

Fassung November 2011

Programm

# **RF-BETON** Stäbe

Stahlbetonbemessung nach SIA 262

# Programm-Beschreibung

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der INGENIEUR-SOFTWARE DLUBAL GMBH ist es nicht gestattet, diese Programmbeschreibung oder Teile daraus auf jedwede Art zu vervielfältigen.

© Ingenieur-Software Dlubal GmbH Am Zellweg 2 D-93464 Tiefenbach

Tel.:	+49 (0) 9673 9203-0
Fax:	+49 (0) 9673 9203-51
E-Mail:	info@dlubal.com
Web:	www.dlubal.de



# Inhalt

	Inhalt	Seite		Inhalt	Seite
1	Einleitung	5	4.2	Start der Berechnung	50
1.1	Zusatzmodul RF-BETON Stäbe	5	5	Ergebnisse	52
1.2	RF-BETON Stäbe Team	6	5.1	Erforderliche Bewehrung	52
1.3	Gebrauch des Handbuchs	6	5.1.1	Erforderliche Bewehrung	
1.4	Aufruf von RF-BETON Stäbe	7		querschnittsweise	52
2	Theoretische Grundlagen	9	5.1.2	Erforderliche Bewehrung stabsatzweise	55
2.1	Tragfähigkeitsnachweis	9	5.1.3	Erforderliche Bewehrung stabweise	55
2.1.1	Biegung und Normalkraft	9	5.1.4	Erforderliche Bewehrung x-stellenweise	56
2.1.2	Querkraft	10	5.1.5	Erforderliche Bewehrung unbemessbar	57
2.2	Gebrauchstauglichkeitsnachweis	13	5.2	Vorhandene Bewehrung	58
2.2.1	Vorhandene Bewehrung	13	5.2.1	Vorhandene Längsbewehrung	58
2.2.2	Mindestbewehrung	13	5.2.2	Vorhandene Bügelbewehrung	63
2.2.3	Begrenzung der Rissbreiten	14	5.2.3	Vorhandene Bewehrung x-stellenweise	66
2.2.4	Begrenzung der Betonstahlspannungen	15	5.2.4	Stahlliste	67
2.2.5	Nachweis des Stababstands	15	5.3	Gebrauchstauglichkeitsnachweis	69
2.2.6	Begrenzung der Verformungen	15	5.3.1	Gebrauchstauglichkeitsnachweis querschnittsweise	69
2.2.7	Kriechen und Schwinden	17	5.3.2	Gebrauchstauglichkeitsnachweis	
2.2.7.1	Ermittlung der Eingangsgrössen	17		stabsatzweise	71
2.2.7.2	Rechnerische Berücksichtigung von Kriechen/Schwinden	22	5.3.3 5.3.4	Gebrauchstauglichkeitsnachweis stabweise Gebrauchstauglichkeitsnachweis x-	≗ 72
3	Eingabedaten	24		stellenweise	72
3.1	Basisangaben	24	6	Ergebnisauswertung	73
3.1.1	Tragfähigkeit	26	6.1	Bewehrungsvorschlag	73
3.1.2	Gebrauchstauglichkeit	27	6.2	3D-Rendering der Bewehrung	74
3.2	Materialien	28	6.3	Ergebnisse am RFEM-Modell	76
3.3	Querschnitte	30	6.4	Ergebnisverläufe	79
3.4	Rippen	33	6.5	Filter für Ergebnisse	80
3.5	Lager	35	7	Ausdruck	81
3.6	Bewehrung	37	7.1	Ausdruckprotokoll	81
3.6.1	Längsbewehrung	38	7.2	Grafikausdruck	82
3.6.2	Bügel	40	8	Allgemeine Funktionen	83
3.6.3	Bewehrungsanordnung	41	8.1	RF-BETON Stäbe-Bemessungsfälle	83
3.6.4	Mindestbewehrung	43	8.2	Querschnittsoptimierung	85
3.6.5	Norm	46	8.3	Einheiten und Dezimalstellen	86
3.6.6	Vouten	48	8.4	Export der Ergebnisse	87
4	Berechnung	50	9	Beispiel	89
4.1	Plausibilitätskontrolle	50	9.1	Eingabedaten	89



# Inhalt

	Inhalt	Seite	_	Inhalt	Seite
0.2	Vorworte der Verfermungsberechnung	00	9.6	Frachnic in DE RETON Stäho	02
9.2 9.3	Krümmung im Zustand I	90	9.0 Δ		95
9.4	Krümmung im Zustand II	91	P	Indox	95
9.5	Ermittlung der Durchbiegung	92	D	muex	57



# Einleitung

# 1.1 Zusatzmodul RF-BETON Stäbe

Das Stahlbeton-Bemessungsmodul RF-BETON Stäbe ist vollständig in die RFEM-Oberfläche integriert. Damit ist die lückenlose Bewältigung von Bemessungsaufgaben für Stahlbetonbauteile mit Stabwerkselementen gewährleistet.

Das Zusatzmodul übernimmt alle relevanten RFEM-Strukturparameter wie Material, Querschnitte, Stäbe, Stabsätze, Rippen, Lager sowie die Schnittgrössen der definierten Einwirkungen und Kombinationen. Im Programm sind jedoch auch Bemessungsalternativen mit geänderten Querschnitten – einschliesslich einer Querschnittsoptimierung – möglich.

RF-BETON Stäbe untersucht die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit. Die Riss- und Durchbiegungsnachweise werden durch eine direkte Berechnung der Rissbreiten und Verformungen geführt. Optional wird im Programm untersucht, ob der Brandschutznachweis nach EN 1992-1-2:2004 erfüllt ist.

Der Einfluss von Kriechen und Schwinden wird bei der Analyse des Verformungszustandes optional berücksichtigt.

Die Stahlbetonbemessung erfolgt nach folgenden nationalen und europäischen Normen:

- DIN 1045:1988-07
- DIN 1045-1:2001-07
- DIN 1045-1:2008-08
- DIN V ENV 1992-1-1:1992-06
- ÖNORM B 4700:2001-06
- EN 1992-1-1:2004
- ACI 318-08
- SIA 262

Die links dargestellte Liste der für EN 1992-1-1:2004 verfügbaren Nationalen Anhänge wird ständig erweitert.

Die ermittelte erforderliche Bewehrung beinhaltet einen Bewehrungsvorschlag, der alle Anwendervorgaben zu Längs- und Bügelstäben berücksichtigt. Diese Bewehrungsausführung kann jederzeit angepasst werden; die mit den Änderungen verbundenen Nachweise werden automatisch aktualisiert.

Es besteht die Möglichkeit, die eingelegte Bewehrung fotorealistisch zu visualisieren. Diese wirklichkeitsgetreue Darstellung des Bewehrungskorbes kann – wie alle übrigen Ein- und Ausgabedaten des Moduls – im zentralen Ausdruckprotokoll von RFEM dokumentiert werden.

Wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg mit dem Modul RF-BETON Stäbe. An dieser Stelle bedanken wir uns auch für die bisherige konstruktive Zusammenarbeit. Ihre Hinweise und Verbesserungsvorschläge werden in die Weiterentwicklung des Programms einfliessen.

Ihr Team von ING.-SOFTWARE DLUBAL GMBH

SIA 262
E DIN 1045-1:2008-08
DIN 1045-1:2001-07
DIN 1045:1988-07
DIN V ENV 1992-1-1:1992-06
CNORM B 4700:2001-06-01
EN 1992-1-1:2004
ACI 318-08
SIA 262



# 1.2 RF-BETON Stäbe Team

An der Entwicklung von RF-BETON Stäbe waren beteiligt:

#### Programmkoordinierung

Dipl.-Ing. Georg Dlubal Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer Dipl.-Ing. (FH) Younes El Frem

#### Programmierung

Ing. Michal Balvon Jaroslav Bartoš Ing. Ladislav Ivančo Ing. Alexandr Průcha Ing. Roman Svoboda Dis. Jiří Šmerák RNDr. Stanislav Škovran

#### Programmkontrolle

Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer Ing. Jan Fráňa Ing. Pavel Gruber Ing. Bohdan Šmid Jana Vlachová

#### Handbuch, Hilfesystem und Übersetzungen

Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl Mgr. Petra Pokorná Dipl.-Ing. Frank Faulstich Dipl.-Ü. Gundel Pietzcker

#### Technische Unterstützung und Endkontrolle

Dipl.-Ing. (BA) Markus Baumgärtel Dipl.-Ing. (BA) Sandy Baumgärtel Dipl.-Ing. (FH) Steffen Clauss Dipl.-Ing. (FH) Matthias Entenmann Dipl.-Ing. Frank Faulstich Dipl.-Ing. (FH) René Flori Dipl.-Ing. (FH) Stefan Frenzel Dipl.-Ing. (FH) Walter Fröhlich Dipl.-Ing. (FH) Andreas Hörold Dipl.-Ing. (FH) Bastian Kuhn M.Sc. Dipl.-Ing. Frank Lobisch Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer M. Eng. Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler Dipl.-Ing. (FH) Frank Sonntag Dipl.-Ing. (FH) Christian Stautner Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl Dipl.-Ing. (FH) Andreas Wopperer

# 1.3 Gebrauch des Handbuchs

Da die Themenbereiche Installation, Benutzeroberfläche, Ergebnisauswertung und Ausdruck im RFEM-Handbuch ausführlich erläutert sind, wird hier auf eine Beschreibung verzichtet. Der Schwerpunkt dieses Handbuchs liegt auf den Besonderheiten, die sich im Rahmen der Arbeit mit dem Zusatzmodul RF-BETON Stäbe ergeben.

Dieses Handbuch orientiert sich an der Reihenfolge und am Aufbau der Eingabe- und Ergebnismasken. Im Text werden die beschriebenen **Schaltflächen** (Buttons) in eckige Klammern gesetzt, z. B. [Grafik]. Gleichzeitig sind sie am linken Rand abgebildet. Zudem sind die **Begriffe** der Dialoge, Tabellen und Menüs in *Kursivschrift* hervorgehoben, um das Nachvollziehen der Erläuterungen zu erleichtern.

Das Handbuch ist nach schweizerischer Rechtschreibregel geschrieben. Am Ende befindet sich ein Stichwortverzeichnis. Sollten Sie trotzdem nicht fündig werden, können Sie auf unserer Website **www.dlubal.de** die Suchfunktion nutzen, um in der Liste aller *Fragen und Antworten* nach bestimmten Kriterien zu filtern.

#### Grafik



# 1.4 Aufruf von RF-BETON Stäbe

Es bestehen in RFEM folgende Möglichkeiten, das Zusatzmodul RF-BETON Stäbe zu starten.

#### Menü

Der Programmaufruf kann erfolgen über das RFEM-Menü

```
Zusatzmodule \rightarrow Stahlbetonbau \rightarrow RF-BETON Stäbe.
```



Bild 1.1: Menü Zusatzmodule  $\rightarrow$  Stahlbetonbau  $\rightarrow$  RF-BETON Stäbe

#### Navigator

RF-BETON Stäbe kann im Daten-Navigator aufgerufen werden über den Eintrag

Zusatzmodule  $\rightarrow$  RF-BETON Stäbe.



Bild 1.2: Daten-Navigator Zusatzmodule  $\rightarrow$  RF-BETON Stäbe



# Panel

RF-BETON Stäbe FA1 - Stahlt LF1 - Eigengewicht und Aufbau LF2 - Nutzlast LF3 - Wind LF4 - Imperfektion nach +X LG1 - Bemessungswerte LG2 - Brand RF-BETON Stäbe FA1 - Bemessung RF-BETON Stäbe FA2 - Brand Falls in der RFEM-Position bereits Ergebnisse für RF-BETON Stäbe vorliegen, kann der relevante Bemessungsfall in der Liste der Lastfälle eingestellt werden (siehe links). Falls erforderlich, ist über die Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] die grafische Anzeige der Ergebnisse zu aktivieren.

Im Panel steht nun die Schaltfläche [RF-BETON Stäbe] zur Verfügung, die den Zugang in das Bemessungsmodul ermöglicht.



RF-BETON Stäbe

Bild 1.3: Panel-Schaltfläche [RF-BETON Stäbe]



# 2 Theoretische Grundlagen

# 2.1 Tragfähigkeitsnachweis

Auf eine ausführliche Beschreibung der linearen Bemessungsverfahren wird verzichtet, da dieses Handbuch kein Lehrbuch ersetzen soll.

# 2.1.1 Biegung und Normalkraft

In SIA 262 werden die Bemessungsgrundlagen für den Nachweis in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit dargestellt. Diese Regelungen gelten für Biegung mit oder ohne Normalkraft und für Normalkraft allein.

Der rechnerische Versagenszustand tritt ein, wenn die Grenzdehnungen erreicht werden. Je nachdem, wo diese Grenzdehnungen auftreten, kann das Versagen durch den Beton oder den Betonstahl ausgelöst werden.

Das folgende Bild verdeutlicht die zulässigen Dehnungsverteilungen bei Biegung mit und ohne Längskraft nach SIA 262.



Bild 2.1: Rechnerisch mögliche Dehnungsverteilungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Die im Bild gezeigten Bereiche der Dehnungsverteilungen bedeuten nach [18]:

#### Bereich 1

Dieser Bereich stellt sich bei einer mittigen Zugkraft oder bei einer Zugkraft mit geringer Ausmitte ein. Über dem gesamten Querschnitt treten nur Dehnungen auf. Der statisch wirksame Querschnitt besteht nur aus den beiden Bewehrungslagen A<sub>s1</sub> und A<sub>s2</sub>. Die Bewehrung versagt, weil die Grenzdehnung  $\varepsilon_{ud}$  erreicht wird.



#### **Bereich 2**

Bereich 2 tritt bei reiner Biegung und bei Biegung mit Längskraft (Druck- und Zugkraft) auf. Die Nulllinie liegt innerhalb des Querschnitts. Die Biegezugbewehrung wird voll ausgenutzt, d. h. der Stahl versagt durch das Erreichen der Grenzdehnung. Der Betonquerschnitt wird in der Regel nicht voll ausgenutzt: Die Stauchungen erreichen nicht die Grenzdehnung  $\epsilon_{c2d}$ .

#### **Bereich 3**

Dieser Bereich stellt sich nur bei reiner Biegung und bei Biegung mit Längskraft (Druck) ein. Die Tragkraft des Stahls ist grösser als die Tragkraft des Betons. Der Beton versagt, weil seine Grenzdehnung  $\varepsilon_{c2d}$  erreicht wird.

Das Versagen des Betons kündigt sich wie in den Bereichen 1 und 2 durch Risse an, da der Stahl die Fliessgrenze überschreitet (Bruch mit Vorankündigung).

#### Bereich 4

Bereich 4 tritt bei Biegung mit einer Längsdruckkraft auf. Er stellt den Übergang eines vorwiegend auf Biegung beanspruchten Querschnitts zu einem auf Druck beanspruchten Querschnitt dar. Der Beton versagt, bevor im Stahl die Fliessgrenze erreicht wird, da die möglichen Dehnungen sehr klein sind. Dieser Bereich hat einen stark bewehrten Querschnitt zur Folge. Er wird daher durch Einlegen einer Druckbewehrung vermieden.

Kleine Stahldehnungen in der Zugzone führen zum Bruch ohne Vorankündigung (die Biegezugbewehrung gerät nicht ins Fliessen).

#### **Bereich 5**

Dieser Bereich liegt bei einer Druckkraft mit geringer Ausmitte (z. B. Stütze) oder bei einer zentrischen Druckkraft vor. Über dem gesamten Querschnitt treten nur Stauchungen auf. Die Stauchung am weniger gedrückten Rand liegt zwischen  $0 > \varepsilon_{c1} > \varepsilon_{c2}$ . Alle Stauchungsverteilungen schneiden sich im Punkt C.

# 2.1.2 Querkraft

Der Nachweis der Querkrafttragfähigkeit ist nur im Grenzzustand der Tragfähigkeit zu führen. Die Einwirkungen und die Widerstände gehen mit ihren Bemessungswerten ein. Das allgemeine Nachweisformat nach SIA 262 lautet:

 $V_{\text{Ed}} \leq V_{\text{Rd}}$ 

- mit V<sub>Ed</sub> Bemessungswert der einwirkenden Querkraft
  - V<sub>Rd</sub> Bemessungswert des Querkraftwiderstandes

Je nach Versagensmechanismus wird der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit durch einen der folgenden drei Werte bestimmt.

- V<sub>Rd,s</sub> Bemessungswert des Widerstands der Bügelbewehrung
- V<sub>Rd,c</sub> Bemessungswert des Widerstands des Betondruckfelds

Bleibt die einwirkende Querkraft V<sub>Ed</sub> unter dem Wert von V<sub>Rd,c</sub>, dann ist rechnerisch keine Querkraftbewehrung erforderlich und der Nachweis ist erfüllt.

Liegt die einwirkende Querkraft  $V_{Ed}$  über dem Wert von  $V_{Rd,cr}$  ist eine Querkraftbewehrung vorzusehen. Die Querkraftbewehrung muss die gesamte Querkraft aufnehmen

 $V_{\text{Ed}} \leq V_{\text{Rd,s}}$ 



Die verschiedenen Querkrafttragfähigkeiten bestimmen sich nach SIA 262 wie folgt.

#### Querkrafttragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung

Der Bemessungswert für den Querkraftwiderstand ohne Querkraftbewehrung  $V_{\mbox{\tiny Rd}}$  darf ermittelt werden mit:

$$V_{Bd} = k_d \cdot \tau_{cd} \cdot d \cdot b_w$$
 SIA 262 4.3.3.2.1 (32)  

$$k_d = \frac{1}{1 + k_v \cdot d}$$

$$T_{va}$$
 Schubfestigkeit in N/mm<sup>2</sup>  
d Statische Nutzhöhe der Biegebewehrung in m  

$$b_w$$
 Kleinste Querschnittsbreite innerhalb der Zugzone des Quer-  
schnitts in m  

$$k_v = 2.2 \cdot \frac{m_d}{m_{Rd}}$$
 SIA 262 4.3.3.2.2 (33)  
Bei der Berechnung ist  $\frac{m_d}{m_{Rd}} = 1.00$   

$$k_v = 2.2 \cdot \frac{m_d - m_{Dd}}{m_{Rd} - m_{Dd}}$$
 mit Berücksichtigung der Normalkraft SIA 262 4.3.3.2.7  
Nach [17] 4.5 Einfluss der Normalkraft wird m<sub>Dd</sub> wie folgt berechnet:  
für  $n_d < 0 \ m_{Dd} = -n_d \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{d}{3}\right)$   
für  $n_d > 0 \ m_{Dd} = -n_d \cdot \left(\frac{h}{2} - d'\right)$   
Bei der Berechnung ist  $\frac{m_d - m_{Dd}}{m_{Rd} - m_{Dd}} = 1.00$   

$$k_v = 3.00$$
 wenn plastische Verformungen der Biegebewehrung (z. B. plasti-  
sche Biegegelenke im Bemessungszustand) nicht ausgeschlossen  
werden können SIA 262 4.3.3.2.2 oder  
wenn eine begrenzte Momentenumlagerung nach SIA262 4.1.4.2.5  
durchgeführt wird  
Für Betonstahl mit f<sub>rd</sub> > 435 N/mm<sup>2</sup> ist k<sub>v</sub> mit dem Beiwert f<sub>rd</sub> / 435 nach SIA 262 4.3.3.2.4  
zu vergrössern.  
Für Betonstahl mit f<sub>rd</sub> > 435 N/mm<sup>2</sup> ist k<sub>v</sub> mit dem Beiwert f<sub>rd</sub> / 435 nach SIA 262 4.3.3.2.4  
zu vergrössern.  
Ist die Längsbewehrung im Bereich ≤ d vom Nachweisschnitt abgestuft, ist der Beiwert k<sub>v</sub>  
som 50% zu vergrössern.



#### Querkrafttragfähigkeit mit Querkraftbewehrung

Für Bauteile mit Querkraftbewehrung rechtwinklig zur Bauteilachse gilt:

$$V_{Rd,s} = \left(\frac{A_{sw}}{s}\right) \cdot z \cdot f_{sd} \cdot \cot \alpha$$
 SIA 262 4.3.3.4.3 (37)  
mit  
A<sub>sw</sub> Querschnittsfläche der Querkraftbewehrung

A<sub>sw</sub> Querschnittsfläche der Quer s Bügelabstand

z Hebelarm der inneren Kräfte angenommen zu 0,9·d

f<sub>sd</sub> Bemessungswert der Streckgrenze der Querkraftbewehrung

α Neigung der Betondruckstrebe

Die Neigung der Betondruckstrebe α darf in Abhängigkeit von der Beanspruchung innerhalb bestimmter Grenzen gewählt werden. Damit soll der Tatsache Rechnung getragen werden, dass ein Teil der Querkraft über die Rissreibung abgetragen wird und somit das Fachwerk nicht belastet. Folgende Grenzen sind in Gleichung (34) der SIA 262 empfohlen.

 $25^\circ \le \alpha \le 45^\circ$ 

SIA 262 4.3.3.3.2 (34)

SIA 262 4.3.3.4.5 (39)

Die Druckstrebenneigung  $\alpha$  kann damit zwischen folgenden Werten variieren.

	Mindestneigung	Höchstneigung
α	25,0°	45,0°
cot α	2,14	1,0

Empfohlene Grenzen der Druckstrebenneigung

#### Querkrafttragfähigkeit der Betondruckstrebe

Für Bauteile mit Querkraftbewehrung rechtwinklig zur Bauteilachse ( $\beta$  = 90°) gilt:

$$V_{\text{Rd.c}} = b_{w} \cdot z \cdot k_{c} \cdot f_{cd} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

bei geneigter Querkraftbewehrung

$$V_{\text{Rd,c}} = b_{\text{w}} \cdot z \cdot k_{\text{c}} \cdot f_{\text{cd}} \cdot (\cos\alpha + \cot\beta \cdot \sin\alpha) \sin\alpha \qquad \qquad \text{SIA 262 4.3.3.4.5 (40)}$$

mit

b <sub>w</sub>	Querschnittsbreite
z	Hebelarm der inneren Kräfte angenommen zu 0,9·d
k <sub>c</sub>	Reduktionsbeiwert für Betondruckfestigkeit
$\mathbf{f}_{cd}$	Bemessungswert der Betonfestigkeit

α Neigung der Betondruckstrebe



# 2.2 Gebrauchstauglichkeitsnachweis

Die Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit bestehen aus verschiedenen Einzelnachweisen.

# 2.2.1 Vorhandene Bewehrung

Ehe die Gebrauchstauglichkeitsnachweise geführt werden, prüft RF-BETON Stäbe die vorhandene Bewehrung. Dabei wird zunächst mit den Schnittgrössen der Gebrauchstauglichkeit eine Bemessung wie im Grenzzustand der Tragfähigkeit durchgeführt. Die sich damit ergebende statisch erforderliche Bewehrung wird mit der benutzerdefinierten vorhandenen Bewehrung verglichen.

Ist die vorhandene Bewehrung kleiner als die statisch erforderliche Bewehrung oder ergibt sich im Zuge dieser Untersuchung eine Unbemessbarkeit, so unterbleiben die Gebrauchstauglichkeitsnachweise.

# 2.2.2 Mindestbewehrung

Der Mindestbewehrungsquerschnitt zur Begrenzung der Rissbreite ermittelt sich gemäss SIA 262 4.4.2 vereinfacht wie folgt.

$$A_{s,min} = \frac{k_c \cdot k_t \cdot f_{ctm} \cdot A_{ct}}{\sigma_{s,adm}}$$

A<sub>s,min</sub> Mindestquerschnittsfläche der Betonstahlbewehrung in der Zugzone

- $\sigma_{\text{s,adm}} \qquad \text{Zulässige Spannung der Betonstahlbewehrung}$
- $k_c$  Beiwert zur Berücksichtigung der Spannungsverteilung in der Zugzone  $k_c = 1,0$  bei reinem Zug
  - $k_c = 0,4$  bei Biegung oder Biegung mit Normalkraft
- kt Beiwert zur Berücksichtigung des Einflusses der Abmessung t

nach SIA 262 4.4.1.3 (84)

$$k_t = \frac{1}{1+0.5 \cdot t} \le 1.0 t \text{ in m}$$

t generell die kleinste Bauteilabmessung, ausser für Platten- und Rechteckquerschnitte unter Biegebeanspruchung, dann gilt:

t = h/3 t in m

f<sub>ctm</sub> Mittelwert der Betonzugfestigkeit

Das Programm rechnet wahlweise mit einem variablen Abminderungsbeiwert  $k_{zt}$  für die Betonzugfestigkeit  $f_{\text{ctm}}.$ 

k<sub>zt</sub> = 1,0 bei der Rissbildung ausserhalb der ersten 28 Tage

 $k_{zt} = 0,5$  bei der Rissbildung zwischen dem 3. und 5. Tag

Act Fläche der Betonzugzone



# 2.2.3 Begrenzung der Rissbreiten

Der Nachweis der Rissbreite wird gemäss SIA 262 4.4.2 geführt.

Nach SIA 262 4.4.2.2.3 werden normale, erhöhte und hohe Anforderungen unterschieden:

Normale Anforderungen nach SIA 262 4.4.2.2.4 genügen, wenn Risse toleriert und keine besondere Ansprüche an die Dichtigkeit und das Aussehen gestellt werden. *Erhöhte Anforderungen* nach SIA 262 4.4.2.2.5 werden gestellt, wenn besondere Ansprüche an die Funktionstüchtigkeit und das Aussehen bestehen und eine gute Rissverteilung angestrebt wird. *Hohe Anforderungen* nach SIA 262 4.4.2.2.6 werden gestellt, wenn eine Begrenzung der Rissbreiten für quasiständige und häufige Lastfälle erwünscht ist.

Nach dieser Unterscheidung wird nach SIA 262 4.4.2.3.9 Tabelle 16 die Anforderungsklasse für die Spannungsbegrenzung gewählt.

Ziol	Anforderungen		
	normal	erhöht	hoch
Verhindern spröden Versagens beim Erreichen von $f_{ctd}$	Α	Α	А
Begrenzen der Rissbreiten unter aufgezwungenen oder behinderten Verformungen (beim Erreichen von $f_{ctd}$ )	A	В	С
Begrenzen der Rissbreiten für quasi-ständige Lastfälle gemäss Norm SIA 260	-	-	С
Begrenzen der Rissbreiten für häufige Lastfälle gemäss Norm SIA 260	-	f <sub>sd</sub> - 80	f <sub>sd</sub> - 80

Die Spannungsbegrenzung in Funktion des Stababstandes  $\phi$  wird nach SIA 262 4.4.2.3.10 Figur 31 dargestellt.



Nach [17] Seite 113 werden die Rissöffnungen für Anforderungsklasse B mit 0,5 mm und für C mit 0,2 mm definiert. Für die Anforderungsklasse A und  $f_{sd}$  -80 sind die Rissöffnungen variabel und werden nach [17] 10.15 berechnet:

$$w = \frac{s \cdot (\sigma_{s,adm})^{3/2}}{4 \cdot E_s \cdot \sqrt{\pi \cdot f_{ct}}}$$

- s Stababstand
- E<sub>s</sub> Mittelwert des Elastizitätsmoduls von Betonstahl
- f<sub>ct</sub> Bemessungswert der Streckgrenze der Querkraftbewehrung

$$f_{ct} = k_t \cdot k_{zt} \cdot f_{ctm}$$



# 2.2.4 Begrenzung der Betonstahlspannungen

Zur Vermeidung nichtelastischer Dehnungen, unzulässiger Rissbildungen und Verformungen sind gemäss SIA 262 4.4.2 die Zugspannungen in der Bewehrung zu begrenzen.

Nach SIA 262 4.4.2.3.9 Tabelle 16 werden die Anforderungsklasse für die Spannungsbegrenzung gewählt.

Für die Anforderungsklasse A gilt  $\sigma_{\text{s,adm}} = f_{\text{sd}}$  .

Für die Anforderungsklasse B und C werden die Werte  $\sigma_{\text{s,adm}}$  nach [17] 10.15 berechnet .

$$\sigma_{s,adm} = \left(\frac{4 \cdot w \cdot E_s \sqrt{\pi \cdot f_{ct}}}{s}\right)^{2/3} \le f_{sd}$$

Für die Anforderungsklasse  $f_{sd}$  -80 gilt  $\sigma_{s,adm} = f_{sd}$  -80 .

# 2.2.5 Nachweis des Stababstands

Der maximale Stababstand max  $s_i$  wird nach [17] SIA 10.15 berechnet .

$$s = \frac{4 \cdot E_s \cdot w \cdot \sqrt{\pi \cdot f_{ct}}}{(\sigma_s)^{3/2}} \le 300 \text{mm}$$

# 2.2.6 Begrenzung der Verformungen

Die Richtwerte für zulässige Verformungen sind der Norm SIA 260 zu entnehmen:

Anhang A Gebäude

Tabelle 3: Richtwerte für Durchbiegungen von Decken und Balken

Grenzzustand	Folgen der Auswirkungen			
	irreversibel	reversibel	reversibel	
		Lastfall		
	selten (20)	häufig (21)	quasi-ständig (22)	
Funktionstüchtigkeit – Einbauten mit sprödem Verhalten – Einbauten mit duktilem Verhalten – Nutzung und Betrieb	$w \leq l/500^{-1} 2^{-3}$	$w \le l/350^{-1/2}$ $w \le l/350^{-4/2}$		
Komfort		$w \le l/350^{-4}$		
Aussehen			$w \le l/300^{-1}$	

<sup>1)</sup> Durchbiegung nach Abzug einer allfälligen Überhöhung. Allfällige Langzeitwirkungen aus Schwinden, Relaxation oder Kriechen sind zu berücksichtigen.

<sup>2)</sup> Durchbiegung infolge der Einwirkungen und Langzeitwirkungen nach dem Einbau der relevanten nicht tragenden Bauteile bzw. technischen Ausrüstung.

- <sup>3)</sup> Wenn Einbauten besonders empfindlich auf Verformungen des Tragwerks reagieren, sind neben oder anstelle von bemessungstechnischen vor allem auch konstruktive Massnahmen gegen Beschädigungen vorzusehen.
   <sup>4)</sup> Durchbiegung infolge der veränderlichen Einwirkungen.
- Die Durchbiegungen sind gemäss den Normen SIA 262 bis 266 zu bestimmen.

Abweichende Grenzwerte für Durchbiegungen können in Abstimmung auf die Nutzungsanforderungen vereinbart und müssen in der Projektbasis festgelegt werden. Insbesondere für so genannt sekundäre Bauteile können reduzierte Anforderungen gelten.



Tabelle 4: Richtwerte für horizontale Auslenkungen von Wänden, Rahmen und Stützen

Grenzzustand	Folgen der Auswirkungen				
	irreversibel	reversibel	reversibel		
	Lastfall				
	selten (20)	häufig (21)	quasi-ständig (22)		
Funktionstüchtigkeit – Einbauten mit sprödem Verhalten – Einbauten mit duktilem Verhalten – Nutzung und Betrieb	$u \le h/500^{-1/2}$	$u \le h/200^{-1}$ $u \le H/300$			
Aussehen			u ≤ h/250 <sup>1)</sup>		

1) Horizontale Auslenkung infolge der veränderlichen Einwirkungen.

<sup>2)</sup> Wenn Einbauten besonders empfindlich auf Verformungen des Tragwerks reagieren, sind neben oder anstelle von bemessungstechnischen vor allem auch konstruktive Massnahmen gegen Beschädigungen vorzusehen.

Die horizontalen Auslenkungen sind gemäss den Normen SIA 262 bis 266 zu bestimmen.

Abweichende Grenzwerte für horizontale Auslenkungen können in Abstimmung auf die Nutzungsanforderungen vereinbart und müssen in der Projektbasis festgelegt werden. Insbesondere für Kranbahnen können erhöhte Anforderungen gelten.

Für weitere Konstruktionstypen sind folgende Anhänge zu berücksichtigen.

Anhang B Strassenbrücken

Anhang C Fuss- und Radwegbrücken

Anhang D Normalspurbahnbrücken

Anhang E Schmalspurbahnbrücken

Im Programm wird die Verformung nach dem Verfahren EN 1992-1-1, 7.4.3 berechnet.

Diese Berechnungsmethode ermöglicht es, die Begrenzung der Verformungen mit einer direkten Berechnung nachzuweisen. Die Durchbiegungen sind dabei wirklichkeitsnah zu ermitteln. Das Berechnungsverfahren muss das tatsächliche Bauwerksverhalten mit einer Genauigkeit wiedergeben, die auf den Nachweiszweck abgestimmt ist.

Die Durchbiegung wird durch zweimalige Integration aus der Differentialgleichung der Biegelinie ermittelt. Da sich bei einem Stahlbetonquerschnitt die Steifigkeit jedoch abschnittsweise infolge Rissbildung ändert, ist das Momenten-Krümmungs-Diagramm nichtlinear. Es bestehen grosse Unterschiede in der Krümmung und damit auch in der Durchbiegung für Zustand I und Zustand II.

Die Durchbiegung wird daher mit dem Prinzip der virtuellen Arbeiten für die Stelle der maximalen Verformung bestimmt. Für die Krümmung wird eine Näherungslinie verwendet, die die Extremwerte der Krümmung mit einer zum Momentenverlauf affinen Linie verbindet.

In der Handrechnung werden nach [18] drei Werte der Durchbiegung erfasst:

#### Unterer Rechenwert der Durchbiegung

Die geringste Durchbiegung erhält man, wenn die Berechnung für einen vollständig ungerissenen Querschnitt durchgeführt wird (Zustand I). Diese Durchbiegung wird als fi bezeichnet.

#### Oberer Rechenwert der Durchbiegung

Die grösste Durchbiegung erhält man, wenn die Berechnung für einen vollständig gerissenen Querschnitt durchgeführt wird (Zustand II). Diese Durchbiegung wird als  $f_{\parallel}$  bezeichnet.

#### Wahrscheinlicher Wert der Durchbiegung

Es ist anzunehmen, dass Teilbereiche des Querschnitts ungerissen und andere, höher beanspruchte Bereiche gerissen sind. Dabei verläuft die Momenten-Krümmungs-Beziehung bis zum ersten Riss nach Zustand I und dann teilweise gerissen. Diese Annahme liefert den wahrscheinlichen Wert der Durchbiegung *f*, der zwischen dem unteren und oberen Rechenwert



liegt. Nach EN 1992-1-1, 7.4.3 (3), Gl. (7.18) kann dieser aus folgender Beziehung gewonnen werden:

 $\alpha = \zeta \cdot \alpha_{||} + (1 - \zeta) \cdot \alpha_{||}$ 

Die Werte  $\alpha_{I}$  und  $\alpha_{II}$  kennzeichnen allgemeine Durchbiegungsparameter (z. B.  $f_{I}$  oder  $f_{II}$ ). Dies kann eine Dehnung, Krümmung, Durchbiegung oder Verdrehung sein.  $\zeta$  ist der Verteilungsbeiwert zwischen Zustand I und Zustand II und liegt wie in EN 1992-1-1, Gl. (7.19) dargestellt zwischen  $0 \le \zeta < 1$ . Um eine wahrscheinliche Durchbiegung zu ermitteln, wird die quasiständige Einwirkungskombination zur Berechnung der Schnittgrößen verwendet.



Das Kapitel 9 auf Seite 89 stellt ein Beispiel vor, in dem die Handrechnung einer Verformungsberechnung gemäss EN 1992-1-1 mit der RF-BETON Stäbe-Analyse verglichen wird.

# 2.2.7 Kriechen und Schwinden

## 2.2.7.1 Ermittlung der Eingangsgrössen

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die zeitabhängigen Spannungen und Verformungen aus Kriechen und Schwinden.

**Kriechen** bezeichnet die zeitabhängige Verformung des Betons unter Belastung über einen bestimmten Zeitraum. Die wesentlichen Einflussgrössen sind ähnlich denen des Schwindens, wobei zusätzlich die sogenannte kriecherzeugende Spannung einen wichtigen Einfluss auf die Kriechverformungen hat. Besondere Beachtung bedarf dabei die Dauer der Belastung, der Zeitpunkt der Lastaufbringung sowie die Höhe der Beanspruchung. Die Grösse, durch die das Kriechen erfasst wird, ist die Kriechzahl  $\omega(t,t_0)$  zum betrachteten Zeitpunkt *t*.

**Schwinden** beschreibt eine zeitabhängige Änderung des Volumens ohne Einwirkung von äusseren Lasten oder Temperatur. Auf die weitere Verzweigung des Schwindproblems in einzelne Erscheinungsformen (Trocknungsschwinden, autogenes Schwinden, plastisches Schwinden und Karbonatisierungsschwinden) wird hier nicht näher eingegangen. Wesentliche Einflussgrössen des Schwindens sind die relative Luftfeuchte, die wirksame Bauteildicke, die Gesteinskörnung, die Betonfestigkeit, der Wasserzementwert, die Temperatur sowie die Art und Dauer der Nachbehandlung. Die Grösse, durch die das Schwinden erfasst wird, ist das Schwindmass  $\varepsilon_{cs}(t,ts)$  zum betrachteten Zeitpunkt *t*.

Im Folgenden wird die Ermittlung der Kriechzahl  $\omega(t,t_0)$  und des Schwindmasses es  $\epsilon_{c,s}(t,t_s)$  gemäss SIA 262 und Bemessungsbeispiele zur Norm SIA 262 Anhang 8.2 - Kriechen und Schwinden von Beton vorgestellt.

# Kriechzahl ω(t,t₀)

Voraussetzung zur Anwendung der nachfolgenden Formeln ist, dass die kriecherzeugende Spannung  $\sigma_c$  der einwirkenden Dauerlast folgenden Wert nicht überschreitet:

 $\sigma_c \leq 0,45 \cdot f_{ckj}$ 

mit f<sub>ckj</sub> Zylinderdruckfestigkeit des Betons zum Zeitpunkt des Aufbringens der kriecherzeugenden Spannung



Programm RF-BETON Stäbe © 2011 Ingenieur-Software Dlubal GmbH



Unter der Annahme eines linearen Kriechverhaltens ( $\sigma_c \leq 0,45 f_{ckj}$ ) kann das Kriechen des Betons durch eine Abminderung des Elastizitätsmodul für den Beton erfasst werden.

$$\begin{split} E_{c,eff} &= \frac{1,1 \cdot E_{cm}}{1,1 + \phi(t,t_0)} \\ mit & E_{cm} & mittlerer Elastizitätsmodul nach SIA 262 3.1.2.3.3 \\ & \omega(t,t_0) & Kriechzahl \\ & t & Betonalter zum betrachteten Zeitpunkt in Tagen \\ & t_0 & Betonalter zu Belastungsbeginn in Tagen \end{split}$$

Die Kriechzahl (0(t,t0) zum untersuchten Zeitpunkt t darf wie folgt berechnet werden.

$$\begin{split} \phi(t, t_0) &= \phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \cdot \beta_c(t, t_0) \\ mit \qquad \phi_{RH} &= \left[ 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0, 1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2 \\ RH \qquad \text{Relative Luftfee} \end{split}$$

h<sub>0</sub>

h₀

Relative Luftfeuchte in [%] Wirksame Bauteildicke [mm]

= 
$$\frac{2 \cdot A_c}{u}$$
  
A<sub>c</sub> Querschnittsfläche  
u Querschnittsumfang

Anpassungsfaktoren

$$\alpha_{1}, \alpha_{2} \qquad \text{Anpass}$$

$$\alpha_{1} = \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0,7}$$

$$\alpha_{2} = \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0,2}$$

$$f_{cm}$$

Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}}$$

ſ

f<sub>cm</sub> Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons in [N/mm<sup>2</sup>]

$$B(t_0) = \frac{1}{0, 1 + t_0^{0, 20}}$$

t<sub>0</sub>

Betonalter zu Belastungsbeginn in Tagen

$$\beta_{\rm C}(t,t_0) = \left[\frac{t-t_0}{\beta_{\rm H}+t-t_0}\right]^{0,3}$$

t Betonalter zum betrachteten Zeitpunkt in Tagen

to Betonalter zu Belastungsbeginn in Tagen

$$\beta_{H} = 1.5 \cdot \left[ 1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right] \cdot h_{0} + 250 \cdot \alpha_{3} \le 1500 \cdot \alpha_{3}$$

RH Relative Luftfeuchte [%]

- h<sub>0</sub> Wirksame Bauteildicke [mm]
- α<sub>3</sub> Anpassungsfaktor

$$\begin{aligned} \alpha_3 &= 1 & \text{für } f_{cm} \leq 35 \text{ N/mm}^2 \\ \alpha_3 &= \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0,5} & \text{für } f_{cm} \geq 35 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$



Folgende Eingaben sind zur Berechnung der Kriechzahl erforderlich:

- RH Relative Luftfeuchte [%]
- to Betonalter zu Belastungsbeginn in Tagen
- Betonalter zum betrachteten Zeitpunkt in Tagen (wahlweise :) t

Der Einfluss hoher oder niedriger Temperatur in einem Bereich von 0 °C bis 80 °C auf den Aushärtungsgrad des Betons kann durch eine Korrektur des Betonalters durch folgende Gleichung berücksichtigt werden:

$$t_{T} = \sum_{i=1}^{n} e^{-\left[\frac{4000}{273 + T(\Delta t_{i})} - 13,65\right]} \cdot \Delta t_{i}$$

n

 $\Delta t_i$ 

mit

Anzahl der Perioden mit gleicher Temperatur Temperatur in °C während des Zeitraums  $\Delta t_i$ T(∆t<sub>i</sub>) Anzahl der Tage mit dieser Temperatur T

Der Einfluss der Zementart auf die Kriechzahl des Betons kann dadurch berücksichtigt werden, dass das Belastungsalter to mit Hilfe folgender Formel verändert wird.

$$t_0 = t_{0,T} \cdot \left(1 + \frac{9}{2 + (t_{0,T})^{1/2}}\right)^{\alpha} \ge 0.5$$

α

mit

 $t_{0,T} = t_{T}$ Wirksames Betonalter bei Belastungsbeginn unter Berücksichtigung des Einflusses der Temperatur

Exponent, abhängig von der Zementart

α	Zementart
-1	langsam erhärtende Zemente der Klasse S
0	normal oder schnell erhärtende Zemente der Klasse N
1	schnell erhärtende hochfeste Zemente der Klasse R

#### Beispiel



Beton C25/30 Zement CEM 42,5 N RH: 50% Zwei Temperaturwechsel: --

Dauer	Temperatur
6 Tage	15 °C
8 Tage	7 ℃

Bild 2.3: Querschnitt

Betrachtetes Betonalter tk: 365 Tage

Betonalter bei Kriechbeginn:

$$t_{T} = \sum_{i=1}^{n} e^{-\left[\frac{4000}{273 + T(\Delta t_{i})} - 13,65\right]} \cdot \Delta t_{i} = e^{-\left[\frac{4000}{273 + T(\Delta t_{i})} - 13,65\right]} \cdot 6 + e^{-\left[\frac{4000}{273 + T(\Delta t_{i})} - 13,65\right]} \cdot 8 = 8,96$$
 Tage

Betonalter unter Einfluss der Zementart:

$$t_0 = t_{0,T} \cdot \left(1 + \frac{9}{2 + (t_{0,T})^{1/2}}\right)^{\alpha} = 8,96 \cdot \left(1 + \frac{9}{2 + (8,96)^{1/2}}\right)^0 = 8,96 \text{ Tage}$$

#### 2 Theoretische Grundlagen



Wirksame Bauteildicken:

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 0.3 \cdot 0.5}{2 \cdot (0.3 + 0.5)} = 0.1875 \text{ cm}$$

Kriechzahl:

 $\phi(t,t_0) = \phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \cdot \beta_c(t,t_0) = 1,933 \cdot 2,923 \cdot 0,606 \cdot 0,758 = 2,595$ 

mit

$$\begin{split} \phi_{\mathsf{RH}} &= \left[ 1 + \frac{1 - \frac{\mathsf{RH}}{100}}{\mathsf{0}, 1 \cdot \sqrt[3]{\mathsf{h}_0}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2 = \left[ 1 + \frac{1 - \frac{50}{100}}{\mathsf{0}, 1 \cdot \sqrt[3]{187, 5}} \cdot 1,042 \right] \cdot 1,012 = 1,933 \\ &\qquad \alpha_1 = \left( \frac{35}{\mathsf{f}_{\mathsf{cm}}} \right)^{0,7} = \left( \frac{35}{33} \right)^{0,7} = 1,042 \quad \alpha_2 = \left( \frac{35}{\mathsf{f}_{\mathsf{cm}}} \right)^{0,2} = \left( \frac{35}{33} \right)^{0,2} = 1,012 \\ \beta(\mathsf{f}_{\mathsf{cm}}) &= \frac{16,8}{\sqrt{\mathsf{f}_{\mathsf{cm}}}} = \frac{16,8}{\sqrt{33}} = 2,923 \\ \beta(\mathsf{t}_0) &= \frac{1}{\mathsf{0}, 1 + \mathsf{t}_0^{0,2}} = \frac{1}{\mathsf{0}, 1 + 8,96^{\mathsf{0},2}} = \mathsf{0},606 \\ \beta_{\mathsf{c}}(\mathsf{t},\mathsf{t}_0) &= \left[ \frac{\mathsf{t} - \mathsf{t}_0}{\beta_{\mathsf{H}} + \mathsf{t} - \mathsf{t}_0} \right]^{0,3} = \left[ \frac{365 - 8,96}{538,779 + 365 - 8,96} \right]^{\mathsf{0},3} = \mathsf{0},758 \\ \beta_{\mathsf{H}} &= 1,5 \cdot \left[ 1 + (\mathsf{0},\mathsf{0}12 \cdot \mathsf{RH})^{\mathsf{18}} \right] \cdot \mathsf{h}_0 + 250 \cdot \alpha_3 = 1,5 \cdot \left[ 1 + (\mathsf{0},\mathsf{0}12 \cdot 50)^{\mathsf{18}} \right] \cdot \mathsf{187},5 + 250 \cdot \mathsf{1},030 = 538,779 \\ \beta_{\mathsf{H}} &\leq 1500 \cdot \alpha_3 = 1500 \cdot \mathsf{1},030 = \mathsf{1545} \\ \alpha_3 &= \left( \frac{35}{33} \right)^{\mathsf{0},5} = \mathsf{1},030 \end{split}$$



## Schwindmass $\epsilon_{c,s}(t,ts)$

Das Schwinden kann durch die Angabe der Schwindverformung  $\epsilon_{cs}(t,ts)$  definiert werden.

 $\boldsymbol{\epsilon}_{\text{CS}}(t,ts) = \boldsymbol{\epsilon}_{\text{S}}(f_{\text{CM}}) \cdot \boldsymbol{\beta}_{\text{RH}} \cdot \boldsymbol{\beta}_{\text{S}}(t,t_{s})$ 

mit  $\varepsilon_{s}(f_{cm}) = [160 + \beta_{sc} \cdot (90 - f_{cm})] \cdot 10^{-6}$ 

Zementfestigkeitsklasse	βsc
32,5	4
32,5 R; 42,5	5
42,5 R; 52,5	8

Bei Luftlagerung (40 %  $\leq$  RH < 99 %):

$$\beta_{RH} = -1.55 \cdot \beta_{sRH} \qquad \qquad \text{mit } \beta_{sRH} = 1 - \left(\frac{RH}{100}\right)$$

Bei Wasserlagerung (RH  $\ge$  99%):

$$\beta_{RH} = 0,25$$

$$\beta_{S}(t, t_{s}) = \sqrt{\frac{t - t_{s}}{0,035 \cdot h_{0}^{2} + t - t_{s}}}$$

t Betonalter zum betrachteten Zeitpunkt in Tagen t<sub>s</sub> Betonalter zu Beginn des Schwindens in Tagen

3

#### Beispiel

Beton C25/30 Zement CEM 42,5 R RH: 50 % Betonalter t₅ bei Schwindbeginn: 28 Tage Betrachtes Betonalter t: 365 Tage

$$\varepsilon_{cs}(t, ts) = \varepsilon_{s}(f_{cm}) \cdot \beta_{RH} \cdot \beta_{S}(t, t_{s}) = 0,000445 \cdot 1,365 \cdot 0,464 = 0,282 \ \%$$

mit

$$\epsilon_{s}(f_{cm}) = \left[160 + \beta_{sc} \cdot \left(90 - f_{cm}\right)\right] \cdot 10^{-6} = \left[160 + 5 \cdot \left(90 - 33\right)\right] \cdot 10^{-6} = 0,000445$$

$$\beta_{\text{RH}} = -1,55 \cdot 0,875 = -1,365 \qquad \text{mit } \beta_{\text{SRH}} = 1 - \left(\frac{50}{100}\right)^3 = 0,875$$
$$\beta_{\text{S}}(t,t_{\text{S}}) = \sqrt{\frac{t-t_{\text{S}}}{0,035 \cdot h_0^2 + t - t_{\text{S}}}} = \sqrt{\frac{365-28}{0,035 \cdot 187,5^2 + 365 - 28}} = 0,464$$



#### 2.2.7.2 Rechnerische Berücksichtigung von Kriechen/Schwinden

Rechnerisch werden Kriechen und Schwinden im Modell wie folgt berücksichtigt.

#### Kriechen

Wird von der Kenntnis der Dehnungen zum Zeitpunkt t=0 sowie zu einem beliebigen späteren Zeitpunkt *t* ausgegangen, so lässt sich der Kriechbeiwert  $\omega_t$  folgendermassen angeben.

$$\phi_t = \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_{t=0}} - 1$$

Die Gleichung wird umgestellt auf die Dehnung zum Zeitpunkt *t*. Damit ergibt sich folgender Zusammenhang, der bei konstanten Spannungen (kleiner als circa 0,4  $f_{ck}$ ) gültig ist.

 $\varepsilon_t = \varepsilon_{t=0} \cdot (\varphi_t + 1)$ 

Bei grösseren Spannungen als etwa 0,4 f<sub>ck</sub> steigen die Dehnungen überproportional an, wodurch der linear angenommene Bezug verloren geht.

Für die Berechnung in RF-BETON Stäbe wird auf eine gängige, für baupraktische Zwecke sinnvolle Lösung zurückgegriffen: Die Spannungs-Dehnungs-Linie des Betons wird um den Faktor  $(1+\varphi)$  verzerrt.

#### Verzerrung der Spannungs-Dehnungs-Linie zur Berücksichtigung des Kriechens



Bild 2.4: Verzerrung der Spannungs-Dehnungs-Linie zur Erfassung des Kriecheinflusses

Wie im Bild 2.4 gezeigt handelt es sich bei der Berücksichtigung des Kriechens um die Annahme konstanter kriecherzeugender Spannungen über die Belastungszeit. Dieser Ansatz führt infolge nicht berücksichtigter Spannungsumlagerungen zu einer geringfügigen Überschätzung der Verformung. Zudem wird mit diesem Modell der Spannungsabbau ohne eine Dehnungsänderung (Relaxation) nur bedingt erfasst: Geht man von einem linear elastischen Verhalten aus, so könnte eine Proportionalität unterstellt werden und die horizontale Verzerrung würde die Relaxation im Verhältnis  $(1+\phi)$  ebenfalls widerspiegeln. Bei der nichtlinearen Spannungs-Dehnungs-Beziehung geht dieser Zusammenhang allerdings verloren.

Diese Vorgehensweise stellt somit eine Näherung dar. Eine Verminderung der Spannungen infolge Relaxation sowie nichtlineares Kriechen kann nicht oder nur näherungsweise abgebildet werden.

#### Schwinden

Es stellt sich die Frage, wie die für die Berechnung relevanten Verkrümmungen des Bauteils entstehen. Der Grund hierfür ist die behinderte Verkürzung des Betons infolge der Bewehrung. Geht man von den Randbedingungen für übliche "schlanke" Bauteile von einer gleichmässigen Schwinddehnung aus, so entstehen Bauteilkrümmungen nur bei unsymmetrischer Bewehrungsverteilung.



Das Schwinden kann deshalb über eine Vordehnung des Betons bzw. Stahls abgebildet werden. Im Detail bedeutet dies, dass durch eine positive Vordehnung des Betons die "freie Dehnung" des Stahls behindert wird. In gleicher Weise liesse sich die Modellierung über eine negative Vordehnung des Stahls realisieren, sodass der Beton die freie Dehnung des vorgedehnten Stahls behindert. Während sich bei beiden Varianten die Spannungsverteilungen unter Berücksichtigung der jeweiligen Vordehnung identisch einstellen, unterscheidet sich die Dehnungsebene deutlich: Bei einer Vordehnung des Stahls ist aus dem Dehnungszustand sofort ersichtlich, wo Zug- und Druckbereiche infolge des Schwindens auftreten. Bei einer Vordehnung des Betons sind andererseits aus dem Dehnungszustand Aussagen über die tatsächliche Verkürzung des Betons möglich.

Da bei der Berechnung die Ermittlung der Verformungen im Vordergrund steht, ist es nicht von Interesse, ob die Modellierung bei der Steifigkeitsermittlung über eine positive Vordehnung des Betons oder eine negative Vordehnung der Bewehrung erfolgt.

Im Modul RF-BETON Stäbe wird die Schwinddehnung als negative Vordehnung des Betonstahls berücksichtigt.



# 3 Eingabedaten

Alle Eingaben zur Definition der Bemessungsfälle erfolgen in Masken. Eine [Pick]-Funktion ermöglicht es, die zu bemessenden Objekte grafisch auszuwählen.

Nach dem Aufruf des Zusatzmoduls wird in einem neuen Fenster links ein Navigator angezeigt, der alle aktuell anwählbaren Masken verwaltet. Darüber befindet sich eine Pulldownliste mit den eventuell bereits vorhandenen Bemessungsfällen (siehe Kapitel 8.1, Seite 83).

Wird RF-BETON Stäbe zum ersten Mal in einer RFEM-Position aufgerufen, so liest das Zusatzmodul folgende bemessungsrelevante Daten automatisch ein:

- Stäbe und Stabsätze
- Lastfälle, Lastfallgruppen und Lastfallkombinationen
- Materialien
- Querschnitte
- Schnittgrössen (im Hintergrund, sofern berechnet)

Die Ansteuerung der Masken erfolgt entweder durch Anklicken eines bestimmten Eintrags im RF-BETON Stäbe-Navigator oder durch Blättern mit den beiden links gezeigten Schaltflächen. Die Funktionstasten [F2] und [F3] blättern ebenfalls eine Maske vorwärts bzw. zurück.

OK Abbrechen

G.

Mit [OK] werden die getroffenen Eingaben gesichert und das Modul RF-BETON Stäbe verlassen, während [Abbruch] ein Beenden des Zusatzmoduls ohne Sicherung zur Folge hat.

# 3.1 Basisangaben

In Maske 1.1 *Basisangaben* werden die zu bemessenden Einwirkungen ausgewählt. Die für den Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweis relevanten Lastfälle, LF-Gruppen und -Kombinationen lassen sich in den jeweiligen Registern zuweisen.

FA1 - Stahlbetonberressung vor Eingabedaten Materialien Querschnitte	I.1 Basisangaben Stahlbetonbemessung nach Norm: SIA 262	▼ Nationaler Anhang: ▼	
⊢ Lager ⊖ Bewehrung └ 1	Tragfähigkeit     Gebrauchstauglichkeit       Existierende Lastfälle       LF2     Gk+psi*Qk1_feld 1       LF3     Gk+psi*Qk1_feld 2       LF4     gama*(Gk+Qk1_feld 1)       LF5     gama*(Gk+Qk1_feld 2)       LF7     Test       LF-Gruppen und LF-Kombinationen	Zu bemessen         LF1       Gk+Qk1_feld 1u 2         Gk+Qk1_feld 1u 2	Stahlbetonbemessung von Stäben
0 5 5	Berechnung Kontrolle	Grafik	OK Abbrechen

Bild 3.1: Maske 1.1 Basisangaben, Register Tragfähigkeit





## Stahlbetonbemessung nach Norm / Nationaler Anhang

Die Bemessungsnorm wird in dieser Maske einheitlich für alle Nachweisarten festgelegt. Es stehen folgende Stahlbetonnormen zur Auswahl.



Für EN 1992-1-1:2004 kann in der Liste rechts der Nationale Anhang ausgewählt werden.



Bild 3.3: Auswahl des Nationalen Anhangs

_		_
	-	
1	5	ы
	-	

Mit der Schaltfläche [Bearbeiten] lassen sich die Beiwerte des gewählten Nationalen Anhangs überprüfen und ggf. anpassen.

Euroco					
	de-Einstellungen				
🗆 2. G	undlagen für die Tragwerksplanung				
E 2.	4.2.4 Teilsicherheitsbeiwerte f ür Eigenschaften von Baustoffen				
	Teilsicherheitsbeiwert für Beton im Grenzzuständ der Tragfähigkeit	γo	1.5000		
	Teilsicherheitsbeiwert für Stahl im Grenzzuständ der Tragfähigkeit	γs	1.1500		
	Teilsicherheitsbeiwert für Beton im Grenzzuständ der Gebrauchstauglichkeit	γο	1.0000		
	Teilsicherheitsbeiwert für Stahl im Grenzzuständ der Gebrauchstauglichkeit	γs	1.0000		
🗐 3. Ba	austoffe				
🖂 3.	1 Beton				
	Maximal zulässige Betondruckfestigkeitsklasse	Cmax	C90/105		
	Beiwert zur Berücksichtigung Langzeiteinwirkung auf Druckfestigkeit	acc	1.0000		
	Beiwert zur Berücksichtigung Langzeiteinwirkung auf Zugfestigkeit	αct	1.0000		
🗆 3.	2 Stahl				
	Maximallwert für die Fließspannung	fyk	600.000	N/mm <sup>2</sup>	
	Faktor zur Ermittlung des Designwertes der Grenzdehnung Betonstahl	kud1	0.9000		
∃4. D	auerhaftigkeit und Betondeckung				
⊡ 4.	4.1 Mindestbetondeckung für Betonstahl				
	Anforderungsklasse	A.K.	S4		
	Modifikationen der Anforderungsklasse				
	Mindestbetondeckung				
	Additives Sicherheitselement zur Erhöhung der Mindestbetondeckung	∆c <sub>dur,y</sub>	0.00	mm	
	Abminderungsbeiwert bei Verwendung von rostfreiem Stahl	∆C <sub>dur,st</sub>	0.00	mm	
	Abminderungsbeiwert für Beton mit zusätzlichem Schutz	∆C <sub>dur,add</sub>	0.00	mm	
Ξ	Erhöhungswerte bei Verschleißbeanspruchung				
	– Erhöhungswert	k1	5.00	mm	
	– Erhöhungswert	k2	10.00	mm	
	Erböhungswert	k3	15.00	mm	

Bild 3.4: Dialog Eurocode-Einstellungen



**^** 

Im Dialog *Eurocode-Einstellungen* kann über die Schaltfläche [Neu] eine Kopie des aktuellen Anhangs erzeugt werden. Nach dem Ändern der Parameter lässt sich die Kopie unter einem anderen Namen speichern. Die benutzerdefinierten Parameter stehen anschliessend in der Liste *Nationaler Anhang* positionsübergreifend zur Verfügung.

Symbol	Land
Norm: CEN (kopiert)	Kaledonien

Bild 3.5: Anlegen eines benutzerdefinierten Nationalen Anhangs

# 3.1.1 Tragfähigkeit

Das erste Register der Maske 1.1 Basisangaben ist im Bild 3.1 auf Seite 24 dargestellt.

# Existierende Lastfälle / LF-Gruppen und LF-Kombinationen

In diesen beiden Abschnitten werden alle in RFEM definierten Einwirkungen und Kombinationen aufgelistet, die für die Bemessung infrage kommen. Die Schaltfläche [▶] überträgt selektierte Lastfälle, Lastfallgruppen oder Lastfallkombinationen in die Liste *Zu bemessen* nach rechts. Die Auswahl kann auch per Doppelklick erfolgen. Die Schaltfläche [▶▶] übergibt die komplette Liste nach rechts.

Ist ein Lastfall mit einem Sternchen (\*) gekennzeichnet, so kann dieser nicht bemessen werden: Es sind entweder keine Lasten definiert oder es liegt ein Imperfektionslastfall vor.

## Zu bemessen

In der rechten Spalte werden die für den Nachweis ausgewählten Einwirkungen aufgelistet. Mit der Schaltfläche [◄] lassen sich selektierte Lastfälle, Lastfallgruppen oder -kombinationen wieder aus der Liste entfernen. Auch hier kann die Auswahl per Doppelklick erfolgen. Die Schaltfläche [◄] leert die ganze Liste.

Die Bemessung einer einhüllenden *Oder*-Lastfallkombination verläuft schneller als die Bemessung aller pauschal übernommenen Lastfälle oder Lastfallgruppen. Andererseits ist bei einer LK-Bemessung der Einfluss der enthaltenen Einwirkungen wenig transparent.

# Kommentar

Dieses Eingabefeld steht für eine benutzerdefinierte Anmerkung zur Verfügung, die beispielsweise den aktuellen RF-BETON Stäbe-Bemessungsfall erläuternd beschreibt.





# 3.1.2 Gebrauchstauglichkeit

Fingabedaten - Basisangaben - Materialien - Querschnitte - Lager	Stahlbetonberressung nach Norm: SIA 262  Nationaler Anhang: Tranfähinkeit Gebrauchstaunlichkeit	
Bewehrung □1	Existierende Lastiàle       Zu bemessen         LF1       Gk+Qk1_feld 1u 2         LF2       Gk+psi*Qk1_feld 1         LF3       Gk+psi*Qk1_feld 2         LF5       gama*(Gk+Qk1_feld 2)         LF6       gama*(Gk+Qk1_feld 2)         LF7       Test         LF6       Sema*(Gk+Qk1_feld 2)         LF7       Test         Sema*(Gk+Qk1_feld 2)       Sema*(Gk+Qk1_feld 2)         LF6       Sema*(Gk+Qk1_feld 2)         Sema*(Gk+Qk1_feld 2)       Sema*(Gk+Qk1_feld 2)         Sema*(Gk+Qk1_feld 2)       Sema*(Gk+Qk1_feld 2)         Sema*(Gk+Qk1_feld 2)       Sema*(Gk+Qk1_feld 2)         Sema*(Gk+Qk1_feld 2)       Sema*(Gk+Qk1_feld 2)         Sema*(Gk+Q	RF-BETON Staibe Staipe Staipenessu
	Kommentar	

Bild 3.6: Maske 1.1 Basisangaben, Register Gebrauchstauglichkeit

## Existierende Lastfälle / LF-Gruppen und LF-Kombinationen

In diesen beiden Abschnitten werden alle in RFEM definierten Einwirkungen und Kombinationen aufgelistet. Die Schaltfläche [▶] überträgt selektierte Lastfälle, Lastfallgruppen oder Lastfallkombinationen in die Liste *Zu bemessen* nach rechts. Die Auswahl kann auch per Doppelklick erfolgen. Mit der Schaltfläche [▶▶] wird die ganze Liste nach rechts übergeben.

#### Zu bemessen

In der rechten Spalte werden die für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis ausgewählten Einwirkungen aufgelistet. Mit der Schaltfläche [◄] lassen sich selektierte Lastfälle, Lastfallgruppen oder -kombinationen wieder aus der Liste entfernen. Auch hier kann die Auswahl per Doppelklick erfolgen. Die Schaltfläche [◄] leert die ganze Liste.

# Kriechen/Schwinden berücksichtigen

Für den Nachweis im Zustand der Gebrauchstauglichkeit kann optional der Einfluss infolge von Kriechen und Schwinden berücksichtigt werden. Nähere Informationen hierzu finden sich im Kapitel 2.2.7 auf Seite 17. Ist dieses Kontrollfeld aktiviert, so können in Maske 1.3 *Querschnitte* die Kriechzahl  $\varphi(t,t_0)$  und das Schwindmass  $\varepsilon_{c,s}(t,t_s)$  angegeben werden (siehe Bild 3.11, Seite 32).



4

Kriechen/Schwinden berücksichtigen



# 3.2 Materialien

Diese Maske ist zweigeteilt. Im oberen Abschnitt sind die bei der Bemessung verwendeten Beton- und Stahlgüten aufgelistet. Im Abschnitt *Materialkennwerte* unterhalb werden die Eigenschaften des aktuellen Materials angezeigt, d. h. des Materials, dessen Zeile im oberen Abschnitt selektiert ist.

Bei der Bemessung nicht benutzte Materialien erscheinen in grauer, unzulässige Materialien in roter Schrift. Modifizierte Materialien werden in blauer Schrift dargestellt.

Die zur Schnittgrössenermittlung in RFEM benötigten Materialkennwerte sind im Kapitel 5.3 des RFEM-Handbuchs ausführlich beschrieben. Die bemessungsrelevanten Materialeigenschaften werden in der globalen Materialbibliothek mit gespeichert und sind automatisch voreingestellt.

Die Einheiten und Nachkommastellen der Materialkennwerte und Festigkeiten lassen sich über das Menü **Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen** anpassen (siehe Bild 8.6, Seite 86).

<u>D</u> atei Bearbeiten <u>E</u> instellu	ungen <u>H</u> ilfe	1							
FA1 - Stahlbetonbemessung voi	▼ 1.2 Mate	rialien							
Eingabedaten		A		С					
Basisangaben	Material	Material-	Bezeichnung						
- Materialien	Nr.	Beton-Festigkeitsklasse		Betonstahl				Kommentar	
Querschnitte	1	Beton C20/25	B500A						
Lager									
😑 Bewehrung									
L 1									
	Material	-Kennwerte				Rechnerische Spannungs-Dehnungs			
	Betor	n-Festigkeitsklasse: Beton (	20/25				1	Beziehung des Betons	
	Cha	rakteristische Zylinderdruckfestig	fok	20.000	N/mm <sup>2</sup>		σ <sub>c</sub> (<0)▲		
	Mitte	elwert der Zylinderdruckfestigkei		fom	28.000	N/mm <sup>2</sup>			
	Mitte	elwert der zentrischen Zugfestigk	teit	fetm	2.210	N/mm <sup>2</sup>		-t <sub>cd</sub>	
	5%-	Quantil der zentrischen Zugfestig	keit	fctk,0.05	1.550	N/mm <sup>2</sup>	-11		
	95%	95%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit Mittelwert des Elastizitätsmoduls			2.870	N/mm <sup>2</sup>	-11		
	Mitte				30370.000	N/mm <sup>2</sup>	-11		
	⊞ Cha	rakteristische Dehnungen für nic	htlineare Ber	echnungen			-11	teld te2d te (<0	
	ECha	rakteristische Dehnungen fur Pa	arabel-Rechte	eck-Diagram	Diagramm				
	6	renzdehnung bei zentrischem D	UCK	Sc1d	2.00	/00	-11	Rechnerische Spannungs-Dehnungs-	
	В	ruchdennung		802d	3.00	/00	-11	bezienung des betonstants	
		ohubapappungsaktor	110	1.00	N/mm2	-11	σs≱		
		voonent der Parabel	n	2.00	1971001-	-11	T <sub>tk</sub>		
	Sne	zifisches Gewicht		v	25.00	25.00 kN/m3		'sk	
	E Betor	stahl: B500A		1	20.00		-11		
	Elas	tizitätsmodul	Es	205000.000	N/mm <sup>2</sup>				
	Stre	ckgrenze	fsk	500.000	N/mm <sup>2</sup>		Euk E.		
	Cha	rakteristischer Wert der Zugfesti	ftk	525.000	N/mm <sup>2</sup>	-			
2 4	Berechn	ung <u>K</u> ontrolle			<u>G</u> rafik			OK Abbrechen	

Bild 3.7: Maske 1.2 Materialien

## Materialbezeichnung

#### **Beton-Festigkeitsklasse**

Die in RFEM definierten Beton-Materialien sind voreingestellt; andersartige Materialien werden in roter Schrift dargestellt. Wenn eine manuell eingetragene Materialbezeichnung mit einem Eintrag der Materialbibliothek übereinstimmt, liest RF-BETON Stäbe die Materialkennwerte ein.

Die Auswahl eines Materials ist über die Liste möglich: Platzieren Sie den Cursor in Spalte A und klicken dann die Schaltfläche [♥] an oder betätigen die Funktionstaste [F7]. Es öffnet sich die links dargestellte Liste. Nach der Übernahme werden die Kennwerte aktualisiert.

In der Liste werden nur Materialien der Kategorie Beton angeführt, die dem jeweiligen Bemessungskonzept der gewählten Norm entsprechen. Die Übernahme von Materialien aus der Bibliothek ist nachfolgend beschrieben.





#### Betonstahl

In dieser Spalte ist eine gängige Stahlgüte voreingestellt, die dem Bemessungskonzept der gewählten Norm entspricht.

Wie bei der Beton-Festigkeitsklasse ist die Auswahl eines anderen Betonstahls über die Liste möglich: Platzieren Sie den Cursor in Spalte B und klicken dann die Schaltfläche [▼] an oder betätigen die Funktionstaste [F7]. Es öffnet sich die links dargestellte Liste. Nach der Übernahme werden die Kennwerte aktualisiert.

Die Übernahme von Materialien aus der Bibliothek ist nachfolgend beschrieben.

#### Materialbibliothek

Eine Vielzahl von Beton- und Betonstahlmaterialien ist in einer Bibliothek hinterlegt. Diese wird aufgerufen über die links dargestellte Schaltfläche, die jeweils für die Beton-Festigkeitsklassen und Betonstähle unterhalb der Spalte A bzw. B zur Verfügung steht.

Filter	Material zum Überneh	nmen		
Material-Kategorie:	8500A		SIA 262:2003	_
Potonatalal	B500B		SIA 262:2003	
Petoristani	B450C		SIA 262:2003	ł
Norm-Gruppe:				
SIA 👻				
Norm:				
SIA 262:2003 -				
Anzeigen:				
Materialien von 'alten' Normen				
Nur Fausritan				
Vaterialkennwerte			в	500A   SIA 262:20
RFEM-Relevante				
- Elastizitätsmodul		E	20500.00	kN/cm <sup>2</sup>
<ul> <li>Schubmodul</li> </ul>		G	7700.00	kN/cm <sup>2</sup>
<ul> <li>Poissonsche Zahl (Querdehnz</li> </ul>	ahl)	u	0.300	
<ul> <li>Spezifisches Gewicht</li> </ul>		y y	78.50	kN/m <sup>3</sup>
- Temperaturdehnzahl (Wärmed	lehnzahl)	α	1.0000E-05	1/℃
Teilsicherheitsbeiwert	· · ·	γM	1.00	
Bernessungs-Relevante				
Elastizitätsmodul		Es	20500.00	kN/cm <sup>2</sup>
<ul> <li>Charakteristische Zugfestigkei</li> </ul>	it	ftk	52.50	kN/cm <sup>2</sup>
Grenzdehnung		εuk	25.000	%.
Dehnung bei Höchstlast (Gleid	chmaßdehnung)	δud	20.000	‰
Streckgrenze		fsk	50.00	kN/cm <sup>2</sup>

Bild 3.8: Dialog Material aus Bibliothek übernehmen

Die normrelevanten Materialien sind bereits als Vorauswahl eingestellt, sodass im Abschnitt Filter keine anderen Kategorien oder Normen zugänglich sind. Das Material können Sie in der Liste Material zum Übernehmen auswählen und dessen Kennwerte im unteren Bereich des Dialogs kontrollieren. Die Materialeigenschaften sind hier grundsätzlich nicht editierbar.

Mit [OK] oder [↓] wird das gewählte Material in die RF-BETON Stäbe-Maske 1.2 übernommen.

Im Kapitel 5.3 des RFEM-Handbuchs ist ausführlich beschrieben, wie Materialien ergänzt oder neu sortiert werden können. Auf diese Weise lässt sich über die Schaltfläche [Neu] ein neuer Beton oder Betonstahl mit benutzerdefinierten Materialkennwerten anlegen und für spätere Anwendungszwecke speichern.



m				
	_	-	-	5
	100	0		1
			١.,	н

2



# 3.3 Querschnitte

In dieser Maske werden die nachweisrelevanten Querschnitte verwaltet.

atei Bearbeiten Einstellun	aen Hilfe						
1. Stableton Benessung	× 1.3.0m	erschni	Ite				
ingshedsten		A	B	1 C	D	F	Rechteck 900 0/600 0
Paoioangaban	Querchn.	Material		Opti-		Kriechzahl /	Rechaeck 300.0/000.0
Materialian	Nr.	Nr.	Querschnittsbezeichnung	mieren	Anmerkung	Schwinddehnung	
Quoroobnitto	1	1	Bechteck 900/600			2 806/-0 408	
Lagor	2	1	Bechteck 900/900			2 722/-0 407	
···· Layoi 7. Powohawa	3	1	Bechteck 1000/1400			2 631/-0.381	
- Deweniung 1 Dissel	4	1	Bechteck 550/1400	- H		2 771/-0 408	
2 Chileren	5	1	Bechteck 550/900			2 827/-0 408	
····· 2 - Stutzen	- 6	1	Bechteck 400/500			3 008/-0 447	
	7	2	HE-B 700	H	321 351 361 371 361	0.000/0.000	
	8	2	IS 1500/200/10/15/15	17	321 351 361 371 361	0.000/0.000	
					,,,,		1 T
		_					
		9					

Bild 3.9: Maske 1.3 Querschnitte

## Querschnittsbezeichnung

Die in RFEM verwendeten Querschnitte sind beim Aufruf der Maske voreingestellt, ebenso die zugeordneten Materialnummern.

Die vorgegebenen Querschnitte können jederzeit für die Bemessung abgeändert werden. Die Querschnittsbezeichnung eines modifizierten Profils wird in dieser Spalte mit blauer Schrift hervorgehoben.



Zum Ändern eines Profils wird die neue Querschnittsbezeichnung in die entsprechende Zeile eingetragen oder das neue Profil aus der Bibliothek ausgewählt. Diese können Sie wie gewohnt mit der Schaltfläche [Querschnittsbibliothek] aufrufen. Alternativ platzieren Sie den Cursor in der gewünschten Zeile und drücken dann [...] oder die Funktionstaste [F7]. Es erscheint die aus RFEM bekannte Querschnittsbibliothek bzw. Profilreihe. Für die Bemessung mit RF-BETON Stäbe sind nur ausgewählte Einträge des Abschnitts Massive Querschnitte zugänglich:

- Rechteck
- Plattenbalken (symmetrisch, unsymmetrisch oder konisch)
- Überzug (symmetrisch oder unsymmetrisch)
- I-Querschnitt (symmetrisch, unsymmetrisch oder konisch)
- Kreis
- Ring
- Rechteckhohlkasten (Z-symmetrisch)
- Konus (symmetrisch)
- U-Profil (symmetrisch)

Die Auswahl von Querschnitten aus der Bibliothek ist im Kapitel 5.13 des RFEM-Handbuchs ausführlich beschrieben.







Liegen unterschiedliche Querschnitte in RF-BETON Stäbe und in RFEM vor, zeigt die Grafik rechts in der Maske beide Profile an.

#### Optimieren

Jeder Querschnitt kann einer Optimierungsanalyse unterzogen werden. Dabei wird mit den RFEM-Schnittgrössen derjenige Querschnitt innerhalb der gleichen Profilreihe ermittelt, der die Bewehrungsvorgaben des Dialogs *Optimierungsparameter* mit den geringstmöglichen Abmessungen erfüllt (siehe Bild 8.5, Seite 85).

Um einen bestimmten Querschnitt zu optimieren, ist dessen Kontrollfeld in Spalte C zu aktivieren. Empfehlungen zur Profiloptimierung finden Sie im Kapitel 8.2 auf Seite 85.

#### Anmerkung

In dieser Spalte werden Hinweise in Form von Fussnoten angezeigt, die am unteren Ende der Querschnittsliste näher erläutert sind.

### Kriechzahl / Schwinddehnung

In Spalte E werden die nach dem voreingestellten Verfahren ermittelten Werte der Kriechzahl und der Schwinddehnung angezeigt. Über die links dargestellte Kontextschaltfläche lassen sich diese Werte anpassen. Die Vorgaben werden in einem neuen Dialog getroffen, der im Bild 3.11 dargestellt ist.



PB 600.0/1900.0/220.0/900.0

1900.0

a





∃Art der Ermittlung			
<ul> <li>Ermittlung der Kriechzahl</li> </ul>		Alter 🗾	
Ermittlung des Schwindmaßes		Alter	
🗆 Eingabedaten			
<ul> <li>Betrachtetes Betonalter (Kriechen)</li> </ul>	t-k	27393	Tage
<ul> <li>Betrachtetes Betonalter (Schwinden)</li> </ul>	t-s	27393	Tage
- Wirksame Bauteildicke			
<ul> <li>Querschnittsfläche</li> </ul>	Ac	0.540	m^2
<ul> <li>Luft ausgesetzter Umfang</li> </ul>	u	3.000	m
Wirksame Bauteildicke	h0	0.360	m
<ul> <li>Zementart</li> </ul>	ZArt	N	
<ul> <li>Relative Luftfeuchte</li> </ul>	BH	50	%
<ul> <li>Betonalter Schwindbeginn</li> </ul>	ts	28	Tage
🖃 Betonalter Kriechbeginn		Ermitteln	
<ul> <li>Temperatur berücksichtigen</li> </ul>		Nein	
<ul> <li>Wirksames Alter (Temperatur)</li> </ul>	١T	7.000	Tage
<ul> <li>Zementart berücksichtigen</li> </ul>		Ja	
Betonalter Kriechbeginn	10	7.000	Tage
🗆 Ergebnis			
Einstellungen zuordnen			
Querschnitt: Rechteck 900/600		▼	
🔿 Allen Querschnitten			
🔿 Querschnitten Nr.: 1-6			

Bild 3.11: Dialog Einstellungen für Kriechen und Schwinden



Der oberste Eintrag *Art der Ermittlung* umfasst jeweils zwei Möglichkeiten, Kriechzahl und Schwindmaß festzulegen:

- Alter Kriechzahl und Schwindmass werden über Parameter berechnet
- Definieren Kriechzahl und Schwindmass sind direkt anzugeben

Die Ermittlung von Kriechzahl und Schwindmass ist im Kapitel 2.2.7 ab Seite 17 beschrieben.

Am Ende der Tabelle wird als *Ergebnis* die ermittelte Kriechzahl  $\phi(t,t_0)$  und das ermittelte Schwindmass  $\epsilon_{c,s}(t,t_s)$  angegeben.

Im Abschnitt *Einstellungen zuordnen* kann festgelegt werden, ob die getroffenen Angaben für einen einzelnen Querschnitt, für alle Querschnitte oder für ausgewählte Querschnitte anzuwenden sind.



# 3.4 Rippen

Die in RFEM definierten Rippen sind voreingestellt. Rippen repräsentieren einen besonderen Stabtyp, der sich aus einem Balken und einem mitwirkenden Plattenquerschnitt zusammensetzt (vgl. Kapitel 5.18 des RFEM-Handbuchs). Es werden die Rippenschnittgrössen aus RFEM übernommen und für die Bemessung verwendet.





Bild 3.12: Maske 1.4 Rippen

In dieser Maske können die mitwirkenden Breiten entweder direkt in den Spalten D und F oder indirekt über die Schaltfläche [Rippe bearbeiten] geändert werden. Eine Neuberechnung in RFEM ist nicht erforderlich, da dabei die Systemsteifigkeit nicht verändert wird. Die Berechnung der Querschnittseigenschaften und die Integration der Rippenschnittgrössen erfolgt automatisch bei jeder Änderung der mitwirkenden Breiten.

## Stab Nr.

In dieser Spalte werden die Nummern der Stäbe angegeben, die in RFEM als Stabtyp *Rippe* definiert wurden.

# Querschnitt Nr. Anfang / Ende

Die Spalten A und B geben Auskunft über die Querschnittsnummern (siehe Kapitel 3.3). Bei unterschiedlichen Nummern liegt ein Voutenstab vor.

## Mitwirkende Breite b<sub>eff</sub>

In den Spalten D und F werden die mitwirkenden Breiten für die linke bzw. rechte Stabseite angegeben. Diese Werte sind mit den Vorgaben identisch, die im RFEM-Dialog *Neue Rippe* getroffen wurden (vgl. RFEM-Handbuch, Bild 5.113 auf Seite 163). Aus den Integrationsbreiten für die Anteile der Flächenschnittgrössen werden die Rippenschnittgrössen ermittelt.

Die mitwirkende Breite steuert die Querschnittsbemessung in Form eines Ersatzquerschnitts. Die Werte für b<sub>eff</sub> können daher angepasst werden (die Vergrösserung der Integrationsbreite ist jedoch nicht zulässig). Zur Kontrolle lässt sich durch Anhaken des entsprechenden Kontrollfeldes die *Mitwirkende Breite der Rippe darstellen*: Die Tabelle wird um zwei Spalten erweitert und es wird die Schaltfläche [Rippe bearbeiten] zugänglich (siehe Bild 3.13).

I



1.4 Rip	pen									
	A	В	С	D	E	F	G	Н		Rechteck 200.0/400.0
Stab	Querscl	nnitt Nr.			Mitwirker	ide Breite				
Nr.	Anfang	Ende	Fläche 1	beff,1 [m]	b1 [m]	Fläche 2	beff,2 [m]	b2 [m]	Anmerkung	
1	1	1	1	0.750	1.104	1	1.104	1.104		
2	1	1	1	1.104	1.104	1	1.104	1.104		
3	1	1	2	0.785	0.785	1	0.785	0.785		
4	1	1	2	0.785	0.785	1	0.785	0.785		////// Y
5	1	1	3	0.488	0.488	2	0.488	0.488		
6	1	1	3	0.488	0.488	2	0.488	0.488		
										=
										[mm]
	T A	🔽 Int	egrationsb	reite der						
		– Rip	ope darste	len						
0031189	0/650.07	1003 7/2	00.0/200.0	1/200.0						
1 00 000.	.07000.07	1000.172	.00.07200.0	//200.0						
						, 750.0	. 1103.7	· .		
					- 1	650.0	4002	7 .		
					8	1000.0	+ + 1000.	<del>` †</del> 8		
					- 8		<u>   </u>	<u> </u>	Ļ	
					3 +	_///			<b>-</b> ►.	
					8		2			
							++200.0			
							i.			
							z			
										ព្រាបា

Bild 3.13: Maske 1.4 Rippen

Änderungen werden in der Querschnittsgrafik unterhalb der Tabelle dynamisch umgesetzt. Die Grafik zeigt den Ersatzquerschnitt an, der zur Bemessung verwendet wird.

Reduzierte mitwirkende Breiten wirken sich in Form von verminderten Stabschnittgrössen aus, die in die Bemessung mit RF-BETON Stäbe einfliessen.

#### Anmerkung

Falls die Rippe Probleme für die Bemessung bereitet, erscheint ein entsprechender Hinweis.

Die Schaltflächen in der Symbolleiste sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Bezeichnung	Funktion
<b>N</b>	Querschnitt bearbeiten	Öffnet den Dialog <i>Massive Querschnitte - Plattenbalken un-</i> <i>symmetrisch</i> mit den Parametern des Ersatzquerschnitts
	Rippe bearbeiten	Öffnet den Dialog <i>Neue Rippe</i> mit den Rippenparametern (vgl. RFEM-Handbuch, Bild 5.113 auf Seite 163)
0	Info über Querschnitt	Zeigt die Querschnittskennwerte des Ersatzquerschnitts an (Typ: Plattenbalken unsymmetrisch)

Tabelle 3.1: Schaltflächen in Maske 1.4 Rippen

#### Für die korrekte Bemessung von Rippen ist zu beachten:

- Die lokale z-Achse der Rippe muss parallel zur lokalen z-Achse der Fläche sein.
- Die lokale z-Achse der Rippe muss orthogonal zur xy-Flächenebene sein.
- Die angeschlossene Fläche muss vom Typ Eben sein.
- Der Querschnittstyp des Rippenstabes muss ein Rechteck sein.
- Bei Stabzügen muss ein einheitlicher Rippentyp für den ganzen Stabsatz vorliegen.
- Der Rippenstab muss am Anfang und Ende den gleichen Querschnitt aufweisen, d. h. es darf keine Voute vorliegen.



# 3.5 Lager

Diese Maske regelt die Lagerungsbedingungen der zu bemessenden Stäbe. Die in RFEM definierten Knotenlager an <u>horizontalen</u> Stäben sind voreingestellt und können ggf. angepasst werden. RF-BETON Stäbe erkennt auch, ob ein Zwischen- oder ein Endauflager vorliegt.

Lagerbreiten ungleich Null wirken sich auf die Bemessung (Momentenumlagerung) und den Bewehrungsvorschlag (Verankerungslänge) aus.

Dies gilt jedoch nur für Stäbe in horizontaler oder leicht geneigter Lage, nicht für Stützen!



Bild 3.14: Maske 1.5 Lager

#### Knoten Nr.

In dieser Spalte werden die gelagerten Knoten derjenigen Stäbe aufgelistet, die eine horizontale oder bis zu 15° geneigte Stablage aufweisen. Über die Schaltfläche [...] in dieser Spalte lassen sich zusätzliche Knoten im RFEM-Arbeitsfenster grafisch auswählen.

## Lagerbreite b

Hier wird die tatsächliche Breite des jeweiligen Knotenlagers festgelegt. Damit kann z. B. die flächige Lagerung durch eine Wand erfasst werden, die im RFEM-Modell nur als singuläre Stützung abgebildet ist.

## **Direkte Lagerung**

Diese Spalte steuert die Lagerungsart des Trägers. Wird die Last eines Nebenträgers in einen Hauptträger eingeleitet, so liegt eine indirekte Lagerung vor und das Kontrollfeld ist zu deaktivieren.

Die Vorgaben in dieser Spalte wirken sich auf die Verankerungslängen und auf die Querkraftbemessung aus.

## **Monolithische Verbindung**

Es ist anzugeben, ob eine biegesteife Verbindung mit der Unterstützung oder eine frei drehbare Lagerung einschliesslich Ausrundungsmöglichkeit der Stützmomente vorliegt.



## Endlager

1.00

0.65

0.7 0.75

0.8

0.85 0.9

0.95

Ein Endauflager wirkt sich anders auf das Bemessungsmoment und die Verankerungslängen aus als ein Zwischenauflager. Diese Spalte steuert die Zuordnung.

# M-Verhältnis δ



Die  $\delta$ -Werte sind standardmässig auf 1,00 eingestellt, weitere Werte sind aus dem Menü auswählbar.

## Kommentar

Für jedes Lager kann ein Kommentartext eingegeben werden, der die gewählten Lagerungsbedingungen erläutert.

## Berücksichtigung der Lagerbreiten

Unter der interaktiven Grafik in dieser Maske werden zwei Kontrollfelder angeboten, deren Vorgaben sich je nach Bemessungsnorm unterschiedlich auf die erforderliche Bewehrung auswirken. Die Einstellungen sind global für den aktuellen Bemessungsfall wirksam.

#### Berücksichtigung einer begrenzten Momentenumlagerung

Für Durchlaufträger können die linear-elastischen Verfahren mit begrenzter Umlagerung der Stützmomente angewandt werden. Die resultierende Schnittgrössenverteilung muss dabei mit den einwirkenden Lasten im Gleichgewicht stehen. In den Normen werden die einzuhaltenden Momentenverhältnisse  $\delta$  genannt, damit die Rotationsfähigkeit in den kritischen Bereichen ohne besondere Nachweise gewährleistet ist.

RF-BETON Stäbe ermittelt diesen Grenzwert und vergleicht ihn mit dem Wert, der in Spalte F vorgegeben ist. Für die Umlagerung wird dann der grössere dieser beiden Werte verwendet.

## Reduktion der Querkräfte im Lagerbereich

Bei einer direkten Lagerung sowie bei Einleitstellen grosser Kräfte kann der Bemessungswert der Querkraft abgemindert werden, vgl. SIA 262 4.3.3.4.1.



Berücksichtigung einer begrenzten Momentenumlagerung der Stützmomente nach 4.1.4.2.5


## 3.6 Bewehrung

Diese Maske besteht aus mehreren Registern, in denen sämtliche Angaben zur Bewehrung erfasst werden. Da die Bewehrungsvoraussetzungen für die einzelnen Stäbe meist unterschiedlich sind, können in jedem RF-BETON Stäbe-Fall mehrere Bewehrungssätze angelegt werden. Die Bewehrungsvorgaben lassen sich dann stab- oder stabsatzweise treffen.

#### Bewehrungssätze

Ein neuer Bewehrungssatz wird über die Schaltfläche [Neu] im Abschnitt *Bewehrungssatz* angelegt. Die Nummer wird automatisch vergeben. Eine benutzerdefinierte *Bezeichnung* erleichtert den Überblick über alle im Bemessungsfall angelegten Bewehrungssätze.

FA1 - Stahlbeton-Bemessung 🛛 🔽	1.6 Bewehrung		
Eingabedaten Basisangaben Materialien Querschnitte Lager	Bewehrungssatz Nr.: Bezeichnung:           1         Riegel	Angewendet auf Stäbe: 10 Stabsätze: 4,5	Alle
<ul> <li>Bewehrung</li> <li>1 - Riegel</li> <li>2 - Stützen</li> </ul>	Längsbewehrung Bügel Bewehrungsanor Stabstahl Mögliche Durchmesser: 1 2.00 14.00 16.00 20.00 25.00 22.00 30.00 30.00 22.00 14.00 22.00 23.00 24.00 25.00 25.00 25.00 20.00	rdnung Mindestbewehrung SIA 262	5 - Rechteck 550,0900
	Bewehrungsstaffelung       Keine Staffelung       Staffelung nach       Staffelung nach       Staffelung nach       Staffelung nach       Bewehrungsstäben	nzahl ereiche: 3 💌 nzahl täbe: 2 💌	Einstellungen vomehmen Company vomehmen



<u>~</u>

Bild 3.15: Maske 1.6 Bewehrung mit zwei Bewehrungssätzen

Die Auswahl von Bewehrungssätzen erfolgt über die Nr.-Liste oder die Navigatoreinträge.

Mit der Schaltfläche [Löschen] wird der aktuelle Bewehrungssatz ohne weitere Warnung aus dem RF-BETON Stäbe-Fall entfernt. Für Stäbe und Stabsätze, die in diesem Bewehrungssatz enthalten waren, findet damit keine Bemessung statt. Um sie zu bemessen, müssen sie einem neuen oder bestehenden Bewehrungssatz zugewiesen werden.

Der Abschnitt Angewendet auf regelt, für welche Stäbe oder Stabsätze der aktuelle Bewehrungssatz gültig ist. Es sind Alle Stäbe und Alle Stabsätze voreingestellt. Mit dieser Vorgabe kann kein weiterer Bewehrungssatz erstellt werden, denn Stäbe bzw. Stabsätze lassen sich in einem Bemessungsfall nicht nach unterschiedlichen Bewehrungsvorgaben bemessen. Um die Möglichkeit von Bewehrungssätzen nutzen zu können, muss daher mindestens eines der Alle-Kontrollfelder deaktiviert werden.



Im Eingabefeld sind die Nummern der relevanten *Stäbe* bzw. *Stabsätze* einzutragen, für die die Bewehrungsvorgaben aller Register dieser Maske gelten. Mit [Pick] lassen sich die Objekte auch grafisch im RFEM-Arbeitsfenster auswählen. Auf diese Weise wird die Schaltfläche [Neuer Bewehrungssatz] zugänglich. Dort dürfen – wie oben angedeutet – nur Stäbe und Stabsätze ausgewählt werden, die noch keinem anderen Bewehrungssatz zugewiesen sind.

In den Stabzügen enthaltene Einzelstäbe werden zur Bemessung automatisch deaktiviert.





#### Bewehrungsvorschlag

Die Grafik rechts in der Maske zeigt an, wie sich die Eingaben in den diversen Registern auf den Querschnitt auswirken. Die Liste oberhalb der Grafik ermöglicht es, zwischen den Querschnitten zu wechseln. Die Grafik wirkt dynamisch: Änderungen bei den Bewehrungsvorgaben werden sofort grafisch umgesetzt.

Das Kontrollfeld *Bewehrungsvorschlag vornehmen* steuert, ob RF-BETON Stäbe die Vorgaben in den diversen Registern auch in eine Stabstahlbewehrung umsetzt. Wird dieses Feld deaktiviert, so sind einige Eingabefelder unzugänglich. RF-BETON Stäbe ermittelt in diesem Fall nur die erforderlichen Bewehrungsquerschnitte.

Wurde in Maske 1.1 *Basisangaben* der Nachweis für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit aktiviert, so kann der Bewehrungsvorschlag nicht unterdrückt werden: Die GZG-Nachweise basieren auf einer tatsächlich vorhandenen Bewehrung. Rissbreiten, Rissabstände etc. lassen sich nur mit den verwendeten Stabdurchmessern und

-abständen ermitteln. Gleiches gilt für eine Bemessung nach dem nichtlinearen Verfahren.

In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Registerkarten der Maske 1.6 vorgestellt.

## 3.6.1 Längsbewehrung

In diesem Register erfolgen die Vorgaben zur Längsbewehrung.

FA1 - Stahlbeton-Bemessung	1.6 Bewehrung			
Eingabedaten - Basisangaben - Materialien - Querschnitte - Lager - Bewehrung - 1 - Riegel - 2 - Stützen	Bewehrungssatz           Nr.:         Bezeichnu           1         Riegel           Längsbewehrung         I           Stabstahl         B           Mögliche         M           Durchmesser:         8.00           12.00         -1           14.00         Vi           20.00         Vi           25.00         Vi           28.00         S	ng: Bügel Bewehrungsanordnung Minc ewehrungslagen tax: Anzahl Lagen: 2 ♥ trimaler lichter Bewehrungsabstand Erste Lage a: 25.00 ♥ [mm] Weitere Lagen b: 25.00 ♥ [mm] erankerungsatt Gerade ♥ tahloberfläche: Gerippt ♥	Angewendet auf Stäbe: 10 Stabsätze: 4.5 testbewehrung SIA 262	S - Rechteck 550/900
	□ 32.00 B	ewehrungsstäffelung ) Keine Staffelung ) Staffelung nach Bereichen ) Staffelung nach Bewehrungsstäben Stäbe: 2	v v	[mm Einstellungen ✓ Bewehrungsvorschlag vornehmen

Bild 3.16: Maske 1.6 Bewehrung, Register Längsbewehrung

#### Stabstahl

Die Liste der möglichen Durchmesser enthält neben den in DIN 488 genannten Nenndurchmessern von Betonstabstahl auch einige im Ausland gebräuchliche Durchmesser. Eine Mehrfachselektion für die Bemessung ist ohne Weiteres möglich.



-

Mit der Schaltfläche [Bearbeiten] lässt sich die Liste der angezeigten Stabdurchmesser anpassen.

Liste der möglichen Du	ırchmesser bearbeiten 🛛 🔀
Durchmesser für Längsbev 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 20	vehrung (z.B. '8.0 10.0 12.0') .0 25.0 26.0 28.0 30.0 36.0 40.0
2	OK Abbrechen

Bild 3.17: Dialog Liste der möglichen Durchmesser bearbeiten

In der Eingabezeile können Einträge geändert, gelöscht oder ergänzt werden.

#### Bewehrungslagen

RF-BETON Stäbe berücksichtigt beim Bewehrungsvorschlag auch eine mehrlagige Anordnung der Bewehrungsstäbe. Über die Liste lässt sich die zulässige Anzahl der Lagen vorgeben. Es sind bis zu drei Bewehrungslagen möglich. Die Angaben für den Minimalen lichten Bewehrungsabstand a der Bewehrungsstäbe der ersten Lage sowie ggf. b von weiteren Lagen erfolgen in den entsprechenden Eingabefeldern.

Bei der Erstellung des Bewehrungsvorschlags werden diese konstruktiven Vorgaben berücksichtigt. Sie wirken sich auf die Anzahl der möglichen Bewehrungsstäbe jeder Lage und auf den Hebelarm der inneren Kräfte aus.

Bei Anordnung mehrerer Bewehrungslagen ist keine Staffelung der Bewehrung möglich.

#### Verankerungsart

Die beiden Listen in diesem Abschnitt bieten eine grosse Auswahl an Verankerungsmöglichkeiten. Auch hier wirkt die Grafik rechts dynamisch, d. h. geänderte Vorgaben werden sofort grafisch angezeigt.

Die Verankerungsart wirkt sich auf die erforderliche Verankerungslänge aus.

#### Bewehrungsstaffelung

Die Voreinstellung ist *Keine Staffelung*. Wurden mehrere Bewehrungslagen vorgegeben, so sind die beiden übrigen Optionen gesperrt.

Wird eine *Staffelung nach Bereichen* gewählt, kann über die Liste rechts festgelegt werden, wie viele Bereiche mit jeweils gleicher Bewehrung beim Bewehrungsvorschlag zulässig sind. RF-BETON Stäbe untersucht dann, wie mit den zur Verfügung stehenden Bewehrungsstäben eine optimale Abdeckung der erforderlichen Stahlquerschnittsflächen zu erreichen ist.

Bei der *Staffelung nach Bewehrungsstäben* erfolgt die Ausweisung eines neuen Bereiches erst, wenn die vorgegebene maximale Anzahl an Bewehrungsstäben erreicht ist. Auch hier ist die Vorgabe der Stabanzahl über die Liste rechts möglich.

#### Vorhandene Grundbewehrung

In diesem Abschnitt kann eine Grundbewehrung getrennt für die obere und untere Lage vorgegeben werden. Nach dem Anhaken der Kontrollfelder sind die Eingabefelder unterhalb zugänglich. Dort können die Anzahl der Bewehrungsstäbe *n* und die Stabdurchmesser *d* definiert werden. Das Feld A<sub>3</sub> zeigt die entsprechenden Bewehrungsflächen an.

Die benutzerdefinierte Grundbewehrung wird beim Erstellen des Bewehrungsvorschlages berücksichtigt. Sie wird über die gesamte Stab- bzw. Stabsatzlänge eingelegt. Falls die erforderliche Bewehrung nicht von der Grundbewehrung abgedeckt werden kann, ermittelt RF-BETON die zusätzlich benötigten Bewehrungsstäbe und legt sie in den Querschnitt ein.



Gerade	
Ohne Verankerung	
Gerade	
Haken	
Winkelhaken	
Gerade mit Stab	
Haken mit Stab	
Gerade mit zwei Stäben	



## 3.6.2 Bügel

Datei Bearbeiten Einstellungen	Hilfe			
FA1 - Stahlbeton-Bemessung 🔽	1.6 Bewehrung			
Eingabedaten – Basisangaben – Materialien – Querschnitte – Lager	Bewehrungssatz Nr.: Bezeic 1 V Riegel	hnung:	Angewendet auf Stäbe: 10 Stabsätze: 4,5	Alle
<ul> <li>Bewehrung</li> <li>1 Piezel</li> </ul>	Längsbewehrung	Bügel Bewehrungsanordnung Min	destbewehrung SIA 262	5 - Rechteck 550/900
2 - Stützen	Stabstahl	Bügelparameter		Rechteck 550.0/900.0
	Mögliche           Durchmesser:           6.00           8.00           10.00           12.00           14.00           20.00           25.00           28.00           28.00	Anzahi Schnitte: 2 w Neigung: 90.00 ([]) Verankerungsart Haken w		- · · · · ·
	30.00	Bügelauslegung		Imm
		O Gleiche Bügelabstände		
		Ounterteilung Anzahl nach Bereichen: Bereiche:		
	[mm]	Unterteilung nach Bügelabstand: Abstand:	(m)	vornehmen
		K		

Dieses Register beinhaltet die Bewehrungsvorgaben für die Querkraftbewehrung.

Bild 3.18: Maske 1.6 Bewehrung, Register Bügel

#### Stabstahl

Die Liste der möglichen Durchmesser enthält eine Auswahl der üblich verwendeten Stabdurchmesser. Eine Mehrfachselektion für die Bemessung ist ohne Weiteres möglich.

Mit der Schaltfläche [Bearbeiten] lässt sich die Liste der angezeigten Stabdurchmesser anpassen (siehe Bild 3.17).

#### Bügelparameter

Das Feld *Anzahl Schnitte* steuert die Bügelschnittigkeit. Die voreingestellte Zweischnittigkeit lässt sich über die Liste ändern. Es sind bis zu vier Schnitte möglich.

Die *Neigung* der Schubbewehrung wird durch den Winkel zwischen Längs- und Schubbewehrung festgelegt. Voreingestellt sind 90°, also lotrechte Bügel.

#### Verankerungsart

Die Liste enthält verschiedene Möglichkeiten der Bügelverankerung, die sich auf die Ermittlung der Verankerungslängen auswirken. Auch hier wirkt die Grafik rechts dynamisch, d. h. geänderte Vorgaben werden sofort grafisch angezeigt.

#### Bügelauslegung

Dieser Abschnitt ist nur dann zugänglich, wenn ein Bewehrungsvorschlag erstellt wird.

Es sind Gleiche Bügelabstände für alle Stäbe und Stabzüge voreingestellt.

Wird eine Unterteilung nach Bereichen gewählt, so ist in der Liste die Anzahl der Bereiche mit gleicher Bügelanordnung anzugeben. Die Vorgabe von einem Bereich bewirkt, dass neben dem Bereich mit maximalem Bügelabstand (Mindestbewehrung) noch ein Bereich gebildet wird, der den Maximalwert der erforderlichen Bügelbewehrung abdeckt. Bei zwei Bereichen

Haken	×
Ohne Verankerung	W
Haken	
Winkelhaken	
Gerade mit Stab	
Gerade mit zwei Stäben	



bestimmt RF-BETON Stäbe den Mittelwert aus erforderlicher Mindest- und Maximalbewehrung und setzt die entsprechenden x-Stellen im Stab als weitere Bereichsgrenzen an.

Bei der *Unterteilung nach Bügelabstand* ist ein Abstand für die Bügelbereiche festzulegen. Ein Wechsel der Bereiche erfolgt in den Abstandsintervallen, die ebenfalls aus erforderlicher Mindest- und Maximalbewehrung mit einem Interpolationsverfahren ermittelt werden.

Werden *Definierte Bügelabstände* vorgegeben, kann in der links dargestellten Liste ein Eintrag ausgewählt werden. Die Schaltfläche [Bearbeiten] ermöglicht es, diese Einträge anzupassen oder einen neuen Eintrag mit benutzerdefinierten Bügelabständen anzulegen.

Nr.	Listenbezeichnung
4	75 - 250 mm, 25 mm
Bügelab	stände (z.B. "50 100 150 200") [m]
0.075	0.100 0.125 0.150 0.175 0.200 0.225 0.250

Bild 3.19: Dialog Neue Liste der möglichen Bewehrungsabstände

Der Maximale und Minimale Abstand der Bügelbewehrung kann direkt angegeben werden.

Die im Bewehrungsvorschlag ausgewiesenen Bereiche können nachträglich in Maske 3.2 *Bü-gelbewehrung* geändert oder ergänzt werden (siehe Kapitel 5.2.2, Seite 63).

### 3.6.3 Bewehrungsanordnung

Dieses Register steuert, wie die Bewehrung eingelegt wird und welche RFEM-Schnittgrössen bemessen werden sollen.

A1 - Stahlbeton-Bernessung	1.6 Bewehrung		
ingabedaten Basisangaben	Bewehrungssatz A	Ingewendet auf	
Materialien Querschnitte	Nr.: Bezeichnung:	Stäbe:         10         3	All ] All
∃-Bewehrung - 1 - Riegel	Längsbewehrung Bügel Bewehrungsanordnung Mindes	tbewehrung SIA 262 5 · Rechteck 550/900	
— 2 - Stülzen	Betondeckung         Coben:       45.00 (*) (mm)       c seitig:       45.00 (*) (mm)         Curten:       45.00 (*) (mm)       Betondeckung       (************************************	Rechteck 550.0/900.0	•
	Bewehrungsanteil A-s,oben / A-s;		(m
	Bewehrungs- verteilung. Plattenbreite verteilen	Vz VMz Vzromhmen	

Bild 3.20: Maske 1.6 Bewehrung, Register Bewehrungsanordnung





#### Betondeckung

Die Angaben zu den Betondeckungen stehen in Interaktion mit der Vorgabe eines Bewehrungsvorschlags: Wird ein Bewehrungsvorschlag erstellt, beziehen sich die Deckungen auf die Randmasse *c* der Bewehrung. Falls jedoch kein Bewehrungsvorschlag angewiesen ist, so sind die Angaben auf die Achsmasse *u* der Bewehrungsstäbe bezogen. Das folgende Bild veranschaulicht diesen Unterschied.

Je nach Vorgabe sind die oberen oder die unteren Eingabefelder des Abschnitts zugänglich.



Bild 3.21: Bezug der Betondeckung

Im Feld *c*<sub>oben</sub> ist die Betondeckung der oberen Längsbewehrung, im Feld *c*<sub>unten</sub> die der unteren Längsbewehrung anzugeben. Diese Werte stellen die Nennmasse der Betondeckung c<sub>nom</sub> nach SIA 262 5.2.2 dar. RF-BETON Stäbe ermittelt aus diesen Vorgaben und unter Berücksichtigung der verwendeten Stabdurchmesser den Hebel der inneren Kräfte.

"Oben" und "unten" ist durch die Lage der lokalen Stabachsen in RFEM eindeutig definiert. Die Deckung *c<sub>seitig</sub>* wird für die Ersatzwanddicke zur Torsionsbemessung benötigt.

Bei der Eingabe der Achsmasse *u* ist zu beachten, dass sich dieser Abstand bei mehrlagigen Bewehrungen auf den Bewehrungsschwerpunkt beziehen muss.

#### Bewehrungsverteilung

Die Liste enthält verschiedene Möglichkeiten, wie die Bewehrung im Querschnitt angeordnet werden können:

- Oben Unten (optimierte Verteilung)
- Oben Unten (symmetrische Verteilung)
- Oben Unten (Anteil As,oben / As definieren)
- Oben Unten (Anteil A<sub>s,Zug</sub> / A<sub>s</sub> definieren)
- In Ecken (symmetrische Verteilung)
- Gleichmässig umlaufend

RF-BETON Stäbe führt für die Bewehrungsverteilung *Oben - Unten (optimierte Verteilung)* auch eine Optimierung bei zweiachsiger Biegung durch.

Die Bewehrung kann damit auch über das Verhältnis von Oberer Bewehrung zu Gesamtbewehrung oder von Zug- zu Gesamtbewehrung definiert werden. Die Angabe des Verhältniswerts erfolgt im Eingabefeld unterhalb. Damit ist eine effiziente Nachbildung von Bestandskonstruktionen möglich.

Bei Plattenbalken und I-Querschnitten lässt sich zudem die *Bewehrung gleichmässig über die gesamte Plattenbreite verteilen*. Dadurch wird ein Teil der Bewehrungsstäbe ausgelagert.

Änderungen in der Bewehrungsanordnung werden dynamisch in der Grafik rechts umgesetzt.

Liegt bei einer Bewehrungsverteilung *Oben - Unten* ein Momentenverlauf von  $M_y = 0$  und  $M_z > 0$  vor, werden erhöhte Bewehrungsquerschnitte ausgegeben: Das Bemessungsmoment wirkt nicht in die vorgegebene Verteilungsrichtung der Bewehrung. In diesem Fall ist die Bewehrungverteilung *In Ecken* zu wählen, damit die Bemessung korrekt durchgeführt werden kann.



 Oben - Unten (optimierte Verteilung)
 Image: Comparison of the second secon





## 3.6.4 Mindestbewehrung

Dieses Register verwaltet die Vorgaben zu Mindest- und Konstruktionsbewehrung sowie die Parameter zur Begrenzung der Rissbreite.

A1 - Stahlbetonbemessung voi	<ul> <li>1.6 Bewehrung</li> </ul>		
ingabedaten Basisangaben Materialien Querschnitte Lager	Bewehrungssatz Nf.: Bezeichnung:	Angewendet auf Stäbe: 1.2 Stabsgitze:	₹ ₹ ₹
Eventrung	Längsbewehrung   Bügel   Bewehrungsanordr Mindestbewehrung Min As,oben: 1200.00 ↔ [mm²] Min As,unten : 1200.00 ↔ [mm²] Ø Mindestlängsbewehrung nach Norm Ø Mindestschubbewehrung nach Norm Konstruktive Bewehrung Max, Bewehrungs Max, Bewehrungs Max, Bewehrungs	Anforderungsklasse nach 4.4.2.3.3 Klasse: B     Klasse: B	1 - Rechteck 30/50       Rechteck 30/50
	<ul> <li>✓ Identischer Stabstahl-Durchmesser wie bei Längsbewehrung</li> <li>d<sub>s</sub> : [mm]</li> <li>☐ Konstruktive Eckbewehrung hinzufügen</li> </ul>	As,min - Anordnung: Uben/Unten   Auslegung der Längsbewehrung für GZG	C Enstellungen Bewehrungsvorschlag vornehmen

Bild 3.22: Maske 1.6 Bewehrung, Register Mindestbewehrung

#### Mindestbewehrung

Zur Vorgabe einer globalen Mindestlängsbewehrung sind zwei Eingabefelder verfügbar, in die die Stahlquerschnitte für *Min A<sub>s,oben</sub>* und *Min A<sub>s,unten</sub>* eingetragen werden können. Über die Schaltfläche [Bearbeiten] lassen sich diese Querschnittsflächen aus der Anzahl der Bewehrungsstäbe und den Stabdurchmessern in einem separaten Dialog ermitteln.

Bei der Berechnung der erforderlichen Bewehrung kann wahlweise und unabhängig voneinander die *Mindestlängsbewehrung* und die *Mindestschubbewehrung* gemäss jeweiliger Norm berücksichtigt oder ausgeklammert werden.

#### Konstruktive Bewehrung

Dieser Abschnitt ist nur aktiv, wenn ein Bewehrungsvorschlag erstellt werden soll.

Der *Maximale Bewehrungsabstand* der konstruktiven, d. h. statisch nicht erforderlichen Bewehrungsstäbe im Querschnitt wird durch die Angabe eines Höchstwertes festgelegt. Der Bewehrungsvorschlag strebt dann mit dieser Vorgabe eine gleichmässige Verteilung der Stäbe an (z. B. bei Plattenbalkenstegen oder schlanken Rechteckquerschnitten).



Die Option *Identischer Durchmesser wie bei Längsbewehrung* gleicht die konstruktive Bewehrung an die Stabdurchmesser der erforderlichen Bewehrung an. Alternativ wird anhand der Liste ein bestimmter Durchmesser  $\phi$  für die konstruktive Bewehrung vorgegeben.

Mit der Möglichkeit *Konstruktive Eckbewehrung hinzufügen* wird generell eine konstruktive Bewehrung in allen Ecken des Querschnitts angeordnet. Damit lässt sich auch bei I-förmigen Querschnitten eine Bewehrung ausserhalb des Stegs definieren.

Wie die Mindestbewehrung wird die konstruktive Bewehrung – soweit ausreichend verankert – für den Sicherheitsnachweis und die Rissbreitenberechnung berücksichtigt.





#### Rissbreitenbegrenzung

Die Eingabefelder dieses Abschnitts sind nur zugänglich, wenn in Maske 1.1 *Basisangaben* die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit aktiviert wurden. Zudem ist dieser Abschnitt an die gewählte Norm angeglichen. Folgende Beschreibung bezieht sich auf SIA 262.

Der Anforderungsklasse kann über die Liste ausgewählt werden.

Anforderungsklas	Rissbreite [mm]
A	veränderlich
В	0.50
С	0.20
fsd - 80	veränderlich

Bild 3.23: Rissbreiten in Abhängigkeit von der Anforderungsklasse (SIA 262)

Für die Nachweise der Rissbreitenbeschränkung ist zwischen Last- und Zwangseinwirkungen zu unterscheiden. Eine *Zwangsbeanspruchung* wird durch die Rissbildung im Bauteil deutlich verringert, sodass eine ausreichend dimensionierte Mindestbewehrung *A<sub>s,min</sub>* für eine Verteilung der gesamten Bauteilverkürzung auf mehrere Risse mit entsprechend kleinen Rissbreiten sorgt. Die Rissbreiten infolge einer Lastbeanspruchung hingegen sind von der vorhandenen Stahlspannung und der Bewehrungsanordnung abhängig.

In RF-BETON Stäbe wird die Rissbreite nach SIA 262 4.4.2.3.3 für Lastbeanspruchungen direkt berechnet. Für Zwangsbeanspruchungen wird die Mindestbewehrung zur Begrenzung der vorgegebenen Rissbreite ausgelegt.

$$A_{s,min} = \frac{k_c \cdot k_{zt} \cdot f_{ctm} \cdot A_{ct} \cdot k_t}{\sigma_s}$$

Liegt eine *Reine Zugbeanspruchung* vor, so kann die Zwangsbeanspruchung über das Kontrollfeld näher spezifiziert werden: Die Vorgabe beeinflusst den Beiwert k<sub>c</sub>. Bei reiner Zugbeanspruchung wird k<sub>c</sub> = 1,0 angesetzt. Bei ausschliesslicher Biegebeanspruchung ist  $\sigma_c$  in der Bauteilachse gleich null und damit wird k<sub>c</sub> = 0,4. Der Faktor k<sub>c</sub> berücksichtigt neben der Spannungsverteilung auch näherungsweise die Vergrösserung des inneren Hebelarms bei Rissbildung.

Ist mit einer *Rissbildung innerhalb der ersten 28 Tage* zu rechnen, ist möglich eine Abminderung der wirksamen Betonzugfestigkeit f<sub>ctm</sub> mit dem Faktor k<sub>zt</sub> vorzunehmen. Im Eingabefeld kann der entsprechende *Abminderungsfaktor der Betonzugfestigkeit* angegeben werden.

Die Grösse der Abminderung wird bei direktem Zwang von der Bauteildicke beeinflusst, da mit zunehmenden Querschnittsabmessungen höhere Eigenspannungen entstehen. Von aussen aufgezwungene Verformungen (z. B. Lagerverformungen) verursachen hingegen keine Eigenspannungen. In diesen Fällen beträgt der Abminderungsbeiwert 1,0.



Das Auswahlfeld A<sub>s,min</sub> - Anordnung steuert, welcher Bewehrungslage die Mindestbewehrung zugewiesen werden soll.

Mit der Schaltfläche [Bearbeiten] lassen sich die Vorgaben zur Auslegung der Längsbewehrung für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit überprüfen und ggf. anpassen. Es öffnet sich folgender Dialog.



Spannungsnachweis	
Nachweis erfüllen:	
Rissbreitenanalyse	
Nachweis erfüllen:	📝 Mindestbewehrung min As
	📝 Maximale Bewehrungsabstand lim sı
	☑ Rissbreite w <sub>k</sub>
Verformungsnachweis	5
Nachweis erfüllen:	Durchbiegungen ul,2
	- Grenzwert Ul,z,max: L / 250 🜩
	- Grenzwert U.z.max: L / 250

Bild 3.24: Dialog Einstellungen für die Auslegung der Bewehrung

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit können diverse Kriterien für den Spannungs- und Rissbreitennachweis ausgewählt werden, nach denen die Bewehrung ausgelegt wird:

Nachweis	Normative Vorgabe in SIA 262	
Begrenzung der Stahlspannung $\sigma_{s,adm}$	[17] (10.15)	
Maximaler Bewehrungsabstand lim s	[17] (10.15)	
Begrenzung der Rissbreite w <sub>k</sub>	SIA 262 4.4.2	
Mindestbewehrung min As	SIA 262 4.4.2.3.6	

Tabelle 3.2: Spannungs- und Rissbreitennachweise

Grundsätzlich muss nur <u>eines</u> der Kriterien  $\sigma_{s,adm}$ , *lim s*<sub>l</sub> oder  $w_k$  für den Nachweis der Rissbreite erfüllt sein.

Das Kriterium der Mindestbewehrung *min A*<sub>5</sub> nach SIA 262 4.4.2.3.6 muss bei Zwangseinwirkung stets erfüllt sein.

Ferner kann eine Kontrolle der Durchbiegungen für den *Verformungsnachweis* angeordnet werden.

Die Richtwerte für zulässige Verformungen sind der Norm SIA 260 Anhang A - E zu entnehmen, im Eingabefeld ist der zugehörige *Grenzwert* anzugeben.

Das Nachweiskriterium der Verformung u<sub>l,z</sub> betrachtet die Verschiebung in Richtung der lokalen Stabachse z. Der Durchhang ist auf das unverformte System bezogen, d.h. die Verschiebungen der Anfangs- und Endknoten bleiben unberücksichtigt.



#### 3.6.5 Norm

Das fünfte Register der Maske wird von der Norm gesteuert, die in Maske 1.1 *Basisangaben* ausgewählt wurde (siehe Bild 3.2, Seite 25). Dieses Register verwaltet die normspezifischen Bewehrungsvorgaben. Sie werden im Folgenden für SIA 262 beschrieben.

Im unteren Bereich des Registers wird die Schaltfläche [Standard] angeboten, mit der sich die Ausgangswerte der aktuellen Norm wiederherstellen lassen.

A1 - Stahlbetonbernessung vo	1.6 Bewehrung		
ingabedaten Basisangaben Materialien Querschnitte Lager	Bewehrungssatz N.: Bezeichnung:	Angewendet auf Stabe: 1.2 Stabsgitze:	
Eventung	Längsbewehrung Bügel Bewehrungsano Bewehrungsgrad Maximum Allgemein: 8.00 [x] Diverses Begrenzung der Druckzone nach 4.1.4.2.5 Durchmesser des Zuschlagstoffgrößtkoms Dmax : 32.00 [mm] Querkraftbewehrung Druckstrebenneigung nach 4.3.3.3.2	rdnung Mindestbewehrung SIA 262 Faktoren Teilsicherheitsbeiwerte für Tragsicherheit nach 2.3.2.6 - für Beton: γο: 1.50 ↔ - für Betonstahl γs: 1.15 ↔ Teilsicherheitsbeiwerte für Gebrauchstauglichkeit nach 4.1.2 - für Beton: γο: 1.00 ↔ - für Betonstahl γs: 1.00 ↔	1 - Rechteck 30/50 Rechteck 30/50
	- <u>M</u> inimum: 25.000 (*) - Magimum: 45.000 (*) -		Enstellungen Peywehrungsvorschlag vornehmen Page

Bild 3.25: Maske 1.6 Bewehrung, Register SIA 262

#### Bewehrungsgrad

Dieses Eingabefeld steuert den generellen Höchstbewehrungsgrad für Balken. SIA 262 5.5.4.5 empfiehlt den Wert von  $A_{s,max} = 0,08A_c$  in Druckgliedern.

#### Diverses

Wenn die Betondruckzone nicht mehr in der Lage ist, die Druckkräfte aufzunehmen, wird eine Druckbewehrung erforderlich. Dieser Fall tritt dann ein, wenn das Biegemoment überschritten ist, das sich bei einer Betonrandstauchung von -3.50 ‰ und der Dehnung beim Erreichen der Streckgrenze des Betonstahls ergibt.

Über das Kontrollfeld kann die Höhe der Druckzone gemäss SIA 262 4.1.4.2.5 begrenzt werden. In diesem Fall beträgt das maximale Verhältnis x/d = 0,35 für Beton bis zur Festigkeitsklasse C50/60 bei der Verwendung den Betonstahlklassen B oder C.

#### Querkraftbewehrung

Diese beiden Eingabefelder stecken den zulässigen Bereich der Druckstrebenneigung ab. Liegen benutzerdefinierte Winkel ausserhalb der Gültigkeitsgrenzen der Norm, so erscheint eine entsprechende Fehlermeldung.





SIA 262 stellt ein ganzheitliches Modell zur Berechnung der Querkrafttragfähigkeit zur Verfügung. Für Bauteile mit Querkraftbewehrung rechtwinklig zur Bauteilachse ( $\beta$ = 90°) gilt:

$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{sd} \cdot \cot \alpha$	SIA 262 4.3.3.4.3 (37)
mit	

A <sub>sw</sub>	Querschnittsfläche der Querkraftbewehrung
S	Bügelabstand
$\mathbf{f}_{sd}$	Bemessungswert der Streckgrenze der Querkraftbewehrung
z	Hebelarm der inneren Kräfte (angenommen zu 0,9·d)

Neigung der Betondruckstrebe

Die Neigung der Betondruckstrebe  $\alpha$  darf in Abhängigkeit von der Beanspruchung innerhalb bestimmten Grenzen gewählt werden. Damit soll der Tatsache Rechnung getragen werden, dass ein Teil der Querkraft über die Rissreibung abgetragen wird und damit das Fachwerk nicht belastet. Diese Grenzen sind in SIA 262 4.3.3.3.2 (34) wie folgt angegeben:

 $25^\circ \le \alpha \le 45^\circ$ 

α

SIA 262 4.3.3.3.2 (34)

Die Druckstrebenneigung  $\alpha$  kann damit zwischen folgenden Werten variieren.

	Mindestneigung	Höchstneigung
α	25,0°	45,0°
cot α	2,14	1,0

Empfohlene Grenzen der Druckstrebenneigung

#### Faktoren

Die beiden oberen Eingabefelder legen jeweils den *Teilsicherheitsbeiwert* für Beton  $\gamma_c$  und für Betonstahl  $\gamma_s$  fest, der für den Nachweis der Tragfähigkeit Verwendung findet. Es sind die Werte nach SIA 262 2.3.2.6 voreingestellt.

In den Eingabefeldern unterhalb sind entsprechend die beiden Teilsicherheitsbeiwerte für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nach SIA 262 4.4.1.2 zu definieren. Hier entsprechen die voreingestellten Teilsicherheitsbeiwerte denen der Tragsicherheit, um die Spannungen auf die Bemessungswerte zu begrenzen. Dies zeigt sich zum Beispiel anhHand der Rissbreitenbegrenzung nach SIA 262 4.4.2.3.9 Tabelle 16. Die Spannung  $\sigma_{sadm}$  wird hier durch  $f_{sk}/\gamma_s$  mit  $\gamma_s$ =1,15 auf  $f_{sd}$  begrenzt.



### 3.6.6 Vouten

Dieses Register erscheint nur, wenn Voutenstäbe im RFEM-Modell existieren.

RF-BETON Stäbe - [Rahmen]			
Datei Bearbeiten Einstellungen	Hilfe		
FA1 - Stahlbeton-Bemessung 🛛 🗸	1.6 Bewehrung		
Eingabedaten 	Bewehrungssatz Nr.: Bezeichnung:           Image: Second state         Image: Second state           Image: Second state         Image: Second state           Image: Second state         Bigel	Angewendet auf Stäbe: 10 Stabsätze: 4,5 desthewehrung EN 1992-1.1 Vorter	Alle
- 1 - Riegel - 2 - Stützen	Cangobewentung Bugei Bewentungsanoranung Min Verjüngung     Gleichmäßig     Gleichmäßig     Unten	destbeweniung   EN 1992-1-1 Vouten	S - Hachteck 550,900
	O 0ben		[mm]
			Einstellungen   Bewehrungsvorschlag  vornehmen
	Berechnung Kontrolle	Grafik	OK Abbrechen

Bild 3.26: Maske 1.6 Bewehrung, Register Vouten

RF-BETON Stäbe bemisst auch Voutenstäbe, sofern der gleiche Querschnittstyp am Stabanfang und Stabende vorliegt. Ist dies nicht der Fall, können keine Zwischenwerte interpoliert werden und RFEM gibt vor der RFEM-Berechnung eine entsprechende Fehlermeldung aus.

RFEM Fehler Nr. 1612
Stab Nr. 24
Unzulässige (nicht kompatible) Anordnung der beiden Querschnitte bei dem Voutenstab!
Überprüfen Sie bitte in Tabelle 1.17, eventuell in einer anderen!

Bild 3.27: Fehlermeldung bei inkompatiblen Voutenquerschnitten

Gevoutete Stabsätze werden nur dann bemessen, wenn der gesamte Stabsatz einen linearen Querschnittsverlauf aufweist.



### Verjüngung

🔘 Gleichmäßig

💿 Unten

🔿 Oben

Für die genaue Beschreibung der Voute stehen drei Möglichkeiten zur Auswahl:

- Gleichmässig
- Unten
- Oben

Diese Vorgabe wirkt sich auf die Bemessung und die Anordnung der Längsbewehrung aus.

Bild 3.28: Voute mit geneigter Unterseite

Programm RF-BETON Stäbe © 2011 Ingenieur-Software Dlubal GmbH



# 4 Berechnung

Berechnung

Kontrolle

In jeder Eingabemaske kann die [Berechnung] über die gleichnamige Schaltfläche gestartet werden.

## 4.1 Plausibilitätskontrolle

Vor der Bemessung sollten kurz die Eingabedaten überprüft werden. Diese Funktion kann mit der Schaltfläche [Kontrolle] in jeder Maske von RF-BETON Stäbe aufgerufen werden. Werden keine Eingabefehler entdeckt, erscheint eine entsprechende Meldung.

	RF-BETON Stäbe Hinweis Nr. 1003
Plausibi	litätskontrolle in Ordnung!

Bild 4.1: Erfolgreiche Plausibilitätskontrolle

## 4.2 Start der Berechnung

Berechnung

Die [Berechnung] wird über die gleichnamige Schaltfläche gestartet, die in jeder Eingabemaske des Moduls RF-BETON Stäbe zur Verfügung steht.

RF-BETON Stäbe sucht nach den Ergebnissen der zu bemessenden Lastfälle, Lastfallgruppen und -kombinationen. Falls diese nicht vorliegen, startet zunächst die RFEM-Berechnung zur Ermittlung der nachweisrelevanten Schnittgrössen. Es wird dabei auf die vorgegebenen Berechnungsparameter von RFEM zurückgegriffen.

Auch aus der RFEM-Oberfläche kann die Bemessung durch RF-BETON Stäbe gestartet werden. Alle Zusatzmodule werden im Dialog *Zu berechnen* wie ein Lastfall oder eine Lastfallgruppe aufgelistet. Dieser Dialog wird in RFEM aufgerufen über Menü

#### Berechnung $\rightarrow$ Zu berechnen.

u berechnen							×
Nicht berechnete					Zur Berechnung au:	sgewählte	e
Programm / Mo	Nr.	Bezeichnung	٠		Programm / Mo	Nr.	Bezeichnung 🔶
RFEM RFEM RFEM RFEM RFEM RF-BETON Stabe	LF1 LF2 LF3 LF4 LF5 LF6 FA2	Gk+Qk1_feld 1u 2 Gk+psi"Qk1_feld 1 Gk+psi"Qk1_feld 2 gama"(Gk+Qk1_feld 1u 2) gama"(Gk+Qk1_feld 1) gama"(Gk+Qk1_feld 2) Stahlbetonbemessung von Stäb	•	8 8	RF-BETON Stäbe	FA1	Stahlbetonbernessung von Stäb
☑ <u>Z</u> usatzmodule a	nzeigen				or or		
							Berechnen Abbrechen

Bild 4.2: Dialog Zu berechnen



Sollten die RF-BETON Stäbe-Bemessungsfälle in der Liste *Nicht berechnete* fehlen, muss das Kontrollfeld *Zusatzmodule anzeigen* am Ende der Liste aktiviert werden.



۲

Mit der Schaltfläche [▶] werden die selektierten RF-BETON Stäbe-Fälle in die rechte Liste übergeben. Die Berechnung wird dann mit der entsprechenden Schaltfläche gestartet.

Über die Liste der RFEM-Symbolleiste kann ein bestimmter RF-BETON Stäbe-Bemessungsfall ebenfalls direkt berechnet werden: Stellen Sie den gewünschten Bemessungsfall ein und klicken dann die Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] an.

Berechnung	Er <u>q</u> ebnisse	E <u>x</u> tras	<u>T</u> abelle	<u>Optionen</u>	<u>Z</u> usatzmodule	<u>F</u> enster <u>H</u> ilfe	
😼 🗗 📗	🔲 💁 RF-	BETON S	täbe FA1	- Stahlt 👻 🤞	o > 👔 🕺	💐 🌌 🖌 🕰 🛤	a 🗑 🗱 🤪 🏟 😰 🎾
🛍 = 🛅	- 🔷 - 🗊	۹ 🏂	24 强	월 -   🌮	- 🕅 🖉 🖉	Ergebnisse ein/aus	🎽 - 🕑 i M 🖘 革

Bild 4.3: Direkte Berechnung eines RF-BETON Stäbe-Bemessungsfalls in RFEM

Der Ablauf der Bemessung kann anschliessend in einem Dialog verfolgt werden.

FE-Berechnung	Gerantablauf	
	RFEM - Berechnung nach FEM	
	RF-BETON Stäbe FA1	·
	Einzelschritte	
FE-SOI	Bemessung nach EN 1992-1-1  Initialisieren der Daten Berechnung der erforderlichen Bewehrung Berechnung der vorhandenen Bewehrung Berechnung der Rissbreiten	Anzahl der Stäbe 24 Anzahl der Stabsätze 0 Anzahl der Bewehrungsst 1 Anzahl der Lastfälle 1 Anzahl der LF-Gruppen 14 Anzahl der LF-Kombinatio 3 Anzahl der Modul-Fälle 1
	Lastfall / Lastfallgruppe LG6 (6/16)     Stab Nr. 7 (7/24)	
10001	Abbrechen	]

Bild 4.4: Bemessung mit RF-BETON Stäbe



# 5 Ergebnisse

Unmittelbar nach der erfolgreichen Bemessung erscheint die Maske 2.1 Erforderliche Bewehrung querschnittsweise.

Die für den Tragfähigkeitsnachweis erforderlichen Bewehrungsquerschnitte werden in den Ergebnismasken 2.1 bis 2.4 aufgelistet. Wurde ein Bewehrungsvorschlag erstellt, erscheint die vorhandene Bewehrung inklusive Stahlliste in den Ergebnismasken 3.1 bis 3.4. Die Gebrauchstauglichkeitsnachweise werden in den Masken 4.1 bis 4.4 ausgegeben, die Masken 5.1 bis 5.4 sind für die Brandschutznachweise reserviert. Falls eine nichtlineare Bemessung durchgeführt wurde, werden diese Ergebnisse in den Masken 6.1 bis 6.4 ausgegeben.

**5** 

Die diversen Masken lassen sich direkt über den RF-BETON Stäbe-Navigator ansteuern. Alternativ werden die beiden links dargestellten Schaltflächen oder die Funktionstasten [F2] und [F3] benutzt, um eine Maske vor- oder zurückzublättern.

[OK] sichert die Ergebnisse und beendet das Modul RF-BETON Stäbe.

Dieses Handbuchkapitel stellt die Ergebnismasken der Reihe nach vor. Die Auswertung und Kontrolle der Resultate ist im Kapitel 6 *Ergebnisauswertung* ab Seite 72 beschrieben.

## 5.1 Erforderliche Bewehrung

## 5.1.1 Erforderliche Bewehrung querschnittsweise

-											
FA1 - Stahlbeton-Bemessung 🛛 💊	2.1 Erforde	rtiche Be	ewehrung	quersc	hnittsweise						
Eingabedaten	A	B	С	D	E	F		G	^	Rechteck 1000.0/1400.0	
- Basisangaben		Stab	Stelle	LF / LG	Bewehrungs-		Fehl	ermeldung			
Materialien	Bewehrung	Nr.	x [m]	LK	fläche	Einheit	bzw	). Hinweis			
Querschnitte	Querschnitt Nr	. 3 - Recht	eck 1000/1	400						7//////	7
- Lager	As,oben	10	16.000	LG1	31.31	cm <sup>2</sup>					
- Bewehrung	As,unten	10	8.000	LG1	40.06	cm <sup>2</sup>					
1 - Riegel	As,T	10	0.000	LG1	0.00	cm <sup>2</sup>					2
2 - Stützen	as,w∨Bügel	10	16.000	LG1	5.25	cm <sup>2</sup> /m	58)				
raebnisse	as,wT Bügel	10	0.000	LG1	0.00	cm <sup>2</sup> /m					<u> </u>
Erforderliche Bewehrung	Querschnitt Nr	4 - Recht	eck 550/14	00					_		-
	As,oben	11	0.000	LG1	20.06	cm <sup>2</sup>					
Querschnitt Nr. 1	As,unten	13	8.000	LG1	6.91	cm <sup>2</sup>			-	· •	
Querschnitt Nr. 2	As,T	11	0.000	LG1	0.00	cm <sup>2</sup>				z	
Querschnitt Nr. 3	a <sub>s,w∨</sub> Bügel	11	0.000	LG1	2.37	cm <sup>2</sup> /m	58)				
Querschnitt Nr. 4	as.wT Bügel	11	0.000	LG1	0.00	cm <sup>2</sup> /m	- <u>`</u>		~		[1
Querschnitt Nr. 5										01	E M 3
E. etabeatzwaisa	Zwischener	gebnisse	- Quers	chnitt N	Ir. 3 - Rechte	eck 1000	0/1400	) - LG1		Sigma-c (winne 2)	Ebs [wo]
	Obere Längsb	ewehruna			As.oben		31.31	cm <sup>2</sup>			23.30
	Untere Längsb	ewehruna			As unten	_	0.00	cm <sup>2</sup>			
A.steller Inverse	Torsionslängst	newehrung			As.T		0.00	cm <sup>2</sup>	-		
	Querkraftbüge	lhewehrun	0		as wv Bi	iael	5.25	cm <sup>2</sup> /m	- 3		
	Torsionshiidel	newehrung	2 I		ак шт Ві	iael	0.00	cm <sup>2</sup> /m			
	Innerer Hebela	arm z für die	s Schubbern	essuna	z	1	220.40	mm	-		
	Debnung der o	nheren Reu	vehruna	orrang	Es oben		22 500	%	-		
	Debnung der u	interen Re	webrung		Es unten			%	-		
	Betondebnund	ancien de	n Querschni	Iterand	Eo obon		23 299	%.	-		
	Betondehnung	am untere	n Querschn	itterand	Ec.,open		-2 109	%.	-		1
	Debnung Sehr	y ann an conc u ar sachad	angueraenn	icardina	co,ditteri		10.595	%	-		$\cdot - \cdot - k$
	Druck zonenho	ihe			< <u>v</u>		116.333	mm	-	20.000	2.4
	Diuckzonennu	me			<u>^</u>		0.000		-	-20.000	-2.1
	Druckzonewki	تعاصير الكار صطة	iha		1.970				1.		

Bild 5.1: Maske 2.1 Erforderliche Bewehrung querschnittsweise

Es werden für alle bemessenen Querschnitte die maximal erforderlichen Bewehrungsflächen ausgewiesen, die sich aus den Parametern der Bewehrungssätze und den Schnittgrössen der massgebenden Einwirkungen ergeben.

Die Bewehrungsflächen der Längs- und Bügelbewehrung sind nach Querschnitten geordnet aufgelistet. In den beiden Bereichen dieser Maske werden diejenigen Bewehrungsarten und Bemessungsdetails angezeigt, die im Dialog *Ergebnisse zu zeigen* aktiv sind (siehe Bild 5.2).



Im unteren Teil der Maske werden die Zwischenergebnisse für die oben selektierte Zeile angezeigt. Dadurch ist eine gezielte Auswertung anhand der Bemessungsdetails möglich. Die Ausgabe der Zwischenergebnisse im unteren Bereich aktualisiert sich automatisch, sobald im oberen Abschnitt eine andere Zeile selektiert wird.

#### Bewehrung

Es sind folgende Längs- und Bügelbewehrungen voreingestellt:

Bewehrung	Erläuterung
A <sub>s,oben</sub>	Bewehrungsquerschnitt der erforderlichen oberen Längsbewehrung in- folge Biegung mit oder ohne Längskraft oder Längskraft allein
A <sub>s,unten</sub>	Bewehrungsquerschnitt der erforderlichen unteren Längsbewehrung infolge Biegung mit oder ohne Längskraft oder Längskraft allein
A <sub>s,T</sub>	Bewehrungsquerschnitt einer gegebenenfalls erforderlichen Torsions- längsbewehrung
<b>a</b> sw,V Bügel	Querschnitt der erforderlichen Schubbewehrung zur Aufnahme der Querkraft, bezogen auf die Einheitslänge 1 m
<b>a</b> sw,T Bügel	Querschnitt der erforderlichen Bügelbewehrung zur Aufnahme des Tor- sionsmoments, bezogen auf die Einheitslänge 1 m

Tabelle 5.1: Längs- und Bügelbewehrungen

Die untere Bewehrung befindet sich auf der Stabseite in Richtung der positiven lokalen Stabachse z, die obere Bewehrung entsprechend in Richtung der negativen z-Achse. In der RFEM-Oberfläche lassen sich die Stabachsen im *Zeigen*-Navigator oder Stab-Kontextmenü zur Kontrolle einblenden.

#### Zu zeigen...

Über die Schaltfläche [Zu zeigen] kann gezielt festgelegt werden, welche Bewehrungs- und Zwischenergebnisse in den beiden Abschnitten der Maske erscheinen. Diese Einstellungen steuern gleichzeitig die Ergebnisarten für das Ausdruckprotokoll.

Ergebnisse zu zeigen ¦ EN 1992-1-1 🛛 🛛 🔀
Zu zeigen - Bewehrung
Obere Längsbewehrung A-s,oben
Untere Längsbewehrung A-s,unten
Torsionslängsbewehrung A-s,T
Querkraftbügelbewehrung a-s, wV Bügel
Torsionsbügelbewehrung a-s,wT Bügel
Gesamte obere Bewehrung A-s, oben + A-s, T/2
Gesamte untere Bewehrung A-s,unten + A-s,T/2
🔲 Gesamte Bügelbewehrung 2*a-s,wT Bügel + a-s,wV Bügel
Alle
Zu zeigen - Zwischenergebnisse
Obere Längsbewehrung A-s,oben
Untere Längsbewehrung A-s,unten
Torsionslängsbewehrung A-s, T
Querkraftbügelbewehrung a-s,wV Bügel
I orsionsbugelbewehrung a-s, will Bugel
Innerer Hebelarm z für die Schubbemessung z
Uehnung der oberen Bewehrung Eps-s, oben
Dehnung der unteren Bewehrung Eps-s, unten
Betondehnung am oberen Querschnittsrand Eps-c.oben
Betondehnung am unteren Querschnittsrand Eps-c, unten
Deselektieren
OK   Abbrechen

Bild 5.2: Dialog Ergebnisse zu zeigen



#### Stab Nr.

Es wird für jeden Querschnitt und jede Bewehrungsart die Nummer des Stabes angegeben, der die grösste Bewehrungsfläche aufweist.

#### Stelle x

Es wird jeweils die x-Stelle im Stab angegeben, für die die Maximalbewehrung ermittelt wurde. Zur tabellarischen Ausgabe werden diese RFEM-Stabstellen *x* herangezogen:

- Anfangs- und Endknoten
- Teilungspunkte gemäss eventuell vorgegebener Stabteilung
- Extremwerte der Schnittgrössen

#### LF / LG /LK

In dieser Spalte werden die Nummern der Lastfälle, Lastfallgruppen oder Lastfallkombinationen angegeben, die für die jeweilige Bemessung massgebend sind.

#### Bewehrungsfläche

Spalte E gibt Auskunft über die maximalen Bewehrungsflächen für jede Bewehrungsart. Diese sind zur Erfüllung des Tragsicherheitsnachweises erforderlich.

Die in Spalte F angegebenen Einheiten der Bewehrungen lassen sich anpassen über Menü

```
\textbf{Einstellungen} \rightarrow \textbf{Einheiten} \text{ und } \textbf{Dezimalstellen}.
```

Es wird der im Bild 8.6 auf Seite 86 gezeigte Dialog aufgerufen.

#### Fehlermeldung bzw. Hinweis

Die letzte Spalte verweist auf Unbemessbarkeiten oder Bemerkungen, die sich im Zuge der Bemessung ergeben haben. Die Nummern sind in der Statusleiste näher erläutert.

Meldungen...

Alle [Meldungen] des aktuellen Bemessungsfalls lassen sich zusammengefasst über die links dargestellte Schaltfläche einsehen. Es erscheint ein informativer Dialog mit einer Übersicht.



Bild 5.3: Dialog Fehlermeldungen bzw. Hinweise



Datei Bearbeiten Einstellungen	Hilfe								
FA1 - Stahlbeton-Bemessung 🛛 🔽	2.2 Erforde	rliche B	ewehrung	stabsat	zweise				
Eingabedaten	A	В	С	D	E	F	G	^	Rechteck 900.0/600.0
Basisangahen		Stab	Stelle	LF / LG	Bewehrungs-		Fehlermeld	lung	
Materialien	Bewehrung	Nr.	x [m]	LK	fläche	Einheit	bzw. Hinv	veis	
Querschnitte	Stabsatz Nr. 2	- Rechte	ck 900/600						
	As,oben	3	0.000	LG1	10.80	cm <sup>2</sup>	23) 25)		
E Bewehrung	As,unten	3	0.000	LG1	-		12) 23) 25)		<i></i>
1 - Biegel	as,w∨Bügel	3	0.000	LG1	0.00	cm <sup>2</sup> /m	58)		
2. Stiltzen	Stabsatz Nr. 3	- Rechte	ck 900/600						
Fraebnisse	As,oben	1	0.000	LG1	10.80	cm <sup>2</sup>	23] 25]		У
Ergebnisse	As.unten	1	0.000	LG1			121231251		
cuerechnitteweise	as.w∨Bügel	1	0.000	LG1	0.00	cm <sup>2</sup> /m	58)		
- querser in ites weise	Stabsatz Nr. 4	- Rechte	ck 550/140	0			1		
Ctabeata Mr. 1 Doobl	As oben	11	0.000	1.61	20.06	cm <sup>2</sup>			1
Stabsatz Nr. 1 - Hechi Stabsatz Nr. 2 - Dooki	As unten	11	8,000	1.61	11.25	cm <sup>2</sup>	271		z
Stabsatz Nr. 2 - Hechi Stabsatz Nr. 2 - Booki	a< mv/Bügel	11	0.000	LG1	4.82	cm <sup>2</sup> /m	581691	~	n]
Stabsatz Nr. 4 - Recht							1		01
- stabueise	Zwischener	gebnisse	e - Stabs	atz Nr. 🛛	3 - LG1				Sigma-c[N/mm <sup>2</sup> ] Eps[‰]
stabweise	Obere Längsb	ewehruna	*****		As.oben		10.80 cm <sup>2</sup>	~	.20.000 .2.69
Vorhandene Bewehrung	Untere Längsb	ewehrund			As unten				
Vomandene beweinlung	Torsionslängst	newehrunn	1		As T		0.00 cm <sup>2</sup>		
Dijeshewskywa	Querkraftbilge	hewehrun	, n		as my Bi	inel	0.00 cm <sup>2</sup> /	'm	
Bayebeweniang	Torsionshiidelt	heiwehrun	1		as ut Bi	iael	0.00 cm <sup>2</sup> /	'm	
Deweniung x-stellenweise	Innerer Hebela	arm z für di	, e Schubbern	essuna	Z	-	504.00 mm		
	Debnung der o	heren Be	wehrung		Es oben		-2.580 ‰		
	Dehnung der u	interen Re	wehruna		Es unten		. %		
	Betondehnung	1 am obere	n Querschni	Itsrand	Ec oben		-2 687 ‰	_	
	Betondehnung	am unter	en Querschn	ittsrand	Ec unten		-1 084 ‰	_	
	Dehnung Sch	werachse			εn		1 885 ‰	_	
	Druckzonenho	ihe			8	1	005.49 mm	_	-15.802 -1.08
	Druckzonenho	ihe/Nutzh	öhe		x/d		1.796	~	•
0 5 5	Berechnung	Zu zei	gen M	eldungen.			Grafik		OK Abbreche

## 5.1.2 Erforderliche Bewehrung stabsatzweise

Diese Maske präsentiert die maximalen Bewehrungsflächen, die für die einzelnen Stabsätze erforderlich sind. Die Spalten sind im vorherigen Kapitel 5.1.1 erläutert.

## 5.1.3 Erforderliche Bewehrung stabweise

	riii o										
1 - Stahlbeton-Bernessung 🛛 🔽	2.3 Erforde	rliche B	ewehrung	stabwe	ise						
ngabedaten	A	В	С	D	E	F		G	^	Rechteck 550.0/1400.0	
Basisangaben		Stab	Stelle	LF / LG	Bewehrungs-		Feh	lermeldung			
Materialien	Bewehrung	Nr.	x [m]	LK	fläche	Einheit	bzv	v. Hinweis			
Querschnitte	Stab Nr. 11 -	Rechteck	550/1400								
- Lager	As,oben	11	0.000	LG1	20.06	cm <sup>2</sup>					
Bewehrung	As,unten	11	8.000	LG1	11.25	cm <sup>2</sup>	27)				
1 · Riegel	as,w∨Bügel	11	0.000	LG1	4.82	cm <sup>2</sup> /m	58) 6	9)			
2 - Stützen	Stab Nr. 12 -	Rechteck	550/1400								
gebnisse	As,oben	12	16.000	LG1	15.05	cm <sup>2</sup>					
Erforderliche Bewehrung	As,unten	12	2.667	LG1	11.25	cm <sup>2</sup>	27)			(19/12)	
🛓 querschnittsweise	as,w∨Bügel	12	0.000	LG1	4.82	cm <sup>2</sup> /m	58) 6	9)			
	Stab Nr. 13 +	Rechteck	550/1400							↓ · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
stabweise	As,oben	13	16.000	LG1	11.87	cm <sup>2</sup>			≡	z	
Stab Nr. 1 - Rechteck	As,unten	13	8.000	LG1	11.25	cm <sup>2</sup>	27)				
Stab Nr. 2 - Rechteck	as,w∨Bügel	13	0.000	LG1	4.82	cm <sup>2</sup> /m	58) 6	9)	~		[r
Stab Nr. 3 - Rechteck										Sigma-c [N/mm^2]	Eps [‰]
- Stab Nr. 4 - Rechteck	Zwischener	gebnisse	e - Stabl	4r. 11 ·	Rechteck 5	50/1400	) - L(	51			
- Stab Nr. 5 - Rechteck	Obere Längsb	ewehrung			As,oben		20.06	cm <sup>2</sup>	^		23.30
- Stab Nr. 6 - Rechteck	Untere Längsb	ewehrung			As,unten		0.00	cm <sup>2</sup>			V//
Stab Nr. 7 - Rechteck	Torsionslängst	ewehrung	)		As,T		0.00	cm <sup>2</sup>			
Stab Nr. 8 - Rechteck	Querkraftbüge	bewehrun	g		as,w∨Bi	igel	4.82	cm <sup>2</sup> /m	_ =		
- Stab Nr. 9 - Rechteck	Torsionsbügelt	pewehrung	)		as,w⊤ Bi	igel	0.00	cm <sup>2</sup> /m			
- Stab Nr. 10 - Rechtec	Innerer Hebela	rm z für di	e Schubbem	essung	z	1	220.40	mm			
- Stab Nr. 11 - Rechtec	Dehnung der o	iberen Bei	wehrung		€s,oben		22.500	‰			
Stab Nr. 12 - Rechtec	Dehnung der u	interen Be	wehrung		€s,unten			‰			
Stab Nr. 13 - Rechtec	Betondehnung	am obere	n Querschni	tsrand	€c,oben		23.305	‰			
🛓 x-stellenweise	Betondehnung	am unter	en Querschn	ittsrand	€c,unten		·2.300	‰			V
Vorhandene Bewehrung	Dehnung Sch	verachse			٤٥		10.502	‰			E E
	Druckzonenho	he			×		125.77	mm		-20.000	-2.30
							0.000		1.0		

Bild 5.5: Maske 2.3 Erforderliche Bewehrung stabweise

Die maximalen Bewehrungsflächen sind nach Stäben geordnet aufgelistet. Bei Voutenträgern werden beide Querschnittsbezeichnungen neben den Stabnummern angegeben.

Bild 5.4: Maske 2.2 Erforderliche Bewehrung stabsatzweise



Datei Bearbeiten Einstellungen	Hilfe										
FA1 - Stahlbeton-Bernessung 🛛 🔽	2.4 Erforde	rliche B	ewehrung	, x-stelle	enweise						
Eingabedaten	A	В	С	D	E	F		G	^	Rechteck 1000.0/1400.0	
Basisangaben		Stab	Stelle	LF / LG	Bewehrungs-		Feh	lermeldung			
Materialien	Bewehrung	Nr.	x [m]	LK	fläche	Einhei	t bzv	v. Hinweis			
Querschnitte	Stab Nr. 10 - F	echteck	1000/1400 -	x: 8.000	m, rechts					7//////	2
Lager	As,oben	10	8.000	LG1	5.00	cm <sup>2</sup>	11)				
Bewehrung	A <sub>s,unten</sub>	10	8.000	LG1	40.06	cm <sup>2</sup>					
1 - Biegel	as,w∨Bügel	10	8.000	LG1	8.76	cm2/m	58) 63	3)			2
2 - Stützen	Stab Nr. 10 - P	echteck	1000/1400 -	x: 10.667	7 m						
Fraebnisse	As,oben	10	10.667	LG1	5.00	cm <sup>2</sup>					
- Erforderliche Bewehrung	As,unten	10	10.667	LG1	20.45	cm <sup>2</sup>	27)				-
	as,w∨Bügel	10	10.667	LG1	8.76	cm <sup>2</sup> /m	58) 63	9)			
	Stab Nr. 10 - P	echteck	1000/1400 -	x: 13.333	3 m			,		↓	
a. stabuaise	As.oben	10	13.333	LG1	20.45	cm <sup>2</sup>	11126	51		Z	
. vetallanuaisa	As.unten	10	13.333	LG1	14.00	cm <sup>2</sup>		·			
Stab Nr. 1 - Reobteck 900	as.w∨Bügel	10	13.333	LG1	8.76	cm <sup>2</sup> /m	5816	3)	~		[
Stab Nr. 2 - Rephteck 900							1 ,	,		01	E MI 3
Stab Nr. 3 - Rechteck 90(	Zwischener	gebniss	e - Stabl	√r. 10 →	x: 8.000 m	i - LG1	1			Sigma-c (winne-z)	Ebs [300]
Stab Nr. 4 - Bechteck 90(	Obere Längsb	- ewehruna			As.oben		5.00	cm <sup>2</sup>	-	-20.000	-2.50
Stab Nr. 5 - Rephack 900	Untere Längst	ewehrund	3		Asunten		40.06	cm <sup>2</sup>		D D D D D D D D D D D D D D D D D D D	7
Stab Nr. 5 - Rechteck 30	Torsionslängs	newehrun	,		As T		0.00	cm <sup>2</sup>			· – · – j-
Stab Nr. 7 Packtock 900	Querkrafthüge	lhewehrur	י ות		as uv B	üael	8.76	cm <sup>2</sup> /m	- 3		1
Stab Nr. 9 Backtook 900	Torsionshijgel	newehrun			ас шт Ві	iael	0.00	cm <sup>2</sup> /m			
Stab Nr. 9 - Rechteck 300	Innerer Hebel	arm z für di	» ie Schubbern	essuna	Z		1220.40	mm			
Stab Nr. 5 - Nechleck Sol	Debnung der	nheren Be	webrung	loooung	Es oben		-1.687	1/20			
Cab Nr. 11 Deckers E	Debnung der i	interen Be	ewebrung		Es unten		22 500	%a	-		
Cheb Nr. 11 - Rechteck St.	Betondebnung	an obere	an Querschni	Iterand	Ec oben		-2 498	%	-		
Stab Nr. 12 - Rechteck St	Betondehnung	i am unter	en Querschn	itterand	Ec.upten		23 311	%	-		
Stab Nr. 13 - Rechteck St	Debnung Sch	y ann an teor Mar a chea	on gaoisonn	icoraria	ec,anten		10.406	%.	-		
<ul> <li>vornandene Bewenrung</li> </ul>	Druck zonenhi	ihe			×		135.51	mm	-		23.34
( ) ) ) ) )	Druckzonenhi	ihe/Nutzh	öhe		×/d		0.100		-		20.01
	Chierini	mornutzn	ond		or 9		0.100	1	-		

## 5.1.4 Erforderliche Bewehrung x-stellenweise

Bild 5.6: Maske 2.4 Erforderliche Bewehrung x-stellenweise

Für jeden Stab werden die erforderlichen Bewehrungsflächen mitsamt Zwischenergebnissen nach x-Stellen geordnet aufgelistet:

- Anfangs- und Endknoten
- Teilungspunkte gemäss eventuell vorgegebener Stabteilung
- Extremwerte der Schnittgrössen

Unstetigkeitsstellen werden gesondert dokumentiert.

Diese Maske bietet die Möglichkeit, gezielt Informationen zu den Bemessungsergebnissen abzurufen. So lässt sich beispielsweise die erforderliche Bügelbewehrung mit den zugehörigen Details für eine bestimmte Stabstelle (Bemessungsschnitt) überprüfen.

Die einzelnen Spalten sind im Kapitel 5.1.1 erläutert.



Datei Bearbeiten Einstellungen	Hilfe										
FA1 - Stahlbeton-Bemessung 🔽	2.5 Erforde	rliche B	ewehrung	unbem	essbar						
Eingabedaten	A	В	С	D	E	F		G	^	Rechteck 250.0/450.0	
Basisangaben		Stab	Stelle	LF / LG	Bewehrungs-		Fehl	ermeldung			
Materialien	Bewehrung	Nr.	x [m]	LK	fläche	Einheit	bzw	. Hinweis			
- Querschnitte	As,oben	10	8.000	LG1	Unbernessbar	cm <sup>2</sup>	6) 18)				
- Lager	As,unten	10	8.000	LG1	Unbernessbar	cm <sup>2</sup>	18)				
Bewehrung	Stab Nr. 10 - F	Rechteck	250/450 - x	10.667 m							
1 - Riegel	As,oben	10	10.667	LG1	Unbernessbar	cm <sup>2</sup>	6) 18)				1
2 - Stützen	As,unten	10	10.667	LG1	Unbemessbar	cm <sup>2</sup>	18)				
Ergebnisse	a <sub>s,w</sub> ∨Bügel	10	10.667	LG1	Unbemessbar	cm <sup>2</sup> /m	58) 71	)		<u> </u>	
Erforderliche Bewehrung	Stab Nr. 10 - F	Rechteck	250/450 - x	13.333 m							
. querschnittsweise	as,w∨Bügel	10	13.333	LG1	Unbemessbar	cm <sup>2</sup> /m	58) 89	)			
<ul> <li>stabsatzweise</li> </ul>	Stab Nr. 10 - F	Rechteck	250/450 · x	16.000 m						• • •	
. stabweise	As,oben	10	16.000	LG1	Unbernessbar	cm <sup>2</sup>	18)		Ξ	2	
· x-stellenweise	As,unten	10	16.000	LG1	Unbernessbar	cm <sup>2</sup>	7) 18)				
unbemessbar	as,w∨Bügel	10	16.000	LG1	Unbemessbar	cm <sup>2</sup> /m	58) 89	0	~		(n
Stab Nr. 5 - Rechteck 30(										Sigma-c [N/mm^2]	Eps (%)
- Stab Nr. 6 - Rechteck 30(	Zwischener	gebniss	e - Stabl	۰r. 10	x: 10.667 ı	m - LG1				• • •	
- Stab Nr. 7 - Rechteck 30(	Obere Längsb	ewehrung			As,oben	Unbern	essbar	cm <sup>2</sup>	^	-20.000	-3.50
- Stab Nr. 8 - Rechteck 30(	Untere Längst	bewehrung	)		Asjunten	Unbem	essbar	cm <sup>2</sup>			$\square$
Stab Nr. 10 - Rechteck 2	Torsionslängsl	bewehrung	,		As,T		0.00	cm <sup>2</sup>	_		
	Querkraftbüge	lbewehrur	ig 👘		as,w∨Büge	el Unbem	essbar	cm <sup>2</sup> /m	=		
	Torsionsbügel	bewehrun	3		as,w⊤ Büge	el 🛛	0.00	cm <sup>2</sup> /m			/
	Innerer Hebela	arm z für di	e Schubbern	essung	z		365.40	mm			
	Dehnung der (	oberen Be	wehrung		εs,oben		-2.657	‰			
	Dehnung der i	unteren Be	wehrung		٤s,unten		4.278	‰			
	Betondehnung	; am obere	n Querschni	tsrand	€c,oben		-3.500	‰			
	Betondehnung	g am unter	en Querschn	ittsrand	€c,unten		5.121	‰			
	Dehnung Sch	werachse			ε٥		0.810	‰			$\square$
	Druckzonenhi	ihe			x	-	182.70	mm			5.12
<	Druckzonenho	ihe/Nutzh	öhe		x/d		0.450		~		
0 5 5	Berechnung	Zu zei	gen M	eldungen			Grafik			ОК	Abbreche

## 5.1.5 Erforderliche Bewehrung unbemessbar

Bild 5.7: Maske 2.5 Erforderliche Bewehrung unbemessbar

Bemessung der aktuellen x-Stelle ergeben haben.

Diese Maske wird nur angezeigt, wenn während der Stahlbetonanalyse Unbemessbarkeiten oder Probleme festgestellt wurden. Die Fehlermeldungen sind nach Stäben und x-Stellen geordnet.

Die in Spalte G angegebene Nummer der *Fehlermeldung* wird in der Fusszeile kommentiert. Die Schaltfläche [Meldungen] zeigt sämtliche Sonderkonditionen an, die sich während der

Meldungen...

Fehler	meldungen bzw. Hinweise zur Bemessung	×
Verwe	ndete Fehlermeldungen bzw. Hinweise	
6	Obere Biegedruckbewehrung in Druckzone erforderlich	~
7	Untere Biegedruckbewehrung erforderlich	
17	Max. Bewehrungsgrad überschritten	
18	Höchstbewehrungsgrat für Biegebewehrung überschritten	
19	Obere Höchstbewehrungsgrat für Biegebewehrung überschritten	
23	umlaufende Bewehrung	
58	Unter Verwendung des Näherungswertes für den Hehelerm z	
<		>
Alle ve	rfügbaren Fehlermeldungen bzw. Hinweise	
Alle ve	rfügbaren Fehlermeldungen bzw. Hinweise Links	~
Alle ve 1 2	rfügbaren Fehlermeldungen bzw. Hinweise Links Rechts	^
Alle ve 1 2 3	rfügbaren Fehlermeldungen bzw. Hinweise Links Rechts Höchsbewehrungsgrad für Biegebewehrung überschritten	
Alle ve 1 2 3 4	rrfügbaren Fehlermeldungen bzw. Hinweise Links Rechts Höchsbewehrungsgrad für Biegebewehrung überschritten Obere Biegedruckbewehrung ist unbemessbar	
Alle ve 1 2 3 4 5	rrfügbaren Fehlermeldungen bzw. Hinweise Links Rechts Höchsbewehrungsgrad für Biegebewehrung überschritten Obere Biegedruckbewehrung ist unbemessbar Untere Biegedruckbewehrung ist unbemessbar	•
Alle ve 1 2 3 4 5 6	rfügbaren Fehlermeldungen bzw. Hinweise Links Rechts Höchsbewehrungsgrad für Biegebewehrung überschritten Obere Biegedruckbewehrung ist unbemessbar Untere Biegedruckbewehrung in Druckzone erforderlich	
Alle ve 1 2 3 4 5 6 7	rfügbaren Fehlermeldungen bzw. Hinweise Links Rechts Höchsbewehrungsgrad für Biegebewehrung überschritten Obere Biegedruckbewehrung ist unbemessbar Untere Biegedruckbewehrung in Druckzone erforderlich Untere Biegedruckbewehrung in Druckzone erforderlich Untere Biegedruckbewehrung in Oruckzone erforderlich	
Alle ve 1 2 3 4 5 6 7 8	rrfügbaren Fehlermeldungen bzw. Hinweise Links Rechts Höchsbewehrungsgrad für Biegebewehrung überschritten Obere Biegedruckbewehrung ist unbemessbar Untere Biegedruckbewehrung in Druckzone erforderlich Obere Biegedruckbewehrung erforderlich Untere Biegedruckbewehrung mit det biegedruckbewehrung Untere Mindest Biegedruckbewehrung	
Alle ve 1 2 3 4 5 6 7 8 9	rfügbaren Fehlermeldungen bzw. Hinweise Links Rechts Höchsbewehrungsgrad für Biegebewehrung überschritten Obere Biegedruckbewehrung ist unbemessbar Uhtere Biegedruckbewehrung in Druckzone erforderlich Untere Biegedruckbewehrung in Druckzone erforderlich Untere Biegedruckbewehrung Obere Mindest-Biegedruckbewehrung Untere Mindest-Biegedruckbewehrung	
Alle ve 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	rfügbaren Fehlermeldungen bzw. Hinweise Links Rechts Höchsbewehrungsgrad für Biegebewehrung überschritten Obere Biegedruckbewehrung ist unbemessbar Untere Biegedruckbewehrung in Druckzone erforderlich Untere Biegedruckbewehrung in Druckzone erforderlich Untere Mindest-Biegedruckbewehrung Untere Mindest-Biegedruckbewehrung Untere Mindest-Biegedruckbewehrung Denre konstruktive Mindestbewehrung oben/unten Denre konstruktive Mindestbewehrung	
Alle ve 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	rfügbaren Fehlermeldungen bzw. Hinweise Links Rechts Höchsbewehrungsgrad für Biegebewehrung überschritten Obere Biegedruckbewehrung ist unbemessbar Untere Biegedruckbewehrung in Druckzone erforderlich Untere Biegedruckbewehrung in Druckzone erforderlich Untere Mindest-Biegedruckbewehrung Untere Mindest-Biegedruckbewehrung Untere Mindest-Biegedruckbewehrung Untere Mindest-Biegedruckbewehrung Untere Mindest-Biegedruckbewehrung Untere Mindest-Biegedruckbewehrung Untere Mindest-Biegedruckbewehrung Untere Mindest-Biegedruckbewehrung Untere Konstruktive Mindestbewehrung Untere Konstruktive Mindestbewehrung	
Alle ve 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	rfügbaren Fehlermeldungen bzw. Hinweise Links Rechts Höchsbewehrungsgrad für Biegebewehrung überschritten Obere Biegedruckbewehrung ist unbemessbar Obere Biegedruckbewehrung in Druckzone erforderlich Untere Biegedruckbewehrung grorderlich Obere Mindest-Biegedruckbewehrung Untere Mindest-Biegedruckbewehrung Konstruktive Mindestbewehrung Konstruktive Mindestbewehrung Untere konstruktive Mindestbewehrung Untere konstruktive Mindestbewehrung Summetriche Bewehrung his chiefer Biegung	
Alle ve 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	rfügbaren Fehlermeldungen bzw. Hinweise Links Rechts Höchsbewehrungsgrad für Biegebewehrung überschritten Obere Biegedruckbewehrung ist unbemessbar Untere Biegedruckbewehrung in Druckzone erforderlich Untere Biegedruckbewehrung in Druckzone erforderlich Untere Biegedruckbewehrung erforderlich Obere Mindest-Biegedruckbewehrung Untere Mindest-Biegedruckbewehrung Untere Mindest-Biegedruckbewehrung Untere Mindest-Biegedruckbewehrung Untere Konstruktive Mindestbewehrung Untere konstruktive Mindestbewehrung Summetrische Druckbewehrung Summetrische Druckbewehrung	

Bild 5.8: Dialog Fehlermeldungen bzw. Hinweise zur Bemessung

Alle

Ein Klick auf [Alle] in diesem Dialog zeigt alle verfügbaren Hinweise für RF-BETON Stäbe an.



## 5.2 Vorhandene Bewehrung

Die Ergebnismasken 3.1 bis 3.4 erscheinen nur dann, wenn in Maske 1.6 *Bewehrung* die Option *Bewehrungsvorschlag vornehmen* aktiviert wurde (siehe Seite 38) und wenn keine Unbemessbarkeiten vorliegen (siehe Kapitel 5.1.5, Seite 57). Die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit und die nichtlineare Berechnung erfordern ebenfalls die Ermittlung einer vorhandenen Bewehrung.

RF-BETON Stäbe ermittelt mit den Vorgaben in Maske 1.6 einen Bewehrungsvorschlag für die Längs- und Bügelbewehrung. Dabei wird versucht, die erforderliche Bewehrung unter Berücksichtigung der Parameter (vorgegebene Stabdurchmesser, mögliche Anzahl an Bewehrungslagen, Staffelung, Verankerungsart) mit einem möglichst geringen Bedarf an Bewehrungsstäben bzw. -querschnitten abzudecken.

Die vorgeschlagene Bewehrung lässt sich in den Masken *Vorhandene Bewehrung* editieren, sodass Durchmesser, Anzahl, Lage und Länge der einzelnen Bewehrungsgruppen den jeweiligen Erfordernissen angepasst werden können.

## 5.2.1 Vorhandene Längsbewehrung

											-
A1 - Stahlbeton-Bemessung	3.1 Vor	handene Langs	bewehr	ung			_				
Eingabedaten	A	В	- U	D	Läune	- F	եi Մասիսով	н	Gaurialat	J	
Basisangaben	FUSICION	Powohrumasiana	Cristia	Us [mm]	Lariye [m]	Jon	x [III] bio	Vorankorung	fkal	Molduna	
Materialien	INI.	beweniungslage	Stabe	lumi	[m]	von	DIS	verankerung	[Kg]	Melaung	
Querschnitte	Stab Nr.	10 - Hechteck TUL	0/1400	20.00	4 205	10 540	10.047		21.22		
Lager		Uben	2	20.00	4.305	12.542	16.847	<u> </u>	21.22		
Bewehrung	2	Uben	4	20.00	3.127	-0.216	2.911	<u> </u>	30.83		
1 - Riegel	3	Uben	4	20.00	6.733	10.114	16.847	<u> </u>	66.39		
- 2 - Stützen	4	Uben	4	20.00	6.381	-0.216	6.164	<u> </u>	62.91		
Ergebnisse	5	Uben	4	20.00	9.699	7.148	16.847	<u> </u>	95.63		_
Erforderliche Bewehrung	6	Unten	1	25.00	3.502	5.983	9.485	<u> </u>	13.49		
querschnittsweise	/	Unten	6	20.00	13.260	0.178	13.438	<u> </u>	196.11		
🗈 stabsatzweise	8	Unten	6	20.00	16.793	-0.200	16.593	<u> </u>	248.36		
🗉 stabweise	9	Konstruktiv	12	12.00	16.000	0.000	16.000		170.37		
🕢 x-stellenweise	Stab Nr.	14 - Rechteck 55L	1/900								
<ul> <li>Längsbewehrung</li> <li>Stab Nr. 5</li> <li>Stab Nr. 6</li> </ul>		(2)4 <b>0</b> 20, 1 =	3.127 m	-				1 2¢20 3)4¢20, 1 =	, 1 = 4.30 6.733 m	5 m	
<ul> <li>Längsbewehrung</li> <li>Stab Nr. 5</li> <li>Stab Nr. 6</li> <li>Stab Nr. 7</li> </ul>		24¢20, 1 =	3.127 m	- - 			()	1 2020 3 4020, 1 =	, 1 = 4.30 6.733 m	5 m.	
Längsbewehrung     Stab Nr. 5     Stab Nr. 6     Stab Nr. 7     Stab Nr. 10     Stab Nr. 10		(2)4\$20, 1 = (4)4\$	3.127 m 20, l =	6.381 m			( 5 4\$20	$(1) 2\phi 20$ $(3) 4\phi 20, 1 =$ (1 = 9.699)	, l = 4.30 6.733 m m	15 m.	
<ul> <li>Längsbewehrung</li> <li>Stab Nr. 5</li> <li>Stab Nr. 6</li> <li>Stab Nr. 7</li> <li>Stab Nr. 10</li> <li>Stab Nr. 14</li> </ul>		2)4\$20, 1 =	3.127 m 20, l =	6.381 m	() 12¢12,	, l = 16.00	( 5 4\$20	1 2¢20 3 4¢20, 1 = , 1 = 9.699	, 1 = 4.30 6.733 m m	15 m	
Lianstbewehrung     Stab Nr. 5     Stab Nr. 6     Stab Nr. 7     Stab Nr. 7     Stab Nr. 10     Stab Nr. 14     Stabsatz Nr. 1		2)4\$20, 1 = (4)4\$	3.127 m 20, 1 =	6.381 m	912412,	, 1 = 16.00	( 5 4\$20 00 m	(1)2∳20 3)4∳20, 1 = , 1 = 9.699 ;	, 1 = 4.30 6.733 m m	5 m	
Elángsbewehrung     Stab Nr. 5     Stab Nr. 6     Stab Nr. 7     Stab Nr. 7     Stab Nr. 10     Stab Nr. 14     Stabsatz Nr. 1     Stabsatz Nr. 2		(2) 4\\$20, 1 =	3.127 m 20, 1 =	6.381 m	(9)12 <b>6</b> 12	, 1 = 16.00	( 5)4¢20 00 m	(1)2∳20 3)4∳20, 1 = , 1 = 9.699 ;	, 1 = 4.30 6.733 m m	5 m	
Längsbewehrung     Stab Nr. 5     Stab Nr. 7     Stab Nr. 7     Stab Nr. 7     Stab Nr. 10     Stab Nr. 11     Stabsatz Nr. 1     Stabsatz Nr. 2     Stabsatz Nr. 3		(2) 4\\$20, 1 = (4) 4\\$ -	3.127 m 20, 1 =	6.361 m	(9)12 <b>6</b> 12	, l = 16.00	( 5)4¢20 00 m	1 2¢20 3 4¢20, 1 = , 1 = 9.699	, 1 = 4.30 6.733 m m	5 m	
Längsbewehrung     Stab Nr. 5     Stab Nr. 6     Stab Nr. 7     Stab Nr. 7     Stab Nr. 10     Stab Nr. 14     Stabsatz Nr. 1     Stabsatz Nr. 2     Stabsatz Nr. 3     Stabsatz Nr. 4     Bigielbewehrung		(2) 4\\$20, 1 = (4) 4\\$ -	3.127 m 20, 1 =	6.381 m	<ul> <li>(3) 12 € 12,</li> <li>(8) 5 € 20,</li> </ul>	, 1 = 16.00 1 = 16.79	( 5 4¢20 00 m 3 m	(1) 2¢20 3) 4¢20, 1 = , 1 = 9.699	, 1 = 4.30 6.733 m m	5 m.	
Elángsbewehrung     Stab Nr. 5     Stab Nr. 5     Stab Nr. 7     Stab Nr. 7     Stab Nr. 10     Stab Nr. 11     Stabsatz Nr. 1     Stabsatz Nr. 2     Stabsatz Nr. 3     Stabsatz Nr. 4     Bügelbewehrung     Bewehrung ×stellenweise		(2) 44 (4) 44 (4)	3.127 m 20, l =	6.381 m	<ul> <li>3 12¢12,</li> <li>8 6¢20,</li> <li>5¢20, 1 = 1</li> </ul>	, 1 = 16.00 1 = 16.79 3.260 m	( 5 4¢20 00 m 3 m	(1) 2∳20 3) 4∳20, 1 = , 1 = 9.699 0	, 1 = 4.30 6.733 m m	5 m	
Längsbewehrung     Stab Nr. 5     Stab Nr. 7     Stab Nr. 7     Stab Nr. 7     Stab Nr. 7     Stab Nr. 10     Stab str. 14     Stabsatz Nr. 1     Stabsatz Nr. 3     Stabsatz Nr. 3     Stabsatz Nr. 4     Bügelbewehrung     Bewehrung x-stellenweise     Stahliste		(2) 4\$\\$20, 1 = (3) 4\$ (4)	3.127 m 20, 1 =	6.301 m	<ul> <li>(9) 12¢12,</li> <li>(8) 5¢20,</li> <li>(5) 20, 1 = 1</li> <li>(6) 1¢25,</li> </ul>	, 1 = 16.00 1 = 16.79 3.260 m 1 = 3.502	(5)4¢20 00 m 13 m	1 2¢20 3 4¢20, 1 = , 1 = 9.699	, 1 = 4.30 6.733 m m	5 m	
<ul> <li>⇒ Längsbewehrung</li> <li>Stab Nr. 5</li> <li>Stab Nr. 6</li> <li>Stab Nr. 7</li> <li>Stab Nr. 10</li> <li>Stab Nr. 11</li> <li>Stabsatz Nr. 1</li> <li>Stabsatz Nr. 2</li> <li>Stabsatz Nr. 3</li> <li>Stabsatz Nr. 4</li> <li>⊕ Bigelbewehrung</li> <li>Bewehrung ×:stellenweise</li> <li>Stabiliste</li> </ul>		(2) 44 (20, 1 = (4) (4)	3.127 m 20, l =	- 6.381 m	(3) 12¢12, (3) 6¢20, 5¢20, 1 = 1 (6) 1¢25,	1 = 16.00 1 = 16.79 3.260 m 1 = 3.502	(5 14¢20 00 m 3 m 	3 2¢20 3 4¢20, 1 = , 1 = 9.699 ;	, 1 = 4.30 6.733 m m	5 n.	Ø

Bild 5.9: Maske 3.1 Vorhandene Längsbewehrung

Die Ausgabe der vorhandenen Bewehrung erfolgt stab- und stabsatzweise nach *Positionen* (Bewehrungsgruppen) geordnet.

Im unteren Abschnitt wird die Bewehrung grafisch mit Positionsstäben skizziert. Die aktuelle Position (die Zeile im Abschnitt oben, in der sich der Cursor befindet) ist rot gekennzeichnet. Änderungen bei den Parametern im Abschnitt oben werden sofort grafisch umgesetzt.

Der Bewehrungsvorschlag berücksichtigt auch konstruktive Vorschriften. Nach SIA 262 5.5.2.5 ist beispielsweise in den Auflagerbereichen mindestens 25% der im Feld erforderlichen Gurtbewehrung zu verankern.



#### **Position Nr.**

Die Auflistung erfolgt nach *Positionen* geordnet, die jeweils gleiche Eigenschaften besitzen (Durchmesser, Länge).

Die Positionen aller Stäbe und Stabsätze werden in Maske 3.4 Stahlliste zusammengefasst.

#### Bewehrungslage

Diese Spalte gibt die Lage der Bewehrung im Querschnitt an:

- Oben
- Unten
- In Ecken
- Umlaufend
- Konstruktiv

Für die Anordnung der Bewehrung berücksichtigt RF-BETON Stäbe die Benutzervorgaben in Maske 1.6 *Bewehrung*, Register *Bewehrungsanordnung* (siehe Kapitel 3.6.3, Seite 42).

#### Anzahl Stäbe

Die Anzahl der Bewehrungsstäbe einer Position ist editierbar: Selektieren Sie die Zelle und klicken dann die Schaltfläche [...] an, um den Bearbeitungsdialog zu öffnen.

Längsbe	wehrung ·	Koordina	aten   Stabsat	z Nr. 1, Position Nr. 1 🛛 🛛 🛛
Bewehru	ingsstäbe			
Anzahl:	6 🚔			
				• • •
Stab-Koo	ordinaten und	Hakendreh	ung	
	A	В	C	
	Koordi	naten	Hakendrehung	
Nr.	y [mm]	z [mm]	β[°]	
1	-392.50	-392.50	180.0	
2	0.00	-392.50	180.0	
3	392.50	-392.50	180.0	z
4	-392.50	392.00	0.0	
5	0.00	392.00	0.0	
6	392.50	392.00	0.0	
✓ Stäbe	gleichmäßig	verteilen	×	
Ø				OK Abbrechen

Bild 5.10: Dialog Längsbewehrung - Koordinaten



Die Anzahl der Bewehrungsstäbe lässt sich manuell über die Drehfelder oder durch die Vorgabe einer anderen Anzahl ändern. Über die diversen Eingabezeilen im unteren Abschnitt kann anschliessend die Lage eines jeden Bewehrungsstabes angepasst werden. Die Schaltfläche [Löschen] entfernt die im unteren Abschnitt selektierte Zeile.

Die Lage eines Bewehrungsstabes wird anhand seiner *Stab-Koordinaten* festgelegt: Die Koordinaten *y* und *z* geben den globalen Abstand vom Querschnittsschwerpunkt an, der Winkel  $\beta$  beschreibt die Neigung gegen die Stablängsachse für die Verankerungstypen "Haken" und "Winkelhaken". Eine *Hakendrehung* um den Winkel  $\beta = 90$ ° beispielsweise bewirkt bei der oberen Bewehrung eine Drehung nach unten (d. h. in Richtung *z*), der Winkel  $\beta = 270$ ° dreht das Verankerungsende der unteren Bewehrung nach oben. Für den Verankerungstyp "Gerade" ist die Spalte C bedeutungslos.

#### 3D-Rendering

Bei Änderungen der Hakendrehung empfiehlt sich eine anschliessende Kontrolle über das [3D-Rendering].





#### ds [mm] 25.00 8.00 10.00 12.00 14.00 16.00 20.00 25.00 26.00 28.00 30.00

15

erung

Die verwendeten Stabdurchmesser wirken sich auf die Berechnung des inneren Hebels der Kräfte und die Anzahl von Bewehrungsstäben je Lage aus. Über die Liste lässt sich der Stabdurchmesser für die aktuelle Positionsnummer ändern.

#### Länge

φ

In dieser Spalte wird für jede Position die Gesamtlänge eines repräsentativen Bewehrungsstabes angezeigt. Die Angabe, die sich aus der erforderlichen Stablänge und den Verankerungslängen an beiden Stabenden zusammensetzt, kann hier nicht editiert werden.

#### Stelle x von ... bis

Diese Werte geben die rechnerischen Anfangs- und Endpositionen des Bewehrungsstabes an. Sie sind auf den Stabanfangsknoten von RFEM (x = 0) bezogen. Bei der Ermittlung dieser Masse werden die Lagerbedingungen und Verankerungslängen l1 und l2 berücksichtigt.

Die Angaben können in diesen beiden Spalten nicht geändert werden. Dies ist nur über die Schaltfläche [Bearbeiten] im unteren Grafikabschnitt möglich (siehe Bild 5.12, Seite 62).

#### Verankerung

Die Verankerungslängen des Bewehrungsvorschlags können über die Liste geändert werden. Die Option Details ruft folgenden Bearbeitungsdialog auf.

Verankerungen ¦ Stab Nr. 10, Position Nr. 1	
Verankerung am Anfang	Verankerung am Ende
Verankerungsart: Winkelhaken 🔽	Verankerungsart: Gerade
	Votcord
Verankerungs- I1: 0.20 🔷 [m] Länge: 12: 0.10 🛋 [m]	Verankerungs- I1: 0.61 🔷 [m] Länge:
Σ: 0.34 [m]	Σ: 0.61 [m]
Biegerollen- durchmesser dbr 0.14 💭 [m]	Biegerollen- durchmesser dbr:
Winkelhaken	Gerade
	1 <u></u>
	OK Abbrechen

Bild 5.11: Dialog Verankerungen

Dieser Dialog verwaltet die Parameter der Verankerung am Anfang und am Ende des Bewehrungsstabes.

Über die Liste kann jeweils die Verankerungsart angepasst werden. Die Verankerungsart ist im Kapitel 3.6.1 auf Seite 39 beschrieben.

Der Bemessungswert der Verbundspannung beträgt:

$$f_{bd} = \frac{1.4 \cdot f_{ctm}}{\gamma_c}$$
 SIA 262 5.2.5.2 (88)

Der Grundwert der Verankerungslänge für Verankerungen in der Zugzone beträgt:

$$I_{bd,net} = \frac{\emptyset}{4} \frac{f_{sd}}{f_{bd}} \ge 25\emptyset$$
 SIA 262 5.2.5.3 (89)





Der Grundwert der Verankerungslänge  $I_{bd,net}$  wird in jedem Schnitt gerechnet und der Bemessungswert der Fliessgrenze von Betonstahl  $f_{sd}$  wird in so einem Schnitt mit dem wirklichen Wert der Stahlbetonspannung  $\sigma_{sd}$  ersetzt.

Für die angebotenen Verankerungsarten nach SIA 5.2.5.4 – 6 gilt:

Gerade	$I_{bd} = I_{bd,net}$
Haken	$I_{bd} = 0.70 \cdot I_{bd,net} \ge 15\emptyset$
Winkelhaken	$I_{bd} = 0,70 \cdot I_{bd,net} \ge 150$
Gerade mit Stab	$I_{bd} = 0.85 \cdot I_{bd,net} \ge 15\emptyset$
Haken mit Stab	$I_{bd} = 0,70 \cdot I_{bd,net} \ge 150$
Gerade mit zwei Stäben	$I_{bd} = 0.70 \cdot I_{bd,net} \ge 150$

Zur Kontrolle wird der Bemessungswert der Verankerungslänge Ibd angezeigt.

Bei Haken und Winkelhaken wird die *Verankerungslänge*  $I_2$  als 5 $\phi$  betragen.

Der erforderliche *Biegerollendurchmesser* d<sub>br</sub> wird gemäss SIA 5.2.4.1 angegeben und kann gegebenenfalls angepasst werden.

Haken, Winkelhaken	d₂= 6Ø für Stäbe ≤ 20mm
	$d_2 = 8\emptyset$ für Stäbe > 20mm und $\leq$ 30mm
	$d_2 = 10\emptyset$ für Stäbe > 30mm und $\leq$ 40mm
esamte Verankerungslänge	$\Sigma$ an jedem Stabende wird aus den jeweiligen

Die gesamte Verankerungslänge  $\Sigma$  an jedem Stabende wird aus den jeweiligen Anteilen gebildet.

#### Gewicht

Die Spalte I der Maske 3.1 gibt für jede Position die Masse sämtlicher Bewehrungsstäbe an.

#### Meldung

Falls eine Fussnote in der letzten Spalte angezeigt wird, liegt eine Sonderbedingung vor. Die Nummern sind in der Statusleiste näher erläutert.

Meldungen...

Alle [Meldungen] der aktuellen Position lassen sich über die links dargestellte Schaltfläche einsehen. Es erscheint ein informativer Dialog mit einer Übersicht (vgl. Bild 5.3, Seite 54).

Gerade Ohne Verankerung Gerade Haken Winkelhaken Gerade mit Stab Haken mit Stab Gerade mit zwei Stäben 20



#### Bewehrungsvorschlag ändern

Im unteren Abschnitt der Maske 3.1 wird die Bewehrung mit Positionsstäben skizziert. Die aktuelle Bewehrungsposition (die Zeile, in der sich der Cursor im Abschnitt oben befindet) ist rot hervorgehoben. Ein Klick auf die Schaltfläche [Bearbeiten] rechts unten in der Grafik ruft den Bearbeitungsdialog dieser Position auf.



Bild 5.12: Dialog Längsbewehrung bearbeiten

In diesem Dialog sind die bereits beschriebenen Bewehrungsparameter zusammenfasst. Hier lassen sich die Angaben zu *Bereich, Lage der Bewehrungsstäbe, Bewehrungsdurchmesser* und *Verankerungen* kontrollieren und gegebenenfalls modifizieren.

Bei Änderungen werden die zu führenden Nachweise automatisch mit der neuen vorhandenen Bewehrung nochmals berechnet. Eine Ausnahme gilt für die Ergebnisse nichtlinearer Analysen: Diese werden gelöscht und es ist erneut eine manuelle [Berechnung] erforderlich.

#### Berechnung



### 5.2.2 Vorhandene Bügelbewehrung

The standoton bollossarily	3.2 Vorl	handene	e Bügell	bewehru	ng						
Eingabedaten	A	В	С	D	E	F	G	Н		J	K
Basisangaben	Position	Anzahl	ds	Länge	Stelle	x [m]	Abstand	Bügelabmessungen	Anzahl	Gewicht	
Materialien	Nr.	Bügel	[mm]	[m]	von	bis	SBü (M)	[mm]	Schnitte	[kg]	Meldung
Querschnitte	Stab Nr. 5	5 - Recht	teck 900/	900							
Lager	1	35	10.00	10.400	0.000	10.400	0.306	860.00/860.00/113.09	2	79.07	
- Bewehrung	Stab Nr. 6	3 - Recht	teck 900/	900							
1 - Riegel	1	35	10.00	10.400	0.000	10.400	0.306	860.00/860.00/113.09	2	79.07	
2 - Stützen	Stab Nr. 7	7 - Recht	eck 900/	900							
raebnisse	1	35	10.00	10.400	0.000	10.400	0.306	860.00/860.00/113.09	2	79.07	
Erforderliche Bewehrung	Stab Nr. 1	10 - Reck	hteck 100	0/1400							
+ auerschnittsweise	1	11	10.00	2.000	0.000	2.000	0.200	1360.00/960.00/115.0	2	33.01	
+ stabsatzweise	2	36	10.00	10.000	2.000	12.000	0.278	1360.00/960.00/115.0	2	108.04	
<ul> <li>stabweise</li> </ul>	3	20	10.00	4.000	12.000	16.000	0.200	1360.00/960.00/115.0	2	60.02	
A CLIVYCIAC				2000							
x-stellenweise	Stab Nr. 1	14 · Reck	nteck 550	7300							
	Stab Nr. 1	14 · Recl	nteck 550	/300							
- x-stellenweise     - Vorhandene Bewehrung     - Längsbewehrung	Stab Nr. 1	14 - Recl	nteck 550	/300							
- x-stellenweise     - Vorhandene Bewehrung     - Längsbewehrung     - Bügelbewehrung	Stab Nr. 1	14 - Recl	nteck 550	/300							
<ul> <li>Stativerse</li> <li>Vorhandene Bewehrung</li> <li>Längsbewehrung</li> <li>Bügelbewehrung</li> <li>Stab Nr. 5</li> </ul>	Stab Nr. 1	14 · Recl	nteck 55U	/300							
Vorbandene Bewehrung     Cangsbewehrung     Bügelbewehrung     Stab Nr. 5     Stab Nr. 5	Stab Nr. 1	14 · Recl	nteck 550	/ 300							
Gauresse     Sauresse     Sauresse     Vorhandene Bewehrung     Elängsbewehrung     Stab Nr. 5     Stab Nr. 5     Stab Nr. 7	Stab Nr. 1	14 · Recl	nteck 550			1111					
staureise     vorhandense Bewehrung     Längsbewehrung     Stab Nr. 5     Stab Nr. 6     Stab Nr. 10	Stab Nr. 1	14 · Recl	nteck 550								
<ul> <li>⊌ stellerweise</li> <li>Uorhandene Bewehrung</li> <li>Eängsbewehrung</li> <li>Bügelbewehrung</li> <li>Stab Nr. 5</li> <li>Stab Nr. 6</li> <li>Stab Nr. 7</li> <li>Stab Nr. 10</li> <li>Stab Nr. 10</li> </ul>	Stab Nr. 1	14 - Recl	nteck 550								
<ul> <li>⊌ autoretes</li> <li>⊎ stellerweise</li> <li>Uorhandene Bewehrung</li> <li>Bügebwehrung</li> <li>Stab Nr. 5</li> <li>Stab Nr. 5</li> <li>Stab Nr. 7</li> <li>Stab Nr. 7</li> <li>Stab Nr. 10</li> <li>Stab Nr. 14</li> </ul>	Stab Nr. 1	14 · Recl	nteck 550								
Vadoretse     Varhandense Bewehrung     Längsbewehrung     Stab Nr. 5     Stab Nr. 5     Stab Nr. 7     Stab Nr. 7     Stab Nr. 7     Stab Nr. 10     Stab Nr. 11     Stabsatz Nr. 2	Stab Nr. 1	14 · Recl	nteck 550	(1)	11\$10-0.2	00 m. (2)3	<pre>i6∳10-0.2<sup>i</sup></pre>	<b>78 m</b> (3)20 <b>0</b> 10-0.200 m			
Vorbandene Bewehrung     Längsbewehrung     Stab Nr. 5     Stab Nr. 5     Stab Nr. 7     Stab Nr. 7     Stab Nr. 10     Stab Nr. 11     Stabsatz Nr. 2     Stabsatz Nr. 3	Stab Nr. 1	14 · Recl	nteck 550	(1)	110-0.2	00 m. (2) 3	<pre>i6∳10-0.27</pre>	18 m (3) 200410-0, 200 m			
Vatarresse     Vorhandene Bewehrung     Längsbewehrung     Stab Nr. 5     Stab Nr. 5     Stab Nr. 7     Stab Nr. 7     Stab Nr. 10     Stab Nr. 14     Stabsatz Nr. 1     Stabsatz Nr. 2     Stabsatz Nr. 3     Stabsatz Nr. 3	Stab Nr. 1	14 · Recl		(1)	11\$10-0.2	00 m (2):	6 <b>∳</b> 10-0.27	18 m (3) 20\$10-0. 200 m			
vadovetse     vetentee     vetentee	Stab Nr. 1	14 - Recl		300	11\$10-0.2	)0 m (2)3	:6 <b>∳</b> 10−0.27	78 m (3) 20¢10-0. 200 m			
	Stab Nr. 1	14 - Recl		300	11\$10-0.2	00 m (2) :	-6∳10-0.27	18 m (3) 20\$10-0.200 m			
<ul> <li>→ stabietse</li> <li>→ stabietse</li> <li>→ Vorhandene Bewehrung</li> <li>→ Bigelbewehrung</li> <li>→ Stab Nr. 5</li> <li>→ Stab Nr. 7</li> <li>→ Stab Nr. 7</li> <li>→ Stab Nr. 7</li> <li>→ Stab Nr. 10</li> <li>→ Stab Nr. 11</li> <li>→ Stab Nr. 14</li> <li>→ Stabsatz Nr. 1</li> <li>→ Stabsatz Nr. 2</li> <li>→ Stabsatz Nr. 3</li> <li>→ Stabsatz Nr. 4</li> <li>⊕ Bewehrung x-stellerweise</li> <li>→ Stabiliste</li> </ul>	Stab Nr. 1	14 - Recl		300	11\$10-0.21	)0 m (2)3	i6¢10-0.27	18 m (3) 20\$10-0.200 m			

Bild 5.13: Maske 3.2 Vorhandene Bügelbewehrung

Wie die Längsbewehrung wird die vorhandene Bügelbewehrung stab- und stabsatzweise nach *Positionen* (Bewehrungsgruppen) geordnet ausgegeben.

Im unteren Abschnitt wird die Bewehrung grafisch mit Positionsbügeln skizziert. Die aktuelle Position (die Zeile im Abschnitt oben, in der sich der Cursor befindet) ist rot gekennzeichnet. Änderungen bei den Parametern im Abschnitt oben werden sofort grafisch umgesetzt.

Der Bewehrungsvorschlag berücksichtigt auch konstruktive Vorschriften. Nach SIA 262 5.5.2.2 sind beispielsweise in Balken stets Bügel anzuordnen, deren gegenseitiger Abstand 25Ø nicht übersteigt und deren Querschnitt mindestens 0,2% des zugehörigen Betonquerschnitts betragen soll. Bei breiten Stegen darf die Stegbreite mit maximal 400 mm in Rechnung gestellt werden.

#### **Position Nr.**

Die Auflistung erfolgt nach *Positionen* geordnet, die jeweils gleiche Eigenschaften besitzen (Durchmesser, Abstand).

Die Positionen aller Stäbe und Stabsätze werden in Maske 3.4 Stahlliste zusammengefasst.

#### **Anzahl Bügel**

Bei Ermittlung der Bügelbewehrung berücksichtigt RF-BETON Stäbe die Benutzervorgaben der Maske 1.6 *Bewehrung*, Register *Bügel* (siehe Kapitel 3.6.2, Seite 40).

Die Anzahl der Bügel einer Position ist editierbar: Nach einem Klick in die Zelle ist einfach ein anderer Wert einzutragen. Der Bügelabstand (Spalte G) wird dabei automatisch umgerechnet.

#### ¢

Der Bewehrungsvorschlag benutzt die Vorgaben der Maske 1.6 *Bewehrung*, Register *Bügel*. Über die Liste lässt sich der Stabdurchmesser für die aktuelle Positionsnummer ändern.





#### Länge

In Spalte D wird für jede Position die Gesamtlänge des Bügelbereichs angezeigt. Sie ermittelt sich aus den Anfangs- und Endstellen x und kann in dieser Spalte nicht editiert werden. Dies ist nur über die Schaltfläche [Bearbeiten] im Grafikabschnitt möglich (siehe Bild 5.14, Seite 65).

#### Stelle x von ... bis

Diese Werte geben die Anfangs- und Endpositionen des Bewehrungsbereichs an. Sie sind auf den Stabanfangsknoten von RFEM (x = 0) bezogen. Die Einträge in diesen beiden Spalten sind editierbar, sodass die Bereichsgrenzen durch Ändern der Werte verschoben werden können.

Um einen Bereich zu unterteilen, ist bei der Anfangs- oder Endposition eine Stelle x einzutragen, die zwischen den beiden Werten liegt. RF-BETON Stäbe legt dann automatisch einen neuen Bügelbereich an.

#### Abstand SBü

Der vorgeschlagene Bügelabstand berücksichtigt die Vorgaben der Maske 1.6 *Bewehrung*, Register *Bügel* (siehe Kapitel 3.6.2, Seite 40). Dieser Wert ist editierbar: Nach einem Klick in die Zelle ist einfach ein anderer Abstand einzutragen. Die Bügelanzahl (Spalte B) wird dabei automatisch angepasst. Der exakte Bügelabstand wiederum errechnet sich dann auf Basis einer ganzzahligen Bügelmenge.

#### Bügelabmessungen

In dieser Spalte werden die Bügelmasse in der Form "Höhe/Breite/Verankerungslänge" angegeben. RF-BETON Stäbe berücksichtigt die vorgegebenen Stabdurchmesser und Betondeckungen. Die Werte sind nicht editierbar.

#### **Anzahl Schnitte**

Die Schnittigkeit der Bügel basiert auf den Vorgaben der Maske 1.6 *Bewehrung*, Register *Bügel* (siehe Kapitel 3.6.2, Seite 40). Über die Liste kann die Anzahl der Schnitte geändert werden.

#### Gewicht

Die Spalte J der Maske 3.2 gibt für jede Position die Masse aller Bügelbewehrungsstäbe an.

#### Meldung

Falls eine Fussnote in der letzten Spalte angezeigt wird, liegt eine Sonderbedingung vor. Die Nummern sind in der Statusleiste näher erläutert.

Meldungen...

Anzah

Schnitte

Alle [Meldungen] der aktuellen Position lassen sich über die links dargestellte Schaltfläche einsehen. Es erscheint ein informativer Dialog mit einer Übersicht (vgl. Bild 5.3, Seite 54).



#### Bewehrungsvorschlag ändern

Im unteren Abschnitt der Maske 3.2 wird die Bewehrung mit Positionsbügeln skizziert. Die aktuelle Bewehrungsposition (die Zeile, in der sich der Cursor im Abschnitt oben befindet) ist rot hervorgehoben. Ein Klick auf die Schaltfläche [Bearbeiten] rechts unten in der Grafik ruft den Bearbeitungsdialog dieser Position auf.

Bügelbewel	hrung bearbeiten {	Stab Nr.	10, Positio	n Nr. 3	
Bereich		Bügelabr	iessungen		
x-Stelle von: bis: Länge:	8.000 [m] 16.000 [m] 8.000 [m]	Höhe: Breite: Haken:	Anfang 1360.00 960.00 115.00	Ende 1360.00 960.00 [mm]	(mm) (mm)
Bügelparame	ter				
Abstand:	0.250 [m]	Anzahl:	32		
Durch- messer:	10.00 💌 [mm]	Gesamt- masse:	96.0	[kg]	
Schnitte:	2 🗸				
D			OK	Аьы	rechen

Bild 5.14: Dialog Bügelbewehrung bearbeiten

In diesem Dialog sind die bereits beschriebenen Bewehrungsparameter zusammengefasst. Hier lassen sich die Angaben zu *Bereich, Bügelabmessungen* und *Bügelparameter* kontrollieren und gegebenenfalls modifizieren.

#### Berechnung

Bei Änderungen werden die zu führenden Nachweise automatisch mit der neuen vorhandenen Bügelbewehrung nochmals berechnet. Eine Ausnahme gilt hierbei für die Ergebnisse nichtlinearer Analysen: Diese werden gelöscht und es ist erneut eine manuelle [Berechnung] erforderlich.



### 5.2.3 Vorhandene Bewehrung x-stellenweise

Diese Maske gibt Auskunft über die eingehaltenen oder nicht erfüllten Nachweise der Tragfähigkeit. Ein grosser Vorteil liegt in der Dynamik der Sicherheitsnachweise: Bei Änderungen an den vorhandenen Bewehrungen werden die Nachweise automatisch aktualisiert.



Bild 5.15: Maske 3.3 Vorhandene Bewehrung x-stellenweise

Im oberen Abschnitt werden die Längs- und Bügelbewehrungsquerschnitte für jede Stabstelle x aufgelistet.

#### Stelle x

Die vorhandenen Bewehrungsflächen sind für jeden Stab nach x-Stellen geordnet:

- Anfangs- und Endknoten
- Teilungspunkte gemäss eventuell vorgegebener Stabteilung
- Extremwerte der Schnittgrössen

Bei gestaffelten Bewehrungen erscheinen die x-Stellen zweifach für die Bereichsgrenzen.

#### A<sub>s,oben</sub>

Dieser Wert gibt den Bewehrungsquerschnitt der vorhandenen oberen Längsbewehrung an.

#### A<sub>s,unten</sub>

Dieser Wert repräsentiert den Bewehrungsquerschnitt der vorhandenen unteren Längsbewehrung.

#### **a**s,Bügel

In dieser Spalte wird der Querschnitt der vorhandenen Bügelbewehrung angegeben.

Die Zwischenergebnisse im unteren Abschnitt ermöglichen eine detaillierte Bewertung der geführten Nachweise. Hier werden die Bemessungsdetails der aktuellen (d. h. im Abschnitt oben aktiven) Stelle x mit allen nachweisrelevanten Parametern ausgewiesen. Zu zeigen...



Über die Schaltfläche [Zu zeigen] lassen sich die angezeigten Ergebnisparameter reduzieren.

Ergebnisse zu zeigen ¦EN 1992-1-1: 2004	X
Zu zeigen - Zwischenergebnisse	
Bewehrungsgrad oben Rho-oben	~
🗹 Bewehrungsgrad unten Rho-unten	
🔽 Bügelbewehrungsgrad Rho-w	
Zängsbewehrungssicherheit oben vorh A-s,oben / erf A-s,oben	
Zängsbewehrungssicherheit unten vorh A-s, unten / erf A-s, unten	
🔽 Bügelsicherheit vorh a-s,w / erf a-s,w	
Erforderliche Bewehrung oben erf A-s,oben	
Erforderliche Bewehrung unten erf A-s,unten	
Erforderliche Bügelbewehrung erf a-s,Bügel	
Bemessungsmoment M-y,Sds,max	≡
Bemessungsmoment M-y,Sds,min	
Sicherheitsbeiwert Gamma	
Dehnung der oberen Bewehrung im Bruchzustand Eps-s,oben,u	
Dehnung der unteren Bewehrung im Bruchzustand Eps-s,unten,u	
Betondehnung am oberen Querschnittsrand im Bruchzustand Eps-c,oben,u	
Betondehnung am unteren Querschnittsrand im Bruchzustand Eps-c,unten,u	
Druckzonenhöhe im Bruchzustand x,u	
Bezogene Druckzonenhöhe im Bruchzustand x/h,u	
Statische Nutzhöhe d	
Hauptkrümmung im Bruchzustand 1/r-,u	
Winkel der Nullachse im Bruchzustand Alpha-0,u	_
Spannung der oberen Bewehrung im Bruchzustand Sigma-s,oben,u	~
Deselektieren	
OK Abbreche	n

Bild 5.16: Dialog Ergebnisse zu zeigen

Die Zwischenergebnisse geben Auskunft über den *Bewehrungsgrad* und die *Sicherheit* der gewählten Bewehrung, d. h. dem Verhältnis von vorhandener zu erforderlicher Bewehrung. Dabei wird die Sicherheit der Längsbewehrung mit einem vergrösserten Moment nachgewiesen, das das Versatzmass berücksichtigt.

## 5.2.4 Stahlliste

In einer Übersicht werden die vorhandenen Bewehrungsstäbe zusammengestellt. Diese Tabelle ist nicht editierbar.

RF-BETON Stäbe - [Rahmen]										×
Datei Bearbeiten Einstellungen	Hilfe									
FA1 - Stahlbeton-Bemessung 🛛 💌	3.4 Sta	hlliste								
FA1 - Stahlbeton-Bemessung	3.4 Stal A Position Nr. Material 1 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11 Summe	hlliste BBewehrungs- typ Längs Längs Längs Längs Längs Längs Bügel Bügel Bügel Bügel	C ds (mm) 12.0 12.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0	D Ober- fläche 00 S (A) Gerippt Gerippt Gerippt Gerippt Gerippt Gerippt Gerippt	E Anzahl Stäbe 12 8 48 3 6 2 2 2 2 18 14 112 56 281	F Länge [m] 16.000 8.000 10.800 16.518 16.694 8.536 4.866 2.966 3.666 3.066	G Veranke Anfang Ohne Verankerung Gerade Gerade Winkelhaken Gerade Winkelhaken Haken Haken Haken Haken	H rungstyp Ende Ohne Verankerung Gerade Gerade Winkelhaken Gerade Haken Haken Haken Haken	l Biegerollen- durchmesser [m] 0.140 0.140 0.040 0.040 0.040	J Gewicht [kg] 170.4 56.8 1277.8 122.1 246.9 41.4 42.1 54.0 25.6 253.0 105.8 2395.9
0 9 9 9 9	Berechn	ung					Grafik		ОК АЫ	prechen

Bild 5.17: Maske 3.4 Stahlliste



#### **Position Nr.**

Die Auflistung der Bewehrungsstäbe erfolgt nach *Positionen* geordnet, die jeweils gleiche Eigenschaften besitzen (Durchmesser, Länge, Verankerungstyp etc.)

Die Positionsnummern sind in der Regel nicht mit den Nummern der Masken 3.1 und 3.2 identisch.

#### Bewehrungstyp

Diese Spalte gibt an, ob es sich um eine Längs- oder eine Bügel-Bewehrung handelt.

#### ø

Spalte C benennt die verwendeten Stabdurchmesser.

#### Oberfläche

In dieser Spalte wird angegeben, ob die Oberfläche des Bewehrungsstahls *Gerippt* oder *Glatt* ist.

#### **Anzahl Stäbe**

Die Anzahl gleichartiger Bewehrungsstäbe einer jeden Position kann in Spalte E abgelesen werden.

#### Länge

In dieser Spalte wird für jede Position die Gesamtlänge eines repräsentativen Bewehrungsstabes angegeben.

#### Verankerungstyp Anfang / Ende

Diese beiden Spalten informieren über die Verankerungstypen am Anfang und Ende der Bewehrungsstäbe (Ohne Verankerung, Gerade, Haken, Winkelhaken etc.)

#### Biegerollendurchmesser

Bei Bügeln und Haken wird der Biegerollendurchmesser d<sub>br</sub> in Spalte I angegeben.

#### Gewicht

Die letzte Spalte gibt für jede Position die Masse sämtlicher Bewehrungsstäbe an.

#### Summe

Am Ende der Stahlliste wird neben der Gesamtanzahl der Bewehrungsstäbe die Masse des insgesamt benötigten Stahls angegeben. Diese ermittelt sich aus den Werten der einzelnen Positionen oberhalb.



## 5.3 Gebrauchstauglichkeitsnachweis

Die Ergebnismasken 4.1 bis 4.4 erscheinen nur dann, wenn in Maske 1.1 die Bemessung für *Gebrauchstauglichkeit* aktiviert wurde (siehe Kapitel 3.1.2, Seite 27) und wenn keine Unbemessbarkeiten vorliegen (siehe Kapitel 5.1.5, Seite 57 und Kapitel 5.2.3, Seite 66).

Die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit werden mit der Bewehrungsanordnung geführt, die in den Masken 3.1 und 3.2 als *Vorhandene Bewehrung* vorliegt.

### 5.3.1 Gebrauchstauglichkeitsnachweis querschnittsweise

BETON - [Rahmen]											X
Datei Bearbeiten Einstellungen	Hilfe										
FA1 - Stahlbeton-Bemessung 🔽	4.1 G	ebrauc	hstaugl	ichkeits	snachwe	eis quer:	schnitt	sweise			
Eingabedaten	A	В	С	D	E	F	G	Н		J	K
- Basisangaben	Quersc	Stab	Stelle	LF / LG	Øs	Øc	min As	Stababstand	Rissbreite	Durchbiegur	
- Materialien	Nr.	Nr.	x [m]	LK	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	lim sį (mm)	max w <sub>k</sub> [mm]	ui,2 (mm)	Meldung
- Querschnitte		2	4.400	LG1	-3.6	-5.9	0.00	300.00	0.00	4.17	204)
- Lager	2	8	0.000	LG1	-0.8	-5.8	0.00	300.00	0.00	0.00	204)
🖮 Bewehrung	3	10	8.000	LG1	262.7	-10.4	54.13	290.69	0.29	36.14	331)
- 1 - Riegel	4	11	0.000	LG1	213.1	-9.2	35.03	300.00	0.17	7.51	
2 - Stützen	5	13	16.000	LG1	264.4	-12.4	22.52	287.81	0.26	5.40	
Ergebnisse	Maßge	bend:									
Erforderliche Bewehrung	5	13	16.000	LG1	264.4	-12.4	22.52	287.81	0.26	5.40	
querschnittsweise     stabsatzweise     stabsatzweise     stabweise     stabweise     x-stellenweise     vorhandene Bewehrung     Bügelbewehrung     Bügelbewehrung     Bewehrung xstellenweise     Stabiliste     Gebrauchstauglichkeitsnachwei     querschnittsweise     stabsatzweise     stabweise     stabweise     stabsatzweise											
	Bereck	nnung		[	Meldunge	n)		Gra	fik		OK Abbrechen
204) Querschnitt ist überdrückt, dahe	er keine f	Rissentw	/icklung.								

Bild 5.18: Maske 4.1 Gebrauchstauglichkeitsnachweis querschnittsweise

Es werden die Extremwerte der diversen Kriterien angegeben, die für die Gebrauchstauglichkeit nachzuweisen sind. Diese resultieren aus den Parametern der Bewehrungssätze zur Rissbreitenbegrenzung (siehe Kapitel 3.6.4, Seite 43), der vorhandenen Bewehrung und den Schnittgrössen der massgebenden Einwirkungen.

Für die Auswertung dieser Ausgabemaske beachten Sie bitte die Erläuterungen zum Dialog *Einstellungen für Auslegung der Bewehrung* auf Seite 45.

#### Querschnitt Nr.

Die Nachweise sind nach Querschnittsnummern geordnet. Die letzte Zeile der Tabelle gibt an, welcher Querschnitt *massgebend* für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist.

#### Stab Nr.

In dieser Spalte wird die Nummer des Stabes angegeben, der für jeden Querschnittstyp die Extremwerte liefert.

#### Stelle x

Es wird jeweils die x-Stelle im Stab angegeben, an der die ungünstigsten Werte auftreten. Die Abstände beziehen sich auf den Anfangsknoten des massgebenden Stabes.



#### LF / LG /LK

In dieser Spalte werden die Nummern der Lastfälle, Lastfallgruppen oder -kombinationen angegeben, die für die einzelnen Nachweise massgebend sind.

#### $\sigma_{\text{s}}$

Diese Werte drücken die Spannungen in der Bewehrung bei gerissener Zugzone aus, die sich aus dem Produkt von Stahldehnung und E-Modul ermitteln:

 $\sigma_s = \epsilon_s \cdot E_s$ 

#### σ

In dieser Spalte werden die Betonspannungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit angegeben.

#### min As

Die Mindestquerschnittsfläche der Betonstabstahlbewehrung nach SIA 262 4.4.2 beträgt:

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s}$$

mit k

Kc	der Erstrissbildung
k	Beiwert zur Berücksichtigung von nichtlinear über den Querschnitt verteil- ten Eigenspannungen
$\mathbf{f}_{ct,eff}$	Mittelwert der wirksamen Betonzugfestigkeit beim Auftreten der Risse
$A_{ct}$	Betonzugzone im ungerissenen Zustand bei Erstrissbildung

- f<sub>ct,eff</sub> Wirksame Betonzugfestigkeit zum massgebenden Zeitpunkt
- σ<sub>s</sub> Zulässige Stahlspannung unmittelbar nach der Rissbildung (ggf. in Abhängigkeit vom Grenzdurchmesser oder Höchstwert der Stababstände)

#### Stababstand lim s<sub>I</sub>

Der maximale Stababstand max sı wird nach [17] 10.15 berechnet.

$$s = \frac{4 \cdot E_s \cdot w \cdot \sqrt{\pi \cdot f_{ct}}}{(\sigma_s)^{3/2}} \le 300 \text{mm}$$

#### Rissbreite max w<sub>k</sub>

Nachweiss der Rissbreite wird gemäss SIA 262 4.4.2 bestimmt.

#### Durchbiegung u<sub>l,z</sub>

In der vorletzten Spalte wird jeweils der Absolutwert der Verformung angegeben, der in Richtung der lokalen Stabachse z vorliegt.

Die zulässige relative Durchbiegung wird im Dialog *Einstellungen für die Auslegung der Längsbewehrung* (siehe Bild 3.24, Seite 45) verwaltet.



#### Meldung

Die letzte Spalte verweist auf Probleme oder Bemerkungen, die sich bei der Durchführung der Nachweise ergeben haben. Die Nummern sind in der Statusleiste näher erläutert.

Meldungen...

Alle [Meldungen] der aktuellen Gebrauchstauglichkeitsanalyse lassen sich zusammengefasst über die links gezeigte Schaltfläche einsehen. Es erscheint ein informativer Dialog mit einer Übersicht.

enter	merudingen bzw. rinnweise zur Demessung	Ľ
Verwe	ndete Fehlermeldungen bzw. Hinweise	
201	Größter Durchmesser > maximaler Durchmesser	1
202	Bewehrungsabstand > max Abstand für Rissbegrenzung	í l
204	Querschnitt ist überdrückt, daher keine Rissentwicklung.	
331	Durchbiegung/Stablänge > 1/500	
. 1		
< ]		
<		
<		

Bild 5.19: Dialog Fehlermeldungen bzw. Hinweise zur Bemessung

## 5.3.2 Gebrauchstauglichkeitsnachweis stabsatzweise

A: Stahlbeton-Bemessung       A: B       C       D       E       F       G       H       J       J       K         Basiangaben       A: B       C       D       E       F       G       H       J       K         Materialen       Querschnitte       Lager       Stabas Stab       Stelle       LF / LG       rs	Datei Bearbeiten Einstellungen	Hilfe										
A         B         C         D         E         F         G         H         I         J         K           Besisangaben         Materialien         Outschalt         6         min As         Stabstand         Risberge         Durchlegur         Materialien         Outschalt         No.         Nr.	FA1 - Stahlbeton-Bemessung	4.2 G	ebrauc	hstaugt	ichkeit	snachwe	eis stabs	atzwei	se			
Stability       Stability       Stability       Stability       Stability       Stability       Stability       Meddung         Materialien       N:	Fingabedaten	A	В	C	D	E	F	G	Н		J	K
Nr.         Nr. <td>Basisangaben</td> <td>Stabsa</td> <td>Stab</td> <td>Stelle</td> <td>LF / LG</td> <td>σs</td> <td>σc</td> <td>min As</td> <td>Stababstand</td> <td>Rissbreite</td> <td>Durchbiegur</td> <td></td>	Basisangaben	Stabsa	Stab	Stelle	LF / LG	σs	σc	min As	Stababstand	Rissbreite	Durchbiegur	
Queschnite         Lager         2       3       0.000       LG1       -0.8       -5.8       0.00       300.00       0.00       204         Lager       2       3       0.000       LG1       -5.3       -5.1       0.00       300.00       0.00       204         Bewehrung       1       1       0.000       LG1       -5.3       -5.1       0.00       300.00       0.00       204         2       - Stützen       Esterkung       4       11       0.000       LG1       264.4       -12.4       22.52       287.81       0.26       5.40         Edemseise       -	Materialien	Nr.	Nr.	x [m]	LK	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	lim sį [mm]	max w <sub>k</sub> [mm]	ui,z (mm)	Meldung
Lager         2         3         0.000         LG1         5.3         5.1         0.00         300.00         0.00         204)           Bewehrung         1         Riegel         2         3         0.000         LG1         5.3         5.1         0.00         300.00         0.00         204)           1< Fliggel	Querschnitte		8	0.000	LG1	-0.8	-5.8	0.00	300.00	0.00	0.00	204)
3       2       4.400       LG1       3.6       5.9       0.00       300.00       0.00       4.17       204)         1       - 2: Stužen       - 2: Stužen       - 3.2       3.00       300.00       0.01       4.17       204)         Ergebnisse       - 2: Stužen       - 5       13       16.000       LG1       264.4       -12.4       22.52       287.81       0.26       5.40         Ergebnisse       - 5       13       16.000       LG1       264.4       -12.4       22.52       287.81       0.26       5.40         - 4       - 13       16.000       LG1       264.4       -12.4       22.52       287.81       0.26       5.40         - 4       - 4       - 12.4       22.52       287.81       0.26       5.40       -         - 5       <	Laner	2	3	0.000	LG1	-5.3	-5.1	0.00	300.00	0.00	0.00	204)
1 - Riegel 2 - Stutzen       4       11       0.000       LG1       213.1       -3.2       35.03       300.00       0.17       7.51         2 - Stutzen       Trade       13       16.000       LG1       264.4       -12.4       22.52       287.81       0.26       5.40         © cuerschnitsweise © stabatweise © stabatweise © stabatweise © stabatweise © Stabiliste       5       13       16.000       LG1       264.4       -12.4       22.52       287.81       0.26       5.40         © dueschnitsweise © stabatweise © stabatweise © Stabuesie       5       13       16.000       LG1       264.4       -12.4       22.52       287.81       0.26       5.40         © dueschnitsweise © stabatweise © stabuesie       5       13       16.000       LG1       264.4       -12.4       22.52       287.81       0.26       5.40         © dueschnitsweise © stabuesie       13       16.000       LG1       264.4       -12.4       22.52       287.81       0.26       5.40         © dueschnitsweise © stabuesie	Bewehrung	3	2	4.400	LG1	-3.6	-5.9	0.00	300.00	0.00	4.17	204)
2 - Stützen         Ergebnisse         © Erforderliche Bewehrung         • ausschnittsweise         • stabsatzweise         • stabelenweise         • Stabsatzweise         • stabelenweise         • Stabisatzweise         • stabelenweise         • stab	- 1 - Biegel	4	11	0.000	LG1	213.1	-9.2	35.03	300.00	0.17	7.51	
Ergebnisse       Maßgebend:            Efrodeliche Bewehrung	2 - Stiitzen	5	13	16.000	LG1	264.4	-12.4	22.52	287.81	0.26	5.40	
Erforderliche Bewehrung       5       13       16.000       LG1       264.4       -12.4       22.52       287.81       0.26       5.40	Ergebnisse	Maßge	bend:									
	Erforderliche Bewehrung	5	13	16.000	LG1	264.4	-12.4	22.52	287.81	0.26	5.40	
stabsatzweise     stabweise     stabweise     vorhandene Bewehrung     Elingsbewehrung     Bigebewehrung     Bigebewehrung     Bigebewehrung     Stahliste     Gebrauchstauglichkeitnachwei     glabsatzweise     stabweise     stabweise     stabweise     wxstellenweise     Metehrung	auerschnittsweise											
stabweise     stabweise     stablenweise     Stablete     Stablete     stableteise     stableteise     stableteise     stableteise     stabweise     stabweise     stabweise     stabweise     stableteise	stabsatzweise											
	stabweise											
Vorhandene Bewehrung     Lingsbewehrung     Bigelbewehrung     Bigelbewehrung     Bewehrung xstellenweise     Stabiliste     Gebrauchstauglichkeitsnachwei     gueschnittsweise     stabisatzweise     stabisatzweise	• x-stellenweise											
Längsbewehrung     Bewehrung     Bewehrung     Stahliste     Getrauchstauglichkeitsnachwei     uerschnittsweise     stabsatzweise     stabsatzweise     stabweise     w stellenweise     Resetrung	Vorhandene Bewehrung											
Bügelbewehrung     Bewehrung x-stellenweise     Stabiliste     Stebauchstauglichkeitsnachwei     querschnitsweise     stabsdzweise     stabsdzweise     stabsdzweise     stabsdzweise     stabsdzweise     stabereise     Meldungen     Meldungen     Grafik	- Längsbewehrung											
Bewehrung x stellenweise     Stahlist     Gebrauchstauglichkeitsnachwei     querschnitsweise     stabsatzweise     stabweise     x-stellenweise     w x-stellenweise	Bügelbewehrung											
Stahliste     Gebrauchstauglichkeitsnachwei     guesschnittsweise     stabsatzweise     stabsatzweise     wstellenweise      Meldungen     Krafik	Bewehrung x-stellenweise											
Gebrauchstauglichkeitsnachwei     guerschnittsweise     stabsatzweise     stabsatzweise     stabsatz     w	Stahlliste											
querschnitsweise       stabsatzweise       stabweise       • xstellerweise	Gebrauchstauglichkeitsnachwei											
stabsstzweise stabweise     stabweise       e x-stellenweise       Berechnung	querschnittsweise											
	stabweise											
	• x-stellenweise											
	< <u> </u>											
	ORE	Bereck	onuna		1	Meldupoe	m		Gra	6k		

Bild 5.20: Maske 4.2 Gebrauchstauglichkeitsnachweis stabsatzweise

Wurden Stabsätze zur Bemessung ausgewählt, so werden in dieser Maske die massgebenden Gebrauchstauglichkeitsnachweise nach Stabsätzen geordnet ausgegeben.

Die einzelnen Spalten sind im vorherigen Kapitel 5.3.1 erläutert.



Init       Solution between status       Solution between status       Solution between status         Eingabedein Basisangaben -Materialen - Querschnite - Lager       A       B       C       D       E       F       G       H       I       J         - Querschnite - Lager       -       Stab       Stelle       L/F / LG $\sigma_{c}$ min As       Stababand       Rissbreic       Durchbiegur       Meldung         - 1       - 1       6.000       LG1       -53       551       0.00       300.00       0.00       0.00       204)         - 2       4.400       LG1       -53       551       0.00       300.00       0.00       4.02       204)         - 1       Filegel       -       3       0.000       LG1       -5.3       551       0.00       300.00       0.00       204)         - 2       - 5 0.000       LG1       -8.2       -8.6       0.00       300.00       0.00       204)       -         - 2       - 5 0.000       LG1       -8.2       8.0       0.00       300.00       0.00       204)       -         - 6       Friddeiche Bewehrung       -       4.400       LG1       -1.1       4.7       0.00	EA1 - Stableton Remeasured	4360	brauch	taunlin	hkoiten	achumie	etabur	nico			
Engaberation       Product       Do       Do <thdo< th="">       Do       Do       Do&lt;</thdo<>		T.3 00	D	ruugu			Stubw	CINC C	ιu	1	1
Bassangaben         Note         Lik         N/m         N/m <t< td=""><td>Lingabedaten</td><td>Stab</td><td>Stelle</td><td></td><td>a.</td><td><u>По</u></td><td>min Ac</td><td>Stababstand</td><td>Bissbreite</td><td>Durchbiegur</td><td></td></t<>	Lingabedaten	Stab	Stelle		a.	<u>По</u>	min Ac	Stababstand	Bissbreite	Durchbiegur	
Materialen       The fund       Les primes       periods	Basisangaben	Nr	v [m]	<u>- і к</u>	IN/mm21	IN/mm21	[cm2]	lim st [mm]	max we [mm]	u - [mm]	Meldung
User       1       0.000       100       0.00       2.4       0.00       1.6       6.6       0.00       1.6       6.6       0.00       1.6       4.8       0.00       0.00       0.00       0.00       2.4       0.00       1.6       1.6       6.6       0.00       1.6       1.6       6.6       0.00       1.6       1.6       6.6       0.00       0.00       0.00       2.6       1.6	Materialien	1	£ 000	LC1	10.0	6.0	0.00	200.00	0.00	0.05	2041
Lager       2       4.400       Cu1       3.0       3.0       3.0       0.00       4.17       2.47         Bewehrung       3       0.000       L61       5.3       5.1       0.00       300.00       0.00       2.04         2       5       0.000       L61       6.6       3.2       0.00       300.00       0.00       2.04         2       5       0.000       L61       4.8.2       4.0       0.00       300.00       0.00       2.04         2       5       0.000       L61       4.7       6.6       0.000       0.00       2.04         2       5       0.000       L61       4.7       6.6       0.00       0.00       0.00       2.04         5       0.000       L61       4.7       6.6       0.00       300.00       0.00       2.04         6       0.000       L61       1.1       4.7       0.00       300.00       0.00       2.04         6       stabweise       9       4.400       L61       26.27       1.04       54.13       290.68       0.29       36.14       331         6       stabweise       11       0.000       L61	Querschnitte	2	4 400	LG1	-10.0	-0.3	0.00	200.00	0.00	4.17	204)
Bewehrung       3       0.000       L01       3.3       3.1       0.00       0.00       0.00       2.49         1       Fliegel       4       3.740       L61       6.6       3.2       0.00       300.00       0.00       4.08       2.44         2       Stützen       5       0.000       L61       4.2       8.1       0.00       300.00       0.00       2.04         Erdorderliche Bewehrung       7       0.000       L61       4.5       0.00       300.00       0.00       0.00       2.04         e querschnittsweise       8       0.000       L61       4.7       1.1       4.7       0.00       300.00       0.00       2.04         e stabeatzweise       9       4.400       L61       2.1       1.4       7.0       0.00       0.00       2.04         e stabeatzweise       9       4.400       L61       2.1       1.4       7.7       35.03       300.00       0.01       7.7         Vorhandene Bewehrung       12       16.000       L61       124       12.2       2.2       287.81       0.26       5.40         e Langebewehrung       13       16.000       L61       264.4       12	Lager	2	4.400	LOI	-3.0	-0.3	0.00	300.00	0.00	4.17	204)
1. Filegel       4       3.740       Lt1       5.6       3.2       0.00       300.00       0.00       4.03       2.44         2. Stützen       5       0.000       LG1       2.2       8.1       0.00       300.00       0.00       204         igebnisse       6       0.000       LG1       8.2       4.0       0.00       0.00       204         - queschnittsweise       7       0.000       LG1       8.7       6.5       0.00       300.00       0.00       204         - stabatzweise       9       4.400       LG1       -1.1       4.7       0.00       300.00       0.00       204         - stabeweise       10       8.000       LG1       4.7       0.00       300.00       0.00       204         - stabeweise       10       8.000       LG1       7.1       4.7       7.0       300.00       0.00       204         - stabeweise       11       0.000       LG1       22.5       300.00       0.17       7.51         - Vorhandene Bewehrung       12       15.000       LG1       26.4       1.24       22.52       287.81       0.26       5.40         Bewehrung       13       16	∋ Bewehrung	3	0.000	LOI	-0.3	-0.1	0.00	300.00	0.00	0.00	204)
- 2 - Stützen       5       0.000       L1       -2.2       48.1       0.00       300.00       0.00       2.04         - Erforderliche Bewehnung       6       0.000       L61       48.7       6.6       0.00       0.00       2.04         - extension       7       0.000       L61       48.7       6.6       0.00       0.00       0.00       2.04         - extension       8       0.000       L61       48.7       6.5       0.00       300.00       0.00       2.04         - extension       9       4.400       L61       1.1       4.7       0.000       300.00       0.00       2.04         - extellenweise       9       4.400       L61       2.62.7       1.04       5.41.3       2.90.69       0.29       36.14       331         - stabweise       10       8.000       L61       26.27       1.04       54.13       2.90.69       0.29       36.14       331         - Varbandene Bewehrung       12       16.000       L61       164.4       1.24       22.52       287.81       0.26       5.40         - Extensitie       - Stahliste	- 1 - Riegel	4	3.740	LGI	-6.6	-3.2	0.00	300.00	0.00	4.09	204)
ingebnisse       6       0.000       L01       300.00       0.000       0.000       204         Encoderliche Bewehrung       7       0.000       L61       8.7       6.5       0.000       300.00       0.000       204                extellerweise	- 2 - Stützen	5	0.000	LG1	-2.2	-8.1	0.00	300.00	0.00	0.00	204)
Erforderiche Bewehrung       7       0.000       LG1       4.87       4.55       0.00       300.00       0.00       0.00       204	rgebnisse	6	0.000	LG1	-8.2	-6.0	0.00	300.00	0.00	0.00	204)
• guerschnitsweise       8       0.000       LG1       -0.8       -5.8       0.00       300.00       0.00       204)         • stabestzweise       9       4.400       LG1       1.1       4.7       0.00       300.00       0.00       4.04       204)         • stabestzweise       10       8.000       LG1       262.7       -1.0.4       54.13       290.69       0.02       30.14       331)         • xstellenweise       11       0.000       LG1       123.1       -9.2       35.03       300.00       0.10       7.17         • Längsbewehrung       13       16.000       LG1       112.5       -5.0       22.52       300.00       0.05       5.40         • Bigehbewehrung       13       16.000       LG1       112.5       -5.0       22.52       300.00       0.05       5.40         • Bewehrung x-stellenweise       13       16.000       LG1       264.4       -12.4       22.52       267.81       0.26       5.40         • Gebrauchstauglichkeitsnachwei	Erforderliche Bewehrung	7	0.000	LG1	-8.7	-6.5	0.00	300.00	0.00	0.00	204j
• stabesatzweise       9       4.400       LG1       -1.1       -4.7       0.00       300.00       0.00       4.04       204         • stabweise       10       8000       LG1       252,7       -104       541.3       290.69       0.29       361.4       331         • xstellenweise       11       0.000       LG1       213.1       -9.2       35.03       300.00       0.10       7.7       -         • Understandene Bewehrung       12       16.000       LG1       124.4       2.25       287.81       0.26       5.40         • Bigebewehrung       13       16.000       LG1       112.5       5.0       22.52       300.00       0.05       5.40         • Bigebewehrung       13       16.000       LG1       264.4       -12.4       22.52       287.81       0.26       5.40         • Stahliste       -	<ul> <li>querschnittsweise</li> </ul>	8	0.000	LG1	-0.8	-5.8	0.00	300.00	0.00	0.00	204j
• stabweise       10       8.000       L61       262.7       .10.4       54.13       290.69       0.29       36.14       331)         • stabweise       11       0.000       L61       213.1       9.2       35.03       300.00       0.17       7.51         • Längsbewehrung       12       16.000       L61       124.4       .22.52       287.81       0.26       5.40         • Bewehrung       13       16.000       L61       124.4       .22.52       287.81       0.26       5.40         • Bewehrung       13       16.000       L61       264.4       .12.4       22.52       287.81       0.26       5.40         • Bewehrung       • Stabliste       13       16.000       L61       264.4       .12.4       22.52       287.81       0.26       5.40         • Gebrauchtauglichkeitsweise       stabsatzweise       stabsatzweise       stabweise       • 12       16.000       L61       264.4       .12.4       22.52       287.81       0.26       5.40         • stellenweise	<ul> <li>stabsatzweise</li> </ul>	9	4.400	LG1	-1.1	-4.7	0.00	300.00	0.00	4.04	204)
• x-stellenweise         • X-st	stabweise	10	8.000	LG1	262.7	-10.4	54.13	290.69	0.29	36.14	331)
12       16.000       LG1       164.9       -7.2       35.03       300.00       0.10       7.17            Biggbewehrung Biggbewehrung Bewehrung x-stellenweise        13       16.000       LG1       264.4       12.4       22.52       267.81       0.26       5.40            Bewehrung x-stellenweise        13       16.000       LG1       264.4       12.4       22.52       300.00       0.05       5.40            Bewehrung x-stellenweise           13       16.000       LG1       264.4       12.4       22.52       287.81       0.26       5.40            Gebrauchstauglichkeitsnachwei           13       16.000       LG1       264.4       12.4       22.52       287.81       0.26       5.40            Gebrauchstauglichkeitsnachwei           Jasselenweise	<ul> <li>x-stellenweise</li> </ul>	11	0.000	LG1	213.1	-9.2	35.03	300.00	0.17	7.51	
Längsbewehrung       13       16.000       LG1       264.4       -12.4       22.52       287.81       0.26       5.40         Bewehrung Bewehrung Bewehrung Bewehrung Stellenweise       13       16.000       LG1       112.5       -5.0       22.52       300.00       0.05       5.40         Bewehrung Stellenweise       Stahliste       13       16.000       LG1       264.4       -12.4       22.52       287.81       0.26       5.40         Gebrauchstauglichketsnachwei	Vorhandene Bewehrung	12	16.000	LG1	164.9	-7.2	35.03	300.00	0.10	7.17	
Bügelbewehrung       14       0.000       LG1       112.5       -5.0       22.52       300.00       0.05       5.40         Bewehrung xstellenweise       Imagebend	- Längsbewehrung	13	16.000	LG1	264.4	-12.4	22.52	287.81	0.26	5.40	
Bewehrung x-stellenweise       Maßgebend:         13       16.000       LG1       264.4       12.4       22.52       287.81       0.26       5.40         Gebrauchstauglichkeitsnachwei - guerschnitsweise - stabsatzweise - stabweise - w-stellenweise       Image: Stabweise - stabweise	<ul> <li>Bügelbewehrung</li> </ul>	14	0.000	LG1	112.5	-5.0	22.52	300.00	0.05	5.40	
Stahiliste     13     16.000     LG1     264.4     -12.4     22.52     287.81     0.26     5.40       Gebrauchstauglichkeitsnachweis	Bewehrung x-stellenweise	Maßgeb	end:								
Gebrauchstauglichkeitsnachwei     - querschnitsweise     - stabsatzweise     stabweise     a - xstellenweise	Stabliste	13	16.000	LG1	264.4	-12.4	22.52	287.81	0.26	5.40	
- querschnittsweise - stabsatzweise - stabsveise - α- × stellenweise	Gebrauchstauglichkeitsnachwei										
→ stabistarweise - stabistarweise ⊕ - x stellenweise	auerschnittsweise										
*stowerse * *stellenweise	stabsatzweise										
	stabuaisa										
	C A-Steller Weise										

## 5.3.3 Gebrauchstauglichkeitsnachweis stabweise

Bild 5.21: Maske 4.3 Gebrauchstauglichkeitsnachweis stabweise

In dieser Maske erfolgt die Ausgabe der Rissbreitennachweise nach Stäben geordnet. Die einzelnen Spalten entsprechen denen der Maske 4.1. Sie sind im Kapitel 5.3.1 erläutert.

## 5.3.4 Gebrauchstauglichkeitsnachweis x-stellenweise

<b>TON - [Rahmen]</b> atei Bearbeiten Einstellunge	en	Hilfe									
1 - Stahlbeton-Bemessung	~	4.4 Geb	rauchs	stauglich	keitsnach	weis x-s	tellenweise	,			-
auerschnittsweise	~	A	В	С	D	E	F	G	Н		
stabsatzweise	_	Stelle	LF / LG	σs	σc	min A <sub>s</sub>	Stababstand	Rissbreite	Durchbiegur	r	
🗴 stabweise		x [m]	LK	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	lim sı [mm]	max w <sub>k</sub> [mm]	u <sub>l,2</sub> [mm]	Meldung	
x-stellenweise		Stab Nr. 1	I · Recl	hteck 900/6	600						
Vorhandene Bewehrung		0.000	LG1	-20.9	-4.1	0.00	300.00	0.00	0.00	204)	
- Längsbewehrung		3.000	LG1	-18.9	-4.5	0.00	300.00	0.00	-0.04	204)	
Bügelbewehrung		6.000	LG1	-10.0	-6.3	0.00	300.00	0.00	0.95	204)	
Bewehrung x-stellenweise		Stab Nr. 3	2 - Red	hteck 900/6	500						
Stahlliste		0.000	LG1	-12.0	-4.2	0.00	300.00	0.00	0.95	204)	
Gebrauchstauglichkeitsnach		4.400	LG1	-3.6	-5.9	0.00	300.00	0.00	4.17	204)	
auerschnittsweise		Stab Nr. 3	3 - Red	hteck 900/6	500						
stahsatzweise		0.000	LG1	-5.3	-5.1	0.00	300.00	0.00	0.00	204)	
stahweise		3.000	LG1	-14.0	-3.4	0.00	300.00	0.00	1.09	204)	
x-stellenweise		6.000	LG1	-13.5	-3.5	0.00	300.00	0.00	2.94	204)	
- Stab Nr. 1		Stab Nr. 4	4 - Red	hteck 900/6	500						
Stab Nr. 2		0.000	LG1	-9.0	-2.7	0.00	300.00	0.00	2.94	204)	
Stab Nr. 3		3.740	LG1	-6.6	-3.2	0.00	300.00	0.00	4.09	204)	
Stab Nr. 4		4.400	LG1	-6.7	-3.2	0.00	300.00	0.00	4.06	204)	
Stab Nr. 5	=	Stab Nr.	5 - Red	hteck 900/9	900						
Stab Nr. 6		0.000	LG1	-2.2	-8.1	0.00	300.00	0.00	0.00	204)	
Stab Nr. 7		1.040	LG1	-8.2	-7.0	0.00	300.00	0.00	0.19	204)	
Stab Nr. 8		2.080	LG1	-13.9	-5.9	0.00	300.00	0.00	0.70	204)	
Stab Nr. 9		2.600	LG1	-16.7	-5.4	0.00	300.00	0.00	1.04	204)	1
Stab Nr. 10		3.120	LG1	-19.3	-5.0	0.00	300.00	0.00	1.41	204)	1
Stab Nr. 11		4.160	LG1	-24.1	-4.1	0.00	300.00	0.00	2.21	204)	
Stab Nr. 12		5.200	LG1	-19.6	-4.9	0.00	300.00	0.00	3.01	204)	1
Stab Nr. 13		6.240	LG1	-15.4	-5.7	0.00	300.00	0.00	3.72	204)	1
Stab Nr. 14		7.280	LG1	-11.7	-6.4	0.00	300.00	0.00	4.26	204)	
5100 FR. 14	~	7.800	LG1	-10.1	-6.7	0.00	300.00	0.00	4.44	204)	
		8.320	LG1	-8.5	-7.0	0.00	300.00	0.00	4.54	204)	
		Berechn	ung		Meldu	ngen		Grafik		OK Abbrec	.h

Bild 5.22: Maske 4.4 Gebrauchstauglichkeitsnachweis x-stellenweise

Diese Maske listet die diversen Nachweise (siehe Kapitel 5.3.1) detailliert nach x-Stellen auf.


# Ergebnisauswertung

Nach der Bemessung lassen sich die Ergebnisse in verschiedener Weise auswerten. Im Kapitel 5 wurden die Ergebnistabellen vorgestellt, das folgende Kapitel beschreibt die grafische Auswertung.

# 6.1 Bewehrungsvorschlag

Die Ergebnismasken 3.1 und 3.2 stellen dar, wie die erforderlichen Bewehrungsflächen mit Bewehrungsstäben abgedeckt werden können, damit z. B. der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit erfüllt ist. Dieser Bewehrungsvorschlag wird im unteren Bereich der Masken 3.1 *Längsbewehrung* und 3.2 *Bügelbewehrung* als Bewehrungsskizze grafisch dargestellt (siehe Bild 5.9, Seite 58 und Bild 5.13, Seite 63).



Bild 6.1: Bewehrungsskizze in Maske 3.1 Vorhandene Bewehrung

Die aktuelle Position (diejenige Zeile in der Tabelle oberhalb, in der sich der Cursor befindet) ist rot gekennzeichnet. Diese Grafik ermöglicht es, die Lage und Anordnung der einzelnen Positionsstäbe abzulesen und entsprechend zu bewerten.

\$

Die Schaltfläche [Bearbeiten] rechts unten in der Skizze ruft den Bearbeitungsdialog der aktuellen Bewehrungsposition auf. Dieser Dialog ist im Bild 5.12 auf Seite 62 bzw. Bild 5.14 auf Seite 65 dargestellt. Dort lassen sich die diversen Parameter der gewählten Längs- bzw. Bügelbewehrung überprüfen und gegebenenfalls anpassen.



# 6.2 3D-Rendering der Bewehrung

3D-Rendering

In den beiden Masken 3.1 Längsbewehrung und 3.2 Bügelbewehrung steht die Schaltfläche [3D-Rendering] zur Verfügung, die eine fotorealistische Visualisierung der vorhandenen Bewehrung ermöglicht. Sie ruft ein neues Fenster mit der gerenderten Darstellung des Bewehrungskorbes des aktuellen Stabes oder Stabsatzes auf (d. h. des Objekts, in dessen Tabellenzeile der Cursor positioniert ist).



Bild 6.2: 3D-Rendering der vorhandenen Längs- und Bügelbewehrung

Mit dieser Grafik lässt sich die gewählte Bewehrung wirklichkeitsnah überprüfen.

Die Darstellung wird über das Pulldownmenü *Ansicht* oder die zugeordneten Schaltflächen gesteuert (siehe Tabelle 6.1). Wie in RFEM steht auch hier die Greiffunktion zur Verfügung: Verschieben, Zoomen oder Drehen mit gedrückter [Umschalt]- bzw. [Strg]-Taste.

Die aktuelle Grafik kann auch direkt auf den Drucker ausgegeben bzw. in das Ausdruckprotokoll oder in die Zwischenablage übergeben werden.







Die Schaltflächen in der Symbolleiste sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Bezeichnung	Funktion
4	Drucken	Öffnet den Dialog <i>Grafikausdruck</i> (Bild 7.4, Seite 82) mit den Druckeinstellungen
1	Verschieben	Ermöglicht das Verschieben der Ansicht mit der Maus (Zoomen/Rotieren mit [Umschalt]- bzw. [Strg]-Taste)
Q	Zoomen	Ermöglicht das Vergrössern eines Grafikbereiches durch Aufziehen eines Fensters mit der Maus
8	Zeige alles	Stellt die Gesamtansicht wieder her
Ð	Vorherige Ansicht	Zeigt die zuletzt gewählte Ansicht an
₽x	Ansicht in X	Stellt die Ansicht auf YZ-Ebene dar
<b>F</b> y	Ansicht in Y	Stellt die Ansicht auf XZ-Ebene dar
₽	Ansicht in Z	Stellt die Ansicht auf XY-Ebene dar
Ø	Isometrie	Stellt die räumliche Ansicht dar
ď	Perspektive	Bildet die Ansicht in perspektivischer Darstellung ab (mit allen vier Ansichtstypen kombinierbar)
Ø	Drahtmodell	Blendet das Betonmaterial aus
	Vollmodell	Stellt den Beton im Stab oder Stabsatz dar
	Obere Bewehrung	Stellt die oben im Stab liegende Längsbewehrung dar
	Untere Bewehrung	Stellt die unten im Stab liegende Längsbewehrung dar
	Umlaufende Bewehrung	Stellt die umlaufende oder konstruktive Längsbeweh- rung dar
	Bügelbewehrung	Stellt die Bügelbewehrung dar
4	Stab-Achsensystem	Steuert die Anzeige der lokalen Stabachsen xyz
2	Obere Längsbewehrung	Stellt die Positionsstäbe der oberen Bewehrung oberhalb des Stabes dar
Ţ	Untere Längsbewehrung	Stellt die Positionsstäbe der unteren Bewehrung unterhalb des Stabes dar
	Schubbewehrung	Stellt die Positionsstäbe der Bügelbewehrung dar

Tabelle 6.1: Schaltflächen für 3D-Rendering



Stützenbewehrung: Perspektivische Ansicht in X

(1)45\$10-0.250 m



## 6.3 Ergebnisse am RFEM-Modell

Zur grafischen Auswertung der Nachweise kann auch das RFEM-Arbeitsfenster genutzt werden.

#### **RFEM-Hintergrundgrafik**

Die RFEM-Grafik im Hintergrund kann hilfreich sein, um die Lage eines bestimmten Stabes im Modell zu kontrollieren. Ist in der Ergebnismaske von RF-BETON Stäbe eine Tabellenzeile selektiert, so wird der betreffende Stab in der RFEM-Hintergrundgrafik farblich hervorgehoben. Ein Pfeil kennzeichnet zusätzlich die x-Stelle am Stab, um die es sich in der aktuellen Tabellenzeile handelt.



Bild 6.3: Kennzeichnung des Stabes und der aktuellen Stelle x im RFEM-Modell

Diese Funktion steht allerdings nur zur Verfügung, wenn in der Oberfläche von RFEM die Ergebnisse des aktuellen RF-BETON Stäbe-Falls eingestellt sind. Dies wird z. B. durch einen Wechsel in die [Grafik] und wieder zurück in das Modul [RF-BETON Stäbe] erreicht.





#### **RFEM-Arbeitsfenster**

Grafik

Alle Bewehrungsflächen und Zwischenergebnisse lassen sich am Strukturmodell von RFEM visualisieren: Mit der Schaltfläche [Grafik] wird das Modul RF-BETON Stäbe zunächst beendet. Im RFEM-Arbeitsfenster werden nun die diversen Bewehrungen und Nachweisgrössen grafisch wie die Schnittgrössen oder Verformungen eines RFEM-Lastfalls angezeigt. Die Steuerung der Ergebnisarten erfolgt über den *Ergebnisse*-Navigator von RF-BETON Stäbe.

Der *Ergebnisse*-Navigator ist auf die Nachweise des RF-BETON Stäbe-Moduls abgestimmt. Es stehen die verschiedenen Bewehrungstypen für die Nachweise der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit und des Brandschutzes mit allen Zwischenergebnissen zur Auswahl.



Bild 6.4: Ergebnisse-Navigator von RF-BETON Stäbe und Panel mit ausgewählten Ergebnisarten

Der *Ergebnisse*-Navigator ermöglicht es, mehrere Bewehrungsarten oder Nachweise gleichzeitig darzustellen. Damit lässt sich z. B. grafisch die erforderliche Längsbewehrung mit der vorhandenen Längsbewehrung vergleichen. Das Panel wird dabei mit den gewählten Ergebnisarten synchronisiert.

Wegen der Mehrfachauswahl und automatischen Farbzuweisung sind die in RFEM angebotenen Möglichkeiten des *Zeigen*-Navigators zur Darstellung der Stabergebnisse wirkungslos.

Wie bei den RFEM-Schnittgrössen blendet die Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] die Darstellung der Bemessungsergebnisse ein oder aus. Die rechts davon angeordnete Schaltfläche [Ergebnisse mit Werten anzeigen] steuert die Anzeige der Ergebniswerte in der Grafik.

Da die RFEM-Tabellen für die Auswertung der Ergebnisse von RF-BETON Stäbe keine Funktion haben, können sie ggf. deaktiviert werden.

Die Auswahl der Bemessungsfälle erfolgt wie gewohnt über die Liste in der RFEM-Menüleiste.

RF-BETON Stäbe FA1 - Stahlt 🔭 🕔	4	0
LF1 - Eigengewicht und Aufbau		
LF2 - Nutzlast		
LF3 - Wind		
LF4 - Imperfektion nach +X		
LG1 - Bernessungswerte		
LG2 - Brand		
RF-BETON Stäbe FA1 - Bemessung		
RF-BETON Stäbe FA2 - Brand		

x.xx



Wie bei den Stabschnittgrössen kann im mittleren Panel-Register *Darstellungsfaktoren* eine Skalierung der Stabverläufe vorgenommen werden. Damit lassen sich die Bemessungsergebnisse für die Auswertung (und den Ausdruck) grafisch skalieren.

Panel	×
Darstellungs- faktoren	
Verformung:	
Stabverläufe:	
Lagerkräfte:	
1 🖉 🖉	_

Bild 6.5: Panel-Register Darstellungsfaktoren

Neben der erforderlichen und der vorhandenen Bewehrung können die Zwischenergebnisse aller Nachweise grafisch ausgewertet werden.



Bild 6.6: Grafische Ausgabe von erforderlicher und vorhandener Bewehrung sowie der Nachweisdetails im GZG

Alle Ergebnisdarstellungen lassen sich wie RFEM-Grafiken in das zentrale Ausdruckprotokoll übertragen (siehe Kapitel 7.2, Seite 82).

Mit der Panel-Schaltfläche [RF-BETON Stäbe] erfolgt die Rückkehr in das Bemessungsmodul.

**RF-BETON Stäbe** 



## 6.4 Ergebnisverläufe

In der RFEM-Grafik sind die Ergebnisverläufe zugänglich über Menü

#### $\mathbf{Ergebnisse} \rightarrow \mathbf{Ergebnisverläufe} \text{ an selektierten Stäben}$

oder die entsprechende Schaltfläche in der RFEM-Symbolleiste.

Es öffnet sich ein Fenster, das den Verlauf der Bewehrungsflächen und Zwischenergebnisse am gewählten Stab oder Stabsatz zeigt.



Bild 6.7: Dialog Ergebnisverläufe im Stab

Im Navigator links sind die Bewehrungen und Zwischenergebnisse auszuwählen, die im Ergebnisdiagramm erscheinen sollen. Über die Listen in der Symbolleiste kann zwischen den Bemessungsfällen von RF-BETON Stäbe und den Stäben bzw. Stabsätzen gewechselt werden.

Eine ausführliche Beschreibung des Dialogs *Ergebnisverläufe* finden Sie im Kapitel 10.5 des RFEM-Handbuchs auf Seite 312.



Ĩ≣



### 6.5 Filter für Ergebnisse

Neben den Ergebnismasken, die durch ihre Struktur bereits eine Auswahl nach bestimmten Kriterien erlauben, stehen die im RFEM-Handbuch beschriebenen Filtermöglichkeiten zur grafischen Auswertung der Nachweise zur Verfügung.



Zum einen kann auf bereits definierte Ausschnitte zurückgegriffen werden (siehe RFEM-Handbuch, Kapitel 10.9 ab Seite 322), die es gestatten, Objekte in geeigneter Weise zu gruppieren.

Zum anderen können im Register *Filter* des Steuerpanels die Nummern der Stäbe bestimmt werden, deren Ergebnisse in der Grafik gefiltert zur Anzeige kommen sollen. Die Beschreibung dieser Funktion finden Sie im Kapitel 4.4.6 des RFEM-Handbuchs auf Seite 80.



Bild 6.8: Filtern von Stäben im Panel

Im Unterschied zur Ausschnittfunktion wird das Modell vollständig mit angezeigt.



# Ausdruck

# 7.1 Ausdruckprotokoll

Wie für RFEM wird zunächst ein Ausdruckprotokoll mit den Daten von RF-BETON Stäbe erzeugt, das mit Grafiken und Erläuterungen ergänzt werden kann. Zudem ist in dieser Druckvorschau festzulegen, welche Ergebnisse der Stahlbetonbemessung letztendlich zu Papier gebracht werden.

Bei sehr grossen Modellen ist es ratsam, anstelle eines einzigen, umfangreichen Protokolls die Daten auf mehrere kleine Protokolle aufzuteilen. Legt man ein separates Protokoll für RF-BETON Stäbe an, kann dieses Ausdruckprotokoll relativ schnell aufgebaut werden.

Das Ausdruckprotokoll ist im RFEM-Handbuch ausführlich beschrieben. Insbesondere das Kapitel 11.1.3.4 *Selektion der Zusatzmodul-Daten* auf Seite 339 behandelt die Auswahl der Einund Ausgabedaten in den Zusatzmodulen.

Es bestehen die üblichen Selektionsmöglichkeiten zur Auswahl der Bemessungsfälle sowie der Eingabe- und Ergebnisdaten von RF-BETON Stäbe.

Ausdruckprotokoll-Selek	tion D1		
Programm / Modul	Globale Selektion Eingabedaten Bewehrung Gebra	auchstauglichkeitsnachweis Brandschutz	
RFEM RF-BETON Stäbe	Anzeigen von		
	Erforderliche Bewehrung	NrSelektion (z.B. 1-5,20)	
	2.1 querschnittsweise Querschnitte:	Alles 🔽	
	✓ 2.2 stabsatzweise Stabsätze:	Alles 💌 🔇	
	2.3 stabweise Stäbe:	Alles 💌 💫	
	2.4 x-stellenweise Stäbe:	Alles 💌 🖏	
	2.5 unbernessbar Stäbe:	Alles 🖌 😽	
	Längsbewehrung		
	🗹 3.1 vorhanden	Alles 🖌 💽	
	🔽 vorhanden - Verankerungen Stabsätze:	Alles 🖌 😽	
	🗹 vorhanden - Grafik		
	Schubbewehrung		
	☑ 3.2 vorhanden	Alles 🖌 💽	
	🗹 vorhanden - Grafik Stabsätze:	Alles 💌 🔇	
	☑ 3.3 Bewehrung vorhanden - x-stellenweise . Stäbe:	Alles 💌 🔇	
	✓ 3.4 Stahlliste		
	Zwischenergebnisse - Bemessung Stäbe:	Alles 😽 🍾	
	Zwischenergebnisse - Bewehrung Stäbe:	Alles 🗸 🍾	
Anzeigen	Eeblormeldungen bruu. Hinuusise		
Deckblatt	The including of D2W. The Webbe		
✓ Innait ✓ Info-Bilder			
Ø		OK Abbre	chen

Bild 7.1: Ausdruckprotokoll-Selektion der RF-BETON Stäbe-Ergebnisse, Register Bewehrung



# 7.2 Grafikausdruck

Die Nachweisgrafiken können entweder in das Ausdruckprotokoll eingebunden oder direkt auf den Drucker geleitet werden. Im Kapitel 11.2 des RFEM-Handbuchs wird das Drucken von Grafiken ausführlich erläutert.

Wie in RFEM kann jedes Bild, das im Grafikfenster des Hauptprogramms angezeigt wird, in das Ausdruckprotokoll übernommen werden. Ebenso lassen sich die 3D-Rendering-Grafiken und die Stab-Ergebnisverläufe mit den [Drucken]-Schaltflächen in das Protokoll übergeben.

Die im RFEM-Arbeitsfenster dargestellte RF-BETON Stäbe-Grafik wird gedruckt über Menü

#### $Datei \rightarrow Drucken$

oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

									RFEM 4.05	- [Rahmen*]		
848	<u>D</u> atei	Bearbeite <u>n</u>	<u>A</u> nsicht	<u>E</u> infügen	Berechnung	Er <u>q</u> ebnisse	E <u>x</u> tras	<u>T</u> abelle	<u>O</u> ptionen	<u>Z</u> usatzmodule	<u>F</u> enster	<u>H</u> ilfe
: 🗅	23	🍓 🗐 🗐	N 🗟	🗅 🗠 🖉	📚 🗗   🔲	🔲 💁 Ri	F-BETON	Stäbe FA3	- Beme: 🔭 <	0 > <u>s</u> <u>x.xx</u>	<u>× xx</u> 6	ৰ চ্ছা চ্ছা
10	9 %	- 🦈 - 19	Drucker	- <u>2×x</u>   P	🗌 🐂 🛍	- 🕎 - 🗊	9 🏂	<u>24</u> 🗐	🍓 🗐 🍄	- 💥 🔍 🔇	🕅 🏹 🕅	ž 🗊 🗗

Bild 7.2: Schaltfläche Drucken in der Symbolleiste des Hauptfensters

🛇 Stab Nr. 1 - Kreis 300
Datei Extras Ansicht
<b>€ @ Q &amp; Ɓ ₨₨₶ d d d d = = = = </b>
Drucken

Bild 7.3: Schaltfläche Drucken in der Symbolleiste des 3D-Rendering-Fensters

#### Es wird folgender Dialog angezeigt.

Grafikbild	Welche Fenster	Grafikaröße
🔿 Sofort ausdrucken 🔛	💿 Nur das aktive	◯ Wie Bildschirm-Ansicht
⊙ In Ausdruckprotokoll: D1 💌	🔿 Alle 🔕	<ol> <li>Fensterfüllend</li> </ol>
aufnehmen		🔿 Im Maßstab 1: 🛛 🚺 💌
Grafikbild-Größe	Optionen	
✓ Über gesamte Seitenbreite ☐ Über gesamte Seitenhöhe	Ausdruckprotok [OK] anzeigen	oll nach
— Höhe: 50 🚔 [% der Seite]	Im Ergebnisverla gewünschter x-S	uf Werte an Stelle ausgeben
Drehung: 0 🚔 (*)	🔲 Grafikbild sperre	n (ohne Aktualisierung)
Orofik Überechviff	New York Contractory	
DEBETON OFFICE CZT. Extendented		

Bild 7.4: Dialog Grafikausdruck, Register Basis

Dieser Dialog ist im Kapitel 11.2 des RFEM-Handbuchs ab Seite 355 ausführlich beschrieben. Dort sind auch die weiteren Register *Optionen* und *Farbskala* erläutert.

Im Ausdruckprotokoll kann eine RF-BETON Stäbe-Grafik per Drag & Drop an eine andere Stelle verschoben werden. Zudem lassen sich eingefügte Grafiken nachträglich anpassen: Klicken Sie den entsprechenden Eintrag im Protokoll-Navigator mit der rechten Maustaste an und wählen im Kontextmenü dessen *Eigenschaften*. Es erscheint wieder der Dialog *Grafikausdruck* mit diversen Modifikationsmöglichkeiten.







# Allgemeine Funktionen

Dieses Kapitel stellt einige Menüfunktionen sowie Exportmöglichkeiten für die Bemessungsergebnisse vor.

## 8.1 RF-BETON Stäbe-Bemessungsfälle

Es besteht die Möglichkeit, Stäbe und Stabsätze in verschiedenen Bemessungsfällen zu gruppieren. Damit können beispielsweise Bauteilgruppen mit spezifischen Bemessungsvorgaben (Materialien, Querschnitte, Bewehrungsanordnung etc.) beaufschlagt werden.

Es bereitet kein Problem, einen Stab oder Stabsatz in unterschiedlichen Bemessungsfällen zu untersuchen.

Die RF-BETON Stäbe-Fälle sind im RFEM-Arbeitsfenster wie ein Lastfall oder eine Lastfallgruppe in der Liste der Symbolleiste zugänglich.

#### Neuen RF-BETON Stäbe-Fall anlegen

Ein neuer Bemessungsfall wird angelegt über das RF-BETON Stäbe-Menü

```
Datei \rightarrow Neuer Fall.
```

Es erscheint der folgende Dialog.

Neuer F	F-BETON Stäbe-Fall 🛛 🛛 👔
Nr. 2	Bezeichnung Stahlbeton-Bemessung
٢	OK Abbrechen

In diesem Dialog sind eine (noch nicht belegte) *Nummer* sowie eine *Bezeichnung* für den neuen Bemessungsfall anzugeben. Nach Bestätigen mit [OK] erscheint die RF-BETON Stäbe-Maske 1.1 *Basisangaben* zur Eingabe der neuen Bemessungsdaten.

#### **RF-BETON Stäbe-Fall umbenennen**

Die Bezeichnung eines Bemessungsfalls kann geändert werden über RF-BETON Stäbe-Menü

#### Datei $\rightarrow$ Fall umbenennen.

Es erscheint der Dialog RF-BETON Stäbe-Fall umbenennen.

RF-BET	ON Stäbe-Fall umbenenne	n 🔀
Nr. 2	Bezeichnung Neue Bezeichnung	✓
٦	OK	Abbrechen

Bild 8.2: Dialog RF-BETON Stäbe-Fall umbenennen



Bild 8.1: Dialog Neuer RF-BETON Stäbe-Fall



### **RF-BETON Stäbe-Fall kopieren**

Die Eingabedaten des aktuellen Bemessungsfalls werden kopiert über das RF-BETON Stäbe-Menü

#### $\textbf{Datei} \rightarrow \textbf{Fall kopieren}.$

Es erscheint der Dialog *RF-BETON Stäbe-Fall kopieren*, in dem die Nummer und Bezeichnung des neuen Falls festzulegen sind.

RF-BET	ON Stäbe-Fall kopieren 🛛 🛛 🔀
Kopiere	n von Fall
FA2 - 1	leue Bezeichnung 🔽
Neuer F	all
Nr.:	Bezeichnung:
-	beniessung stutzen - brandrai
٢	OK Abbrechen

Bild 8.3: Dialog RF-BETON Stäbe-Fall kopieren

### **RF-BETON Stäbe-Fall löschen**

Es besteht die Möglichkeit, Bemessungsfälle zu löschen über das RF-BETON Stäbe-Menü

#### $Datei \rightarrow Fall \, löschen.$

Im Dialog *Fall löschen* ist in der Liste *Vorhandene Fälle* ein Bemessungsfall auszuwählen, der dann mit [OK] gelöscht wird.

Vorhar	idene Fälle	
Nr.	Bezeichnung	^
1	Stahlbeton-Bemessung	
2	Neue Bezeichnung	
2	OK Abbreche	n

Bild 8.4: Dialog Fall löschen



# 8.2 Querschnittsoptimierung

Wie in Kapitel 3.3 erwähnt bietet RF-BETON Stäbe die Möglichkeit einer querschnittsweisen Optimierung an. Hierzu ist in Spalte C der Maske 1.3 *Querschnitte* der betreffende Querschnitt durch Ankreuzen festzulegen (siehe Bild 3.9, Seite 30). Dies erfolgt am einfachsten über einen Klick in das Kästchen. Dabei erscheint ein Dialog, in dem detaillierte Vorgaben getroffen werden können.

Optimie	rungsparamete	r, PB 750/90	0/200/250		
Zu optimi	ieren				
Opti- miere	Vorhanden	Minimal	Maximal	Schrittweite	
🗹 h:	750.0	500.0 🚖	1000.0 凄	50.0 😂	[mm]
🔲 b:	900.0	\$	\$	\$	[mm]
📃 t	200.0	÷	\$	\$	[mm]
<b>S</b> :	250.0	\$	\$	*	[mm]
Angestre Bewehru	ibter ingsgrad: 2.0 🔮	🛃 🔿 Da	arf an keiner Stell	e überschritten w	verden
		⊙ Al: St	s Durchschnittsw ab bzw. Stabsatz	ert über gesamte	n
ה ה	9				

Bild 8.5: Dialog Optimierungsparameter eines Plattenbalkens

In der Spalte *Optimiere* wird zunächst durch Anhaken festgelegt, welcher (oder auch welche) Parameter modifiziert werden soll. Damit werden die Spalten *Minimal* und *Maximal* zugänglich, um dort die Unter- und Obergrenze des Parameters zur Optimierung vorzugeben. Die Spalte *Schrittweite* steuert, in welchem Intervall die Abmessungen dieses Parameters beim Optimierungsprozess variieren.

Als Optimierungskriterium gilt, dass ein *Angestrebter Bewehrungsgrad* entweder an keiner Stelle überschritten werden darf oder als Durchschnittswert über den gesamten Stab oder Stabsatz vorliegen soll. Der gewünschte Bewehrungsgrad kann im Eingabefeld angegeben werden.

Im Zuge der Optimierung untersucht RF-BETON Stäbe, mit welchen Abmessungen des zulässigen Parameters der Nachweis noch gelingt. Dabei ist zu beachten, dass die Schnittgrössen nicht automatisch neu mit den geänderten Querschnitten berechnet werden. Es bleibt dem Anwender überlassen, wann die optimierten Querschnitte für einen neuen Rechenlauf nach RFEM übergeben werden. Wegen der geänderten Steifigkeiten im System können die Schnittgrössen erheblich differieren, die sich mit den neuen Querschnitten ergeben. Es empfiehlt sich daher, nach einer ersten Optimierung die Schnittgrössen neu zu berechnen und die Querschnitte ggf. nochmals zu optimieren.

Die geänderten Querschnitte brauchen nicht manuell nach RFEM übergeben werden: Stellen Sie die Maske 1.3 *Querschnitte* ein und wählen dann das Menü

#### Bearbeiten $\rightarrow$ Querschnitt in RFEM übernehmen.

Das links dargestellte Kontextmenü der Tabellenzeile in Maske 1.3 enthält ebenfalls Möglichkeiten zum Export modifizierter Querschnitte nach RFEM.

Liste 'Zu hamaaaa da Chiha' marin diayaa	
Querschnitt aus RFEM übernehmen <sup>KC</sup>	
Querschnitt in RFEM übernehmen N	
Querschnitt bearbeiten	1
Info über Querschnitt	

Programm RF-BETON Stäbe © 2011 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

#### Berechnung

Vor der Übergabe erfolgt eine Sicherheitsabfrage, da diese Massnahme mit dem Löschen der Ergebnisse verbunden ist. Wird in RF-BETON Stäbe dann die [Berechnung] gestartet, vollzieht sich die Ermittlung der RFEM-Schnittgrössen und der Bewehrungsflächen in einem einzigen Berechnungsablauf.

Analog kann über die oben beschriebene Menüfunktion wieder der RFEM-Originalquerschnitt in RF-BETON Stäbe eingelesen werden. Bitte beachten Sie, dass auch diese Möglichkeit nur in der Maske 1.3 *Querschnitte* besteht.

Liegt ein Voutenstab zur Optimierung vor, werden die Anfangs- und Endstellen optimiert. Danach werden die Flächenträgheitsmomente an den Zwischenstellen linear interpoliert. Da diese mit der vierten Potenz eingehen, können die Nachweise bei grossen Unterschieden der Anfangs- und Endquerschnittshöhen ungenau werden. In diesem Fall empfiehlt es sich, die Voute in einzelne Stäbe zu unterteilen, deren Anfangs- und Endquerschnitte geringere Höhenunterschiede aufweisen.

# 8.3 Einheiten und Dezimalstellen

Die Einheiten und Nachkommastellen werden für RFEM sowie für sämtliche Zusatzmodule zentral verwaltet. In RF-BETON Stäbe ist der Dialog zum Einstellen der Einheiten zugänglich über das Menü

#### Einstellungen $\rightarrow$ Einheiten und Dezimalstellen.

Es wird der aus RFEM bekannte Dialog aufgerufen. Das Modul RF-BETON Stäbe ist voreingestellt.

Programm / Modul       RF-BETON Stäbe         RFEM       Eingabedaten         RF-STAHL Flächen (2f)       RF-STAHL Stäbe         RF-STAHL Stäbe       m         RF-STAHL Stäbe       Spannungen:         N/mm <sup>2</sup> 2       3         Spannungen:       N/mm <sup>2</sup> 2         Winket       *         PF-STANZ       RF-BETON Stäbe         RF-HOLZ       RF-STANZ         RF-PONAM       RF-STAHL         RF-VERBIND       RF-RAHMECK Pro         RF-RAHMECK Pro       R <th>Einheiten und Dezimalstel</th> <th>len</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th>	Einheiten und Dezimalstel	len					
- RF-STAHL SA       Bewehrungsflächen:       cm^2 2       2       Krätte:       kN       2       Krätte:       kN       2       2       Krätte:       kN       2 <td>Programm / Modul PFCM RFEM RF-STAHL Flächen (20 RF-STAHL Stäbe RF-STAHL Stäbe RF-STAHL LC3 RF-STAHL LC3 RF</td> <td>RF-BETON Stäbe Eingabedaten Längen: Querschnittsmaße: Lagethreiten:</td> <td>Einheit m v mm v</td> <td>DezStellen</td> <td>Ergebnisse Spannungen: Längen: Bewehrungsflächen:</td> <td>Einheit N/mm<sup>2</sup> v m v</td> <td>DezStellen</td>	Programm / Modul PFCM RFEM RF-STAHL Flächen (20 RF-STAHL Stäbe RF-STAHL Stäbe RF-STAHL LC3 RF-STAHL LC3 RF	RF-BETON Stäbe Eingabedaten Längen: Querschnittsmaße: Lagethreiten:	Einheit m v mm v	DezStellen	Ergebnisse Spannungen: Längen: Bewehrungsflächen:	Einheit N/mm <sup>2</sup> v m v	DezStellen
- RF-BETON Flächen         - RF-BETON Stibles         - RF-BETON Stitzen         - RF-STANZ         - RF-HOLZ Pro         - RF-HOLZ         - RF-DYNAM         - RF-VERBIND         - RF-RAHMECK Pro         - RF-RAHMECK	<ul> <li>- RF-STAHL IS</li> <li>- RF-STAHL SIA</li> <li>- RF-KAPPA</li> <li>- RF-BGDK</li> <li>- RF-FE-BGDK</li> <li>- RF-EL-PL</li> <li>- RF-CZU-T</li> <li>- FE-BEUL</li> <li>- RF-ASD</li> <li>- KRANBAHN</li> </ul>	Bewehrungsflächen: Kräfte: Spannungen: Einheitenlos: Winkel:	cm^2 v kN v N/mm^2 v	2 \$ 2 \$ 1 \$ 3 \$ 2 \$ 2 \$ 2 \$	Kräfte:	kN v	
	RF-BETON Flächen     RF-BETON Stabe     RF-BETON Stabe     RF-BETON Stabe     RF-STANZ     RF-HOLZ Pro     RF-HOLZ     RF-DVNAM     RF-STIRNPL     RF-VERBIND     RF-RAHMECK Pro     RF-RAHMECK						

Bild 8.6: Dialog Einheiten und Dezimalstellen



Die Einstellungen können als Benutzerprofil gespeichert und in anderen Positionen wieder verwendet werden. Die Beschreibung dieser Funktionen finden Sie im Kapitel 12.6.2 des RFEM-Handbuchs auf Seite 457.



# 8.4 Export der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Stahlbetonbemessung sind auch in anderen Programmen verwertbar.

### Zwischenablage

Markierte Zellen der RF-BETON Stäbe-Ergebnismasken lassen sich mit [Strg]+[C] in die Zwischenablage kopieren und mit [Strg]+[V] z. B. in ein Textverarbeitungsprogramm einfügen. Die Überschriften der Tabellenspalten werden dabei nicht berücksichtigt.

### Ausdruckprotokoll

Die RF-BETON Stäbe-Daten können in das Ausdruckprotokoll gedruckt (siehe Kapitel 7.1, Seite 81) und von dort dann exportiert werden über Menü

 $Datei \rightarrow Export in RTF-Datei bzw. BauText.$ 

Diese Funktion ist im Kapitel 11.1.11 des RFEM-Handbuchs auf Seite 351 beschrieben.

### Excel / OpenOffice

RF-BETON Stäbe ermöglicht den direkten Datenexport zu MS Excel und OpenOffice.org Calc. Diese Funktion wird aufgerufen über Menü

 $\textbf{Datei} \rightarrow \textbf{Tabellen exportieren}.$ 

Es öffnet sich folgender Exportdialog.

Export - MS Excel	
Einstellungen Tabelle	Applikation
🗹 Mit Tabellenkopf	<ul> <li>Microsoft Excel</li> </ul>
🔲 Nur markierte Zeilen	OpenOffice.org Calc
Einstellungen	
Tabelle in die aktive Arbeitsm	appe exportieren
Existierende Tabelle übersch	reiben
Selektierte Tabellen	
O Aktuelle Tabelle	Export-Tabellen mit
💿 Alle Tabellen	Details
🗹 Eingabetabellen	
🗹 Ergebnistabellen	
	OK Abbrechen

Bild 8.7: Dialog Export - MS Excel

Sind die gewünschten Parameter ausgewählt, kann der Export mit [OK] gestartet werden. Excel bzw. OpenOffice werden automatisch aufgerufen. Die Programme brauchen nicht im Hintergrund geöffnet sein.



6	N 🔲 🔊 - 🕲	- →	1	Fabelle1 IK	ompatibilitätsmo	dus1 - Micr	osoft Excel		)	ĸ
	Start Ein	fügen S	eitenlavout	Formeln	Daten Üb	erprüfen	Ansicht Entwicklerto	ols Acrobat	(i) _ = ;	x
Ein Zwi	fügen schen 5	i		≡ <mark>=</mark> ∃ ≣ ≡ œ ≇ ≫•	Text (************************************	Formatvor	lagen ☐ ■ Einfügen ▼ ∰ Löschen ▼ ∭ Format ▼ Zellen	∑ • Z • Sortiere 2 • und Filter Bear	en Suchen und rn * Auswählen * beiten	-
	A3	• (•	f <sub>x</sub> (	Querschnit	t Nr. 1 - Kreis 35	0			:	¥
	А	В	С	D	E	F	G	Н	1	-
1		Stab	Stelle	LF / LG	Bewehrungs-		Fehlermeldung			
2	Bewehrung	Nr.	x [m]	LK	fläche	Einheit	bzw. Hinweis			
3	Querschnitt Nr.	1 - Kreis 3	50					ļ		
4	A <sub>s,oben</sub>	1	0,000	LG1	43,35	cm^2	15)			
5	A <sub>s, unten</sub>	1	0,000	LG1	-		15)			
6	A <sub>s,T</sub>	1	0,000	LG1	0,00	cm^2				
7	a <sub>s, wv</sub> Bügel	1	0,000	LG1	0,00	cm^2/m	58)			-
8	а <sub>s, w</sub> т Bügel	1	0,000	LG1	0,00	cm^2/m				
9	Querschnitt Nr.	2 - PB 800/	/900/200/25	50						
10	A <sub>s,oben</sub>	2	6,000	LG1	24,69	cm^2				
11	A <sub>s, unten</sub>	2	2,400	LG1	18,15	cm^2				
12	A <sub>s,T</sub>	2	0,000	LG1	0,00	cm^2				
13	a <sub>s,wv</sub> Bügel	2	0,000	LG1	8,19	cm^2/m	58) 69)			ſ
14	а <sub>s.w</sub> т Bügel	2	0,000	LG1	0,00	cm^2/m				
15										
16										-
- 14 - 4	↔ 🕨 2.1 Erfor	derliche Be	ewehrung d	ue / 2.2	Erforderliche Bew	ehrung st 🔍				
Ber	eit 🞦						III II 10	0% 🕞 ———	- ( <del>)</del> (+)	.:

Bild 8.8: Ergebnis in Excel



# Beispiel

In einem Beispiel wird die Begrenzung der Verformungen gemäss EN 1992-1-1, 7.4.3 mit direkter Berechnung nachgewiesen.

# 9.1 Eingabedaten

#### System

### Querschnitt



### Maximalmoment für quasi-ständige Belastung

Kombinationsbeiwert:	ψ2 = 0,3 (Nutzlast Büro)	
Kombinationsbeiwert:	ψ2 = 1,0 (Trennwandzuschlag)	
Quasi-ständige Belastung:	6,5kN/m+1,23kN/m+0,30·2,00kN/m =	8,35 kN/m
Maximalmoment:	$M_{quasi-ständig} = 8,35 \text{kN/m} \cdot \frac{4,21^2 \text{m}^2}{8} =$	18,50kNm



# 9.2 Vorwerte der Verformungsberechnung

### Parameter

Mittlerer E-Modul	E <sub>cm</sub> =30370N/mm2
Mittlere Zugfestigkeit	$f_{ctm}=2,21N/mm^2$
Endkriechzahl	φ=1,8 (Innenraum)
Schwinddehnung	ε <sub>cs</sub> =-0,5‰

#### Längsbewehrungsgrad

 $\rho^{I} = \frac{A_{s1}}{b h} = \frac{4,52 cm^{2}}{100 20 cm^{2}} = 0,00226$ 

$$\rho = \frac{A_{s1}}{b \ d} = \frac{4,52 \text{cm}^2}{100 \ 17 \text{cm}^2} = 0,0026588$$

$$\alpha_{e} = \frac{E_{s}}{E_{c,eff}} = \frac{205000N/mm^{2}}{10846N/mm^{2}} = 18,90$$

Berücksichtigt man die Nettoflächen der Querschnitte,

verwendet man  $\alpha_e = \alpha_e - 1$  anstelle von  $\alpha_e$ .

#### Wirksamer Beton-Elastizitätsmodul

Kriechdehnung durch Abminderung des E-Moduls mit der Kriechendzahl  $\phi$  erfasst.

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1+\phi} = \frac{30370N/mm^2}{1+1.8} = 10846N/mm^2$$

# 9.3 Krümmung im Zustand I

### Querschnittswerte für Zustand I

$$\xi^{I} = \frac{0.5 + \alpha_{e}^{*} \cdot \rho^{I} \cdot d/h}{1 + \alpha_{e}^{*} \cdot \rho^{I}} = \frac{0.5 + (17,90 \cdot 0,00226 \cdot 17/20)}{1 + (17,90 \cdot 0,00226)} = 0,5136$$

 $x^{l} = \xi^{l} \cdot h = 0,5136 \cdot 20 cm = 10,272 cm$ 

$$S^{I} = A_{s1} \cdot (d - x^{I}) = 4,52cm^{2} \cdot (17 - 10,272)cm = 30,41cm^{3} = 3,04 \cdot 10^{-5}m^{3}$$

$$\begin{aligned} \kappa^{l} &= 1 + 12 \cdot (0.5 - \xi^{l})^{2} + 12 \cdot \alpha_{e}^{*} \cdot \rho^{l} \cdot (d/h - \xi^{l})^{2} \\ \kappa^{l} &= 1 + 12 \cdot (0.5 - 0.5136)^{2} + 12 \cdot 17,90 \cdot 0,00226 \cdot (17/20 - 0.5136)^{2} = 1,0572 \end{aligned}$$

$$I^{I} = \kappa^{I} \cdot \frac{bh^{3}}{12} = 1,0572 \cdot \frac{(100 \cdot 20^{3})cm^{4}}{12} = 70480cm^{4} = 7,05 \cdot 10^{-4}m^{4}$$



### Krümmung infolge Belastung

Grundlagen:  $\sigma_{c2}^{l} = \frac{M_{Ed}}{l^{l}} \cdot x^{l}$  und  $E_{c,eff} = \frac{\sigma_{c2}^{l}}{\epsilon_{c2}^{l}}$ 

$$(1/r)_{M}^{I} = \frac{\varepsilon_{c2}^{I}}{x^{I}} = \frac{\sigma_{c2}^{I}}{x^{I} \cdot E_{c,eff}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I^{I}} \cdot \frac{x^{I}}{x^{I}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I^{I}} \quad \text{mit} \quad \varepsilon_{c2}^{I} = \frac{\sigma_{c2}^{I}}{E_{c,eff}} \quad \text{und} \quad \sigma_{c2}^{I} = \frac{M_{Ed}}{I^{I}} \cdot x^{I}$$

 $(1/r)_{M}^{I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I^{I}} = \frac{0,01850MNm}{10847MN/m^{2} \cdot 0,000705MN/m^{2}} = 2,42 \cdot 10^{-3} \cdot 1/m$ 

### Krümmung infolge Schwindens

$$(1/r)_{cs}^{l} = \varepsilon_{cs} \cdot \alpha_{e} \cdot \frac{S^{l}}{l^{l}} = 0.5 \cdot 10^{-3} \cdot 18.9 \cdot \frac{30.41 \text{cm}^{3}}{70480 \text{cm}^{4}} = 4.08 \cdot 10^{-6} \cdot 1/\text{cm} = 4.08 \cdot 10^{-4} \cdot 1/\text{m}$$

#### Gesamtkrümmung

$$(1/r)_{tot}^{l} = (1/r)_{cs} + (1/r)_{M} = 4,08 \cdot 10^{-4} \cdot 1/m + 2,42 \cdot 10^{-3} \cdot 1/m = 2,828 \cdot 10^{-3} \cdot 1/m$$

### 9.4 Krümmung im Zustand II

#### Krümmung infolge Belastung

Unter Gebrauchslasten zeigt Beton ein linear elastisches Verhalten. Die Verteilung der **Betonspannung** über die Druckzone wird dreieckförmig angenommen.

### Querschnittswerte für Zustand II

 $\xi = -\alpha_{e} \cdot \rho + \sqrt{(\alpha_{e} \cdot \rho)^{2} + 2 \cdot \alpha_{e} \cdot \rho}$  $\xi = -18,9 \cdot 0,0026588 + \sqrt{(18,9 \cdot 0,0026588)^{2} + 2 \cdot 18,9 \cdot 0,0026588} = 0,2707$ 

 $x = \xi \cdot d = 0,2707 \cdot 17cm = 4,602cm$ 

$$z = d - \frac{x}{3} = 17 cm - \frac{4,602 cm}{3} = 15,466 cm$$

 $S = A_{s1} \cdot (d-x) = 4,52 cm^2 \cdot (17 cm - 4,602 cm) = 56,04 cm^3 = 5,604 \cdot 10^{-5} m^3$ 

$$I = \kappa \cdot \frac{bd^3}{12} = 0,40 \cdot \frac{100 \cdot 17^3}{12} = 16376 \text{ cm}^4 = 1,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$



### Zugspannung in der Bewehrung:

$$\sigma_{s1} = \frac{F_{s1}}{A_{s1}} \Rightarrow \sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{A_{s1} \cdot z} = \frac{0,01850MNm}{4,52 \cdot 10^{-4} m^2 \cdot 0,15466m} = 264,64N/mm^2$$
$$\varepsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s} = \frac{264,64N/mm^2}{205000N/mm2} = 1,29 \cdot 10^{-3}$$

### Krümmung infolge Belastung

 $(1/r)_{M}^{II} = \frac{\epsilon_{s}}{d-x} = \frac{1,29 \cdot 10^{-3}}{170 \text{ mm} - 46,02 \text{ mm}} = 1,04 \cdot 10^{-5} \text{ mm} = 1,04 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ 

#### Krümmung infolge Schwindens

$$(1/r)_{cs}^{II} = \varepsilon_{cs} \cdot \alpha_{e} \cdot \frac{S}{I} = 0.5 \cdot 10^{-3} \cdot 18.9 \cdot \frac{5.604 \cdot 10^{-5} \text{m}^{3}}{1.64 \cdot 10^{-4} \text{m}^{4}} = 3.23 \cdot 10^{-3} \cdot 1/\text{m}^{3}$$

#### Gesamtkrümmung

 $(1/r)_{tot}^{II} = (1/r)_{cs}^{II} + (1/r)_{M}^{II} = 3,23 \cdot 10^{-3} \cdot 1/m + 0,01041 \cdot 1/m = 0,01364 \cdot 1/m$ 

# 9.5 Ermittlung der Durchbiegung

Der wahrscheinliche Wert der Verformung kann nach Gleichung (7.18) der EN 1992-1-1 ermittelt werden.

### Verteilungsbeiwert

Der Verteilungsbeiwert  $\zeta$  zwischen Zustand I und II bestimmt sich zu:

$$\zeta = 1 - \beta \cdot (\sigma_{\rm sr} / \sigma_{\rm s})^2$$

mit β: 1,0 Kurzzeitbelastung

0,5 Langzeitbelastung oder vielen Zyklen sich wiederholender

#### **Rissmoment M**<sub>r</sub>

 $M_r = f_{ctm} \cdot W = 2,21MN/m^2 \cdot 7,245 \cdot 10^{-3}m^3 = 0,01601MNm = 16,01kNm$ 

mit W = 
$$\frac{l^{l}}{z_{s}^{l}} = \frac{l^{l}}{h - x^{l}} = \frac{70480 \text{ cm}^{4}}{20 \text{ cm} - 10.272 \text{ cm}} = 7245 \text{ cm}^{3} = 7,245 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{3}$$

#### Spannung unmittelbar nach Rissbildung

 $\sigma_{sr} = \frac{M_r}{A_{s1} \cdot z} = \frac{0,01601MNm}{4,52 \cdot 10^{-4} \cdot 0,15466m} = 229,02N/mm^2$ 

 $\sigma_{s1} = 264,64 \text{N/mm}^2$  (siehe oben)

$$\zeta = 1 - \beta \cdot (\sigma_{\rm sr} / \sigma_{\rm s})^2 = 1 - 0.5 \cdot (\frac{229,02N/mm^2}{264,64N/mm^2})^2 = 0.6255$$



#### Krümmung näherungsweise nach EN 1992-1-1(7.18)

$$(1/r)_{tot} = \zeta \cdot (1/r)_{tot}^{II} + (1-\zeta) \cdot (1/r)_{tot}^{I}$$

 $(1/r)_{tot} = 0,6255 \cdot 0,01364 \cdot 1/m + (1 - 0,6255) \cdot 2,828 \cdot 10^{-3} \cdot 1/m = 0,00959 \cdot 1/m$ 

#### Verformung

Die Durchbiegung fin Balkenmitte bestimmt sich somit zu:

$$f = \frac{5ql_{eff}^{4}}{384El} \Leftrightarrow \frac{5}{48} \cdot l_{eff}^{2} \cdot \frac{M}{El} = \frac{5}{48} \cdot l_{eff}^{2} \cdot \frac{1}{r} = \frac{5}{48} \cdot 4,21^{2}m^{2} \cdot 0,009591/m = 0,0177m = 17,7mm$$

Die Abweichungen zwischen der hier dargestellten Berechnung und den Programmergebnissen sind auf die unterschiedlich verwendeten Spannungs-Dehnungs-Linien für Beton zurückzuführen. Das Programm verwendet das Parabel-Rechteck-Diagramm für den Zustand II.

## 9.6 Ergebnis in RF-BETON Stäbe

RF-BETON Stäbe gibt als Verformungswert in Balkenmitte ebenfalls 18,1 mm aus.

)atei Bearbeiten Einstellungen	Hilfe											
A1 - Stahlbetonbemessung voi 🔽	4.1 G	ebrauc	hstaugl	ichkeit	snachwe	eis quers	schnitt	sweise				
ingabedaten	A	В	С	D	E	F	G	Н		J		К
Basisangaben	Quersc	Stab	Stelle	LF / LG	σs	σc	min A <sub>s</sub>	Stababstand	Rissbreite	Durchbiegur		
- Materialien	Nr.	Nr.	x [m]	LK	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	lim sı (mm)	max w <sub>k</sub> [mm]	uı,z (mm)		Meldung
- Querschnitte		1	2.105	LF1	255.68	-7.60	0.00	300.0	0.1	18.1	331) 332)	
Lager	Maßge	bend:										
Bewehrung	1	1	2.105	LF1	255.68	-7.60	0.00	300.0	0.1	18.1	331] 332]	
i 1												
rgebnisse												
Erforderliche Bewehrung												
querschnittsweise												
stabweise												
X-stellenweise												
- Vornandene Bewenrung												
Biashawahawa												
Buyebeweniung     Bewebrung watellenweise												
Stabliste												
- Gebrauchstauglichkeitsnachwei												
- querschnittsweise	-											
stabweise												
+ x-stellenweise												
_												
				1								

Bild 9.2: Maske 4.3 Gebrauchstauglichkeitsnachweis stabweise



Im folgenden Bild sind die Verformungen nach Zustand I und Zustand II gegenübergestellt.



Bild 9.3: Verformungen im Zustand I und Zustand II



# A Literatur

### Normen / Anwendungen

- [1] DIN 1045-1 (Juli 2001) Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton Teil 1: Bemessung und Konstruktion, Beuth Verlag, Berlin Wien Zürich 2001
- [2] DIN 1045-1 (Juli 2001, 2. Auflage) Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1 Bemessung und Konstruktion, Kommentierte Kurzfassung, Beuth Verlag, Berlin Wien Zürich 2005
- [3] DIN 1045-1 (Juni 2008) Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton Teil 1: Bemessung und Konstruktion, Beuth Verlag, Berlin Wien Zürich 2008
- [4] DIN 1045-88 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1 Bemessung und Konstruktion, Beuth Verlag, Berlin Wien Zürich 1988
- [5] DIN V ENV 1992-1-1:1992: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau. Juni 1992.
- [6] DIN EN 1992-1-1:2005: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Februar 2010.
- [7] DIN EN 1992-1-2:2005: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall. Oktober 2006.
- [8] ÖNORM B 4700 (Juni 2001): "Stahlbetontragwerke EUROCODE-nahe Berechnung, Bemessung und konstruktive Durchbildung", Österreichisches Normungsinstitut, Wien
- [9] Heft 220 DAfStb. "Bemessung von Beton- und Stahlbetonbauteilen nach DIN 1045 Biegung mit Längskraft, Schub, Torsion", Beuth Verlag, Berlin Wien Zürich, 2. Auflage 1978
- [10] Heft 240 DAfStb. "Hilfstmittel zur Berechnung der Schnittgrössen und Formänderungen von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045-88", Beuth Verlag, Berlin Wien Zürich, 3. Auflage 1991
- [11] Heft 415 DAfStb., BUSJÄGER, D., QUAST, U.: "Programmgesteuerte Berechnung beliebiger Massivbauquerschnitte unter zweiachsiger Biegung mit Längskraft", Beuth Verlag, Berlin Wien Zürich 1990
- [12] Heft 425 DAfStb., KORDINA, K. et. al.: "Bemessungshilfsmittel zu Eurocode 2 Teil 1 Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken", Beuth Verlag, Berlin Wien Zürich 1992
- [13] Heft 525 DAfStb. "Erläuterungen zu DIN 1045-1", Beuth Verlag, Berlin Wien Zürich 2003
- [14] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.: "Beispiel zur Bemessung nach DIN 1045-1, Band 1: Hochbau", Ernst & Sohn Verlag 2005, 2. Auflage
- [15] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.: "Beispiel zur Bemessung nach DIN 1045-1, Band 2: Ingenieurbau", Ernst & Sohn Verlag 2003, 1. Auflage
- [16] SIA 262:2003 Bauwesen Betonbau (Schweizer Norm SN 505 262)
- [17] Einführung in die Norm SIA 262 Betonbau (SIA Dokumentation D 0182)



#### Allgemein

- [18] AVAK, R.: Stahlbetonbau in Beispielen, DIN 1045, Teil 1, Grundlagen der Stahlbeton-Bemessung - Bemessung von Stabtragwerken", Werner Verlag, 5. Auflage 2007
- [19] BARTH, C., RUSTLER, W.: "Finite Elemente in der Baustatik-Praxis", Bauwerk Verlag 2010
- [20] CURBACH, M. et. al.: "Nichtlineare Berechnung alter Bogenbrücken auf Grundlage neuer Vorschriften", Beton- und Stahlbetonbau 99 (04/2004)
- [21] HEYDEL G., KRINGS W., HERRMANN H.: "Stahlbeton im Hochbau nach EC 2", Ernst und Sohn Verlag 1995
- [22] HOSSER, D. und RICHTER, E.: Überführung von EN 1992-1-2 in EN-Norm und Bestimmung der national festzulegenden Parameter (NDP) im Nationalen Anhang zu EN 1992-1-2. Schlussbericht, Stuttgart, Fraunhofer IRB 2007
- [23] KLEINSCHMITT, J.: "Die Berechnung von Stahlbetonstützen nach DIN 1045-1 mit nichtlinearen Verfahren", Beton- und Stahlbetonbau 02/2005
- [24] KORDINA, K. und QUAST, U.: "Bemessung von schlanken Bauteilen für den durch Tragwerksverformung beeinflussten Grenzzustand der Tragfähigkeit – Stabilitätsnachweis", Betonkalender 2002/Teil 1, Ernst & Sohn Verlag 2002
- [25] LEONHARDT, F.: "Vorlesungen über Massivbau", Teil 1 bis 4, Springer Verlag, 3. Auflage 1984
- [26] NOAKOWSKI, P. und Schäfer, H. G.: "Steifigkeitsorientierte Statik im Stahlbetonbau", Ernst & Sohn, 2003
- [27] NOAKOWSKI, P. und SCHÄFER, H. G.: "Die Schnittgrössen in Stahlbetontragwerken einfach richtig berechnen", Beton- und Stahlbetonbau 96 (06/2001)
- [28] PFEIFFER, U.: "Die nichtlineare Berechnung ebener Rahmen aus Stahl- oder Spannbeton mit Berücksichtigung der durch das Aufreissen bedingten Achsdehnung", Dissertation an der TU Hamburg-Harburg 2004, Cuvillier Verlag Göttingen
- [29] PFEIFFER, U. und QUAST, U.: "Some advantages of 1D- instead of 2D- or 3D- modelling for nonlinear analysis of reinforced concrete frames", Proceedings of the EURO-C Conference 2003, St. Johann im Pongau, 17-20 March 2003, 805-815. Lisse, Abingdon, Exton (PA), Tokyo: A. A. Balkema Publishers, 2003 Download unter <u>http://www.mb.tu-harburg.de</u> möglich
- [30] PFEIFFER, U. und QUAST, U.: "Nichtlineares Berechnen stabförmiger Bauteile", Beton- und Stahlbetonbau 98 (09/2003)
- [31] QUAST, U.: "Zur Kritik an der Stützenbemessung", Beton- und Stahlbetonbau 95 (05/2000)
- [32] QUAST, U.: "Zum nichtlinearen Berechnen im Stahlbeton- und Spannbetonbau", Beton- und Stahlbetonbau 89 (09/1994)
- [33] QUAST, U.: "Nichtlineare Verfahren, normungsreif oder nicht?", Betonbau Forschung, Entwicklung und Anwendung, 223-232. Braunschweig: Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz Download unter <u>http://www.mb.tu-harburg.de</u> möglich
- [34] QUAST, U.: "Versagen Stahlbetonstützen anders als Stahlstützen?", Veröffentlicht auf der Homepage der TU Hamburg-Harburg Download unter <u>http://www.mb.tu-harburg.de</u> möglich
- [35] VATER, C.: "Rechnerisch-theoretische Untersuchungen zur Schnittgrössenumlagerung in verschieblichen und unverschieblichen Stahlbetonrahmen", Dissertation an der TU Hamburg-Harburg 1999
- [36] ZILCH, K. und ROGGE, A.: "Bemessung der Stahlbeton- und Spannbetonbauteile nach DIN 1045-1", Betonkalender 2002/Teil 1 und 2004/Teil 2, Ernst & Sohn Verlag 2002 bzw. 2004.



# **B** Index

3D-Rendering74, 82
Α
Achsmass
Anmerkung
Ausdruckprotokoll
Auslegung der Längsbewehrung
Ausschnitt
В
Basisangaben24
Beenden von RF-BETON Stäbe
Bemessungsdetails
Bemessungsfall77, 83, 84
Berechnung
Betonalter 19, 21
Betondeckung42
Betondruckstrebe 12, 47
Betondruckzone
Beton-Festigkeitsklasse
Betonspannung70
Betonstahl
Betonzugfestigkeit
Bewehrung
Bewehrungsabstand 39
Bewehrungsanordnung41
Bewehrungsfläche 52, 54
Bewehrungsgrad 46, 67, 85
Bewehrungslage
Bewehrungssatz
Bewehrungsskizze73
Bewehrungsstab59
Bewehrungsstaffelung
Bewehrungsverteilung
Bewehrungsvorschlag
Biegerollendurchmesser
Biegung 9
Blättern in Masken 24
Brandschutznachweis77
Bügel40
Bügelabmessungen 64

Bügelabstand41, 64
Bügelbereich64
Bügelbewehrung 52, 53, 63, 66, 73, 75
Bügelparameter40
D
Dezimalstellen28, 86
Direkte Lagerung35
Druckbewehrung
Drucken
Druckkraft10
Druckstrebenneigung $\theta$
Durchbiegung16, 45, 70, 92
Durchmesser
E
Ecke
Einheiten28, 86
Endlager
Erforderliche Bewehrung52
Ergebnisauswertung73
Ergebnismasken52
Ergebnisse-Navigator77
Ergebnisverläufe79, 82
Ergebniswerte77
Eurocode26
Excel
Export Ergebnisse87
Export Querschnitte85
F
Fehlermeldung54, 57
Filter
Filtern von Stäben80
G
Gebrauchstauglichkeit 13, 27, 45, 58, 69, 77
Gewicht61, 64, 68
Grafik77
Grafik drucken82
Grenzzustand Gebrauchstauglichkeit13, 38, 44, 69
Grenzzustand Tragfähigkeit9, 10
Grundbewehrung39



н
Haken 61
Hintergrundgrafik76
Hinweis54
Höchstbewehrungsgrad 46
I
Indirekte Lagerung35
Installation 6
К
Kommentar
Konstruktive Bewehrung 43
Kriechen
Kriechzahl 17, 18, 31
Krümmung16, 91
L
Lage 42
Lager
Lagerbreite
Länge 60
Längsbewehrung38, 52, 53, 58, 66, 73, 75
Längskraft 9
Lastfall 26, 27
Lastfallgruppe
Lastfallkombination26, 27
M
Masken 24
Material 28
Materialbezeichnung
Materialbibliothek29
Materialkennwerte28
Meldung61, 64, 71
Mindestbewehrung13, 43, 70
Mitwirkende Breite33
Momentenumlagerung
Monolithische Verbindung35
M-Verhältnis δ
Ν
Nationaler Anhang25
Navigator 24
Neigung

Norm5, 25, 46
0
Obere Bewehrung53
Oberfläche68
OpenOffice87
Optimierung31, 85
Р
Panel8
Plattenbreite42
Plausibilitätskontrolle50
Position
Positionsbügel63, 65
Positionsstab
Programmaufruf7
Q
Querkraft36
Querkraftbewehrung46
Querkrafttragfähigkeit10, 47
Querschnitt30
Querschnittsbezeichnung
Querschnittsbibliothek30
Querschnittsoptimierung85
R
Randmass42
Relative Luftfeuchte18
Relaxation22
RF-BETON Stäbe-Fall51, 83
RF-BETON Stäbe-Fall51, 83 RFEM-Arbeitsfenster76
RF-BETON Stäbe-Fall51, 83 RFEM-Arbeitsfenster76 Rippe33, 34
RF-BETON Stäbe-Fall51, 83 RFEM-Arbeitsfenster76 Rippe33, 34 Rissbreite14, 44, 70
RF-BETON Stäbe-Fall    51, 83      RFEM-Arbeitsfenster    76      Rippe    33, 34      Rissbreite    14, 44, 70      Rissbreitenbegrenzung    44
RF-BETON Stäbe-Fall    51, 83      RFEM-Arbeitsfenster    76      Rippe    33, 34      Rissbreite    14, 44, 70      Rissbreitenbegrenzung    44      Rissbreitennachweis    45
RF-BETON Stäbe-Fall
RF-BETON Stäbe-Fall    51, 83      RFEM-Arbeitsfenster    76      Rippe    33, 34      Rissbreite    14, 44, 70      Rissbreitenbegrenzung    44      Rissbreitennachweis    45      S    Schaltflächen      Schaltflächen    34, 75
RF-BETON Stäbe-Fall    51, 83      RFEM-Arbeitsfenster    76      Rippe    33, 34      Rissbreite    14, 44, 70      Rissbreitenbegrenzung    44      Rissbreitennachweis    45      S    Schaltflächen      Schnitt    40, 64
RF-BETON Stäbe-Fall       51, 83         RFEM-Arbeitsfenster       76         Rippe       33, 34         Rissbreite       14, 44, 70         Rissbreitenbegrenzung       44         Rissbreitennachweis       45         S       34, 75         Schnitt       40, 64         Schnittgrössen       85
RF-BETON Stäbe-Fall    51, 83      RFEM-Arbeitsfenster    76      Rippe    33, 34      Rissbreite    14, 44, 70      Rissbreitenbegrenzung    44      Rissbreitennachweis    45      S    Schaltflächen      Schnitt    40, 64      Schnittgrössen    85      Schubbewehrung    40, 53
RF-BETON Stäbe-Fall    51, 83      RFEM-Arbeitsfenster    76      Rippe    33, 34      Rissbreite    14, 44, 70      Rissbreitenbegrenzung    44      Rissbreitennachweis    45      S    Schaltflächen      Schnitt    40, 64      Schubbewehrung    40, 53      Schwinddehnung    31
RF-BETON Stäbe-Fall    51, 83      RFEM-Arbeitsfenster    76      Rippe    33, 34      Rissbreite    14, 44, 70      Rissbreitenbegrenzung    44      Rissbreitennachweis    45      S    34, 75      Schnitt    40, 64      Schnittgrössen    85      Schubbewehrung    40, 53      Schwinddehnung    31      Schwinden    17, 22, 27, 31
RF-BETON Stäbe-Fall       51, 83         RFEM-Arbeitsfenster       76         Rippe       33, 34         Rissbreite       14, 44, 70         Rissbreitenbegrenzung       44         Rissbreitennachweis       45         S       34, 75         Schaltflächen       34, 75         Schnitt       40, 64         Schubbewehrung       40, 53         Schwinddehnung       31         Schwinden       17, 22, 27, 31         Schwindmaß       17, 21
RF-BETON Stäbe-Fall       51, 83         RFEM-Arbeitsfenster       76         Rippe       33, 34         Rissbreite       14, 44, 70         Rissbreitenbegrenzung       44         Rissbreitennachweis       45         S       34, 75         Schaltflächen       34, 75         Schnitt       40, 64         Schubbewehrung       40, 53         Schwinddehnung       31         Schwinden       17, 22, 27, 31         Schwindmaß       17, 21         Selektion Ausdruck       81



Skalierung78
Spannungsnachweis 45
Stab
Stababstand15, 70
Stabdurchmesser
Stabsatz
Stabstahl
Staffelung 39
Stahlliste 67
Stahloberfläche
Stahlspannung70
Starten von RF-BETON Stäbe7
Stelle x54, 56, 59, 60, 64, 66, 69
т
Teilsicherheitsbeiwert Beton
Teilsicherheitsbeiwert Betonstahl

#### V

Verankerung39, 60
Verankerungsart
Verankerungslänge
Verankerungstyp68
Verformung5, 16, 45, 70, 89
Verjüngung49
Versatzmass67
Visualisierung74, 77
Vorhandene Bewehrung58
Voute33, 34, 48, 55, 86
w
Winkelhaken61
x
x-Stelle54, 56, 66, 69, 72
Z
Zementart19
Zugbeanspruchung44
Zugkraft9
Zustand II16
Zwang44, 45
Zwischenergebnisse