

4H-ALFA grafische Eingabe - Nachweise

Seite bearbeitet Juli 2023

• Kontakt



• Programmübersicht



• Bestelltext



Infos auf dieser Seite

... als pdf



- | | | |
|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| • Nachweistypen | • allg. Bem.-Opt. Flächenträger | • Bem.-Opt. EC 2 Stabträger |
| • Verwaltung Einwirkungen | • Bem.-Opt. EC 2 Flächenträger | • Bem.-Opt. allg. Spannungsnw. |
| • Verwaltung Nachweise | • allg. Bem.-Opt. Stabträger | • glob. Einstellg. Brückenbau |

Die grafische Eingabe eines Platten-/Scheibentragwerks gliedert sich in die fünf logischen Eingabekapitel

- **Modellierung**
- Bildung des statischen **Systems**
- Festlegung der **Belastung**
- **und der zu führenden Nachweise**,
- sowie die Kontroll- und **Steuerungsfunktionen**

Nachweistypen

Das Programm 4H-ALFA, Platte / Scheibe / Faltwerk, verfügt über folgende vordefinierte Stahlbetonnachweistypen

- **Bemessung** Eurocode 2 ... für **Flächenträger** und **Stabträger**
- **Spannungsnachweis** Eurocode 2 ... für **Flächenträger** und **Stabträger**
- **Rissnachweis** Eurocode 2 ... für **Flächenträger** und **Stabträger**
- **Ermüdungsnachweis** Eurocode 2 ... für **Flächenträger** und **Stabträger**
- **Dichtigkeitsnachweis** Eurocode 2 ... für **Flächenträger**

Zum Zwecke der Nachberechnung stehen weiterhin auch die nationalen Vorgängernormen zur Verfügung, die hier nicht näher beschrieben werden; s. hierzu Online-Hilfe in der grafischen Eingabe.

- Bemessung DIN 1045-1
- Spannungsnachweis DIN 1045-1
- Rissnachweis DIN 1045-1
- Ermüdungsnachweis DIN 1045-1
- Dichtigkeitsnachweis DIN 1045-1
- Bemessung DIN 1045
- Rissnachweis DIN 1045
- Schwingbreitennachweis DIN 1045

Verwaltung der Einwirkungen

Vor der Belastungseingabe wird die Struktur der Einwirkungen und Lastfälle bestimmt. Hierzu steht ein Assistent zur Verfügung, der die Anzahl der unterschiedlichen Lasttypen aufnimmt und in die Einwirkungsstruktur umsetzt.

Assistent zur Laststrukturierung

1 **ständige Lasten**

veränderliche Nutzlasten

5 Wohn-, Büroräume

0 Versamlungs-, Verkaufsräume

0 Lagerräume

veränderliche Verkehrslasten

Fahrzeuge bis 30 kN 0 Spuren

Fahrzeuge bis 160 kN 0 Spuren

0 Dachlasten ☒ alternativ

2 **Schneelasten** ☒ alternativ

4 **Windlasten** ☒ alternativ

2 **Temperaturlasten**

0 **Baugrundsetzungen**

0 **sonstige veränderliche Lasten**

0 **Flüssigkeitsdruck / Maschinenlasten**

abbrechen zurück fertig

Mit den Angaben des Assistenten werden die Lastfälle den Einwirkungen zugewiesen. Den Einwirkungen sind wiederum Lastkombinations- und Teilsicherheitsbeiwerte zugeordnet, die eine Überlagerungsautomatik innerhalb der Nachweisstruktur ermöglichen.

Verwaltung der Einwirkungen

Gesamte Belastung

- 1: ständige Lasten
 - 1: Eigengewicht (1)
- 2: Nutzlasten (1)
 - 2: Nutzlasten (1/1)
 - 3: Nutzlasten (1/2)
 - 4: Nutzlasten (1/3)
 - 5: Nutzlasten (1/4)
 - 6: Nutzlasten (1/5)
- 3: Schneelasten
 - 7: Schneelast (1)
 - 8: Schneelast (2)
- 4: Windlasten
 - 9: Windlast (1)
 - 10: Windlast (2)
 - 11: Windlast (3)
 - 12: Windlast (4)
- 5: Temperaturlasten
 - 13: Temperatur (1)
 - 14: Temperatur (2)

Lastfall (Nummer und Bezeichnung)

7 Schneelast (1)

gehört zur Einwirkung ☐ keine

3: Schneelasten

in Lastfallordner

kein Lastfallordner

Lastfalltyp: alternativ

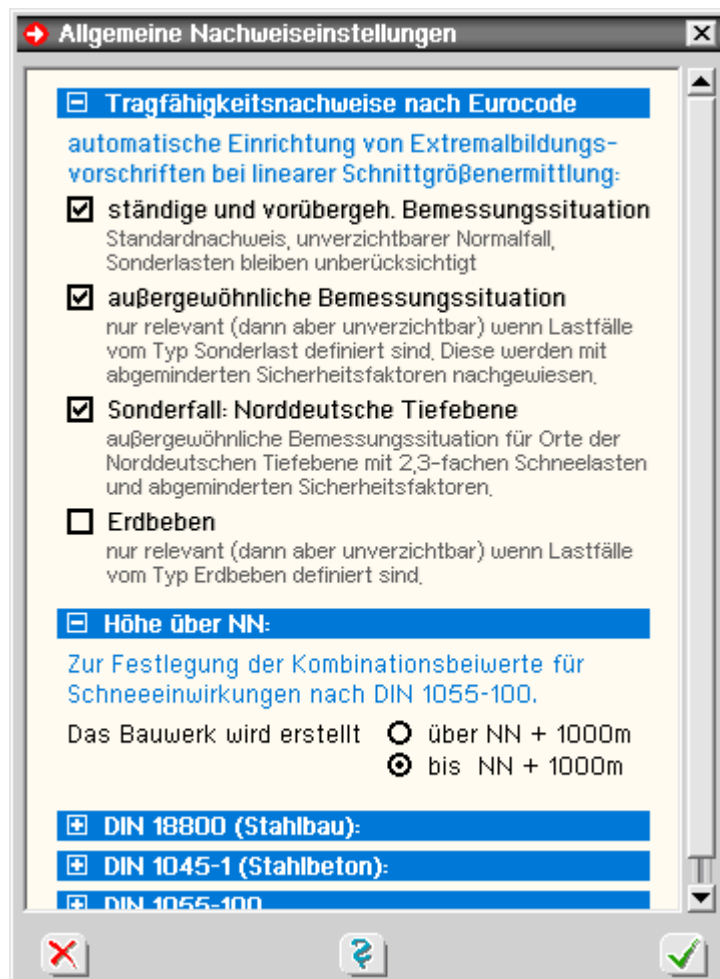
Gruppenzuordnung

- ☒ A: unterschiedliche Schneefelder
- ☐ B: unterschiedliche Windrichtungen
- ☐ C:
- ☐ D:
- ☐ E:
- ☐ F:
- ☐ G:
- ☐ H:
- ☐ I:
- ☐ J:

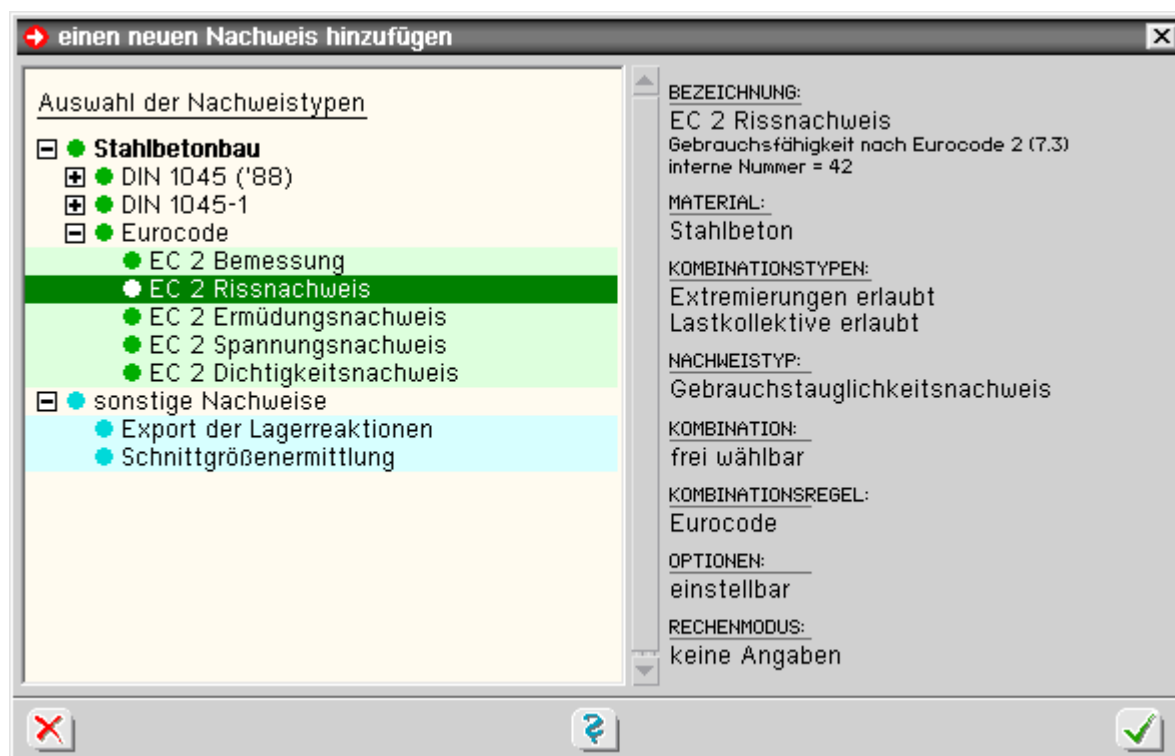
Den nun erzeugten Lastfällen können innerhalb der Lastfallfolien Lastbilder zugewiesen werden.

Verwaltung der Nachweise

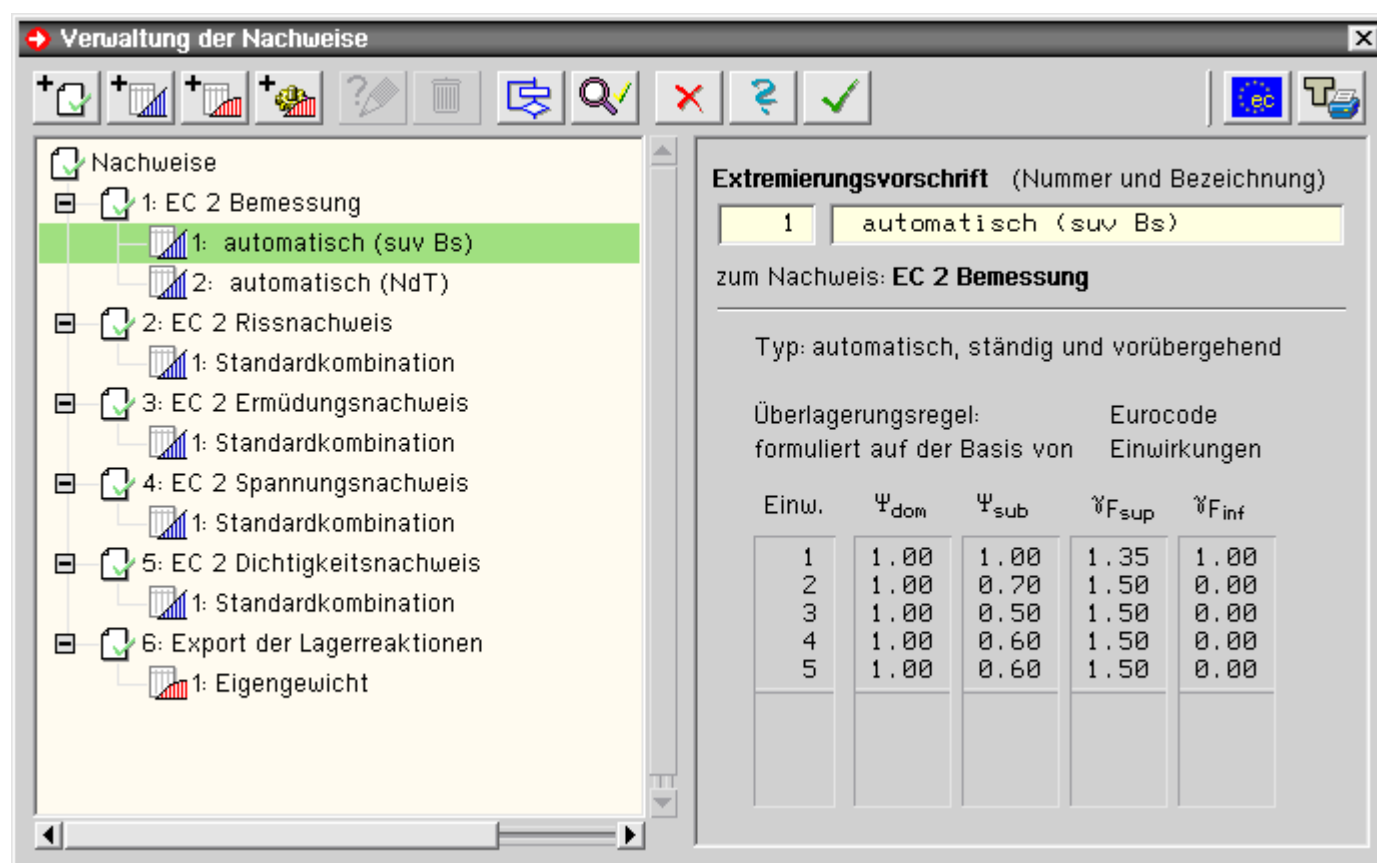
Auch in der Verwaltung der Nachweise steht ein Assistent bereit, über den die automatische Einrichtung der Extremalbildungsvorschriften gesteuert wird.



Anschließend werden die erforderlichen Bemessungen und Nachweise erzeugt.



Nach Beendigung des Einrichtungsvorgangs stehen die Nachweise mit den automatisch zugewiesenen Überlagerungsvorschriften und deren Sicherheitsbeiwerten zur Ausführung bereit.



Den Nachweisen können spezielle Optionen, wie der Nachweis zu führen ist, zugewiesen werden.

Diese Optionen können wiederum durch den Positionen und Stäben individuell zugewiesenen Anweisungen übersteuert werden (s.u.).

➔ Nachweisoptionen
✕

☒ nach Norm (ohne direkte Berechnung)

☐ nach Norm (direkte Berechnung)

☐ nach Schießl

☐ nach Noakowski

☒ Kontrolle der Eingangsbewehrung

☒ Mindestbewehrung (aus Zwang)

☒ Begrenzung der Rissbreite (aus Last)

Spannungsdehnungslinie Beton

☐ nach 3.1.7 (Parabel-Rechteck)

☒ nach 3.1.5 (wirklichkeitsnah)

☐ linear mit $\alpha = E_s/E_{cm}$

✖
?
✓

allgemeine Bemessungsoptionen Flächenträger

Nachdem festgelegt wurde, dass die Position bemessen werden soll, können alle weiteren Bemessungsparameter bearbeitet werden.

☒ **Die Position soll bemessen werden**

maximaler Bewehrungsgrad: max μ %

Schnittgrößentransformation nach

▼

Bewehrungsanordnung

▼

Bewehrungsrichtungen

▼

Randabstände

	-1-	-2-	
z-	3.5	4.5	cm
z+	3.5	4.5	cm

Grundbewehrung

	-1-	-2-	
z-	5.24	5.24	cm ² /m
z+	5.24	5.24	cm ² /m

$\alpha = 0.00^\circ$

z- (oben)
z+ (unten)

In diesem Registerblatt gehören zu den Bemessungsparametern

- **maximaler Bewehrungsgrad:** Programmintern erfolgt sowohl für jeden Nachweis als auch für das Gesamtergebnis eine Überprüfung des maximalen Bewehrungsgrades.
- **Transformation der Schnittgrößen:** Alle Bemessungsverfahren erfordern die Transformation der kartesischen Schnittgrößen in die jeweilige Bewehrungsrichtung.
Die Transformation der Schnittgrößen aus der FEM-Rechnung erfolgt für Falwerke nach Thürlimann, für Platten und Scheiben können auch die Verfahren nach Baumann oder EC 2 (6.92) gewählt werden.
- **Bewehrungsanordnung:** Aus konstruktiven Gründen kann es sinnvoll sein, in einer Flächenposition oben und unten je Bewehrungsrichtung dieselbe Bewehrung einzulegen.
In diesem Fall ist die **symmetrische** Bewehrungsanordnung auszuwählen, während die **Zugbewehrung** stets die minimale Bewehrung ermittelt.

- **Bewehrungsrichtungen:** Es kann zwischen **orthogonalem**, **radialsymmetrischem** und **schiefwinkligem** Bewehrungsgitter gewählt werden, wobei obere und untere Lage die gleichen Richtungen aufweisen.

Das orthogonale Gitter kann um den Winkel α (Bewehrungsrichtung 1: positiv von x nach y drehend) von der x-Richtung abweichen, während beim schiefwinkligen Gitter zusätzlich der Winkel β von Bewehrungsrichtung 1 zur Bewehrungsrichtung 2 angegeben werden kann.

Für die radialsymmetrische Bewehrung ist der Ursprung mit x_0, y_0 anzugeben (Bewehrungsrichtung 1: radial, Bewehrungsrichtung 2: tangential).

- **Randabstände:** Je Bewehrungsrichtung sind die Stahlrandabstände (Abstand vom Betonrand zum Schwerpunkt der Stahleinlagen) oben und unten festzulegen.
- **Grundbewehrung:** Je Bewehrungsrichtung und -lage kann eine Grundbewehrung vorgegeben werden, die mit der erforderlichen Bewehrung aus den Nachweisergebnissen extremiert wird bzw. als Eingangsbebewehrung in die Nachweise eingeht.

Bemessungsoptionen Eurocode 2 Flächenträger

Das Registerblatt behandelt die Parameter für Nachweise nach DIN EN 1992-1-1, Eurocode 2.

Material

Nachweise nach EC 2	
☒ Betongüte entspr. Materialdaten	
Betongüte	C20/25
☒ Kriechen und Schwinden (nur für Nachweise im GZG)	
$\varphi(\infty, t_{0k})$	3.377
$\varepsilon_{cs, \infty}$	-0.527 ‰
Längsbewehrung	B500
☐ Expositionsklasse	ohne Einfluss auf die Bemessung

In Auswahlboxen werden die möglichen Beton- und Betonstahlsorten (Stabstahl für Biegebemessung und Nachweise, Bügel für Schubbemessung) angeboten.

Um eine Korrespondenz zu dem der Schnittgrößenermittlung zugrunde liegenden Material zu erhalten, können Betongüte und Rohdichte aus dem Materialeigenschaftsblatt der Berechnung übernommen werden.

Für Biegebemessung und Schubbemessung können unterschiedliche Stahlgüten angewählt werden.

Außerdem kann eine Bemessung für benutzerdefinierte (**freie**) Materialien erfolgen. Dazu sind die benötigten Grenzwerte zur Beschreibung der Spannungsdehnungslinien anzugeben.

Bei Verformungsberechnungen (Spannungsermittlung bei den Nachweisen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit) werden bei Bedarf die eingegebenen Kriech- und Schwindbeiwerte berücksichtigt.

Die Angabe einer Expositionsklasse des Bauteils hat keinen Einfluss auf das Bemessungsergebnis, sondern dient lediglich der Information im Statikdokument.

Biegebemessung

Biegebemessung	
Mindestbewehrung	Platte/Wand
für	-2-
☒ Querbewehrung	
$\sigma_{s, \text{Hauptbewehrung}}$	gemäß EC 2, 9.2.1.1 und 9.6.2
	Bewehrungsrichtung

Bei der Berücksichtigung der Mindestbewehrung ist zu beachten, ob es sich um ein überwiegend biegebeanspruchtes Bauteil oder eine Wand (hauptsächlich auf Druck beanspruchtes flächenhaftes Bauteil) handelt.

Für Wände (hauptsächlich auf Druck beanspruchte flächenhafte Bauteile) wird eine Mindestbewehrung nur für die

lotrechte Bewehrung gefordert. Diese Bewehrungsrichtung ist dem Programm vorzugeben.

Optional kann eine Querbewehrung in prozentualer Abhängigkeit der Hauptbewehrung ermittelt werden.

Sind bei Biegegliedern sowohl Querbewehrung als auch Mindestbewehrung aktiviert, wird nur für die Hauptbewehrungsrichtung die Mindestbewehrung angesetzt.

Der Hauptdruckspannungsnachweis (nur 4H-ALFA-Scheibe) wird für die maximale Betondruckkraft (aus der Transformation) geführt. S. Nachweis der schiefen **Hauptdruckspannungen**.

Schubbemessung

☒ **Schubbemessung**

Schubbewehrung wie Längsbew.

☐ OHNE Mindestbewehrung gemäß EC 2, 9.3.2(2)

☐ Schubbewehrung vermeiden

innerer Hebelarm z aus Biegebemessung s. Nachweisoptionen
 $z = 0.9 d \leq d - 2 c_{v,D}$
z aus Biegebemessung $\leq d - 2 c_{v,D}$
mit $c_{v,D}$ 2.0 cm Betondeckung zur Druckbew. ($c_{v,D} > 0$)

Druckstrebenwinkel ☒ minimiert ☐ vereinfacht
0.00 °
Bewehrungswinkel 90.00 °

☒ Verbundfuge
Oberfläche glatt ☒ Zug senkrecht zur Fuge

Es kommen unterschiedliche Verfahren zur Anwendung

- die Querkraftbemessung erfolgt 'in Bewehrungsrichtung'. Dazu wird die Querkraft vektoriell in die beiden Bewehrungsrichtungen zerlegt.

Mit den zugehörigen Werten aus der Biegebemessung wird je Richtung der maximale Bewehrungsanteil ermittelt. Der erforderliche Bewehrungsquerschnitt ergibt sich dann nach Summation der Einzelanteile.

- die Querkraftbemessung erfolgt 'in Hauptquerkrafttrichtung'. Sämtliche benötigten Größen werden in diese Richtung transformiert.

Folgende Parameter sind optional

- ohne Mindestbewehrung
- Schubbewehrung vermeiden: die Anordnung einer Querkraftbewehrung hängt von der Größe des $v_{Rd,ct}$ -Werts ab, der maßgeblich durch die Zuglängsbewehrung beeinflusst wird.

Bei Aktivierung dieses Schalters wird bei Bedarf die Längsbewehrung so erhöht, dass $v_{Ed} = v_{Rd,ct}$ und damit $a_{sq} = 0$. Es wird beachtet, dass $\rho_l \leq 0.02$.

Hinweis: es kann aufgrund dieser Vorgehensweise zu punktuell auftretenden großen Längsbewehrungserhöhungen kommen (z.B. im Bereich von Einzellasten).

Empfehlung: die Grundlängsbewehrung (s. Register **Allgemein**) auf ein sinnvolles Maß anheben.

- innerer Hebelarm: das Verfahren zur Berechnung des inneren Hebelarms wird nachweisglobal bestimmt
- Druckstrebenwinkel θ : Neigungswinkel der Druckstrebe
- minimiert ($\theta = 0$): ein minimaler Druckstrebenwinkel führt zu einer minimalen Querkraftbewehrung.

Aber: Der Druckstrebenwinkel geht auch in die Berechnung der Verankerungslängen ein, d.h. die minimale Querkraftbewehrung führt zu einer maximalen Verankerungslänge der Längsbewehrung.

- vereinfacht: bei variablem Druckstrebenwinkel (minimiert) werden die vereinfachten Werte für reine Biegung, Biegung mit Druck bzw. Biegung mit Zug gesetzt
- Bemessung einer Verbundfuge (Elementdecke)
 - Oberfläche: Ausführung der Betonoberfläche in der Verbundfuge
 - Zug senkrecht zur Fuge

Bemessungsergebnis

Aus der Biegebemessung erhält man

- die auf jede Bewehrungsrichtung und –lage bezogenen maximalen Bewehrungsquerschnitte a_{s10} , a_{s20} , a_{s1u} , a_{s2u} in cm^2/m
- den Bewehrungsgrad μ_s

sowie als Zusatzergebnisse zum Nachvollziehen des Nachweises

- die statisch erforderliche Bewehrung a_{sb10} , a_{sb20} , a_{sb1u} , a_{sb2u} in cm^2/m
- davon die evt. erforderliche Druckbewehrung a_{sd10} , a_{sd20} , a_{sd1u} , a_{sd2u} in cm^2/m
- die eingegebene Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**) a_{s010} , a_{s020} , a_{s01u} , a_{s02u} in cm^2/m
- die Differenzbewehrung zur eingegebenen Grundbewehrung Δa_{s10} , Δa_{s20} , Δa_{s1u} , Δa_{s2u} in cm^2/m

Der Hauptdruckspannungsnachweis (4H-ALFA-Scheibe) liefert

- die Hauptdruckspannung $\max \sigma_1$ in MN/m^2
- die Ausnutzung $U_{\sigma 21}$

Die Schubbemessung (4H-ALFA-Platte) liefert

- die maximale Querkraftbewehrung a_{sq} in cm^2/m^2

sowie als Zusatzergebnisse

- den Druckstrebenwinkel θ
- den Bemessungswert der einwirkenden Querkraft v_{Ed} in kN/m
- den Bemessungswert der ohne Querkraftbewehrung aufnehmbaren Querkraft $v_{Rd,ct}$ in kN/m
- den Bemessungswert der durch die Druckstrebenfestigkeit begrenzten aufnehmbaren Querkraft $v_{Rd,max}$ in kN/m
- das Querkraftverhältnis $v_{Ed} / v_{Rd,max}$
- die in den Bewehrungsrichtungen anfallenden Querkraftbewehrungsanteile a_{sq1} und a_{sq2} in cm^2/m^2 (nur bei „Schubbemessung in den Bewehrungsrichtungen“)
- den Ausnutzungsbereich AB nach 9.3.2(3)
- die Fugenbewehrung a_{sqf} in cm^2/m^2
- die eingegebene Grundbewehrung a_{s0q} in cm^2/m^2
- die Differenzbewehrung zur eingegebenen Grundbewehrung Δa_{sq} in cm^2/m^2

Rissnachweis

☒ **Rissnachweis**

Ø der rissverteilenden Längsbewehrung:

	-1-	-2-	
z-	8	8	mm
z+	8	8	mm

Rissbreite $w_{k,z-}$
 mm

$w_k < 0.30 \text{ mm}$: häufige oder seltene Ewk
 $w_k \geq 0.30 \text{ mm}$: quasi-ständige Ewk

Rissbreite $w_{k,z+}$
 mm

$w_k < 0.30 \text{ mm}$: häufige oder seltene Ewk
 $w_k \geq 0.30 \text{ mm}$: quasi-ständige Ewk

☐ kurzfristige Lasteinwirkung

Dauerstandeffekt

Verbund

☒ Begrenzung der Rissbreite (aus Lastbeanspruchung)

Beiwert k_{zt0}

 zur Berücksichtigung des Betonalters ($k_{zt0} \geq k_{zt}$ bei Verkehrslastaufbringung (=1.0: 28 Tage)

☒ Mindestbewehrung (Erstribbildung aus unbeabsichtigtem Zwang)

Beiwert k_{zt}

 zur Berücksichtigung des Betonalters (≈ 0.65 : frühes Betonalter, Abfluss der Hydratation)

Erstribbildung

☒ unter zentr. Zwang
☐ unter Biegezwang

Induzierung

☒ innerhalb
☐ außerhalb

☐ langsam erhärtender Beton

Beiwert k zur Berücksichtigung von nichtlinear verteilten Betonzugspannungen (außerhalb induz., z.B. Stützensenkung: $k=1.0$)
 Reduktion der Mindestbewehrung

Der Nachweis ist in zwei Teile gegliedert

- Ermittlung der Mindestbewehrung, um unbeabsichtigte Zwangsbeanspruchungen zum Zeitpunkt der Erstrissbildung (vor Verkehrslastaufbringung) abzufangen
- Begrenzung der Rissbreite nach Endrissbildung

Der Nachweis erfolgt auf der Basis zur Einhaltung der Grenzdurchmesser der Längsbewehrung, deshalb ist bei allen Verfahren

- der Stabdurchmesser d_s der rissverteilenden Bewehrung in mm

festzulegen. Ist ein Durchmesser Null, wird die entsprechende Bewehrungsrichtung nicht nachgewiesen.

Der Rissnachweis kann nach

- Norm (ohne direkte Berechnung der Rissbreite)
- Norm (direkte Berechnung der Rissbreite)
- Schießl
- Noakowski

erfolgen. Die Verfahrensauswahl erfolgt nachweisglobal.

Wesentliche Eingangsgröße ist

- die Rissbreite w_k , die oberhalb $w_{k,z-}$ und unterhalb $w_{k,z+}$ der Flächenposition unterschiedlich sein kann

Weiterhin gehen ein

- das Verbundverhalten zwischen Bewehrung und Beton (nur für die Nachweisverfahren von Schießl und Noakowski)
- zur Ermittlung der Mindestbewehrung (für die Erstrissbildung)
 - Art der Zwangsbeanspruchung (zentrischer Zwang, Biegezwang)
 - Grund für die Zwangsbeanspruchung (innerhalb oder außerhalb des Bauteils induziert)
 - Faktor $k_{z,t}$ für das maßgebende Betonalter zum Zeitpunkt der Erstbelastung. Die Beanspruchung aus dem Abfließen der Hydratationswärme kann mit 'zent. Zwang' und $k_{z,t} = 0.65$ geführt werden
 - langsam erhärtender Beton

zur Ermittlung der Rissbewehrung (aus Lastbeanspruchung)

- kurzfristige Lasteinwirkung, um dem Dauerstandeffekt Rechnung zu tragen
- Faktor $k_{z,t0}$ für das maßgebende Betonalter zum Zeitpunkt der Verkehrslastaufbringung (i.A. $k_{z,t0} = 1$)

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**), einer aus den vorher geführten Tragfähigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis eingehenden Lasten. Der Maximalwert wird übernommen.

Der Nachweisteil *Begrenzung der Rissbreite* überprüft, ob die erforderlichen Grenzdurchmesser oben und unten für die maßgebende Risslast eingehalten werden. Ist der Nachweis nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Anfangsbewehrung entsprechend erhöht.

Ermüdungsnachweis

☒ Ermüdungsnachweis			
$\Delta\sigma_{Rsk}$	85.0	N/mm ²	Spannungsschwingbreite der Längsbewehrung
$\Delta\sigma_{RskV}$	80.0	N/mm ²	Spannungsschwingbreite der Querkraftbewehrung
t_0	28	d	Zeitpunkt der Erstbelastung des Betons

Der Nachweis ist in zwei Teile gegliedert

- Nachweis für die Bewehrung (Längs- und Querkraftbewehrung)
- Nachweis für den Beton

Wesentliche Eingangsgrößen sind

- die zulässige Spannungsschwingbreite für die Längsbewehrung zul $\Delta\sigma_{Rsk}$ in N/mm², die i.A. für gerade und gebogende Stäbe (Stabstahl) 175 N/mm² und für geschweißte Stäbe (Betonstahlmatten) 85 N/mm² betragen darf
- die zulässige Spannungsschwingbreite für die Querkraftbewehrung zul $\Delta\sigma_{Rsk,V}$ in N/mm², die i.A. 80 N/mm² betragen darf

- der Zeitpunkt der Erstbelastung des Betons t_0 in d

Die Parameter sind vom Anwender frei einigbar. Ist einer der Parameter Null, wird der entsprechende Nachweisteil nicht durchgeföhrt.

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**), einer aus den vorher geföhrteten Tragföhigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis eingehenden Lasten. Der Maximalwert wird übernommen.

Ist der *Nachweis für die Bewehrung* nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Anfangsbewehrung entsprechend erhöht.

Ein Nachweis der Querkraftbewehrung wird nicht erbracht.

Spannungsnachweis

☒ Spannungsnachweis föhren

Vorgabe:

☒ Faktor

☐ zul σ

zul σ_c =

0,60

* f_{ck} =

-12,0

N/mm²

zul σ_s =

0,80

* f_{yk} =

400,0

N/mm²

Der Nachweis ist in zwei Teile gegliedert

- Nachweis für die Bewehrung
- Nachweis für den Beton

Der Nachweis erfordert die Eingabe der beiden Grenzwerte

- zul σ_s für die Bewehrung
- zul σ_c für den Beton

die je nach Einwirkungskombination variieren.

Ist einer der beiden Grenzwerte gleich Null, wird der entsprechende Nachweis ignoriert.

Als Hilfestellung für den Anwender kann der Grenzwert auch als Vielfaches von f_{ck} bzw. f_{yk} , d.h. in Abhängigkeit der im Registerblatt **Bemessung** definierten Materialgüten, eingegeben werden.

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**), einer aus den vorher geföhrteten Tragföhigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis eingehenden Lasten. Der Maximalwert wird übernommen.

Ist der *Nachweis für die Bewehrung* nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Anfangsbewehrung auf der Zugseite entsprechend erhöht.

Ist der *Nachweis für den Beton* nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte auf der Druckseite erhöht.

Dichtigkeitsnachweis

☒ Dichtigkeitsnachweis föhren

zul x_D

20,0

mm

zulässige Druckzonendicke

Der Dichtigkeitsnachweis wird hier als Nachweis der Mindestdruckzonendicke nach der DAfStb-Richtlinie *Wasserundurchlässige Bauwerke* geföhrt und erfordert die Eingabe der

- zul x_D zulässigen Mindestdruckzonendicke

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**), einer aus den vorher geföhrteten Tragföhigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis eingehenden Lasten. Der Maximalwert wird übernommen.

Ist der Nachweis nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Anfangsbewehrung entsprechend erhöht.

Nachweisergebnis

Aus den Gebrauchstauglichkeitsnachweisen erhält man

- die maximalen Bewehrungsquerschnitte a_{s10} , a_{s20} , a_{s1u} , a_{s2u} in cm^2/m
- den Bewehrungsgrad μ_s

sowie als Zusatzergebnisse

- die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung a_{s010} , a_{s020} , a_{s01u} , a_{s02u} in cm^2/m
- die Differenzbewehrung zur Anfangsbewehrung Δa_{s10} , Δa_{s20} , Δa_{s1u} , Δa_{s2u} in cm^2/m

für den Rissnachweis

- die Mindestbewehrung $a_{s10,\text{Min}}$, $a_{s20,\text{Min}}$, $a_{s1u,\text{Min}}$, $a_{s2u,\text{Min}}$ in cm^2/m
- die zulässigen Grenzdurchmesser d_{sR10} , d_{sR20} , d_{sR1u} , d_{sR2u} in mm

für den Ermüdungsnachweis

- die Schwingbreite $\Delta\sigma_{s10}$, $\Delta\sigma_{s20}$, $\Delta\sigma_{s1u}$, $\Delta\sigma_{s2u}$ in MN/m^2
- die Betonausnutzung aus Ermüdung U_c
- die extremalen Stahlspannungen σ_{s10} , σ_{s20} , σ_{s1u} , σ_{s2u} in MN/m^2
- die extreme Betonspannung σ_c in MN/m^2
- die Ergebnisse für die Querkraftbewehrung $\Delta\sigma_{sv}$ in MN/m^2 , a_{sq} , a_{s0q} und Δa_{sq} in cm^2/m^2

für den Spannungsnachweis

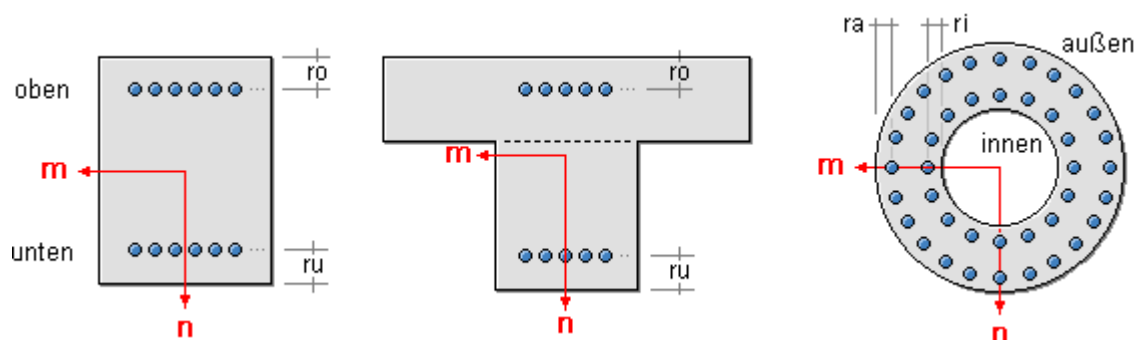
- die extremalen Stahlspannungen σ_{s10} , σ_{s20} , σ_{s1u} , σ_{s2u} in MN/m^2
- die minimale Betonspannung σ_c in MN/m^2

für den Dichtigkeitsnachweis

- die minimale Druckzonendicke

allgemeine Bemessungsoptionen Stabträger

Mit dem Programm 4H-ALFA, Platte / Scheibe, können folgende typisierte Stahlbetonquerschnitte einachsrig bemessen werden



- Rechteck (als Balken oder Plattenstreifen)
- Plattenbalken (als Unter- oder Überzug)
- Vollkreis (ggf. mit Wendelbewehrung)
- Kreisring

Nachdem festgelegt wurde, dass der Stab bemessen werden soll, können alle weiteren Bemessungsparameter bearbeitet werden.

☒ **Der Stab soll bemessen werden**

maximaler Bewehrungsgrad: max μ 8.0 %

Bewehrungsanordnung
Zugbewehrung

Randabstände in cm

oben r_o

4.0

unten r_u

7.0

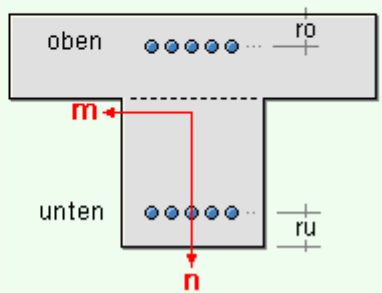
Grundbewehrung in cm²

oben

1.57

unten

6.28



In diesem Registerblatt gehören zu den Bemessungsparametern

- **Randabstände:** Es sind für den Rechteck- und Plattenbalkenquerschnitt die Stahlrandabstände (Abstand vom Betonrand zum Schwerpunkt der Stahleinlagen) oben, unten, für den Kreisquerschnitt der äußere und für den Kreisringquerschnitt der äußere und innere Stahlrandabstand festzulegen.
- **Grundbewehrung:** Es kann eine Grundbewehrung vorgegeben werden, die mit der erforderlichen Bewehrung aus den Nachweisergebnissen extremiert wird bzw. als Eingangsbelegung in die Nachweise eingeht.
- **maximaler Bewehrungsgrad:** Programmintern erfolgt sowohl für jeden Nachweis als auch für das Gesamtergebnis eine Überprüfung des maximalen Bewehrungsgrades.
- **Bewehrungsanordnung:** Aus konstruktiven Gründen kann es sinnvoll sein, oben und unten den gleichen Bewehrungsquerschnitt einzulegen. In diesem Fall ist die **symmetrische** Bewehrungsanordnung auszuwählen, während die **Zugbewehrung** stets die minimale Bewehrung ermittelt.
- **Wendelbewehrung** (nur Vollkreis und nur Biegebemessung nach DIN 1045)

☒ **Der Stab soll bemessen werden**

maximaler Bewehrungsgrad: max μ 8.0 %

Randabstand in cm

r_a

4.0

Grundbewehrung in cm²

vorh. A_s

0.00

☒ **Wendelbewehrung**
(nur wirksam bei der Biegebemessung nach DIN 1045 (7.88))

d_w

68.0

cm

d_{sw}

12.0

mm

s_w

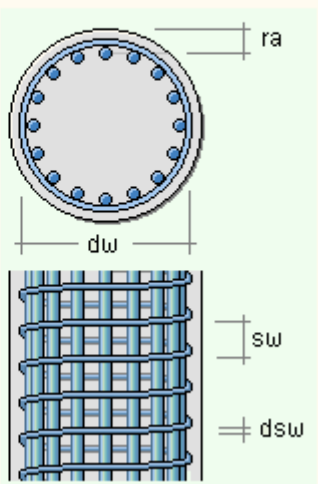
6.0

cm

s_k

3.5

m



Optional kann der Druckkraftwiderstand eines Kreisquerschnitts erhöht werden, indem eine Wendelbewehrung angeordnet wird. Die notwendigen Parameter sind

- d_w Durchmesser der Wendelbewehrung in cm
- d_{sw} Stabdurchmesser der Wendel in mm
- s_w Ganghöhe in cm
- s_k Knicklänge der maßgebenden Stütze (kann aufgrund der Fülle an Einflussfaktoren programmintern nicht ermittelt werden)

Bemessungsoptionen Eurocode 2 Stabträger

Das Registerblatt behandelt die Parameter für Nachweise nach DIN EN 1992-1-1, Eurocode 2.

Material

Nachweise nach EC 2	
☒ Betongüte entspr. Materialdaten	
Betongüte	C20/25
☒ Kriechen und Schwinden (nur für Nachweise im GZG)	
$\varphi(\infty, t_{0k})$	3.377
☐ $\varphi(\infty, t_{0k})$ berechnen	
$\varepsilon_{cs, \infty}$	-0.527 ‰
☐ $\varepsilon_{cs, \infty}$ berechnen	
Längsbewehrung	B500
☐ Expositionsklasse	ohne Einfluss auf die Bemessung

In Auswahlboxen werden die möglichen Beton- und Betonstahlsorten (Stabstahl für Biegebemessung und Nachweise, Bügel für Schubbemessung) angeboten.

Um eine Korrespondenz zu dem der Schnittgrößenermittlung zugrunde liegenden Material zu erhalten, können Betongüte und Rohdichte aus dem Materialeigenschaftsblatt der Berechnung übernommen werden.

Für Biege- und Schubbemessung können unterschiedliche Stahlgüten angewählt werden.

Außerdem kann eine Bemessung für benutzerdefinierte (**freie**) Materialien erfolgen. Dazu sind die benötigten Grenzwerte zur Beschreibung der Spannungsdehnungslinien anzugeben.

Bei Verformungsberechnungen (Spannungsermittlung bei den Nachweisen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit) werden bei Bedarf die eingegebenen Kriech- und Schwindbeiwerte berücksichtigt.

Die Angabe einer Expositionsklasse des Bauteils hat keinen Einfluss auf das Bemessungsergebnis, sondern dient lediglich der Information im Statikdokument.

Biegebemessung

Biegebemessung	
Mindestbewehrung	Träger/Stütze
	gemäß EC 2, 9.2.1.1 und 9.5.2

Bei der Berücksichtigung der Mindestbewehrung ist zu beachten, ob es sich um ein überwiegend biegebeanspruchtes Bauteil oder eine Stütze (hauptsächlich auf Druck beanspruchtes stabförmiges Bauteil) handelt.

Der Anwender kann aus einer Liste auswählen, welches Kapitel zur Bestimmung der Mindestbewehrung maßgebend ist. Wird **Träger/Stütze** aktiviert, entscheidet die aktuelle Schnittgrößenkombination.

Schubbemessung

Schubbemessung	
Schubbewehrung	wie Längsbew.
☐ OHNE Mindestbewehrung	gemäß EC 2, 9.2.2(5)
innerer Hebelarm	$z = 0.9 d$ (je Richtung)
	$z = 0.9 d - 2 c_{v,D}$
mit $c_{v,D}$	3.0 cm
	Betondeckung zur Druckbew. ($c_{v,D} > 0$)
Druckstrebenwinkel	☒ minimiert ☐ vereinfacht
	0.00 °
Torsion: effektive Wanddicke	0.00 cm
	(= 0: gemäß EC 2, 6.3.2(1))

Folgende Parameter sind optional

- ohne Mindestbewehrung
- innerer Hebelarm: das Verfahren zur Berechnung des inneren Hebelarms wird nachweisglobal bestimmt
- Druckstrebenwinkel θ : Neigungswinkel der Druckstrebe
- minimiert ($\theta = 0$): ein minimaler Druckstrebenwinkel führt zu einer minimalen Querkraftbewehrung.
Aber: Der Druckstrebenwinkel geht auch in die Berechnung der Verankerungslängen ein, d.h. die minimale Querkraftbewehrung führt zu einer maximalen Verankerungslänge der Längsbewehrung.
 - vereinfacht: bei variablem Druckstrebenwinkel (minimiert) werden die vereinfachten Werte für reine Biegung, Biegung mit Druck bzw. Biegung mit Zug gesetzt.
- Fuge (nur Rechteck-, Plattenbalkenquerschnitt): Bemessung einer Verbundfuge
 - Oberfläche: Ausführung der Betonoberfläche in der Verbundfuge
 - Fugenbreite
- Wirksamkeitsfaktor (nur bei Kreisquerschnitten): Über den Wirksamkeitsfaktor kann das ungünstigere Querkrafttragverhalten eines Kreisquerschnitts berücksichtigt werden.
- effektive Wanddicke: Die Torsionsbemessung basiert auf einer (fiktiven) effektiven Wanddicke eines Hohlquerschnitts, die entweder vorgegeben oder nach Norm ermittelt werden kann.

Bemessungsergebnis

Aus der Biegebemessung erhält man

- die maximalen Bewehrungsquerschnitte A_{s0} , A_{su} in cm^2
- den Bewehrungsgrad μ_s

sowie als Zusatzergebnisse

- die eingegebene Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**) A_{s0o} , A_{s0u} in cm^2
- die statisch erforderliche Bewehrung A_{sbo} , A_{sbu} in cm^2
- die Differenzbewehrung zur eingegebenen Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**) ΔA_{s0} , ΔA_{su} in cm^2

Die Schubbemessung liefert für die Querkraft

- die maximale Querkraftbügelbewehrung (insgesamt) a_{sbQ} in cm^2/m

sowie als Zusatzergebnisse

- den Bemessungswert der einwirkenden Querkraft V_{Ed} in kN
- den Bemessungswert der ohne Querkraftbewehrung aufnehmbaren Querkraft $V_{Rd,ct}$ in kN
- den Bemessungswert der durch die Druckstrebenfestigkeit begrenzten aufnehmbaren Querkraft $V_{Rd,max}$ in kN
- den Druckstrebenwinkel θ
- den Ausnutzungsbereich AB nach 9.3.2(3)

für die Torsion (nicht 4H-ALFA-Scheibe)

- die maximale Torsionslängsbewehrung A_{sT} in cm^2
- die maximale Torsionsbügelbewehrung (je Seite) a_{sbT} in cm^2/m

sowie als Zusatzergebnisse

- den Bemessungswert des einwirkenden Torsionsmoments T_{Ed} in kNm
- den Bemessungswert des maximal aufnehmbaren Torsionsmoments $T_{Rd,max}$ in kNm

für Querkraft und Torsion (nicht 4H-ALFA-Scheibe)

- die Ausnutzung aus Querkraft und Torsion U_{V+T}

Rissnachweis

☒ Rissnachweis			
Ø der rissverteilenden Längsbewehrung:			
	links	rechts	
oben	16	16	mm
unten	16	16	mm
Rissbreite w_k	0.30		mm
$w_k < 0.30$ mm: häufige oder seltene Ewk $w_k \geq 0.30$ mm: quasi-ständige Ewk			
☐ kurzfristige Lasteinwirkung			
Verbund	gut		▼
Dauerstandeffekt zur Berücksichtigung der Verbund-eigenschaften der Bewehrung			
☒ Begrenzung der Rissbreite (aus Lastbeanspruchung)			
Beiwert k_{zt0}	1.00		
zur Berücksichtigung des Betonalters ($k_{zt0} \geq k_{zt}$ bei Verkehrslastaufbringung (≈ 1.0 : 28 Tage))			
☒ Mindestbewehrung (Erstrissbildung aus unbeabsichtigtem Zwang)			
Beiwert k_{zt}	0.65		
zur Berücksichtigung des Betonalters (≈ 0.65 : frühes Betonalter, Abfluss der Hydratation)			
Erstriss-bildung	☒ unter zentr. Zwang ☐ unter Biegezwang		
Indu-zierung	☒ innerhalb ☐ außerhalb		
Erm. des Beiwerts k zur Berücksichtigung von nichtlinear verteilten Betonzugspannungen (außerhalb induz., z.B. Stützensenkung: $k=1.0$)			
☐ langsam erhärtender Beton			
Reduktion der Mindestbewehrung			

Der Nachweis ist in zwei Teile gegliedert

- Ermittlung der Mindestbewehrung, um unbeabsichtigte Zwangsbeanspruchungen zum Zeitpunkt der Erstrissbildung (vor Verkehrslastaufbringung) abzufangen
- Begrenzung der Rissbreite nach Endrissbildung

Der Nachweis erfolgt auf der Basis zur Einhaltung der Grenzdurchmesser der Längsbewehrung, deshalb ist bei allen Verfahren

- der Stabdurchmesser d_s der rissverteilenden Bewehrung in mm

festzulegen. Ist ein Durchmesser Null, wird die entsprechende Bewehrungsrichtung nicht nachgewiesen.

Der Rissnachweis kann nach

- Norm (ohne direkte Berechnung der Rissbreite)
- Norm (direkte Berechnung der Rissbreite)
- Schießl
- Noakowski

erfolgen. Die Verfahrensauswahl erfolgt nachweisglobal.

Wesentliche Eingangsgröße ist

- die Rissbreite w_k

Weiterhin gehen ein

- das Verbundverhalten zwischen Bewehrung und Beton (nur für die Nachweisverfahren von Schießl u. Noakowski)
- zur Ermittlung der Mindestbewehrung (für die Erstrissbildung)
 - Art der Zwangsbeanspruchung (zentrischer Zwang, Biegezwang)
 - Grund für die Zwangsbeanspruchung (innerhalb oder außerhalb des Bauteils induziert)
 - Faktor $k_{z,t}$ für das maßgebende Betonalter zum Zeitpunkt der Erstbelastung. Die Beanspruchung aus dem Abfließen der Hydratationswärme kann mit 'zent. Zwang' und $k_{z,t} = 0.65$ geführt werden.
 - langsam erhärtender Beton
- zur Ermittlung der Rissbewehrung (aus Lastbeanspruchung)
 - kurzfristige Lasteinwirkung, um dem Dauerstandeffekt Rechnung zu tragen
 - Faktor $k_{z,t0}$ für das maßgebende Betonalter zum Zeitpunkt der Verkehrslastaufbringung (i.A. $k_{z,t0} = 1$)

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**), einer aus den vorher geführten Tragfähigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis eingehenden Lasten. Der Maximalwert wird übernommen.

Der Nachweisteil *Begrenzung der Rissbreite* überprüft, ob die erforderlichen Grenzdurchmesser oben und unten für die maßgebende Risslast eingehalten werden.

Ist der Nachweis nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Anfangsbewehrung entsprechend erhöht.

Ermüdungsnachweis

☒ **Ermüdungsnachweis**

$\Delta\sigma_{Rsk}$	175.0	N/mm ²	Spannungsschwingbreite der Längsbewehrung Spannungsschwingbreite der Querkraftbewehrung Bei 90°-Bügeln mit Bügelhöhen ≥ 60 cm und $\phi_{bü} \leq 16$ mm gilt i.d.R. $\Delta\sigma_{RskV} = \Delta\sigma_{Rsk}$ Zeitpunkt der Erstbelastung des Betons
$\Delta\sigma_{RskV}$	80.0	N/mm ²	
t_0	28	d	

Der Nachweis ist in zwei Teile gegliedert

- Nachweis für die Bewehrung (Längs- und Querkraftbewehrung)
- Nachweis für den Beton

Wesentliche Eingangsgrößen sind

- die zulässige Spannungsschwingbreite für die Längsbewehrung zul $\Delta\sigma_{Rsk}$ in N/mm², die i.A. für gerade und gebogende Stäbe (Stabstahl) 162.5 N/mm² und für geschweißte Stäbe (Betonstahlmatten) 58 N/mm² betragen darf
- die zulässige Spannungsschwingbreite für die Querkraftbewehrung zul $\Delta\sigma_{Rsk,V}$ in N/mm², die i.A. 99 N/mm² betragen darf
- der Zeitpunkt der Erstbelastung des Betons t_0 in d

Die Parameter sind vom Anwender frei eingebbar. Ist einer der Parameter Null, wird der entsprechende Nachweisteil nicht durchgeführt. Ist der Parameter für die Längsbewehrung Null, wird auch die Querkraftbewehrung nicht nachgewiesen.

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**), einer aus den vorher geführten Tragfähigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis eingehenden Lasten. Der Maximalwert wird übernommen.

Ist der *Nachweis für die Bewehrung* nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Anfangsbewehrung entsprechend erhöht.

Spannungsnachweis

☒ **Spannungsnachweis führen**

Vorgabe: ☒ Faktor ☐ zul σ

zul σ_c =	0.60	* f_{ck} =	-21.0	N/mm ²
zul σ_s =	0.80	* f_{yk} =	400.0	N/mm ²

Der Nachweis ist in zwei Teile gegliedert

- Nachweis für die Bewehrung
- Nachweis für den Beton

Der Nachweis erfordert die Eingabe der beiden Grenzwerte

- zul σ_c für den Beton und
- zul σ_s für die Bewehrung

welche je nach Einwirkungskombination variieren.

Ist einer der beiden Grenzwerte gleich Null, wird der entsprechende Nachweis ignoriert.

Als Hilfestellung für den Anwender kann der Grenzwert auch als Vielfaches von f_{ck} bzw. f_{yk} , d.h. in Abhängigkeit der definierten Materialgüten, eingegeben werden.

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**), einer aus den vorher geführten Tragfähigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis

globale Einstellungen für den Brückenbau



Das Fenster mit den globalen Einstellungen für den Brückenbau wird durch Klicken der Buttons **globale Einstellungen** und **brückenbauspezifische Einstellungen** erreicht.

Zunächst ist der Brückentyp festzulegen, was i.W. Einfluss auf die Teilsicherheitsbeiwerte (γ -Werte) und Kombinationsbeiwerte (ψ -Werte) nach DIN Fachbericht 101, Anhang C und D, bzw. Eurocode, die vom Programm automatisch gesetzt werden (Standardwerte).

Ein Klick auf den Button **Tragfähigkeitsnachweise** unter der Überschrift *Nachweisoptionen* öffnet ein Fenster zur Einstellung der Abminderungsfaktoren der Zwangsschnittgrößen bei Tragfähigkeitsnachweisen im Bruchzustand.

Die Sicherheitsbeiwerte gemäß DIN Fachbericht 101/102 sind über den Brückentyp standardmäßig voreingestellt.

Es ist jedoch möglich, über die Optionsknöpfe in den Auswahlbereichen *Sicherheitsbeiwerte FB 101/102* bzw. *Eurocode abweichende Werte* einzustellen.

Bei Nachweisen nach Eurocode werden die Lastfaktoren (Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte) dem eingestellten nationalen Anwendungsdokument (NAD) entnommen.

NADs enthalten länderspezifische Einstellungen (Parameter) zu den Eurocode-Normen und können vom Anwender der **pcae**-Programme erzeugt und inhaltlich bearbeitet werden.

Das DTE[®]-System bietet in der Schreibtischschublade ein entsprechendes Werkzeug an. Voreingestellt ist stets das NAD *Deutschland*, das von **pcae** mitgeliefert und gegen Änderungen geschützt ist.