

**Fassung
März 2008**

Programm

RF-BETON Stäbe

**Stahlbetonbemessung
für Stabelemente**

Programm- Beschreibung

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung der Ingenieur-Software Dlubal GmbH ist es nicht gestattet, diese Programm-Beschreibung 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 1770
E-Mail: info@dlubal.com
www.dlubal.de

Inhalt

	Inhalt	Seite		Inhalt	Seite
1.	Einleitung	5	2.7.2	Maske 4.3 Rissbreitenbegrenzung stabweise	49
1.1	Über RF-BETON	5	2.7.3	Maske 4.4 Rissbreitenbegrenzung x-stellenweise	49
1.2	Das RF-BETON-Team	6	2.8	Pulldownmenüs	50
1.3	Systemanforderungen	6	2.8.1	Datei	50
1.4	Installation	6	2.8.2	Bearbeiten	51
2.	Arbeiten mit RF-BETON	7	2.8.3	Hilfe	52
2.1	RF-BETON starten	7	3.	Ergebnisauswertung	53
2.2	Konzeption der Masken	7	3.1	Grafik der Ergebnisse	53
2.3	Eingabemasken	8	3.2	3D-Rendering	54
2.3.1	Maske 1.1 Basisangaben	8	3.3	Druckausgabe	55
2.3.2	Maske 1.2 Materialien	10	A:	Literatur	56
2.3.3	Maske 1.3 Querschnitte	11			
2.3.4	Maske 1.4 Rippen	13			
2.3.5	Maske 1.5 Auflager	14			
2.3.6	Maske 1.6 Bewehrung	16			
2.4	Berechnung	25			
2.4.1	Bemessung nach DIN 1045-88	25			
2.4.2	Bemessung nach DIN 1045-1: 2001	26			
2.4.3	Bemessung nach DIN V ENV 1992-1-1: 1992	26			
2.5	Ergebnismasken Bemessung	27			
2.5.1	Parameter Ergebnisse	27			
2.5.2	Maske 2.1 Erforderliche Bewehrung querschnittsweise	33			
2.5.3	Maske 2.3 Erforderliche Bewehrung stabweise	34			
2.5.4	Maske 2.4 Bewehrung x-stellenweise	35			
2.5.5	Maske 2.5 Fehlermeldungen zum Bemessungsablauf	35			
2.6	Ergebnismasken Bewehrung	36			
2.6.1	Maske 3.1 Vorhandene Längsbewehrung	36			
2.6.2	Maske 3.2 Vorhandene Bügelbewehrung	40			
2.6.3	Maske 3.3 Bewehrung x-stellenweise	42			
2.6.4	Maske 3.4 Stahlliste	43			
2.7	Ergebnismasken Rissbreitenbegrenzung	44			
2.7.1	Maske 4.1 Rissbreitenbegrenzung querschnittsweise	44			

1. Einleitung

1.1 Über RF-BETON

Das Stahlbeton-Zusatzmodul mit seiner vollständigen Integration in die RFEM-Oberfläche ermöglicht eine lückenlose Bearbeitung der Bemessungsaufgaben auf dem Gebiet des Stahlbetonbaues. RF-BETON übernimmt nicht nur die RFEM-Strukturparameter (Material, Querschnitte, Auflager) und die Schnittgrößen, sondern es lässt auch Bemessungsalternativen mit geänderten Querschnitten inklusive Querschnittsoptimierung zu und bindet die Ergebnisse in das zentrale Ausdruckprotokoll mit ein.

Das in seiner Funktionalität erweiterte RF-BETON bietet jetzt die Möglichkeit, die ermittelten Bewehrungsquerschnitte konkret in einen Bewehrungsplan für ausgewählte Stäbe oder Stabsätze umzusetzen. Die benutzerdefinierten Vorgaben und die Querschnittsgegebenheiten münden in einen Bewehrungsvorschlag, der wiederum modifiziert und schließlich als Bewehrungsplanskizze mit Stahlliste ausgegeben werden kann.

Als Bemessungsnormen stehen in RF-BETON vier Regelwerke zur Auswahl: neben der „alten“ DIN 1045 in der Ausgabe Juli 88 auch die „neue“ DIN 1045-1 sowie die europäische Bemessungsnorm DIN V ENV 1992-1-1: 1992 und die ÖNORM B 4700: 2001-06-01. Damit stellt RF-BETON die erforderlichen Werkzeuge zur Verfügung, die Ihnen im nationalen und europäischen Rahmen die Arbeit auf dem Gebiet des Betonbaues erleichtern sollen.

In der derzeitigen Programmfassung wird die Bemessung für Biegung mit und ohne Längskraft für Stäbe und Rippen (d. h. Unterzüge, Überzüge) geführt, Momentenumlagerung und Querkraftreduktion werden optional berücksichtigt. Zweiachsige Biegung, Voutenstäbe und auch verschiedene Bemessungsverfahren für Querkraft gemäß DIN V ENV 1992-1-1: 1992 bewältigt RF-BETON zuverlässig.

Zwei weitere Merkmale kennzeichnen die gewachsene Funktionalität des Moduls: Zum einen ist dies die fotorealistische Visualisierung der ermittelten Bewehrung (*OpenGL*). Diese ansprechende Darstellung des Bewehrungskorbes kann ebenfalls in den Ausdruck eingebunden werden. Zum anderen ermöglicht RF-BETON auch den Gebrauchstauglichkeitsnachweis, denn optional werden die Rissbreiten infolge Zwangs- oder Lastbeanspruchung sowie die zulässigen Höchstabstände und Grenzdurchmesser ermittelt.

Wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg mit dem Programm und bedanken uns an dieser Stelle für die bisherige konstruktive Zusammenarbeit. Ihre Hinweise und Verbesserungsvorschläge werden in die Weiterentwicklung von RF-BETON mit einfließen.

Ihr Team von ING.-SOFTWARE DLUBAL

1.2 Das RF-BETON-Team

Folgende Personen waren an der Entwicklung von RF-BETON beteiligt:

Programmkoordinierung:

- Dipl.-Ing. Georg Dlubal
- Dipl.-Ing. (BA) M. ENG. Frank Böhme
- Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer

Programmierung:

- Ing. Alexander Průcha
- Dipl.-Ing. (BA) M. ENG. Frank Böhme

Programmkontrolle, Handbuch und Hilfesystem:

- Dipl.-Ing. (BA) M. ENG. Frank Böhme
- Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl
- Dipl.-Ing. Frank Faulstich

1.3 Systemanforderungen

Die Systemanforderungen unterscheiden sich nicht von den allgemeinen Anforderungen von RFEM. Deswegen wird hier auf das RFEM-Handbuch verwiesen.

1.4 Installation

Das Zusatzmodul RF-BETON ist kein separates Programm, sondern ein in RFEM integriertes Zusatzmodul. Deshalb muss bei einem Neuerwerb dieses Zusatzmoduls die normale RFEM-Installation gestartet werden. Bei der Installation ist unbedingt darauf zu achten, dass die neue Autorisierungsdiskette verwendet wird. Durch die Datei auf dieser Diskette wird entschieden, welche Module freigeschaltet werden.

Der genaue Ablauf der Installation ist im RFEM-Handbuch beschrieben.

2. Arbeiten mit RF-BETON

2.1 RF-BETON starten

Das Modul RF-BETON kann entweder aus dem RFEM-Pulldownmenü *Zusatzmodule*, Menü *Bemessung* → *RF-BETON-Stäbe* aufgerufen werden oder direkt durch Anklicken des entsprechenden Eintrags im *Daten-Navigator* am linken Bildschirmrand.

2.2 Konzeption der Masken

Sowohl die Eingaben zur Definition der Bemessungsfälle als auch die numerische Ausgabe der Ergebnisse erfolgen in Form von Masken. Im rechten Teil des RF-BETON-Fensters werden je nach Maske kleine Grafiken zur Visualisierung des Querschnitts oder auch der Spannungs-Dehnungssituation angezeigt.



Nach dem Aufruf von RF-BETON sehen Sie links den *Navigator*, der alle aktuell anwählbaren Masken anzeigt. Darüber befindet sich eine Auswahlliste aller bereits definierter *RF-BETON-Fälle*. Durch Anklicken des schwarzen Dreiecks [▼] wird die Liste aufgeklappt, aus der sich mit einem weiteren Mausklick ein bestimmter Bemessungsfall aktivieren lässt. Unterhalb der Titelleiste befinden sich die vier Pulldownmenüs *Datei*, *Bearbeiten*, *Einstellungen* und *Hilfe*.

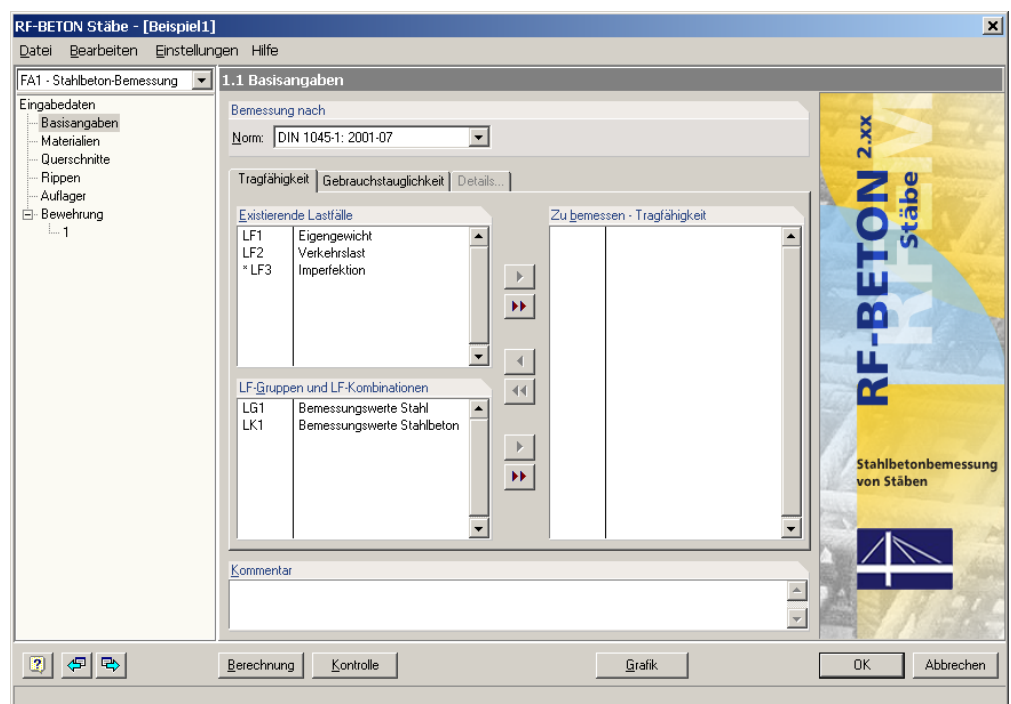
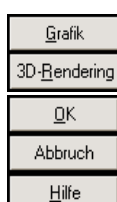


Bild 2.1: Maske 1.1 *Basisangaben*



Die Ansteuerung der einzelnen Masken kann entweder direkt durch Anklicken des entsprechenden Eintrags im *Navigator* oder sequentiell durch Blättern mit [F2] und [F3] bzw. den Schaltflächen >> und << erfolgen. Zugriff auf die Bibliotheken erhalten Sie in Maske 1.2 mit [F7] oder direkt über die angebotenen Schaltflächen.



Über die Schaltfläche [Grafik] wird die grafische Ergebnisanzeige, über [3D-Rendering] die fotorealistische Darstellung der Bewehrung aufgerufen.

Wenn RF-BETON beendet werden soll, können Sie mit [OK] die Eingaben und Ergebnisse speichern oder mit [Abbruch] das Modul ohne Sicherung der Daten verlassen. Die Schaltfläche [Hilfe] oder die Funktionstaste [F1] aktivieren die Online-Hilfe.

2.3 Eingabemasken

In den Eingabemasken sind die für die Bemessung erforderlichen Angaben zu treffen und die relevanten Normenparameter- und Bewehrungseinstellungen vorzunehmen.

2.3.1 Maske 1.1 Basisangaben

Nach dem Programmaufruf erscheint das RF-BETON-Fenster mit Maske 1.1 *Basisangaben*.

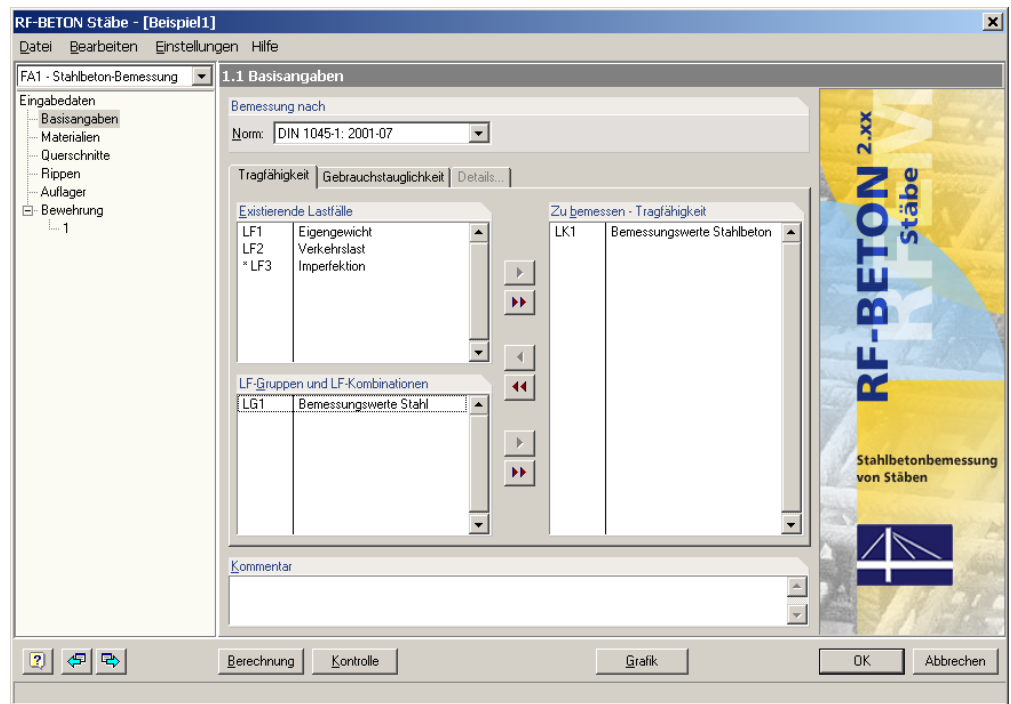


Bild 2.2: Maske 1.1 *Basisangaben*, Register *Tragfähigkeit*

Bemessung nach Norm:



In der Liste *Norm* kann eines der folgenden Regelwerke ausgewählt werden:

- DIN 1045, Ausgabe 1988
- DIN 1045, Ausgabe 2001
- DIN V ENV 1992-1-1: 1992
- Önorm B 4700:2002-06-01

Tragfähigkeit



In der Liste der *Lastfälle* und *LF-Gruppen und -Kombinationen* werden alle in RFEM definierten Lastfälle, LF-Gruppen und LF-Kombinationen aufgeführt. Sie können hier einen oder mehrere Einträge für den Nachweis der *Tragfähigkeit* herausgreifen, indem Sie diese/n durch Anklicken markieren und dann mit [►] in das rechte Eingabefeld *Zu bemessen* übertragen. Mit [►►] werden alle Einträge der linken Liste übergeben. Analog lassen sich mit [◄] einzelne bzw. mit [◄◄] alle Einträge aus der rechten Bemessungsliste wieder entfernen.

Die Lastfälle lassen sich auch per Doppelklick übertragen.

Es kann vorteilhaft sein, Einzellastfälle in RFEM als Bemessungskombination zu überlagern und nur diese ungünstige LF-Kombination zur Bemessung anzuwählen. Die Rechenzeit in RF-BETON lässt sich damit reduzieren, die Ergebnisausgabe wird übersichtlicher.

Kommentar

Im unteren Bereich der Maske steht ein Eingabefeld zur Verfügung, in dem Sie beispielsweise einen erläuternden Text zum Bemessungsfall eintragen können.

Gebrauchstauglichkeit

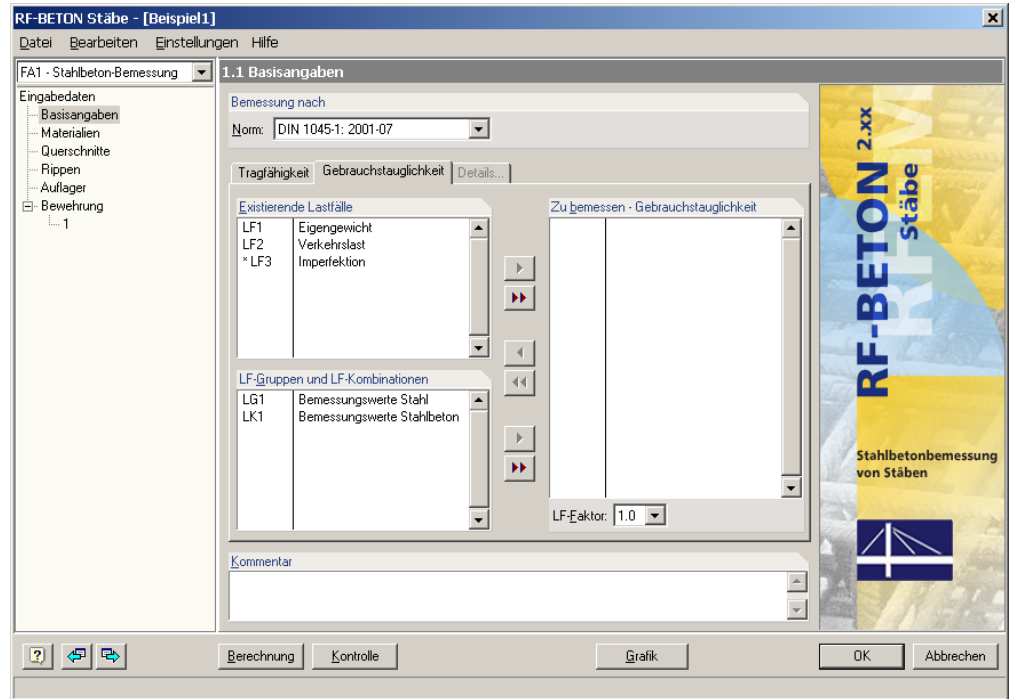


Bild 2.3: Maske 1.1 *Basisangaben*, Register *Gebrauchstauglichkeit*

Wie beim Nachweis der Tragfähigkeit können auch hier aus der Liste der *Lastfälle* und *LF-Gruppen und -Kombinationen* bestimmte Beanspruchungen für den Nachweis der *Gebrauchstauglichkeit* ausgewählt werden.

LF-Faktor

DIN 1045-88 regelt in Abschnitt 17.6.3 (2) die Ermittlung der Betonstahlspannungen σ_s unter Gebrauchslast. Zu den Schnittgrößen aus häufig wirkendem Lastanteil zählen solche aus ständiger Last, aus Zwang und aus einem abzuschätzenden Anteil der Verkehrslast. Letzterer darf mit 70% der zulässigen Gebrauchslast, aber nicht kleiner als die ständige Last einschließlich Zwang angesetzt werden.

Dieser LF-Faktor ist zwar nicht explizit in DIN V ENV 1992-1-1: 1992 und DIN 1045-1 enthalten, kann aber für eine schnelle Vorbemessung ohne Neuberechnung in RFEM durchaus hilfreich sein. Die Auswahl des *LF-Faktors* kann über die Liste vorgenommen werden.

2.3.2 Maske 1.2 Materialien

RF-BETON Stäbe - [Beispiel1]

Datei Bearbeiten Einstellungen Hilfe

FA1 - Stahlbeton-Bemessung

1.2 Materialien

Material Nr.	A	B	C
2	Baustahl S 235	BSt 500 S (A)	
1	Beton C20/25	BSt 500 S (A)	

Material-Kennwerte

Beton-Festigkeitsklasse: Beton C20/25

Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit	f_{dk}	20.00	N/mm ²
Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit	f_{cm}	28.00	N/mm ²
Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit	f_{ctm}	2.20	N/mm ²
5%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.05}$	1.50	N/mm ²
95%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.95}$	2.90	N/mm ²
Mittelwert des E-Moduls	E_{cm}	24900.00	N/mm ²

Charakteristische Dehnungen für nichtlineare Berechnungen

Dehnung beim Erreichen der maximalen Betondru.	ϵ_{c1}	-2.10	‰
Rechnerische Bruchdehnung des Betons	ϵ_{c1u}	-3.50	‰

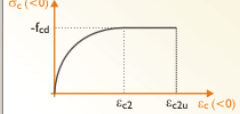
Charakteristische Dehnungen für Parabel-Rechteck-Diagramm

Dehnung beim Erreichen der maximalen Betondru.	ϵ_{c2}	-2.00	‰
Rechnerische Bruchdehnung des Betons	ϵ_{c2u}	-3.50	‰
Exponent der Parabel	N	2.00	

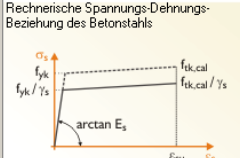
Betonstahl: BSt 500 S (A)

Elastizitätsmodul	E_s	200000.00	N/mm ²
Charakteristischer Wert der Streckgrenze	f_{yk}	500.00	N/mm ²
Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit	f_{tk}	525.00	N/mm ²
Stahldehnung unter Höchstlast	ϵ_{uk}	25.00	‰

Rechnerische Spannungs-Dehnungs-Beziehung des Betons



Rechnerische Spannungs-Dehnungs-Beziehung des Betonstahls



Berechnung Kontrolle Grafik OK Abbrechen

Material Nr. 1 - Beton C20/25 in Stäben: 2

Bild 2.4: Maske 1.2 Materialien

Material-Kennwerte...

Beton-Bibliothek...

Betonstahl-Bibliothek...

Die in RFEM definierten Materialien werden automatisch von RF-BETON voreingestellt.

Über die Schaltfläche [Beton-Bibliothek] können die Kennwerte der Betonfestigkeitsklassen abgerufen werden. Aus dieser editierbaren Materialbibliothek lässt sich ein bestimmtes Material wählen.

Je nach gewählter Bemessungsnorm wird ein Standard-Betonstahl voreingestellt. Über die Schaltfläche [Betonstahl-Bibliothek] können die Stahlkennwerte abgerufen werden. Aus dieser editierbaren Materialbibliothek lässt sich ein bestimmtes Material wählen.

2.3.3 Maske 1.3 Querschnitte

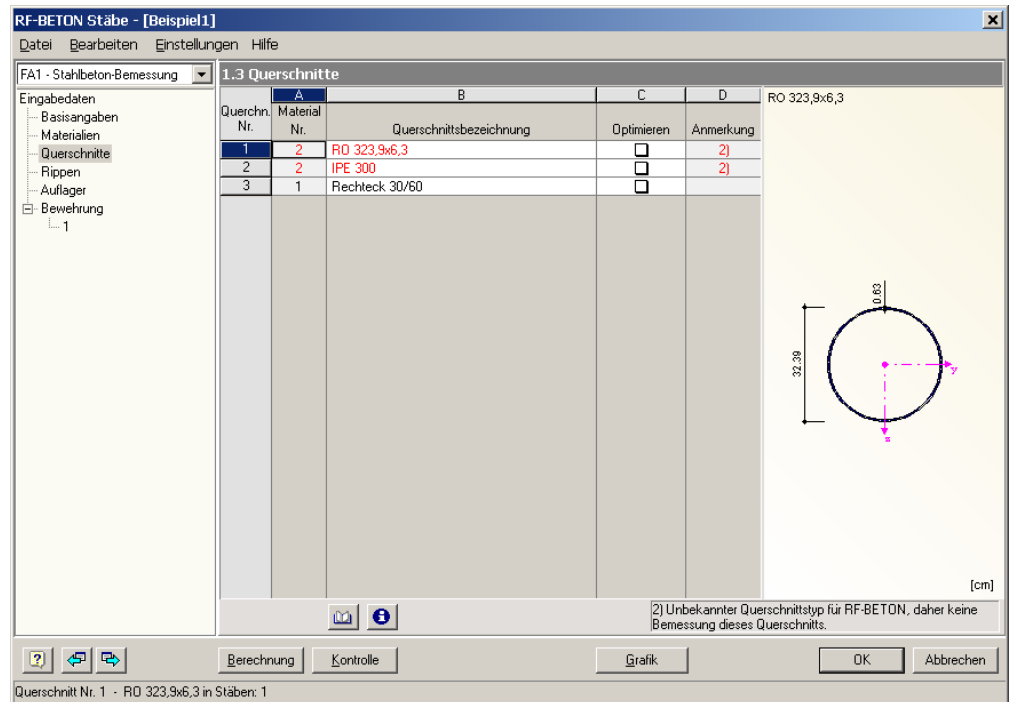


Bild 2.5: Maske 1.3 Querschnitte

Die in RFEM definierten Querschnitte sind in dieser Maske bereits voreingestellt. Das Modul RF-BETON Stäbe ermöglicht die Bemessung folgender massiver Querschnittstypen aus der Profilbibliothek (mit Ausnahme von Doppel-, Dreifach- und seitlich verstärkten Balken):

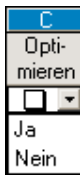


Bild 2.6: Bildausschnitt Querschnittsbibliothek: Massive Querschnitte



Querschnitte, die nicht mit RF-BETON bemessen werden können, werden durch die Anmerkung 2) gekennzeichnet und in der Tabelle rot dargestellt. Die Profildatenbank können Sie über die Schaltfläche [Querschnitts-Bibliothek] aufrufen, die Querschnittswerte des aktuellen Profils über die Schaltfläche [Querschnitts-Details] einsehen. Wenn sich der Cursor im Eingabefeld *Querschnitts-Bezeichnung* in Spalte B befindet, so lässt sich durch Anklicken der Schaltfläche [...] ein Dialog zur Überprüfung oder Änderung der Profilabmessungen aktivieren.

Das Programm gibt einen entsprechenden Hinweis aus, wenn die Stabquerschnitte in RFEM und RF-BETON nicht übereinstimmen.



In Spalte C wird vermerkt, ob der Querschnitt zu *Optimieren* ist. Sie aktivieren diese Funktion, indem Sie hier neben dem zu optimierenden Querschnitt das Kästchen anklicken. Alternativ wählen Sie im Kontextmenü der Zelle *Ja* an. Analog schalten Sie mit *Nein* im Kontextmenü oder dem „Wegklicken“ des Kreuzchens die Optimierung aus.

Falls sich bei der Berechnung zeigt, dass die Bemessungsaufgabe auch mit einem kleineren Querschnitt der Reihe erfüllt werden kann, so wird dieser bei aktivierter Optimierung verwendet. RF-BETON berechnet in diesem Fall mit den Schnittgrößen aus RFEM die erforderliche Profilgröße und setzt denjenigen Querschnitt ein, welches dem Optimierungskriterium am Nächsten kommt. Die RFEM-Schnittgrößen werden jedoch nicht automatisch neu mit den optimierten Profilen ermittelt – es wird dem Benutzer überlassen, wann und welche Profile er für einen neuen Rechenlauf in RFEM übernehmen will. Aufgrund veränderter Steifigkeiten können die Schnittgrößen, die mit den optimierten Querschnitten ermittelt wurden, unter Umständen merklich differieren. In diesen Fällen empfiehlt es sich, nach einer ersten Optimierung die Schnittgrößen neu zu berechnen und anschließend die Querschnitte nochmals zu optimieren. Die modifizierten Profile können Sie dann über Pulldownmenü *Bearbeiten* → *Geänderte Querschnitte in RFEM übernehmen* nach RFEM übergeben.

Mit der Anwahl der Optimierung öffnet sich ein Dialog mit den Optimierungsparametern:

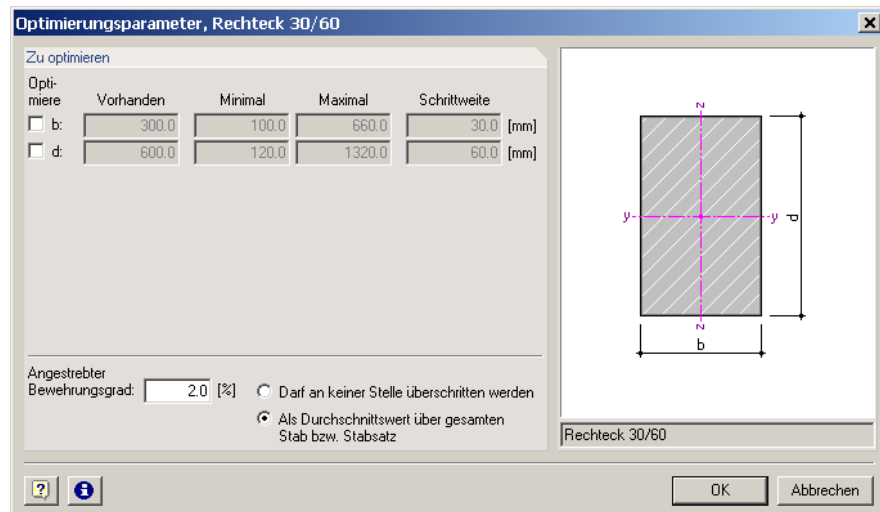


Bild 2.7: Dialog *Optimierungsparameter*

Querschnitts-Details...

In der Spalte *Vorhanden* sind die aktuellen Querschnittsabmessungen angegeben, die auch über [Querschnitts-Info] kontrolliert werden können. Legen Sie nun fest, welcher Profil-Parameter *Zu optimieren* ist, indem Sie in der Spalte *Größe* ein entsprechendes Häkchen setzen. In den Feldern *Minimal* und *Maximal* geben Sie anschließend die Unter- und die Obergrenzen des Maßes vor und bestimmen die *Schrittweite* der Optimierungssequenzen.

Als *Optimierungskriterium* gilt, dass ein *Angestrebter Bewehrungsgrad* entweder *an keiner Stelle überschritten werden darf* oder *als Durchschnittswert über den gesamten Stab bzw. Stabsatz* angestrebt wird. Treffen Sie hier Ihre Entscheidung und legen den prozentualen Bewehrungsgrad fest.

Es können ggf. auch mehrere Parameter gleichzeitig zur Optimierung vorgegeben werden.

2.3.4 Maske 1.4 Rippen

Die in RFEM definierten Rippen werden von RF-BETON Stäbe automatisch erkannt. Dabei wird der Querschnitt aus dem definierten Balken- und mitwirkenden Plattenquerschnitt(en) zusammengesetzt. Entsprechend des definierten Plattenbalkenquerschnittes werden die zugehörigen Rippenschnittgrößen aus RFEM übernommen und der Bemessung zugrunde gelegt.

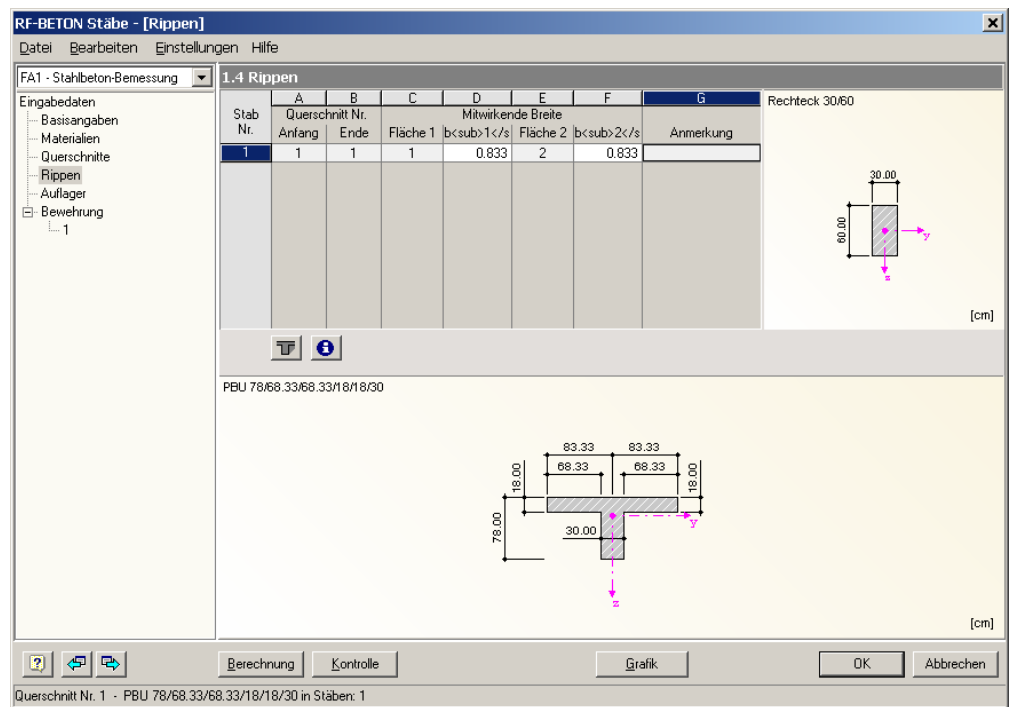


Bild 2.8: Maske 1.4 Rippen

In dieser Maske können die mitwirkenden Breiten direkt in der Tabelle der Stabquerschnitte oder über die Eingabemaske der Rippen abgeändert werden.

Eine Neuberechnung in RFEM ist in diesem Fall nicht notwendig, da sich um keine Veränderung der Systemsteifigkeit handelt. Die Ermittlung der Querschnittseigenschaften und die integrale Berechnung der Rippenschnittgrößen wird automatisch bei jeder Änderung der mitwirkenden Breiten durchgeführt.



Die links dargestellte Schatfläche dient zum Aufruf des Rippen-Eingabedialogs. Dieser ist ausführlich im RFEM-Handbuch beschrieben.



Mit Hilfe der [Info]-Schaltfläche können die Querschnittseigenschaften der Rippe grafisch und numerisch dargestellt sowie ausgedruckt werden.

2.3.5 Maske 1.5 Auflager

Die Auflagerbedingungen werden mit Hilfe dieser Maske festgelegt. Voreingestellt erscheinen hier die in RFEM definierten Lagerknoten. RF-BETON erkennt auch, ob es sich um ein Zwischen- oder ein Endauflager handelt

Auflagerbreiten ungleich Null wirken sich auf die Bemessung (Momentenumlagerung und Querkraftabminderung) und die Bewehrungsdetails (z. B. Verankerungslänge) aus.

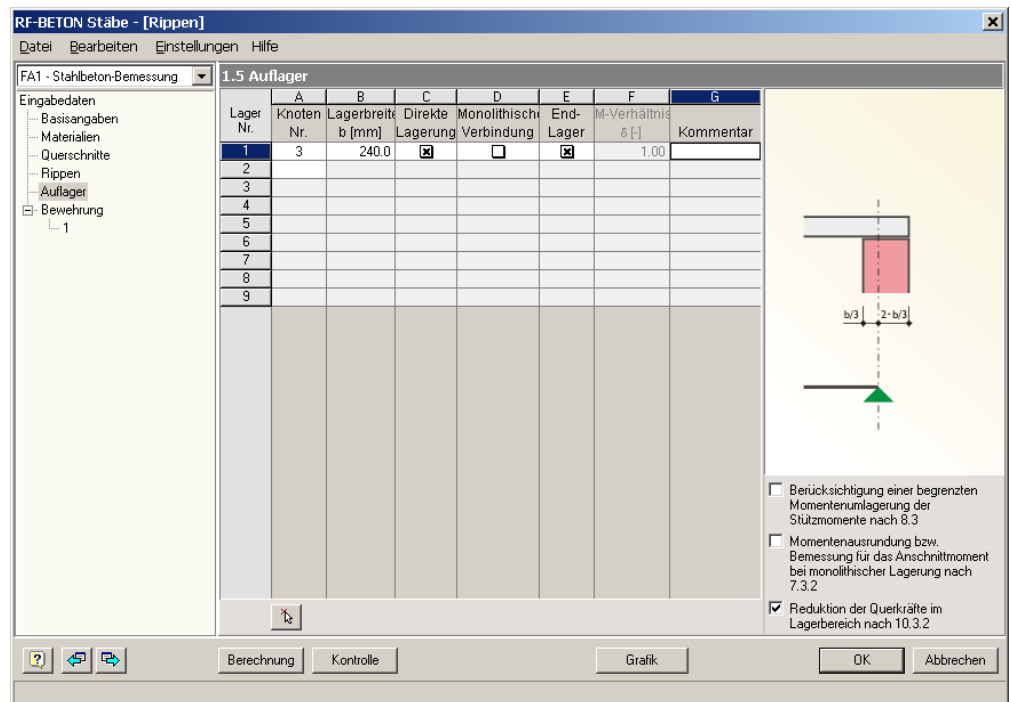


Bild 2.9: Maske 1.5 Auflager

Knoten Nr.

Hier werden zeilenweise die Knotennummern aus RFEM aufgelistet, denen ein Knotenlager zugewiesen ist (horizontale bzw. maximal 15% geneigte Stablage vorausgesetzt).

Lagerbreite

In dieser Spalte kann die Breite für jeden einzelnen Lagerknoten definiert werden.

Direkte Lagerung

Hier wird festgelegt, ob eine direkte Lagerung vorliegt oder ob die Last eines Nebenträgers in einen Hauptträger eingeleitet wird (indirekte Lagerung). Dieses Eingabefeld hat Auswirkungen auf die Verankerungslängen.

Monolithische Verbindung

Für jedes Lager lässt sich angeben, ob eine biegesteife Verbindung mit der Unterstützung oder eine frei drehbare Lagerung mit Ausrundungsoption der Stützmomente vorliegt.

Endlager

Ein Endlager wirkt sich auf die Verankerungslänge der Bewehrung aus.

M-Verhältnis δ

Hier wird für durchlaufende Bauteile das Verhältnis des Momentes nach Umlagerung zum elastisch berechneten Ausgangsmoment festgelegt. Diese Spalte wird nur dann aktiviert, wenn die Option *Umlagerung* angehakt ist.

Kommentar

Jedes Auflager kann mit einem Kommentartext versehen werden.

Zusätzlich werden in dieser Maske folgende drei Auswahloptionen angeboten, die sich je nach Bemessungsnorm auf die erforderlichen Bewehrungsquerschnitte auswirken.

Berücksichtigung einer begrenzten Momentenumlagerung der Stützmomente

Die Verfahren mit begrenzter Momentenumlagerung können für Durchlaufträger angewandt werden. Nach **DIN 1045-88**, 15.1.2 (3) kann das Stützmoment bis 15% abgemindert werden, wenn Stützweiten bis 12 m und gleichbleibende Trägheitsmomente vorliegen und bei der Bestimmung der zugehörigen Feldmomente die Gleichgewichtsbedingungen eingehalten werden.

Ebenso dürfen die Stützmomente nach **DIN V ENV 1992-1-1: 1992**, 2.6.3 reduziert werden, wenn die zugehörigen Feldmomente aus den so festgelegten Stützmomenten unter Einhaltung der Gleichgewichtsbedingungen ermittelt werden. Diese Verfahren sind für Durchlaufträger und unverschiebbliche Rahmen zulässig, das Bemessungsmoment in den Auflageranschnitten sollte dabei mindestens 65% des Volleinspannmomentes betragen. Folgende Kriterien stellen die Rotationsfähigkeit in den kritischen Bereich sicher:

- Spannweitenverhältnis $0.5 \leq l_1/l_2 \leq 2.0$
- Verhältnis δ des umgelagerten Momentes zum Ausgangsmoment
 - für C 12/15 bis C 35/45: $\delta \geq 0.44 + 1.25 x/d$
 - für C 40/50 bis C 60/70: $\delta \geq 0.56 + 1.25 x/d$
 - für hochduktilen Stahl: $\delta \geq 0.70$
 - für normalduktilen Stahl: $\delta \geq 0.85$

Die Umlagerung nach **DIN 1045-1**, 2.7.3 unterliegt den gleichen Voraussetzungen oben. Die vorgegebenen Grenzen allerdings unterscheiden sich wie folgt:

Hochduktiler Stahl:

bis C 50/60	$\delta \geq 0.64 + 0.80 x/d$	und	$\delta \geq 0.70$
ab C 55/67	$\delta \geq 0.72 + 0.80 x/d$	und	$\delta \geq 0.80$

Normalduktiler Stahl:

bis C 50/60	$\delta \geq 0.64 + 0.80 x/d$	und	$\delta \geq 0.85$
ab C 55/67	$\delta \geq 0.72 + 0.80 x/d$	und	$\delta \geq 1.00$

Momentenausrundung...

RF-BETON nimmt optional eine Momentenausrundung gemäß DIN 1045, Bild 6 bzw. 7 oder DIN V ENV 1992-1-1: 1992, 2.5.3.3 (4) vor, sofern

- das Auflager kein Endauflager ist,
- die Auflagerbreite > 0 beträgt,
- die Auflagerkraft positiv in Z wirkt,
- ein festes Auflager in Richtung Z vorliegt,
- der Stab eine horizontale oder maximal 15% geneigte Lage aufweist,
- im gesamten Auflagerbereich ein negativer Momentenverlauf vorliegt.

Querkraftreduktion

In gleicher Weise lässt sich der Bemessungswert der Querkraft abmindern (vgl. DIN 1045, 17.5.2 oder DIN 1045-1, Bild 4.27). Das Programm berücksichtigt die in Spalte *Direkte Lagerung* getroffenen Vorgaben und erkennt automatisch auflagernahe Einzellasten.

2.3.6 Maske 1.6 Bewehrung

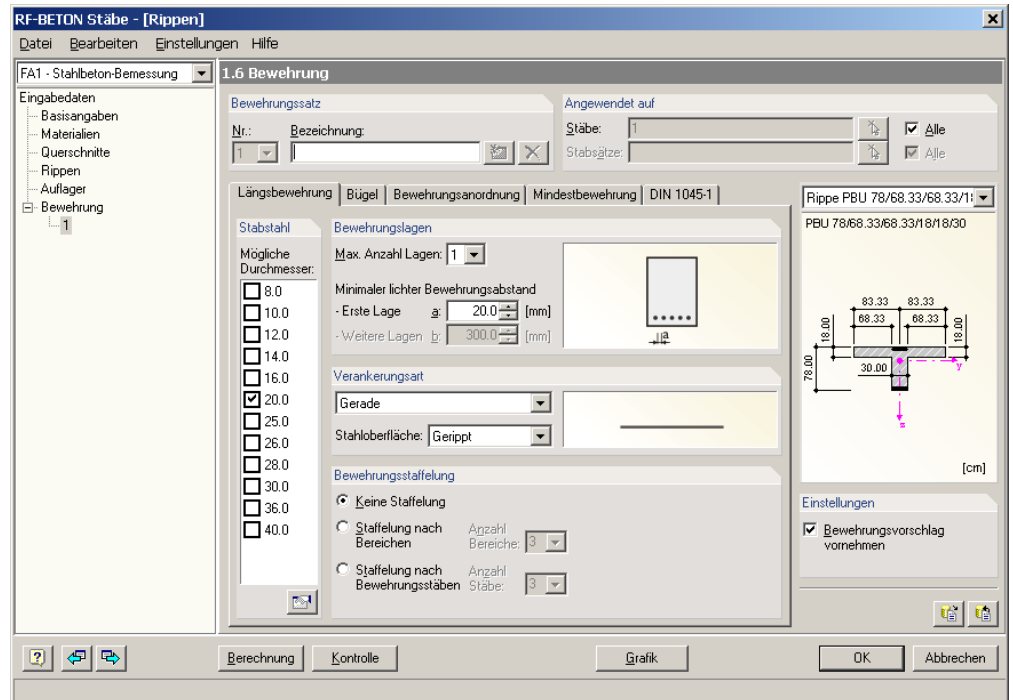


Bild 2.10: Maske 1.6 Bewehrung

Bewehrungssatz

Für jeden Stab oder Stabsatz können separat Vorgaben zur Bewehrungsbildung getroffen werden. Die vom Programm berechnete erforderliche Bewehrung wird dann unter Berücksichtigung der jeweiligen Bewehrungsparameter (Stahldurchmesser, Betondeckung, Verankerung etc.) in die konkrete Bewehrungsbildung umgesetzt. Beispielsweise lassen sich damit stabweise bestimmte Bügelabstände oder Staffelungen vorgeben.

Über [Neu] wird ein neuer Bewehrungssatz festgelegt, über [Löschen] die aktuell eingestellte gelöscht. Es empfiehlt sich, im Feld *Bezeichnung* einen erläuternden Kurzhinweis einzutragen, der das Identifizieren der jeweiligen Bewehrungsvorgaben erleichtert.

Angewendet auf Stäbe bzw. Stabsätze

Zur Bemessung sind *Alle* Stäbe bzw. Stabsätze voreingestellt. Durch Anklicken des Kontrollfeldes vor *Alle* deaktivieren Sie diese Option und können in der nun zugänglichen Eingabezeile die Nummern der zu bemessenden Stäbe bzw. Stabsätze eintragen. Die Stäbe lassen sich auch grafisch über die Schaltfläche [Pick] auswählen.

Wenn gleichzeitig Stäbe und Stabsätze zur Bemessung gewählt sind, werden die in den Stabsätzen enthaltenen Einzelstäbe automatisch deaktiviert.

Einstellungen

Durch An- bzw. Abhaken des Kontrollfeldes vor *Bewehrungsvorschlag vornehmen* können Sie festlegen, ob das Programm die ermittelten Bewehrungsquerschnitte in einen konkreten Bewehrungsvorschlag umsetzen soll.

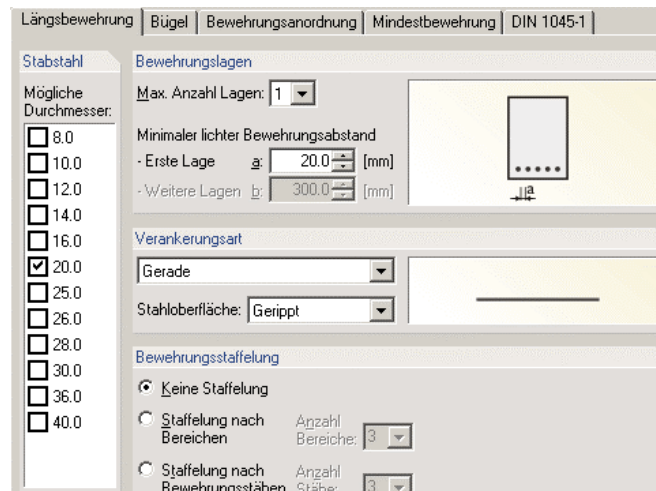
Querschnitt

In den folgenden Unterkapiteln werden die einzelnen Registerkarten der Maske beschrieben. Diese Vorgaben können separat für jeden Querschnitt getroffen werden. Über die DropDown-Liste können Sie auf jeden Querschnitt zugreifen.

Neu
Löschen

Pick

Längsbewehrung


Bild 2.11: Register *Längsbewehrung*

Stabstahl

Die Liste der *Möglichen Durchmesser* enthält die in DIN 488 Teil 2, Tabelle 1 enthaltenen Nenndurchmesser von Betonstabstahl. Eine Mehrfachauswahl ist möglich.

Bewehrungslagen

RF-BETON Stäbe berücksichtigt beim Bewehrungsvorschlag auch eine mehrlagige Anordnung der Bewehrungsstäbe. Die *Max. Anzahl der Lagen* lässt sich über die DropDown-Liste vorgeben. Über die Parameter *Minimaler lichter Abstand der Ersten Lage a* bzw. *Weiterer Lagen b* werden die Abstände der Bewehrungsstäbe untereinander festgelegt.

Bei der Ermittlung des Bewehrungsvorschlages wirken sich diese konstruktiven Vorgaben auf die Anzahl der möglichen Bewehrungsstäbe pro Lage und den Hebelarm der inneren Kräfte aus.

Verankerungsart

Die DropDown-Liste bietet eine große Auswahl an Verankerungsmöglichkeiten:

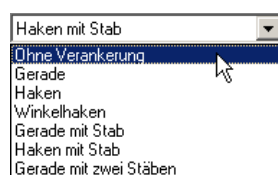


Bild 2.12: Verankerungsarten

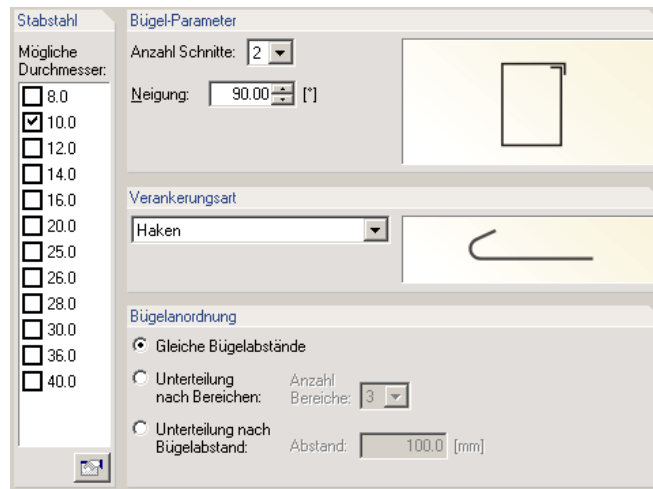
Die Verankerung wirkt sich wie die *Stahloberfläche* (glatt, gerippt) auf die erforderliche Verankerungslänge aus.

Bewehrungsstaffelung

Die Voreinstellung ist *Keine Staffelung*. Wird eine *Staffelung nach Bereichen* gewählt, so kann über die DropDown-Liste rechts davon festgelegt werden, wie viele Bereiche mit jeweils gleicher Bewehrung beim Bewehrungsvorschlag angesetzt werden sollen. Das Programm 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 über die DropDown-Liste vorgegebene Anzahl von Bewehrungsstäben erreicht ist.

Bügel


Bild 2.13: Register *Bügel*

Stabstahl

Die Liste der *Möglichen Durchmesser* enthält die in DIN 488 Teil2, Tabelle 1 enthaltenen Nenndurchmesser von Betonstabstahl. Eine Mehrfachauswahl ist möglich.

Bügel-Parameter

Das Feld *Anzahl Schnitte* legt die Bügelschnittigkeit fest. Die voreingestellte Zweischnittigkeit können Sie über die DropDown-Liste modifizieren. Die *Neigung* der Schubbewehrung ist durch den Winkel zwischen Längs- und Schubbewehrung definiert. Voreingestellt ist der Wert 90° (vertikale Bügel). Hierbei sind noch die jeweiligen Normendetail zu beachten: Die DIN V ENV 1992-1-1, 4.3.2.4.1 P(1) gibt beispielsweise vor, dass Schrägstäbe als Schubbewehrung nur gleichzeitig mit Bügeln verwendet werden dürfen, wobei mindestens 50 % von V_{sd} durch lotrechte Bügel abgedeckt werden müssen.

Verankerungsart

Die DropDown-Liste bietet die bereits unter Register *Längsbewehrung* abgebildete Auswahl an Verankerungsmöglichkeiten. Diese haben Einfluss auf die erforderlichen Verankerungslängen.

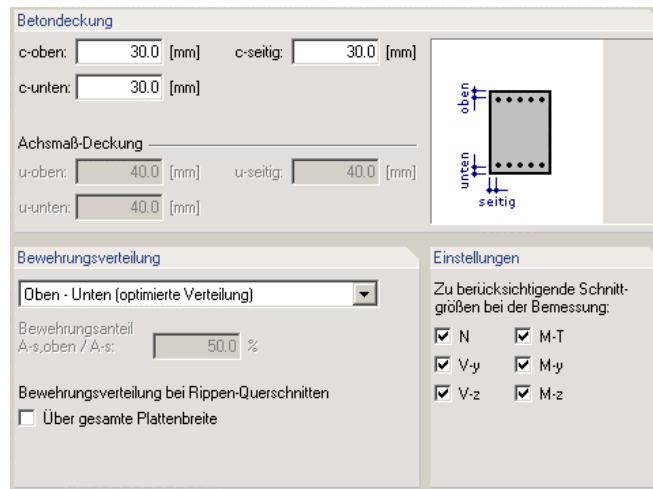
Bügelanordnung

Voreingestellt sind *Gleiche Bügelabstände* für alle Stäbe und Stabsätze. Wird hingegen eine *Unterteilung nach Bereichen* gewählt, so kann über die zugehörige DropDown-Liste festgelegt werden, wie viele Bereiche mit jeweils gleicher Bügelanordnung beim Bewehrungsvorschlag angenommen werden dürfen. Die Vorgabe von z. B. einem Bereich führt dazu, dass neben dem Bereich mit maximalem Bügelabstand (Mindestbewehrung) noch ein Bereich gebildet wird, in dem der Maximalwert der erforderlichen Bügelbewehrung abgedeckt wird. Wenn Sie beispielsweise zwei Bereiche anweisen, ermittelt RF-BETON Stäbe zusätzlich den Mittelwert aus erforderlicher Mindest- und Maximalbewehrung und setzt die entsprechenden x-Stellen im Stab als weitere Bereichsgrenzen an.

Für den Bewehrungsvorschlag sind die Optionen *Gleiche Bügelabstände* und *Unterteilung nach Bereichen* zu empfehlen. Sie können die vom Programm ermittelten Bereiche später in Maske 3.2 *Bügelbewehrung* modifizieren oder ergänzen.

Bei der *Unterteilung nach Bügelabstand* legen Sie einen bestimmten Abstand der Bügelbereiche fest (z. B. 10 cm). Ein Wechsel der Bereiche erfolgt dann in den entsprechenden Abstandsintervallen, die ebenfalls aus erforderlicher Mindest- und Maximalbewehrung nach einem etwas komplexeren Interpolationsverfahren ermittelt werden.

Bewehrungsanordnung


Bild 2.14: Register *Bewehrungsanordnung*

Betondeckung

In den drei Eingabefeldern *c-oben*, *c-unten* und *c-seitig* werden die Betondeckungen als die Abstände der Bewehrungsstäbe vom jeweiligen Querschnittsrand definiert. ‚Oben‘ sowie ‚unten‘ sind durch die lokalen Stabachsen in RFEM festgelegt. Eine Angabe zur Deckung *c-seitig* wird zur Bestimmung der Ersatzwanddicke für die Torsionsbemessung benötigt.

Die drei unteren Eingabefelder der *Achsmass-Deckung* werden zugänglich, falls kein Bewehrungsvorschlag erstellt wird. Im Feld *u-oben* ist dann der Abstand der oberen Bewehrung, im Feld *u-unten* der der unteren Bewehrung festzulegen. Bei mehrlagigen Bewehrungen ist der Abstand des Bewehrungsschwerpunkts anzugeben.

Bewehrungsverteilung

Es stehen folgende Möglichkeiten zur Auswahl, die Bewehrung im Querschnitt anzuordnen:

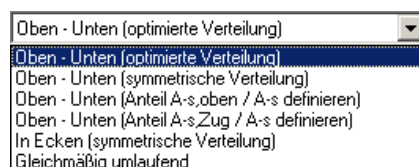
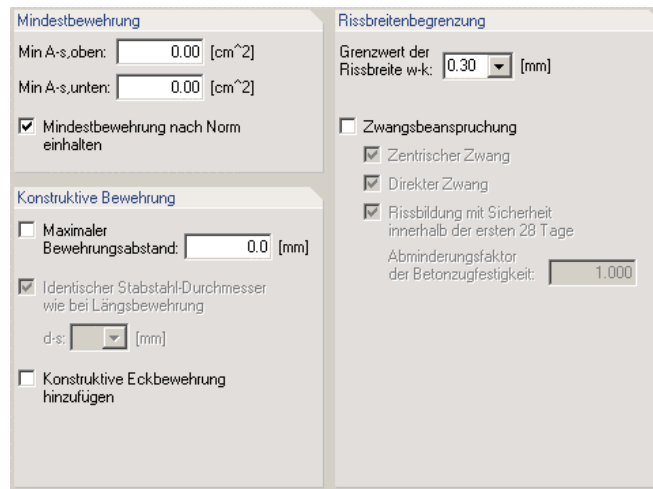


Bild 2.15

Oben- Unten (optimierte Verteilung)	Die Bewehrung wird hier entsprechend der einwirkenden Belastung optimiert.
Oben- Unten (symmetrische Verteilung)	Die Bewehrung wird gleichmäßig auf die obere und untere Lage verteilt.
Oben- Unten (Anteil $A_{s,o} / A_s$ definieren)	Es kann ein Verhältnis der oberen Bewehrung zur gesamten Bewehrung festgelegt werden.
Oben- Unten (Anteil $A_{s,Zug} / A_s$ definieren)	Es kann ein Verhältnis der mehr gezogenen Bewehrung zur Gesamtbewehrung festgelegt werden. Diese Art der Anordnung ist daher von der Beanspruchung abhängig.
In Ecken (symmetrische Verteilung)	Die Verteilung der Bewehrung erfolgt gleichmäßig in den Ecken des Querschnittes.
Gleichmäßig umlaufend	Die Bewehrung wird gleichmäßig umlaufend angeordnet.

Tabelle 2.1

Mindestbewehrung


Bild 2.16: Register *Mindestbewehrung*

Mindestbewehrung

Zwei Felder stehen für die Vorgabe einer konstruktiven Mindestbewehrung zur Verfügung, in die Sie die Absolutwerte in $[\text{cm}^2]$ für *Min A-s, oben* und *Min A-s, unten* eintragen können.

Rissbreitenbegrenzung

Die zulässige Rissbreite w_k kann über die DropDown-Liste ausgewählt werden. Je nach Umweltbedingungen sind hier die Vorgaben von Heft 400 DAfStb. S. 159 bzw. DIN 1045-1, Tabelle 3.3 anzusetzen.

Umweltbedingungen nach	Rechenwert der Rissbreite w_k
DIN 1045, Tabelle 10, Zeile 1	0.4 mm
DIN 1045, Tabelle 10, Zeilen 2 bis 4	0.25 mm

Tabelle 2.2

Für die Nachweise der Rissbreitenbegrenzung ist grundsätzlich zwischen Last- und Zwangseinwirkungen zu unterscheiden. Eine *Zwangsbeanspruchung* wird durch die Rissbildung im Bauteil wesentlich verringert, sodass eine ausreichend dimensionierte Mindestbewehrung 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.

Liegt eine Zwangsbeanspruchung vor, so lässt sich diese über die Optionen *Direkter Zwang* und *Zentrischer Zwang* (beeinflusst Beiwert k_0 zur Beschränkung Breite von Erstrissen nach DIN 1045, Gl. 18) weiter differenzieren. Der Einfluss von Eigenspannungen bei direktem Zwang, z. B. infolge Hydratationswärmewirkungen oder Schwinden kann durch einen Abminderungsfaktor der Betonzugfestigkeit erfasst werden. Die Größe der Abminderung wird beim direkten Zwang maßgeblich von der Bauteildicke beeinflusst, da mit zunehmenden Querschnittsabmessungen auch höhere Eigenspannungen entstehen. Die von außen aufgezwungenen Verformungen (indirekter Zwang wie z. B. Lagerverformungen) verursachen dagegen keine Eigenspannungen, der Abminderungsfaktor beträgt in diesem Fall 1.0.

Konstruktive Bewehrung

Für den Bewehrungsvorschlag kann die Option *Maximaler Bewehrungsabstand* aktiviert und ein Höchstabstand der Bewehrungsstäbe im Querschnitt fest vorgegeben werden. Ist die Option *Identischer Durchmesser wie bei Längsbewehrung* aktiviert, wird die konstruktive Bewehrung an die erforderlichen Bewehrungsquerschnitte angeglichen. Alternativ lässt sich aus der DropDown-Liste ein bestimmter Bewehrungsdurchmesser wählen.

Standard

Des Weiteren können Sie eine *Konstruktive Eckbewehrung hinzufügen* und so Bewehrungsstäbe in allen Ecken des Querschnitts generell vorgeben oder beispielsweise bei I-förmigen Profilen auch eine Bewehrung außerhalb des Stegbereichs anordnen.

Als letztes Register erscheint die in Maske 1.1 *Basisangaben* eingestellte **Bemessungsnorm**. Sie können hier die jeweiligen Normenparameter kontrollieren und gegebenenfalls ändern. Die Schaltfläche [Standard] stellt die programmseitigen Voreinstellungen wieder her.

DIN 1045: 1988

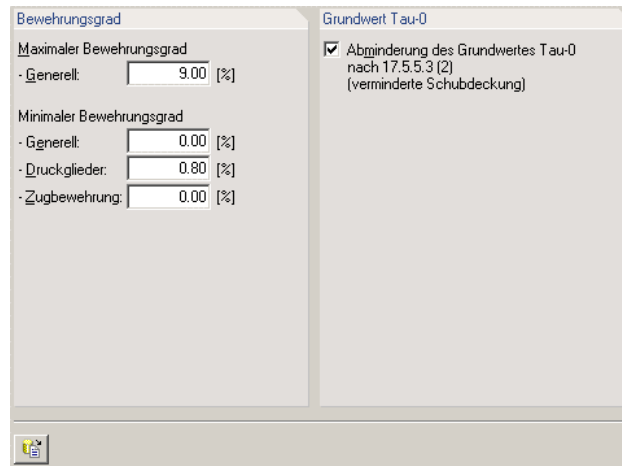


Bild 2.17: Register *DIN 1045 - 88*

Bewehrungsgrad

In vier Eingabefeldern wird der prozentuale Anteil der Bewehrung an der Gesamtquerschnittsfläche festgelegt. Bei den Querschnittstypen *Plattenbalken* und *Überzug* wird für die Bewehrungslage im Steg die Stegquerschnittsfläche angesetzt.

Maximaler Bewehrungsgrad

Voreingestellt ist der *Höchstbewehrungsgrad* von 9 % gemäß DIN 1045, 17.2.3(1). Falls Beton B 15 verwendet wird, wird der Höchstbewehrungsgrad automatisch auf 5 % gesetzt. Der maximale Bewehrungsgrad wird programmintern wie folgt überprüft:

$$A_{s1} + A_{s2} \leq \mu \cdot A_{ges}$$

$$A_{s1} \leq 0.5 \cdot \mu \cdot A_{steg} \quad \text{bzw.} \quad A_{s2} \leq 0.5 \cdot \mu \cdot A_{steg}$$

Es muss also bei Plattenbalken- und Überzugquerschnitten eine zusätzliche Bedingung erfüllt sein, sodass eine unerwünschte Bewehrungskonzentration im Steg vermieden wird.

Minimal - Generell

Hier lässt sich eine generelle Grundbewehrung vorgeben. Da die DIN 1045 nur eine Aussage zur Mindestbewehrung bei Druckgliedern trifft, ist 0 % voreingestellt. Bei Plattenbalken und Überzügen wird die Stegfläche für die Grundbewehrung im Steg angesetzt.

Minimal - Druckglieder

Gemäß DIN 1045, 25.2.2.1 (1) beträgt die Voreinstellung für bügelbewehrte, stabförmige Druckglieder 0.8%.

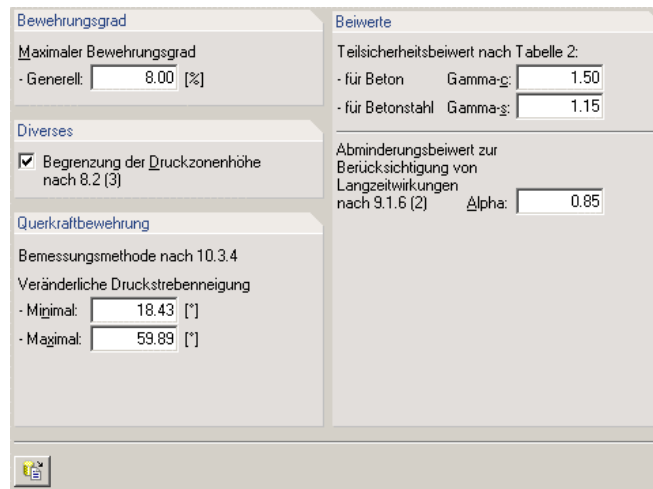
Minimal - Zugbewehrung

DIN 1045 schreibt keine Mindestbewehrung für die Zugbewehrung vor. Sollte eine Grundbewehrung für die Zugzone gewünscht werden, kann diese hier eingetragen werden.

Grundwert Tau-0

DIN 1045, 17.5.5.3 (2) gestattet, den Grundwert τ_0 im Schubbereich 2 abzumindern. Wird das voreingestellte Häkchen entfernt, bleibt die rechnerische Reduktion der Schubspannung unberücksichtigt.

DIN 1045-1: 2001



The screenshot shows a software interface for DIN 1045-1: 2001 with the following sections and values:

- Bewehrungsgrad**
 - Maximaler Bewehrungsgrad
 - Generell: 8.00 [%]
- Diverses**
 - ☒ Begrenzung der Druckzonenhöhe nach 8.2 (3)
- Querkraftbewehrung**
 - Bemessungsmethode nach 10.3.4
 - Veränderliche Druckstrebenneigung
 - Minimal: 18.43 [°]
 - Maximal: 59.89 [°]
- Beiwerte**
 - Teilsicherheitsbeiwert nach Tabelle 2:
 - für Beton Gamma-c: 1.50
 - für Betonstahl Gamma-s: 1.15
 - Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung von Langzeitwirkungen nach 9.1.6 (2) Alpha: 0.85

Bild 2.18: Register DIN 1045-1: 2001

Bewehrungsgrad

Hier lässt sich ein benutzerdefinierter Höchstbewehrungsgrad vorgeben. DIN 1045-1 gibt in Abschnitt 13.1.1 (4) für biegebeanspruchte Bauteile als maximale Querschnittsfläche der Bewehrung auch im Bereich von Übergreifungsstößen den Wert $0.08 A_c$ an.

Diverses

Eine Druckbewehrung wird notwendig, wenn die Betondruckzone alleine nicht mehr in der Lage ist, die Druckkräfte aufzunehmen. Dies ist der Fall, wenn das Biegemoment überschritten ist, das sich bei einer Betonrandstauchung von $-3.50 ‰$ und der Dehnung ϵ_{yd} beim Erreichen der Streckgrenze des Betonstahls ergibt. Bei S 500 stellt sich dann eine bezogene Druckzonenhöhe von $x/d = 0.617$ ein. Im Falle von Durchlaufträgern, Riegeln von unverschieblichen Rahmen und bei vorwiegend auf Biegung beanspruchten Bauteilen sollte zur Sicherstellung einer ausreichenden Rotationsfähigkeit dieses Grenzbiegemoment nicht voll ausgenutzt werden. Wird keine Momentenumlagerung vorgenommen, sollte das Verhältnis x/d gemäß DIN 1045-1, 8.2 (3) den Wert 0.45 für Beton bis zur Festigkeitsklasse C50/60 nicht übersteigen, sofern keine besonderen konstruktiven Maßnahmen getroffen werden. Für Beton ab C55/67 ist die bezogene Druckzonenhöhe auf den Wert 0.35 zu begrenzen.

Querkraftbewehrung

In diesem Abschnitt werden die Grenzen für die Druckstrebenneigung zur Ermittlung der Querkraftbewehrung vorgegeben.

Beiwerte

In drei Eingabefeldern werden die Teilsicherheitsbeiwerte für die Bestimmung des Tragwiderstands festgelegt.

Gamma-c

In diesem Eingabefeld wird der Teilsicherheitsbeiwert für die Baustoffeigenschaften des Betons definiert. Voreingestellt ist der Wert $\gamma_c = 1.50$ der Grundkombination.

Gamma-s

Hier kann der Teilsicherheitsbeiwert für die Baustoffeigenschaften des Betonstahls eingegeben werden. Voreingestellt ist der Wert $\gamma_s = 1.15$ der Grundkombination.

Alpha

Der Abminderungsbeiwert der Betondruckfestigkeit α ist gemäß DIN 1045-1, 9.1.6 (2) mit dem grundsätzlich anzunehmenden Wert 0.85 voreingestellt. Damit werden Langzeitwirkungen auf die Druckfestigkeit berücksichtigt sowie die Zylinderdruckfestigkeit auf die

einaxiale Festigkeit des Betons umgerechnet. Nach DIN 1045-1, Bild 24, Anmerkung ist der Wert f_{cd} zusätzlich mit dem Faktor 0.9 abzumindern, wenn die Querschnittsbreite zum gedrückten Rand hin abnimmt. Liegt diese Voraussetzung vor, nimmt RF-BETON Stäbe diese Abminderung automatisch vor.

DIN V ENV 1992-1-1: 1992

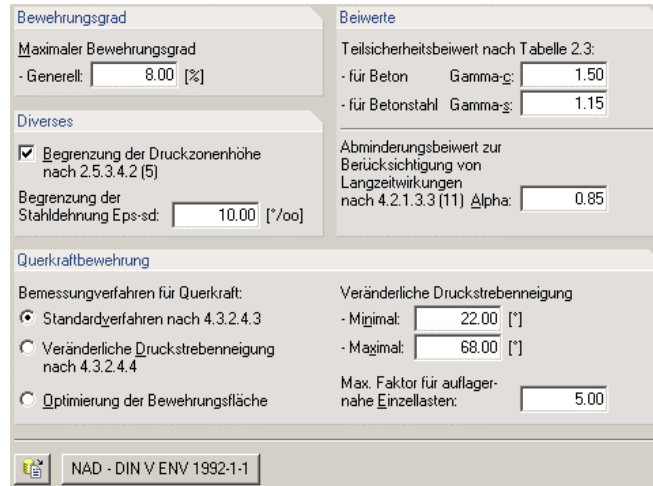


Bild 2.19: Register *DIN V ENV 1992-1-1: 1992*

Bewehrungsgrad

Hier lässt sich ein benutzerdefinierter Höchstbewehrungsgrad vorgeben. DIN V ENV 1992-1-1, Abs. 5.4.2.1.1 (2) gibt für biegebeanspruchte Bauteile als maximale Querschnittsflächen der Zug- und Druckbewehrung außerhalb der Stoßbereiche jeweils $0.04 A_c$ an, die Voreinstellung beträgt deshalb 8%. Für Druckglieder findet Abschnitt 5.4.1.2.1 (3) Anwendung, der auch im Bereich von Übergreifungsstößen als oberen Grenzwert $0.08 A_c$ empfiehlt.

Diverses

Begrenzung der Druckzonenhöhe

Eine Druckbewehrung wird notwendig, wenn die Betondruckzone alleine nicht mehr in der Lage ist, die Druckkräfte aufzunehmen. Dies ist der Fall, wenn das Biegemoment überschritten ist, das sich bei einer Betonrandstauchung von $-3.50 ‰$ und der Dehnung ϵ_{yd} beim Erreichen der Streckgrenze des Betonstahls ergibt. Bei S 500 stellt sich dann eine bezogene *Druckzonenhöhe* von $x/d = 0.617$ ein. Im Falle von Durchlaufträgern, Riegeln von unverschieblichen Rahmen und bei vorwiegend auf Biegung beanspruchten Bauteilen sollte zur Sicherstellung einer ausreichenden Rotationsfähigkeit dieses Grenzbiegemoment nicht voll ausgenutzt werden. Sofern keine Momentenumlagerung vorgenommen wird, sollte gemäß DIN V ENV 1992-1-1, Abs. 2.5.3.4.2 (5) das Verhältnis x/d in kritischen Abschnitten den Wert 0.45 (C12/15 bis C35/45) bzw. 0.35 (C40/50 und höher) nicht übersteigen, falls keine besonderen konstruktiven Maßnahmen getroffen werden.

Begrenzung der Stahldehnung ϵ_{sd}

Für die Bemessung werden nach DIN V ENV 1992-1-1, Abs. 4.2.2.3.2 (5) zwei unterschiedliche Annahmen zugelassen:

Die Spannung wird auf den Wert f_{yk}/γ_s an der Streckgrenze beschränkt, ohne Begrenzung der Stahldehnung. In Deutschland ist jedoch hier eine Grenze von 20 ‰ gesetzt.

Es wird der Anstieg der Stahlspannung von der Streckgrenze f_{yk} auf die Zugfestigkeit f_{tk} berücksichtigt und dabei die Stahldehnung auf 10 ‰ beschränkt.

Querkraftbewehrung

Bemessungsverfahren für Querkraft

DIN V ENV 1992-1-1:1992 ermöglicht die Schubbemessung nach folgenden zwei Verfahren:

Das *Standardverfahren* basiert auf dem Ersatzfachwerkmodell mit 45° Druckstrebenneigung (DIN V ENV 1992-1-1, 4.3.2.4.3). Dies entspricht der ‚vollen Schubdeckung‘ in DIN 1045-88, jedoch verringern sich die durch die Schubbewehrung aufzunehmenden Kräfte, da die Querkrafttragfähigkeit der Biegedruckzone und die Dübelwirkung der Längsbewehrung berücksichtigt werden. Bei diesem Verfahren handelt es sich um eine Abzugswertmethode. Die Gleichsetzung des Abzugswertes V_{cd} mit der ohne Schubbewehrung rechnerisch aufnehmbaren Querkraft V_{Rd1} stellt dabei eine auf der sicheren Seite liegende Vereinfachung dar.

Alternativ erlaubt die DIN V ENV 1992-1-1: 1992, Abs. 4.3.2.2.4, eine *Veränderliche Druckstrebenneigung* zur Reduzierung der erforderlichen Schubbewehrung anzusetzen. Die minimale Strebenneigung kann aus der Einhaltung des maximalen Bemessungswiderstandes der Betondruckstreben abgeleitet werden. Der Strebenwinkel ist in Deutschland begrenzt auf Werte zwischen 29.7° und 60.3°. Bei diesem Bemessungsverfahren ist zu beachten, dass bei abnehmendem Winkel θ die Bügelbewehrung zwar abnimmt, gleichzeitig jedoch die erforderliche Längsbewehrung zunimmt.

Das Verfahren mit variabler Druckstrebenneigung führt bei mittlerer und hoher Schubbeanspruchung zu einer geringeren Bewehrung als das Standardverfahren. Die erforderliche Längsbewehrung wird jedoch wegen des bei flacherer Strebenneigung größeren Versatzmaßes eventuell erhöht. Bei geringerer Schubbeanspruchung dagegen ist das Standardverfahren i. a. günstiger. Bei der Vorgabe *Optimierung der Bewehrungsfläche* untersucht RF-BETON für jede Schnittordinate, ob das Standardverfahren oder das Verfahren mit veränderlicher Druckstrebenneigung zu einer geringeren Bewehrungsfläche führt.

Veränderliche Druckstrebenneigung

Der Strebenwinkel ist bei Biegebewehrung ohne Staffelung gemäß DIN V ENV 1992-1-1, Abs. 4.3.2.4.4 (1) begrenzt auf minimal 21.8° und maximal 68.2°. Diese Einstellung kann über die Schaltfläche [NAD DIN V ENV 1992-1-1] aktiviert werden. In Deutschland ist sowohl für konstante als auch für gestaffelte Bewehrung die Variationsbreite der Druckstrebenneigung auf Winkel zwischen 29.7° und 60.3° eingeschränkt und als [Standard] voreingestellt.

ENV 1992

Standard

Max. Faktor für auflagernahe Einzellasten

Einzellasten in Auflagernähe werden in erster Linie durch direkte Druckstreben zum Auflager abgetragen. Dies ist der Fall, solange der Abstand der Einzellast vom Auflagerstand das Maß $2.5 \cdot d$ nicht überschreitet und eine direkte Lasteintragung sowohl am Last- als auch am Lagerpunkt vorhanden ist. Für das *Standardverfahren* ist dann eine Erhöhung der aufnehmbaren Querkraft zulässig. Der Grundwert der Bemessungsschubfestigkeit τ_{Rd} darf mit dem Faktor $\beta = 2.5 \cdot d/x$ vergrößert werden. Nach DIN V ENV 1992-1-1, Abs. 4.3.2.2 (9) beträgt der maximale Faktor $\beta = 5.0$.

Beiwerte

Gamma-c:

In diesem Eingabefeld wird der Teilsicherheitsbeiwert für die Baustoffeigenschaften des Betons definiert. Voreingestellt ist der Wert $\gamma_c = 1.50$ der Grundkombination.

Gamma-s:

Hier kann der Teilsicherheitsbeiwert für die Baustoffeigenschaften des Betonstahls eingegeben werden. Voreingestellt ist der Wert $\gamma_s = 1.15$ der Grundkombination.

Alpha:

Der Abminderungsbeiwert der Betondruckfestigkeit α ist mit dem prinzipiell anzunehmenden Wert 0.85 voreingestellt. Dadurch werden Langzeitwirkungen auf die Druckfestigkeit sowie andere ungünstige Einwirkungen, die von der Art der Lasteintragung herrühren, berücksichtigt. Gemäß DIN V ENV 1992-1-1: 1992, Abs. 4.2.1.1 (12) sollte α auf 0.80 reduziert werden, wenn die Druckzonenbreite zur am stärksten gedrückten Randfaser hin abnimmt.

2.4 Berechnung

Kontrolle

Vor dem Start der Berechnung sollte über die Schaltfläche [Kontrolle] sichergestellt werden, ob die Eingabedaten vollständig und korrekt vorliegen.

Berechnung

Mit einem Klick auf die Schaltfläche [Berechnung] wird die Bemessung initialisiert. Zunächst sucht RF-BETON Stäbe nach den Ergebnissen der zu bemessenden Lastfälle, Lastfallgruppen und -kombinationen der Position. Werden diese nicht gefunden, so startet automatisch die RFEM-Berechnung, um die für die Bemessung notwendigen Schnittgrößen zu ermitteln. Hierbei wird auf die Einstellungen der Berechnungsparameter von RFEM zurückgegriffen.

Die eigentliche RF-BETON-Bemessung erfolgt unmittelbar im Anschluss. Unter Berücksichtigung der gewählten Bemessungsnorm werden die erforderlichen Bewehrungsquerschnitte der Längs- und Schubbewehrung sowie die zugehörigen Zwischenergebnisse berechnet.

2.4.1 Bemessung nach DIN 1045-88

DIN 1045 - 88 legt in Kapitel 17 die Grundlagen für die Bemessung fest. Im Rahmen dieses Handbuchs soll auf eine detaillierte Darstellung dieses Kapitels verzichtet werden. Als wesentliche Vorgabe für die Biegebemessung wird Bild 13 mit den Dehnungsbereichen und Sicherheitsbeiwerten herausgegriffen:

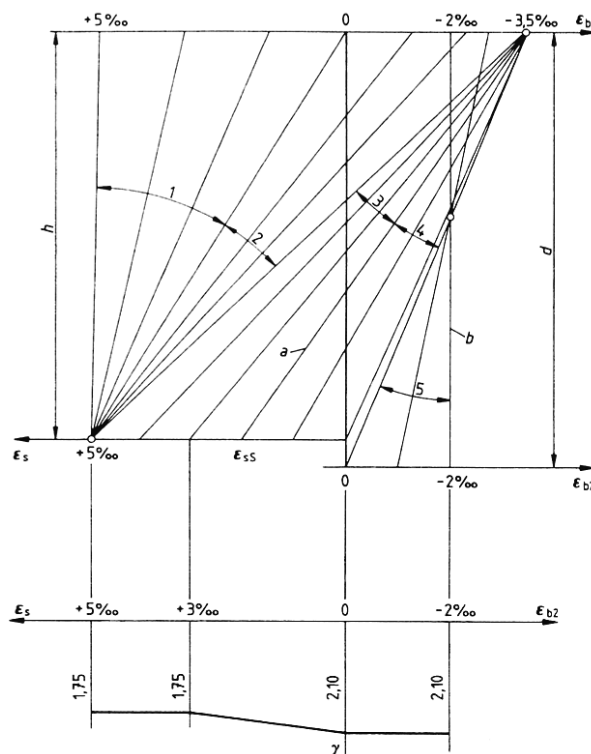


Bild 2.20: Dehnungsdiagramme und Sicherheitsbeiwerte

- | | |
|------------|--|
| Bereich 1: | Mittige Zugkraft und Zugkraft mit geringer Ausmitte |
| Bereich 2: | Biegung oder Biegung mit Längskraft bis zur Ausnutzung der Betondruckfestigkeit und unter Ausnutzung der Stahlstreckgrenze |
| Bereich 3: | Biegung oder Biegung mit Längskraft bei Ausnutzung der Betondruckfestigkeit und der Stahlstreckgrenze |
| Bereich 4: | Biegung mit Längskraft ohne Ausnutzung der Stahlstreckgrenze bei Ausnutzung der Betondruckfestigkeit |
| Bereich 5: | Druckkraft mit geringer Ausmitte und mittige Druckkraft |

2.4.2 Bemessung nach DIN 1045-1: 2001

In Kapitel 10 der DIN 1045-1 werden die Bemessungsgrundlagen dargestellt. Das Bild 30 verdeutlicht die möglichen Dehnungsverteilungen bei Biegung mit und ohne Längskraft:

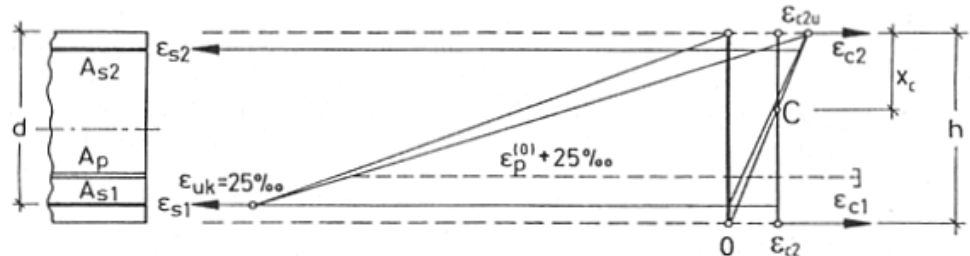


Bild 2.21: Zulässige Dehnungsverteilungen bei der Bemessung für Biegung mit Längskraft

Die möglichen Dehnungsbereiche entsprechen den unter dem vorherigen Kapitel 3.4.1 *Bemessung nach DIN 1045-88* beschriebenen Dehnungsdiagrammen.

Die Schubbemessung basiert auf den drei Bemessungswerten der aufnehmbaren Querkraft:

- $V_{Rd,ct}$ Bauteilwiderstand ohne Schubbewehrung
- $V_{Rd,sy}$ Aufnehmbare Querkraft durch die Querkraftbewehrung
- $V_{Rd,max}$ Aufnehmbare Querkraft durch die Betondruckstrebe

2.4.3 Bemessung nach DIN V ENV 1992-1-1: 1992

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit ergeben sich abhängig von den äußeren, aufzunehmenden Bemessungsschnittgrößen folgende Dehnungsbereiche:

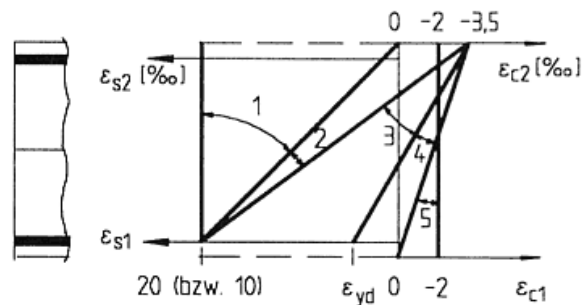


Bild 2.22: Dehnungsverteilungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit

- Bereich 1: Mittige Zugkraft und Zugkraft mit geringer Ausmitte
- Bereich 2: Biegung oder Biegung mit Längskraft bis zur Ausnutzung der Betondruckfestigkeit und unter voller Ausnutzung der Bewehrung
- Bereich 3: Biegung oder Biegung mit Längskraft bei voller Ausnutzung der Betondruckfestigkeit und der Bewehrung
- Bereich 4: Biegung mit Längskraft ohne Ausnutzung der Stahlstreckgrenze bei Ausnutzung der Betondruckfestigkeit
- Bereich 5: Druckkraft mit geringer Ausmitte und mittige Druckkraft

Die Querkraftbemessung basiert auf den Bemessungswerten der aufnehmbaren Querkraft:

- V_{Rd1} Aufnehmbare Querkraft ohne Schubbewehrung
- V_{Rd2} Aufnehmbare Querkraft durch die Betondruckstreben
- V_{Rd3} Aufnehmbare Querkraft durch die Schubbewehrung

2.5 Ergebnismasken Bemessung

In den Ergebnismasken werden alle Bemessungsergebnisse detailliert aufgelistet. In den beiden rechten Fenstern werden der Querschnitt und die Betonrandspannungen σ_b und die Dehnungen ϵ_s an der aktuellen x-Stelle grafisch angezeigt.

2.5.1 Parameter Ergebnisse

Parameter

Die Schaltfläche [Zu zeigen...] ruft einen Dialog auf, in dem Sie je nach gewählter Bemessungsnorm festlegen können, welche Bemessungsergebnisse im Detail angezeigt werden sollen.

Parameter DIN 1045-88

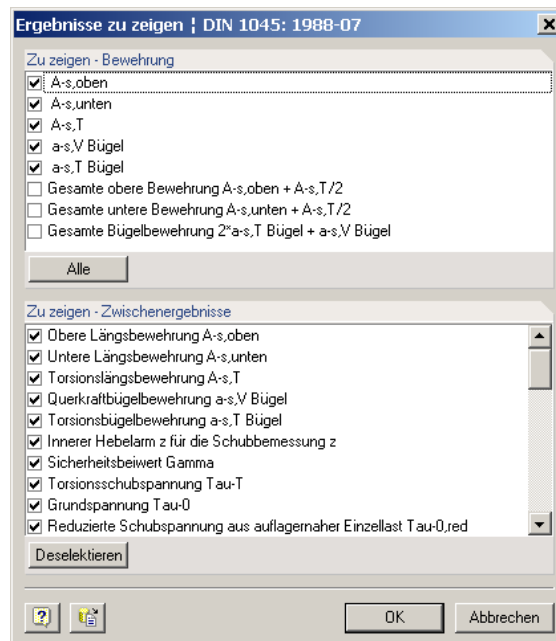


Bild 2.23: Dialog *Ergebnisse zu zeigen: DIN 1045-88*

In diesem zweiteiligen Dialogfenster kann durch An- oder Abhaken der einzelnen Kontrollfelder ausgewählt werden, welche Bewehrungsquerschnitte (oben) und welche zugehörigen Zwischenergebnisse (unten) in den Ausgabemasken zur Anzeige kommen sollen.

An *Zwischenergebnissen* stehen neben den Bewehrungsflächen zur Auswahl:

Hebel der inneren Kräfte (z)

Abstand zwischen den Angriffspunkten von Stahlzugkraft Z_{sU} und Betondruckkraft D_{bU}

Sicherheitsbeiwert (Gamma)

Sicherheitsfaktor in Abhängigkeit von den Stahldehnungen und Betonstauchungen gemäß DIN 1045, 17.2.2 und Bild 13

Torsionsschubspannung (Tau-T)

Torsionsschubspannung (bei 3D-Stabwerken und Trägerrosten)

Grundspannung (Tau-0)

Grundwert der Schubspannung nach DIN 1045, 17.5.3 (Nulllinie innerhalb Querschnitt)

Reduzierte Schubspannung aus auflagernaher Einzellast (Tau-red)

Bemessungswert der Schubspannung bei gleichzeitiger Wirkung von Gleichlasten und auflagernahen Einzellasten im Schubbereich 2

Rechnerische Schubspannung (Tau)

Bemessungswert der Schubspannung nach DIN 1045, 17.5.5

Schiefe Hauptspannung (Sigma-2)

Schiefe Hauptdruckspannung bei vollständig überdrückten Querschnitten im Zustand II

Schubbereich (Schubbereich)

Angabe des Schubbereichs nach DIN 1045, 17.5.5

Hauptzugspannung (Sigma-1)

Schiefe Hauptzugspannung bei vollständig überdrückten Querschnitten im Zustand I

Dehnung obere Bewehrung (Eps-s oben)

Dehnung (positiv) bzw. Stauchung (negativ) der oberen Bewehrung

Dehnung untere Bewehrung (Eps-s unten)

Dehnung (positiv) bzw. Stauchung (negativ) der unteren Bewehrung

Dehnung am oberen Querschnittsrand (Eps-b oben)

Dehnung (positiv) bzw. Stauchung (negativ) am oberen Querschnittsrand

Dehnung am unteren Querschnittsrand (Eps-b unten)

Dehnung (positiv) bzw. Stauchung (negativ) am unteren Querschnittsrand

Dehnung an Schwerachse (Eps-0)

Dehnung (positiv) bzw. Stauchung in Höhe der Querschnittsschwerachse

Druckzonenhöhe/Nutzhöhe (x/h)

Bezogene Druckzonenhöhe

Druckzonenhöhe (x)

Höhe der Druckzone

Krümmung (1/r)

Krümmung im Querschnitt

Winkel der Nullachse (Alpha-0)

Winkel zwischen Nulllinie und lokaler Stabachse 2

Stahlspannung obere Bewehrung (Sigma-s oben)

Stahlspannung σ_s der oberen Bewehrung

Stahlspannung untere Bewehrung (Sigma-s unten)

Stahlspannung σ_s der unteren Bewehrung

Spannung am oberen Querschnittsrand (Sigma-b oben)

Betonspannung σ_b am oberen Querschnittsrand

Spannung am unteren Querschnittsrand (Sigma-b unten)

Betonspannung σ_b am unteren Querschnittsrand

Bemessungsschnittgröße (M2-u ... Q3-u)

Nachweis der im Erschöpfungszustand aufnehmbaren Schnittgrößen

$M2-u = \gamma \cdot M2$ mit: γ = Sicherheitsfaktor
 $M2$ = Moment im Gebrauchszustand

Oberer Bewehrungsgrad (Mü oben)

Anteil des Bewehrungsquerschnitts oben an der Gesamtquerschnittsfläche

Unterer Bewehrungsgrad (Mü unten)

Anteil des Bewehrungsquerschnitts unten an der Gesamtquerschnittsfläche

Schubbewehrungsgrad

Anteil der Schubbewehrung an der Gesamtquerschnittsfläche

Parameter DIN 1045-1: 2001

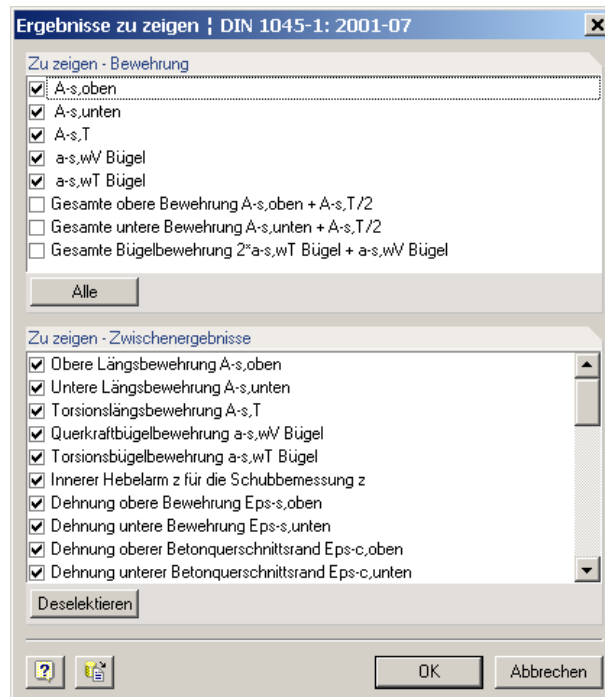


Bild 2.24: Dialog *Ergebnisse zu zeigen: DIN 1045-1*

In diesem zweiteiligen Dialogfenster kann durch Anklicken der einzelnen Kontrollfelder ausgewählt werden, welche Bewehrungsquerschnitte (oben) und welche zugehörigen Zwischenergebnisse (unten) in den Ausgabemasken angezeigt werden sollen.

An *Zwischenergebnissen* stehen neben den Bewehrungsflächen zur Auswahl:

Hebel der inneren Kräfte (z)

Abstand zwischen den Angriffspunkten von Stahlzugkraft F_s und Betondruckkraft F_c

Dehnung obere Bewehrung (Eps-s oben)

Dehnung (positiv) bzw. Stauchung (negativ) der oberen Bewehrung

Dehnung untere Bewehrung (Eps-s unten)

Dehnung (positiv) bzw. Stauchung (negativ) der unteren Bewehrung

Dehnung am oberen Querschnittsrand (Eps-c oben)

Dehnung (positiv) bzw. Stauchung (negativ) am oberen Querschnittsrand

Dehnung am unteren Querschnittsrand (Eps-c unten)

Dehnung (positiv) bzw. Stauchung (negativ) am unten Querschnittsrand

Dehnung an Schwerachse (Eps-0)

Dehnung (positiv) bzw. Stauchung in Höhe der Querschnittsschwerachse

Druckzonenhöhe/Nutzhöhe (x/h)

Bezogene Druckzonenhöhe

Druckzonenhöhe (x)

Höhe der Druckzone

Krümmung (1/r)

Krümmung im Querschnitt

Winkel der Nullachse (Alpha-0)

Winkel zwischen Nulllinie und lokaler Stabachse 2

Stahlspannung obere Bewehrung (Sigma-s oben)

Stahlspannung σ_s der oberen Bewehrung

Stahlspannung untere Bewehrung (Sigma-s unten)

Stahlspannung σ_s der unteren Bewehrung

Spannung am oberen Querschnittsrand (Sigma-c oben)

Betonspannung σ_c am oberen Querschnittsrand

Spannung am unteren Querschnittsrand (Sigma-c unten)

Betonspannung σ_c am unteren Querschnittsrand

Bemessungsschnittgröße (M2-d ... V3-d)

Bemessungswerte der aufzunehmenden Schnittgrößen

Oberer Bewehrungsgrad (Rho oben)

Anteil des Bewehrungsquerschnitts oben an der Gesamtquerschnittsfläche

Unterer Bewehrungsgrad (Rho unten)

Anteil des Bewehrungsquerschnitts unten an der Gesamtquerschnittsfläche

Schubbewehrungsgrad (Rho-w)

Anteil der Schubbewehrung an der Querschnittsfläche nach DIN 1045-1, 10.2.4 (3)

Aufnehmbare Querkraft ohne Schubbewehrung (V-Rd,ct)

Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft ohne Schubbewehrung nach DIN 1045-1, 10.3.3 (1)

Aufnehmbare Querkraft durch Betondruckdiagonalen (V-Rd,max)

Bemessungswert der durch die Druckstrebenfestigkeit begrenzten aufnehmbaren Querkraft gemäß DIN 1045-1, 10.3.4 (6) bzw. 10.3.3 (7)

Aufnehmbare Querkraft durch Bewehrung (V-Rd,sy)

Bemessungswert der durch das Fließen der Schubbewehrung begrenzten aufnehmbaren Querkraft gemäß DIN 1045-1, 10.3.4 (4) bzw. 10.3.3 (7)

Aufnehmbares Torsionsmoment durch Betondruckstreben (T-Rd,max)

Bemessungswert des durch die Betondruckstreben aufnehmbaren Torsionsmoments nach DIN 1045-1, 10.4.2 (4)

Aufnehmbares Torsionsmoment durch Bewehrung (T-Rd,sy)

Bemessungswert des durch die Bügelbewehrung aufnehmbaren Torsionsmoments nach DIN 1045-1, 10.4.2 (3)

Neigungswinkel der Druckstrebe (Theta)

Winkel zwischen der Betondruckstrebe und der Stablängsachse nach DIN 1045-1, 10.3.4 (3)

Parameter DIN V ENV 1992-1-1 : 1992

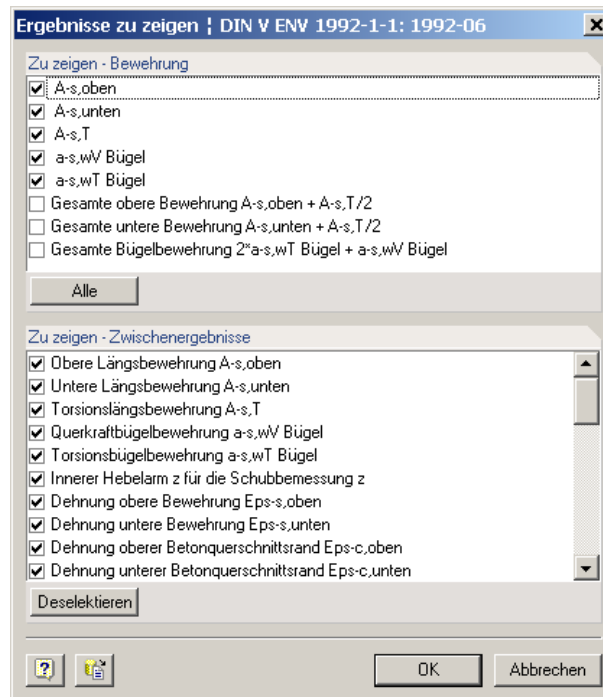


Bild 2.25: Dialog *Ergebnisse zu zeigen*: DIN V ENV 1992-1-1

In diesem zweiteiligen Dialogfenster kann durch Anklicken der einzelnen Kontrollfelder ausgewählt werden, welche Bewehrungsflächen (oberer Bereich) und welche zugehörigen Zwischenergebnisse (unterer Bereich) in den Ausgabemasken angezeigt werden sollen.

An *Zwischenergebnissen* stehen neben den Bewehrungsflächen zur Auswahl:

Hebel der inneren Kräfte (z)

Abstand zwischen den Angriffspunkten von Stahlzugkraft F_s und Betondruckkraft F_c

Dehnung obere Bewehrung (Eps-s oben)

Dehnung (positiv) bzw. Stauchung (negativ) der oberen Bewehrung

Dehnung untere Bewehrung (Eps-s unten)

Dehnung (positiv) bzw. Stauchung (negativ) der unteren Bewehrung

Dehnung am oberen Querschnittsrand (Eps-c oben)

Dehnung (positiv) bzw. Stauchung (negativ) am oberen Querschnittsrand

Dehnung am unteren Querschnittsrand (Eps-c unten)

Dehnung (positiv) bzw. Stauchung (negativ) am unten Querschnittsrand

Dehnung an Schwerachse (Eps-0)

Dehnung (positiv) bzw. Stauchung an Querschnittsschwerachse

Druckzonenhöhe/Nutzhöhe (x/h)

Bezogene Druckzonenhöhe

Druckzonenhöhe (x)

Höhe der Druckzone

Krümmung (1/r)

Krümmung im Querschnitt

Winkel der Nullachse (Alpha-0)

Winkel zwischen Nulllinie und lokaler Stabachse 2

Stahlspannung obere Bewehrung (Sigma-s oben)

Stahlspannung σ_s der oberen Bewehrung

Stahlspannung untere Bewehrung (Sigma-s unten)

Stahlspannung σ_s der unteren Bewehrung

Spannung am oberen Querschnittsrand (Sigma-c oben)

Betonspannung σ_c am oberen Querschnittsrand

Spannung am unteren Querschnittsrand (Sigma-c unten)

Betonspannung σ_c am unteren Querschnittsrand

Bemessungsschnittgröße (M2-d ... V3-d)

Bemessungswerte der aufzunehmenden Schnittgrößen

Oberer Bewehrungsgrad (Rho oben)

Anteil des Bewehrungsquerschnitts oben an der Gesamtquerschnittsfläche

Unterer Bewehrungsgrad (Rho unten)

Anteil des Bewehrungsquerschnitts unten an der Gesamtquerschnittsfläche

Schubbewehrungsgrad (Rho-w)

Anteil der Schubbewehrung an der Querschnittsfläche nach DIN V ENV 1992-1-1: 1992, 5.4.2.2 (5)

Aufnehmbare Querkraft ohne Schubbewehrung (V-Rd1)

Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft ohne Schubbewehrung gemäß DIN V ENV 1992-1-1: 1992, 4.3.2.3

Aufnehmbare Querkraft durch Betondruckdiagonalen (V-Rd2)

Höchster Bemessungswert der Querkraft, die gemäß DIN V ENV 1992-1-1: 1992, 4.3.2.3, 4.3.2.4.3 und 4.3.2.4.4 ohne Versagen der Druckstreben aufgenommen werden kann

Aufnehmbare Querkraft durch Bewehrung (V-Rd3)

Bemessungswert der Querkraft, die gemäß DIN V ENV 1992-1-1: 1992, 4.3.2.4.3 und 4.3.2.4.4 durch die Schubbewehrung aufgenommen werden kann

Aufnehmbares Torsionsmoment durch Betondruckstreben (T-Rd1)

Bemessungswert des durch die Betondruckstreben aufnehmbaren Torsionsmoments nach DIN V ENV 1992-1-1: 1992, 4.3.3.1 (6)

Aufnehmbares Torsionsmoment durch Bewehrung (T-Rd2)

Bemessungswert des durch die Bewehrung aufnehmbaren Torsionsmoments gemäß DIN V ENV 1992-1-1: 1992, 4.3.3.1 (7)

Neigungswinkel der Druckstrebe (Theta)

Winkel zwischen den Betondruckstreben und der Stablängsachse nach DIN V ENV 1992-1-1: 1992, 4.3.2.4.4 (1)

2.5.2 Maske 2.1 Erforderliche Bewehrung querschnittsweise

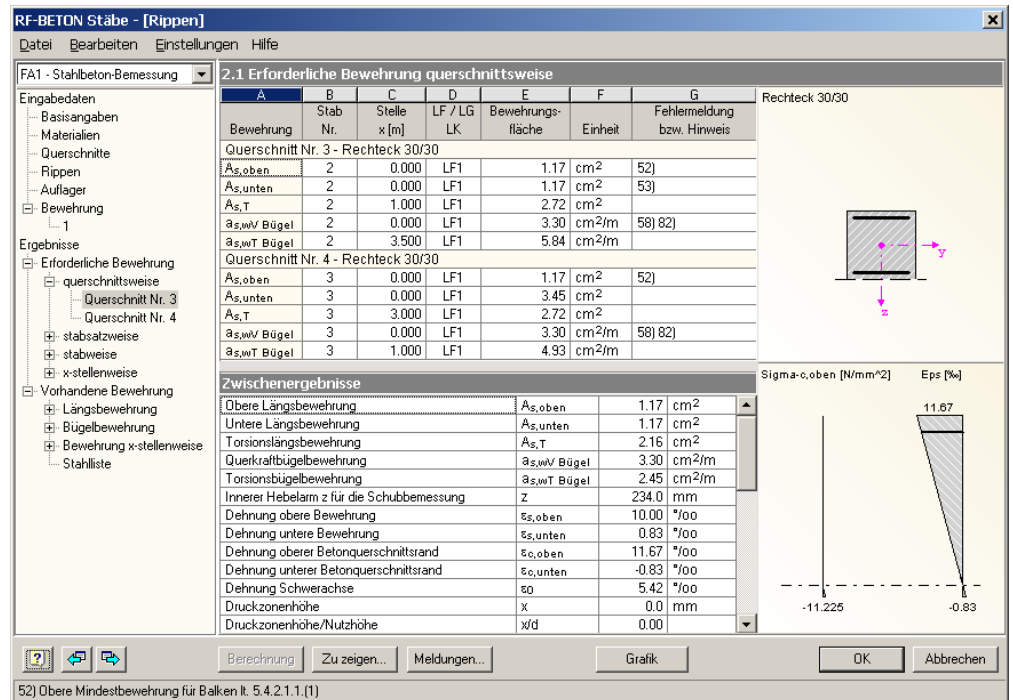


Bild 2.26: Maske 2.1 Erforderliche Bewehrung querschnittsweise

In dieser Maske werden für alle Stäbe und alle Lastfälle, LF-Gruppen und LF-Kombinationen, die zur Bemessung ausgewählt wurden, die Ergebnisse nach Querschnitten geordnet ausgegeben. Es erfolgt hier im oberen Abschnitt eine Auflistung der erforderlichen Bewehrungsquerschnitte von Längs- und Bügelbewehrung mit Angabe der Stabnummer, der betreffenden x-Stelle im Stab sowie des maßgebenden Lastfalls. Die den Bewehrungsflächen zugehörigen *Zwischenergebnisse* sind im unteren Abschnitt aufgelistet.

Falls eine Fußnote in der Spalte *Fehlermeldung bzw. Hinweis* angezeigt wird, liegt eine Sonderbedingung vor, die in der Statuszeile näher erläutert ist.

$A_{s,oben}$

Bewehrungsquerschnitt der erforderlichen oberen Längsbewehrung infolge Biegung mit oder ohne Längskraft oder Längskraft allein

$A_{s,unten}$

Bewehrungsquerschnitt der erforderlichen unteren Längsbewehrung infolge Biegung mit oder ohne Längskraft oder Längskraft allein

$A_{s,T}$

Bewehrungsquerschnitt einer ggf. erforderlichen Torsionslängsbewehrung

$a_{s,Q}$ Bügel bzw. $a_{s,wV}$ Bügel

Querschnitt der erforderlichen Schubbewehrung zur Aufnahme der Querkraft

$a_{s,T}$ bzw. $a_{s,wT}$ Bügel

Querschnitt der erforderlichen Bügelbewehrung zur Aufnahme des Torsionsmoments

$$A_{s,oben} + A_{s,T/2}$$

Gesamtquerschnitt der erforderlichen oberen Längsbewehrung:

$A_{s,oben}$ und halber Anteil von $A_{s,T}$

$$A_{s,unten} + A_{s,T/2}$$

Gesamtquerschnitt der erforderlichen unteren Längsbewehrung:

$A_{s,unten}$ und halber Anteil von $A_{s,T}$

$$2 \cdot a_{s,T} + a_{s,Q} \text{ bzw. } 2 \cdot a_{s,wT} + a_{s,wV}$$

Gesamtbewehrungsquerschnitt bei zweischnittiger Bügelbewehrung und kombinierter Beanspruchung durch Querkraft und Torsion

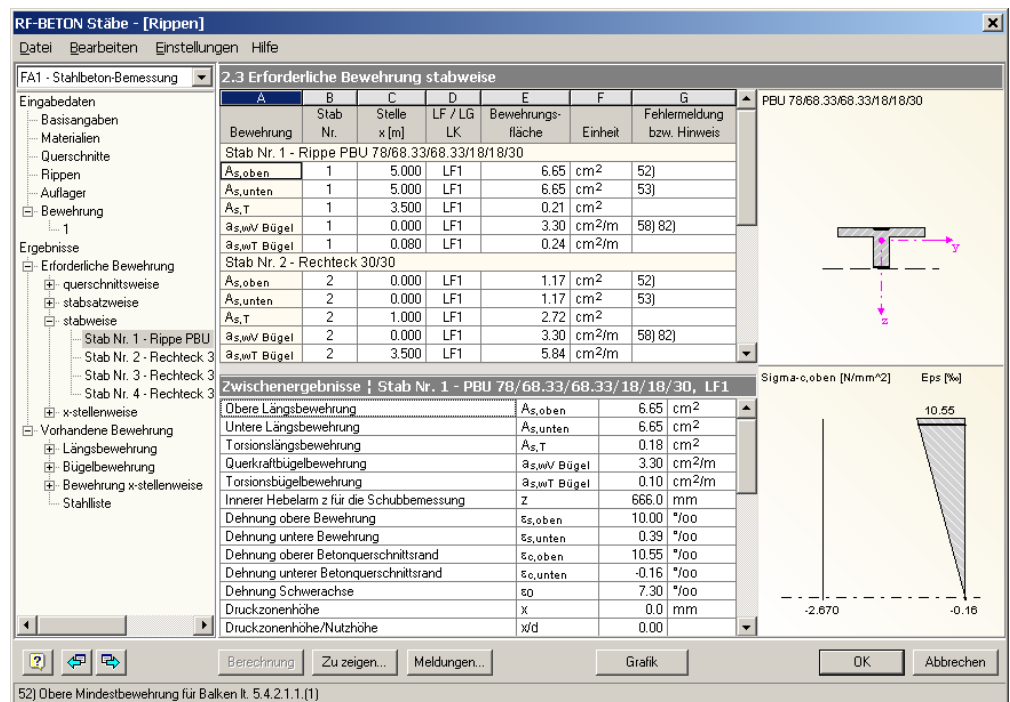
Im unteren Abschnitt werden die *Zwischenergebnisse* je nach gewählter Bemessungsnorm mit einer ausführlichen Auflistung verschiedener Bemessungsdetails angezeigt. Für die aktuelle Zeile im oberen Abschnitt der Maske werden automatisch die zugehörigen Werte eingelesen. Somit lässt sich durch Anklicken eines beliebigen oberen Feldes die Ausgabe der Zwischenergebnisse unten aktualisieren.

Parameter

Über die Schaltfläche Parameter kann festgelegt werden, welche Bemessungsergebnisse im Einzelnen zur Anzeige gebracht werden. Diese werden dann auch in das Ausdruckprotokoll übernommen.

2.5.3 Maske 2.3 Erforderliche Bewehrung stabweise

Die erforderlichen Bewehrungsquerschnitte mit den zugehörigen *Zwischenergebnissen* werden hier nach Stäben geordnet aufgelistet.



RF-BETON Stäbe - [Rippen]

FA1 - Stahlbeton-Bemessung

2.3 Erforderliche Bewehrung stabweise

A	B	C	D	E	F	G
Bewehrung	Stab Nr.	Stelle x [m]	LF / LG LK	Bewehrungsfläche	Einheit	Fehlermeldung bzw. Hinweis
Stab Nr. 1 - Rippe PBU 78/68.33/68.33/18/18/30						
$A_{s,oben}$	1	5.000	LF1	6.65	cm ²	52)
$A_{s,unten}$	1	5.000	LF1	6.65	cm ²	53)
$A_{s,T}$	1	3.500	LF1	0.21	cm ²	
$a_{s,wV}$ Bügel	1	0.000	LF1	3.30	cm ² /m	58) 82)
$a_{s,wT}$ Bügel	1	0.080	LF1	0.24	cm ² /m	
Stab Nr. 2 - Rechteck 30/30						
$A_{s,oben}$	2	0.000	LF1	1.17	cm ²	52)
$A_{s,unten}$	2	0.000	LF1	1.17	cm ²	53)
$A_{s,T}$	2	1.000	LF1	2.72	cm ²	
$a_{s,wV}$ Bügel	2	0.000	LF1	3.30	cm ² /m	58) 82)
$a_{s,wT}$ Bügel	2	3.500	LF1	5.84	cm ² /m	
Zwischenergebnisse Stab Nr. 1 - PBU 78/68.33/68.33/18/18/30, LF1						
Obere Längsbewehrung				$A_{s,oben}$	6.65	cm ²
Untere Längsbewehrung				$A_{s,unten}$	6.65	cm ²
Torsionslängsbewehrung				$A_{s,T}$	0.18	cm ²
Querkraftbügelbewehrung				$a_{s,wV}$ Bügel	3.30	cm ² /m
Torsionsbügelbewehrung				$a_{s,wT}$ Bügel	0.10	cm ² /m
Innerer Hebelarm z für die Schubbemessung				z	666.0	mm
Dehnung obere Bewehrung				$\epsilon_{s,oben}$	10.00	‰
Dehnung untere Bewehrung				$\epsilon_{s,unten}$	0.39	‰
Dehnung oberer Betonquerschnittsrand				$\epsilon_{c,oben}$	10.55	‰
Dehnung unterer Betonquerschnittsrand				$\epsilon_{c,unten}$	-0.16	‰
Dehnung Schwerachse				ϵ_0	7.30	‰
Druckzonenhöhe				x	0.0	mm
Druckzonenhöhe/Nutzhöhe				x/d	0.00	

Diagramm: Querschnitt eines T-förmigen Balkens mit Bewehrungsdetails. Die y-Achse zeigt die Dehnung ϵ in ‰, mit Werten von -2.670 bis 10.55. Die x-Achse zeigt die Positionen der Bewehrung.

Bild 2.27: Maske 2.3 Erforderliche Bewehrung stabweise

2.5.4 Maske 2.4 Bewehrung x-stellenweise

Für jeden Stab werden die Bewehrungsflächen mit den Detailergebnissen nach x-Stellen geordnet aufgelistet. Wurde in RFEM keine Stabteilung definiert, gibt RF-BETON Stäbe die Werte an den Stab-Zehntelpunkten an. Unstetigkeitsstellen werden gesondert berücksichtigt.

Diese Maske bietet die Möglichkeit, gezielt Informationen zu den Bemessungsergebnissen abzurufen. So können Sie beispielsweise die erforderliche Bügelbewehrung mit den zugehörigen Detailergebnissen an einem bestimmten Stabschnitt kontrollieren.

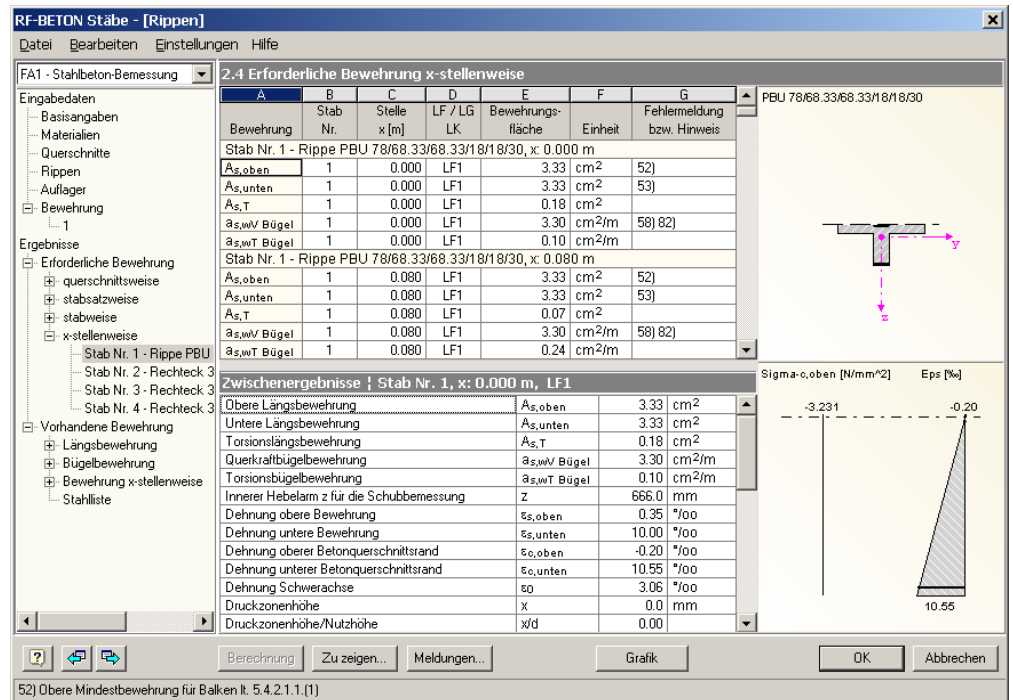


Bild 2.28: Maske 2.4 Erforderliche Bewehrung x-stellenweise

2.5.5 Maske 2.5 Fehlermeldungen zum Bemessungsablauf

Diese Maske wird nur angezeigt, wenn während der RF-BETON-Analyse Unbemessbarkeiten oder Besonderheiten festgestellt wurden. Die Fehlermeldungen sind nach Stäben geordnet. Ein Kommentar in der Statuszeile erläutert kurz, um welches Problem es sich jeweils handelt.

Kommentare

Über die Schaltfläche [Meldungen] können Sie die Liste sämtlicher Sonderkonditionen aufrufen, die bei der Bemessung der betreffenden x-Stelle vorliegen.

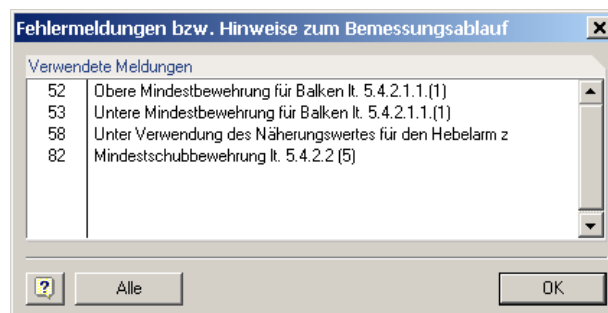


Bild 2.29: Dialog Fehlermeldungen bzw. Hinweise zum Bemessungsablauf

2.6 Ergebnismasken Bewehrung

Die Ergebnismasken 3.1 bis 3.4 werden nur angezeigt, wenn Sie in Maske 1.4 die Option *Bewehrungsvorschlag vornehmen* angewählt hatten. RF-BETON Stäbe ermittelt unter Berücksichtigung dieser Vorgaben einen Bewehrungsvorschlag für die Längs- und Bügelbewehrung und versucht dabei, die erforderliche Bewehrung mit den zur Verfügung stehenden Parametern (vorgegebene Stabdurchmesser, mögliche Anzahl an Bewehrungslagen, Staffellung, Verankerungsart) mit möglichst wenigen Bewehrungsstäben abzudecken. Die Ausgabe erfolgt stab- und stabsatzweise nach Bewehrungsgruppen (*Positionen*) geordnet.

2.6.1 Maske 3.1 Vorhandene Längsbewehrung

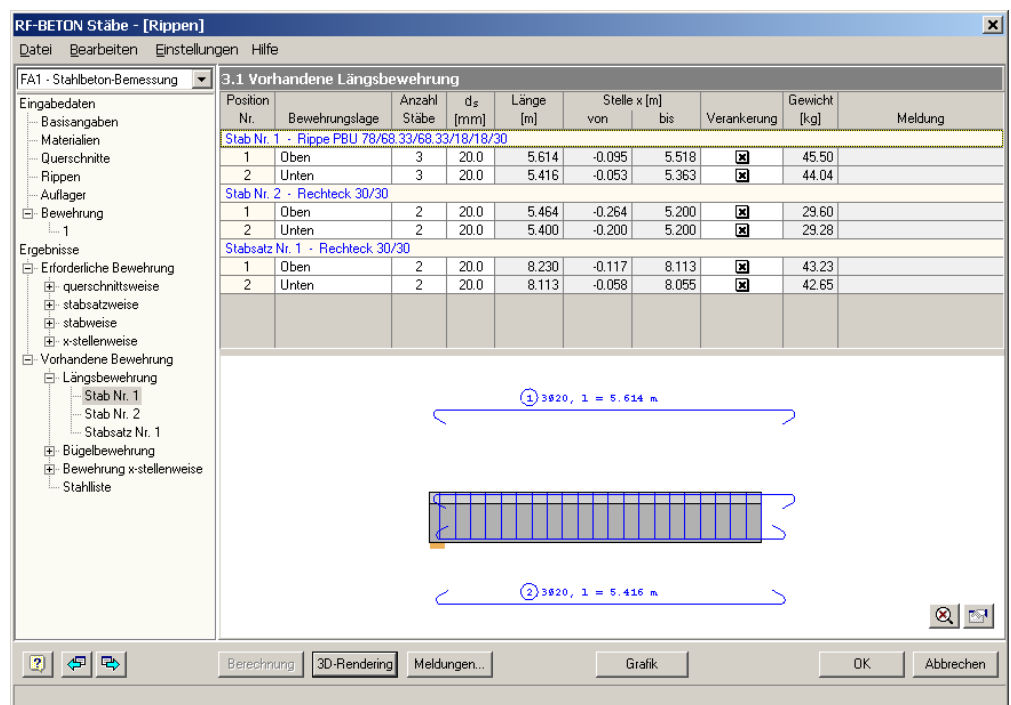


Bild 2.30: Maske 3.1 Vorhandene Längsbewehrung

Den programmseitigen Bewehrungsvorschlag können Sie in dieser Maske aber auch ändern: So können Sie beispielsweise Durchmesser, Anzahl, Lage und Länge der einzelnen Bewehrungsgruppen ändern. Diese Editiermöglichkeit finden Sie weiter unten beschrieben.

Die Bewehrung wird im unteren Bereich der Maske als Skizze mit Positionsstäben grafisch dargestellt. Die aktuelle Bewehrungsgruppe (die Zeile, in der sich der Cursor oben befindet) ist dabei rot hervorgehoben, Ihre Änderungen werden in der Grafik ständig aktualisiert.

Position Nr.

Die Auflistung erfolgt gruppenweise nach so genannten *Positionen* geordnet. Diese entsprechen den Positionen eines Bewehrungsplans und werden dementsprechend in Maske 3.4 *Stahlliste* ausgewiesen.

Bewehrungslage

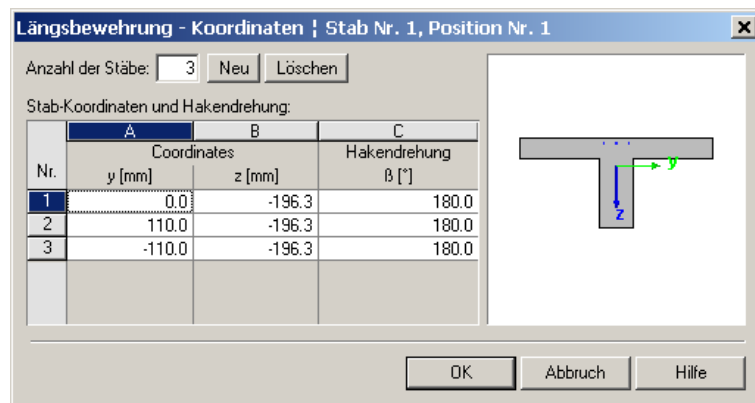
Hier wird die Lage der Bewehrung beschrieben. Ein Klick auf die DropDown-Liste eröffnet eine Auswahlliste.

Ober	3
Umlaufend	
Ober - unten, symmetrisch	
Konstruktiv	
Allgemein	

Bild 2.31: Liste der Bewehrungslagen

Anzahl

Die Anzahl der Bewehrungsstäbe in der Position ist editierbar. Durch einen Klick auf die DropDown-Liste öffnen Sie den Bearbeitungsdialog, in dem Sie Anzahl und Lage der Stäbe kontrollieren und ändern können.



Längsbewehrung - Koordinaten | Stab Nr. 1, Position Nr. 1

Anzahl der Stäbe: 3

Stab-Koordinaten und Hakendrehung:

Nr.	Coordinates		Hakendrehung β [°]
	y [mm]	z [mm]	
1	0.0	-196.3	180.0
2	110.0	-196.3	180.0
3	-110.0	-196.3	180.0

OK

Bild 2.32: Dialog *Längsbewehrung Koordinaten*

Neu
Löschen

Die *Anzahl* der Bewehrungsstäbe lässt sich hier manuell abändern (indem Sie eine andere Ziffer eintragen) oder schrittweise über [Neu] erhöhen bzw. über [Löschen] reduzieren. Es wird dabei eine neue Eingabezeile für die Bewehrungskordinaten eingeführt bzw. eine Zeile gelöscht.

Die Lage der einzelnen Bewehrungsstäbe wird über deren Koordinaten bestimmt. Die kleine Grafik rechts stellt eine Orientierungshilfe dar, wobei die Blickrichtung in Stablängsachse 1, also vom Stabanfang zum Stabende, weist. Die *y-Stelle* und die *z-Stelle* geben den Abstand von den jeweiligen Schwerachsen des Profils an, der β -*Winkel* beschreibt die Neigung der Verankerungstypen ‚Haken‘ oder ‚Winkelhaken‘ gegen die Stablängsachse. Beispielsweise bewirkt bei der oberen Bewehrung der Winkel $\beta = 90^\circ$ eine Biegung der Haken nach unten, bei der unteren Bewehrung $\beta = 270^\circ$ eine Biegung nach oben. Eine Eingabe beim Verankerungstyp ‚Gerade‘ ist hier ohne Einfluss. Über diese Eingabezeilen ist somit eine Änderung der Lage jedes einzelnen Bewehrungsstabes im Querschnitt möglich.

d_s

Die verwendeten Stabdurchmesser fließen automatisch in die Berechnung des inneren Hebels der Kräfte und die Anzahl von Bewehrungsstäben je Lage ein. Über die DropDown-Box können Sie auch hier den Durchmesser schnell ändern.

8.0
8.0
10.
12.
14.
16.
20.
25.
26.
28.
30.

Bild 2.33: Liste der Durchmesser

Länge

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

Stelle x von

Dieser Wert gibt den rechnerischen Anfangspunkt des Bewehrungsstabes an, wobei der Ausgangspunkt (Nullpunkt) im RFEM-Knoten liegt. Es werden die Lagerungsbedingungen und die Verankerungslängen l_1 und l_2 berücksichtigt. Die Angabe kann hier nicht abgeändert werden, dies ist nur über [Edit Gruppe] möglich.

Edit
Gruppe

Stelle x bis

Dieser Wert gibt das rechnerische Ende des Bewehrungsstabes an. Ausgangspunkt ist hier der Nullpunkt (RFEM-Knoten) des jeweiligen Stabes oder Stabsatzes. Es werden hier die Lagerbedingungen und die Verankerungslängen l_1 und l_2 berücksichtigt. Die Angabe kann hier nicht abgeändert werden, dies ist nur über [Edit Gruppe] möglich.

Edit
Gruppe

Verankerung

Über die DropDown-Liste lässt sich der Bewehrungsvorschlag im Hinblick auf die Verankerungslängen modifizieren. Wenn Sie *Details* wählen, wird der Bearbeitungsdialog aufgerufen, in dem Sie konkrete Vorgaben zur Ausbildung der Verankerung treffen können.

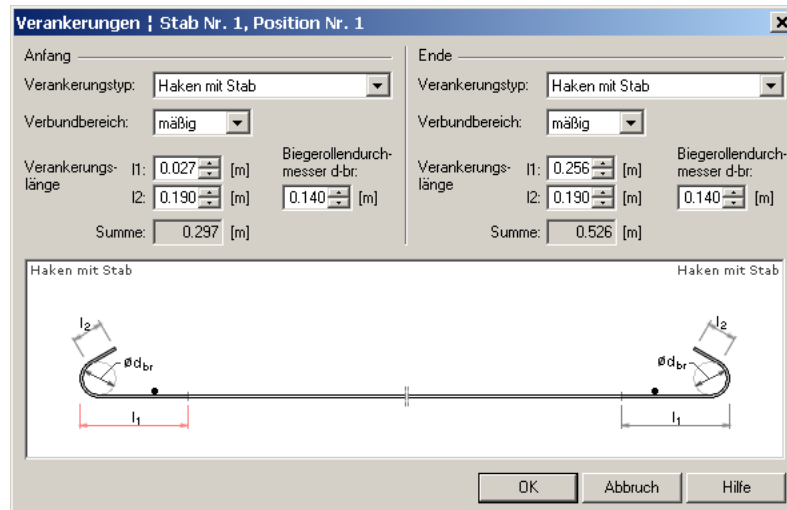


Bild 2.34: Dialog Verankerungen

In diesem Dialog können separat für *Anfang* und *Ende* die Parameter der Verankerung definiert werden. Über die DropDown-Listen kann jeweils der *Verankerungstyp* und der *Verbundbereich* ausgewählt werden. Letztere gestattet eine Differenzierung nach *Gut* (Verbundbereich I' gemäß DIN 1045, 18.4 (3) bzw. 'gute Verbundbedingungen' nach DIN V ENV 1992-1-1: 1992, 5.2.2.1 (2)) und *Mäßig* (Verbundbereich II' gemäß DIN 1045, 18.4 (4) bzw. 'mäßige Verbundbedingungen' nach DIN 1045-1, 12.4).

Die *Verankerungslänge* l_1 wird je nach Norm wie folgt ermittelt:

$$l_1 = \alpha_1 \cdot \alpha_A \cdot l_0 \geq 10 \cdot d_s \quad \text{DIN 1045, 18.5.2.2}$$

Formel 2.1

$$l_{b,net} = \alpha_a \cdot l_b \cdot \frac{A_{S,req}}{A_{S,prov}} \geq l_{b,min} \quad \text{DIN 1045-1, 12.6.2 (4); DIN V ENV 1992-1-1, 5.2.3.4.1 (1)}$$

Formel 2.2

Die *Verankerungslänge* l_2 wird bei Haken und Winkelhaken mit mindestens $5 d_s$ angegeben (vgl. DIN 1045, Tabelle 20 bzw. DIN 1045-1, Tabelle 26 oder DIN V ENV 1992-1-1: 1992, Bild 5.2). Als *Verankerungsradius* wird der erforderliche Biegerollendurchmesser gemäß DIN 1045, Tabelle 18 bzw. DIN 1045-1, Tabelle 23 oder DIN V ENV 1992-1-1: 1992, Tabelle 5.1 angegeben.

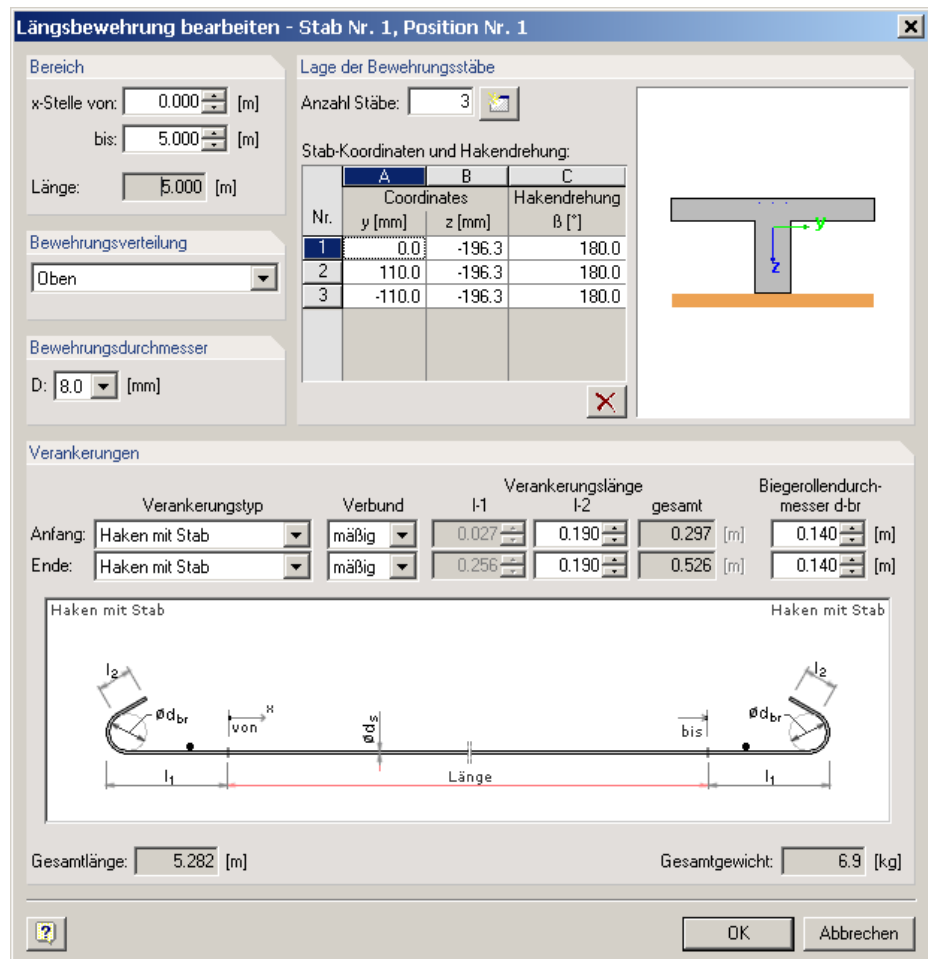
Die einzelnen Verankerungslängen sind einer Modifikation zugänglich. Für jedes Stabende wird schließlich die *Gesamte Verankerung* aus der Summe der Einzellängen gebildet.

Meldung

Falls eine Fußnote in dieser Spalte angezeigt wird, liegt eine Sonderbedingung vor, die in der Statuszeile näher erläutert ist.

Die Bewehrung wird im unteren Bereich der Maske als Skizze mit Positionsstäben grafisch dargestellt. Die aktuelle Position, d. h. die Zeile, in der sich der Cursor gerade befindet, ist rot hervorgehoben. Doppelklicken der Zeile oder ein Klick auf die Schaltfläche [Edit Gruppe] aktiviert den Bearbeitungsdialog:

Edit
Gruppe



Längsbewehrung bearbeiten - Stab Nr. 1, Position Nr. 1

Bereich
 x-Stelle von: 0.000 [m]
 bis: 5.000 [m]
 Länge: 5.000 [m]

Bewehrungsverteilung
 Oben

Bewehrungsdurchmesser
 D: 8.0 [mm]

Lage der Bewehrungsstäbe
 Anzahl Stäbe: 3

Stab-Koordinaten und Hakendrehung:

Nr.	Coordinates		Hakendrehung β [°]
	y [mm]	z [mm]	
1	0.0	-196.3	180.0
2	110.0	-196.3	180.0
3	-110.0	-196.3	180.0

Verankerungen

Anfang	Verankerungstyp	Verbund	Verankerungslänge			Biegerollendurchmesser d_{br} [m]
			I-1	I-2	gesamt	
Haken mit Stab		mäßig	0.027	0.190	0.297	0.140
Ende:	Haken mit Stab	mäßig	0.256	0.190	0.526	0.140

Haken mit Stab

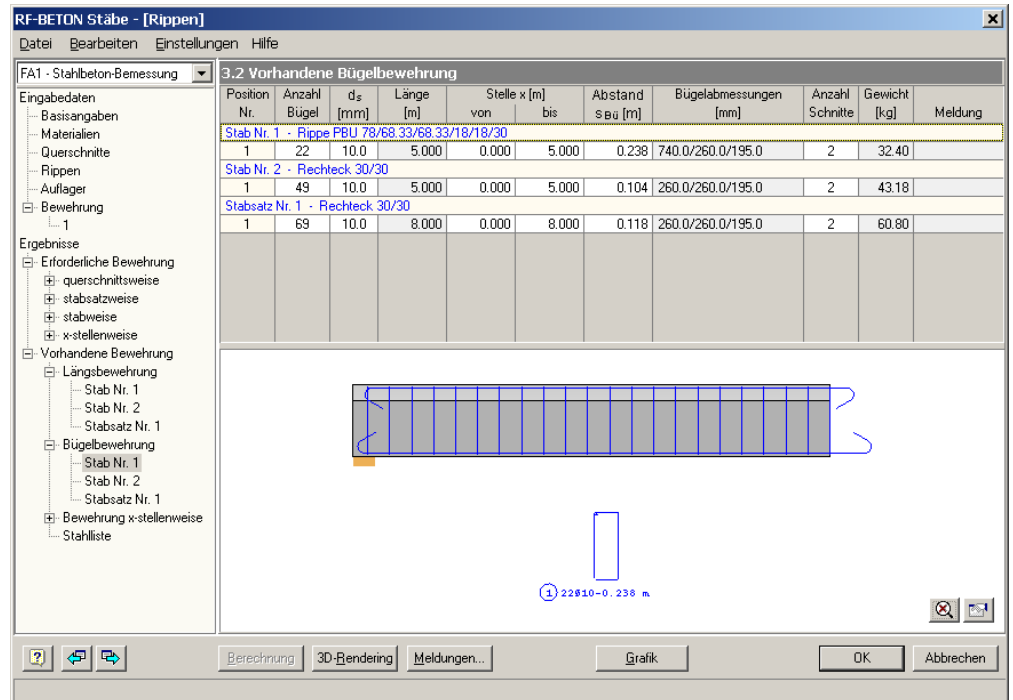
Gesamtlänge: 5.282 [m] Gesamtgewicht: 6.9 [kg]

OK Abbrechen

Bild 2.35: Dialog *Längsbewehrung bearbeiten*

In diesem Dialog sind die vorstehend beschriebenen Bewehrungsparameter zusammenfasst. Sie können hier die Angaben zu *Bereich*, *Bewehrungsverteilung*, *Bewehrungsdurchmesser*, *Lage der Bewehrungsstäbe* und *Verankerungen* kontrollieren und gegebenenfalls abändern.

2.6.2 Maske 3.2 Vorhandene Bügelbewehrung



RF-BETON Stäbe - [Rippen]

FA1 - Stahlbeton-Bemessung

3.2 Vorhandene Bügelbewehrung

Position Nr.	Anzahl Bügel	d_s [mm]	Länge [m]	Stelle x [m] von	bis	Abstand $s_{Bü}$ [m]	Bügelabmessungen [mm]	Anzahl Schnitte	Gewicht [kg]	Meldung
Stab Nr. 1 - Rippe PBU 78/68.33/68.33/18/18/30										
1	22	10.0	5.000	0.000	5.000	0.238	740.0/260.0/195.0	2	32.40	
Stab Nr. 2 - Rechteck 30/30										
1	49	10.0	5.000	0.000	5.000	0.104	260.0/260.0/195.0	2	43.18	
Stabsatz Nr. 1 - Rechteck 30/30										
1	69	10.0	8.000	0.000	8.000	0.118	260.0/260.0/195.0	2	60.80	

Ergebnisse

- Erforderliche Bewehrung
 - querschnittsweise
 - stabsatzweise
 - stabweise
 - x-stellenweise
- Vorhandene Bewehrung
 - Längsbewehrung
 - Stab Nr. 1
 - Stab Nr. 2
 - Stabsatz Nr. 1
 - Bügelbewehrung
 - Stab Nr. 1
 - Stab Nr. 2
 - Stabsatz Nr. 1
 - Bewehrung x-stellenweise
 - Stahlliste

22Ø10-0.238 m

Berechnung 3D-Rendering Meldungen... Grafik OK Abbrechen

Bild 2.36: Maske 3.2 Bügelbewehrung

Auch für die Bügelbewehrung wird ein Bewehrungsvorschlag ausgegeben, der noch angepasst werden kann. Die Ausgabe erfolgt wiederum stab- und stabsatzweise nach *Positionen* geordnet. Die Bewehrung wird im unteren Bereich der Maske als Skizze mit Positionsstäben grafisch dargestellt, die aktuelle Bügelgruppe ist rot hervorgehoben.

Position Nr.

Die Auflistung erfolgt nach sog. *Positionen* geordnet. Diese entsprechen den Positionen eines Bewehrungsplans und werden dementsprechend in Maske 3.4 *Stahlliste* ausgewiesen.

Anzahl

Die Anzahl der Bügel in der Position ist editierbar. Nach einem Klick in das Feld können Sie einen anderen Wert eintragen, der Bügelabstand wird dabei automatisch umgerechnet.

d_s

Der Bewehrungsvorschlag orientiert sich an den Durchmesserangaben aus Maske 1.4. Über die DropDown-Liste ist jedoch schnell eine Änderung des Stabdurchmessers möglich.

Länge

In dieser Spalte wird für jede Gruppe die Gesamtlänge des Bügelbereiches angezeigt. Dieser Wert ist nicht editierbar.

Stelle x von

Dieser Wert gibt den Anfangspunkt des Bewehrungsbereiches an, wobei der Ausgangspunkt (Nullstelle) im RFEM-Knoten liegt. Die Bereiche sind modifizierbar, sodass Sie durch Editieren der Einträge die Grenzen verschieben oder ergänzen können.

Wenn Sie einen Bereich weiter unterteilen möchten, tragen Sie einfach bei der Anfangs- oder End-Stelle eine x-Stelle ein, die zwischen diesen beiden Stellen liegt. Das Programm legt dann automatisch einen neuen Bügelbereich an.

Stelle x bis

Dieser Wert gibt das Ende des Bewehrungsbereiches an und kann ebenfalls abgeändert werden.

Abstand $s_{Bü}$

Der vom Programm vorgeschlagene Bügelabstand ist editierbar. Wenn Sie einen anderen Wert eintragen, passt das Programm die Bügelanzahl an. Der exakte Bügelabstand wiederum wird dann - ausgehend von einer ganzzahligen Bügelmenge - zurückgerechnet.

Bügelabmessungen

In dieser Spalte werden die Bügelabmessungen in der Form Höhe / Breite / Verankerungslänge ausgewiesen. Das Programm berücksichtigt die vorgegebenen Durchmesser und Betondeckungen, die Werte sind nicht editierbar.

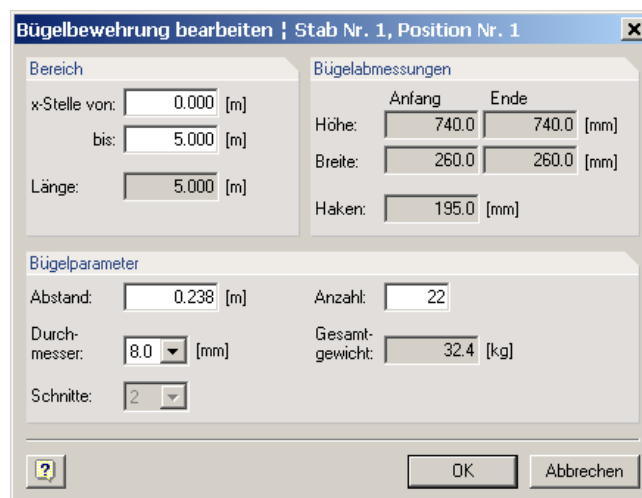
Anzahl Schnitte

Hier wird die Schnittigkeit der Bügel angegeben. Über die DropDown-Liste können Sie diese Angabe ändern.

Meldung

Falls eine Fußnote in der Spalte *Meldung* angezeigt wird, liegt eine Sonderbedingung vor, die in der Statuszeile näher erläutert ist.

Die Bewehrung wird im unteren Bereich der Maske als Skizze mit Positionsbügeln grafisch dargestellt. Doppelklicken der Zeile oder ein Klick auf die Schaltfläche [Edit Gruppe] aktiviert den Bearbeitungsdialog der aktuellen, rot hervorgehobenen Bügelgruppe:



Bereich		Bügelabmessungen	
x-Stelle von:	0.000 [m]	Höhe:	740.0 [mm]
bis:	5.000 [m]	Breite:	260.0 [mm]
Länge:	5.000 [m]	Haken:	195.0 [mm]

Bügelparameter	
Abstand:	0.238 [m]
Anzahl:	22
Durchmesser:	8.0 [mm]
Gesamtgewicht:	32.4 [kg]
Schnitte:	2

Bild 2.37: Dialog *Bügelbewehrung bearbeiten*

In diesem Dialog sind die vorstehend beschriebenen Bewehrungsparameter zusammengefasst. Sie können hier in einer einzigen Maske die Angaben zu *Bereich* kontrollieren und ggf. die *Bügelparameter* abändern sowie die *Bügelabmessungen* ablesen.

2.6.3 Maske 3.3 Bewehrung x-stellenweise

Für jeden Stab werden die vorhandenen Bewehrungsquerschnitte mitsamt der *Zwischenergebnisse* nach x-Stellen geordnet aufgelistet. Wurde in RFEM keine Stabteilung definiert, gibt das Programm die Werte an den Stab-Zehntelpunkten an. Unstetigkeitsstellen oder Auflager werden gesondert berücksichtigt.

Diese Maske bietet die Möglichkeit, gezielt Informationen zur gewählten Bewehrungsführung abzurufen. So lässt sich z. B. die ‚Bügelbarkeit‘ (d. h. das Verhältnis von vorhandenem zu erforderlichem Bügelquerschnitt) an einem bestimmten Schnitt kontrollieren.

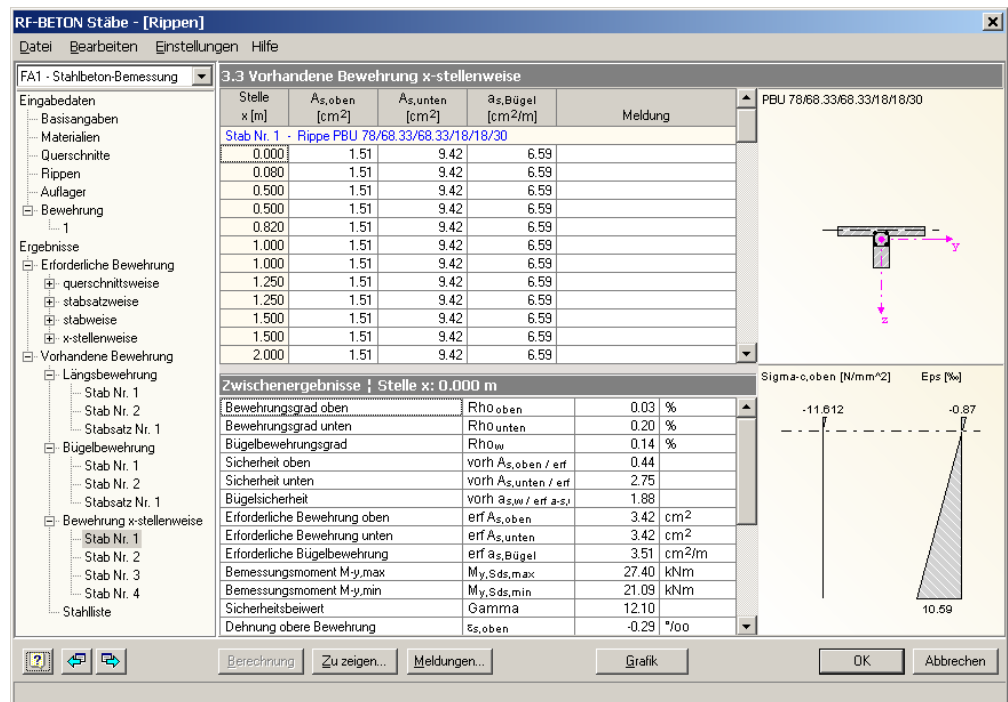


Bild 2.38: Maske 3.3 Vorhandene Bewehrung x-stellenweise

Stelle x

Die durch die gewählte Bewehrung vorhandenen Stahlquerschnitte werden nach x-Stellen geordnet aufgelistet.

$A_{s,oben}$

Dieser Wert gibt den Bewehrungsquerschnitt der vorhandenen oberen Längsbewehrung an.

$A_{s,unten}$

Dieser Wert gibt den Bewehrungsquerschnitt der vorhandenen unteren Längsbewehrung an.

$a_{s,Bügel}$

Hier wird der Querschnitt der vorhandenen Bügelbewehrung ausgewiesen.

Meldung

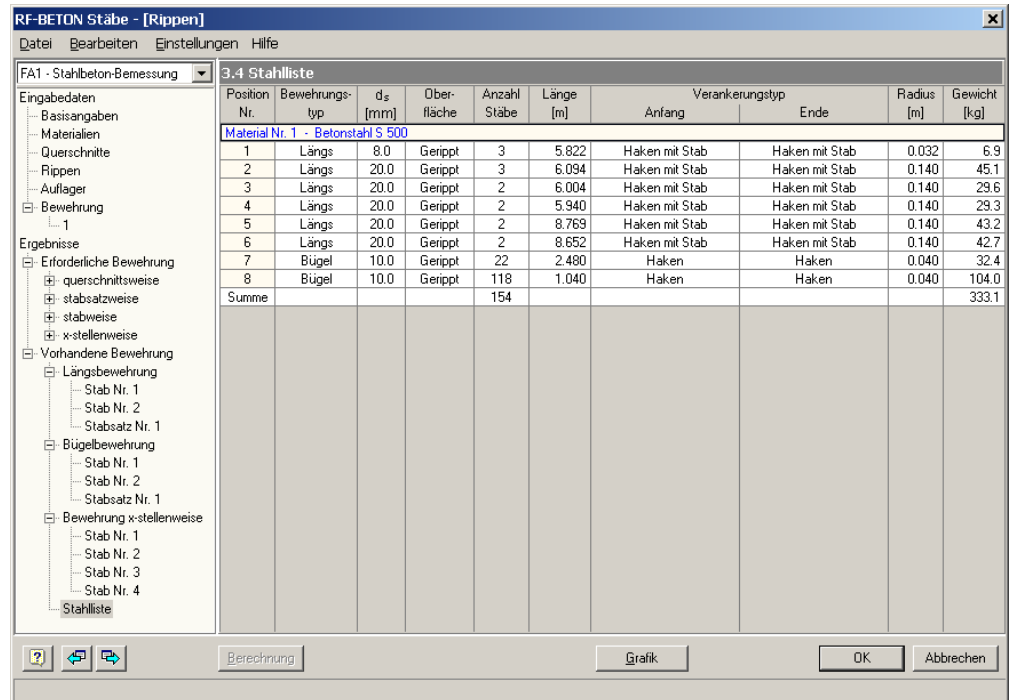
Falls eine Fußnote in der Spalte *Meldung* angezeigt wird, liegt eine Sonderbedingung vor, die in der Statuszeile näher erläutert ist.

Parameter

Im unteren Teil der Maske können die *Zwischenergebnisse* der aktuellen Stelle x abgelesen werden. Es stehen die bereits aus den Ergebnismasken der erforderlichen Bewehrung bekannten Parameter zur Auswahl. Zusätzlich enthält diese Liste Angaben zur Sicherheit der gewählten Bewehrung, d. h. dem Verhältnis von vorhandener zu erforderlicher Bewehrung.

2.6.4 Maske 3.4 Stahlliste

In dieser Maske erhalten Sie eine Zusammenfassung der vorhandenen Bewehrungsstäbe in Form einer Stahlliste. Die Ausgabe erfolgt nach *Positionen* geordnet, die die Bewehrungs-*Positionen* aus den Masken 3.1 *Längsbewehrung* und 3.2 *Bügelbewehrung* widerspiegeln.



Position Nr.	Bewehrungs-typ	d_s [mm]	Ober-fläche	Anzahl Stäbe	Länge [m]	Verankerungstyp		Radius [m]	Gewicht [kg]
						Anfang	Ende		
Material Nr. 1 - Betonstahl S 500									
1	Längs	8.0	Gerippt	3	5.822	Haken mit Stab	Haken mit Stab	0.032	6.9
2	Längs	20.0	Gerippt	3	6.094	Haken mit Stab	Haken mit Stab	0.140	45.1
3	Längs	20.0	Gerippt	2	6.004	Haken mit Stab	Haken mit Stab	0.140	29.6
4	Längs	20.0	Gerippt	2	5.940	Haken mit Stab	Haken mit Stab	0.140	29.3
5	Längs	20.0	Gerippt	2	8.769	Haken mit Stab	Haken mit Stab	0.140	43.2
6	Längs	20.0	Gerippt	2	8.652	Haken mit Stab	Haken mit Stab	0.140	42.7
7	Bügel	10.0	Gerippt	22	2.480	Haken	Haken	0.040	32.4
8	Bügel	10.0	Gerippt	118	1.040	Haken	Haken	0.040	104.0
Summe				154					333.1

Bild 2.39: Maske 3.4 Stahlliste

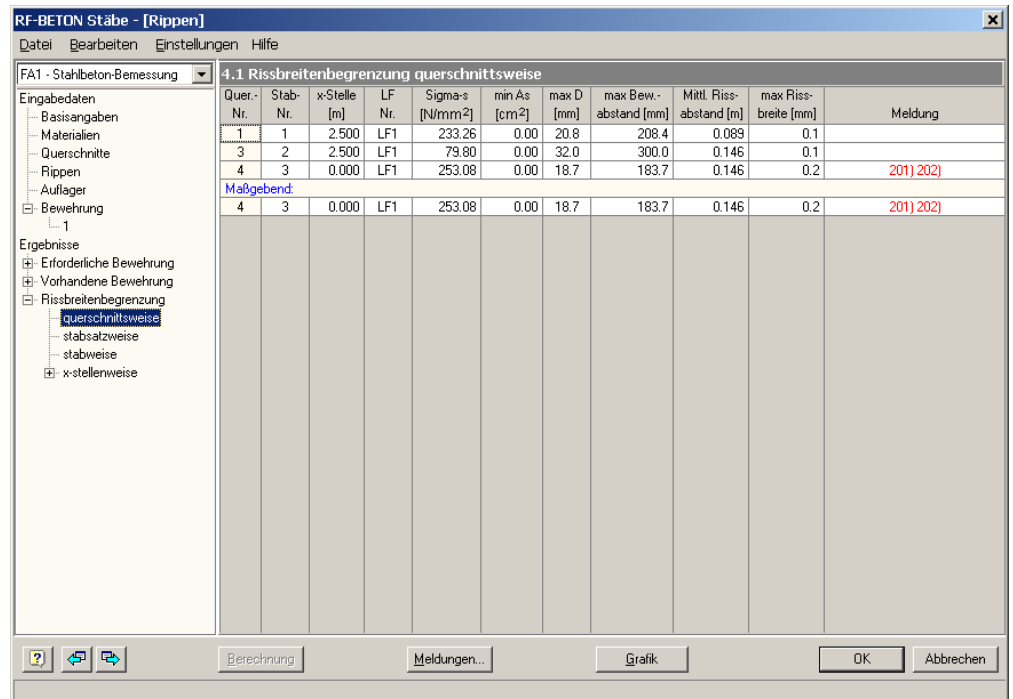
RF-BETON Stäbe vergibt jeweils selbständig eine *Positionsnummer* und zeigt den zugehörigen *Bewehrungstyp*, *Durchmesser* d_s , die *Anzahl* und *Länge* an. Ebenso erfolgt hier eine Angabe zur *Oberfläche*, zum *Verankerungstyp* am *Anfang* und *Ende* und gegebenenfalls zum *Biegerollen-Radius* der zugehörigen Bewehrungsstäbe. Am Ende der Zeile wird das *Gewicht* aller Bewehrungsstäbe der Position angezeigt.

Diese Angaben sind keiner Änderung zugänglich. Ganz am Ende der Stahlliste wird das *Gesamtgewicht* aus der *Summe* der einzelnen Positionen ausgegeben.

2.7 Ergebnismasken Rissbreitenbegrenzung

Die Ergebnismasken 4.1 bis 4.4 werden nur angezeigt, wenn Sie in Maske 1.1 *Basisangaben* die Bemessung für den Nachweis der *Gebrauchstauglichkeit* aktiviert haben. Die Ergebnisse werden querschnitts-, stabsatz- und stabweise aufgelistet. Sie sind nicht editierbar.

2.7.1 Maske 4.1 Rissbreitenbegrenzung querschnittsweise



Quer.-Nr.	Stab-Nr.	x-Stelle [m]	LF-Nr.	Sigma-s [N/mm ²]	min As [cm ²]	max D [mm]	max Bew.-abstand [mm]	Mittl. Riss-abstand [m]	max Riss-breite [mm]	Meldung
1	1	2.500	LF1	233.26	0.00	20.8	208.4	0.089	0.1	
3	2	2.500	LF1	79.80	0.00	32.0	300.0	0.146	0.1	
4	3	0.000	LF1	253.08	0.00	18.7	183.7	0.146	0.2	201) 202)
Maßgebend:										
4	3	0.000	LF1	253.08	0.00	18.7	183.7	0.146	0.2	201) 202)

Bild 2.40: Maske 4.1 Rissbreitenbegrenzung querschnittsweise

Quer.-Nr.

Die Auflistung erfolgt nach *Querschnitten* geordnet, deren Nummer hier angegeben ist.

Stab-Nr.

In dieser Spalte wird die Nummer des maßgebenden Stabes genannt.

x-Stelle

Hier wird die x-Stelle des Stabes ausgewiesen, an der die Maximalwerte auftreten.

LF-Nr.

In dieser Spalte erfolgt die Angabe der maßgebenden LF-, LG- oder LK-Nummer.

Sigma-s

Dies ist die Spannung in der Bewehrung bei gerissener Zugzone, die sich aus dem Produkt von Stahldehnung ϵ_s und E-Modul E_s ermittelt.

min A_s

Die erforderliche *Mindestbewehrung* wird für DIN 1045-1, 3.2.2.2 nach Gleichung (3.33) und für DIN V ENV 1992-1-1: 1992, 4.4.2.2 (3) nach Gleichung (4.78) ermittelt:

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

Formel 2.3

mit:

A_{ct} Betonzugzone im ungerissenen Zustand bei Erstrissbildung

$f_{ct,eff}$ Wirksame Betonzugfestigkeit zum maßgebenden Zeitpunkt

k Beiwert zur Berücksichtigung nicht-linear über den Querschnitt verteilter Eigen-
spannungen

k_c Beiwert zur Berücksichtigung der Spannungsverteilung über den Querschnitt

σ_s Zulässige Stahlspannung

Für DIN 1045-88 findet die in Kapitel 17.6.2 (3) genannte Gleichung (18) Anwendung:

$$\mu_z = \frac{k_0 \cdot \beta_{bz}}{\sigma_s}$$

Formel 2.4

mit:

μ_z der auf die Zugzone A_{bz} nach Zustand I bezogene Bewehrungsgehalt A_s / A_{bz}

k_0 Beiwert zur Beschränkung der Breite von Erstrissen in Bauteilen

bei Biegezwang: $k_0 = 0.4$;

bei zentrischem Zwang: $k_0 = 1.0$

σ_s Betonstahlspannung im Zustand II. Sie ist in Abhängigkeit vom gewählten Stabdurchmesser der Tabelle 14 zu entnehmen, darf jedoch folgenden Wert nicht überschreiten: $\sigma_s = 0.8 \beta_s$

$\beta_{bz} = 0.25 \beta_{WN}^{2/3}$ mit β_{WN} : Nennfestigkeit nach Abschnitt 6.5; min. $\beta_{WN} = 35 \text{ N/mm}^2$

Maximaler Durchmesser

Die Stabdurchmesser werden nach dem vereinfachten Nachweis gemäß DIN 1045-1, 11.2.3 auf die in Tabelle 20 genannten Grenzdurchmesser d_s für Risse infolge überwiegender Lastbeanspruchung limitiert. DIN V ENV 1992-1-1: 1992 nennt entsprechend Tabelle 4.11. DIN 1045-88, 17.6.3 (1) listet die einzuhaltenden Grenzdurchmesser in Tabelle 14 auf.

Maximaler Bewehrungsabstand

Die Stababstände werden nach dem vereinfachten Nachweis gemäß DIN 1045-1, 11.2.3 auf die in Tabelle 21 genannten Höchstabstände für Risse infolge überwiegender Zwangbeanspruchung begrenzt. DIN V ENV 1992-1-1: 1992 nennt entsprechend Tabelle 4.12. DIN 1045-88, 17.6.3 (1) gibt die einzuhaltenden Höchstwerte der Stababstände in Tabelle 15 an.

Mittlerer / Maximaler Rissabstand

Hier wird je nach Bemessungsnorm der mittlere bzw. der maximale Rissabstand angegeben. Bei der Bemessung nach DIN 1045-88 findet die in DAfStb-Heft 400, Abschnitt 2.3 genannte Gleichung (5) Anwendung.

$$a_m = k_1 c + 0.25 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \frac{d_s}{\mu_{zw}}$$

Formel 2.5

mit:

$k_1 c$ von der Betondeckung abhängige Konstante

k_2 Beiwert zur Beschreibung der Verbundeigenschaften

$k_2 = 0.8$ für Rippenstähle; $k_2 = 1.6$ für glatte Stähle

k_3 Faktor zur Berücksichtigung der Spannungsverteilung in der Zugzone

$k_3 = 0.5$ für Biegung; $k_3 = 1.0$ für Zug

d_s Stabdurchmesser in mm

μ_{zw} wirksamer Bewehrungsgrad: $A_s / (b h_w)$

DIN V ENV 1992-1-1: 1992 nennt entsprechend in Abschnitt 4.4.2.4 die Gleichung (4.82).

$$s_{rm} = 50 + 0.25 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{d_s}{\rho_r}$$

Formel 2.6

mit:

k_1 Faktor zur Berücksichtigung der Verbundeigenschaften der Bewehrungsstäbe

$k_1 = 0.8$ für Rippenstähle; $k_1 = 1.6$ für glatte Stäbe

k_2 Beiwert zur Berücksichtigung des Einflusses der Dehnungsverteilung

d_s Stabdurchmesser in mm

ρ_r wirksamer Bewehrungsanteil: $A_s / A_{c,eff}$

Wenn Sie DIN 1045-1 als Bemessungsnorm gewählt haben, gibt RF-BETON Stäbe in dieser Spalte den maximalen Rissabstand $s_{r,max}$ nach Abschnitt 11.2.4.4, Gleichung (137) aus.

$$s_{r,max} = \frac{d_s}{3.6 \rho_{p,eff}} \leq \frac{\sigma_s d_s}{3.6 f_{ct,eff}}$$

Formel 2.7

Mit:

d_s Stabdurchmesser der Betonstahlbewehrung

$\rho_{p,eff}$ wirksamer bezogener Bewehrungsgrad nach Gleichung (133)

σ_s zulässige Stahlspannung

$f_{ct,eff}$ wirksame Betonzugfestigkeit zum maßgebenden Zeitpunkt

Maximale Rissbreite

Für DIN 1045-88 wird die in DAfStb Heft 400, Abschnitt 2.3 dargelegte Gleichung (9) angesetzt:

$$w_{k,cal} = k_4 \left(50 + 0.25 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \frac{d_s}{\mu_{zw}} \right) \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left(1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \left[\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right]^2 \right)$$

Formel 2.8

mit:

- k_4 Faktor zur Berücksichtigung der Streuungen, i. a. zu $k_4 = 1.7$ gesetzt
- k_2 Faktor zur Beschreibung der Verbundeigenschaften
 $k_1 = 0.8$ für Rippenstähle; $k_1 = 1.6$ für glatte Stähle
- k_3 Faktor zur Berücksichtigung der Spannungsverteilung in der Zugzone
 $k_3 = 0.5$ für Biegung; $k_3 = 1.0$ für Zug
- d_s Stabdurchmesser in mm
- σ_s Stahlspannung in [N/mm²]
- E_s Elastizitätsmodul der Bewehrung in [N/mm²]
- β_1 Faktor zur Berücksichtigung der Verbundeigenschaften
 $\beta_1 = 1.0$ für Rippenstahl; $\beta_1 = 0.5$ für glatte Stähle
- β_2 Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses der Lastdauer
 $\beta_2 = 1.0$ für Kurzzeitbelastung; $\beta_2 = 0.5$ für Dauerlast, wiederholte Belastung
- σ_{sr} zur Risschnittgröße gehörende Stahlspannung in [N/mm²]

Der Rechenwert der w_k wird nach DIN 1045-1, 11.2.4.1 Gleichung (135) ermittelt:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Formel 2.9

mit:

- $s_{r,max}$ maximaler Rissabstand, siehe Gleichung (137)
- ε_{sm} mittlere Dehnung der Bewehrung unter Berücksichtigung der Mitwirkung des Betons auf Zug zwischen den Rissen
- ε_{cm} mittlere Dehnung des Betons zwischen den Rissen

Für DIN V ENV 1992-1-1: 1992 wird die charakteristische Rissbreite gemäß Abschnitt 4.2.4.4 Gleichung (3.53) unter Vernachlässigung der Betondehnung ε_{cm} ermittelt:

$$w_k = \beta \cdot s_{rm} \cdot \varepsilon_{sm}$$

Formel 2.10

mit:

β Streuungsfaktor

$\beta = 1.7$ für Risse infolge Last

$\beta = 1.3$ für Risse infolge Zwang für Bauteile mit b oder $d < 30$ cm

s_{rm} mittlerer Rissabstand - siehe Näherungsformel Gleichung (4.82)

ε_{sm} mittlere Stahldehnung - siehe Gleichung (4.81)

Meldung

Falls eine Fußnote in der Spalte *Meldung* angezeigt wird, liegt eine Sonderbedingung vor, die in der Statuszeile näher erläutert ist.

Kommentare

Über die Schaltfläche [Meldungen...] können Sie die Liste sämtlicher Sonderkonditionen aufrufen, die bei dem Rissnachweis des betreffenden Querschnitts vorliegen.

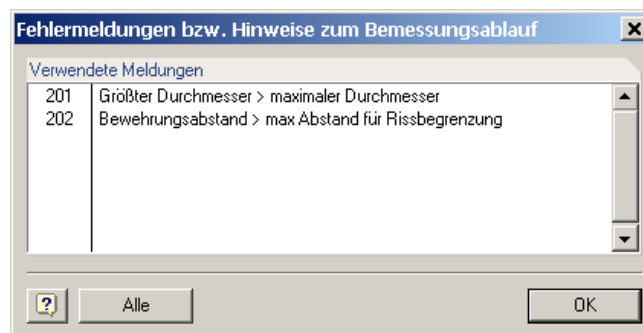
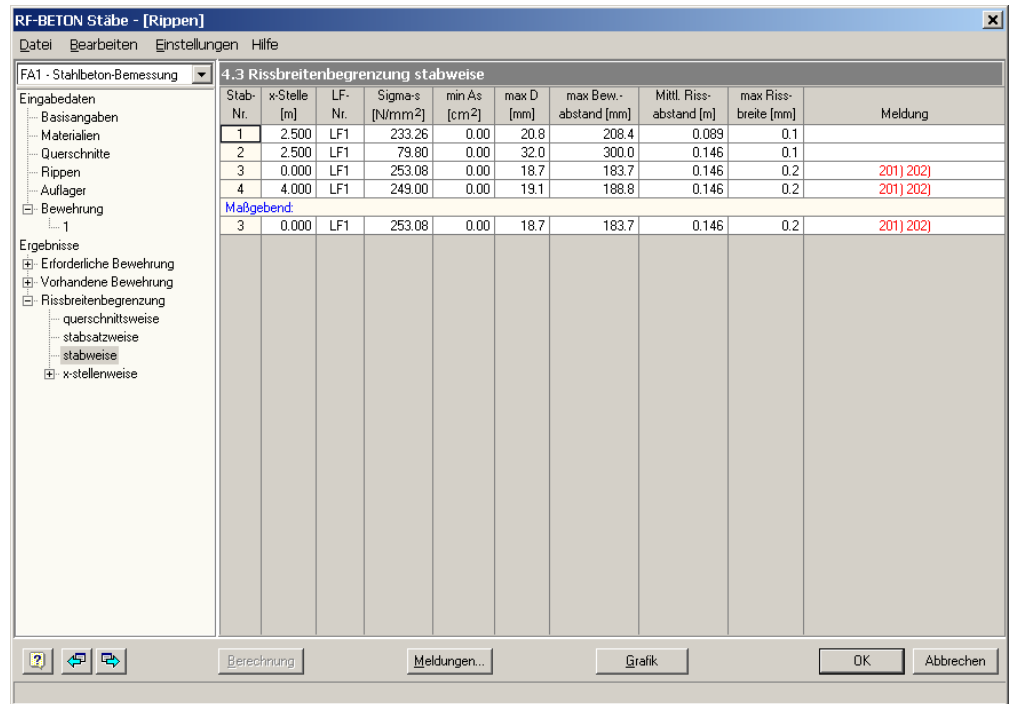


Bild 2.41: Dialog Fehlermeldungen bzw. Hinweise zum Bemessungsablauf

2.7.2 Maske 4.3 Rissbreitenbegrenzung stabweise

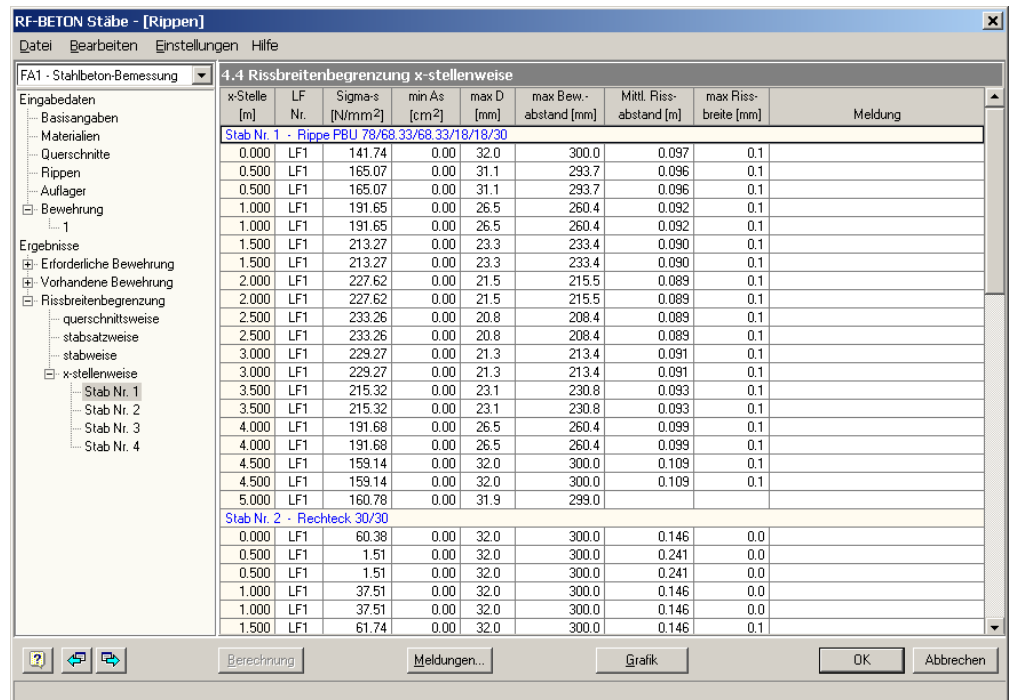


Stab-Nr.	x-Stelle [m]	LF-Nr.	Sigma-s [N/mm²]	min As [cm²]	max D [mm]	max Bew.-abstand [mm]	Mittl. Riss-abstand [m]	max Riss-breite [mm]	Meldung
1	2.500	LF1	233.26	0.00	20.8	208.4	0.089	0.1	
2	2.500	LF1	79.80	0.00	32.0	300.0	0.146	0.1	
3	0.000	LF1	253.08	0.00	18.7	183.7	0.146	0.2	201) 202)
4	4.000	LF1	249.00	0.00	19.1	188.8	0.146	0.2	201) 202)
Maßgebend:									
3	0.000	LF1	253.08	0.00	18.7	183.7	0.146	0.2	201) 202)

Bild 2.42: Maske 4.3 Rissbreitenbegrenzung stabweise

In dieser Maske erfolgt die Auflistung der Rissnachweise nach Stäben geordnet. Die einzelnen Spalten sind unter den Ausführungen zu Maske 4.1 beschrieben.

2.7.3 Maske 4.4 Rissbreitenbegrenzung x-stellenweise



x-Stelle [m]	LF	Sigma-s [N/mm²]	min As [cm²]	max D [mm]	max Bew.-abstand [mm]	Mittl. Riss-abstand [m]	max Riss-breite [mm]	Meldung
Stab Nr. 1 - Rippe PBU 78/68 33/68 33/18/18/30								
0.000	LF1	141.74	0.00	32.0	300.0	0.097	0.1	
0.500	LF1	165.07	0.00	31.1	293.7	0.096	0.1	
0.500	LF1	165.07	0.00	31.1	293.7	0.096	0.1	
1.000	LF1	191.65	0.00	26.5	260.4	0.092	0.1	
1.000	LF1	191.65	0.00	26.5	260.4	0.092	0.1	
1.500	LF1	213.27	0.00	23.3	233.4	0.090	0.1	
1.500	LF1	213.27	0.00	23.3	233.4	0.090	0.1	
2.000	LF1	227.62	0.00	21.5	215.5	0.089	0.1	
2.000	LF1	227.62	0.00	21.5	215.5	0.089	0.1	
2.500	LF1	233.26	0.00	20.8	208.4	0.089	0.1	
2.500	LF1	233.26	0.00	20.8	208.4	0.089	0.1	
3.000	LF1	229.27	0.00	21.3	213.4	0.091	0.1	
3.000	LF1	229.27	0.00	21.3	213.4	0.091	0.1	
3.500	LF1	215.32	0.00	23.1	230.8	0.093	0.1	
3.500	LF1	215.32	0.00	23.1	230.8	0.093	0.1	
4.000	LF1	191.68	0.00	26.5	260.4	0.099	0.1	
4.000	LF1	191.68	0.00	26.5	260.4	0.099	0.1	
4.500	LF1	159.14	0.00	32.0	300.0	0.109	0.1	
4.500	LF1	159.14	0.00	32.0	300.0	0.109	0.1	
5.000	LF1	160.78	0.00	31.9	299.0			
Stab Nr. 2 - Rechteck 30/30								
0.000	LF1	60.38	0.00	32.0	300.0	0.146	0.0	
0.500	LF1	1.51	0.00	32.0	300.0	0.241	0.0	
0.500	LF1	1.51	0.00	32.0	300.0	0.241	0.0	
1.000	LF1	37.51	0.00	32.0	300.0	0.146	0.0	
1.000	LF1	37.51	0.00	32.0	300.0	0.146	0.0	
1.500	LF1	61.74	0.00	32.0	300.0	0.146	0.1	

Bild 2.43: Maske 4.4 Rissbreitenbegrenzung x-stellenweise

Hier werden die Rissnachweise für sämtliche x-Stellen der einzelnen Stäbe im Detail gelistet.

2.8 Pulldownmenüs

Die Pulldownmenüs enthalten alle notwendigen Funktionen zur Verwaltung der Bemessungsfälle und zur Auswertung der Ergebnisse.

Sie aktivieren ein Pulldownmenü durch Anklicken des Menünamens oder Drücken von [Alt] gefolgt von der Taste des im Menütitel unterstrichenen Buchstabens. Für das Pulldownmenü *Datei* wäre dies also die Tastenfolge [Alt+D]. Die im Menü enthaltenen Funktionen rufen Sie dann analog dazu auf, indem Sie wiederum die Taste des im Funktionsnamen unterstrichenen Buchstaben drücken.

2.8.1 Datei

Neuer Fall

Es kann ein neuer Bemessungsfall angelegt werden.

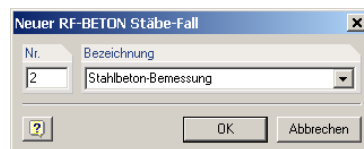


Bild 2.44: Dialog *Neuer RF-BETON Stäbe Fall*

Für den neuen Bemessungsfall ist eine *Nummer* und eine *Bezeichnung* zu vergeben. In der Liste befinden sich alle bereits verwendeten Bezeichnungen.

Fall umbenennen

Mit dieser Funktion kann der aktuelle Bemessungsfall umbenannt werden. Dazu muss die *Bezeichnung* geändert und eventuell auch eine andere *Nr.* gewählt werden.

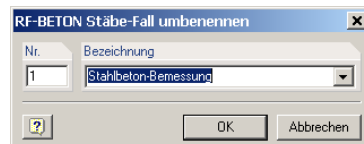


Bild 2.45: Dialog *RF-BETON Stäbe Fall umbenennen*

Fall löschen



Bild 2.46: Dialog *Fall löschen*

In der Liste kann der zu löschende Fall markiert werden. Nach dem Beenden des Dialoges mit [OK] wird der Fall gelöscht. Wenn mehrere Fälle markiert werden sollen, so ist beim Klicken zusätzlich die [Strg]-Taste gedrückt zu halten.

2.8.2 Bearbeiten

Dieses Menü enthält vor allem Funktionen hinsichtlich der Materialien und Querschnitte, so dass die meisten Menüfunktionen nur zugänglich sind, wenn die Maske 1.3 *Querschnitte* geöffnet ist.

Geänderte Querschnitte in RFEM übernehmen

Mit dieser Funktion lassen sich Querschnitte, die in RF-BETON in verschiedenen Bemessungsläufen abgeändert oder optimiert wurden, nach RFEM übertragen. Zugleich werden die vorhandenen RFEM-Ergebnisse gelöscht. Eine erneute Ermittlung der Schnittgrößen wird erforderlich, da sich beim Modifizieren von Querschnitten in der Regel auch die Gesamtsteifigkeit des Systems verändert.

Berechnung

Wenn Sie nun in RF-BETON Stäbe eine erneute [Berechnung] starten, erfolgt automatisch eine Neuberechnung der RFEM-Schnittgrößen mit anschließender RF-BETON-Bemessung.

Aus Bibliothek neuen Querschnitt übernehmen ...

Die Querschnittsbibliothek von RFEM wird aufgerufen, aus der Sie einen massiven Querschnitt übernehmen können.

Liste ‚Zu bemessende Stäbe‘ bearbeiten

Diese Funktion bietet in Verbindung mit Maske 1.3 Möglichkeiten zur schnellen Bearbeitung der Liste *Zu bemessende Stäbe* in Maske 1.6. Die Unterpunkte dieses Menüs sind nur bei eingblendeter Maske 1.3 *Querschnitte* aktiv.

Nur Stäbe des Querschnitts in Stabliste setzen

Es werden die Stabnummern des aktuellen Querschnitts in die Liste ‚Zu bemessende Stäbe‘ gesetzt und alle anderen entfernt. Der ‚aktuelle‘ Querschnitt ist derjenige, in dessen Zeile in Maske 1.3 sich der Cursor befindet.

Stäbe des Querschnitts in Stabliste hinzufügen

Es werden die Stabnummern des aktuellen Querschnitts in die Liste ‚Zu bemessende Stäbe‘ hinzugefügt. Bereits in der Liste vorhandene Stäbe bleiben erhalten.

Stäbe des Querschnitts aus der Stabliste entfernen

Es werden die Stabnummern des aktuellen Querschnitts aus der Liste ‚Zu bemessende Stäbe‘ entfernt. Stäbe mit anderen Querschnitten werden in der Liste behalten.

Querschnitt aus RFEM übernehmen

Wenn in RF-BETON ein Querschnitt geändert wurde, kann mit dieser Menüfunktion wieder in der aktuellen Zeile *Quer.-Nr.* der RFEM-Querschnitt eingelesen werden.

Details des Querschnitts

Es werden die Details des aktuellen Querschnitts angezeigt.

Bibliothek

Über diese Menüfunktionen werden je nach gewählter Bemessungsnorm die Materialbibliotheken des Betons und des Betonstahls aufgerufen.

Beton

Es wird die *Beton-Bibliothek* aufgerufen, in der die Betonfestigkeitsklassen mit den Materialkennwerten tabellarisch aufgelistet sind. Sie können eine bestimmte Festigkeitsklasse für die aktuelle Bemessung übernehmen, in dem Sie den Cursor in die betreffende Zeile setzen und mit [OK] oder [Enter] bestätigen.

Neu...

Die Materialbibliothek ist editierbar: Über die Schaltfläche [Neu...] wird der Eingabedialog zum Erfassen einer zusätzlichen Festigkeitsklasse aufgerufen. Ein neu definiertes Material wird in die Bibliothek aufgenommen und lässt sich später jederzeit wieder abrufen.

OK

Betonstahl

Es wird die *Betonstahl-Bibliothek* aufgerufen, in der die Stahlbezeichnungen mit den Materialkennwerten tabellarisch aufgelistet sind. Sie können einen bestimmten Betonstahl für die aktuelle Bemessung übernehmen, indem Sie den Cursor in die betreffende Zeile setzen und mit [OK] oder [Enter] bestätigen.

Neu...

Über die Schaltfläche [Neu...] wird der Eingabedialog zum Erfassen eines neuen Betonstahls aufgerufen, auf dessen Kennwerte später jederzeit zugegriffen werden kann.

2.8.3 Hilfe

Es wird die Hilfefunktion mit detaillierten Informationen zu Programm, Autorenteam und Updates aufgerufen.

3. Ergebnisauswertung

3.1 Grafik der Ergebnisse

Nach erfolgter Berechnung können Sie mit der Schaltfläche [Grafik] in die grafische Ergebnisanzeige wechseln, wo dann automatisch der aktuelle RF-BETON-Fall eingestellt ist.

Es wird ein veränderter *Ergebnisse*-Navigator angezeigt. Die Anzeige der oberen und unteren Bewehrungsflächen ist voreingestellt.

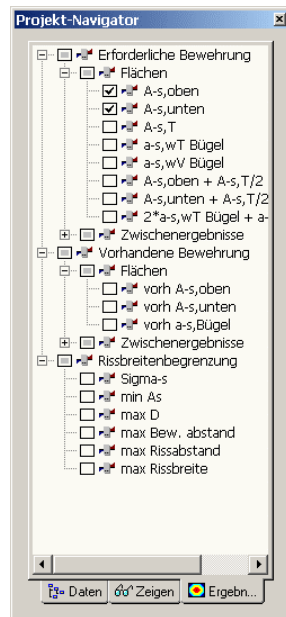
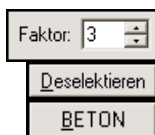


Bild 3.1: *Ergebnisse*-Navigator

Der *Ergebnisse*-Navigator ist wie die numerischen Ergebnismasken strukturiert. So lässt über die Kontrollfelder im oberen Teil jeweils eine Auswahl der *Erforderlichen* bzw. *Vorhandenen Bewehrung*, im unteren Teil eine Selektion der *Zwischenergebnisse* treffen. Es können auch mehrere Bemessungsergebnisse gleichzeitig zur Anzeige gebracht werden.

Im Register *Faktor* des Steuerpanels lässt sich der Abstand der *Stabverläufe* von den Stäben der Struktur einstellen, wodurch die Anzeige der grafischen Ergebnisse skalierbar ist. Über die Schaltfläche [RF-BETON Stäbe] im Register *Farbskala* des Panels erfolgt die Rückkehr in das RF-BETON-Stäbe Modul.

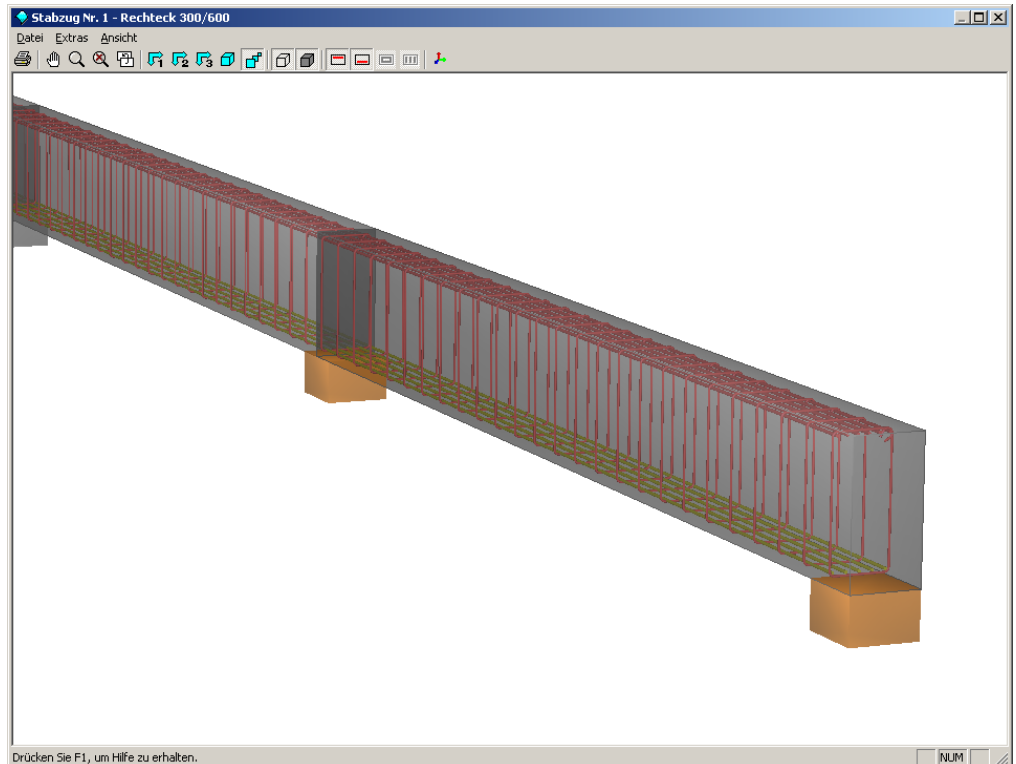
In der grafischen Darstellung stehen Ihnen alle notwendigen RFEM-Werkzeuge und Menüfunktionen zur Verfügung, die eine komfortable grafische Auswertung der RF-BETON-Stäbe Ergebnisse ermöglichen (z. B. Zoomen, Ausschneiden, Gruppieren, Ausgabe auf den Drucker oder in das Ausdruckprotokoll).



3.2 3D-Rendering

3D-Rendering

Mit Hilfe der Schaltfläche [3D-Rendering] kann die eine OpenGL-Visualisierung der vorhandenen Bewehrung aufgerufen werden. Hierzu wird ein neues RF-BETON-Fenster geöffnet, in dem der Bewehrungskorb desjenigen Stabes bzw. Stabsatzes in fotorealistischer Darstellung erscheint, der in Maske 3.1 oder 3.2 aktuell eingestellt ist.



3D-Rendering

In dieser grafischen Darstellung können Sie die gewählte Bewehrung wirklichkeitsnah überprüfen. Die Ansichtseinstellungen lassen sich über das Pulldownmenü *Ansicht* oder die zugeordneten Schaltflächen auswählen. Eine Sonderstellung der Werkzeugleiste nimmt wie in RFEM die Greiffunktion ein: So können Sie bei gleichzeitigem Drücken der linken Maus- und der [Shift]-Taste durch vertikale Mausbewegungen auf dem Bildschirm die Struktur zoomen. Mit gedrückter [Strg]-Taste hingegen kann die Struktur gedreht werden.



Sie können ebenfalls über das Pulldownmenü *Ansicht* oder die entsprechenden Schaltflächen auswählen, ob die Grafik des Balkens als *Volles Modell* oder lediglich als *Drahtmodell* dargestellt werden soll. Zudem lassen sich hier die *Obere Längsbewehrung*, die *Untere Längsbewehrung*, die *Konstruktive Bewehrung* und die *Bügelbewehrung* jeweils einzeln ein- oder ausblenden.

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

3.3 Druckausgabe

Um die numerischen Ergebnisse auszudrucken, muss zu RFEM zurückgekehrt werden, um dort das Ausdruckprotokoll aufzurufen. Im Ausdruckprotokoll sind sämtliche Bearbeitungs- und Gestaltungsmöglichkeiten vorhanden, wie sie ausführlich im RFEM-Handbuch beschrieben sind.

In der Selektion stehen für die Daten des Moduls RF-BETON Stäbe zusätzliche Selektionsregister zur Verfügung. Um diese Register anzuzeigen, muss in der linken *Programm*-Liste der Eintrag **RF-BETON Stäbe** aktiviert werden.

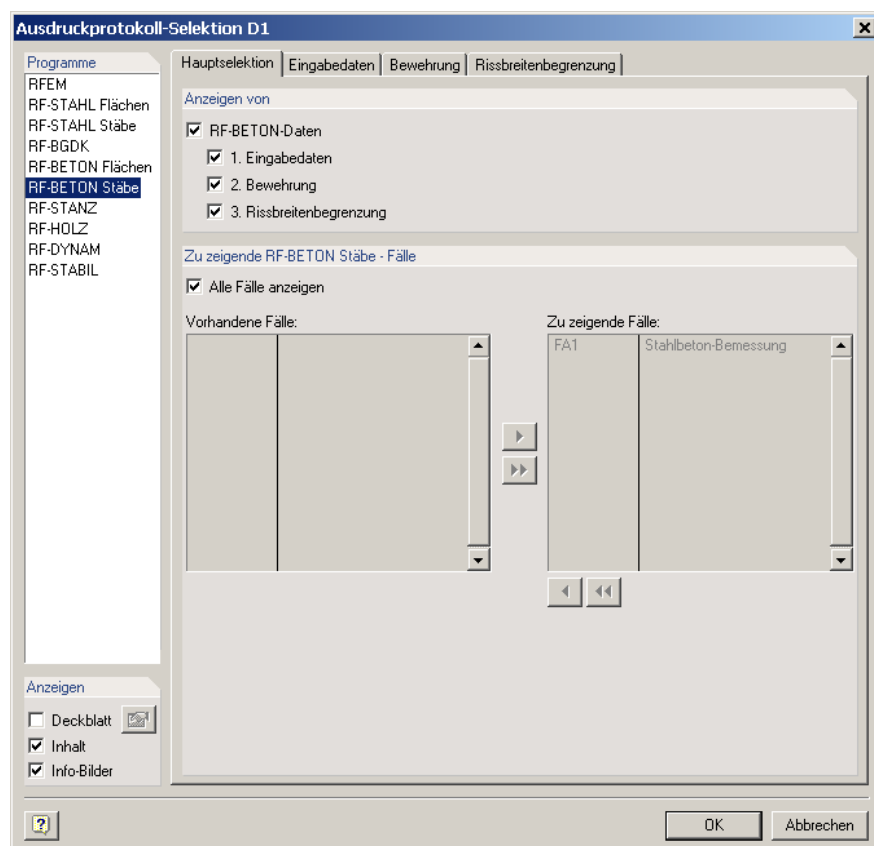


Bild 3.2: Selektion der RF-BETON Stäbe Daten

A: Literatur

- [1] ZIENKIEWICZ, O. C., CHEUNG, Y.K.: The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics, McGraw-Hill, New York, London, 1967
- [2] KOLÁR, V. et al.: Berechnung von Flächen- und Raumtragwerken nach den Methode der finiten Elemente (tschechisch), SMTL Prag, 1972
- [3] KOLÁR, V. et al.: Berechnung von Flächen- und Raumtragwerken nach den Methode der finiten Elemente, Springer-Verlag Wien, New York, 1975
- [4] KOLÁR, V., NEMEC, I.: Modeling of Soil-Structure Interaction, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, co-published with Academica Prague, 1989, second revised edition
- [5] STIGLAT, K. WIPPEL, H.: Massive Platten. In: Betonkalender 1989/I, S.281 ff, Ernst und Sohn, Berlin, 1989
- [6] CZERNY, F.: Tafeln für Rechteckplatten. In: Betonkalender 1990/I, S.309 ff, Ernst und Sohn, Berlin, 1990
- [7] WUNDERLICH, W. et al.: Modellierung und Berechnung von Deckenplatten mit Unterzügen. In: Bauingenieur 69, Heft 10, S.381-389, Springer-Verlag, 1994
- [8] PASTERNAK, P.L.: Grundlagen einer neuen Methode der Berechnung von Fundamenten mittels zwei Bettungskoeffizienten, Gos. Isd. Stroj. i Arch., Moskau, 1954 (russisch)
- [9] KOLÁR, V. et al.: Kurs für Statiker von Gründungsbauwerken und Erdkörpern, S.146 ff. Haus der Technik, Ostrau, 1983 (tschechisch)
- [10] TIMOSHENKO, S.P. und WOINOWSKI-KRIEGER, S.: Theory of Plates and Shells, 2.Auflage, McGraw-Hill, New York, 1959
- [11] GRASSER, E. und THIELEN, G.: Heft 240 DAfSt, Ernst und Sohn, Berlin-München-Düsseldorf, 1978, 2. überarbeitete Auflage
- [12] GRASSER, E., KORDINA, K., QUAST, U.: Bemessung von Beton- und Stahlbetonbauteilen nach DIN 1045, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 220, Ernst & Sohn, Berlin 1979
- [13] KOLÁR, V. - NEMEC, I.: Contact Stress and Settlement in the Structure-Soil Interface. Studie der tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften Nr. 16. Academia Prag 1991, 160 Seiten (englisch)
- [14] PETERSEN, Chr.: Stahlbau, Verlag Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig/Wiesbaden 1988.
- [15] Handbuch Platte, Dlubal GmbH
- [16] Handbuch PLDIM1, Dlubal GmbH
- [17] KOLÁR, NEMEC, KANICKÝ: FEM – Principy a praxe
- [18] KOLÁR, V. et al.: Kurs für Statiker von Gründungsbauwerken und Erdkörpern,, Haus der Technik, Ostrau, 1983 (tschechisch)
- [19] KOLÁR, V. et al.: Bemessung von Zwei- und dreidimensionalen Strukturen mit FEM. SPRINGER, New York - Wien, 1975, 425 ff. Kapitel 1 (1D - Element) und 6 (Variationsprinzip).

- [20] KOLÁR, V., NEMEC, I.: Finite Element Analysis of Structures. United Nations Development Program, Economic Com. for Europe, Workshop on CAD Techniques, June 1984, Prague - Geneva, Vol. I, 248 pp.
- [21] BERGAN, P. G. : Finite Elements Based on Energy Orthogonal Functions. Int. Journal for Numerical Methods in Engineering, 17 (1981), 154 - 155.
- [22] BERGAN, P.G. - NYGARD, M. K.: Finite Elements With Increased Freedom in Choosing Shape Functions. Int. Journal for Num. Meth. in Eng., 20 (1984), 643 - 664, (Free Formulation Concept).
- [23] BERGAN, P.G. - FELIPPA, C. A.: A Triangular Membrane Element With Rotational Degrees of Freedom. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 50 (1985), 25 - 69.
- [24] ZIENKIEWIC, O.C.: The Finite Element Method in Engineering Science, Mc Graw - Hill, London Ill. rd Ed., repr. 1979, 787 pp., Chapter 18 - 19 (Nonlinear Problems).
- [25] BAUMANN, Th.: Zur Frage der Netzbewehrung von Flächentragwerken. In: Der Bauingenieur 47 (1972), S 36 ff, Springer-Verlag, Berlin 1972
- [26] SCHLAICH, J., SCHÄFER, K.: Konstruieren im Stahlbetonbau. In: Betonkalender 1993, Teil II, S. 327 ff, Ernst & Sohn, Berlin 1993
- [27] LEONHARDT, F.: Vorlesungen über Massivbau, Teil 6, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1979
- [28] DIN 1045 (07.88), Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung, Beuth Verlag, Berlin Wien Zürich 1988
- [29] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DIN 1045-1 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Entwurf 12.1998.
- [30] DIN 18800 (11.90) Teil 1, Stahlbauten, Bemessung und Konstruktion, Beuth Verlag, Berlin Wien Zürich 1992
- [31] DIN 18800 (11.90) Teil 2, Stahlbauten, Stabilitätsfälle, Knicken von Stäben und Stabwerken, Beuth Verlag, Berlin Wien Zürich 1992
- [32] Eurocode 2 Teil 1-1 (06.92), Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Beuth Verlag, Berlin Wien Zürich 1992
- [33] Eurocode 3 Teil 1-1 (04.93), Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Beuth Verlag, Berlin Wien Zürich 1993
- [34] KLINGMÜLLER, O. LAWOW, M., THIERAUF, G. (1983), Stabtragwerke, Matrizenmethoden der Statik und Dynamik, Teil 2: Dynamik, Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig
- [35] KLOTTER, K. (1981), Technische Schwingungslehre, Bd. 1, Teil A: Lineare Schwingungen, Teil B: Nichtlineare Schwingungen, Bd. 2: Schwinger von mehreren Freiheitsgraden, Springer, Berlin
- [36] KOLOUSEK, V. (1962), Dynamik der Baukonstruktionen, VEB-Verlag f. Bauwesen, Berlin
- [37] KRÄMER, E. (1984), Maschinendynamik, Springer, Berlin
- [38] LEHMANN, T. (1979), Elemente der Mechanik IV: Schwingungen, Variationsprinzip, Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig
- [39] LIPINSKI, J. (1972), Fundamente und Tragkonstruktionen für Maschinen, Bauverlag, Wiesbaden

- [40] LORENZ, H. (1960), Grundbau-Dynamik, Springer, Berlin
- [41] MÜLLER, F. P. (1978), Baudynamik, Betonkalender 1978, Ernst & Sohn, Berlin
- [42] NATKE, H. G. (1989), Baudynamik, B. G. Teubner, Stuttgart
- [43] NOWACKI, W. (1974), Baudynamik, Springer, Berlin
- [44] FLESCH, R. (1993), Baudynamik, praxisgerecht, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin
- [45] MESKOURIS, K. (1999), Baudynamik, Modelle Methoden Praxisbeispiele, Ernst & Sohn, Berlin
- [46] BARES, R. A. (1989), Tabellen für die Berechnung von Platten und Wänden STNL, Prag
- [47] ŠEVČÍK, I., 3D finite element with rotational degrees of freedom, FEM-Consulting s.r.o., Brno