


# 4H-EC2QB Querschnittsbemessung EC 2















## Detailinformationen

Seite neu erstellt Oktober 2023

Kontakt Programmübersicht Bestelltext Handbuch 

## Infos auf dieser Seite

... als pdf 





- ◆ Eingabeoberfläche 
- ◆ Ermüdungsnachweis 
- ◆ Norm / Material / Querschnitt 
- ◆ Dichtigkeitsnachweis 
- ◆ Biege- / Schubbemessung 
- ◆ Brandnachweis 
- ◆ Bemessungsschnittgrößen 
- ◆ Rissnachweis 
- ◆ Bewehrung wählen 
- ◆ Schnittgrößenimport 
- ◆ Spannungsnachweis 
- ◆ Sicherheitsnw./Dehnungszust. 
- ◆ Ausdrucksteuerung 
- ◆ Nationale Anhänge 


## Eingabeoberfläche







Das Programm 4H-EC2QB, Querschnittsbemessung, bemisst beliebige Querschnitte unter ein- oder zweiachsiger Belastung nach Eurocode 2 (Stahlbeton).

4H-EC2 - Bemessung [Position 1: Bemessung]

Material/Querschn | Biege/Schub | Riss | Spann | Ermüd | Dicht | Brand | Bewehr | Spezial | auto an | ec |    



**Norm** EC 2 Hochbau   
NA: Deutschland

**Material**


Betonstahl unten B500A   
Betonstahl oben B500A   
Spannungsdehnungslinie der Bewehrung EC 2, 3.2.2   anzeigen  
Beton C30/37 

Betonzugspannungen berücksichtigen  
nur bei Nachweisen in 626

Kriechen und Schwinden des Betons  
nur bei Nachweisen in 626





Spannungsdehnungslinie des Betons im GZT EC 2, 3.1.7   anzeigen  
Spannungsdehnungslinie des Betons im GZG EC 2, 3.1.5   anzeigen

**Materialsicherheitsbewerte**

Bemessungssituation Grundkombination 


Tragfähigkeit (G2T)  $\gamma_c$  1.50  $\gamma_s$  1.15  
Gebrauchstauglichkeit (GZG)  $\gamma_c$  1.00  $\gamma_s$  1.00  
Ermüdung  $\gamma_{c,fat}$  1.50  $\gamma_{s,fat}$  1.15

**Expositionsklasse**

für Bewehrungskorrosion oben X0  unten XC3   
für Betonangriff ...  ... 


max. Bewehrungsgrad  $\rho_s$  8.00 %





Anfangsbewehrung aus Biegebemessung übernehmen

**Querschnittstyp** Rechteck  4H-EC201


einachsige Bemessung  zweiachsige Bemessung


Höhe/Breite h 80.0 cm b 30.0 cm  
Achsabstände oben/unten  $d_o$  4.0 cm  $d_u$  6.0 cm  
Achsabstand seitlich  $d_s$  4.0 cm nur Brandbemessung

Grundbewehrung in  $s_f$  

Längsbewehrung oben 2  10   
Längsbewehrung unten 4  20 

oben/unten  $A_{so}$  1.57 cm<sup>2</sup>  $A_{su}$  12.57 cm<sup>2</sup>

Querkraftbewehrung  $s_f$  8  / 15.0 cm 2 -schnittig  
 $a_{sb}$  6.78 cm<sup>2</sup>/m



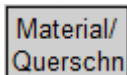
► Daten exportieren    ► Daten importieren  
► Daten aus 4H-BETON importieren

Bild vergrößern 

Die Programmoberfläche enthält eine Reihe von Registerblättern, die die Informationen zu den allgemeinen Parametern *Norm, Material, Querschnitt*, den verschiedenen *Nachweistypen* sowie der abschließenden *Bewehrungswahl* enthalten.

Im rechten oberen Teil der Oberfläche sind Knöpfe angeordnet, die den Programmablauf beeinflussen.

Sind Registerfähnchen mit einem grünen Punkt markiert, ist der entsprechende Nachweis aktiviert.

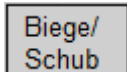


### Norm / Material / Querschnitt

Im ersten Registerblatt werden die Bemessungsvorschrift, die Materialangaben, die Materialsicherheitsbeiwerte und die Querschnittsgeometrie festgelegt.

Der Querschnitt wird maßstäblich am Bildschirm dargestellt.

Ist die Online-Berechnung aktiviert, wird die maximal erforderliche Bewehrung am Bildschirm dargestellt.



### Biege- / Schubbemessung

Im zweiten Registerblatt werden Parameter und Schnittgrößen für die Biege- und Schubbemessung eingegeben.

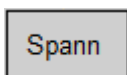
Ist die Online-Berechnung aktiviert, wird die erforderliche Bewehrung am Bildschirm dargestellt.



### Rissnachweis

Im dritten Registerblatt werden Parameter und Schnittgrößen für den Rissnachweis eingegeben.

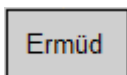
Ist die Online-Berechnung aktiviert, wird die erforderliche Bewehrung am Bildschirm dargestellt.



### Spannungsnachweis

Im vierten Registerblatt werden Parameter und Schnittgrößen für den Spannungsnachweis eingegeben.

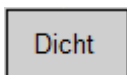
Ist die Online-Berechnung aktiviert, wird die erforderliche Bewehrung am Bildschirm dargestellt.



### Ermüdungsnachweis

Im fünften Registerblatt werden Parameter und Schnittgrößen für den Ermüdungsnachweis eingegeben.

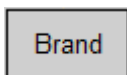
Ist die Online-Berechnung aktiviert, wird die erforderliche Bewehrung am Bildschirm dargestellt.



### Dichtigkeitsnachweis

Im sechsten Registerblatt werden Parameter und Schnittgrößen für den Dichtigkeitsnachweis eingegeben.

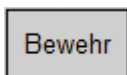
Ist die Online-Berechnung aktiviert, wird die erforderliche Bewehrung am Bildschirm dargestellt.



### Brandnachweis

Im siebten Registerblatt werden Parameter und Schnittgrößen für den Brandnachweis eingegeben.

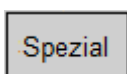
Ist die Online-Berechnung aktiviert, wird die erforderliche Bewehrung am Bildschirm dargestellt.



### Bewehrung wählen

Im achten Registerblatt kann Bewehrung gewählt werden.

Ist die Online-Berechnung aktiviert, wird die gewählte der maximal erforderlichen Bewehrung am Bildschirm gegenüber gestellt.



### Sicherheitsnachweis / Dehnungszustand

Im neunten Registerblatt werden Parameter und Schnittgrößen für den Sicherheitsnachweis und/oder den Dehnungszustand eingegeben.



### Online-Berechnung

Ist der **auto**-Button **an**, wird während der Dateneingabe die Bemessung online durchgeführt und die jeweils erforderliche Bewehrung am Bildschirm protokolliert.



### nationaler Anhang

Weiterhin ist zur vollständigen Beschreibung der Berechnungsparameter der dem Eurocode zuzuordnende nationale Anhang zu wählen.

Über den **NA-Button** wird das entsprechende Eigenschaftsblatt aufgerufen.



### Ausdrucksteuerung

Im Eigenschaftsblatt, das nach Betätigen des **Druckeinstellungs**-Buttons erscheint, wird der Ausgabeumfang der Druckliste festgelegt.



### Druckliste einsehen

Das Statikdokument kann durch Betätigen des **Visualisierungs**-Buttons am Bildschirm eingesehen werden.



### Ausdruck

Über den **Drucker**-Button wird in das Druckmenü gewechselt, um das Dokument auszudrucken. Hier werden auch die Einstellungen für die Visualisierung vorgenommen.



### Onlinehilfe

Über den **Hilfe**-Button wird die kontextsensitive Hilfe zu den einzelnen Registerblättern aufgerufen.



### Eingabe beenden

Das Programm kann mit oder ohne Datensicherung verlassen werden.

Beim Speichern der Daten wird die Druckliste aktualisiert und in das globale Druckdokument eingefügt.

## Norm, Material, Querschnitt

### Material/ Querschn

Im ersten Register werden die nachweisunabhängigen Parameter festgelegt.

In einer Liste werden die beiden zur Verfügung stehenden Bemessungsregeln (Normen) **EC 2 Hochbau** und **EC 2 Betonbrücken** (s. **Literatur**) angeboten.

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

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

Die Namen (z.B. B500A) stehen für eine Reihe von Parametern, die zur Berechnung verwendet werden.

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

Bei einachsiger Bemessung wird für jede Lage (oben/unten bzw. außen/innen) eine eigene Stahlgüte erwartet.

Für den Beton stehen weitere Attribute zur Verfügung, die die Tragfähigkeit des Materials im *Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit* (GZG) kennzeichnen.

Es können Betonzugspannungen sowie Kriechen und Schwinden berücksichtigt werden.

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

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

Die Spannungsdehnungslinie des Betons im GZG kann aus einer Liste ausgewählt werden.

Standardmäßig wird die 'wirklichkeitsnahe' Linie für Verformungsberechnungen n. EC 2, 3.1.5, verwendet.

Die Spannungsdehnungslinien können zum besseren Verständnis am Bildschirm angezeigt werden.

Eine Beschreibung der Baustoffe sowie der o.a. Funktionen finden Sie **hier**.

### Norm

EC 2 Hochbau

NA: Deutschland

### Material

Betonstahl

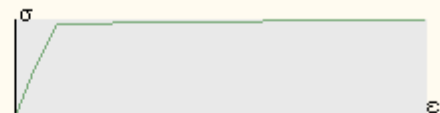
B500A

Spannungsdehnungslinie  
der Bewehrung

EC 2, 3.2.2

anzeigen

bilinear



Beton

C30/37

Betonzugspannungen berücksichtigen  
nur bei Nachweisen im GZG

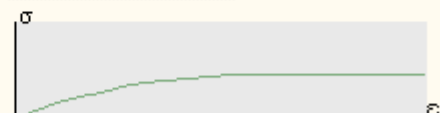
Kriechen und Schwinden des Betons  
nur bei Nachweisen im GZG

Spannungsdehnungslinie  
des Betons im GZT

EC 2, 3.1.7

anzeigen

Parabel-Rechteck



Spannungsdehnungslinie  
des Betons im GZG

EC 2, 3.1.5

anzeigen

wirklichkeitsnah



Das Bemessungskonzept des Eurocode sieht vor, dass die Schnittgrößen (Lastseite) mit Teilsicherheitsbeiwerten und die Baustoffe (Materialseite) mit Material Sicherheitsbeiwerten gewichtet werden.

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

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

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

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

Optional kann die Expositionsklasse des Bauteils berücksichtigt werden.

Bei einachsiger Bemessung (außer Kreisquerschnitten) kann sie für jede Bewehrungslage (oben/unten) eingegeben werden.

Anhand der Expositionsklasse werden die Betondeckung und die Mindestbetongüte überprüft.

Sind die Werte unterschritten, erfolgt eine Fehlermeldung.

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

Zur Interpretation des Endergebnisses ist die Eingabe des maximalen Bewehrungsgrads obligatorisch. Wird er überschritten, erfolgt eine Fehlermeldung.

Die Nachweise im GZG werden im Unterschied zur Bemessung im GZT iterativ geführt.

Der Anfangszustand, d.h. die in die Nachweise eingehende Bewehrung, sollte für ein stabiles und wirtschaftliches Ergebnis möglichst sinnvoll gewählt sein. Es besteht die Möglichkeit, die aus der Biegebemessung resultierende Bewehrung als Anfangsbewehrung vorzusehen.

Der eingegebene Datenzustand kann exportiert (temporär gesichert) und in einem Bauteil derselben Klasse (hier: **4H-EC2QB**) wieder importiert werden.

▷ Daten exportieren

▷ Daten importieren

Wenn Daten aus dem Programm **4H-BETON** übernommen werden sollen, ist **4H-BETON** mit dem betreffenden Datensatz zu öffnen und mit Speichern wieder zu verlassen.

▷ Daten aus **4H-BETON** importieren

Dabei wird die Transferdatei geschrieben, die über den entsprechenden Button in das Programm **4H-EC2QB** geladen werden kann.

## Querschnittsbeschreibung

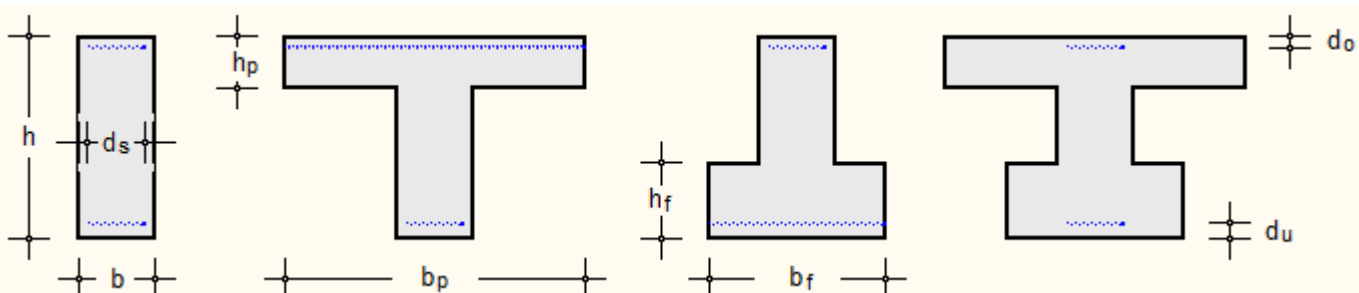
Das Programm **4H-EC2QB** verwaltet die Querschnittstypen **Rechteck**, **Plattenbalken**, **Überzug**, **Doppel-T**, die sowohl einachsiger als auch zweiachsig bemessen werden können.

Querschnittstyp

Rechteck

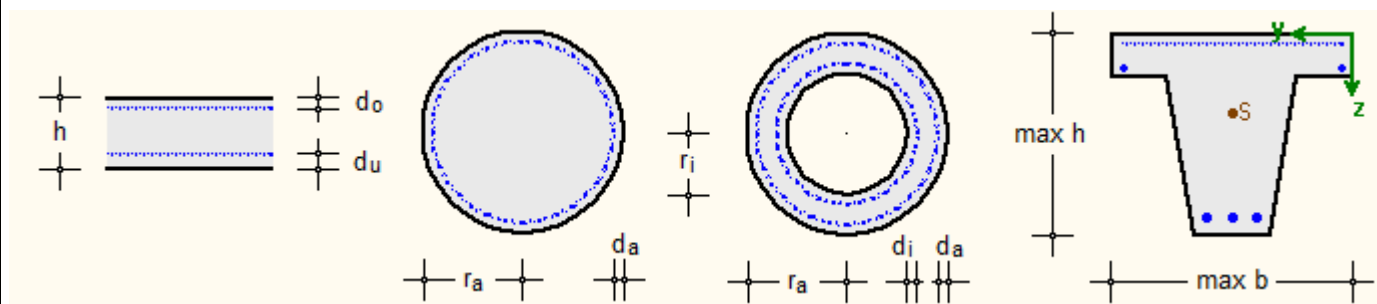
einachsige Bemessung

zweiachsig bemessung



Die Querschnittstypen **Platte**, **Kreis** (Kreisrohr als Hohlprofil) sind einachsige Querschnitte, das **Polygon** ist ein zweiachsiger Querschnitt.

Der Querschnittstyp **Platte** bezeichnet eine einachsige gespannte Platte als Sonderfall des Rechteckquerschnitts mit einer festgelegten Breite von 1 m.



Für die typisierten Querschnitte (**Rechteck**, **Plattenbalken**, **Überzug**, **Doppel-T**, **Platte**, **Kreis**) können die geometrischen Parameter schnell und einfach eingegeben werden. Der **polygonale Querschnitt** ist über seine Querschnittskordinaten zu definieren (Beschreibung s.u.).

#### Rechteck, Plattenbalken, Überzug, Doppel-T, Platte:

Gesamthöhe/Stegbreite	h	<input type="text" value="80.0"/>	cm	b	<input type="text" value="30.0"/>	cm
Plattendicke/-breite (oben)	$h_o$	<input type="text" value="20.0"/>	cm	$b_o$	<input type="text" value="120.0"/>	cm
Fußdicke/-breite (unten)	$h_u$	<input type="text" value="30.0"/>	cm	$b_u$	<input type="text" value="60.0"/>	cm

#### Kreis:

Außen-/Innenradius	$r_a$	<input type="text" value="50.0"/>	cm	$r_i$	<input type="text" value="30.0"/>	cm
--------------------	-------	-----------------------------------	----	-------	-----------------------------------	----

### Querschnitte mit einachsiger Bemessung

Bei 'einachsigen' Querschnitten wird nur Normalkraft und Biegung um die y-Achse betrachtet, daher sind nur der obere und untere Querschnittsrand relevant; bei Kreisquerschnitten der äußere; bei Kreisrohren der äußere und innere Querschnittsrand.

Dementsprechend sind die Achsabstände der Bewehrung sowie die Grundlängsbewehrung, die sich unabhängig vom Bemessungsergebnis im Querschnitt befindet, festzulegen.

#### Rechteck, Plattenbalken, Überzug, Doppel-T, Platte:

Achsabstände oben/unten	$d_o$	<input type="text" value="4.0"/>	cm	$d_u$	<input type="text" value="6.0"/>	cm
-------------------------	-------	----------------------------------	----	-------	----------------------------------	----

#### Kreis:

Achsabstand außen/innen	$d_a$	<input type="text" value="4.0"/>	cm	$d_i$	<input type="text" value="3.0"/>	cm
-------------------------	-------	----------------------------------	----	-------	----------------------------------	----

#### nur Rechteck:

Achsabstand seitlich	$d_s$	<input type="text" value="4.0"/>	cm	nur Brandbemessung
----------------------	-------	----------------------------------	----	--------------------

Die Achsabstände bezeichnen den Abstand der Schwerachse der jeweiligen Bewehrung zum nächstgelegenen Betonrand.

Nur bei Rechteckquerschnitten besteht bei der **Brandbemessung** die Möglichkeit, auch die Seitenwände zu betrachten. In dem Fall ist der seitliche Abstand des Schwerpunkts der äußeren Bewehrungsstäbe anzugeben.

**Grundbewehrung** in

Längsbewehrung oben	<input type="text" value="2"/>	∅	<input type="text" value="10"/>	<input type="checkbox"/>				
Längsbewehrung unten	<input type="text" value="4"/>	∅	<input type="text" value="20"/>	<input type="checkbox"/>				
oben/unten	$A_{so}$	<input type="text" value="1.57"/>	cm <sup>2</sup>	$A_{su}$	<input type="text" value="12.57"/>	cm <sup>2</sup>		
Querkraftbewehrung	∅	<input type="text" value="8"/>	<input type="checkbox"/>	/	<input type="text" value="30.0"/>	cm	<input type="text" value="2"/>	-schnittig
	$a_{sb}$	<input type="text" value="3.35"/>	cm <sup>2</sup> /m					

Wie oben erwähnt sollte im Querschnitt stets eine sinnvolle Anfangsbewehrung vorgesehen werden.

Dies kann auch eine konstruktive Bewehrung sein, die über die Grundbewehrung eingegeben werden kann.

Die Grundbewehrung kann in  $\text{cm}^2$  oder über *Stabdurchmesser* definiert werden.

Erfolgt die Eingabe über die Stabdurchmesser, wird die Grund-Längsbewehrung in  $\text{cm}^2$  bzw. Grund-Querkraftbewehrung in  $\text{cm}^2/\text{m}$  am Bildschirm protokolliert. Nur diese Werte gehen in die Berechnung ein.

### Typisierte Querschnitte mit zweiachsiger Bemessung

Die zweiachsige Bemessung erfolgt durch Iteration des Sicherheitsnachweises. Dazu muss die Lage der Bewehrung bekannt sein.

Bewehrungsvariante	2		Einzelbewehrung			
Achsabstände oben/unten	$d_o$	4.0	cm	$d_u$	6.0	cm
Achsabstände links/rechts	$d_l$	4.0	cm	$d_r$	4.0	cm

Beim Rechteck-Querschnitt besteht die Möglichkeit, eine linienverteilte Bewehrung oder einzelne Bewehrungsstäbe (oder Stabbündel) anzugeben.

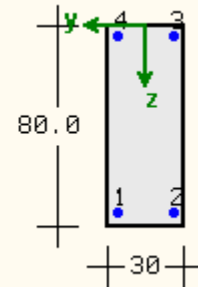
Bei der linienverteilten Bewehrung werden die  $A_s$ -Werte [ $\text{cm}^2$ ] über die Linie (den Linienzug) verteilt, d.h.

$a_{s,\text{Linie}} = A_s / L_{\text{Linie}}$  [ $\text{cm}^2/\text{m}$ ]. Die übrigen Querschnitte können nur eine Einzelbewehrung erhalten.

### Bewehrungsanordnung

Rang 0: Bewehrung wird ignoriert (Bemessung).

Nr.	y	z	Grp	$A_{s0}$	$A_{s1}$	Rang	$\phi_r$	$\theta_{sm}$
	cm	cm		$\text{cm}^2$	$\text{cm}^2$		mm	
1:	11.0	74.0	1	0.00	10.00	1	20	700.0
2:	-11.0	74.0	2	0.00	10.00	1	20	700.0
3:	-11.0	4.0	3	0.00	10.00	2	10	700.0
4:	11.0	4.0	4	0.00	10.00	2	10	700.0



Bezogen auf das angegebene Koordinatensystem (in der Mitte der Querschnittsoberkante) werden die Angaben der Achsabstände in Querschnittskordinaten umgerechnet und in einer Tabelle aufgeführt.

Jeder Stab bzw. jede Linie erhält eine eigene Gruppe. Die Stab- bzw. Gruppennummern werden am Bildschirm angezeigt.

Einer Bewehrungsgruppe sind die Parameter

$A_{s0}$  Grundbewehrung

$A_{s1}$  max. Bewehrung dieser Gruppe

Rang Rangnummer in der Bewehrungsreihenfolge (s. [Biegebemessung](#))

$\phi_r$  Stabdurchmesser der Rissbewehrung (s. [Rissnachweis](#))

$\theta_{sm}$  mittlere Temperatur (s. [Brandbemessung](#))

zugeordnet.

Die Grundbewehrung  $A_{s0}$  bezeichnet die (konstruktive) Bewehrung, die in dieser Gruppe mindestens vorhanden ist.

Unabhängig vom vorgeschriebenen maximalen Bewehrungsgrad gibt es eine geometrische Obergrenze der Bewehrungsmenge  $A_{s1}$ , die in dieser Gruppe nicht überschritten werden darf.

Die Biegebemessung erfolgt iterativ für einen gegebenen Bewehrungszustand.

Beginnend mit  $A_{s0}$  und der aktiven Rangnummer 1 wird die Bewehrung derjenigen Gruppen mit der aktiven Rangnummer (= aktive Gruppe) so lange erhöht, bis ein zulässiger Gleichgewichtszustand oder  $A_{s1}$  erreicht ist.

Die Bewehrungsmengen in den inaktiven Gruppen bleiben unverändert.

Ist  $A_{s1}$  der aktiven Gruppen erreicht, werden die Gruppen mit der nächsthöheren Rangnummer aktiv.

Es stehen maximal vier Rangstufen zur Verfügung. Ist in allen Gruppen  $A_{s1}$  erreicht und wurde kein Gleichgewichtszustand gefunden, erfolgt eine Fehlermeldung.

Der Durchmesser der rissverteilenden Bewehrung kann für jede Gruppe variiert werden.

Wird für die Brandbemessung n. EC 2-1-2, B.2 (Zonenmethode), kein Temperaturprofil berechnet, sind an dieser Stelle die mittleren Stahltemperaturen  $\theta_{sm}$  je Bewehrungsgruppe vorzugeben.

Grund-Querkraftbewehrung  $a_{sbu0}$  3.35  $\text{cm}^2/\text{m}$

Analog zur Grund-Längsbewehrung  $A_{s0}$  kann eine Grund-Querkraftbewehrung  $a_{sbV0}$  in  $\text{cm}^2/\text{m}$  berücksichtigt werden.

### Rechteckquerschnitt mit beliebigem Bewehrungsbild (zweiachsige Bemessung)

**Bewehrungsvariante** frei

**Bewehrungsanordnung**  
Rang 0: Bewehrung wird ignoriert (Bemessung).

neu → neue Zeile anhängen  
+ Zeile duplizieren  
- Zeile löschen

Nr.	y cm	z cm	Grp	$A_{s0}$ $\text{cm}^2$	$A_{s1}$ $\text{cm}^2$	Rang	$\Theta_{sm}$
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">+</span>	11.0	74.0	1	0.00	10.00	1	700.0
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">+</span>	0.0	74.0	2	0.00	10.00	1	700.0
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">+</span>	-11.0	74.0	3	0.00	10.00	1	700.0
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">+</span>	-11.0	4.0	4	0.00	10.00	2	700.0
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">+</span>	0.0	4.0	5	0.00	10.00	2	700.0
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">+</span>	11.0	4.0	6	0.00	10.00	2	700.0

neu →

Für den Rechteck-Querschnitt gibt es die Möglichkeit, die Bewehrung beliebig vorzugeben (nur Einzelbewehrung).

Dazu ist die Bewehrungsvariante **frei** zu wählen. Die Koordinateneingabe der Tabelle wird offen gelegt, so dass Bewehrungsstäbe eingegeben bzw. modifiziert werden können.

Die Stab- bzw. Gruppennummern werden am Bildschirm angezeigt.

Zur Beschreibung der weiteren Parameter s.o..

### Polygonaler Querschnitt (zweiachsige Bemessung)

**Querschnittskordinaten**

▶ Einlesen aus Text-Datei  
▶ Importieren von **##**-QUER  
▶ Alle Koordinaten löschen  
▶ Bewehrung löschen

Einzel- und Linienbewehrungen dürfen nicht der selben Bewehrungsgruppe Grp angehören.  
 $A_{s0}$ ,  $A_{s1}$ , Rang gelten jeweils für die gesamte Gruppe.  
 Gruppe 0, Rang 0 (Bemessung): Bewehrung wird ignoriert.

+ Zeile duplizieren  
- Zeile löschen  
neu → neue Zeile anhängen

Nr.	y cm	z cm	Typ	Grp / $A_c$ -/ $\text{cm}^2$	$A_{s0}$ $\text{cm}^2$	$A_{s1}$ $\text{cm}^2$	Rang
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">+</span>	96.0	0.0	B				
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">+</span>	0.0	0.0	B				
:	:	:	:				
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">+</span>	4.0	4.0	L	3			

neu →

Die Geometrie des polygonalen Querschnitts kann auf verschiedene Arten in das System eingegeben werden.

Maßgeblich sind die Parameter der am Bildschirm angezeigten Tabelle. Darin werden punktweise die Koordinaten, der Typ, ggf. die Gruppe oder Querschnittsfläche des Punkts sowie die Parameter  $A_{s0}$ ,  $A_{s1}$  und Rang angegeben.

Zur Bedeutung der Parameter s.o..

Aus einer Liste ist der Typ des Punkts auszuwählen. Er kann sein

- B Berandung (Betonaußenrand)
- A polygonale Aussparung (Betoninnenrand)
- P punktförmige Aussparung (Hohlrohr)
- E Einzelbewehrung
- L linienförmige Bewehrung

Der Betonaußenrand wird durch ein geschlossenes Polygon beschrieben. Gehört ein Punkt zum Außenrand, ist keine

weitere Eingabe von Parametern notwendig. Zur Beschreibung eines Polygons sind mindestens 3 Punkte erforderlich.

Es können bis zu 5 polygonale Aussparungen als voneinander unabhängige geschlossene Polygone angegeben werden. Sie müssen sich innerhalb des Betonquerschnitts befinden, dürfen den Außenrand nicht berühren oder schneiden. Die Gruppennummer des Punkts bezeichnet die Zugehörigkeit zu der Aussparung Grp.

Eine punktförmige Aussparung (Hohlrohr) erhält eine kreisförmige Fehlfläche  $A_c$  (positiv einzugeben). Sie muss sich innerhalb des Betonquerschnitts befinden und darf den Außenrand nicht berühren.

Ein einzelner Bewehrungsstab oder ein Stabbündel gehört einer Bewehrungsgruppe Grp an. Alle Einzelbewehrungen dieser Gruppe erhalten dieselben Parameter  $A_{s0}$ ,  $A_{s1}$  und Rang.

Eine Linienbewehrung wird durch einen offenen Polygonzug beschrieben (mindestens 2 Punkte).

Die Linien des Polygonzugs müssen sich innerhalb des Betonquerschnitts befinden, dürfen den Außenrand oder andere Linien nicht berühren oder schneiden.

Jeder Punkt des Polygonzugs muss einer einheitlichen Bewehrungsgruppe Grp angehören.

Die Parameter  $A_{s0}$ ,  $A_{s1}$  und Rang beziehen sich auf den gesamten Polygonzug bzw. die gesamte Gruppe.

Alternativ kann ein polygonaler Querschnitt wirtschaftlich und effizient über eine steuerwortbezogene Text-Schnittstelle (ASCII-Code) eingelesen werden.

- ▷ Einlesen aus Text-Datei
- ▷ Importieren von ~~##~~-QUER

Nach Betätigen des gelb unterlegten **Aktions**-Buttons ▷ wird der entsprechende Dateiname (komplette Pfadangabe) abgefragt.

Steuerworte #Berandung, #Aussparung,  
#Einzelbewehrungsgruppe, #Linienbewehrungszug:  
Es werden Wertepaare (y, z) eingelesen.  
Steuerwort #Punktaussparungen:  
Es werden Wertegruppen (y, z, A) eingelesen.

Die Steuerworte werden mit '#' eingeleitet und bezeichnen die o.a. Abschnitte.

Anschließend werden zeilenweise Wertepaare eingelesen.

Die Berandung sollte nur einmal vorkommen.

Je Aussparung, Einzelbewehrungsgruppe und Linienbewehrungszug ist ein eigener Steuerblock zu definieren, der in der Reihenfolge des Vorkommens nummeriert wird.

Berandung und Aussparung müssen jeweils mindestens 3 Koordinaten-Zeilen (Punkte), ein Linienbewehrungszug mindestens 2 Koordinaten-Zeilen enthalten.

```
#Berandung
96.000000 0.000000
0.000000 0.000000
0.000000 17.000000
22.000000 17.000000
33.000000 80.000000
63.000000 80.000000
74.000000 17.000000
96.000000 17.000000
```

Beispiel zur Eingabe einer Text-Datei

```
#Aussparung
30.000000 17.000000
38.000000 64.000000
58.000000 64.000000
66.000000 17.000000
```


```
#Einzelbewehrungsgruppe
58.000000 73.000000
38.000000 73.000000
48.000000 73.000000
```

```
#Einzelbewehrungsgruppe
4.000000 14.000000
92.000000 14.000000
```

```
#Linienbewehrungszug
92.000000 4.000000
4.000000 4.000000
```

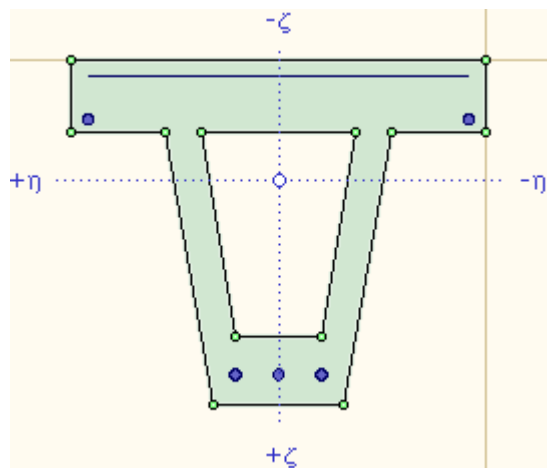
Die Daten werden in die Tabelle *Querschnittskordinaten* übertragen, Bewehrungsangaben sind manuell nachzurüsten.



Eine weitere Möglichkeit der Eingabe eines polygonalen Querschnitts besteht in der Anwendung des externen [pcae](#)-Programms *4H-QUER* (separat erhältlich), das über den gelb unterlegten **Aktions**-Button  aufgerufen wird.

Hier kann der Querschnitt mittels eines CAD-Tools einschl. Bewehrung aufgebaut und an das Programm *4H-EC2QB* übergeben werden. Weitere Informationen zur Anwendung von *4H-QUER* finden Sie im zugehörigen Handbuch.

Beispiel zur Eingabe in *4H-QUER*



Die Schubmessung kann für einen polygonalen Querschnitt nicht erfolgen. Daher ist ein Ersatzquerschnitt festzulegen, der optional als Hohlquerschnitt definiert werden kann.

#### Ersatzquerschnitt für die Schubmessung

Höhe  $h$   cm

Breite  $b$   cm

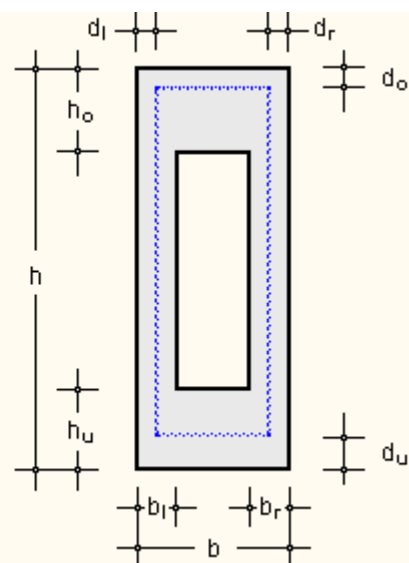
Hohlquerschnitt

Gurte oben/unten  $h_o$   cm  $h_u$   cm

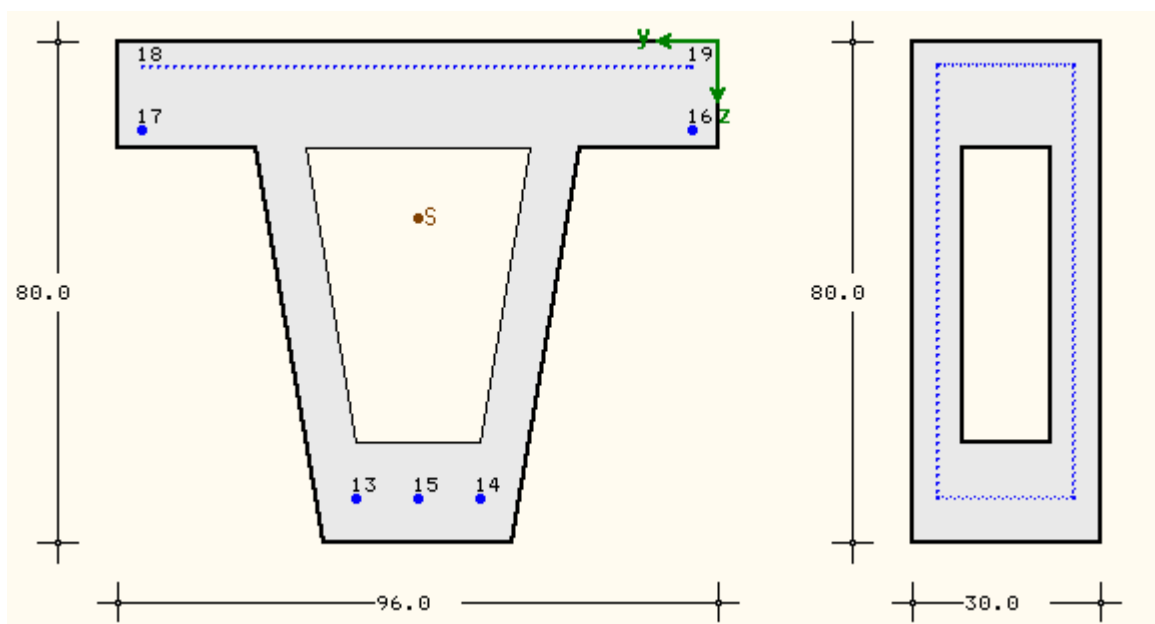
Stege links/rechts  $b_l$   cm  $b_r$   cm

Achsabstände oben/unten  $d_o$   cm  $d_u$   cm

Achsabstände links/rechts  $d_l$   cm  $d_r$   cm



Die Querschnitte werden maßstabsgetreu am Bildschirm dargestellt.



### Biege- und Schubmessung

Im zweiten Register werden die Parameter und die Schnittgrößen für die Biege- und Schubmessung

Biege/  
Schub

festgelegt.

**Biegebemessung** **Biegebemessung** MindestbewehrungTräger 

## Bewehrungsanordnung

Begrenzung d. Druckzone  Grenzwert vorgeben Mindestausmitte n. EC 2, 6.1(4) Rangfolge automatisch (lastfallweise variabel)

nur einachsig

nur zweiachsig, nicht Polygon

- **Mindestbewehrung** - Die Mindestbewehrung kann wahlweise für *Träger* n. EC 2, 9.2.1.1(1) oder *Stützen* n. EC 2, 9.5.2(2) berücksichtigt werden.

Wird **Träger/Stütze** ausgewählt, ermittelt das Programm die Mindestbewehrung automatisch in Abhängigkeit von der Schnittgrößenkombination, ob ein Biege- oder Druckglied vorliegt.

- **Bewehrungsanordnung** - Bei einachsiger Bemessung kann die Bewehrungsanordnung gesteuert werden.

Die Option **nur Zugbewehrung** legt fest, dass keine Druckbewehrung vorhanden sein soll (i.A. bei Platten, da Druckbewehrung speziell umbügelt werden muss).

Wird eine **symmetrische Bewehrung** gewählt, liegt auf beiden Querschnittsseiten die gleiche Bewehrungsmenge (i.A. bei Stützen).

Die **Begrenzung der Druckzone** ermöglicht eine wirtschaftliche Bemessung in Abhängigkeit des Grenzwerts  $\lim k_x$ .

Wird der Grenzwert nicht vorgegeben, erfolgt dessen Berechnung durch das Programm in Abhängigkeit der Beton- und Stahldehnungen mit  $\lim k_x = \epsilon_{c2u} / (\epsilon_{c2u} - \epsilon_{s0}) \leq 1$  mit  $\epsilon_{s0} = f_{yk} / E_s$ .

Beim Querschnittstyp **Platte** muss n. EC 2, 5.6.3(2) gelten  $\lim k_x \leq 0.45$  für Normalbeton bis einschl. C50/60, sonst  $\lim k_x \leq 0.35$  (n. EC 2-2, 5.6.3(102):  $\lim k_x \leq 0.30$  für Normalbeton bis einschl. C50/60, sonst  $\lim k_x \leq 0.23$ ).

- **Mindestausmitte** - N. EC 2, 6.1(4) sollte für Querschnitte mit Drucknormalkräften eine Mindestausmitte eingehalten werden.

- **Rangfolge** - Bei zweiachsiger Bemessung erfolgt die Biegebemessung für eine festgelegte Rangfolge (s. **Reg. 1**).

Bei mehreren unterschiedlichen Lastfällen (z.B. wechselnden Momenten) kann es sinnvoll sein, die Rangfolge an die jeweilige Schnittgrößenkombination anzupassen.

Zu Grunde gelegt wird die Spannungsausnutzung der Bewehrungsgruppen (gilt nicht für Polygon oder Rechteck mit freiem Bewehrungsbild).

Wesentliche Hinweise zur Biegebemessung finden Sie auf der Seite **Biege- und Normalkraftbemessung (Basics)**.

Sind **Zwischenergebnisse** aktiviert (s. **Ausdrucksteuerung**), wird in der Druckliste zu jeder Lastkombination der Grenzdehnungszustand ausgegeben.

**Schubbemessung**

**Schubbemessung**

Materialgüte der Schubbewehrung

wie Biegebew. ▾

Neigungswinkel der Querkraftbewehrung

 $\alpha$  90 ° Bemessung als Balken  ... als Platte  ohne Mindestbewehrung mit Mindestbewehrung  ohne Mindestbewehrung z aus Biegebemessung  Annahme: z = 0.9 d Kontrolle:  $z \leq d - c_{v,D} - \min(c_{v,D}, 3.0)$  mit  $c_{v,D}$  3.0 cm

Druckstrebenwinkel vereinfacht ▾

 Querkraftwiderstand  $V_{Rd,c}$  begrenzen

Wirksamkeitsfaktor

 $\alpha_k$  0.800 Torsion: effektive Wanddicke (=0: nach Norm) $t_{eff}$  0.0 cmeinachsig, 'als Platte' nur Rechteck  
zweiachsig

'z aus Biegebemess.' nur einachsig

nur Kreis

Bei Bedarf kann die zusätzlich die Bemessung für Querkraft und/oder Torsion erfolgen.

- **Materialgüte** - Es kann eine andere als bei der Biegebemessung festgelegte Stahlgüte für die Schubbewehrung festgelegt werden.  
Wird das Material **Gitterträger** ausgewählt, sollte auch die Biegebemessung mit Gitterträgern erfolgen.
- **Neigungswinkel** - Der Neigungswinkel der Querkraftbewehrung beträgt i.A. 90°.  
Wird das Material **Gitterträger** ausgewählt, sollte der Neigungswinkel dem des Gitterträgers entsprechen.
- **Mindestbewehrung** - Bei **Balken** ist stets eine Mindestquerkraftbewehrung vorzusehen, bei **Platten** nur, wenn Querkraftbewehrung statisch erforderlich ist.  
Liegt der Querschnittstyp **Rechteck** (einachsig) vor, kann zwischen den Optionen gewählt werden.
- **innerer Hebelarm z** - Bei einachsiger Bemessung kann der innere Hebelarm entweder aus der Biegebemessung übernommen oder vereinfachend mit  $z = 0.9 d$  angenommen werden.  
Bei zweiachsiger Bemessung kann nur die Vereinfachung ausgewählt werden.  
Der innere Hebelarm darf jedoch den Maximalwert nicht überschreiten, der von der Betonüberdeckung zur Druckbewehrung (Verlegemaß)  $c_{v,D}$  abhängt.
- **Druckstrebenwinkel** - Der Druckstrebenwinkel ist abzuschätzen, muss allerdings innerhalb von Grenzen liegen.  
Dabei gilt: Je geringer der Druckstrebenwinkel (*minimal*), desto weniger Querkraftbewehrung wird berechnet, jedoch um so größer ist die Verankerungslänge der Längsbewehrung.  
Für einen sinnvollen Wert kann der Druckstrebenwinkel **vereinfacht** n. EC 2, NA-DE, NDP zu 6.2.3(2) gesetzt werden; er kann natürlich auch **frei** vorgegeben werden.
- **Querkraftwiderstand  $V_{Rd,c}$**  - N. EC 2, 6.2.2(1) darf eine Mindesttragfähigkeit des Querschnitts für Querkraft ohne Querkraftbewehrung angenommen werden.
- **Wirksamkeitsfaktor** - (nur Kreis): Da die Rundbügel bei Kreisquerschnitten eine geringere Wirksamkeit aufweisen als die Bügel in eckigen Querschnitten, kann ein Abminderungsfaktor vorgegeben werden.
- **Torsion** - Nur bei aktiviertem **Torsions**-Button erfolgt eine Torsionsbemessung.  
Die effektive Wanddicke kann nach Norm berechnet oder vom Anwender vorgegeben werden.

Wesentliche Hinweise zur Schubbemessung finden Sie auf der Seite **Schubbemessung (Basics)**.

**Schubkraftübertragung in Fugen**

Schubkraftübertragung in horizontalen Verbundfugen

in der Fuge wirkender Querkraftanteil

 $V_{Edj}$  1,00  $\cdot V_{Ed}$ 

Normalkraft senkrecht zur Fuge (&gt; 0: Zugfuge)

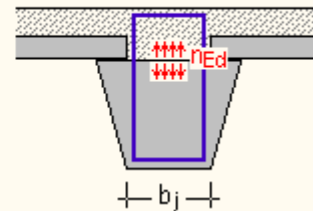
 $n_{Ed}$  0,00 kN/mKontaktfläche  $b_j$  30,0 cm

Oberflächenbeschaffenheit der Fuge

glatt

 dynamische Beanspruchung der Fuge

nur einachsig, nicht Kreis



Einachsig beanspruchte Querschnitte (Rechteck, Platte, Plattenbalken, Überzug, nicht Kreis) können als Verbundbauteile (z.B. Elementdecken, Unter-, Überzüge) hergestellt werden.

Da die Verbundbauteile zu unterschiedlichen Zeiten betoniert werden, ist die horizontale Verbundfuge zu bemessen.

- **Querkraftanteil** - Bei Teilfugen kann hier der Anteil der Querkraft festgelegt werden, der durch die Fuge übertragen werden muss.
- **Normalkraft** - Wenn die Normalkraft senkrecht zur Fuge (z.B. aus angehängten Lasten) größer als Null eingegeben wird, liegt eine Zugfuge vor.  
Hier kann kein Reibungsanteil zum Ansatz gebracht werden, weshalb eine Zugfuge für die Schubübertragung ungünstig viel Bewehrung erfordert.
- **Kontaktfläche** - Fugen können im Steg oder in der Gurtplatte (Plattenbalken, Überzug) angeordnet sein. Die Breite zur Übertragung der Schubkraft durch die Fuge ist festzulegen. Sie kann der **Stegbreite** oder der **Plattenbreite** entsprechen und kann auch **frei** festgelegt werden.
- **Oberflächenbeschaffenheit** - Die Oberflächenbeschaffenheit der Fuge kann **sehr glatt**, **glatt**, **rau**, **verzahnt** sein und beeinflusst den Reibungs- und Adhäsionsanteil.  
Es gilt: Je rauer die Oberfläche, desto besser der Verbund und weniger Verbundbewehrung.
- **dynamische Beanspruchung** - Durch eine dynamische Beanspruchung des Bauteils und damit auch der Fuge wird die Adhäsionsfähigkeit herabgesetzt.

Wesentliche Hinweise zur Verbundbemessung finden Sie auf der Seite [Schubkraftübertragung in Fugen \(Basics\)](#).

### Anschluss der Gurte an den Steg

 Anschluss der Gurte an den Steg

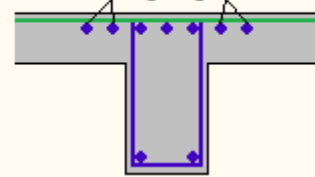
maximales Differenzmoment

 $|\Delta M_{Ed}|$  200,000 kNm

zugehörige Eintragungslänge

 $a_v$  100,0 cm

ausgelagerter Bewehrungsanteil im Gurt


 $\Sigma$  60 %nur einachsig für Plattenbalken, Überzug, Doppel-T  
ausgelagert




Bei einachsig beanspruchten Querschnitten mit abstehenden Querschnittsteilen (die Gurte von Plattenbalken, Überzug, Doppel-T) kann der Anschluss der Gurte an den Steg nachgewiesen werden.

- **Differenzmoment** - Das Differenzmoment erzeugt über seine Eintragungslänge eine Längsschubspannung am Anschluss Gurt/Steg. Die Schubspannung ist über Druck- und Zugstreben nachzuweisen.
- **Eintragungslänge** - Als Eintragungslänge darf höchstens der halbe Abstand zwischen Momentennullpunkt und Momentenmaximum angenommen werden.  
Wirken Einzellasten darf der Abstand zwischen den Einzellasten nicht überschritten werden.
- **ausgelagerter Bewehrungsanteil** - Bei Zuggurten ist der insgesamt (also rechts und links) ausgelagerte Anteil [%] der Bewehrung anzugeben.  
Ist der Anteil Null, wird ein ausgelagerter Bewehrungsanteil von 60% angenommen.

Wesentliche Hinweise dazu finden Sie auf der Seite [Anschluss der Gurte an den Balkensteg \(Basics\)](#).

### Bemessungsgrößen

**Schnittgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (i.A. ständige und veränderliche Bemessungssituation)**Schnittgrößen aus  Bauteil importieren Schnittgrößen aus Text-Datei einlesen 

	$N_{Ed}$ kN	$M_{y,Ed}$ kNm	$V_{z,Ed}$ kN	$M_{z,Ed}$ kNm	$V_{y,Ed}$ kN	$T_{t,Ed}$ kNm
1  	0.0	100.0	200.0	0.0	0.0	30.0
						

Biege- und Schubbemessung werden im Grenzzustand der Tragfähigkeit geführt. Die Bemessungsgrößen können manuell eingegeben, aus einem **pcae**-Programm importiert oder aus einer Text-Datei eingelesen werden.

Der Übersichtlichkeit halber werden nur die Felder freigelegt, die für den vorgegebenen Querschnitt relevant sind.

Bei der Biege- und Schubbemessung werden Normalkraft, Biegemomente, Querkräfte und St. Venant'sche Torsion berücksichtigt.

Weitere Informationen zur Eingabe der Bemessungsgrößen finden Sie [hier](#).

**Biege-/Schubbemessung: Erforderliche Bewehrung**

Ist die Online-Berechnung (**auto**-Button) aktiviert, wird die berechnete (erforderliche) Bewehrung am Bildschirm protokolliert.

erf $A_{s0}$	7.93	cm <sup>2</sup>	erf $A_{sU}$	4.09	cm <sup>2</sup>		Längsbewehrung einachsig		
erf $A_{s1}$	3.03	cm <sup>2</sup>	erf $A_{s2}$	0.00	cm <sup>2</sup>	erf $A_{s3}$	0.00	cm <sup>2</sup>	Längsbewehrung zweiachsig
erf $a_{sbV}$	5.83	cm <sup>2</sup> /m	erf $a_{sbT}$	2.92	cm <sup>2</sup> /m	erf $A_{sT}$	3.71	cm <sup>2</sup>	Schubbewehrung
erf $a_{sfo}$	2.19	cm <sup>2</sup> /m	erf $a_{sbi}$	9.72	cm <sup>2</sup> /m				Anschluss-, Verbundbewehrung




**Rissnachweis****Riss**

Im dritten Register werden die Parameter und die Schnittgrößen für den Rissnachweis festgelegt. Der Rissnachweis für Polygone ist nicht implementiert.

Der Rissnachweis besteht aus zwei Teilnachweisen

- die Ermittlung der Mindestbewehrung zum Zeitpunkt der Erstrissbildung vor Lastaufbringung n. EC 2, 7.3.2 und
- die Berechnung der Bewehrung aus Lastbeanspruchung nach Beendigung der Rissbildung, für die im Eurocode zwei Verfahren angeboten werden

Beim Teilnachweis der Berechnung der Bewehrung aus Lastbeanspruchung wird eine vorhandene Bewehrungssituation nachgewiesen. Ist der Nachweis nicht eingehalten, wird die Bewehrungsmenge erhöht.

<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rissnachweis</b>	<input type="checkbox"/> nur Check (keine Bewehrungserhöhung)
Nachweisverfahren	EC 2, 7.3.2 + 7.3.4  Berechnung
zul. Rissbreite oben/unten	$w_{ko}$ 0.40 mm $w_{ku}$ 0.30 mm einachsig
Stabdurchmesser oben/unten	$\varnothing_{ro}$ 10  $\varnothing_{ru}$ 20 
zul. Rissbreite	$w_k$ 0.30 mm zweiachsig
Stabdurchmesser $\varnothing_r$ s. Bewehrungsanordnung	

- **nur Check** - Es besteht die Möglichkeit, nur den vorgegebenen Bewehrungszustand (ohne Bewehrungserhöhung) nachzuweisen
- **Nachweisverfahren** - Mit EC 2, 7.3.2 + 7.3.3, wird die Mindestbewehrung berechnet und die Bewehrung aus Lastbeanspruchung n. EC 2, 7.3.3 (Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung) ermittelt.

Mit EC 2, 7.3.2 + 7.3.4, wird die Mindestbewehrung berechnet und die Bewehrung aus Lastbeanspruchung n. EC 2, 7.3.4 (Berechnung der Rissbreite), ermittelt.

- **zul. Rissbreite** - Die zulässige Rissbreite ist anzugeben. Bei einachsiger Bemessung können unterschiedliche Rissbreiten für die betrachteten Ränder definiert werden.
- **Stabdurchmesser** - Je betrachteter Querschnittsrand bzw. je Bewehrungsgruppe ist der Stabdurchmesser für die rissverteilende Bewehrung anzugeben.

Ist eine Grundbewehrung mit Stabdurchmesser vorgesehen oder liegt eine zweiachsige Bemessung vor (s. **Register 1, Querschnitt**), wird dieser für den Rissnachweis verwendet.

<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Mindestbewehrung (Zwang/Eigenspannungen)</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	Abfluss der Hydratationswärme (vereinfacht)
Betonzugfestigkeit bei Erstrissbildung	$f_{ct,eff} = 0.65 \cdot f_{ctm}$
Beiwert für nichtlineare Eigenspannungen	selbst <input type="button" value="induziert"/>
Beiwert für die Spannungsverteilung	zentr. Zwang <input type="button" value=""/>
<input type="checkbox"/>	Zwangsschnittgröße vorgeben
<input type="checkbox"/>	langsam erhärtender Beton

- **Mindestbewehrung** - Die Berechnung der Mindestbewehrung infolge Zwang/Eigenspannungen zum Zeitpunkt der Erstrissbildung kann an-/abgeschaltet werden.
- **Abfluss der Hydratationswärme** - Nach Norm werden einige Parameter zum Zeitpunkt des Abflusses der Hydratationswärme vom Programm gesetzt. Ist dieser Schalter nicht aktiviert, können diese Werte manuell geändert werden.
- **Die Betonzugfestigkeit bei Erstrissbildung  $f_{ct,eff}$**  - ist von der mittleren Zugfestigkeit  $f_{ctm}$  abhängig. Der Beiwert  $k_{ct}$  kann gesetzt oder vom Programm berechnet werden.

Zement	CEM	32.5 R <input type="button" value=""/>	Klasse N (mittel)
Betoniervorgang im		Frühjahr/Herbst <input type="button" value=""/>	
Betonalter bei Erstrissbildung	$t_{crit}$	24	h
Betonzugfestigkeit bei Erstrissbildung	$f_{ct,eff} =$	0.50	$\cdot f_{ctm}$ <input checked="" type="checkbox"/> berechnen

Für die Berechnung von  $k_{ct}$  sind die Zementklasse, die Jahreszeit des Betoniervorgangs und das Betonalter bei Erstrissbildung anzugeben (s. **Lohmeyer/Ebeling, Tafel 4.18**).

- **Beiwert für nichtlineare Eigenspannungen** - Der Beiwert  $k$  kann *selbst* oder *außerhalb* induziert oder *frei* (manuell) eingegeben werden.
- **Beiwert für die Spannungsverteilung** - Der Beiwert  $k_c$  kann aus *Biegezwang* oder *zentrischem Zwang* resultieren.
- **Zwangsschnittgröße** - Ist die Zwangsschnittgröße bekannt, kann sie an dieser Stelle sowohl für zentrischen Zwang (z.B. bei Betonieren auf einer Folie) als auch für Biegezwang (z.B. eine Vorspannkraft) angegeben werden.

Für die Querschnittstypen **Platte** oder **Rechteck einachsig** können spezielle Zwangsschnittgrößen (nur für zentrischen Zwang) vom Programm berechnet werden.

- **langsam erhärtender Beton** - Bei langsam erhärtendem Beton (beachte Zementgüte) darf die Mindestbewehrung reduziert werden (gilt nicht für die Berechnung der Zwangsschnittgröße für Bodenplatten oder Ortbetonwände).

### Zwangsschnittgröße für Bodenplatten oder Fundamente

Die Querschnittstypen **Platte** und **Rechteck einachsig** können als **Bodenplatte** nachgewiesen werden, bei der die Zwangsschnittgröße n. **Lohmeyer/Ebeling** berechnet wird.

Bezogen auf den Bruttoquerschnitt wird die berechnete Zwangsschnittgröße am Bildschirm protokolliert.

⊙ Zwangsschnittgröße für Bodenplatten berechnen					
Länge Platte	$L_p$	25.00	m		
Breite Platte	$B_p$	18.00	m		
Wichte Platte (Stahlbeton)	$\rho_p$	25.0	kN/m <sup>3</sup>		
ständige Auflast Platte	$q_p$	2.00	kN/m <sup>2</sup>		
Reibungsbeiwert Boden-Platte	$\mu_0$	0.80		$\gamma_R$	1.25
<input checked="" type="checkbox"/> Unterbeton Dicke	$t_u$	5.0	cm		
E-Modul	$E_u$	27000.0	N/mm <sup>2</sup>		
<input checked="" type="checkbox"/> Boden Steifemodul	$E_e$	8000.0	N/mm <sup>2</sup>		
Temperaturdifferenz	$\Delta T_{crit}$	15.0	K	<input checked="" type="checkbox"/>	berechnen
Wärmedehnzahl des Frischbetons	$\alpha_T$	12.7	$\cdot 10^{-6}$ 1/K	<input checked="" type="checkbox"/>	berechnen
E-Modul bei Erstrissbildung	$E_{c,eff} =$	0.83	$\cdot E_{cm}$	<input checked="" type="checkbox"/>	berechnen
<input type="checkbox"/> Nachweis für späten Zwang					

- **Länge, Breite, Wichte, ständige Auflast der Platte** - Die Länge der Platte legt die Richtung fest, in der die Reibungskraft (Zwangsschnittgröße) wirkt.

Wichte und ständige Auflast sind Bemessungswerte. Die Dicke der Platte entspricht der Höhe bzw. Dicke des Querschnitts.

- **Reibungsbeiwert Boden-Platte** - Der Reibungsbeiwert  $\mu_0$  ist als charakteristische Größe mit dem Sicherheitsbeiwert  $\gamma_R$  für Reibung einzugeben.

<input checked="" type="radio"/> der Trocknung ausgesetzt	$U_c$	100.0	cm	Umfang
<input type="radio"/> wirksame Querschnittsdicke	$h_0$	60.0	cm	$= 2 \cdot A_c / U_c$

Die Berechnung erfolgt unter Berücksichtigung der wirksamen Querschnittsdicke, die sich aus dem der Trocknung ausgesetzten Umfang des Bauteils ergibt (bei Bodenplatten mit  $U_c = 100$  cm ergibt sich  $h_0 = 2 \cdot h$ ).

- **Unterbeton** - Bei Bedarf kann Unterbeton mit seiner Dicke  $t_u$  und dem E-Modul  $E_u$  berücksichtigt werden.
- **Boden** - Ebenso kann optional die Steifigkeit des Bodens (Steifemodul  $E_e$ ) in die Berechnung einbezogen werden.
- **Temperaturdifferenz, Wärmedehnzahl, E-Modul** - Werden Unterbeton und/oder Boden berücksichtigt, sind die Temperaturdifferenz, Wärmedehnzahl des Frischbetons und der E-Modul bei Erstrissbildung anzugeben oder vom Programm zu berechnen.
- **Beiwert Gesteinskörnung** - Wird der E-Modul vom Programm berechnet, kann der Einfluss der Gesteinskörnung berücksichtigt werden. Es gilt n. Heft 425, DAfStb
  - $\alpha_{E,g} = 1.2$  für Basalt, dichter Kalkstein
  - $\alpha_{E,g} = 1.0$  für Quarz, Quarzite
  - $\alpha_{E,g} = 0.9$  für Kalkstein
  - $\alpha_{E,g} = 0.7$  für Sandstein
- **später Zwang** - Wird das Bauteil für späten Zwang nachgewiesen, wird programmintern das Betonalter bei Erstrissbildung auf  $t_{crit} = 28$  d = 672 h gesetzt.

Damit ergeben sich die Betonzugfestigkeit zu  $f_{ct,eff} = f_{ctm}$ , die Wärmedehnzahl des Betons zu  $\alpha_T = 10^{-5}$  1/K und der E-Modul zu  $E_{c,eff} = E_{cm}$ .

Der Berechnungsablauf wird anhand eines Beispiels dargestellt.

Zeitpunkt der Rissentstehung  $t_{crit} = 1.2 \cdot t_{max,T} + 20 = 56$  h,

$t_{max,T} = 30$  h für normal erhärtenden Beton (CEM 32.5 R) und  $h_0 = 60.0$  cm

Betonzugfestigkeit bei Erstrissbildung  $f_{ct,eff} = k_{ct} \cdot f_{ctm} = 1.98$  N/mm<sup>2</sup>,

Beiwert  $k_{ct} = k_j \cdot k_{ct}(t) = 0.68$  für normal erhärtenden Beton (CEM 32.5 R) und  $t_{crit} = 56$  h,  $k_{ct}(t) = 0.68$ ,  
 $k_j = 1.0$  (Frühjahr/Herbst)

#### Berechnung der Zwangsschnittgröße für Bodenplatten

Abmessungen der Sohlplatte  $L_p = 25.00$  m,  $B_p = 18.00$  m,  $t_p = 30.0$  cm

Trennrissbildung in Sohlplatten (Reibungsmodell)

Zwangsschnittgröße  $N_{ct,1} = \gamma_{ct} \cdot \mu_d \cdot \sigma_0 \cdot L_p / 2 = 118.75$  kN/m,  $\gamma_{ct} = 1.00$

Bemessungswert der Reibung  $\mu_d = \gamma_R \cdot \mu_0 = 1.000$ ,  $\gamma_R = 1.25$ ,  $\mu_0 = 0.80$

Sohlpressung  $\sigma_0 = t_p \cdot \rho_p + q_p = 9.50$  kN/m<sup>2</sup>,  $\gamma_g = 1.00$ ,  $\rho_p = 25.0$  kN/m<sup>3</sup>,  $q_p = 2.00$  kN/m<sup>2</sup>

Kopplung von Bodenplatte und Baugrund (FE-Modell)

Zwangsschnittgröße  $N_{ct,2} = -\gamma_{ct} \cdot (C_u \cdot B_p \cdot (\varepsilon_{b0} - \varepsilon_{u0}) + C_e \cdot \varepsilon_{b0}) / (1 + C_u / C_b + C_e / (C_b \cdot B_p)) / B_p = 1337.16$  kN/m,  $\gamma_{ct} = 1.00$

Beiwert für den Beton  $C_b = t_p \cdot E_{ct} = 8143468.87$  kN/m

E-Modul des jungen Betons  $E_{ct} = k_{Et} \cdot E_{cm} = 27144.9$  N/mm<sup>2</sup>,

$k_{Et} = \alpha_{E,g} \cdot 0.83 = 0.83$  für normal erhärtenden Beton (CEM 32.5 R) und  $t_{crit} = 56$  h,  $\alpha_{E,g} = 1.0$

Beiwert für den Unterbeton  $C_u = t_u \cdot E_{ut} = 1350000.00$  kN/m

Beiwert für den Boden  $C_e = (t_e \cdot B_p / 2 + t_e^2 \cdot \pi / 6) \cdot E_e = 890888208.67$  kN,  $t_e = L_p / 3 = 8.33$  m,  $E_e = 8000.0$  N/mm<sup>2</sup>

Dehnung infolge Betontemperatur  $\varepsilon_{b0} = -\Delta T_{crit} \cdot \alpha_t = -0.19\text{‰}$

Temperaturdifferenz  $\Delta T_{crit} = 15.0$  K für normal erhärtenden Beton (CEM 32.5 R) und  $t_p = 30.0$  cm

Wärmedehnzahl des jungen Betons  $\alpha_{T(t)} = 12.7 \cdot 10^{-6}$  1/K zum Zeitpunkt  $t = 2.33$  d (56 h)

Dehnung infolge Schwinden des Unterbetons  $\varepsilon_{u0} = 0$

Zwangsschnittgröße  $N_{ct} = \min(N_{ct,1}, N_{ct,2}) = 118.75$  kN/m

Werden Schwindeinflüsse berücksichtigt (Schalter **Kriechen+Schwinden** aktiviert, s. **Register 1**), vergrößert sich die Dehnung  $\varepsilon_{b0}$  und damit die Zwangsschnittgröße  $N_{ct,2}$ .

Zwangsschnittgröße  $N_{ct,2} = -\gamma_{ct} \cdot (C_u \cdot B_p \cdot (\varepsilon_{b0} - \varepsilon_{u0}) + C_e \cdot \varepsilon_{b0}) / (1 + C_u / C_b + C_e / (C_b \cdot B_p)) / B_p = 1562.84$  kN/m,  $\gamma_{ct} = 1.00$

Dehnung infolge Betontemperatur und Schwinden des jungen Betons  $\varepsilon_{b0} = -\Delta T_{crit} \cdot \alpha_t + \varepsilon_{sct} = -0.21\text{‰}$

Schwindmaß zum Zeitpunkt  $t = 56$  h:  $\varepsilon_{sct} = -(\varepsilon_{cas} + \varepsilon_{cds}) = -0.015\text{‰}$  wobei

autogenes Schwinden:  $\varepsilon_{cas} = \varepsilon_{cas,0} \cdot \beta_{as} = 0.013\text{‰}$  mit  $\varepsilon_{cas,0} = 2.5 \cdot (f_{ck} - 10) = 0.050\text{‰}$ ,  $\beta_{as} = 1 - e^{-0.2 \cdot t / 12} = 0.263$

Trocknungsschwinden:  $\varepsilon_{cds} = \varepsilon_{cds,0} \cdot \beta_{ds} \cdot k_h = 0.002\text{‰}$  mit  $\varepsilon_{cds,0} = 0.85 \cdot ((220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot e^{-\alpha_{ds2} \cdot f_{cm} / 10}) \cdot \beta_{RH} = 0.557\text{‰}$ ,

$k_h = 0.70$  für  $h_0 = 60.0$  cm,  $\alpha_{ds1} = 4.0$  und  $\alpha_{ds2} = 0.12$  für Zementgruppe N,

$\beta_{RH} = 1.55 \cdot (1 - (RH/100)^3) = 1.356$  für  $RH = 50\%$ ,  $\beta_{ds} = \Delta t / (\Delta t + 0.04 \cdot (h_0^3)^{1/2}) = 0.004$ ,  $\Delta t = t - t_s = 2.33$  d

Kriechen (Schalter **Kriechen+Schwinden** aktiviert, s. **Register 1**) hingegen reduziert die resultierende Zwangsschnittgröße  $N_{ct}$  und wird nur bei spätem Zwang berücksichtigt.

Kriechen und Relaxation  $N_{ct,red} = k_{(\varphi+\psi)spät} \cdot N_{ct} = 95.00$  kN,  $k_{(\varphi+\psi)spät} = 0.80$

Ist die Zwangsschnittgröße kleiner oder gleich der Schnittgröße n. EC 2, ist die Rissicherheit gegeben.

In dem Fall wird auf der sicheren Seite liegend mit dieser Schnittgröße eine Mindestbewehrung berechnet.

Ansonsten darf die Mindestbewehrung mit der Zwangsschnittgröße n. EC 2 berechnet werden.

Zwangsschnittgröße (EC 2):  $N_{ct,EC2} = f_{ct,eff} \cdot A_{c,eff} = 514.61$  kN/m,  $f_{ct,eff} = 1.98$  N/mm<sup>2</sup>,  $A_{c,eff} = 2600.0$  cm<sup>2</sup>/m

Zwangsschnittgröße  $N_{ct} \leq N_{ct,EC2} \Rightarrow$  Rissicherheit vorhanden ( $N_{ct} / N_{ct,EC2} = 0.231 < 1$ )

Berechnung der Mindestbewehrung mit  $N_{ct,clc} = N_{ct} \cdot A_c / A_{c,eff} = 137.02$  kN/m,  $A_c = 3000.0$  cm<sup>2</sup>/m,  $A_{c,eff} = 2600.0$  cm<sup>2</sup>/m

#### Zwangsschnittgröße für Ortbetonwände auf fertig gestellten Bodenplatten oder Fundamenten

Die Querschnittstypen **Platte** oder **Rechteck einachsig** können als *Ortbetonwand* nachgewiesen werden, bei der die Zwangsschnittgröße n. **Lohmeyer/Ebeling** berechnet wird.

Die berechnete Zwangsschnittgröße wird bezogen auf den Bruttoquerschnitt am Bildschirm protokolliert.



Zwangsschnittgröße für Ortbetonwände berechnen

Höhe Wand	$H_w$	<input type="text" value="3.20"/>	m	
Länge Wand	$L_w$	<input type="text" value="8.00"/>	m	
E-Modul bei Erstrissbildung	$E_c =$	<input type="text" value="0.93"/>	$\cdot E_{cm}$	<input checked="" type="checkbox"/> berechnen
Beiwert Gesteinskörnung	$\alpha_{E,g}$	<input type="text" value="1.0"/>		
mittlere Betonabkühlung	$\Delta T_{c,B}$	<input type="text" value="23.0"/>	K	<input checked="" type="checkbox"/> berechnen
Wärmedehnzahl des Frischbetons	$\alpha_T$	<input type="text" value="12.3"/>	$\cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$	<input checked="" type="checkbox"/> berechnen

Nachweis für späten Zwang

- **Höhe, Länge der Wand** - Die Länge der Wand legt die Richtung fest, in der die Reibungskraft (Zwangsschnittgröße) wirkt. Die Dicke der Wand entspricht der Höhe bzw. Dicke des Querschnitts.
- **E-Modul** - Der E-Modul bei Erstrissbildung kann manuell eingegeben oder vom Programm berechnet werden.
- **Beiwert Gesteinskörnung** - Wird der E-Modul vom Programm berechnet, kann der Einfluss der Gesteinskörnung berücksichtigt werden. Es gilt n. Heft 425, DAfStb
  - $\alpha_{E,g} = 1.2$  für Basalt, dichter Kalkstein
  - $\alpha_{E,g} = 1.0$  für Quarz, Quarzite
  - $\alpha_{E,g} = 0.9$  für Kalkstein
  - $\alpha_{E,g} = 0.7$  für Sandstein
- **Betonabkühlung** - Die mittlere Betonabkühlung kann vom Programm berechnet oder manuell eingegeben werden.
- **Wärmedehnzahl** - Die Wärmedehnzahl des Frischbetons kann vom Programm berechnet oder manuell eingegeben werden.

der Trocknung ausgesetzt  $U_c$   cm Umfang

wirksame Querschnittsdicke  $h_0$   cm  $= 2 \cdot A_c / U_c$

Die Berechnung erfolgt unter Berücksichtigung der wirksamen Querschnittsdicke, die sich aus dem der Trocknung ausgesetzten Umfang des Bauteils ergibt (bei Wänden mit  $U_c = 2 \cdot 100 \text{ cm}$  ergibt sich  $h_0 = h$ ).

- **später Zwang** - Wird das Bauteil für späten Zwang nachgewiesen, wird programmintern das Betonalter bei Erstrissbildung auf  $t_{crit} = 28 \text{ d} = 672 \text{ h}$  gesetzt.

Damit ergeben sich die Betonzugfestigkeit zu  $f_{ct,eff} = f_{ctm}$ , die Wärmedehnzahl des Betons zu  $\alpha_T = 10^{-5} \text{ 1/K}$  und der E-Modul zu  $E_{c,eff} = \alpha_{E,g} \cdot E_{cm}$ .

Der Berechnungsablauf wird anhand eines Beispiels dargestellt.

Zeitpunkt der Rissentstehung  $t_{crit} = 1.3 \cdot t_{max,T} + 24 = 58 \text{ h}$ ,

$t_{max,T} = 26 \text{ h}$  für normal erhärtenden Beton (CEM 32.5 R) und  $h_0 = 30.0 \text{ cm}$

Betonzugfestigkeit bei Erstrissbildung  $f_{ct,eff} = k_{ct} \cdot f_{ctm} = 2.20 \text{ N/mm}^2$ ,

Beiwert  $k_{ct} = k_j \cdot k_{ct(t)} = 0.76$  für normal erhärtenden Beton (CEM 32.5 R) und  $t_{crit} = 58 \text{ h}$ ,  $k_{ct(t)} = 0.69$ ,  $k_j = 1.1$  (Sommer)

**Berechnung der Zwangsschnittgröße für Ortbetonwände**

Abmessungen der Wand  $H_w = 3.20 \text{ m}$ ,  $L_w = 8.00 \text{ m}$ ,  $t_w = 30.0 \text{ cm}$

Zwangsschnittgröße  $N_{ct} = \sigma_{ct,d} \cdot A_{c,eff} = 877.44 \text{ kN/m}$ ,  $A_{c,eff} = 2600.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

Bemessungswert der Zwangsspannung  $\sigma_{ct,d} = k_{ct,d} \cdot \sigma_{ct(t)} = 3.37 \text{ N/mm}^2$ ,  $k_{ct,d} = 0.55$  für  $L_w/H_w = 2.50$

Zwangsspannung  $\sigma_{ct(t)} = \alpha_T(t) \cdot \Delta T_{c,B} \cdot E_c(t) = 6.14 \text{ N/mm}^2$

Wärmedehnzahl des jungen Betons  $\alpha_T(t) = 12.6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$  zum Zeitpunkt  $t = 2.42 \text{ d}$  (58 h)

mittlere Abkühlung des Betons  $\Delta T_{c,B} = 17.0 \text{ K}$  für normal erhärt. Beton (CEM 32.5 R) und  $h_0 = 30.0 \text{ cm}$  (Sommer)

E-Modul des jungen Betons  $E_c(t) = k_{Et} \cdot E_c = 28645.8 \text{ N/mm}^2$ , Tangentenmodul  $E_c = 1.05 \cdot E_{cm} = 34478.4 \text{ N/mm}^2$

Beiwert  $k_{Et} = \alpha_{E,g} \cdot 0.83 = 0.83$  für normal erhärtenden Beton (CEM 32.5 R) und  $t_{crit} = 58 \text{ h}$ ,  $\alpha_{E,g} = 1.0$

Zwangsschnittgröße  $N_{ct} = 877.44 \text{ kN/m}$

Werden Schwindeinflüsse berücksichtigt (Schalter **Kriechen+Schwinden** aktiviert, s. **Register 1**), vergrößert sich die Zwangsspannung  $\sigma_{ct}(t)$  und damit die Zwangsschnittgröße  $N_{ct}$ .

Zwangsschnittgröße  $N_{ct} = \sigma_{ct,d} \cdot A_{c,eff} = 951.16 \text{ kN/m}$ ,  $A_{c,eff} = 2600.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

Zwangsspannung  $\sigma_{ct}(t) = \alpha_T(t) \cdot \Delta T_{c,B} \cdot E_c(t) + \varepsilon_{cst} \cdot E_c(t) = 6.65 \text{ N/mm}^2$

Schwindmaß zum Zeitpunkt  $t = 58 \text{ h}$ :  $\varepsilon_{cst} = -(\varepsilon_{cas} + \varepsilon_{cde}) = -0.018\%$  wobei

autogenes Schwinden:  $\varepsilon_{cas} = \varepsilon_{cas,0} \cdot \beta_{as} = 0.013\%$  mit  $\varepsilon_{cas,0} = 2.5 \cdot (f_{ck} - 10) = 0.050\%$ ,  $\beta_{as} = 1 - e^{-0.2 \cdot t^{1/2}} = 0.267$

Trocknungsschwinden:  $\varepsilon_{cde} = \varepsilon_{cde,0} \cdot \beta_{ds} \cdot k_h = 0.005\%$  mit  $\varepsilon_{cde,0} = 0.85 \cdot ((220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot e^{-\alpha_{ds2} \cdot f_{cm}/10}) \cdot \beta_{RH} = 0.538\%$ ,

$k_h = 0.75$  für  $h_0 = 30.0 \text{ cm}$ ,  $\alpha_{ds1} = 4.0$  und  $\alpha_{ds2} = 0.12$  für Zementgruppe N,

$\beta_{RH} = 1.55 \cdot (1 - (RH/100)^3) = 1.356$  für  $RH = 50\%$ ,  $\beta_{ds} = \Delta t / (\Delta t + 0.04 \cdot (h_0^3)^{1/2}) = 0.011$ ,  $\Delta t = t - t_s = 2.42 \text{ d}$

Kriechen (Schalter **Kriechen+Schwinden** aktiviert, s. **Register 1**) hingegen reduziert die resultierende Zwangsschnittgröße  $N_{ct}$  und wird nur bei spätem Zwang berücksichtigt.

Kriechen und Relaxation  $N_{ct,red} = k_{(\varphi+\psi)spät} \cdot N_{ct} = 961.13 \text{ kN}$ ,  $k_{(\varphi+\psi)spät} = 0.80$

Ist die Zwangsschnittgröße kleiner oder gleich der Schnittgröße  $n$ . EC 2, ist die Rissicherheit gegeben.

In dem Fall wird auf der sicheren Seite liegend mit dieser Schnittgröße eine Mindestbewehrung berechnet.

Ansonsten darf die Mindestbewehrung mit der Zwangsschnittgröße  $n$ . EC 2 berechnet werden.

Zwangsschnittgröße (EC 2):  $N_{ct,EC2} = f_{ct,eff} \cdot A_{c,eff} = 572.97 \text{ kN/m}$ ,  $f_{ct,eff} = 2.20 \text{ N/mm}^2$ ,  $A_{c,eff} = 2600.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

Zwangsschnittgröße  $N_{ct} > N_{ct,EC2} \Rightarrow$  Rissicherheit nicht vorhanden ( $N_{ct}/N_{ct,EC2} = 1.660 > 1$ )  $\Rightarrow N_{ct} = N_{ct,EC2}$

Berechnung der Mindestbewehrung mit  $N_{ct,clc} = N_{ct} \cdot A_c / A_{c,eff} = 661.12 \text{ kN/m}$ ,  $A_c = 3000.0 \text{ cm}^2/\text{m}$ ,  $A_{c,eff} = 2600.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

## Begrenzung der Rissbreite (Last, Last und Zwang)

### Begrenzung der Rissbreite (Last, Last und Zwang)

Betonzugfestigkeit bei abgeschlossenem Rissbild  $f_{ct,eff} = 1.00 \cdot f_{ctm}$

Beiwert für den Dauerstandseffekt **langfristige** Lasteinwirkung

- **Begrenzung der Rissbreite** - Die Begrenzung der Rissbreite infolge Last zum Zeitpunkt der Endrissbildung kann an-/abgeschaltet werden.
- **Betonzugfestigkeit** - Da der Abschluss der Rissbildung zu einem anderen Zeitpunkt als die Erstrissbildung erfolgt, liegt i.A. eine größere Betonzugfestigkeit vor. Über den Parameter  $k_{ct,0} \geq k_{ct}$  kann die Betonzugfestigkeit festgelegt werden.
- **Dauerstandseffekt** - Die Dauer der Lasteinwirkung beeinflusst die Endrissbildung. Sie kann **langfristig** ( $k_t = 0.4$ ) oder **kurzfristig** ( $k_t = 0.6$ ) sein. Alternativ kann der Beiwert  $k_t$  **frei** (manuell) innerhalb der beiden Grenzen vorgegeben werden.

Wesentliche Hinweise zum Rissnachweis finden Sie auf der Seite **Rissnachweis (Basics)**.

Sind **Zwischenergebnisse** aktiviert (s. **Ausdrucksteuerung**), wird in der Druckliste zu jeder Lastkombination der zugehörige Dehnungszustand ausgegeben.

## Bemessungsgrößen




### Schnittgrößen im Grenzzustand der Gebrauchtauglichkeit (i.A. quasiständige Einwirkungskombination)

Schnittgrößen aus  Bauteil importieren



Schnittgrößen aus Text-Datei einlesen



	$N_{Ed}$ kN	$M_{y,Ed}$ kNm	$V_{z,Ed}$ kN	$M_{z,Ed}$ kNm	$V_{y,Ed}$ kN	$T_{t,Ed}$ kNm
1:  	0.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>neu</b> 						

Der Rissnachweis wird im Grenzzustand der Gebrauchtauglichkeit geführt. Die Bemessungsgrößen können manuell eingegeben, aus einem **pcae**-Programm importiert oder aus einer Text-Datei eingelesen werden.

Der Übersichtlichkeit halber werden nur die Felder freigelegt, die für den vorgegebenen Querschnitt relevant sind.

Beim Rissnachweis werden Normalkraft und Biegemomente berücksichtigt.

Weitere Informationen zur Eingabe der Bemessungsgrößen finden Sie [hier](#).

### Rissnachweis: Erforderliche Bewehrung

Ist die Online-Berechnung ([auto](#)-Button) aktiviert, wird die berechnete (erforderliche) Bewehrung am Bildschirm protokolliert.

erf $A_{s0}$	4.25	cm <sup>2</sup>	erf $A_{sU}$	6.14	cm <sup>2</sup>	Längsbewehrung einachsig
erf $A_{s1}$	4.50	cm <sup>2</sup>	erf $A_{s2}$	4.50	cm <sup>2</sup>	Längsbewehrung zweiachsig
			erf $A_{s3}$	3.18	cm <sup>2</sup>	
			erf $A_{s4}$	3.18	cm <sup>2</sup>	

### Spannungsnachweis

Spann

Im vierten Register werden die Parameter und die Schnittgrößen für den Spannungsnachweis festgelegt.

Der Spannungsnachweis besteht aus zwei Teilnachweisen

- dem Nachweis für den Beton und
- dem Nachweis für die Bewehrung

Bei beiden Teilnachweisen wird eine vorhandene Bewehrungssituation nachgewiesen.

Ist der Nachweis nicht eingehalten, wird die Bewehrungsmenge erhöht.

**Spannungsnachweis**  nur Check (keine Bewehrungserhöhung)

- **nur Check** - Es besteht die Möglichkeit, nur den vorgegebenen Bewehrungszustand (ohne Bewehrungserhöhung) nachzuweisen.

#### Nachweis für den Beton

Betondruckspannung  $\text{zul } \sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 18.0 \text{ N/mm}^2$

Faktor vorgeben  Spannung vorgeben

- **Beton** - Der Nachweis für den Beton kann an-/abgeschaltet werden.
- **Betonspannung** - Der Grenzwert für die Betondruckspannung kann entweder als faktorisierte charakteristische Betondruckfestigkeit  $f_{ck}$  oder als Zahlenwert vorgegeben werden.

#### Nachweis für die Bewehrung

Stahlzugspannung  $\text{zul } \sigma_s = 0.80 \cdot f_{yk} = 400.0 \text{ N/mm}^2$

Faktor vorgeben  Spannung vorgeben

- **Bewehrung** - Der Nachweis für die Bewehrung kann an-/abgeschaltet werden.
- **Stahlspannung** - Der Grenzwert für die Stahlzugspannung kann entweder als faktorisierte charakteristische Streckgrenze  $f_{yk}$  oder als Zahlenwert vorgegeben werden.

Wesentliche Hinweise zum Spannungsnachweis finden Sie auf der Seite [Spannungsnachweis \(Basics\)](#).

Sind [Zwischenergebnisse](#) aktiviert (s. [Ausdrucksteuerung](#)), wird in der Druckliste zu jeder Lastkombination der zugehörige Dehnungszustand ausgegeben.

### Bemessungsgrößen

### Schnittgrößen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (i.A. seltene Einwirkungskombination)

Schnittgrößen aus  Bauteil importieren  Schnittgrößen aus Text-Datei einlesen 

	$N_{Ed}$ kN	$M_{y,Ed}$ kNm	$V_{z,Ed}$ kN	$M_{z,Ed}$ kNm	$V_{y,Ed}$ kN	$T_{t,Ed}$ kNm
1  	0.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0



Der Spannungsnachweis wird im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit geführt. Die Bemessungsgrößen können manuell eingegeben, aus einem **pcae**-Programm importiert oder aus einer Text-Datei eingelesen werden.

Der Übersichtlichkeit halber werden nur die Felder freigelegt, die für den vorgegebenen Querschnitt relevant sind.

Beim Spannungsnachweis werden Normalkraft und Biegemomente berücksichtigt.

Weitere Informationen zur Eingabe der Bemessungsgrößen finden Sie [hier](#).

### Spannungsnachweis: Erforderliche Bewehrung

Ist die Online-Berechnung (**auto**-Button) aktiviert, wird die berechnete (erforderliche) Bewehrung am Bildschirm protokolliert.

erf $A_{s0}$	0.00	cm <sup>2</sup>	erf $A_{su}$	2.77	cm <sup>2</sup>	Längsbewehrung einachsig
erf $A_{s1}$	1.41	cm <sup>2</sup>	erf $A_{s2}$	1.41	cm <sup>2</sup>	Längsbewehrung zweiachsig
			erf $A_{s3}$	1.10	cm <sup>2</sup>	
			erf $A_{s4}$	1.10	cm <sup>2</sup>	

### Ermüdungsnachweis

#### Ermüd

Im fünften Register werden die Parameter und die Schnittgrößen für den Ermüdungsnachweis festgelegt.

Der Ermüdungsnachweis besteht aus zwei Teilnachweisen

- dem Nachweis für den Beton und
- dem Nachweis für die Bewehrung

Im Eurocode werden dazu zwei Verfahren angeboten

- der Stufe 2-Nachweis über schädigungsäquivalente Schwingbreiten n. EC 2, 6.8.5 + 6.8.7(1), der im Grenzzustand der Ermüdung geführt wird, und
- der vereinfachte Stufe 1-Nachweis n. EC 2, 6.8.6 + 6.8.7(2) im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Es wird eine vorhandene Bewehrungssituation nachgewiesen, wobei je nach Teilnachweis unterschiedlich vorgegangen wird.

Zunächst wird der Nachweis für die Bewehrung geführt, ist er nicht eingehalten, wird die Bewehrungsmenge erhöht.

Anschließend erfolgt der Nachweis für den Beton; ist er nicht eingehalten, wird mit einer Fehlermeldung abgebrochen, da eine Bewehrungserhöhung i.A. nicht wirkungsvoll ist.

Der Ermüdungsnachweis wird für Biegung mit/ohne Normalkraft und optional für die Querkraft geführt.

**Ermüdungsnachweis**  nur Check (keine Bewehrungserhöhung)

Nachweisverfahren  **Nachweis über schädigungsäquivalente Schwingbreiten**

einschl. Nachweis für die Querkraft  Schubparameter übernehmen

Materialgüte der Schubbewehrung

Neigungswinkel der Querkraftbewehrung  $\alpha$   °

mit Mindestbewehrung  ohne Mindestbewehrung

Annahme:  $z = 0.9 d \leq d - c_{v,D} - \min(c_{v,D}, 3.0)$  mit  $c_{v,D}$   cm

Druckstrebenwinkel

- **nur Check** - Es besteht die Möglichkeit, nur den vorgegebenen Bewehrungszustand (ohne Bewehrungserhöhung) nachzuweisen.
- **Nachweisverfahren** - Mit **EC 2, 6.8.5 + 6.8.7(1)**, wird der Nachweis über schädigungsäquivalente Schwingbreiten, mit **EC 2, 6.8.6 + 6.8.7(2)** wird der vereinfachte Nachweis geführt.
- **Optional kann der Nachweis für die Querkraft** - (Bewehrung und Druckstrebe bzw. Beton ohne Bewehrung) gewählt werden. Ist die Schubbemessung aktiviert können die dazu benötigten *Schubparameter übernommen* werden. Die entsprechenden Eingabefenster sind dann deaktiviert.

Zur Beschreibung der Parameter s. [Register 2, Schubbemessung](#).

**Nachweis für den Beton**

Beginn der zyklischen Belastung  $t_0$   d

- **Belastungsbeginn** - Die Betonfestigkeit wird zu Beginn der zyklischen Belastung, d.h. zu Beginn der Belastung, die durch ihre Wiederholfrequenz zu Ermüdungsversagen führen kann, festgelegt.

**Nachweis für die Bewehrung**

	Stufe 2-Nachweis		Stufe 1-Nachweis	
Spannungsschwingbreite	$\Delta\sigma_{Rsk}$	<input type="text" value="175.0"/> N/mm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma_s$	<input type="text" value="70.0"/> N/mm <sup>2</sup>
	$\Delta\sigma_{Rsk,v}$	<input type="text" value="80.0"/> N/mm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma_v$	<input type="text" value="70.0"/> N/mm <sup>2</sup>
dynamischer Vergrößerungsfaktor	$\Delta\varphi_{fat}$	<input type="text" value="1.40"/>	$\Delta\varphi_{fat}$	<input type="text" value="1.40"/>

- **Spannungsschwingbreite** - Da die beiden Verfahren auf verschiedenen Grenzzuständen beruhen, ist auch die Größenordnung der zulässigen Spannungsschwingbreite unterschiedlich.
- **dynamischer Vergrößerungsfaktor** - Bei hochgradig dynamisch belasteten Bauwerken (z.B. Brücken, Kranbahnträger) sollten in den Einwirkungskombinationen dynamische Vergrößerungsfaktoren enthalten sein. Ist das nicht der Fall, können sie über die Reduktion der zulässigen Spannungsschwingbreite mit  $zul \Delta\sigma = \Delta\sigma / \Delta\varphi_{fat}$  berücksichtigt werden.

Wesentliche Hinweise zum Ermüdungsnachweis finden Sie auf der Seite [Ermüdungsnachweis \(Basics\)](#).

## Bemessungsgrößen

### Schnittgrößen der Ermüdungs-Bemessungssituation (zyklische und nicht zyklische Einwirkungen)

Schnittgrößen aus Bauteil importieren



Schnittgrößen aus Text-Datei einlesen



	$N_{Ed}$ kN	$M_{y,Ed}$ kNm	$V_{z,Ed}$ kN	$M_{z,Ed}$ kNm	$V_{y,Ed}$ kN	$T_{t,Ed}$ kNm
1:	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="40.0"/>	<input type="text" value="120.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
2:	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="120.0"/>	<input type="text" value="200.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>

**neu** →

Der Ermüdungsnachweis wird für den Stufe 1-Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (i.A. für die

häufige Einwirkungskombination) und für den Stufe 2-Nachweis im Grenzzustand der Ermüdungstragfähigkeit geführt.

Die Bemessungsgrößen können manuell eingegeben, aus einem **pcae**-Programm importiert oder aus einer Text-Datei eingelesen werden.

Damit eine Spannungsdifferenz berechnet werden kann, müssen mindestens zwei verschiedene Lastkombinationen eingegeben werden.

Der Übersichtlichkeit halber werden nur die Felder freigelegt, die für den vorgegebenen Querschnitt relevant sind.

Beim Ermüdungsnachweis werden Normalkraft, Biegemomente und Querkräfte berücksichtigt.

Weitere Informationen zur Eingabe der Bemessungsgrößen finden Sie [hier](#).

### Ermüdungsnachweis: Erforderliche Bewehrung

Ist die Online-Berechnung (**auto**-Button) aktiviert, werden die berechnete (erforderliche) Bewehrung und die Betonausnutzung am Bildschirm protokolliert.

erf $A_{s0}$	0.86	cm <sup>2</sup>	erf $A_{sU}$	7.33	cm <sup>2</sup>		Längsbewehrung einachsig		
erf $A_{s1}$	1.54	cm <sup>2</sup>	erf $A_{s2}$	1.54	cm <sup>2</sup>	erf $A_{s3}$	1.54	cm <sup>2</sup>	Längsbewehrung zweiachsig
						erf $A_{s4}$	1.54	cm <sup>2</sup>	
erf $a_{sBV}$	15.87	cm <sup>2</sup> /m							Schubbewehrung
$U_c$	0.854								Betonausnutzung
$U_{cv}$	0.312								Schubausnutzung einachsig
$U_{cvy}$	0.394		$U_{cvz}$	0.486					zweiachsig

### Dichtigkeitsnachweis

**Dicht** Im sechsten Register werden die Parameter und die Schnittgrößen für den Dichtigkeitsnachweis festgelegt.

Die Dichtigkeit eines Bauwerks wird entweder nach

- der DAfStb-Richtlinie *Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton* für in Erdreich eingebettete Betonbauteile oder
- nach der DAfStb-Richtlinie *Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen* für Betonbauten ohne Oberflächenabdichtung beim Umgang mit flüssigen wassergefährdenden Stoffen nachgewiesen

Es wird eine vorhandene Bewehrungssituation nachgewiesen.

Ist der Nachweis nicht eingehalten, wird die Bewehrungsmenge erhöht.

### Wasserundurchlässige Bauteile

Der Dichtigkeitsnachweis für wasserundurchlässige Bauteile kann entweder über den Nachweis der **Mindestdruckzonenhöhe** oder den Nachweis der **maximalen Rissbreite** geführt werden.

**Dichtigkeitsnachweis für** wasserundurchlässige Bauwerke  DAfStb-Richtlinie 2017  
 nur Check (keine Bewehrungserhöhung)

- **nur Check** - Es besteht die Möglichkeit, nur den vorgegebenen Bewehrungszustand (ohne Bewehrungserhöhung) nachzuweisen.

Nachweis der Mindestdruckzonenhöhe  
 zulässige Druckzonenhöhe  $\times_D$  30.00 mm

- **zulässige Druckzonenhöhe** - Der maximal zulässige Grenzwert für die Höhe der Druckzone ist festzulegen.

Nachweis der	<input checked="" type="checkbox"/> maximalen Rissbreite	<input type="checkbox"/> Rissparameter übernehmen
Betonzugfestigkeit zum Betrachtungszeitpunkt	$f_{ct,eff} =$	<input type="text" value="1.00"/> · $f_{ctm}$
zul. Rissbreite oben/unten	$w_{ko}$ <input type="text" value="0.30"/> mm	$w_{ku}$ <input type="text" value="0.20"/> mm
Stabdurchmesser oben/unten	$\varnothing_{ro}$ <input type="text" value="10"/>	$\varnothing_{ru}$ <input type="text" value="10"/>

Der Dichtigkeitsnachweis mittels Rissnachweis erfolgt über den Teilnachweis der Begrenzung der Rissbreite (Last).

Ist der Rissnachweis aktiviert, können die dazu benötigten **Rissparameter übernommen** werden.

Die entsprechenden Eingabefenster sind dann deaktiviert.

Zur Beschreibung der Parameter s. **Register 3, Rissnachweis**.

- **Betonzugfestigkeit** - Die Betonzugfestigkeit zum Betrachtungszeitpunkt ist unabhängig vom Rissnachweis festzulegen.

Der Rissnachweis wird n. EC 2, 7.3.3, für eine langfristige Lasteinwirkungsdauer geführt (s. **Rissnachweis (Basics)**).

### Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

Der Dichtigkeitsnachweis für den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen kann entweder über

- den Nachweis der *Mindestdruckzonenhöhe* oder
- den Nachweis der *maximalen Rissbreite* geführt werden.

<input checked="" type="checkbox"/> Dichtigkeitsnachweis für	<input type="text" value="Umgang mit wassergefährdenden Stoffen"/>	<input type="text" value="DAfStb-Richtlinie 2011"/>
<input type="checkbox"/> nur Check (keine Bewehrungserhöhung)		

- **nur Check** - Es besteht die Möglichkeit, nur den vorgegebenen Bewehrungszustand (ohne Bewehrungserhöhung) nachzuweisen.

### Nachweis der Mindestdruckzonenhöhe

Nachweis der	<input checked="" type="checkbox"/> Mindestdruckzonenhöhe	<input type="checkbox"/> Berechnung der Mindestbewehrung
Sicherheitsbeiwerte	$\gamma_e$ <input type="text" value="1.50"/>	$\gamma_c$ <input type="text" value="1.25"/>
zulässige Eindringtiefe	$e_{tk}$ <input type="text" value="30.00"/> mm	

- **Sicherheitsbeiwerte** - Die Materialsicherheitsbeiwerte für die Eindringtiefe und den Beton sind festzulegen.
- **Eindringtiefe** - Der charakteristische Wert der zulässigen Eindringtiefe ist anzugeben.

### Nachweis der maximalen Rissbreite

Nachweis der	<input checked="" type="checkbox"/> maximalen Rissbreite	<input type="checkbox"/> Rissparameter übernehmen
<input type="checkbox"/> Berechnung der Mindestbewehrung		
Betonzugfestigkeit zum Betrachtungszeitpunkt	$f_{ct,eff} =$	<input type="text" value="1.00"/> · $f_{ctm}$
Sicherheitsbeiwert	$\gamma_r$ <input type="text" value="2.00"/>	
zul. Rissbreite oben/unten	$w_{ko}$ <input type="text" value="0.30"/> mm	$w_{ku}$ <input type="text" value="0.20"/> mm
Stabdurchmesser oben/unten	$\varnothing_{ro}$ <input type="text" value="10"/>	$\varnothing_{ru}$ <input type="text" value="10"/>

Der Dichtigkeitsnachweis mittels Rissnachweis erfolgt über den Teilnachweis der Begrenzung der Rissbreite (Last).

Ist der Rissnachweis aktiviert, können die dazu benötigten **Rissparameter übernommen** werden. Die entsprechenden Eingabefenster sind dann deaktiviert.

Zur Beschreibung der Parameter s. **Register 3, Rissnachweis**.

- **Betonzugfestigkeit** - Die Betonzugfestigkeit zum Betrachtungszeitpunkt ist unabhängig vom Rissnachweis festzulegen.
- **Sicherheitsbeiwert** - Der Materialsicherheitsbeiwert für den Rissnachweis ist festzulegen.

Der Rissnachweis wird n. EC 2, 7.3.3, für eine langfristige Lasteinwirkungsdauer unter Beachtung des

Sicherheitsbeiwerts geführt (s. [Rissnachweis \(Basics\)](#)).

### Nachweis der Mindestbewehrung

Nachweis der Mindestbewehrung     Rissparameter übernehmen  
 Betonzugfestigkeit zum Betrachtungszeitpunkt  $f_{ct,eff} = 1.00 \cdot f_{ctm}$   
 Stabdurchmesser oben/unten  $\varnothing_{ro}$  10  $\varnothing_{ru}$  10

Optional kann zusätzlich die erforderliche Mindestbewehrung (Rissnachweis infolge Zwang) ermittelt werden.

- **Betonzugfestigkeit** - Dazu ist die Betonzugfestigkeit zum betrachteten Zeitpunkt (kann unabhängig vom Rissnachweis sein) anzugeben.
- **Stabdurchmesser** - Die Stabdurchmesser können bei Bedarf aus dem Rissnachweis übernommen werden. Ist der Button **Rissparameter übernehmen** aktiviert, sind die entsprechenden Eingabefenster inaktiv. Zur Beschreibung der Parameter s. [Register 3, Rissnachweis](#).

Die Mindestbewehrung wird n. EC 2, 7.3.2, für eine Rissbreite von  $w_k = 0.2$  mm und selbst induzierten Biegezwang berechnet (s. [Rissnachweis \(Basics\)](#)).

Wesentliche Hinweise zum Dichtigkeitsnachweis finden Sie auf der Seite [Druckzonendicke / Nachweis der Dichtigkeit \(Basics\)](#).

Sind **Zwischenergebnisse** aktiviert (s. [Ausdrucksteuerung](#)), wird in der Druckliste zu jeder Lastkombination der zugehörige Dehnungszustand ausgegeben.

### Bemessungsgrößen



#### Schnittgrößen der Dichtigkeits-Bemessungssituation (i.A. ständige und veränderliche Einwirkungen)



Schnittgrößen aus  Bauteil importieren



Schnittgrößen aus Text-Datei einlesen



	$N_{Ed}$ kN	$M_{y,Ed}$ kNm	$V_{z,Ed}$ kN	$M_{z,Ed}$ kNm	$V_{y,Ed}$ kN	$T_{t,Ed}$ kNm
1  	0.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Der Dichtigkeitsnachweis n. der WU-Richtlinie wird im Grenzzustand der Gebrauchtauglichkeit geführt; der Dichtigkeitsnachweis zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen im Grenzzustand der Dichtigkeitstragfähigkeit.

Die Bemessungsgrößen können manuell eingegeben, aus einem **pcae**-Programm importiert oder aus einer Text-Datei eingelesen werden.

Der Übersichtlichkeit halber werden nur die Felder freigelegt, die für den vorgegebenen Querschnitt relevant sind.

Beim Dichtigkeitsnachweis werden Normalkraft und Biegemoment berücksichtigt.

Weitere Informationen zur Eingabe der Bemessungsgrößen finden Sie [hier](#).

### Dichtigkeitsnachweis: Erforderliche Bewehrung

Ist die Online-Berechnung (**auto**-Button) aktiviert, wird die berechnete (erforderliche) Bewehrung am Bildschirm protokolliert.

erf  $A_{s0}$  5.37 cm<sup>2</sup>/m erf  $A_{su}$  10.33 cm<sup>2</sup>/m      Längsbewehrung

### Brandbemessung

Brand

Im siebten Register werden die Parameter und die Schnittgrößen für die Brandbemessung festgelegt.



Die Brandbemessung ermöglicht die Bemessung von Querschnitten unter Hochtemperaturbeanspruchung.

Dazu kann ein Temperaturprofil des Betonquerschnitts ermittelt werden, um die Kennwerte (Steifigkeiten) des brandbelasteten Querschnitts zu erhalten (Heißbemessung).

Für einige Querschnittstypen liegen Messdaten vor, die die Anwendung einer Tabelle und Gleichung ermöglicht.

**Brandbemessung**

**Heißbemessung n. EC 2-1-2, B.2**

Tabelle 5.2a (Methode A), EC 2-1-2  
Rechteck-/Kreis-Stützen aus Normalbeton

Gleichung (5.7), EC 2-1-2  
Rechteck-/Kreis-Stützen aus Normalbeton

### Heißbemessung n. EC 2-1-2, B.2

Die Heißbemessung kann für einen Rechteckquerschnitt (ein- und zweiachsig belastet) sowie für einen Kreis, Plattenbalken, Überzug, Doppel-T oder eine Platte (einachsig belastet) erfolgen.

Wesentlich ist die möglichst realitätsnahe Ermittlung der Temperaturen für den Beton und den Betonstahl sowie die Berechnung des statisch verfügbaren reduzierten Querschnitts.

<b>instationärer Wärmetransport</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Profil ermitteln	
Brandseiten	<input checked="" type="checkbox"/> oben <input checked="" type="checkbox"/> unten <input checked="" type="checkbox"/> links/rechts	bzw. <input checked="" type="checkbox"/> oben <input checked="" type="checkbox"/> unten <input checked="" type="checkbox"/> links <input checked="" type="checkbox"/> rechts
Beflammungsdauer	$t_{\max}$ <input type="text" value="90"/> min	
Anfangsfeuchte (Beton)	<input type="text" value="1.5"/> %	
therm. Leitfähigkeit (Beton) <small>EC 2-1-2 / NA-DE: obere Grenze</small>	<input checked="" type="radio"/> obere Grenze	<input type="radio"/> untere Grenze
Zuschlagstoff (Beton)	<input checked="" type="radio"/> Quarz	<input type="radio"/> Kalkstein
Rohdichte (Stahlbeton)	$\rho_c$ <input type="text" value="2300"/> kg/m <sup>3</sup>	
konvekt. Wärmeübergang	$\alpha$ <input type="text" value="25.0"/> W/m <sup>2</sup> K	
Emissionswert	$\epsilon$ <input type="text" value="0.70"/>	
<b>Rechengenauigkeit</b> <small>beeinflusst die Größe der Kontrollvolumina und damit auch die Rechenzeit</small>	<input type="radio"/> gering	<input checked="" type="radio"/> mittel
	<input type="radio"/> hoch	

Zur Ermittlung des Temperaturprofils sind folgende Parameter vorzugeben

- **Brandseiten** - Die beflamten Seiten des Querschnitts sind zu kennzeichnen.  
Eine unsymmetrische Beflammung bewirkt neben der thermisch bedingten Verlängerung eine Verkrümmung des Querschnitts
- **Beflammungsdauer** - Je nach Bedeutung des Bauwerks ist die Zeitspanne anzugeben, in der das Bauteil standhalten soll.
- **Anfangsfeuchte** - Eine hohe Anfangsfeuchte (z.B. durch ein gut belüftetes oder außen liegendes Bauteil) bewirkt eine Verzögerung der Temperaturzunahme im Innern des Querschnitts.
- **therm. Leitfähigkeit** - Die thermische Leitfähigkeit des Betons ist n. EC 2-1-2 durch zwei Kurven gekennzeichnet.  
Der nationale Anhang für Deutschland legt fest, dass die obere Grenze verwendet werden soll. Hier kann diese Einstellung übersteuert werden.
- **Zuschlagstoff** - Der Zuschlagstoff des Betons beeinflusst die Temperaturentwicklung im Querschnitt.
- **Rohdichte** - Es ist die Rohdichte des Stahlbetons anzugeben. Bei gering bewehrten Trägern liegt der Wert eher bei 2.300 kg/m<sup>3</sup>, bei hoch bewehrten Stützen eher bei 2.400 kg/m<sup>3</sup>.
- **konvekt. Wärmeübergang, Emissionswert** - Der konvektive Wärmeübergang und der Emissionswert werden bestimmt durch die Oberflächenstruktur des Betons. Sie betragen n. Norm die o.a. Werte.
- **Rechengenauigkeit** - Das instationäre Transportmodell basiert auf einer Finite-Differenzen-Methode, dessen Zeitschritte u.A. an die Elementgröße gekoppelt sind. Je feiner der Querschnitt diskretisiert ist, desto besser ist das Ergebnis, doch um so länger dauert die Berechnung.

Aus dem Temperaturprofil werden die materialspezifischen Parameter berechnet.

Dazu stehen zwei Verfahren zur Verfügung

- das **Zonenverfahren** und die
- **Isothermenmethode**

**Zonenverfahren** Anzahl Zonen

Tragverhalten  Balken/Platte  Stütze/Wand

Verfahren nach  pcae (eigene Einstellungen)  
 Cyllok/Achenbach  
 Zilch/Müller/Reitmayer

- **Anzahl Zonen** - Der Querschnitt wird in eine Anzahl Zonen eingeteilt, in denen eine nahezu gleichmäßige Betontemperatur vorliegt.  
Je größer diese Anzahl ist, desto genauer ist das Ergebnis, aber auch um so länger ist die Rechenzeit.
- **Tragverhalten** - Die gemittelten Temperaturen werden nach Vorgaben des EC 2-1-2 für Biegeglieder (Balken/Platte) und Druckglieder (Stütze/Wand) unterschiedlich zu einer mittleren Betontemperatur zusammengefasst.
- **Verfahren** - *Cyllok/Achenbach* und *Zilch/Müller/Reitmayer* haben die Vorgaben des EC 2 interpretiert und Vorschläge für die Wahl der Parameter gemacht.  
Wird *pcae* (*eigene Einstellungen*) gewählt, können diese Parameter selbst bestimmt werden.

**Isothermenmethode** krit. Temperatur  $\theta_{crit}$   °C

- **krit. Temperatur** - Die Isothermenmethode geht davon aus, dass die Querschnittsbereiche, deren Temperatur die kritische Temperatur übersteigt, statisch nicht wirksam sind.  
Der Rest des Querschnitts trägt allerdings wie bei der Kaltbemessung.  
Dieses Verfahren ist in Deutschland nicht erlaubt.

## Heißbemessung durchführen

**Heißbemessung**  durchführen

statisch unwirksame Betonrandzone  $a_z$   cm

Form der Spannungsdehnungslinien  
 vereinfacht (EC 2-1-2, Kap. 4.2.4)  
 genau (EC 2-1-2, Kap. 3.2.2)

innere Spannungen NICHT berücksichtigen

Betontemperatur des kältesten Punkts

---

Herstellart (Betonstahl)  warmgewalzt  kaltverformt

Optional kann die Heißbemessung durchgeführt werden.

- **statisch unwirksame Betonrandzone** - Der Wert wird von den o.a. Verfahren berechnet, kann an dieser Stelle übersteuert werden.
- **Form der Spannungsdehnungslinien** - Die Materialparameter für hochtemperaturbelasteten Beton oder Stahl können *vereinfacht* oder *genau* berechnet werden.
- **innere Spannungen NICHT berücksichtigen** - Gehen die thermisch bedingten Spannungen zwischen Beton und Betonstahl bereits durch das verwendete Verfahren (z.B. *Cyllok/Achenbach*) in die Bemessung ein, kann ihre Berücksichtigung an dieser Stelle abgeschaltet werden.
- **Betontemperatur des kältesten Punkts** - Der Betonquerschnitt erfährt durch die Hochtemperaturbelastung seines Rands eine ungleichmäßige Temperaturverteilung (s. Temperaturprofil).  
Die Bemessungsmethoden können allerdings nur eine einheitliche Steifigkeit verarbeiten.  
Daher wird die Temperatur des kältesten Punkts als Referenztemperatur angenommen.  
Ist der Button ausgeschaltet, wird eine über den Querschnitt gemittelte Temperatur verwendet.
- **Herstellart (Betonstahl)** - Nur für die Bemessung ist die Herstellart des Betonstahls von Bedeutung.

Wird das Temperaturprofil nicht ermittelt, sind die benötigten Werte direkt in das Programm einzugeben.

instationärer Wärmetransport		<input type="checkbox"/> Profil ermitteln	
Betontemperatur	$\Theta_{cm}$	300 °C	stat. unwirks. Randzone
Stahltemperaturen	$\Theta_{smo}$	700 °C	$a_{zo}$ 3.00 cm
	$\Theta_{smu}$	700 °C	$a_{zu}$ 3.00 cm
			$a_{zs}$ 3.00 cm

- mittlere Betontemperatur  $\Theta_{cm}$
- (mittlere) Stahltemperaturen  $\Theta_{sm}$
- statisch unwirksame Betonrandzone  $a_z$

Wesentliche Hinweise zur Brandbemessung finden Sie auf der Seite [Brandbemessung \(Basics\)](#).

Sind [Zwischenergebnisse](#) aktiviert (s. [Ausdrucksteuerung](#)), wird in der Druckliste zu jeder Lastkombination der Grenzdehnungszustand ausgegeben.

### Brandbemessung mit Tabelle 5.2a (Methode A) oder Gleichung (5.7)

Für einen kompakten Rechteck- oder Kreisquerschnitt (ein- oder zweiachsig belastet) aus Normalbeton kann Tabelle 5.2a oder Gleichung (5.7) angewandt werden, wenn die Bauteile den entsprechenden Anforderungen genügen.

Vorab wird eine Biegebemessung mit den Brandschnittgrößen durchgeführt, um einen sinnvollen Anfangszustand für die Bewehrungsiteration vorzugeben.

Feuerwiderstandsklasse	R 90	
Ersatzlänge der Stütze im Brandfall $l_{0,fi}$	3.0 m	$\leq 3$ m
Umrechnungsfaktor Th.I.O.-Th.II.O. $f^{I-II}$	0.70	=1.0: Schnittgrößen sind n. Th.II.O. berechnet

- **Feuerwiderstandsklasse** - In einer Liste werden die möglichen Feuerwiderstandsklassen (= Beflammungsdauer) angeboten.
- **Ersatzlänge** - Die Ersatzlänge entspricht näherungsweise der Knicklänge der Stütze.  
Bei Anwendung der Tabelle gilt: Da nur Versuche an 3 m langen Pendelstützen durchgeführt wurden, darf die Ersatzlänge diesen Wert nicht übersteigen.  
Die Anwendung von Gl. (5.7) ist zugelassen für eine Ersatzlänge von 6 m.
- **Umrechnungsfaktor** - Die Bemessungsgrößen müssen n. Th. II. O. berechnet sein. Ist das nicht der Fall, kann mit diesem Faktor näherungsweise eine pauschale Umrechnung der Ausnutzung erfolgen  $\mu_{fi}^{II} = \mu_{fi}^I / f^{I-II}$ .

Wesentliche Hinweise zur Brandbemessung finden Sie auf der Seite [vereinfachter Brandschutznachweis für Druckglieder \(Basics\)](#).

### Bemessungsgrößen

**Schnittgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (außergewöhnliche Bemessungssituation für den Brandfall)**

Schnittgrößen aus Bauteil importieren Schnittgrößen aus Text-Datei einlesen

	$N_{Ed}$ kN	$M_{y,Ed}$ kNm	$V_{z,Ed}$ kN	$M_{z,Ed}$ kNm	$V_{y,Ed}$ kN	$T_{t,Ed}$ kNm
1:	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Die Brandbemessung wird im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die außergewöhnliche Bemessungssituation geführt.

Die Bemessungsgrößen können manuell eingegeben, aus einem [pcae](#)-Programm importiert oder aus einer Text-Datei eingelesen werden.

Der Übersichtlichkeit halber werden nur die Felder freigelegt, die für den vorgegebenen Querschnitt relevant sind.

Bei der Brandbemessung werden Normalkraft und Biegemomente berücksichtigt.

Weitere Informationen zur Eingabe der Bemessungsgrößen finden Sie [hier](#).

**Brandbemessung: Erforderliche Bewehrung**

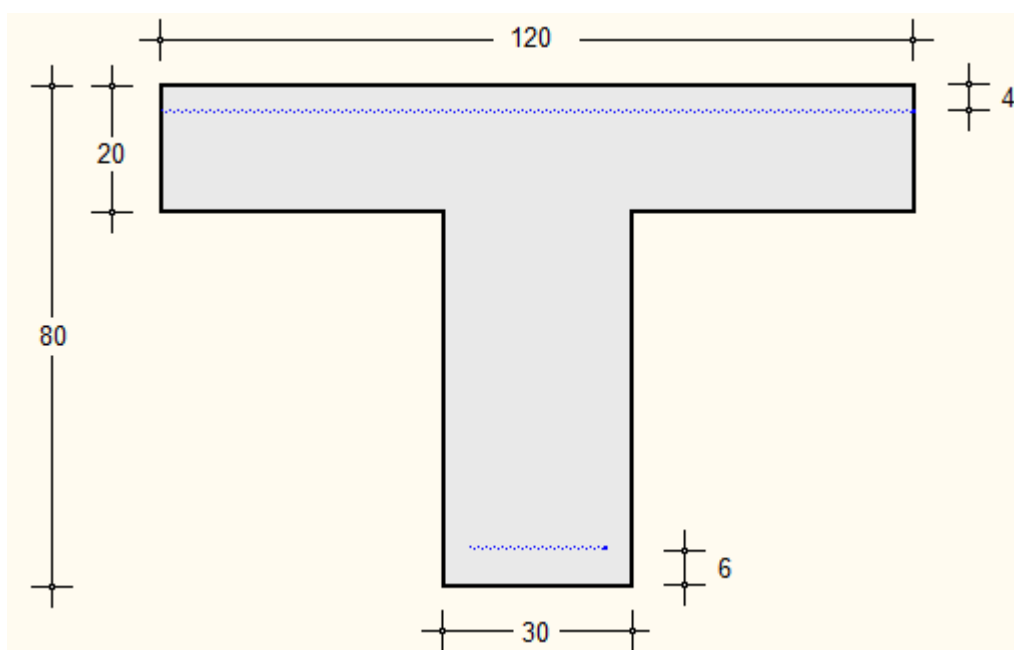
Ist die Online-Berechnung (**auto**-Button) aktiviert, wird die berechnete (erforderliche) Bewehrung am Bildschirm protokolliert.

erf $A_{s0}$	0.00	cm <sup>2</sup>	erf $A_{sU}$	2.77	cm <sup>2</sup>	Längsbewehrung einachsig	
erf $A_{s1}$	1.41	cm <sup>2</sup>	erf $A_{s2}$	1.41	cm <sup>2</sup>	Längsbewehrung zweiachsig	
					erf $A_{s3}$	1.10	cm <sup>2</sup>
					erf $A_{s4}$	1.10	cm <sup>2</sup>

**Gewählte Bewehrung****Bewehr**

Im achten Register kann eine Bewehrung gewählt werden.

Anhand eines Plattenbalken-Querschnitts werden die Möglichkeiten der Bewehrungswahl erläutert.



Ein Plattenbalken wird i.A. als Unterzug eingesetzt, d.h. die Breite des Obergurts entspricht einer mitwirkenden Breite. Während im Steg eine seitliche Begrenzung gegeben ist, bei der die Betondeckung zu beachten ist, wird dies in der Gurtplatte nicht berücksichtigt. Die Gurtplatte wird also als 'Platte' bewehrt, wohingegen der Steg als 'Träger' wirkt.

Besonderheit bei Plattenbalken/Überzug: In der Gurtplatte liegt die statisch erforderliche Bewehrung am äußeren Rand (beim Plattenbalken 'oben', beim Überzug 'unten').

Da jedoch i.A. in einer Platte auch auf der anderen Seite eine Bewehrung angeordnet wird, kann diese ebenfalls eingegeben und bei der grafischen Darstellung berücksichtigt werden.

<input checked="" type="checkbox"/> <b>Bewehrung wählen</b>	<b>Gurtplatte oben</b>	<b>unten</b>
Betondeckung / Verlegemaß	$c_{vo}$ <input type="text" value="3.0"/> cm $\geq$ <input type="text" value="2.6"/> cm	$c_{vu}$ <input type="text" value="3.5"/> cm $\geq$ <input type="text" value="3.5"/> cm
seitliche Betondeckung		$c_{vr}$ <input type="text" value="2.0"/> cm
Lagermatte	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text" value="R188"/>	
Zulagebewehrung / Längsbewehrung	Biegung+Normalkraft	
	<b><math>n_s</math></b> <b><math>d_s</math></b> mm	<b><math>n_s</math></b> <b><math>d_s</math></b> mm
	1: <input type="text" value="2"/> $\varnothing$ <input type="text" value="16"/>	1: <input type="text" value="3"/> $\varnothing$ <input type="text" value="20"/>
	<input type="text" value="2"/> $\varnothing$ <input type="text" value="16"/>	2: <input type="text" value="2"/> $\varnothing$ <input type="text" value="16"/>
	<b>neu</b> →	<b>neu</b> →
vorh. Bewehrung	vorh $A_{s0}$ <input type="text" value="6.28"/> cm <sup>2</sup>	vorh $A_{sU}$ <input type="text" value="13.45"/> cm <sup>2</sup>
erf. Bewehrung	$\geq$ erf $A_{s0}$ <input type="text" value="0.00"/> cm <sup>2</sup>	$\geq$ erf $A_{sU}$ <input type="text" value="3.39"/> cm <sup>2</sup>

---

<b>Gurtplatte unten</b>	
$c_{vp}$	<input type="text" value="2.0"/> cm
	<input type="checkbox"/> <input type="text" value="Q335"/>
<b><math>d_s</math></b>	<b><math>s</math></b> mm      cm
1: $\varnothing$ <input type="text" value="10"/>	/ <input type="text" value="20.0"/>
<b>neu</b> →	
vorh $A_{sp}$	<input type="text" value="3.14"/> cm <sup>2</sup>

Zunächst ist die **Betondeckung** / das **Verlegemaß** zu wählen. Die **seitliche Betondeckung** bezieht sich nur auf den Steg (unten).

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

Anschließend wird die Längsbewehrung gewählt. Dazu kann für Platten (Querschnittstyp Platte, Gurtplatte des Plattenbalkens und Überzugs) optional eine Lagermatte gewählt werden.

Es stehen die Mattentypen Q188, Q257, Q335, Q424, Q524, Q636, R188, R257, R335, R424, R524 zur Verfügung.

Die Längsbewehrung wird bei Plattenbalken und Überzügen als Zulagebewehrung nur im Steg verlegt.

Die Bewehrung in Anzahl Stäbe  $n_s$  mit dem Durchmesser  $d_s$  kann in bis zu 10 Lagen angeordnet werden.

Wird bei Platten keine Lagermatte gewählt, ist die Bewehrung mit dem Durchmesser  $d_s$  pro Abstand  $s$  einzugeben.

Ist die Online-Bemessung aktiviert und sind Nachweise durchgeführt worden (s. Register **Biege-/Schubbemessung, Rissnachweis, Spannungsnachweis, Ermüdungsnachweis, Dichtigkeitsnachweis, Brandbemessung**), wird die gewählte mit der erforderlichen Längsbewehrung verglichen. Ein Fehler wird gekennzeichnet.

Querbewehrung im Gurt	$\varnothing$ <input type="text" value="10"/> / <input type="text" value="20.0"/> cm/m
vorh. Bewehrung	vorh $a_{sfo}$ <input type="text" value="3.93"/> cm <sup>2</sup> /m
erf. Bewehrung	$\geq$ erf $a_{sfo}$ <input type="text" value="2.91"/> cm <sup>2</sup> /m

Bei Plattenbalken und Überzügen ist der Anschluss der abstehenden Gurteile an den Steg nachzuweisen.

Die Querbewehrung wird als Stabstahl quer zur Tragrichtung im Bereich  $a_v$  gleichmäßig verteilt.

Sie wird nur angeboten, wenn eine Anschlussberechnung durchgeführt wurde (s. **Register 2, Schubbemessung - Anschluss der Gurte an den Steg**). Die Bewehrung mit dem Durchmesser  $d_s$  pro Abstand  $s$  einzugeben.

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

## Bügelbewehrung Querkraft einschl. Verbund

4 -schnittig,  $\varnothing$  8 / 20,0 cm

vorh. Bewehrung vorh  $a_{sbV}$  10,05 cm<sup>2</sup>/m

erf. Bewehrung  $\geq$  erf  $a_{sbV}$  8,22 cm<sup>2</sup>/m

Die sich bei der Querkraftbemessung ergebende erforderliche Bewehrung (s. [Reg. 2, Schubbemessung](#)) wird durch Bügel abgedeckt, die mit dem Durchmesser  $d_s$  pro Abstand  $s$  einzugeben sind. Es können mehrschnittige Bügel gewählt werden.

Ist die Online-Bemessung aktiviert, wird die gewählte mit der erforderlichen Bügelbewehrung verglichen.

Liegt eine Verbundfuge vor (s. [Reg. 2, Schubbemessung - Schubkraftübertragung in horizontalen Verbundfugen](#)), ist die erforderliche Verbundbewehrung in erf  $a_{sbV}$  enthalten. Ein Fehler wird gekennzeichnet.

## Bügelbewehrung Torsion (2-schnittig)

$\varnothing$  8 / 30,0 cm

vorh. Bewehrung vorh  $a_{sbT}$  3,35 cm<sup>2</sup>/m

erf. Bewehrung  $\geq$  erf  $a_{sbT}$  2,74 cm<sup>2</sup>/m

## Längsbewehrung Torsion (umlaufend)

8  $\varnothing$  8

vorh  $A_{sT}$  4,02 cm<sup>2</sup>

$\geq$  erf  $A_{sT}$  3,55 cm<sup>2</sup>

Die erforderliche Torsionsbewehrung (s. [Reg. 2, Schubbemessung](#)) wird durch ein Gitter von Bügel- und Längsbewehrung abgedeckt.

Die stets 2-schnittigen Bügel sind mit dem Durchmesser  $d_s$  pro Abstand  $s$  einzugeben, die Längsbewehrung mit Anzahl Stäbe  $n_s$  vom Durchmesser  $d_s$  ist umlaufend anzuordnen.

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

min. Stababstand min  $d_{vo}$  3,60 cm

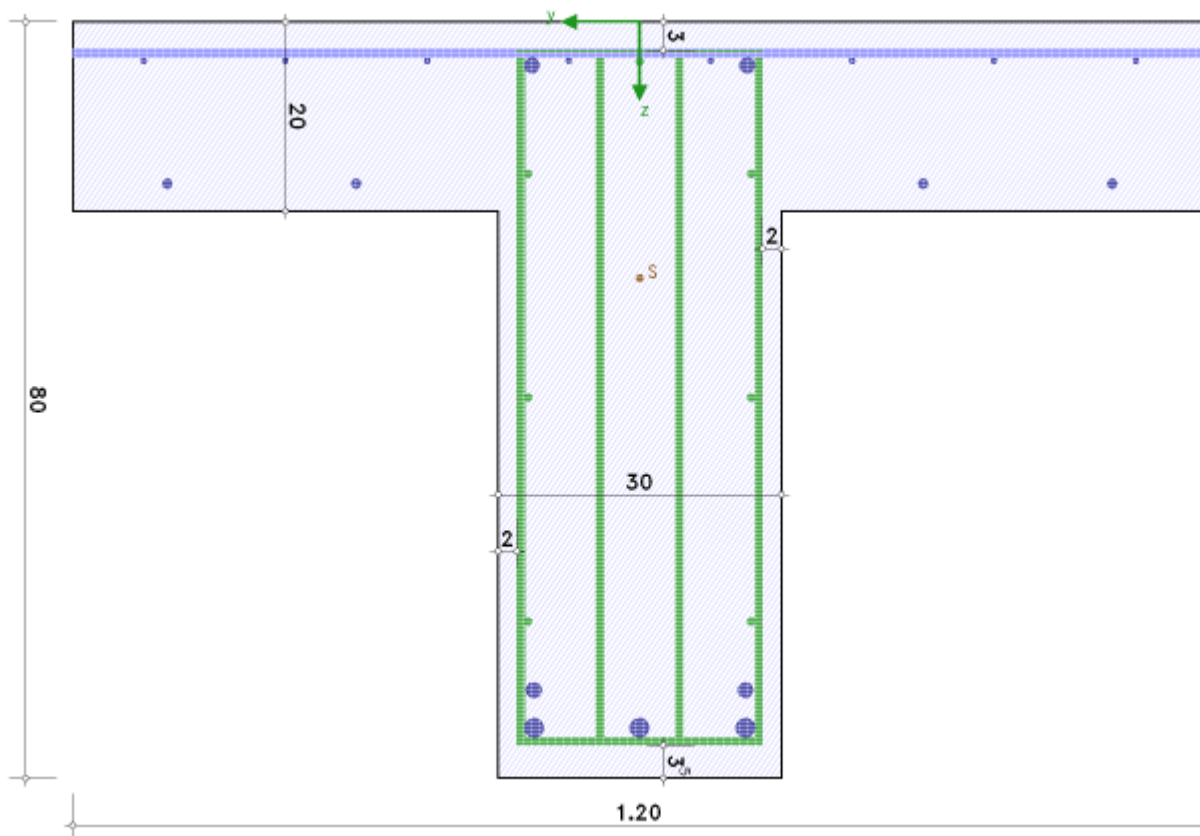
min  $d_{vu}$  4,00 cm

erf. Achsabstand erf  $d_o$  4,60 cm > 4,0 cm

erf  $d_u$  6,50 cm > 6,0 cm

Mit den eingegebenen Werten können die minimalen Stababstände ermittelt werden. Sie werden zur Info am Bildschirm dargestellt.

Ebenso werden die erforderlichen minimalen Achsabstände berechnet. Der erforderliche A. wird mit dem Eingabewert (s. [Reg. 1](#)) verglichen. Ein Fehler wird gekennzeichnet.



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

Abschließend erfolgt eine maßstäbliche Darstellung des bewehrten Querschnitts (**Maßstab** der Grafik, s. **Ausdrucksteuerung**) sowohl in der Druckliste als auch als Bewehrungsplan.

Hinweis zweiachsige Bemessung: Bewehrungsbündel werden mit ihrem flächengleichen Stabdurchmesser dargestellt.

### Sicherheitsnachweis / Dehnungszustand

Spezial

Im neunten Register werden die Parameter und die Schnittgrößen für die Sondernachweise, Sicherheitsnachweis und Dehnungszustand, festgelegt.

#### Sicherheitsnachweis

Der Sicherheitsnachweis berechnet für einen gegebenen Bewehrungszustand (z.B. die gewählte Bewehrung, s. **Register 8**) die Sicherheit gegen Querschnittsversagen  $t$ .

Die Ausnutzung des Querschnitts entspricht dem Kehrwert der Sicherheit  $U = 1 / t$ .

#### Sicherheitsnachweis (GZT)

- Berechnung des Nettoquerschnitts
- Querschnittsfestigkeit aus der Brandbemessung
- Schnittgrößen übernehmen aus Biegebemessung

- **Nettoquerschnitt** - Optional kann der Nettoquerschnitt für die Berechnung der Sicherheit verwendet werden, d.h. der von der Bewehrung verdrängte Beton wird nicht berücksichtigt.




Hinweis: Bei der Biegebemessung wird die Tragfähigkeit des gesamten Querschnitts (Bruttoquerschnitt) verwendet, die Gesamtragfähigkeit wird also (i.A. leicht) überschätzt.




- **Festigkeit aus der Brandbemessung** - Wird während des Rechenlaufs eine Brandbemessung durchgeführt, kann die Sicherheit für die Brand-Festigkeit ermittelt werden.
- **Schnittgrößenübernahme** - Optional besteht die Möglichkeit, die Schnittgrößen aus dem Register der Biegebemessung (**Register 2**) zu verwenden. Ggf. vorhandene Schnittgrößen werden überschrieben. Bei aktiviertem Knopf können keine weiteren Schnittgrößen eingegeben werden.

Ist die Biegebemessung nicht aktiviert, wird eine Fehlermeldung ausgegeben.

## Schnittgrößen

### Schnittgrößen für den Sicherheitsnachweis

Schnittgrößen aus  Bauteil importieren  Schnittgrößen aus Text-Datei einlesen 

	$N_{Ed}$ kN	$M_{y,Ed}$ kNm	$V_{z,Ed}$ kN	$M_{z,Ed}$ kNm	$V_{y,Ed}$ kN	$T_{t,Ed}$ kNm
1:  	0.0	250.0	0.0	0.0	0.0	0.0
						

Der Sicherheitsnachweis wird i.A. im Grenzzustand der Tragfähigkeit geführt, d.h. die Schnittgrößen sind mit den entsprechenden Sicherheitsbeiwerten zu beaufschlagen.

Die Bemessungsgrößen können manuell eingegeben, aus einem **pcae**-Programm importiert oder aus einer Text-Datei eingelesen werden.

Der Übersichtlichkeit halber werden nur die Felder freigelegt, die für den vorgegebenen Querschnitt relevant sind.

Beim Sicherheitsnachweis werden Normalkraft und Biegemomente berücksichtigt.

Weitere Informationen zur Eingabe der Bemessungsgrößen finden Sie [hier](#).

### Sicherheitsnachweis: Vorhandene Sicherheit

Ist die Online-Berechnung (**auto**-Button) aktiviert, wird die berechnete (vorhandene) minimale Querschnittssicherheit am Bildschirm protokolliert.

min t

### Dehnungszustand

Der Dehnungszustand wird für einen gegebenen Bewehrungszustand (z.B. die gewählte Bewehrung, s. **Register 8**) berechnet.

- Dehnungszustand (GZG)**
- Berechnung des Nettoquerschnitts
- Querschnittsfestigkeit aus der Brandbemessung
- Schnittgrößen übernehmen aus

- **Nettoquerschnitt** - Optional kann der Nettoquerschnitt für die Berechnung des Dehnungszustands verwendet werden, d.h. der von der Bewehrung verdrängte Beton wird nicht berücksichtigt.

Hinweis: Bei den Nachweisen im GZG wird die Tragfähigkeit des gesamten Querschnitts (Bruttoquerschnitt) verwendet, die Gesamttragfähigkeit wird also (i.A. leicht) überschätzt.

- **Festigkeit aus der Brandbemessung** - Wird während des Rechenlaufs eine Brandbemessung durchgeführt, kann der Dehnungszustand für die Brand-Festigkeit ermittelt werden.
- **Schnittgrößenübernahme** - Optional besteht die Möglichkeit, die Schnittgrößen aus einem Register der Nachweise im GZG zu übernehmen. Dazu ist der entsprechende Nachweis aus einer Liste auszuwählen. Ggf. vorhandene Schnittgrößen werden überschrieben.

Ist der gewählte Nachweis nicht aktiviert, wird eine Fehlermeldung ausgegeben.

## Schnittgrößen






## Schnittgrößen für den Dehnungszustand

Schnittgrößen aus  Bauteil importieren

Schnittgrößen aus Text-Datei einlesen



	$N_{Ed}$ kN	$M_{y,Ed}$ kNm	$V_{z,Ed}$ kN	$M_{z,Ed}$ kNm	$V_{y,Ed}$ kN	$T_{t,Ed}$ kNm
1:  	0.0	180.0	0.0	0.0	0.0	0.0
						

Der Dehnungszustand wird i.A. mit den Schnittgrößen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit berechnet.

Die Bemessungsgrößen können manuell eingegeben, aus einem **pcae**-Programm importiert oder aus einer Text-Datei eingelesen werden.

Der Übersichtlichkeit halber werden nur die Felder freigelegt, die für den vorgegebenen Querschnitt relevant sind.

Für die Ermittlung des Dehnungszustands werden Normalkraft und Biegemomente berücksichtigt.

Weitere Informationen zur Eingabe der Bemessungsgrößen finden Sie [hier](#).

### Dehnungszustand: Grafische Darstellung

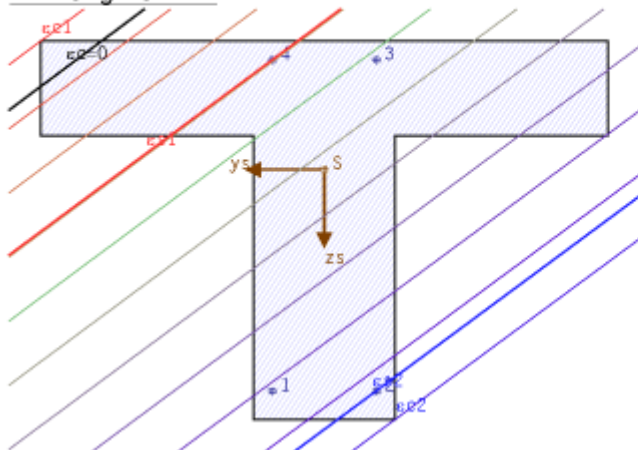
Für jede Lastkombination wird der Dehnungszustand in der Druckliste maßstäblich dargestellt (bei ausführlicher Ergebnisdarstellung großformatig, s. [Ausdrucksteuerung](#)).

Bemessungsgrößen:  $N_{Ed} = 0.00$  kN,  $M_{y,Ed} = 180.00$  kNm,  $M_{z,Ed} = 120.00$  kNm

Bewehrung:  $A_{s1} = 9.42$  cm<sup>2</sup>,  $A_{s2} = 4.02$  cm<sup>2</sup>,  $A_{s3} = 3.14$  cm<sup>2</sup>,  $A_{s4} = 0.00$  cm<sup>2</sup>

Dehnungszustand:  $\epsilon_{c1} = -0.092\%$ ,  $\epsilon_{s1} = 0.298\%$ ,  $\epsilon_{s2} = 1.137\%$ ,  $\epsilon_{c2} = 1.224\%$ ,  $\alpha_k = 126.45^\circ$

Dehnungszustand



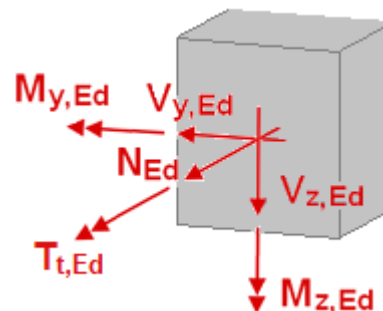
### Bemessungsschnittgrößen



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

Es können bis zu 10.000 Schnittgrößenkombinationen eingegeben werden.



Bei Übernahme der Schnittgrößen aus einem Tragwerksprogramm ist zu beachten, dass sie sich auch bei unsymmetrischen Querschnittsprofilen (z.B. Polygon) auf das Stab-Koordinatensystem und **nicht** auf das Hauptachsensystem (**pcae**-Bezeichnung:  $\xi, \eta, \zeta$ ) beziehen!




	<b>N<sub>Ed</sub></b> kN	<b>M<sub>y,Ed</sub></b> kNm	<b>V<sub>z,Ed</sub></b> kN	<b>M<sub>z,Ed</sub></b> kNm	<b>V<sub>y,Ed</sub></b> kN	<b>T<sub>t,Ed</sub></b> kNm
1:  	1.8	381.6	-22.7	-20.3	-4.1	17.2

## Schnittgrößen importieren

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

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

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

Schnittgrößen aus  Programm importieren



Schnittgrößen aus Text-Datei einlesen



### • Import aus einem 4H-Programm

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

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

### • Import aus einer Text-Datei

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

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

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

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

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

## Schnittgrößenimport

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

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

In der Programmorganisation gibt es hierzu verschiedene Vorgehensweisen

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

Dies ist z.B. bei der Programmkombination *Stütze mit Fundament* der Fall, da beide Programme auch einzeln bedient werden können (*4H-STUB*, *4H-FUND*).

- zum anderen sind die *4H*-Programme in der Lage, über definierte Punkte miteinander zu kommunizieren.

Die Detailprogramme können sich die Schnittgrößen von den Tragwerksprogrammen über ein zwischen-geschaltetes Export/Import-Tool abholen.

Anhand eines einfachen Rahmens wird dieser Schnittgrößen-Export/Import zwischen *4H*-Programmen erläutert.

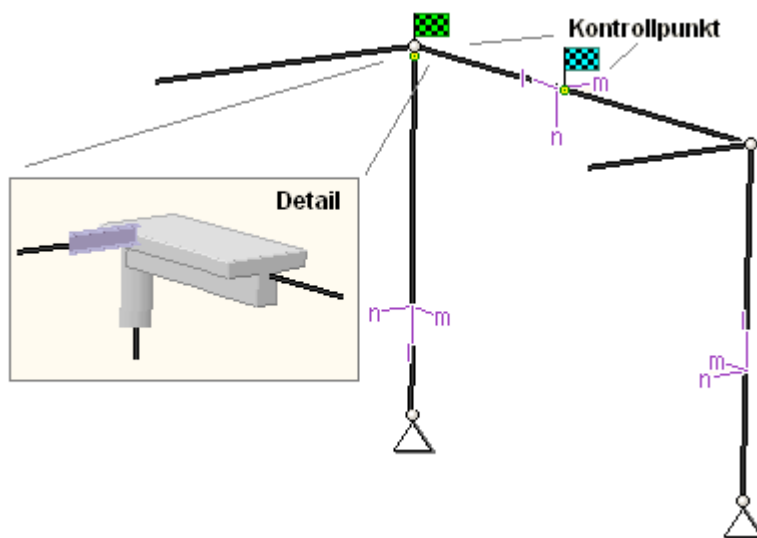
## Schnittgrößenexport

Zunächst sind in dem exportierenden *4H*-Programm (z.B. *4H-FRAP*, Räumliche Stabtragwerke) die Orte zu kennzeichnen, deren

Schnittgrößen beim nächsten Rechenlauf exportiert, d.h. für den Import in ein Detailnachweisprogramm bereitgestellt werden sollen.

In diesem Beispiel sollen die Schnittgrößen für eine Querschnittsbemessung übergeben werden. Dazu ist an der entsprechenden Stelle ein Kontrollpunkt zu setzen.

Nach einer Neuberechnung des Rahmens stehen die Exportschnittgrößen dem aufnehmenden 4H-Programm (z.B. 4H-EC2QB, 4H-EC3SA usw.) zum Import zur Verfügung.



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

### Schnittgrößenimport

Aus dem aufnehmenden 4H-Programm wird nun über den **Import**-Button das Fenster zur DTE<sup>®</sup>-**Bauteilwahl** aufgerufen. Hier werden alle berechneten Bauteile dargestellt, wobei diejenigen, die Schnittgrößen exportiert haben, dunkel gekennzeichnet sind.

Das gewünschte Bauteil kann nun markiert und über den **bestätigen**-Button ausgewählt werden. Alternativ kann durch Doppelklicken des Bauteils direkt in die DTE<sup>®</sup>-**Schnittgrößenauswahl** verzweigt werden.

Schnitt	Stab	s	Material
Schnitt 1	Stab 3	s = 0.18 m	Stahlriegel, Anschnitt, Anschluss 1
Schnitt 2	Stab 5	s = 0.00 m	Stahlriegel, Anschluss 2
Schnitt 3	Stab 7	s = 2.00 m	Stahlbetonriegel
Schnitt 4	Stab 9	s = 4.00 m	Stahlstütze, Anschluss 2
Schnitt 5	Stab 10	s = 3.88 m	Stahlstütze, Anschnitt, Anschluss 1
Schnitt 6	Stab 11	s = 0.00 m	Stahlbetonstütze

In der Schnittgrößenauswahl werden die verfügbaren Schnittgrößenkombinationen aller im übergebenden Programm gekennzeichneten Schnitte angeboten. Dabei sind diejenigen Schnitte deaktiviert, deren Material mit dem Detailprogramm nicht kompatibel ist.

Es wird nun der Schnitt geöffnet, dessen Schnittgrößen eingelesen werden sollen.



	N kN	V <sub>m</sub> kN	V <sub>n</sub> kN	T kNm	M <sub>m</sub> kNm	M <sub>n</sub> kNm
<input checked="" type="checkbox"/> Schnitt 1: Stab 3 bei s = 0.18 m  Stahlriegel, Anschnitt, Anschluss 1						
<input checked="" type="checkbox"/> Schnitt 2: Stab 5 bei s = 0.00 m  Stahlriegel, Anschluss 2						
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Schnitt 3: Stab 7 bei s = 2.00 m</b>						
<input checked="" type="checkbox"/> Stahlbetonriegel Material: Stahlbeton, Querschnitt: Plattenbalken (Unterzug) mit bSteg=30,0cm, hgesamt=60,0cm, bPlatte=120,0cm, hPlatte= 20,0cm						
<input checked="" type="checkbox"/> Lastfallergebnisse						
<input checked="" type="checkbox"/> Nachweis 2: Schnittgrößenermittlung (Th. I. Ord.)						
<input checked="" type="checkbox"/> Nachweis 4: EC 2 Bemessung						
<input checked="" type="checkbox"/> Extremierung 1: Standardkombination						
<input checked="" type="checkbox"/> Zusammenfassung Nachweis 4						
min N	1.85	-4.06	-22.69	17.24	381.64	-20.31
max N	29.13	0.00	157.67	0.00	-101.24	0.04
min V <sub>n</sub>	1.85	-4.06	-22.69	17.24	381.64	-20.31
max V <sub>n</sub>	29.13	0.00	157.67	0.00	-101.24	0.04
min V <sub>z</sub>	1.85	-4.06	-22.69	17.24	381.64	-20.31
max V <sub>z</sub>	29.13	0.00	157.67	0.00	-101.24	0.04
min T	23.83	0.00	135.17	0.00	-85.92	0.03
max T	1.85	-4.06	-22.69	17.24	381.64	-20.31
min M <sub>n</sub>	29.13	0.00	157.67	0.00	-101.24	0.04
max M <sub>n</sub>	1.85	-4.06	-22.69	17.24	381.64	-20.31
min M <sub>z</sub>	1.85	-4.06	-22.69	17.24	381.64	-20.31
max M <sub>z</sub>	29.13	0.00	157.67	0.00	-101.24	0.04
<input checked="" type="checkbox"/> Schnitt 4: Stab 9 bei s = 4.00 m  Stahlstütze, Anschluss 2						
<input checked="" type="checkbox"/> Schnitt 5: Stab 10 bei s = 3.88 m  Stahlstütze, Anschnitt, Anschluss 1						
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Schnitt 6: Stab 11 bei s = 0.00 m</b> Stahlbetonstütze						

Die in das importierende Programm übertragbaren Schnittgrößenspalten sind gelb unterlegt.

Dies sind z.B. im Programm 4H-EC3SA (Schweißnähte) sämtliche verfügbaren Schnittgrößentypen, im Programm 4H-BETON (einachsige Bemessung) nur die Typen N, V<sub>n</sub>, M<sub>m</sub> und T.

Die Kombinationen können beliebig zusammengestellt werden, [pcae](#) empfiehlt jedoch, nur diejenigen K. auszuwählen, die als Bemessungsgrößen für den zu führenden Detailnachweis relevant sind.



Über den nebenstehend dargestellten Button können doppelte Zeilen eliminiert werden, um die Anzahl der zu übertragenden Lastkombinationen zu reduzieren.

Nach Bestätigen der DTE<sup>®</sup>-Schnittgrößenauswahl bestückt das importierende Programm die Schnittgrößentabelle, wobei ggf. vorhandene Kombinationen erhalten bleiben.

	N <sub>Ed</sub> kN	M <sub>y,Ed</sub> kNm	V <sub>z,Ed</sub> kN	M <sub>z,Ed</sub> kNm	V <sub>y,Ed</sub> kN	T <sub>t,Ed</sub> kNm	
1:	1.8	381.6	-22.7	-20.3	-4.1	17.2	Import Lk 1
2:	29.1	-101.2	157.7	0.0	0.0	0.0	Import Lk 2
3:	23.8	-85.9	135.2	0.0	0.0	0.0	Import Lk 3
							<b>neu</b> →




Die Kompatibilität der Querschnitts- und Nachweisparameter zwischen exportierendem und importierendem Programm ist zu gewährleisten.

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

## Ausdrucksteuerung

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

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

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

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


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

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

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

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

### Eingabeprotokoll

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

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

### Ergebnisse

- ausführlich
- standard
- minimal

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- Zwischenergebnisse
- Erläuterungsskizzen

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

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

Abschnittsnummerierung unterdrücken

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

## Nationale Anhänge zu den Eurocodes

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

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

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

Dieses Eigenschaftsblatt dient dazu, dem nach Eurocode zu bemessenden Bauteil ein nationales Anwendungsdokument (NA) zuzuordnen.

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

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

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

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



zur Hauptseite **4H-EC2QB**, [Querschnittsbemessung](#)



© **pcae** GmbH Kopernikusstr. 4A 30167 Hannover Tel. 0511/70083-0 Fax 70083-99 Mail [dte@pcae.de](mailto:dte@pcae.de)