🎉 🔲 🔜 🖾	الله الله الله الله الله الله الله الله	
	50	-
	Auto	$\overline{}$
Betonalter bei Belastungsbeginn [Tag]	28,00	-
Trocknungs- und Autogenschwindung b	Auto	$\overline{}$
Betonalter zu Beginn der Trocknungssc	7,00	-
GZG		-
Wirksames Elastizitätsmodul des Beton	$\bigcirc$	
SCHNITTGRÖßEN		
Verschiebung der Momentkurve zur Ber		
BEMESSUNG AS, ERF PLATTE, WAND, SCHALENTEIL (PLAT	п	
Beiwert zum Erhöhen der statisch erfor	0,00	
Beiwert zum Erhöhen der statisch erfor	0,00	
INTERAKTIONSDIAGRAMM		-
Methode des Interaktionsdiagramms	NRdMRd	~
SCHUB		
Berechnungstyp/Eingabe des Winkels d	Benutzerwert(Winkel)	$\sim$
Winkel der Druckstrebe [deg]	40,00	
Cotangens des Winkels der Betondrucks	1,19175359259421	
BEGRENZUNG DER SPANNUNGEN		
Spannungsgrenze in der Bewehrung	Benutzereingabe	<u>~</u> ]
Grenzspannung in der Bewehrung [MPa]	150,0	
RISSBEANSPRUCHUNG		
Typ der Betonzugfestigkeit für die Berec	f_{ctm}	$\sim$
Festigkeitswert zur Berechnung der Riss	f_{ct,eff}	~
RISSBREITE		
Typ der minimalen Rissbreite	Benutzerdefiniert für unterschiedl	✓
Benutzerdefinierte Rissbreite für obere	0,100	
Benutzerdefinierte Rissbreite für untere	0,100	
	1	
grenzung der Spannungen		
Indirekte Belastung (Zwang)		
Spannungsgrenze in der Bewehrung		Auto 🖍 A
ssbeanspruchung		Auto 13
ssbreite		Streckgrenze
urchbiegungen		benutzereingabe

Da dieses Bemessungsverfahren für den GZT und GZG anwendbar ist, ist die Wahl einer Ergebnisklasse wichtig, die sowohl die LFK im GZT als auch die LFK im GZG enthält.

ig 🖉						
ERGEBNIS	SE (1)		×			
Name	Bewehrung 2D Bemessung					
▼ AUSWAHL						
Auswahltyp	Alle		~			
Filter	Nein		$\sim$			
▼ ERGEBNISSFALL						
Lasttyp	Klassen		$\sim$			
LFK-Klasse	Alle GZT+GZG		$\sim$			
Umhüllende (für 2D-Zeichnung)	Absolute Extremwerte		$\sim$			

Der erste Schritt des Bemessungsverfahrens besteht in der Bestimmung der **As\_req** für den GZT-Zustand für jede Richtung und jede Oberfläche. Während dieses Schritts ermittelt SCIA zwei Werte, genauer:

a) As\_ult: die statisch erforderliche Bewehrung, um den einwirkenden Schnittgrößen im GZT standzuhalten;

b) As\_req: die erforderliche Bewehrung einschließlich konstruktiver Auflagen aus EN.

Betrachtet man das gegebene Beispiel, kann man sehen, dass die erforderliche Bewehrung **As\_req,1-** 1614 mm2/m ist. Die statisch erforderliche Bewehrung **As\_ult,1-** ist gleich **1102 mm2/m**. Dieser Wert ist etwas niedriger, weil er aufgrund der Bemessung im GZG nicht das Inkrement der Längsbewehrung enthält.



Nach der Berechnung der As\_ult Sie die GZG-Beschränkung integrieren können, und Sie haben drei Möglichkeiten:

- Kombination der Rissbildung im GZT und GZG
- Kombination der Bemessung im GZT und GZG auf Basis der Spannnungsbegrenzung.
- Kombination der Bemessung im GZT und GZG auf Grundlage von Rissen und Spannungsbegrenzung.

Dies kann innerhalb der Eigenschaften der Bewehrungsbemessung definiert werden.



Nach Aktivierung dieser Einstellungen kann das Inkrement der Längsbewehrung generiert werden, in diesem Fall der Wert  $\Delta As\_serv,1$ -. SCIA ermittelt die Hauptkräfte mEd,ch und mEd,QP, um das Auftreten von Rissen auf der Grundlage der bemessenen GZT-Bewehrung As\_ult zu kontrollieren. Neben den Hauptkräften muss auch die Menge der Bewehrung in Richtung der Hauptkräfte berechnet werden.

Im folgenden Schritt ermittelt SCIA die maximal zulässige Rissbreite basierend auf Kapitel 7.3.4 von EN 1992-1-1:2004 und vergleicht sie mit dem definierten Grenzwert wie unten gezeigt.

Hauptspannungo.[-]=-8.49°	
m <sub>Ed,char</sub> = 65.3 kNm/m   n <sub>Ed,char</sub> = 0 kN/m	
$m_{Ed,qp} = 47.6 \text{ kNm/m}   n_{Ed,qp} = 0 \text{ kN/m}$	
Neuberechnung der erforderlichen Flächen zur Richtung der Hauptspannung	
$A_{g,ult\sigma} = A_{g,ult_1} \cdot \cos(\Delta \alpha_1)^2 + A_{g,ult_2} \cdot \cos(\Delta \alpha_2)^2$	
$= 1157 \cdot \cos(-8)^2 + 267 \cdot \cos(-98)^2 = 1138 \text{ mm}^2$	
$A_{s,serv,\sigma} = A_{s,ult,\sigma} + \Delta A_{s,serv,1} \cdot \cos\left(\Delta \alpha_{1}\right)^{2} + \Delta A_{s,serv,2} \cdot \cos\left(\Delta \alpha_{2}\right)^{2}$	
$= 1138 + 505 \cdot \cos(-8)^{2} + 0 \cdot \cos(-98)^{2} = 1631 \text{ mm}^{2}$	
Nachweis auftretender Risse	(§7.1(2))
$f_{ct+eff} = 2.2 \text{ MPa}$	(****(4))
$\sigma_{ct} = 5.711 \text{ MPa} > \sigma_{cr} = 2.2 \text{ MPa} = > \text{Risse treten auf}$	
Nachweis der Spannungsbegrenzung in der Bewehrung $\sigma_s = 149.3 \text{ MPa} \leq \sigma_{s,lim} = 150 \text{ MPa}$	(§7.2(5))
wirksame Zugzone	(§7.3.2(3))

$$h_{c,eff} = 63.9 \text{ mm} = > A_{s,eff} = 1631 \text{ mm}^2 (\rho_{p,eff} = 2.55 \%)$$

Berechnung der Rissbreite

$$S_{r,max} = \min\left(k_3 \cdot c + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \emptyset_{eq}}{\rho_{p,eff}}; 1.3 \cdot (h - x_r)\right)$$

$$= \min\left(3.4 \cdot 30 + \frac{0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot 10}{0.0255}; 1.3 \cdot (0.25 - 0.0584)\right) = 169 \text{ mm}$$
(7.11)

$$\epsilon_{sm_{a}}\epsilon_{cm} = \max\left(\frac{\sigma_{s} - k_{t} \cdot \left(\frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}\right) \cdot (1 + \alpha_{e} \cdot \rho_{p,eff})}{E_{s}}, \frac{0.6 \cdot \sigma_{s}}{E_{s}}\right)$$

$$= \max\left(\frac{149.3 - 0.46 \cdot \left(\frac{2.2}{0.0255}\right) \cdot (1 + 6.67 \cdot 0.0255)}{200000}, \frac{0.6 \cdot 149.3}{200000}\right) = 0.515 \%$$

$$W_{k} = S_{r,max} \cdot \varepsilon_{sm_{a}} \varepsilon_{cm} = 169 \text{ mm} \cdot 0.515 \% = 0.0868 \text{ mm}$$

$$Prüfung der Rissbreite$$

$$W_{k} = 0.0868 \text{ mm} \le W_{max} = 0.1 \text{ mm}$$
(7.8)

Wenn die Risse innerhalb der Grenzwerte liegen, ist die **As\_ult** ausreichend, um die Einschränkungen für GZT und GZG zu erfüllen. Wenn nicht, startet SCIA die Iteration, um **As,ult** durch eine zusätzliche Bewehrungsmenge zu erhöhen, um sicherzustellen, dass die Rissbreite innerhalb der zulässigen Grenzen liegt. Wenn man die Tabelle unten betrachtet, kann man sehen, dass zur Bewehrung As\_ult,1-eine zusätzliche Menge von 1166 mm2/m für die erste Richtung am Fuß des Bauteils hinzugefügt werden sollte.

(§7.3.4)

## Längsbewehrung – Zusammenfassung

	Angegeben		<b>d</b> <sub>1</sub>	A <sub>s,min</sub>	Asult	$\Delta A_{s,serv}$	Astreq	Asprov	A <sub>s,max</sub>	Glprov	Smin	Smax	UC <sub>As,prov</sub>
	N <sub>ø,prov,bas</sub>	Ng,prov.add	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[mm]	[mm]	[-]
[1+]	ø10,0/150		35	-	-	0	-	524	10000	16,5	58	60	0,00 🗸
0°							-	0,21%			≥37	≤400	
[2+]	ø10,0/150		45	267	61	51 0	267	524	10000	16,5	58	60	0,51 🖌
90°							0,11% 0,21	0,21%			≥37	≤400	
[1-]	ø10,0/150	ø10.0/100	35	279	1157	505	1662	1310	10000	41,1	55	60	1,27 🗶
0°							0,66%	0,52%			≥37	≤400	
[2-]	ø10,0/150		45	267	224	0	267	524	10000	16,5	58	60	0,51 🖌
90°							0,11%	0.21%			≥37	≤400	

Bemessene Bewehrungslagen (in Richtung aus der lokalen z. Achse des Bauteils):

 $A_{s,req}$  - erforderliche Bewehrungsfläche als max(A s,uit As,min)+ $\Delta A_{s,sen}$ ; As,prov - angegebene Bewehrungsfläche; A s,min/max - Mindest-/Höchstbewehrungsfläche; S max(min) - Höchstabstand der Stäbe (lichter Mindestabstand zwischen den Stäben)

### Betrachtet man die Ausgabe für **As\_serv,1**, so kann ein Wert von **562 mm²/m** generiert werden.



Wird dieser Wert von **As\_serv**,**1** zum Wert von **As\_ult**,**1-addiert**, ergibt dies den Wert **As\_req**,**1-**. In Kürze kann folgende Zusammenfassung erstellt werden:

- **As\_req,i,+/-:** Erforderliche Bewehrungsmenge für GZT und GZG einschließlich konstruktiver Auflagen für die jeweilige Richtung (1,2) und Oberfläche (+,-)
- As\_ult,i,+/-: Statisch erforderliche Bewehrung im GZT für bestimmte Richtungen (1,2) und Oberfläche (+,-)
- ∆As\_serv,i,+/-: Inkrement der statisch erforderlichen Bewehrung gemäß GZG für bestimmte Richtungen (1,2) und Oberfläche (+,-)

Das gleiche Verfahren kann zur Begrenzung der Zugspannung in der Bewehrung angewendet werden. In diesem Fall ermittelt SCIA die Bewehrungsmenge für den GZT und verwendet diese Bewehrung zur Berechnung der tatsächlichen Spannungen in der Bewehrung. Dieser Wert wird dann mit dem definierten zulässigen Grenzwert verglichen. Der Grenzwert kann sowohl in den Bemessungsstandarddaten als auch in CMD definiert werden. Es stehen Ihnen drei Möglichkeiten zur Definition der Spannungsgrenzen zur Auswahl:

- Auto: basierend auf Definition in Nationalanhang §7.2(5).
- Streckgrenze: Ermittelt auf Basis von fyk (charakteristische Streckgrenze der Bewehrung)
- Benutzereingabe: Die Grenze muss vom Benutzer festgelegt werden.

Dies kann innerhalb der Ausgabe nachgewiesen werden, in diesem Fall ist der benutzerdefinierte Wert von **150 MPa** zu sehen.

Hauptspannungo [-]=-8.49°

$$m_{Ed,char} = 65.3 \text{ kNm/m} | n_{Ed,char} = 0 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed,qp} = 47.6 \text{ kNm/m} | n_{Ed,qp} = 0 \text{ kN/m}$$
Neuberechnung der erforderlichen Flächen zur Richtung der Hauptspannung
$$A_{s,ult,0} = A_{s,ult,1} \cdot \cos(\Delta \alpha_1.)^2 + A_{s,ult,2} \cdot \cos(\Delta \alpha_2.)^2$$

$$= 1157 \cdot \cos(-8)^2 + 267 \cdot \cos(-98)^2 = 1138 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,serv,\sigma} = A_{s,ult,\sigma} + \Delta A_{s,serv,1} \cdot \cos(\Delta \alpha_1.)^2 + \Delta A_{s,serv,2} \cdot \cos(\Delta \alpha_2.)^2$$

$$= 1138 + 505 \cdot \cos(-8)^2 + 0 \cdot \cos(-98)^2 = 1631 \text{ mm}^2$$
Nachweis auftretender Risse
$$f_{ct,eff} = 2.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ct} = 5.711 \text{ MPa} > \sigma_{cr} = 2.2 \text{ MPa} = > \text{ Risse treten auf}$$
(§7.2(5))
$$\sigma_{r} = 149.3 \text{ MPa} \leq \sigma_{r,im} = 150 \text{ MPa}$$

Wie bereits erwähnt, wenn die Einschränkungen im GZG nicht erfüllt sind, muss ein Inkrement berechnet werden , **serv\_coeff** in Abhängigkeit von den folgenden Bedingungen berechnet wird:

- Nur bei Rissbreite: servcoeff=wk,coeff= (wk / wk,max)<sup>0,5+0,01</sup>
- Nur Bewehrungsspannung: servcoeff=ss,coeff= (ss / ss,lim)+0,005
- Bei nur Bewehrungsspannungen: servcoeff= max(ss,coeff; wk,coeff)

Wenn die statisch Bewehrung basierend auf GZT +GZG bemessen wird, muss die Überprüfung der konstruktiven Auflagen ausgeführt werden. Für die Bemessung im GZT+GZG werden dieselben Verfahren und Warnungen angewendet, nur einen Schritt weiter. Die endgültige bewehrte As\_req für Richtung (1,2) und Oberfläche (+,-) wird mit der folgenden Formel ermittelt, wobei die Mindest- und Höchstflächen aus den konstruktiven Auflagen berücksichtigt werden:

#### As,req,1,2,± = min (max(As,ult,1,2,±; As,serv,1,2,±; As,min); As,max)

## 2.4.6 Rissbreitennachweis

#### 🖊 🔰 EINGABEDATEN FÜR DEN RISSBREITENNACHWEIS

#### ⇒ Höchstwert der Rissbreite

Die Werte der maximalen Rissbreite (*wmax*) sind auf nationaler Ebene ermittelte Parameter, die von der gewählten Expositionsklasse abhängig sind. Dieser Wert kann daher in den Einstellungen für Nationale Ermittelte Parameter, über das Dateimenü  $\rightarrow$  Projekteinstellungen  $\rightarrow$  Nationaler Anhang [...]  $\rightarrow$  EN 1992-1-1 [...] vorgenommen werden.

Beton-Einstellungen		>
Beton-Einstellungen  Werte  Typ der Funktionali  Hohlkörperbalken Vorspannung	EC-EN Beton Beton Betonbewehrung 	Name ECEN         ● Beton         ● Allgemein         ● GZT         • G2G         • GZG         • Nationalanhang         • k3,crack - Beiwert für die Ermittlung de Wert [-] 3,40         • k4,crack - Beiwert für die Ermittlung de Wert [-] 0,42         • wmax - für nicht vorgespannte Tragwe Werte [mm] 0,4/0,3/0,3         • Konstruktive Auflagen
Alles auswählen Auswahl aufheben	Aktualisieren	Standard NAD Parameter einlesen OK Abbruc

### ⇒ Typ der verwendeten Bewehrung

Sie können den Nachweis der Rissbreite für alle drei Bewehrungstypen (erforderliche, angegebene und benutzerdefinierte Bewehrung) durchführen. Der Rissbreitennachweis wird für eine quasi-ständige GZG-Kombination ausgeführt.

Wenn der für den Rissbreitennachweis verwendete Bewehrungstyp die angegebene oder die erforderliche Bewehrung ist, sollte auch eine Kombination im GZT ausgewählt werden. Dies ist erforderlich, weil die erforderliche/angegebene Bewehrung basierend auf einer GZT-Kombination berechnet wurde. Nach der Berechnung dieser Bewehrung kann sie für den Rissbreitennachweis verwendet werden. All dies erfolgt automatisch und kann im Eigenschaftenfenster des Rissbreitennachweises eingestellt werden.





Benutzerdefinierte Bewehrung

Theoretischer Hintergrund

## **Rissdarstellung**

Wenn die folgende Bedingung erfüllt ist, treten keine Risse im Beton auf.

$$\sigma_{ct,max\pm} \leq f_{ct,eff}$$

Mit:

- $\sigma_{ct,max\pm} = \frac{n_{i\pm}}{A_{i,i\pm}} + \frac{m_{i\pm}}{I_{i,i\pm}} \cdot z_{t,max,i\pm} = normale Betonspannung im ungerissenen Querschnitt an der am stärksten druckbeanspruchten Faser des Betonquerschnitts$ 
  - f<sub>ct,eff</sub> = Mittelwert der Zugfestigkeit des damals wirksamen Betons

#### Ermittlung der Rissbreite

$$w = \varepsilon_{sm_cm} \cdot s_{r,max}$$

Mit:

$$\begin{aligned} \bullet \quad (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})_{i\pm} &= \max \left[ \frac{\frac{\sigma_{s,i\pm} - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff,i\pm}} (1 + \alpha_{e,i\pm} \cdot \rho_{p,eff,i\pm})}{E_{s,i\pm}}; 0,6 \cdot \frac{\sigma_{s,i\pm}}{E_{s,i\pm}} \right] \\ \bullet \quad s_{r,max,i\pm} &= \begin{cases} \min \left( k_3 c_{i\pm} + \frac{k_{1,i\pm} k_{2,i\pm} k_4 d_{s,i\pm}}{\rho_{p,eff,i\pm}}; 1,3 \cdot (h - x_{i\pm}) \right) & \text{if } s_{s,i\pm} < 5 (c_{i\pm} + 0,5 d_{s,i\pm}) \\ 1,3 \cdot (h - x_{i\pm}) & \text{f } s_{s,i\pm} \ge 5 (c_{i\pm} + 0,5 d_{s,i\pm}) \end{cases} \end{aligned}$$

## **ERGEBNISSE DER ERFORDERLICHEN THEORETISCHEN BEWEHRUNG**

Bemessungsmenü → 2D-Beton → GZG Rissbreiten

## Rissbreite w+

Kombination = GZG; Bewehrungstyp = Erforderlich; Wert = **w+** 



## **Rissbreite w-**

Kombination = GZG; Bewehrungstyp = Erforderlich; Wert = w-



## Einheitsnachweis

```
Kombination = GZG; Bewehrungstyp = Erforderlich; Wert = BKS
```



Ein grüner Wert steht für einen Einheitsnachweis  $\leq 1$  (wcalc  $\leq$  wmax), ein Grauwert steht für den Einheitsnachweis  $\leq 0.25$  und ein roter Wert bedeutet, dass wmax überschritten wurde.

# 2.5 Durchstanzen

# 2.5.1 Theoretischer Hintergrund

## 📥 Allgemeine

Durchstanzschub kann aus einer konzentrierten Last oder einer Reaktion entstehen, die auf einer relativ kleinen Fläche wirkt, der sogenannten Belastungsfläche Alast einer Platte oder eines Fundaments.

Die häufigsten Situationen, in denen der Durchstanzschub berücksichtigt werden muss, ist der Bereich, der eine Stütze in einer ebenen Deckenplatte unmittelbar umgibt oder die Stütze auf einer Fundamentplatte gelagert wird.

Folgende Problemtypen können unterschieden werden: Innen-, Rand- und Eckstützen.

Die Bemessung der Durchstanzbewehrung basiert auf Artikel 6.4 von EN 1992-1-1: 2004 / A1:2014 + Nationalanhang.

Bei der Überprüfung zeigt sich entweder, dass die Tragfähigkeit des Stahlbetons ausreichend hoch ist, oder dass durch Durchstanzbewehrung bemessen und installiert werden muss. Bei Überschreitung der Nachweisgrenzen wird das Nachweisergebnis als nicht zulässig gekennzeichnet. In diesem Fall müssen Sie die Modellparameter ändern oder eine geeignete Bemessungsalternative auswählen.

Die Überprüfung des Durchstanzversagens im GZT kann wie folgt fortgesetzt werden:

- Nachweis des Schubwiderstands am Rand der Stütze mit U0 und am kritischen Grundumfang mit der Bezeichnung u1.
- Falls die Schubbewehrung erforderlich ist, sollte ein weiterer Umfang uout,ef gefunden werden, wo keine Schubbewehrung mehr erforderlich ist.

Diese kritischen Umfänge werden in den folgenden Bildern gezeigt:



## Lastverteilung und kritischer Umfang

## ⇒ Kritischer Grundumfang u1

Der kritische Grundumfang u1 wird in einem Abstand von 2d von der Lastfläche genommen, wobei d die nutzbeanspruchte Tiefe ist.



Falls die Belastete Fläche in der Nähe eines Rands oder einer Ecke liegt, gilt:



Wenn sich Öffnungen in der Nähe der Lastzone befinden, werden diese gemäß Artikel 6.4.2(3) behandelt.

Wenn der kürzeste Abstand zwischen dem Umfang der Lastfläche und dem Öffnungsrand 6d nicht überschreitet (siehe Abbildung), ist ein Teil des kritischen Umfangs zwischen zwei Tangenten, die vom Mittelpunkt der Lastfläche zum Umriss der Öffnung gezogen werden, nicht unwirksam.



In SCIA Engineer werden Öffnungen an 2D-Bauteilen automatisch gemäß den vorherigen Kriterien berücksichtigt.

#### ⇒ Wirksame Tiefe definitiv

Die statische Nutzhöhe der Platte wird als konstant angenommen und gemäß Formel 6.32 von EN 1992-1-1 berechnet:

$$d_{\rm eff} = \frac{(d_{\rm y} + d_{\rm z})}{2}$$

wobei dy und dz die wirksamen Tiefen der Bewehrung in zwei orthogonalen Richtungen sind.

## Berechnung des Durchstanzschubs

Die Berechnung des Durchstanzschubs wurde gemäß EN 1992-1-1, Artikel 6.4.3, ausgeführt.

Zunächst werden die Bemessungs-Schubwiderstände entlang der kritischen Querschnitte ermittelt:

 vRd,c Bemessungswert des Schubwiderstandes einer Platte Ohne Durchstanzbewehrung entlang des kritischen Querschnitts

- vRd,cs Bemessungswert des Durchstanzwiderstands einer Platte *Mit* Durchstanzbewehrung entlang des kritischen Querschnitts
- vRd,max des Bemessungswerts des maximalen Durchstanzwiderstandes entlang des kritischen Querschnitts

Anschließend sollten die folgenden Nachweise durchgeführt werden.

⇒ Nachweis am Stützenumfang u0

Am Stützenumfang uo oder am Umfang der Belastungsfläche sollte die maximale Durchstanzschubspannung nicht überschritten werden.

$$NEd0 \le v_{Rd max}$$

Mit:

- vEd0 Bemessungswert der Schubspannung am Stützenumfang u0
- vRd,max = 0,5 \* v \* fcd
- v = 0.6\*(1 fck /250)
- ⇒ Nachweis am Grundumfang u1

Am kritischen Grundumfang u1:

- Wenn vEd≤vRd,c Durchstanzbewehrung ist nicht erforderlich
- Wenn vEd>vRd,c Durchstanzbewehrung ist erforderlich

Der Durchstanzwiderstand einer Platte VRd,c wird nach Formel (6.47), EN 1992-1-1, ermittelt:

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

Mit:

- pl durchschnittlicher Bewehrungsgrad im spezifischen Abstand um die Stütze
- Fck Charakteristische Betondruckfestigkeit in MPa
- $vmin = 0.035 \Rightarrow k3/2 \Rightarrow fck1/2$
- $C_{\text{Rd,c}} = \frac{0.18}{\gamma_c}$

• 
$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \le 2,0$$
  
• d in mm

Die maximale Schubspannung vEd wird für den betrachteten kritischen Umfang ui gemäß Artikel 6.4.3(1) wie folgt berechnet:

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

Der  $\beta$  Beiwert ist die Berücksichtigung der ungleichförmigen Lasteintragung (infolge Kopfmoment). Wenn die Lasteintragung ungleichmäßig ist, sollte die lokale Spitzenlast mit Hilfe dieses  $\beta$ -Beiwerts ausgeglichen werden.

Wenn die Querstabilität der Struktur nicht von der Einwirkung des Rahmens zwischen den Platten und den Stützen abhängt und die benachbarten Felder in ihrer Länge nicht mehr als 25 % voneinander abweichen, können Ungefähre Werte für  $\beta$  gemäß Artikel 6.4.3(6) verwendet werden.

In SCIA Engineer müssen Sie entscheiden, ob diese Ungefähre Werte verwendet werden können, weil das Programm die oben beschriebenen Vorbedingungen nicht überprüfen kann.

Standardmäßig werden folgende Näherungswerte empfohlen:



Diese Werte können gemäß den nationalen Anhängen abweichen und können in den Einstellungen der nationalen Anhänge eingesehen werden:

Beton-Einstellungen		×
<ul> <li>Werte</li> <li>NA Gebäude </li> <li>Typ der Funktionali</li> <li>Hohlkörperbalken </li> <li>Vorspannung </li> </ul>	EC-EN Beton Allgemein - Betonbewehrung - Vorspannbewehrung - Dauerhaftigkeit und Deckung des Bet GZT - GZT - Allgemein - GZT - Durchtstanzen - GZG - Allgemein - GZG - Allgemein - Construktive Auflagen - Direlie und plattenartige Stabe - Durchstanzen	Name ECEN         ◆ Beton         ◇ Allgemein         ◆ GZT         > GZT - Allgemein         ◆ GZT - Durchstanzen         ◆ Nationalanhang         ◆ CRd,c         Wert[-] 0,18         ◆ k <sub>1</sub> - Beiwert zur Berücksichtigung der         ✓ Vmin - Mindestwert des Schubwiderst         Formel Formel         ✓ VRd,max - Bemessungswert des maxim         Formel Formel         ✓ Bint - Beiwert zur Erhöhung der Schut         Wert[-] 1,15         Ø Bedge - Beiwert zur Erhöhung der Schut         Wert[-] 1,40         Ø Rcor - Beiwert zur Berönnd der Schut         Wert[-] 1,50         × kmax - Beiwert zur Berönnd der Schut         Wert[-] 1,50         × kout - Beiwert zur Definition der Posit         Wert[-] 1,50         ▶ Konstruktive Auflagen
Alles auswählen Auswahl aufheben	Aktualisieren	Standard NAD Parameter einlesen OK Abbruch

Andernfalls kann, wie in Art 6.4.3 beschrieben, der  $\beta$ -Beiwert mit der folgenden allgemeinen Formel berechnet werden:

$$\beta = 1 + \sqrt{\left(k_y.\frac{M_{Ed,y}}{V_{Ed}}.\frac{u_1}{W_{1y}}\right)^2 + \left(k_z.\frac{M_{Ed,z}}{V_{Ed}}.\frac{u_1}{W_{1z}}\right)^2}$$

Die Berechnung des  $\beta$ -Beiwerts mit allgemeiner Formel kann in den Einstellungen > Durchstanzen für Beton eingestellt werden:

	n: Vollständige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 👻 Standar	dwerte ei	n S	uche	n						Nation	alanhang:	Ľ,
	eschreibung S	Symbol	Wert		Standar	d [	Dim]	Kapitel	Nor	m	Struktur	Nachwe.	.
	ρ.	all>	<all></all>	2	<all></all>	P		<all></all>	) <all< th=""><th>&gt; p</th><th><all> <math>\wp</math></all></th><th><all></all></th><th>2</th></all<>	> p	<all> <math>\wp</math></all>	<all></all>	2
n	undda ten der Bemessung												
	Bewehrung												
Þ	Mindestdeckung												
Re	chenkern Einstellungen												
Þ	Allgemein												
Þ	Schnittgrößen												
Þ	Bemessung As, erf												
Þ	Umwandlung in Bewehrungsstäbe												
Þ	Interaktionsdiagramm												
Þ	Schub												
Þ	Torsion												
4	Durchstanzen												
	<ul> <li>Berechnung der Schubspannung</li> </ul>			_									
	<ul> <li>Typ des Beta-Faktors</li> </ul>	ypβ	Ungefähr	^	Ungefah	r		6.4.3(3-6)	EN 1	992-1-1	Platte	Rechenk.	
	Abminderung der Schubspannung durch Bodendruck		Ungefähr		2			6.4.4(2)	EN 1	992-1-1	Platte	Rechenk.	
	<ul> <li>Kontrollumfang</li> </ul>		Formel (DI	N EN									
	Abstand des kritischen Umfangs für Deckenplatte	oeff k <sub>u1,c</sub>	2.00	_	V 00	-		6.4.2(1)	EN 1	992-1-1	Platte	Rechenk.	
	Abstand des kritischen Umfangs für Fundamentplatte	oeff k <sub>u1,fo</sub>	ur 1,00		1,00	-		6.4.2(1)	EN 1	992-1-1	Platte	Rechenk.	
	Abstand vom Stützenrand zur Berücksichtigung von c	oeff k <sub>open</sub>	6,00		6,00	-		6.4.2(3)	EN 1	992-1-1	Platte	Rechenk.	
	Abstand vom Stützenrand zum Erfassen von Eingab o	oeff k <sub>reinf</sub>	3,00		3,00	-		6.4.4(1)	EN 1	992-1-1	Platte	Rechenk.	
Þ	Begrenzung der Spannungen												
Þ	Rissbeanspruchung												
Þ	Rissbreite												
Þ	Durchbiegungen												

## Bemessung der Durchstanzbewehrung, falls erforderlich

Für den Fall, dass vEd>vRd,c, sollte die Durchstanzbewehrung bemessen werden.

Wenn eine Durchstanzbewehrung erforderlich ist, wird der äußere kritische Umfang uout, über dem die Bewehrung nicht mehr erforderlich ist, gemäß Artikel 6.4.5(4) berechnet:

$$u_{out,ef} = \frac{\beta. V_{Ed}}{v_{Rd,c}. d}$$

Berechnung der erforderlichen Durchstanzbewehrung

In SCIA Engineer wird die Querkraftbewehrung unter Verwendung der folgenden Annahmen bemessen:

- Die Verteilung der Schubverbindungen wird nur als radial betrachtet
- nur Vertikalschubverbindungen werden unterstützt
- Die Form der Bewehrungsumfänge um die Stütze ist die gleiche wie für die Form des kritischen Grundumfangs

Die erforderliche Fläche Asw, req eines Umfangs der Schubbewehrung um die Stütze, die als radial verteilte vertikale Schubbügel angenommen wird, wird berechnet als:

$$A_{sw,req} = \frac{(v_{Ed,u1} - 0.75 \cdot v_{Rd,c}) \cdot u_1 \cdot s_r}{1.5 \cdot f_{vwd,ef}}$$

fywd,ef ist die wirksame Bemessungsfestigkeit der Durchstanzbewehrung nach Formel:

fywd,ef =  $200 + 0.25 \leftarrow \text{definitiv} \leq \text{fywd}$ 

Konstruktive Auflagen für Durchstanzbewehrung

Die erforderliche Fläche kann angepasst werden, um die konstruktiven Vorschriften gemäß Artikel 9.4.3(1) zu erfüllen, so dass die Anzahl der Schubbügel ns pro Bewehrungsumfang ist

$$n_{s} = \max \{ \frac{4 \cdot A_{sw,req}}{\pi \cdot d_{s}^{2}}; \frac{u_{1,last}}{s_{t,max,u1}}; \frac{u_{s,last}}{s_{t,max,out}} \}$$

- Ds Durchmesser der Schubbügel
- <sup>u<sub>1,last</sub></sup> Bedingung des zulässigen Höchsttangentialabstands der Bügel der Bewehrungsumfangs innerhalb des kritischen Grundumfangs (u1,last ist die Länge des letzten Schubbewehrungsumfangs dort)
- <sup>u</sup><sub>s,last</sub> Bedingung des zulässigen Höchsttangentialabstands der Bügel der Bewehrungsumfangs außerhalb des kritischen Grundumfangs (us,last ist die Länge des letzten Umfangs der Schubbewehrung dort)



In SCIA Engineer sind die Einschränkungen für die Abstände st,max,u1 und st,max,out in den Betoneinstellungen > konstruktiven Auflagen > Durchstanzen festgelegt:

letone	inste	ellungen								- 0	>
nsichte	n: V	/ollständige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 💌 Stand	ardwerte ein	S	uchen				Nation	alanhang:	2
Be	sch	reibung	Symbol	Wert	Standard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachwe	
Þ	To	rsion						1			
Þ	Du	irchstanzen									
Þ	Be	grenzung der Spannungen									
Þ	Ris	ssbeanspruchung									
₽	Ris	ssbreite									
₽	Du	ırchbiegungen						1			
-	Ba	uliche Durchbildung									
	Þ	Träger / Rippe									
	Þ	Plattenartiger Balken		=				1			
	Þ	Stütze		-							
	Þ	Platte, Schalenteil (Platte)		8							
		Durchstanzen						-			
		Nachweis Mindestschubbewehrung		×			9.4.3(2)	EN 1992-1-1	Platte	Rechenk	
		Nachweis des Abstands des ersten Umfangs der Sch		<ul> <li>Image: A start of the start of</li></ul>			9.4.3(1,4)	EN 1992-1-1	Platte	Rechenk	
		Mindestabstand vom Stützenrand	coeff s <sub>0,min</sub>	0,30	0,30	-	9.4.3(1)	EN 1992-1-1	Platte	Rechenk	
		Höchstabstand vom Stützenrand	coeff s <sub>0,max</sub>	0,50	0,50		9.4.3(4)	EN 1992-1-1	Platte	Rechenk	
		Nachweis des maximalen Radialabstands der Schub		~	<b>V</b>		9.4.3(1)	EN 1992-1-1	Platte	Rechenk	
		Höchstabstand der Schubverbindungen	coeff srmax	0,75	0,75	-	9.4.3(1)	EN 1992-1-1	Platte	Rechenk	
		Nachweis des maximalen Tangentialabstands der Sc			2		9.4.3(1)	EN 1992-1-1	Platte	Rechenk	
		Maximaler Tangentialabstand innerhalb des ersten	coeff st,max,u	1,50	,50	-	9.4.3(1)	EN 1992-1-1	Platte	Rechenk	
		Maximaler Tangentialabstand außerhalb des erste	coeff s <sub>t,max,c</sub>	2,00	,00	-	9.4.3(1)	EN 1992-1-1	Platte	Rechenk	
		Nachweis der Mindestanzahl an Umfangslinien der S		1	1		9.4.3(1)	EN 1992-1-1	Platte	Rechenk	
		Mindestanzahl der Umfangslinien für Schubbügel	n <sub>per,min</sub>	2	2		9.4.3(1)	EN 1992-1-1	Platte	Rechenk	
		Umfänge der Schubbügel automatisch anordnen					9.4.3	EN 1992-1-1	Platte,Sc	.Rechenk	

Die letzte Bedingung, die gemäß Artikel 9.4.3(2) erfüllt werden muss, ist die Mindestbewehrungsfläche des Einzelschubbügels Asw1,min gemäß Formel (9.11):

$$A_{sw1,min} = \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck} / f_{ywk}} \cdot s_r \cdot s_t}{1.5}$$

Mit:

- Sr Abstand der Schubverbindungen in Radialrichtung
- St Abstand der Schubverbindungen in Tangentialrichtung

Die endgültige bemessene Fläche jedes Umfangs der Schubbewehrung um die Stütze ist:

$$A_{sw} = \frac{n_s * \pi * d_s^2}{4} \ge n_s * A_{sw1,min}$$

Die erforderliche Anzahl an Schubbewehrungsumfang n um die Stützen,nper, wird basierend auf Artikel 6.4.5(4) ermittelt, der angibt, dass der äußerste Umfang der Schubbewehrung als zuletzt = s0 + sr \* nper, in einem Abstand nicht größer als kout \* definitiv innerhalb uout platziert werden sollte. Die folgende Formel für nper wurde abgeleitet:

$$n_{per} = \left[\frac{a_{out} - s_0 - k_{out} * d_{eff}}{s_r} + 1\right] \ge n_{per,min}$$

Mit:

- Kout Beiwert zur Ermittlung des Höchstabstands des letzten Umfangs von uout. Standardwert ist 1,5. Dies ist ein Parameter der Nationalen Anhänge.
- Nper,min Mindestanzahl an Bewehrungsumfängen um die Stütze, die gemäß Artikel 9.4.3(1) erforderlich ist. Der Standardwert ist 2 in den Betoneinstellungen > Kompletten Einstellungsansicht > konstruktiven Auflagen > Durchstanzen.
- Aout Abstand des äußeren Umfangs uout

Die Gesamtzahl der Schubbewehrung Asw,tot um die Stütze wird dann berechnet als:

# 2.5.2 Durchstanznachweis

## Konfiguration

Der Durchstanznachweis in SCIA Engineer ist nur verfügbar, wenn einer Platte eine echte Stütze oder ein Knotenauflager zugeordnet wurde. Für eine Einzellast kann kein Durchstanznachweis oder eine geringe Flächenlast auf die Platte angewendet werden.

SCIA Engineer unterstützt nur Kreis- und Rechteckquerschnitte für den Durchstanznachweis.

Die Stützenposition in Bezug auf die Ränder der Platte und die Öffnungen wird erkannt. Außerdem werden für den Durchstanznachweis alle Ränder und Winkel der Platte als gerade angenommen. Falls diese nicht in Ihrem Modell vorhanden sind, nimmt das Programm eine Annäherung vor.

SCIA Engineer unterstützt nicht alle Durchstanzfälle der Stützen-Platte-Verbindung. Eine Liste aller aktuellen Einschränkungen finden Sie in unserer Webhilfe. Jede nicht unterstützte Konfiguration wird in der Liste der Fehler/Warnungen/Hinweise des Berichts im Durchstanznachweisprotokoll aufgeführt.

Summar	у	-											
Name	Case	Punching case	Punching shape	UCvRd, [-]	,max	UCvRd,c [-]	rei	Shear inforcement perimeters	t [-]	d,cs ]	UCAsw,det [-]	UC [-] Check	Errors, warnings, notes
N61	ULS/1	N/A	N/A	3	3.00	3.00	N//	A	-		-	3.00 NOT OK	W6/131
N63	ULS/1	N/A	N/A	3	3.00	3.00	N//	4	-		-	3.00 NOT OK	W6/124
Concrete	e												
Name	Case	Punching case	Punching shape	V <sub>Ed</sub> [kN] β [-]	Med [kNr Med [kNr	<sub>i,y</sub> Pla m] ł <sub>i,z</sub> [m m]	te m]	Material f <sub>cd</sub> [MPa]	d <sub>eff</sub> [mm] pi [%]	uo [m] u1 [m]	VEd,u0 [MPa] VEd,u1 [MPa]	V <sub>Rd,max</sub> [MPa] V <sub>Rd,c</sub> [MPa]	UC <sub>vRd,max</sub> [-] UC <sub>vRd,c</sub> [-]
N61	ULS/1	N/A	N/A	-	-	N/A		N/A	-	-	-	-	3.00
N63	ULS/1	N/A	N/A	-	-	N/A -		N/A -	-	-	-	-	3.00 3.00 3.00
E/W/N W6/131 W6/124	Prese N61 N63	ent on memb	ers										
E/W/N W6/131	Node o	cannot be calc n has not supp	Descriptio culated for pur ported type of	n nching. f cross-s	The co ection.	onnected			S	oluti	on		
W6/124	Node o	annot be calc ngoes throug	ulated for pu h the plate.	nching.	The co	onnected	Sp ab	lit the colum ove and belo	n in the r w the pla	node f ate.	to get a sep	arate colur	nn

## 🖶 🔰 Auswahl der Bewehrung

Die Durchstanzbemessung überprüft, ob die Längsbewehrung As in der Platte ausreichend ist, um der Schubkraft um eine Stützenplatte oder eine Knotenauflager-Platte-Verbindung standzuhalten.

In SCIA Engineer können Sie zwischen 3 Arten von Bewehrung für den Durchstanznachweis/Bemessung wählen:

- As,erforderlich ermittelt von der Software für eine bestimmte LF-Kombination
- As,angegeben Benutzereinstellung in den Standardwerten der Bewehrungsbemessung > Der Bemessung
- As, user praktische Bewehrung, manuell vom Benutzer eingegeben in der 2D-Bewehrung

Die Auswahl zwischen As,erforderlich, As,angegeben oder As,benutzer befindet sich im Eigenschaftenbereich für Durchstanzbemessung:

	💌 🛱 🕰	Klicke
_	Betoneinstellungen	
	Beton 1D	
1	Beton 2D	Schnittgrößen für die Bemessung
Ø	Bewehrung in freie Stäbe auflösen	Stahlbetonbemessung
	Bewehrungsliste	Schnittgrößen für Nachweise
	Externe Werkzeuge	Nachweis Biegetragfähigkeit GZT
Real	Nachweis-Manager	The Nachweis des Durchstanzwiderstan
1	Nachweisdaten aktualisieren	Rissbreitennachweis GZG
-	Design Forms	
	éa.	
	ERGEBNIS	SE (1)
	Name	Pons ontwerp
Ì	▼ AUSWAHL	
	Auswahltyp	Aktuell 🗸
	Filter	Nein 🗸
	ERGEBNISSFALL	
	Lasttyp	LF-Kombinationen V
	Kombination	
		015
	▼ BEWEHRUNG	
	Bewehrungstyp	Erforderlich
	GRENZZUSTANDSBEDINGUNG	Erforderlich
	Bemessung im GZT	Angegeben
	Mittelwertbildung von Spitzenwer	
	Position	Mittelwerte in Knoten 🗸 🗸
	System	LKS-Netzelement 🗸

## Durchstanznachweis

Geprüftes Beispiel: Durchstanzen.esa

#### Geometrie

Betonklasse C30/37 Bewehrungsklasse B500B Plattendicke 200 mm Stützenquerschnitt 10 x R 300x300 mm<sup>2</sup> und 6 x kreisförmig C400 mm<sup>2</sup> Platte und Stützen werden über die Aktion 'Teile/Knoten koppeln' miteinander verbunden.

#### Last

\*Lastfälle

- SW: Eigengewicht
- DL: Eigengewicht = Flächenlast -1 kN/m2 + Linienlast auf Kanten -1 kN/m
- LL: Variable Last = Flächenlast -1 kN/m<sup>2</sup>
- LL1: Zusätzlicher Fall für weitere Studie= -25 kN/m<sup>2</sup>, später zu erklären

#### \*Kombinationen

- GZT (Typ EN GZT (STR/GEO Gruppe B)) = SW, DL, LL
- GZG (Typ EN GZG quasi ständig) = SW, DL, LL



## Arbeitsverfahren

Der Befehl Nachweis des Durchstanzwiderstands kann im Hauptmenü "Bemessung" ausgewählt werden:



Dieser Befehl ist verfügbar, wenn in den Projektdaten die Norm EC–EN ausgewählt ist und für das Modell, das 2D-Teile aus Beton enthält, eine lineare oder nichtlineare statische Analyse ausgeführt wird. Sobald der Befehl ausgewählt ist, werden die entsprechenden Parameter aufgeführt, die im Eigenschaftenfenster mit den folgenden Optionen eingestellt werden können.

ERGEBNIS	SE (1)	X
Name	Pons ontwerp	
AUSWAHL		
Auswahltyp	Alle	~
Filter	Nein	$\sim$
ERGEBNISSFALL		
Lasttyp	LF-Kombinationen	$\sim$
Kombination	ULS	$\sim$
BEWEHRUNG		
Bewehrungstyp	Erforderlich	$\sim$
GRENZZUSTANDSBEDINGUNG		
Bemessung im GZT		
Mittelwertbildung von Spitzenwer	$\bigcirc$	
Position	Mittelwerte in Knoten	~
System	LKS-Netzelement	~
EXTREMWERTE		
Extremwerte	Global	$\sim$
Werte	UC	~
AUSGABEEINSTELLUNGEN		
Ausgabe	Kurz	~
Erläuterung der Symbole drucken	$\bigcirc$	
Kombinationsvorschrift drucken		
EINSTELLUNGEN FÜR FEHLER, W	ARNUNG UND HINWEISE	
AKTIONEN >>>		
C Aktualisieren		F5
Neue Kombination aus Kombin	ationsvorschrift	
Ergebnistabelle		
Protokollvorschau		

Legen Sie den Auswahltyp auf ALLE, den Lasttyp auf Kombination im GZT und den Bewehrungstyp auf Erforderlich fest, und klicken Sie dann auf "Aktualisieren".

Sie werden feststellen, dass das BKS für jeden Knoten zusammen mit dem Kontrollparameter in der Farbe angezeigt wird. Es gibt insgesamt 3 Farben (Grün, Blau und Rot).

- Grün: Schubtragfähigkeit <u>ohne</u> Bewehrung ist ausreichend (UCvRd,  $c \le 1.0$  und UCvRd, max  $\le 1.0$ )
- Blau: Schubtragfähigkeit <u>mit</u> Querkraftbewehrung ist ausreichend (UCvRd,c > 1,0 aber UCvRd,cs ≤ 1.0)
- Rot: Platte ist durch Anwenden der Bewehrung nicht bemessen oder die maximale Schubtragfähigkeit des Betons neben der Stütze ist nicht ausreichend (UCvRd,cs > 1.0 oder UCv,Rd,max > 1.0)



Die Darstellung der Ergebnisse als numerische Ausgabe ist über Vorschau und/oder Tabellenergebnisse möglich. Für die Durchstanzbemessung stehen zwei Ausgabetypen zur Verfügung:

Kurz – enthält nur eine Zusammenfassungstabelle mit grundlegenden Ergebnissen

Durchstanznachweis Werte: UC Lineare Analyse Yembination: ULS

Name	LF.	Durchstanzfall	Durchstanzform	UC <sub>vRd,max</sub> [-]	UC <sub>vRd,c</sub> [-]	Umfänge der Schubbewehrung	UC <sub>vRd,cs</sub> [-]	UCAsw,det [-]	UC [-] Nachwei
N15	ULS/1	Eckstütze	Rechteck (300;300)	0,82	0,96	nicht erforderlich	-	-	0,96 OK
N20	ULS/1	Eckstütze	Rechteck (300;300)	0,86	1,01	3x 9Ø8(radial) 80+2x80=240	0,68	1,00	1,00 OK, ABER
N53	ULS/1	Innenstütze	Kreis (400)	0,37	1,08	3x 12Ø8(radial) 80+2x80=240	0,72	1,00	1,00 OK, ABER
155	ULS/1	Innenstütze	Kreis (400)	0,12	0,37	nicht erforderlich	•	-	0,37 OK
N57	ULS/1	Innenstütze	Kreis (400)	0,37	1,08	3x 12Ø8(radial) 80+2x80=240	0,72	1,00	1,00 OK, ABER
N59	ULS/1	Innenstütze	Kreis (400)	0,36	1,07	3x 12Ø8(radial) 80+2x80=240	0,71	1,00	1,00 OK, ABER
V61	ULS/1	Innenstütze	Kreis (400)	0,17	0,51	nicht erforderlich	-	-	0,51 OK
N63	ULS/1	Innenstütze	Kreis (400)	0,37	1,09	3x 12Ø8(radial) 80+2x80=240	0,73	1,00	1,00 OK, ABER
N88	ULS/1	Randstütze	Rechteck (300;300)	0,43	0,98	nicht erforderlich	•	-	0,98 OK
N90	ULS/1	Randstütze	Rechteck (300;300)	0,43	0,97	nicht erforderlich	-	-	0,97 OK
N95	ULS/1	Eckstütze	Rechteck (300;300)	0,21	0,44	nicht erforderlich	-	-	0,44 OK, ABER
197	ULS/1	Randstütze	Rechteck (300;300)	0,42	0,97	nicht erforderlich	-	-	0,97 OK
N99	ULS/1	Randstütze	Rechteck (300;300)	0,42	0,97	nicht erforderlich		-	0,97 OK
N101	ULS/1	Eckstütze	Rechteck (300;300)	0,25	0,51	nicht erforderlich	•	-	0,51 OK, ABER
V103	ULS/1	Randstütze	Rechteck (300;300)	0,32	0,73	nicht erforderlich	-	-	0,73 OK, ABER
N104	ULS/1	Randstütze	Rechteck (300;300)	0,31	0,72	nicht erforderlich	•	-	0,72

 Standard – enthält dieselbe Übersichtstabelle wie in der Kurzausgabe, die durch zusätzliche Tabellen mit weiteren Teilergebnissen ergänzt wird ⇒ Schubtragfähigkeit ohne Bewehrung ist ausreichend

Wählen Sie Knoten N61 und ändern Sie den Auswahltyp in 'aktuell'.

#### Eine kurze Ausgabe zeigt:

Durch Werte: U Lineare A Kombinati Extremwe Auswahl: Übersich	nstan: C unalyse ion: ULS erte: Knot N61 t	znachweis							
Name	LF	Durchstanzfall	Durchstanzform	UC <sub>vRd,max</sub> [-]	UC <sub>vRd,c</sub> [-]	Umfänge der Schubbewehrung	UC <sub>vRd,cs</sub> [-]	UCAsw,det [-]	UC [-] Nachweis
N61	ULS/1	Innenstütze	Kreis (400)	0,17	0,51	nicht erforderlich	-	-	0,51 OK
_			16.						

Wir sehen, dass der UC < 1, schauen wir uns die Standardausgabe für diesen Knoten an:

kn]

127,40

0,00

## Durchstanznachweis

N61

ULS/1

Innenstütze

1,15

Werte: U Lineare A Kombinat Extremwe Auswahl: Übersich	C ion: ULS erte: Kno N61 t	ten										
Name	UF	Durchstanzfall	Durchstanzform	UC <sub>vRd,max</sub> [-]	UC <sub>vRd,c</sub> [-]	Um Schu	lfänge der bbewehrun	g [-]	d,cs U I	CAsw,det [-]	UC [-] Nachweis	
N61	ULS/1	Innenstütze	Kreis (400)	0,17	7 0,51	nicht e	erforderlich	-	-		0,51 OK	
Beton												
Name	LF	Durchstanzfall β [-]	Durchstanzform	Ved [kN] AVed	MEd,y [kNm] Med.z	Platte h [mm]	Material f <sub>cd</sub> [MPa]	deff [mm] ØI	uo [m] U1	VEd,u0 [MPa] VEd.u1	VRd,max [MPa] VRd.c	UCvRd [- UCvI

VEd,u1 = 0,28 MPa < VRd,c = 0,55 MPa damit die Querkrafttragfähigkeit ohne Bewehrung ausreichend ist. Der Steuerungsparameter wird in der Farbe Grün angezeigt.

0,07 Decke 13,07 200,00

⇒ Schubtragfähigkeit mit Bewehrung ist ausreichend

Schauen wir uns nun die Standardausgabe für Knoten N59 an:

Kreis (400)

Durcl Werte: U Lineare A Kombinat Extremwe Auswahl: Übersich	hstan C Analyse tion: ULS erte: Kno : N59 it	znachweis											
Name	LF	Durchstanzfall	Durchstar	zform	UC <sub>vRd,max</sub> [-]	UC <sub>VRd</sub>	.c Un Schu	nfänge der bbewehrung	UC <sub>vRd</sub>	.cs U	CAsw,det [-]	UC [-] Nachweir	-
N59	ULS/1	Innenstütze	Kreis (400)		0,30	5 1,0	7 3x 120 80+2x	08(radial) 80=240	0,	71	1,00	1,00 OK, ABER	
Beton													
Name	UF	Durchstanzfall β [-]	Durchstar	Izform	Ved [ktN] ΔVed [ktN]	MEd.y [kNm] MEd,z [kNm]	Platte h [mm]	Material f <sub>cd</sub> [MPa]	deff [mm] ρι [%]	uo (m) u1 (m)	VEd,u0 [MPa] VEd,u1 [MPa]	VRd,max [MPa] VRd,c [MPa]	UCvRd,max [-] UCvRd,c [-]
N59	ULS/1	Innenstütze 1,15	Kreis (400)		266,29 0,00	25,16	Decke 200,00	C30/37 20,00	160,00 0,37	1,257 3,267	1,52	4,22 0,55	0,36 1,07
Bewehr	ung												
Name	u	Umfänge der Schubbewehrun	Uout Ig [m] a <sub>out</sub> [mm]	St,u1 [mm] St,out [mm]	Kritis (Abstan	che Umf d/Tragfä	änge ihigkeit)	Material f <sub>ywd,ef</sub> [MPa]	Asw,req [mm <sup>2</sup> ] Asw1,min [mm <sup>2</sup> ]	As [mn Asw. [mn	w Vi n <sup>2</sup> ] [M ,tot kma n <sup>2</sup> ] [M	Rd,cs U IPa] xVRd,c U4 IPa]	CvRd,cs [-] CAsw,det [-]
N59	ULS/1	3x 12Ø8(radial) 80+2x80=240	3,488 354	230 230	320/71%			B 500B 290,0	105	1	603 810	1,42 0,82	0,71 1,00

Hier sehen wir, dass VEd,u1 = 0,58 MPa < VRd,c= 0,55 MPa und UCvRd,c = 1,06 > 1.

[MPa]

4,22

0,55

0,17

0,51

Pa]

0,73

0,28

[%]

160,00

0,17

C30/37

20,00

[m]

1,257

3,267

Also muss die Querkraftbewehrung bemessen werden. Der endgültige Wert ist Asw,tot = 1810mm2, welche konstruktive Auflagen berücksichtigen.

Der Steuerungsparameter wird in der blauen Farbe angezeigt.

Sie können Asw,tot auch grafisch anzeigen:

ERGEBNIS	SE (1)	A X
Name	Pons ontwerp	
▼ AUSWAHL		
Auswahltyp	Aktuell	$\sim$
Filter	Nein	$\sim$
▼ ERGEBNISSFALL		
Lasttyp	LF-Kombinationen	$\sim$
Kombination	ULS	$\sim$
BEWEHRUNG		
Bewehrungstyp	Erforderlich	$\sim$
GRENZZUSTANDSBEDINGUNG		
Bemessung im GZT		
Mittelwertbildung von Spitzenwer	$\bigcirc$	
Position	Mittelwerte in Knoten	~
System	LKS-Netzelement	$\sim$
EXTREMWERTE		
Extremwerte	Knoten	$\sim$
Werte	Asw,tot	~

⇒ Verwendung der angegebenen Bewehrung

Fügen wir nun eine angegebene Bewehrung zur Platte hinzu.

Wechseln Sie in den Betoneinstellungen zur Ansicht Standardwerte für Bemessung:



Angegebene Vorlage für 2D-Platten aktivieren:

Anzeigeeinstell • Star	dardwer	te ein		Such	en					Nation	alanhang:	
Beschreibung	Symb	ol	Wert		Standard	[Dim]	Kapitel		Norm	Struktur	Nachwe	
all>	<all></all>	P	<all></all>	P	<all></all>	C	<all></all>	P	<all> <math>\rho</math></all>	<all> D</all>	Grundc 🗙	
Grundda ten der Bemessung												
▲ Bewehrung												
Träger/Rippe												
Plattenartiger Balken												
Stütze												
▲ Platte												
<ul> <li>Längsbewehrung</li> </ul>												
Bemessung der angegebenen Bewehrung				_	<b>1</b>				Unabhängig	Platte,Sc	Grundda	
Bemessungsvorlage der angegebenen Bewehr.			Plate_B		Plate_Ba				Unabhängig	Platte,Sc	Grundda	
<ul> <li>Oben (z+)</li> </ul>												
Typ der Deckung	Typec+		Auto		Auto		4.4.1		EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda	>>
Durchmesser der ersten Ebene	d <sub>51+</sub>		10		10	mm			EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda	
Winkel der Richtung der ersten Lage	α <sub>1+</sub>		0,00		0,00	deg			EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda	
Durchmesser der zweiten Ebene	d <sub>\$2+</sub>		10		10	mm			EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda	
Winkel der Richtung der zweiten Lage	a2+		90,00		90,00	deg			EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda	
<ul> <li>Unten (z-)</li> </ul>												
Typ der Deckung	Type <sub>c</sub> .		Auto		Auto		4.4.1		EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda	
Durchmesser der ersten Ebene	d <sub>s1-</sub>		10		10	mm			EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda	
Winkel der Richtung der ersten Lage	α <sub>1-</sub>		0,00		0,00	deg			EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda	
Durchmesser der zweiten Ebene	d <sub>\$2-</sub>		10		10	mm			EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda	
Winkel der Richtung der zweiten Lage	a <sub>2</sub> .		90,00		90,00	deg			EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda	
✓ Schub												
Durchmesser der Schubbewehrung			8		8	mm			EN 1992-1-1	Platte,Sc	Grundda	

 Nagegebene Bewehrung (Bemessung)
 X

 Image Basic Lower
 Image Basic Lower

 Plate, Basic, Gord
 Image Basic Add\_\_\_\_\_

 Plate, Basic, Code
 Image Basic Add\_\_\_\_\_

 Name Plate, Basic, Add\_\_\_\_\_
 Image Basic Add\_\_\_\_\_\_

 Name Plate, Basic, Add\_\_\_\_\_
 Image Basic Add\_\_\_\_\_\_

 Name Plate, Basic, Add\_\_\_\_\_
 Image Basic Add\_\_\_\_\_\_

 Name Plate, Basic, Add\_\_\_\_\_\_
 Image Basic Add\_\_\_\_\_\_

 Querschnitt Rechteck
 Image Basic Add\_\_\_\_\_\_

 Modus Standard
 Image Basic Add\_\_\_\_\_\_\_

 Neu Einfügen
 Bearbeiten
 Löschen
 OK

Hier können Sie zwischen verschiedenen Vorlagen wählen.

Sie können eine angegebene Grundbewehrung ohne zusätzliche Bewehrung geben oder SCIA Engineer bei Bedarf die Zusätzliche Bewehrung berechnen lassen.

In diesem Beispiel definieren wir die Grundbewehrung ohne Zusatzbewehrung und verwenden einen Durchmesser 16 mm mit einem Abstand von 150 mm.



Schauen Sie sich nun die Standardausgabe für Knoten N59 an. Für die erforderliche Bewehrung wurde eine zusätzliche Querkraftbewehrung benötigt, mit der oben angegebenen Bewehrung jedoch keine Querkraftbewehrung:

Durch Werte: U Lineare A Kombinat Extremwe Auswahl: Übersich	nstan c nalyse ion: ULS erte: Kno N59 t	znachweis										
Name	UF	Durchstanzfall	Durchstanzform	UC <sub>vRd,max</sub> [-]	(UC <sub>vRd,</sub>	c Un Schu	nfänge der bbewehrun	g [-]	d,cs U(	CAsw,det [-]	UC [-] Nachweis	
N59	ULS/1	Innenstütze	Kreis (400)	0,3	6 0,8	3 nicht (	erforderlich	-	-		0,83 OK	
Beton												
Name	UF	Durchstanzfall β [-]	Durchstanzform	Ved [kN] AVed [kN]	MEd,y [ kNm ] MEd,z [ kNm ]	Platte h [mm]	Material f <sub>cd</sub> [MPa]	deff [mm] ρι [%]	uo [m] U1 [m]	VEd,u0 [MPa] VEd,u1 [MPa]	VRd,max [MPa] VRd,c [MPa]	UCvRd,max [-] UCvRd,c [-]
N59	ULS/1	Innenstütze	Kreis (400)	266,29 0.00	25,16	Decke 200.00	C30/37 20.00	160,00	1,257	1,52	4,22	0,36

Wir sehen, dass VEd,u1 = 0,58 MPa < VRd,c = 0,71 MPa, also die Querkrafttragfähigkeit ohne Bewehrung ausreichend ist. Der Steuerungsparameter wird jetzt in grün statt blau angezeigt.

⇒ Einheitsnachweis ist nicht erbracht: Der kritische Umfang ist rot

Ändern Sie den "Ergebnistyp" in Lastfall LL1 und zeigen Sie das Ergebnis für Knoten N59 an:



Der kritische Umfang wird jetzt rot angezeigt, und BKS = 1,44 > 1.

Schauen Sie sich die Standardausgabe an:

## Durchstanznachweis

Werte: UC Lineare Analyse Lastfall: LL1 Extremwerte: Knoten Auswahl: N59 Übersicht

Name	u	Durchstanzfall	Durchstanzform	UC <sub>vRd,max</sub> [-]	UC <sub>vRd,c</sub> [-]	Umfänge der Schubbewehrung	UC <sub>vRd,cs</sub> [-]	UCAsw,det [-]	UC [-] Nachweis
N59	111	Innenstütze	Kreis (400)	0,96	2,18	7x 19Ø8(radial) 80+6x110=740	1,45	1,00	1,45 Nachweis NICHT erbracht

Beton

Name	LF	Durchstanzfall β [-]	Durchstanzform	Ved [kN] AVed [kN]	MEd,y [kNm] MEd,z	Platte h [mm]	Material f <sub>cd</sub> [MPa]	d <sub>eff</sub> [mm] ρι [%]	U0 [m] U1	VEd,u0 [MPa] VEd,u1 [MPa]	VRd,max [MPa] VRd,c [MPa]	UC <sub>vRd,max</sub> [-] UC <sub>vRd,c</sub> [-]
N59	Ш1	Innenstütze 1,15	Kreis (400)	<b>711,93</b> 0,00	67,09 10,86	Decke 200,00	C30/37 20,00	160,00 0,84	1,257 3,267	4,07 1,57	4,22 0,72	0,96 2,18

Bewehrung

Name	lf	Umfänge der Schubbewehrung	U <sub>out</sub> [m] a <sub>out</sub> [mm]	St.u1 [mm] St.out [mm]	Kritische Umfänge (Abstand/Tragfähigkeit)	Material f <sub>ywd,ef</sub> [MPa]	Asw,req [mm <sup>2</sup> ] Asw1,min [mm <sup>2</sup> ]	A <sub>sw</sub> [mm <sup>2</sup> ] A <sub>sw,tot</sub> [mm <sup>2</sup> ]	VRd,cs [MPa] k <sub>max</sub> v <sub>Rd,c</sub> [MPa]	UC <sub>vRd,cs</sub> [-] UCAsw,det [-]
N59	LL1	7x 19Ø8(radial)	7,113	165	320/145%, 640/90%,	B 500B	848	955	1,70	1,45
		80+6x110=740	931	311	960/66%	290,0	20	6685	1,08	1,00

Diese Fehler und Warnungen können wir auch in der Ausgabe anzeigen, indem Sie diese Option im Eigenschaftenbereich aktivieren:

## Kapitel 2: Bemessung und Nachweis

ERGEBNIS	SE (1)	A×	Werte: UC Lineare Analy	PROTOKOL	LVORSCH	HAU	1	0 8	Defau	lt – ×		BQ	97%	-0	-		
Name	Pons ontwerp		Lastfall: LL1 Extremwerte:														
AUSWAHL			Auswahl: N59	Duro	hsta	nznachwe	eis										
Auswahltyp	Aktuell	$\sim$		Werte:	UC												
Filter	Nein	~		Lineare	Analyse												
ERGEBNISSFALL				Extremy	verte: Ki	noten											
Lasttyp	Lastfälle	$\sim$		Auswah	I: N59												
Lastfall	LL1	~		UDersk	.nc				_		1						
BEWEHRUNG		_		Name	UF	Durchstanzfa	all Du	rchstan	zform	UCvRd,max [-]	UCvRd,c	Umfang Schubbev	je der vehrung	UCvRd,cs [-]	UCAsw,det	UC [-]	E/W/N
Bewehrungstyp	Angegeben	$\sim$														Nachweis	
enutzerdefinierte Bewehrung be	$\bigcirc$			N59	ui	Innenstütze	Krei	s (400)		0,96	2,18	7x 19Ø8(rai 80+6x110=	dial) 740	1,45	1,00	1,45 Nachweis	W6/102, W6/117
GRENZZUSTANDSBEDINGUNG			1.1.1													NICHT	N6/102,
Bemessung im GZT					_		_	-					_			erbracht	N6/111
Bemessung GZG (Rissbreite)	0			Beton													
messung GZG (Bewehrungsspa	$\bigcirc$		2	Name	LF.	Durchstanzfa	all Du	rchstan	zform	VEd	MEd.y	Platte Ma	terial	deff u	0 VEd.u0	VRd,max	UCvRd,max
ttelwertbildung von Spitzenwer	0					Ŀ1	- C			ΔVEd	MEd,z	[mm] [N	IPa]	ρι υ	I VEd.u1	VRd,c	UC <sub>vRd,c</sub>
Position	Mittelwerte in Knoten	~		N59	111	Innenstütze	Krei	s (400)		[kN] 711.93	[ktim]	Decke C30	/37	[%] [n	[MPa]	[MPa]	[-]
System	LKS-Netzelement	~				1,15	N. C.	5 (100)		0,00	10,86	200,00 20,0	0	0,84 3,3	267 1,5	7 0,72	2,1
EXTREMWERTE				Beweh	rung												
Extremwerte	Knoten	$\sim$		Name	LF	Umfänge o	der	Uout	St.u1	Kritis	che Umfä	nge Ma	terial	Asw, reg	A <sub>SW</sub>	/Rd,cs UK	VRd.cs
Werte	UC	~				Schubbeweh	rung	[m]	[mm]	(Abstan	d/Tragfäl	igkeit) f <sub>i</sub>	nid.ef	[mm <sup>2</sup> ] [	mm <sup>2</sup> ] [	MPa]	[-]
AUSGABEEINSTELLUNGEN								[mm]	[mm]			u u	mraj -	[mm <sup>2</sup> ] [	mm <sup>2</sup> ] [	MPa]	Asw,det [-]
Ausgabe	Standard	$\sim$		N59	LL1	7x 19Ø8(radial)	)	7,113	165	320/145%	640/90%	B 5	00B	848	955	1,70	1,45
Erläuterung der Symbole drucken	0			F (1997)		80+6x110=740	-	931	311	900/00%		290	,0	20	6690	1,08	1,00
EINSTELLUNGEN FÜR FEHLER, W	ARNUNG UND HINWEISE	-	ן ו	W6/10	2 N59	) )	0.201										
formationen über Warnungen in	$\bigcirc$			W6/11	7 N59	)											
Fehler anzeigen	Alle	~		E/W/	N		Beschr	eibung		1.01.3			Lösun	g			
Warnungen anzeigen	Alle	~		W6/10	Z Durd	emäß §6.4.3(2)	unzureio	chend.	ollumfan	g (vkd,c)	vermeide	Bemessung d n, versuchen	Sie, die L	angsbewehrung z	u ungsmenae		
Hinweise anzeigen	Nur in Extremen	~		-	Dure	hstanzhewehrur	ng ist er	forderlich			zu erhöh	en				-	
helle mit Erläuterung von Warn				W6/11	Schu	ubbewehrung (v	Rd.cs) is	atte mit t gemäß	Artikel (	ener 5.4.5(1)	erhöhen.	naterialgüte v	erwenden	oder Dicke	der Platte		
AKTIONEN >>>		_	- I		unzu	ureichend.											
* Aktualisieren		F5		N6/102	Norr	nalbetonspannur	ngen (so rchstanzy	ym,cp) w	erden in ds (vRd	der							
Freehnistabelle					§6.4	.4(1) vernachläs	ssigt.			, sy gennus							
- Brotokolluoreshau				N6/111	Trag	gfähigkeit der be	emessene	en Schub	bewehru	ing comäß							
Protokolivorschau					Artik	cel 6.4.5(1) besi	chränkt.	von kma	x vRd,C	gemab							

#### Normenabhängige Verformung (NAV) 2.6

# 2.6.1 Erklärung

Die Berechnung der normenabhängigen Durchbiegung ist eine strengere Berechnung der Durchbiegung. Die Berechnung ist dasselbe wie für das vereinfachte Verfahren, jedoch mit folgenden Unterschieden:

- 3 Arten von Kombinationen werden für die Berechnung der Durchbiegungen verwendet •
- Steifigkeitsberechnung ist genauer

. . . . Um diese Einstellungen festgeleg 1.

Projekt-Grund	ldaten					
Grunddaten	Funktionalität Aktio	onen Einheitensystem	Projektschut	z		
	- IDENTIFIKATION			MATERIAL		
	Name:	-		Beton	×	
1				Material	C20/25	۰.
	Teil:	-		Bewehrungstahlmat	B 500B	۰.
	Beschreibung:			Stahl		
121				Mauerwerk		
	Autor:	MJ		Aluminium		
	Datum	07 02 2020		Holz		
	Datum:	01.02.2020		Verschiedenes		
				verschiedenes		
	Tragwerk:	🚀 Allgemein XYZ	*	NORM		
				Norm:		
	Postprozessor	🗳 Standard	Υ.	EC-EN		•
	Modell:	🛛 Ein	~	Nationalanhang:		
		Information	en zur	Standaard El	N	۰
1	Dickwandige Stahlt	petonauerschnitte: Die er	weiterte 2D FE	M Methode ist deaktivie	rt!	
				OK		Cancel

2. Im Betonmenü wird dann ein neuer Nachweis mit der Bezeichnung normabhängige Verformung angezeigt:



×

## 2.6.2 Kombinationstypen für NAV

Die für die NAV-Berechnung verwendeten LF-Kombinationen können vom Benutzer entweder automatisch generiert oder eingefügt werden.

Automatische Erstellung von LF-Kombinationen für NAV

Drei verschiedene Kombinationen erzeugt die Software im Hintergrund automatisch zur Berechnung der Durchbiegung:

1. Kombination für Berechnung der Gesamtverformung

Direkt aus der Benutzerauswahl im NAV-Nachweis im Eigenschaftenbereich generiert:

লি			
ERGEBNI	SSE (1)		
Name	Normafhankelijke vervor	ming	
<ul> <li>AUSWAHL</li> </ul>			
Auswahltyp	Aktuell	$\sim$	
Filter	Nein	$\sim$	
Automatische Kombination			
▼ ERGEBNISFALL FÜR DURCHBIEG	UNG		
Lasttyp	LF-Kombinationen	$\sim$	
Kombination	BGT-quasi (automatisch)	$\sim$	
Umhüllende (für 2D-Zeichnung)	Absolute Extremwerte	$\sim$	

 Kombination f
ür die Berechnung der sofortigen Durchbiegung Verwendet die generierte Kombination f
ür die Gesamtdurchbiegung und entfernt variable Lastf
älle mit Dauer vom Typ "Mittel", "Kurz" oder "Augenblicklich".



 Kombination zur Ermittlung von Durchbiegung infolge Kriechen Verwendet die generierte Kombination f
ür die Gesamtdurchbiegung und multipliziert variable Lastf
älle mit einem Beiwert, der in den Betoneinstellungen > Durchbiegungen definiert ist;

Ansichten: Vollständige Einrichtung 👻 Anzeigeeinstell 💌 Standardwerte ein				Suchen							National	anhang:	
B	eschreibung	Symbol		Wert		Standard	[Dim]	Kapitel		Norm	Struktur	Nachwe	
call>	Q	<all></all>	P	<all></all>	2	<all></all>		<all></all>	P	<all> D</all>	<all></all>	<all></all>	0
4 G	rundda ten der Bemessung												
D	Bewehrung												
D	Mindestdeckung												
A R	echenkern Einstellungen												
Þ	Allgemein												
Þ	Schnittgrößen												
Þ	Bemessung As, erf												
Þ	Umwandlung in Bewehrungsstäbe												
Þ	Interaktionsdiagramm												
Þ	Schub												
Þ	Torsion												
Þ	Durchstanzen												
Þ	Begrenzung der Spannungen												
D	Rissbeanspruchung												
D	Rissbreite												
-	Durchbiegungen												
	Beiwertzum Erhöhen der Bewehrungsmenge	Coeffreinf		1,0		1,0				Unabhängig	Alle (Bal.	. Rechenk	
	Maximale Gesamtdurchbiegung L/x; x =	×tot		250,0		250,0		7.4.1(4)		EN 1992-1-1	1D (Balk.	. Rechenk	
	Maximale Zusatzdurchbiegung L/x; x =	x <sub>add</sub>		500,0		500,0		7.4.1(5)		EN 1992-1-1	1D (Balk.	. Rechenk	
	Maximale Gesamtdurchbiegung	δ <sub>lim,tot</sub>		25		25	mm	7.4.1(4)		EN 1992-1-1	2D (Platt.	Rechenk	
	Maximale Zusatzdurchbiegung	δ <sub>lim,add</sub>	-	15	_	15	mm	7.4.1(5)		EN 1992-1-1	2D (Platt.	Rechenk	
	Art der variablen Last f ür das automatische Erzeugen ein		L	Faktor Psi2	~	Faktor Psi				Unabhängig	Alle (Bal.	. Rechenk	
Þ	Bauliche Durchbildung			Faktor Psi2 Benutzereir	verv	venden e							

Zusätzliche charakteristische Kombinationen werden für jede zuvor genannte Kombination generiert, um zu bestimmen, ob der Querschnitt gerissen oder nicht gerissen ist.

Manuelle Eingabe von Kombinationen für NAV

Sie können eigene Kombinationen zur Berechnung von sofortiger Durchbiegung und Durchbiegung infolge Kriechen einführen.

Zum Einführen dieser manuellen Kombinationen muss die Option "Automatische Kombination" im Normenkontrollbereich, Eigenschaften, nicht aktiviert sein.

Im Eigenschaftenfenster werden zwei neue Querschnitte ("Ergebnisfall: Durchbiegung infolge Kriechen" und "Ergebnisfall: Unmittelbare Durchbiegung") angezeigt, wo Sie die Kombinationen für Kriechen und sofortige Durchbiegungen auswählen können.

Diese Kombinationen müssen lineare Kombinationen sein, d. h. Kriechen und sofortige Durchbiegung sind für alle aus der Kombination für Gesamtdurchbiegung generierten Unterkombinationen gleich.



Die Kombination für die Berechnung der Gesamtdurchbiegung bleibt weiterhin direkt aus der von Ihnen gewählten Kombination im Normennachweis im Eigenschaftenbereich generiert.

## 2.6.3 Bewehrungstyp

Für das NAV-Verfahren ist es möglich, die Durchbiegung anhand der erforderlichen, angegebenen oder benutzerdefinierten Bewehrung zu berechnen. Diese Wahl erfolgt im Eigenschaftenfenster des NAV Nachweises:

ERGEBNI	SSE (1)	
Name	Normenabhängige Verfo	ormung
▼ AUSWAHL		
Auswahltyp	Alle	$\sim$
Filter	Nein	$\sim$
Automatische Kombination		
ERGEBNISFALL FÜR DURCHBIEG	UNG	
Lasttyp	LF-Kombinationen	$\sim$
Kombination	SLS	$\sim$
Umhüllende (für 2D-Zeichnung)	Absolute Extremwerte	$\sim$
Bewehrungstyp	Erforderlich	$\sim$
ERGEBNISFALL FÜR ERFORDER	Erforderlich	
Lasttyp	Angegeben	
Kombination	Benutzer	24

# 2.6.4 Berechnung der Steifigkeit von 1D-Elementen

Teile, die nicht über dem Niveau belastet werden, wodurch die Zugfestigkeit des Betons überall im Bauteil überschritten wird, sollten als nicht gerissen betrachtet werden. Bauteile, die rissig sein dürften, jedoch möglicherweise nicht vollständig gerissen sind, verhalten sich zwischen den ungerissenen und vollständig gerissenen Bedingungen zwischen den Bedingungen, unter denen dies erwartet wird, in einer Weise. Die neue Steifigkeit (Steifigkeit unter Berücksichtigung der Rissbildung) wird in der Mitte jedes 1D-Elements berechnet.

Es werden zwei Arten von Steifigkeiten berechnet:

- **Kurzzeit-Steifigkeit** wird mit 28 Tagen Elastizitätsmodul ermittelt Ec = Ecm, folgt, dass der Wert der Steifigkeit direkt aus den Eigenschaften des Betonmaterials geladen wird
- Langzeit-Steifigkeit wird mit dem effektiven E-Modul auf Basis des Kriechbeiwerts für wirkende Last ermittelt, folgt Ec = Ec,eff = Ecm/(1+j).

Die Berechnung des effektiven Elastizitätsmoduls basiert auf Gleichung 5.27 in EN 1992-1-1, aber anstelle des wirksamen Kriechbeiwerts  $\varphi \epsilon \phi$  wird nur der Kriechbeiwert  $\phi$  verwendet

Für die Berechnung der Steifigkeiten wird das folgende Verfahren verwendet:

- 1) Die Transformierten Querschnittsdaten des ungerissenen Querschnittes (Ai, Ii, ti...) werden ermittelt
- 2) Die Steifigkeiten des ungerissenen Querschnitts ((Eiy)ı,( Eiz)ı, (EA)ı) bis zum Mittelpunkt des ungerissenen transformierten Querschnitts werden berechnet.
- 3) Höchstwert der Zugspannung des ungerissenen Querschnittes (Wert σct,res) für die jeweilige charakteristische Kombination (Nchar,res,Mchar,res,y, Mchar,res,z) wird ermittelt
- 4) Höchstwert der Zugspannung des ungerissenen Querschnittes (Wert σct,imm) für die sofortige charakteristische Kombination (Nchar,im,Mchar,im,y, Mchar,im,z) wird ermittelt
- 5) Vergleich von oct mit oct,imm
  - Wenn σct≥sct,imm, twird die jeweilige charakteristische Kombination für die Berechnung verwendet, Nchar=Nchar,res,Mchar,y =Mchar,res,y, Mchar,z=Mchar,res,z,sct=σct,res
  - Wenn σct≤sct,imm, wird die unmittelbar charakteristische Kombination Nchar=Nchar,im,Mchar,y =Mchar,im,y, Mchar,z=M⇒z,sct=σct,im verwendet
- 6) Vergleich von σct mit σcr
  - Wenn σct≤Querschnitt nicht gerissen ist:
    - $\circ$  Biegesteifigkeit um die Achse y Ely = (Eiy)<sub>I</sub>
    - Biegesteifigkeit um die Achse  $z = (Eiy)_1$
    - Normalsteifigkeit EA = EAI,
    - Wenn oct≥Bemessung, ist der Querschnitt gerissen, und die mittlere Steifigkeit wird berechnet.
      - 1. Die transformierten Querschnittsdaten des gerissenen Querschnittes (Air, Iir, ...) werden ermittelt.
      - Die Steifigkeiten des vollständig gerissenen Querschnitts (Eiy)<sub>II</sub>, (Eiz)<sub>II</sub>, (EA)<sub>II</sub>) bis zum Mittelpunkt des gerissenen transformierten Querschnitts werden berechnet
      - 3. Die Spannung in der Zugbewehrung des vollständig gerissenen Querschnitts (Wert σsr) für die charakteristische Kombination (Nchar,Mchar, Mchar,z) wird ermittelt.
      - 4. Die Spannung in der Zugbewehrung des vollständig gerissenen Querschnitts (Wert σs)für die jeweilige Kombination (N,My,Mz) wird ermittelt.
      - 5. Der Verteilungsbeiwert ζ gemäß Gleichung 7.19 in EN 1992-1-1 wird ermittelt

$$\zeta = 1 - \beta \left( \frac{\sigma_{\rm sr}}{\sigma_{\rm s}} \right)^2$$

 $\beta$  ein Beiwert zur Berücksichtigung des Einflusses der Belastungsdauer oder der wiederholten Beanspruchung auf die Mitteldehnung ( $\beta=1 \phi$ r die Berechnung der Kurzzeitsteifigkeit; b=0,5 für die Berechnung der Langzeitsteifigkeit)

- 6. Der Mittelwert der Steifigkeiten gemäß Gleichung 7.18 in EN 1992-1-1 wird ermittelt
  - Biegesteifigkeit um y-Achse (Eiy) =  $1/[\zeta/(Eiy)_{II} + (1-z)/(Eiy)_{I}]$
  - ο Biegesteifigkeit um die Achse z (Eiz) =  $1/[\zeta/(Eiz)_{II} + (1-z)/(Eiz)_{I}]$
  - Normalsteifigkeit (EA) =  $1/[(\zeta/(EA)_{II} + (1-z)/(EA)_{I}],$

Steifigkeit wird zur Hauptachse des unsymmetrischen Querschnitts neu berechnet

7) Die fünf Arten von Steifigkeiten werden für jedes 1D-Element und jede gefährliche Kombination berechnet:

Typ der Steifigkeit	Jeweilige Kombination
Kurzzeit-Steifigkeit für sofortige Durchbiegung	Sofortige
Kurzzeitsteifigkeit für Kurzzeitverformung	Gesamt
Kurzzeitsteifigkeit für Kriechverformung	Mucker
Langzeit-Steifigkeit für Kriechverformung	Mucker
Langzeit-Steifigkeit für Schwindverformung	Gesamt

- 8) Die folgenden Steifigkeiten sind Änderungen in der Steifigkeitsmatrix für 1D-Elemente:
  - EAx =EA
  - GAy=GAz = G×EAx/(1,2×Ec)
  - Ely =Eiy
  - Elz =Eiz
  - GIx=0,5×(1-m)·(Ely)Elz)<sup>0.5</sup>

Wo:

- G ist Schubmodul des Betons, ermittelt nach Formel G = 0.5×Ec/(1+m)
- m ist Querdsson-Beiwert des Betons, belastet durch die Materialeigenschaften des Betons

Ausmitte der Steifigkeiten (Abstand zwischen Beton-Querschnittsschwerpunkt und Schwerpunkt des gerissenen transformierten Querschnitts) wird in der aktuellen Version nicht berücksichtigt

# Ermittlung von Krümmungen, Dehnungen und Steifigkeiten infolge Schwund eines 1D-Elements

## Ermittlung der Schwindkräfte

Die durch Schwinden verursachten Kräfte werden nach den folgenden Formeln berechnet. Die Schnittgrößen werden für beide Zustände ermittelt: ungerissener und gerissener Querschnitt.

- Nshr =  $-\epsilon cs(t,ts)$  · Beiwert (Esi · Asi)
- Mshr,y = Nshr.eshr,z
- Mshr,z = Nshr•eshr,y

Wo:

- $eshr, y = \sum (Esi \cdot Asi) / \sum (Esi \cdot Asi \cdot ysi) tiy$
- eshr,z =å(Esi⋅ Asi)/ ∑(Esi⋅ Asi⋅zsi) tiz
- εcs(t,ts)- Gesamtschwinddehnung
- Coefreinf Beiwert zur Erhöhung der Bewehrungsmenge
- Esi Elastizitätsmodul des i-ten Bewehrungsstabs
- Asi Bewehrungsfläche des i-ten Bewehrungsstabs
- ysi Position des i-ten Bewehrungsstabs vom Querschnittsschwerpunkt in y-Richtung
- zsi Position des i-ten Bewehrungsstabs vom Querschnittsschwerpunkt in Richtung z
- tiy Abstand zwischen dem Schwerpunkt des transformierten ungerissenen/gerissenen Querschnittes und dem Schwerpunkt des Betonquerschnitts in y-Richtung
- tiz Abstand zwischen dem Schwerpunkt des ungerissenen/transformierten Querschnittes und dem Schwerpunkt des Betonquerschnitts in z-Richtung

								N [kN]	My	[kNm]	M <sub>z</sub> [kNm	
Kombi	: SLS/1_cr	eep						0,00	134,	,61	0,00	
Charak	teristische	Kombin	ation (cl	nar): SLS/1	_creep			0,00	148,	85	0,00	
ersch	nitteige	nschafte	en									
Art de	r	ty		tz	Α	l <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>		X		A <sub>s</sub>	
Komponente Linear		nente [mm] [mm] 0,0 0,0		[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>4</sup> ]	[m	m <sup>4</sup> ]	[mm]		[mm <sup>2</sup> ]	
				0,0	150000	3.13·10 <sup>9</sup>	1.1	3-10 <sup>9</sup>	261,6 500,0		- 1359	
Nicht g	erissen 0,0		-30,3	176459	4.04.109	1.1	3-10 <sup>9</sup>					
Gerisse	n	0,0		42,4	88745	2.48.109 467.		·10 <sup>6</sup>	207,6		1359	
0.00	55 50	0.00	8.00	2.90	1	٨	106.7	286.2	0.5	0.03	0 103	
0,00	55,50	0,00	8,09	2,90	J	A	106,7	286,2	0,5	0,93	0 10,3	
0,00 rechn Achsste Biegest	$\frac{55,50}{\text{ung der}}$ ifigkeit EA $EA = \frac{\zeta}{EA_{11}}$ eifigkeit EI	$\begin{array}{c} 0,00\\ \text{Steifigk}\\ \vdots  \text{EA}_{1}=1\\ \frac{1}{+\frac{1-\zeta}{\text{EA}_{1}}}\\ & \\ y;  \text{El}_{y,1}=-1 \end{array}$	8,09 ceit 812.01 M = 0.93 911.3 41.51 M	2,90 IN $EA_{II} = \frac{1}{0} + \frac{1 - 0.1}{1812.1}$ N·m <sup>2</sup> $EI_{y,II}$	911.30 MN 911.30 MN 93 93 943.92 M 91 = 25.42 MN·m	A IN	106,7	286,2	0,5	0,93	0 10,3	
0,00 rechn Achsste Biegest	55,50 ung der ifigkeit EA $EA = \frac{\zeta}{CA_{III}}$ eifigkeit EI $EI_y = \frac{\zeta}{CA_{III}}$ eifigkeit EI $EI_y = \frac{\zeta}{CA_{III}}$	$0,00$ Steifigk $EA_{1} = 1$ $\frac{1}{EA_{1}}$ $\frac{1}{EA_{1}}$ $\frac{1}{EA_{1}}$ $\frac{1}{EA_{1}}$ $\frac{1}{EA_{1}}$	8,09 ceit 812.01 M 812.01 M 911.3 41.51 M 911.3	$2,90$ IN EA <sub>II</sub> = $\frac{1}{1-0.0}$ 0 + $\frac{1-0.0}{1812.0}$ N·m <sup>2</sup> El <sub>y.II</sub> 1 $\frac{1}{1+1-0.9}$ 2 + $\frac{1-0.9}{41.51}$ N·m <sup>2</sup> El <sub>y.II</sub>	$J_{1}$ 911.30 MN $\frac{93}{93} = 943.92 N$ 01 $= 25.42 MN m^{2}$ = 26.12 MN $= 4.80 MN m^{2}$	<b>A</b> 1N 2	106,7	286,2	0,5	0,93	0 10,3 (7.	

## Ermittlung von Verformung und Krümmung infolge Schwinden

Schwindbedingte Dehnung und Krümmung werden für jedes 1D-Element berechnet und diese Werte werden für beide Zustände (ungerissener und gerissener Querschnitt) berechnet.

Ermittlung der Schwinddehnung:

•  $\varepsilon x = -\varepsilon cs(t,ts)$  · Beiwert $\sum (Esi \cdot Asi)/(Eceff \cdot Ai)$ 

Ermittlung der schwindbedingten Krümmung um die Achse y und z

- $(1/ry) = -\varepsilon cs(t,ts)$ · Beiwert $\sum$ (Esi· Asi· (tiz-zsi)) /(Eceff· liy)
- $(1/rz) = -\varepsilon cs(t,ts)$ · Beiwert $\sum$ (Esi· Asi· (tiy-ysi)) /(Eceff· liz)

Wo:

- εcs(t,ts)· Gesamtschwinddehnung
- Coefreinf Beiwert zur Erhöhung der Bewehrungsmenge
- Esi Elastizitätsmodul des i-ten Bewehrungsstabs
- Asi ist Bewehrungsfläche des i-ten Bewehrungsstabs
- ysi Position des i-ten Bewehrungsstabs vom Querschnittsschwerpunkt in y-Richtung
- zsi Position des i-ten Bewehrungsstabs vom Querschnittsschwerpunkt in Richtung z
- tiy Abstand zwischen dem Schwerpunkt des ungerissenen/transformierten Querschnittes und dem Schwerpunkt des Betonquerschnitts in y-Richtung
- tiz Abstand zwischen dem Schwerpunkt des transformierten ungerissenen/gerissenen Querschnitts und dem Schwerpunkt des Betonquerschnitts in z-Richtung
- Eceff wirksamer Elastizitätsmodul des Betons, ermittelt nach Formel Ec = Ec,eff = Ecm/(1+j).
- Ecm Sekantenmodul des Betons
- φ Kriechbeiwert
- Ai transformierte Fläche des ungerissenen/gerissenen Querschnittes
- liy transformiertes Trägheitsmoment um die Achse y des ungerissenen/gerissenen Querschnitts, berechnet zum Schwerpunkt des ungerissenen/gerissenen transformierten Querschnitts
- liz transformiertes Trägheitsmoment um die z-Achse des ungerissenen/gerissenen Querschnitts, berechnet zum Schwerpunkt des ungerissenen/gerissenen Querschnitts

## Berechnung der Steifigkeiten für Schwinden

Die Steifigkeit des ungerissenen/gerissenen Querschnitts für das Schwinden wird aus Schwindverformung und Krümmungen infolge Schwund unter Verwendung des Gesamtlastniveaus (Gesamtlastkombination) berechnet

- Biegesteifigkeit um die Achse y Ely =Mtot,y/(1/ry)
- Biegesteifigkeit um die Achse z EIz = Mtot,z/(1/rz)
- Normalsteifigkeit EA = Ntot/ $\epsilon\xi$

# 2.6.5 Berechnung der Steifigkeit von 2D-Elementen

Das folgende Verfahren wird zur Berechnung der Steifigkeit von 2D-Elementen verwendet:

1) Hauptspannungen des 2D-Elementes für beide Oberflächen wurden ermittelt

$$\sigma_{1\overline{+}} = \frac{\sigma_{x\overline{+}} + \sigma_{y\overline{+}}}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{\left(\sigma_{x\overline{+}} - \sigma_{y\overline{+}}\right)^2 + 4 \cdot \sigma_{xy,\overline{+}}}$$
$$\sigma_{2\overline{+}} = \frac{\sigma_{x\overline{+}} + \sigma_{y\overline{+}}}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{\left(\sigma_{x\overline{+}} - \sigma_{y\overline{+}}\right)^2 + 4 \cdot \sigma_{xy,\overline{+}}}$$

2) Der Winkel der Hauptspannungen an beiden Oberflächen wurde berechnet

$$\alpha_{\sigma 1 \overline{+}} = 0.5 \cdot \tan^{-1} \left( \frac{2 \cdot \sigma_{xy\overline{+}}}{\sigma_{x\overline{+}} - \sigma_{y\overline{+}}} \right)$$

3) Endwert der Hauptspannung wurde ermittelt

 $\alpha = \alpha \sigma 1 + \text{wenn } \sigma 1 + \epsilon \sigma 1 - \alpha = \alpha \sigma 1 - \text{andernfalls}$ 

4) Die Schnittgrößen wurden neu berechnet für die Richtung der Hauptspannungen  $\alpha$  $m(\alpha) = m_x \cdot \cos^2(\alpha) + m_y \cdot \sin^2(\alpha) + m_{xy} \cdot \sin(2 \cdot \alpha)$ 

 $n(\alpha) = n_x \cdot \cos^2(\alpha) + n_y \cdot \sin^2(\alpha) + n_{xy} \cdot \sin(2 \cdot \alpha)$ wobei nx,ny,nxy,mx,my,mxy die 2D-Kräfte im Mittelpunkt des 2D-Elements sind

- 5) Die Bewehrungsmenge wurde umgerechnet f
  ür die Richtung der Hauptspannung α As(α) = As×cos2(a-as) Wobei As,as die Fläche und den Winkel der Längsbewehrung ist
- 6) Die nichtlineare Steifigkeit in 1D-Richtung wird nach dem Verfahren wie für 1D-Element ermittelt
  - für Rechteckquerschnitt (b =1m, h = Dicke des 2D-Elements als Schwerpunkt)
  - für Schnittgrößen N = n( $\alpha$ ) , My= m( $\alpha$ ) und Mz=0 gemäß Verfahren wie für 1D-Element
- 7) Die nichtlineare Steifigkeit in 2. Hauptrichtung wird nach dem Verfahren wie für 1D-Element ermittelt
   für Rechteckquerschnitt (b =1m, h = Dicke des 2D-Elements als Schwerpunkt)
  - für Schnittgrößen N = n( $\alpha$ +90), My= m( $\alpha$ +90) und Mz=0 gemäß Verfahren wie für 1D-Element
- 8) Die Steifigkeit der Durchbiegung infolge Schwinden wird in beide Richtungen der Hauptachsen wie im nächsten Querschnitt erläutert berechnet.
- 9) Die fünf Arten von Steifigkeiten werden für jedes 2D-Element und jede gefährliche Kombination berechnet:

Typ der Steifigkeit	Jeweilige Kombination	Richtung der Hauptspannung			
Kurzzeit-Steifigkeit für sofortige	Sofortige	Zuerst (EA1,Ely1,Elz1)			
Durchbiegung	Solonige	Sekunde (EA2,EIy2,EIz2)			
Kurzzeiteteifigkeit für Kurzzeitverformung	Gesamt	Zuerst (EA1,Ely1,Elz1)			
Ruizzensteiligken für Ruizzenverformung	Gesam	Sekunde (EA2,EIy2,EIz2)			
Kurzzeitsteifigkeit für Kriechverformung	Mucker	Zuerst (EA1,Ely1,Elz1)			
Ruizzensteingkeit für Rhechvenormung	Mucker	Sekunde (EA2,EIy2,EIz2)			
Langzeit-Steifigkeit für Kriechverformung	Mucker	Zuerst (EA1,Ely1,Elz1)			
Langzen-Steingken für Knechvenormung	Mucker	Sekunde (EA2,EIy2,EIz2)			
Langzeit-Steifigkeit für Schwindverformung	Gesamt	Zuerst (EA1,Ely1,Elz1)			
Langzen-Steingken für Schwindvenormung	Gesam	Sekunde (EA2,EIy2,EIz2)			

- 10) Die folgenden Steifigkeiten sind Änderungen in der Steifigkeitsmatrix für 2D-Elemente:
  - D11 = Ely1
  - D22 = Ely2
  - $D33 = 0.5 \times (1-m) \cdot (D11 \times D22)^{0.5}$
  - D44 = G×h/1,2
  - D55 = G×h/1,2
  - $D12 = \mu \cdot (D11 \times D22)^{0.5}$
  - d11 = EA1
  - d22 = EA2
  - d33 = Gxh
  - $d12 = \mu \cdot (d11 \times d22)^{0.5}$

Wo:

- G ist Schubmodul des Betons, ermittelt nach Formel G = 0.5×Ec/(1+m)
- µ ist der Querdsson-Beiwert des Betons, der aufgrund der Materialeigenschaften des Betons belastet ist

Ausmitte der Steifigkeiten (Abstand zwischen Beton-Querschnittsschwerpunkt und Schwerpunkt des gerissenen transformierten Querschnitts) wird in der aktuellen Version nicht berücksichtigt

Ermittlung von Krümmungen, Dehnungen und Steifigkeiten infolge Schwinden eines 2D-Elements

## Ermittlung der Schwindkräfte

Die Kräfte werden im Schwerpunkt jedes Elements berechnet und in zwei Richtungen berechnet:

- Die erste ist die Richtung der Hauptspannung  $\alpha$
- Die zweite ist die Richtung der Hauptspannung  $\alpha$ +90°

Die durch Schwinden für die Richtung 1/II verursachten Kräfte werden gemäß den folgenden Formeln berechnet. Die Schnittgrößen werden für beide Zustände ermittelt: ungerissener und gerissener Querschnitt.

- nshr =  $-\epsilon \chi \sigma(t,ts)$ . Beiwert (Esi Asi( $\alpha$ ))
- $mshr = nshr \cdot eshr, z$

Wo:

- eshr, z =  $a(Esi \cdot Asi(\alpha) / \sum (Esi \cdot Asi(\alpha) \cdot zsi) tiz(\alpha)$
- εχσ(t,ts) Gesamtschwinddehnung
- Coefreinf Beiwert zur Erhöhung der Bewehrungsmenge
- Esi Elastizitätsmodul des i-ten Bewehrungsstabs
- Asi( $_{\alpha}$ ) ist Bewehrungsfläche des i-ten Bewehrungsstabs der Bewehrung in Richtung 1 (Winkel  $_{\alpha+90^{\circ}}$ ) der Hauptspannung
- zsi Position des i-ten Bewehrungsstabs vom Querschnittsschwerpunkt in Richtung z
- tiz(α) Abstand zwischen dem Schwerpunkt des transformierten ungerissenen/gerissenen Querschnittes und dem Schwerpunkt des Betonquerschnitts in Richtung z und in der ersten (Winkel α)/2-Richtung (Winkel α+90°) der Hauptspannung

## Ermittlung von Verformung und Krümmung infolge Schwinden

Schwindbedingte Dehnung und Krümmung werden für jedes 2D-Element berechnet und diese Werte werden für beide Zustände (ungerissener und gerissener Querschnitt) berechnet. Die Werte wurden in beide Richtungen der Hauptspannungen ermittelt.

Ermittlung der Schwinddehnung:

• ex =-ecs(t,ts) · Beiwert $\sum (Esi \cdot Asi(\alpha) / (Eceff \cdot Ai(\alpha)))$ 

Berechnung der durch Schwund verursachten Krümmung um die Achse y und z:

•  $(1/r) = -\epsilon \chi \sigma(t,ts)$ · Beiwert $\sum (Esi \cdot Asi(\alpha) \cdot (tiz(\alpha) - zsi)/(Eceff \cdot Iiy(\alpha))$ 

Wo:

- εχσ(t,ts) Gesamtschwinddehnung
- Coefreinf Beiwert zur Erhöhung der Bewehrungsmenge
- Esi Elastizitätsmodul des i-ten Bewehrungsstabs
- Asi( $\alpha$ ) ist Bewehrungsfläche des i-ten Bewehrungsstabs der Bewehrung in Richtung 1 (Winkel  $\alpha$ +90°) der Hauptspannung
- zsi Position des i-ten Bewehrungsstabs vom Querschnittsschwerpunkt in Richtung z
- tiz(<sub>α)</sub> Abstand zwischen dem Schwerpunkt des transformierten ungerissenen/gerissenen Querschnittes und dem Schwerpunkt des Betonquerschnitts in Richtung z und in richtung erster (Winkel α)/2 (Winkel α+90°) der Hauptspannung
- Eceff wirksamer Elastizitätsmodul des Betons nach Formel Ec = Ec,eff = Ecm/(1+j).
- Ecm Sekantenmodul des Betons
- φ Kriechbeiwert
- Ai(α) Transformierte Fläche des ungerissenen/gerissenen Querschnittes in Richtung der ersten (Winkel α)/2 (Winkel α+90°) der Hauptspannung
- liy(<sub>α</sub>) Transformiertes Trägheitsmoment des ungerissenen/gerissenen Querschnittes um die Achse y zum Schwerpunkt berechneten transformierten ungerissenen/gerissenen Querschnitt in der ersten (Winkel α)/2-Richtung (Winkel α+90°) der Hauptspannung

## Berechnung der Steifigkeiten für Schwinden

Die Steifigkeit des ungerissenen/gerissenen Querschnitts für Das Schwinden wird aus Schwindverformung und Krümmungen infolge Schwinden unter Verwendung des Gesamtlastniveaus (Gesamtlastkombination) berechnet

- Biegesteifigkeit in Richtung der 1. Hauptachse Ely1 =mtot(α)/(1/r)1
- Biegesteifigkeit in Richtung des 2. Hauptaxsi Ely2 =mtot( $\alpha+90$ )/(1/r)2
- Normalsteifigkeit in Richtung der 1. Hauptachse EA1 =  $ntot(\alpha)/\epsilon\xi$ ,1
- Normalsteifigkeit in Richtung der 2. Hauptachse EA2 =  $ntot(_{\alpha+90})/\epsilon\xi$ ,2

Wo:

- ntot(α), ntot(α+90) sind Normalkräfte aus der Gesamtkombination im 2D-Element, neu berechnet f
  ür die Richtung der ersten und der zweiten Hauptachse
- mtot(<sub>α</sub>), mtot(<sub>α+90</sub> sind Biegemomente der Gesamtkombination im 2D-Element, neu berechnet f
  ür die Richtung der ersten und zweiten Hauptachse
- εx,1(2) ist die Verformung infolge Schwinden, ermittelt in Richtung der ersten (zweiten) Hauptachse
- (1/r)<sub>1(2)</sub> ist Die Krümmung infolge Schwund, ermittelt in Richtung der ersten (zweiten) Hauptachse

Durchbiegung für Schwinden wird in der FEM-Analyse für Gesamtkombination ermittelt. Die Steifigkeit wird deshalb unter Verwendung von Schnittgrößen für Gesamtkombination berechnet

# 2.6.6 Parameter für die Berechnung der Schwinddehnung

Die Gesamtschwinddehnung setzt sich aus zwei Komponenten zusammen, der Trocknungsschwinddehnung und der autogenen Schwinddehnung. Die Dehnung durch Trocknungsschwinden entwickelt sich langsam, da sie eine Funktion der Migration des Wassers durch den erhärteten Beton ist. Die autogene Schwinddehnung entsteht bei der Erhärtung des Betons.

Es gibt drei Optionen zur Berechnung/Eingabe der Gesamtschwinddehnung, die im Betoneinstellungsmenü ausgewählt werden können:

- Nein (Trocknungs- und autogenes Schwinden berücksichtigen= Nein): Schwinden wird in der Berechnung des normenabhängigen Durchstanzen nicht berücksichtigt
- Automatische Berechnung (Trocknungs- und Autogenschwindung = Auto berücksichtigen), bei der die Schwinddehnung gemäß EN 1992-1-1, Kapitel 3.1.4(6), für die folgenden Eingabeparameter berechnet wird:
  - o Relative Feuchte
  - o Betonalter zu Beginn der Trocknungsschwindung
  - o Betonalter zum Betrachtungszeitpunkt

Mit Ausnahme dieser Eingabeparameter hängt die automatische Berechnung der Schwinddehnung von den Materialeigenschaften (mittlere Druckfestigkeit fcm, charakteristische Zylinderdruckfestigkeit fck, Zementtyp) und den Querschnittsparametern (Querschnittfläche A<sub>c</sub> und Umfang des Teils im Kontakt mit der Atmosphäre u) ab

 Benutzereingabe (Trocknungs- und autogenes Schwinden berücksichtigen = Benutzerwert) und Sie können den Wert der Gesamtschwinddehnung direkt eingeben

eschreibung	Symbol	Wert	Standard	[Dim]	Kapitel	Norm	Struktur	Nachwe
Q	<all></all>	<all></all>	all>		<all> <math>\rho</math></all>	<all> <math>\wp</math></all>	<all> D</all>	<all> <math>\rho</math></all>
rundda ten der Bemessung								
Bewehrung								
Mindestdeckung								
echenkern Einstellungen								
Allgemein								
Grenzwert des Einheitsnachweises	Nachweisg.	1,0	1,0			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
Grenzwert des Einheitsnachweises für nicht berechnete	NICHT_BE	3,0	3,0			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
Beiwert für die Berechnung der Nutzhöhe des Querschn	Coeff <sub>d</sub>	0,9	0,9			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
Beiwertzur Berechnung des inneren Hebelarms	Coeffz	0,9	0,9			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
Beiwert zur Ermittlung des Druckglieds	Coeff <sub>com</sub>	0,1	0,1			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
<ul> <li>Kriechen und Schwund</li> </ul>								
Betonalter zum Betrachtungszeitpunkt	t	1825,00	18250,00	Tag	3.1.4.B.1-2	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenk
Relative Feuchte	RH	50	50	%	3.1.4.B.1-2	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenk
Eingabe des Kriechbeiwerttyps	Typ $\phi(t,to)$	Auto	Auto		3.1.4(2)	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenk
Betonalter bei Belastungsbeginn	to	28,00	28,00	Tag	3.1.4(2),B1	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenk
Trocknungs- und Autogenschwindung berücksichtig	. Typ ɛ <sub>cs</sub> (t,ts)	Auto 4	Auto		3.1.4(6)	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenk
Betonalter zu Beginn der Trocknungsschwindung	ts	Nein	7,00	Tag	3.1.4(6),B2	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenk
⊿ GZ G		Benutzerwei	2					
Winksames Elastigitätemedul des Betens verwenden		Denouzernen			7.1(2)	EN 1992-1-1	Alle (Bal	Rechenk
Standardverschieblichkeit								
Verschieblich um y Achse	Versch. yy	<b>~</b>	~			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
Verschieblich um z Achse	Versch.zz		<b>V</b>			Unabhängig	Alle (Bal	Rechenk
Schnittgrößen								

# 2.6.7 Verformungsberechnung

Die folgenden Durchbiegungen werden im NAV Nachweis ermittelt:

- δlin lineare (elastische) Durchbiegung, ermittelt für die Gesamtkombination und für lineare Steifigkeit
   Δimm, sofortige Durchbiegung, die Durchbiegung nach dem Anwenden von ständigen und langfristigen variablen Lasten, d. h. für kurzfristige Steifigkeit und sofortige Kombination berechnet
- Schort, kurzfristige Durchbiegung, die Durchbiegung, die Gerissenheit des Querschnitts berücksichtigt, die unter Ansatz der kurzfristigen Steifigkeit und Gesamtkombination berechnet wird
- δkriechförmige Durchbiegung, die als Differenz zwischen der Durchbiegung unter Ansatz der Kurzund Langzeitsteifigkeit der Kriechkombination berechnet wird. Δcreep = δcreep, längs – δcreep, kurz
- δshr Durchbiegung infolge Trocknung und autogenem Schwinden. Die Langzeit-Steifigkeit wird aus Verformung und Krümmung infolge Schwinden unter Verwendung der Gesamtkombination berechnet.
- zusätzliche δadd-Durchbiegung: die Durchbiegung nach dem Anwenden einer variablen Last und Berücksichtigen des Kriechens als Differenz zwischen der Gesamtdurchbiegung und der sofortigen Durchbiegung. Δadd = δtot – δimm
- δtot Gesamtdurchbiegung: die Durchbiegung, die das Kriechen und die Rissbildung berücksichtigt und als Summe der kurzfristigen Durchbiegung und der Durchbiegung infolge Kriechen berechnet wird Δtot = δshort + δcreep



Alle diese Werte können auf dem Bildschirm angezeigt werden:


# Kapitel 3: Änderung der Ergebnisse

# 3.1 Lage

Bei einer Berechnung in SCIA Engineer werden die Knotenverformungen und die Reaktionen genau berechnet (mittels Verformungsverfahren). Aus diesen Größen werden über die angenommenen Grundfunktionen die Spannungen und Schnittgrößen abgeleitet und sind daher in der FINITE-Elemente-Methode immer weniger genau.

Das FE-Netz in SCIA Engineer besteht aus linearen 3- und/oder 4-Winkelelementen. Pro Netzelement werden 3 oder 4 Ergebnisse berechnet, eine in jedem Knoten. Wenn Sie nach den Ergebnissen an 2D-Bauteilen gefragt werden, gibt die Option 'Position' im Eigenschaftenfenster die Möglichkeit, diese Ergebnisse auf 4 Arten anzuzeigen.

## 3.1.1 In Knoten Direktwerte

Alle Werte der Ergebnisse werden berücksichtigt; keine Mittelwertbildung liegt vor. In jedem Knoten sind daher die 4 Werte der benachbarten Netzelemente angezeigt. Wenn sich diese 4 Ergebnisse stark unterscheiden, ist dies ein Anzeichen dafür, dass die gewählte Netzdichte zu groß ist.

Diese Ergebnisanzeige gibt daher eine gute Vorstellung vom Diskretisierungsfehler im Berechnungsmodell.





## 3.1.2 Mittelwert auf Element

Pro FE-Element wird der Mittelwert der Ergebnisse in den Knoten des Elements ermittelt. Da nur 1 Ergebnis pro Element vorhanden ist, wird die Anzeige von Isobändern zu einem Informat des Inseratens.- Der Kurs über einen Querschnitt ist eine Linie mit einem konstanten Schritt pro Netzelement.



# 3.1.3 Mittelwert in Knoten

Die Werte der Ergebnisse benachbarter finiter Elemente werden im gemeinsamen Knoten gemittelt. Aus diesem Grund ist die grafische Anzeige ein glatter Verlauf von Isobändern.

In bestimmten Fällen ist es nicht zulässig, die Ergebnisse im gemeinsamen Knoten zu mitteln:

- Am Übergang zwischen 2D-Teilen (Platten, Wände, Schalenteile) mit verschiedenen Lokalachsen.

- Wenn ein Ergebnis wirklich nicht unterbrochen ist, wie die Querkraft an der Stelle eines Linienauflagers in einer Platte. Die Spitzen verschwinden vollständig durch die Mittelwertbildung der positiven und negativen Schubkräfte.





### 3.1.4 Mittelwert in Knoten teilbezogen

Die Ergebniswerte werden pro Knoten *nur* über Netzelementen gemittelt, die zum gleichen 2D-Teil gehören und die gleiche Richtungen wie die lokalachsen haben. Damit sind die Probleme, die in der Option 'Mittelwert In Knoten' genannt sind, behoben.





## 3.1.5 Genauigkeit der Ergebnisse

Wenn sich die Ergebnisse anhand der 4 Punkte stark unterscheiden, sind die Ergebnisse ungenau und das Netz muss verfeinert werden. Eine Grundregel für eine gute Größe der Netzelemente ist das 1 bis 2-Fache der Dicke der Platte.

# 3.2 Mittelwertstreifen

Ein Mittelwertstreifen mittelt Spitzenwerte über einem Bereich. Den Mittelmittelstreifen im Eingabebereich in der Kategorie "Ergebniswerkzeuge" finden Sie:

[	EINGABEBEREICH						
	Berechnung und Ergebnisse	$\sim$					
-	Alle Kategorien	$\sim$					
0	Alle Tags	$\sim$	DS DS				~
<b>v</b> U	OKALE NETZVERDICHTUNG		I KS				^
	Netzverdichtung um Knoten			Name	RS1		
	Kentenetsundishtungen			Тур	Punkt		~
1	Kantennetzverdichtungen			Breite [m]	0,600		
	2D-Netzverdichtung			Länge [m]	0,600		
	DOEDNICHEDVZENCE	-		Winkel [deg]	0,00		
V E	RGEBNISWERKZEUGE			Richtung	Beide		*
rř	Verbindungskräfte – Einga						
4	Schnitt an 2D-Bauteil						
	Integrationsstreifen						
Δ	Mittelwertstreifen						
44	Integrationsbauteil					 ок	Abbruch

Typ: Es kann ein Punkt oder ein Streifen gewählt werden.

Bemaßungen: Hier müssen die Bemaßungen des Punktes/Streifens festgelegt werden





bedeutet, dass die Mittelwertbildung in Längsrichtung des Streifens erfolgt. Im obigen Beispiel ist dies die y-Richtung. Das bedeutet, dass die Mittelwertbildung für my erfolgt ist. Die Werte von my werden in x-Richtung gemittelt.



Lotrecht bedeutet, dass die Mittelwertung lotrecht zur Längsrichtung des Streifens erfolgt. Im obigen Beispiel ist dies die Richtung x. Das bedeutet, dass die Mittelwertbildung für mx erfolgt. Die Werte mx werden in y-Richtung gemittelt



3) Richtung = beide

Beides bedeutet, dass die Mittelwertbildung in beide Richtungen des Mittelwertstreifens erfolgt. Das bedeutet, dass die Werte sowohl für mx als auch für my in die Richtung lotrecht zu mx und my gemittelt werden.

Um den Mittelwertstreifen zu aktivieren, muss im Eigenschaftenbereich die Option 'Mittelwertbildung von Spitzenwerten' aktiviert werden.



Als Beispiel wenden wir Mittelwertstreifen auf das Modell des Kapitels "2D-Betonbauteile" für den Wert Asw, req an.

• Asw,req ohne Mittelwertbildung von Spitzen



Asw,req mit Mittelwertbildung von Spitzen



# 3.3 Rippe

Einer Platte im Eingabebereich in der Kategorie "1D-Teile" kann eine Rippe hinzugefügt werden:



Aber auch im Eingabebereich in der Kategorie "2D-Bauteile"

EINGABEBEREICH								
â	Struktur	$\sim$						
÷	2D-Teile	~						
0	Alle Tags	~						
▼ 2D-TEILE								
	Platte	Ctrl+T						
<b>7</b>	Rippenplatte							
-	Fertigteilplatte							
	Wand	Ctrl+Shift+H						
P	Schale							
	Schale - Rotationsfläche							
1	Schale - Translationsfläche							
	Teilbereich							
	Öffnung in 2D-Bauteil							
	Innenknoten in 2D-Bauteil							
	Innenkante							
4	Durchdringung							
8	Ausschnitt							

# 3.3.1 Ergebnisse in Rippen

Wenn dem Modell eine Rippe hinzugefügt wird, steht in den Ergebniseigenschaften von 1D- und 2D-Bauteilen eine Option Rippe zur Verfügung. Diese Option beeinflusst, welche Ergebnisse Sie anzeigen.



# Verbindung zwischen den f ür den gesamten T-Querschnitt und separat f ür Tr äger und Platte berechneten Schnittgr ö ßen

Bei der Berechnung der Schnittgrößen in einer Rippe wird der ersatzweise T-Querschnitt zur Berechnung der Ergebnisse verwendet. Der Steg dieses T-Profils wird aus dem Rippenträger selbst geformt, der Gurt des T-Profils wird mit der mitwirkenden Breite der Platte hergestellt. Aus der mitwirkenden Breite der Platte muss die Schnittgrößen der Platte verwendet werden, die zu den in der Rippe selbst ermittelten Schnittgrößen addiert werden müssen.

Т	the heart of the entire substitute T-section					
T1	the heart of the left part of the effective width					
T2	the heart of the right part of the effective width					
Т3	the heart of the original rib					
I Z	Left part +T1 +T2 +T3 y 0					

Die Koordinaten der Punkte werden als Hebelarme in Y- und Z-Richtung benutzt:

Lever Arm Z1 = T1z - Tz	Lever Arm Y1 = T1y - Ty	
Lever Arm Z2 = T2z - Tz	Lever Arm Y2 = T2y - Ty	
Lever Arm Z3 = T3z - Tz	Lever Arm Y3 = T3y - Ty	
Lever Arm Z = Tz - 0z	Lever Arm Y = Ty - 0y	

Die endgültigen Schnittgrößen in der Rippe können mit den folgenden Formeln berechnet werden:

- N = N Balken + NPlatte, links + N Platte, rechts
- Vy = Vy-Balken + Vy-Platte, links + Vy-Platte, rechts
- Vz = Vz-Balken + Vz-Platte, links + Vz-Platte, rechts
- Mx = Mx-Stab + Mx-Platte, links + Mx-Platte, rechts
- My = Mein Träger + Meine Platte, links + My Platte rechts + N Platte, links \* (Hebelarm Z1)
   N Platten, rechts \* (Hebelarm Z2) + N Träger \* Hebelarm Z3;
- Mz = Mz Balken + Mz-Platte, links + Mz Platte, rechts + N Platte, links \* (Hebelarm Y1)
   N-Platte, rechts \* (Hebelarm Y2) + N Balken \* Hebelarm Y3;

#### Warum gibt es eine Längskraft in der Rippe?

SCIA Engineer integriert die Rippen als exzentrische Stäbe, die an Platten angeschlossen sind. Die Ausmitte wird aus der Hälfte der Plattendicke und der Hälfte der Höhe des Balkenquerschnittes berechnet.



Während der Eingabe des Querschnitts des Trägers wird die Höhe des Querschnitts als Abstand zwischen dem unteren der Platte und dem Fuß des Trägers definiert. Die Höhe im Bild ist als "H" markiert.

Durch die Verschiebung der Neutralachse ändern sich die Schnittgrößen im gesamten System. In einem einfachen System, das nur einem Biegemoment ausgesetzt ist, erhalten wir eine Struktur mit einem internen Biegemoment und Normalkraft.

Wenn der Balken unterhalb der Platte liegt, bekommen wir normalerweise Druck in der Platte und Zug im Balken.

Der ausmittige Träger verursacht Normalkräfte in der Platte. Dies ergibt sich aus der Verformung des gesamten Platten-Balken-Systems. Das Bild zeigt die horizontale Verformung "ux", um das Verhalten des Systems grafisch zu erklären. Dieses System besteht aus zwei Trägern eines rechteckigen Querschnitts, der durch starre Kopplungen verbunden ist. Die horizontale Verschiebung des Auflagers ist frei, um eine Zwängung zu verhindern.





#### Die horizontale Verformung in einer Seitenansicht:



Wenn wir den Anfang des Trägers betrachten, sehen wir Druck in der Platte und Zug im Träger:



Natürlich muss das gesamte System in einem Gleichgewicht sein und die gesamte Normalkraft, die der Summe der Normalkraft in der Platte und im Träger entspricht, muss Null sein.



In unserem Modell haben wir nur einen Träger und alle Schnittgrößen des oberen Teils sind in die Normalkraft in der Rippe integriert. Praktisch ist die mitwirkende Breite der Platte kleiner als die gesamte Breite der Platte. Nur ausnahmsweise sind die Rippen so angeordnet, dass keine Fugen zwischen den wirksamen Breiten vorhanden sind und alle Schnittgrößen der Platte bis in die Rippe summiert werden können. Dies geschieht, wenn der Abstand zwischen den Rippen kleiner oder gleich der nach der nationalen Norm berechneten wirksamen Breite der Platte ist.

#### Verhalten einer Rippe in einer breiten Platte

Nun können wir ein System untersuchen, bei dem die Breite der Platte größer als die wirksame Breite der Platte ist. Die Gleichgewichtsbedingung muss erfüllt sein. Wenn wir alle Normalkräfte in die ganze Platte und den Träger integrieren, kommen wir natürlich zu Null.

Verteilung der Längskraft in der Platte. Dies ist unabhängig von der definierten wirksamen Breite der Platte. Nur die Steifigkeit von Platte und Träger ist für die Form der Schnittgrößenverteilung verantwortlich.



Dies ist ein Querschnitt in der Mitte der Platte, der die Verteilung der Normalkraft zeigt.



Wir können die Normalkraft über die gesamte Breite der Platte im Querschnitt integrieren. Wir bekommen 439kN.



Im Vergleich zur Längskraft im Träger, das ist 435kN. Wir sehen, dass das ganze System im Gleichgewicht ist. Der kleine Unterschied ergibt sich aus der Größe der finiten Elemente.



#### Vergleich verschiedener mitwirkende Breiten

Wenn wir jedoch die wirksame Breite der Platte auf die gesamte Breite der Platte erweitern, vernachlässigen wir die Verteilung der Schnittgrößen über die Platte und der Konzentration über den Balken. (Tatsächlich gibt es zwei Grenzwerte: Die wirksame Mindestbreite ist gleich der Breite des Balkens, und der Höchstwert ist gleich der gesamten Breite der Platte.)

Die Schnittgrößen der Platte werden von der Platte ausgeschlossen und in ein neues virtuelles T-Profil integriert. Dieser virtuelle Querschnitt besteht aus der wirksamen Plattenbreite und dem Balken.

Verteilung der Längskraft in der Platte. Wir können sehen, dass die Verteilung der auf den Bildern oben angegebenen Verteilung entspricht, wo die mitwirkende Breite der Platte gemäß der Norm definiert wurde.



Im Bild ist die Normalkraft zu sehen, nachdem die Kräfte innerhalb der wirksamen Breite der Platte von der Platte ausgeschlossen wurden. In SCIA Engineer können Sie dies über die Schaltfläche "RIPPE" in den Ergebnissen erreichen.



Diese Normalkräfte innerhalb der mitwirkenden Breite der Platte können integriert werden.



Die Normalkraft entspricht 56 kN, also in der Platte. Die Gesamtaxialkraft der Platte betrug 435kN. Im Teil außerhalb der wirksamen Breite haben wir daher Längskraft 435 - 56 = 379kN.



Im Träger haben wir immer noch die gleichen 445kN. (Die Differenz zu den vorigen Bildern ergibt sich aus der veränderten Größe der 2D Finiten Elemente).



Wenn wir die Summe der integrierten Längskraft in der Platte und im Träger erstellen, müssen wir 445 – 57 = 388kN erhalten.



Schauen Sie, was geschieht, wenn wir die wirksame Breite der Platte auf 1500 mm erhöhen. Dies ergibt sich aus der folgenden Formel: 2 \* (0,1 \* L) + bw = 2\*0,6+0,3



Wie wir sehen können, ist die Normalkraft in der Platte immer noch dieselbe. Muss es sein, weil die wirksame Breite der Platte keinen Einfluss auf die Verteilung der Normalkraft in der FE-Berechnung hat. Er betrifft nur die Kräfteteilung nach der Berechnung zwischen der Platte und dem virtuellen T-Querschnitt.

Die Fläche der mitwirkenden Breite der Platte wird aus der Platte entfernt und die Kräfte werden in den T-Querschnitt integriert. Die Schnittgrößen außerhalb der Platte bleiben in der Platte erhalten.



Diese Schnittgrößen werden in den T-Querschnitt verschoben.



Wenn wir die Normalkräfte integrieren, erhalten wir 234 kN.



Im rechteckigen Querschnitt unterhalb der Platte kommt der originale 445kN.



Reduzieren wir diese Längskraft des Trägers um 234 kN, also die Summe der Normalkräfte aus der mitwirkenden Breite der Platte, kommen wir zu 211kN



Die Normalkraft außerhalb der wirksamen Breite bleibt in der Platte erhalten.



Integrieren wir die Kräfte (links und rechts) außerhalb der wirksamen Breite, erhalten wir eine Normalkraft von 210 kN, die sich im Gleichgewicht mit der Zugkraft in der Rippe als T-Profil befindet.



# 3.3.2 Steifigkeit der Rippen in der Berechnung der normenabhängigen Normenabhängigen Normen

Die Berechnung der Steifigkeit der Rippe hängt von der Schaltfläche "Rippe" ab.

#### Kontrollkästchen ist DEAKTIVIERT

Die Steifigkeit des Trägers und der Platte werden separat berechnet. Wenn in einem Teil der Platte eine 1D-Bewehrung vorhanden ist, wird diese nicht für die Berechnung der Steifigkeit der Platte berücksichtigt.

#### **Kontrollkästchen ist EINGESCHALTET**

- 1) Das Gleichgewicht für den endgültigen Querschnitt wird für jede gefährliche Kombination und jede Art von Steifigkeit berechnet.
- 2) Die Steifigkeit der Rippe, die nur den Rippenquerschnitt berücksichtigt, wird mit der Höhe der Druckzone aus dem Gleichgewicht des gesamten (endgültigen) Querschnitts berechnet. Steifigkeiten werden für den Schwerpunkt des transformierten endgültigen Querschnitts berechnet.



- Steifigkeit des 2D-Elements außerhalb der wirksamen Breite wird nach dem Standardverfahren berechnet. Steifigkeit des 2D-Elements innerhalb der mitwirkenden Breite wird in zwei Richtungen berechnet: in Richtung der Rippe (αrib) und in Richtung lotrecht zur Rippe. (αrib + 90)
- 4) Die Steifigkeit lotrecht zur Rippe wird nach dem Standardverfahren ermittelt.

- 5) Die Steifigkeit in Richtung der Rippe wird nach folgendem Verfahren ermittelt:
  - Die bemessene oder eingegebene 1D-Bewehrung in einem Teil der Platte des endgültigen Querschnitts wird für die Berechnung der Steifigkeit des 2D-Elements berücksichtigt. Diese Bewehrung wird in 2D-Bewehrung umgewandelt und zur 2D-Standardbewehrung hinzugefügt.
  - Nicht gerissene Steifigkeiten (EAI, Ely,I, Elz,I) werden f
    ür die gesamte Dicke des 2D-Elements mit Standard-2D-Bewehrung (erforderlich/angegeben/Benutzer) und mit transformierter Bewehrung aus dem 1D-Teil berechnet. Die Steifigkeit wird auf den transformierten Schwerpunkt des ungerissenen Querschnitts berechnet.
  - Gerissene Steifigkeit wird f
    ür diese F
    älle berechnet (σct <= σcr). Die Steifigkeit (EAII, Ely,II, Elz,II) wird unter Ber
    ücksichtigung der Parameter aus der Berechnung des 1D-Elements, das dem Schwerpunkt des 2D-Elements am n
    ächsten ist, berechnet. Die H
    öhe der Druckzone wird nach Formel berechnet:

$$x_{s} = \frac{A_{cc} - A_{cc,Rib}}{b_{eff}}$$

Wo:

- o Acc Druckfläche des gesamten Querschnitts im gerissenen Querschnitt
- Acc,RIB Druckfläche des Querschnittsteils (Rippenquerschnitt) f
  ür gerissenen Querschnitt
- o beff mitwirkende Breite der Platte für den Nachweis
- σct ist die Maximale Zugfestigkeit f
  ür den endg
  ültigen Querschnitt (Rippenquerschnitt + Teil der Platte) und f
  ür die charakteristische Kombination

Die Steifigkeit wird auf den transformierten Schwerpunkt des gerissenen Querschnitts berechnet.

- Die mittlere Steifigkeit wird aus der gerissenen und der ungerissenen Steifigkeit unter Verwendung des Verteilungsbeiwerts berechnet, der aus den Spannungen berechnet wird, die für den gesamten Querschnitt des 1D-Elements, das dem Schwerpunkt des 2D-Elements am nächsten ist, berechnet werden.
  - Biegesteifigkeit um die Achse y (Ely) =  $1/[\zeta/(Ely)_{II} + (1-z)/(Ely)_{I}]$
  - Biegesteifigkeit um die Achse z (Elz) =  $1/[\zeta/(Elz)_{II} + (1-z)/(Elz)_{I}]$
  - Normalsteifigkeit (EA) =  $1/[(\zeta/(EA)_{II} + (1-z)/(EA)_{I}]$

# 3.4 Orthotropie

In der Ingenieurpraxis kommt es häufig zu einer Situation, wenn die zu bemessene Platte (oder Wand) in Längs- und Querrichtung unterschiedliche Eigenschaften (Steifigkeit) hat und somit ein unterschiedliches Verhalten in diesen beiden Richtungen zeigt. Ein solches Verhalten kann sich aus der Geometrie (z. B. Rippenplatten) oder aus physikalischen Annahmen für eine bestimmte Situation ergeben, z. B. bei der Ermittlung von Verformungen in gerissenen Platten oder beim Ausschluss vertikaler Bauteile aus einem horizontalen Versteifungssystem (z. B. Mauerwerkwände).

Wann immer Sie das FE-Modell entsprechend anpassen müssen, um ein solches Verhalten in SCIA Engineer widerzuspiegeln, können die orthotropen Eigenschaften verwendet werden. Diese orthotropen Eigenschaften können auf zwei Arten definiert werden.



#### Orthotropie in den Eigenschaften eines 2D-Bauteils

#### Eigenschafts-Modifizierer



Die Differenz besteht in den Daten, die Sie eingeben müssen. In der Orthotropie werden die Steifigkeiten direkt definiert, während im Eigenschafts-Modifizierer ein Beiwert spezifiziert wird, mit dem die isotropen Steifigkeiten multipliziert werden.

Der Eigenschafts-Modifizierer ist etwas flexibler, weil er nicht direkt von den Eigenschaften des geänderten Teils abhängig ist. Wenn Sie eine uniaxial gestreckte Platte eingeben möchten, können Sie dies für eine 20 cm starke Platte und auch für eine 30 cm starke Platte mit den gleichen Werten tun. Für die orthotropen Eigenschaften müssen Sie für jede Platten (20 cm und 30 cm) separate Eigenschaften definieren.

Auf der anderen Seite hat auch die Orthotropie ihre Vorteile. Es kann parametrisiert werden, und das Programm enthält einen Satz von Generatoren, die Ihnen bei der Eingabe helfen.

Wichtig ist jedoch das Verständnis der einzelnen orthotropen Parameter. Die Steifigkeiten werden mit Parametern definiert, die mit "D" oder "d" beginnen. Die Eigenschafts-Modifizierer werden für ein Schalenelement nach den folgenden Parametern gefragt:



Die Parameter, die mit "D" beginnen, stellen Plattensteifigkeiten dar. Bei den mit "d" beginnenden Parametern handelt es sich um Membransteifigkeiten. Die Richtung wurde aus der Richtung des lokalen Koordinatensystems abgeleitet.

- D11: Biegesteifigkeit in Richtung x (Biegen)
- D22: Biegesteifigkeit in "y"-Richtung
- D12: Gemischte Steifigkeit von D11 und D22 (Querkontraktion)
- D33: Torsionssteifigkeit
- D44: Schub-Biegesteifigkeit in "x"-Richtung
- D55: Schub-Biegesteifigkeit in "y"-Richtung
- d11: Normale Membransteifigkeit in Richtung "x" (Beim Anlegen von 2D-Stäben)
- d22: Normale Membransteifigkeit in "y"-Richtung
- d12: Kombinierte Steifigkeit von "d11" und "d22" (Querkontraktion)
- d33: Schubmembran-Steifigkeit

$$\begin{bmatrix} M_{x} \\ M_{y} \\ M_{xy} \\ T_{x} \\ T_{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & 0 \\ D_{21} & D_{22} & 0 \\ 0 & 0 & D_{33} \\ 0 & 0 & D_{33} \\ 0 & 0 & D_{55} \\ 0 & 0 & D_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_{xx} \\ w_{yy} \\ 2w_{xy} \\ w_{x} + \phi_{y} \\ w_{y} - \phi \end{bmatrix}$$



Im Falle einer einfachen, isotropen Platte kann die Steifigkeit mit den folgenden Formeln ausgedrückt werden:

Plattenrichtung	Membransteifigkeit
$D_{11} = D_{22} = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \nu^2)}$	$d_{11} = d_{22} = \frac{E \cdot h}{1 - \nu^2}$
$D_{12} = \nu \cdot \sqrt{D_{11} \cdot D_{22}}$ $D_{22} = G \cdot \frac{h^3}{2}$	$d_{12} = \nu \cdot \sqrt{d_{11} \cdot d_{22}}$
$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + y)}$	$d_{33} = \frac{1}{2} \cdot (1 - \nu) \cdot \sqrt{d_{11} \cdot d_{22}}$
$D_{44} = D_{55} = G \cdot h$	

#### Modellieren einer einachsigen Platte in SCIA Engineer

Eine einachsige Platte ist eine Platte, die die Last hauptsächlich in eine Richtung trägt. Es kann sich um eine Platte, die nur auf zwei Kanten gestützt wird, oder eine Platte, die auf vier Kanten gestützt wird, bei der die größere Feldlänge Ly mindestens doppelt so groß ist wie das kleinere Feld Lx. Bei der Bemessung einer einachsigen Platte wird die Bewehrung hauptsächlich in Tragrichtung entstehen.

Wenn die Platte in einer Finite-Elemente-Software wie SCIA Engineer an ihren vier Rändern unterstützt wird, betrachtet die Software sie standardmäßig als zweiseitige Platte. Da keine vordefinierte Hauptrichtung für die Lasttragfähigkeit vorhanden ist, nimmt die Biegesteifigkeit der Platte sowohl in die x- als auch in y-Richtungen teil. In SCIA Engineer können Sie ganz einfach eine eingelenkige Platte definieren.



Abbildung 1: Biegemomente in einer zweiseitigen Platte (links) und einer einseitigen Platte (rechts)

In SCIA Engineer kann die Eingabe einer einachsigen Platte mit den Orthotropie-Eigenschaften erfolgen. Es können zwei Typen verwendet werden, die im Folgenden erläutert werden.

#### Einachsige Platte unter Orthotropietyp "Zwei Plattenhöhen"

Das Beispiel ist eine von Balken und Stützen gestützte Platte. Ändern Sie unter den Platteneigenschaften das FEM-Modell in "Orthotropie", bearbeiten Sie die Orthotropie-Eigenschaft und wählen Sie den Typ der Orthotropie "zwei Plattenhöhen" aus. Eingabedaten sind die Dicke der Platte für die Berechnung der Biegesteifigkeit in Richtung x, h1, und die y-Richtung h2. Für eine Platte, die hauptsächlich in Richtung x gelagert ist (kleinere Feldlänge im Beispiel), sollte h1 der tatsächlichen Plattendicke (180 mm) entsprechen, und h2 (Dicke in y-Richtung) sollte reduziert werden.

						Orthotropie							×		
2D-1					TEIL (1)		et -: 🖸 🕩 🔒 -		* #	🐟 🗢 🛅 📄 🖸 Alle			*		•
20-						CORT1				Nar	ne ORT1				
B	1				S 1						Orthotropiet	yp Zwei Platten	höhen	*	I
-	-			Name	Plaat.dak	П					Mater	ial C20/25		۰	L
	Name			Warne	Flaat-uak				4 Bieg	ung					L
				Layer	R+4 🗸 🐺					Nutzhöhe, h1 (x) [mm] 180					H
	Stabtyn			Stabtyp	Standard	$\sim$			Delas	Nutzi	höhe, h2 (y) [m	m] 1			L
									Beiwe	ertrur	für Schubforn	xel 1 2			L
		E	lemen	itverhalten	Standard-FEM	<u> </u>				erwer	D11 [MN	m] 1.5188e+01			L
	Тур			Тур	Platte (90)	$\sim$					D22 [MN	m] 2,6042e-06			1
Form			Form	Eban						D12 [MN	m] 1,2578e-03				
Form			FUIII	coen						D33 [MN	m] 2,5156e-03				
Material			Material	C20/25					D44 [MN/m] 1,8750						
			F	EM-Modell	Orthotropisch	$\sim$			4 Hom	bran	D55 [MN/	m] 1,0417e+01			
	Nie	chtlin	eares F	EM-Modell	keine	$\sim$						-			1
Plattendicke Dicke [mm]			Dicke [mm]	200									Ah.		
Orthotropie			Orthotropie	ORT1	- <b>=</b>								Þ.		
Bauteilsystemebene bei			nebene bei	Mitte		1									
Ausmitte z [mm]			itte z [mm]	0											
	LKS-Typ			LKS-Typ	Standard	$\sim$			6						
	(	Orient	ierung	umkehren	$\bigcirc$						h2(y)	n <sub>1</sub> (x)			
			LKS-W	/inkel [deg]	0,00		Neu	Einfügen	Bearbeiten	Lö	schen			ОК	

Abbildung 2: Parameter für einwegige Platte unter Verwendung des Orthotropietyps 2 Höhen

Es gibt keine spezielle Regel für den Wert von h2. Mit kleineren Werten von h2 liegen die Ergebnisse nahe bei der folgenden Lastverteilung:



Abbildung 3: Biegemoment in den Stützträgern einer einwegigen Platte (links) und eines einwegigen Lastenfelds (rechts)

Das resultierende Moment mx der Platte liegt dann in der Nähe eines 1 m breiten einfach gestützten Balkens:

$$m_x = \frac{q * L_x^2}{8} = \frac{3 * 5^2}{8} = 9,4 \text{kNm/ml}$$



Abbildung 4: Biegemoment mx in einer einwegigen Platte

#### Einachsige Platte unter Verwendung des Orthotropietyps "Einachsi gespannte Platte"

Dieser Typ der Orthotropie erfordert drei Eingabeparameter und kann auch zum Modellieren von Hohlkörperplatten verwendet werden: der äquivalente Querschnitt eines Trägers, der Abstand L zur Berechnung der Biegebiegesteifigkeit in Richtung 1 (oder x) und die Betonbetonhöhe h für die Berechnung der Biegebiegesteifigkeit in Richtung 2 (oder y). Zum Modell einer einachsigen Platte kann ein kleiner Wert von h verwendet werden. Beachten Sie jedoch, dass h auch für die Berechnung des Eigengewichts der Platte verwendet wird.

Für den äquivalenten Querschnitt wird eine plattenäquivalente Form verwendet: "Dicke der Platte" x "Breite des Trägers", d. h. 180 x 1000 mm. Für den Abstandsparameter wird, da die Platte unbebaut ist, der gleiche Wert wie für die Breite des Trägers verwendet, d.h. 1000 mm.



Abbildung 5: Parameter für eine Einwegplatte unter Verwendung des Orthotropietyps "eine Richtung"



Abbildung 6: Biegemoment in den Stützträgern und in der one way Platten mit dem Typ "eine Richtung"

Für kleine Werte von h2 oder h liefern beide Typen die gleichen Ergebnisse für das Biegemoment in Lastrichtung und die auf die gestützten Träger übertragene Last.

Zwischen den beiden Orthotropietypen bestehen noch einige Unterschiede. Erstens führt die Verwendung vom Typ "einachsig gespannte Platte" zu höheren Werten des Biegemoments an den sekundären Trägern (parallel zur Auflagerrichtung). Dies liegt an der zwischen den beiden Typen unterschiedlichen Torsionsmomentkomponente der Platte (D33). Zweitens wird beim selben Orthotropietyp das Eigengewicht der Platte nur basierend auf der Betonbetondicke h berechnet. Die Gesamthöhe der Platte wird somit nicht berücksichtigt und sie müssen den fehlenden Teil des Eigengewichts in einem ständigen Lastfall manuell addieren.