



Fassung
Dezember 2014

Zusatzmodul

RF-STAHL EC3

Tragfähigkeits-, Gebrauchstauglichkeits-, Brandschutz- und Stabilitätsnachweise nach Eurocode 3

Programm-Beschreibung

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

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



© Dlubal Software GmbH 2014
Am Zellweg 2
D-93464 Tiefenbach
Deutschland

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



Inhalt

	Inhalt	Seite
1.	Einleitung	3
1.1	Zusatzmodul RF-STAHL EC3	3
1.2	Gebrauch des Handbuchs	4
1.3	Aufruf des RF-STAHL EC3 - Moduls	4
2.	Eingabedaten	6
2.1	Basisangaben	6
2.1.1	Tragfähigkeit	8
2.1.2	Gebrauchstauglichkeit	10
2.1.3	Brandschutz	11
2.1.4	Nationaler Anhang (NA)	11
2.2	Materialien	15
2.3	Querschnitte	17
2.4	Zwischenabstützungen	21
2.5	Effektive Längen - Stäbe	22
2.6	Effektive Längen - Stabsätze	25
2.7	Knotenlager - Stabsätze	26
2.8	Stabendgelenke - Stabsätze	29
2.9	Gebrauchstauglichkeitsparameter	30
2.10	Brandschutz - Stäbe	31
2.11	Brandschutz - Stabsätze	32
2.12	Parameter - Stäbe	33
2.13	Parameter - Stabsätze	40
3.	Berechnung	41
3.1	Detaileinstellungen	41
3.1.1	Tragfähigkeit	41
3.1.2	Stabilität	43
3.1.3	Gebrauchstauglichkeit	45
3.1.4	Brandschutz	46
3.1.5	Diverse	48
3.2	Start der Berechnung	49
4.	Ergebnisse	50
4.1	Nachweise lastfallweise	51
4.2	Nachweise querschnittsweise	52
4.3	Nachweise stabsatzweise	53
4.4	Nachweise stabweise	54
4.5	Nachweise x-stellenweise	55
4.6	Maßgebende Schnittgrößen stabweise	56
4.7	Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise	57
4.8	Stabschlankheiten	58
4.9	Stückliste stabweise	59
4.10	Stückliste stabsatzweise	60
5.	Ergebnisauswertung	61
5.1	Ergebnisse am RFEM-Modell	62
5.2	Ergebnisverläufe	65
5.3	Filter für Ergebnisse	66
6.	Ausdruck	68



6.1	Ausdruckprotokoll	68
6.2	Grafikausdruck	69
7.	Allgemeine Funktionen	71
7.1	Bemessungsfälle	71
7.2	Querschnittsoptimierung	73
7.3	Einheiten und Dezimalstellen	75
7.4	Datenaustausch	76
7.4.1	Materialexport nach RFEM	76
7.4.2	Knicklängenexport nach RFEM	76
7.4.3	Export der Ergebnisse	76
8.	Beispiele	78
8.1	Stabilität	78
8.2	Brandschutz	85
A.	Literatur	88
B.	Index	89

1 Einleitung

1.1 Zusatzmodul RF-STAHl EC3



Der Eurocode 3 [1] regelt den Entwurf, die Bemessung und die Konstruktion von Stahlbauten in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union. Mit dem RFEM-Zusatzmodul RF-STAHl EC3 bietet DLUBAL ein leistungsstarkes Werkzeug zur Bemessung von Stahltragwerken an, die mit Stabelementen modelliert sind. Länderspezifische Regelungen sind im Modul durch verschiedene Nationale Anhänge berücksichtigt. Neben den programminternen Parametern können eigene Grenzwerte definiert oder neue Nationale Anhänge erstellt werden.

RF-STAHl EC3 führt alle typischen Tragsicherheitsnachweise, Stabilitätsnachweise und den Verformungsnachweis. Beim Tragsicherheitsnachweis berücksichtigt das Modul die Wirkung verschiedener Beanspruchungen. Es besteht die Möglichkeit, unter den in der Norm angebotenen Interaktionsnachweisen zu wählen. Eine wesentliche Komponente der Nachweisführung nach Eurocode 3 ist die Einteilung der nachzuweisenden Querschnitte in die Klassen 1 bis 4. Dadurch wird die Begrenzung der Beanspruchbarkeit und Rotationskapazität durch lokales Beulen von Querschnittsteilen überprüft. RF-STAHl EC3 ermittelt die c/t -Verhältnisse der druckbeanspruchten Querschnittsteile und nimmt die Klassifizierung automatisch vor.

Bei den Stabilitätsnachweisen kann für jeden Stab oder Stabsatz gesondert festgelegt werden, ob Biegeknicken in y - und/oder z - Richtung möglich ist. Es können auch zusätzliche seitliche Halterungen definiert werden, um das Modell realitätsnah abzubilden. Zudem lässt sich die stabilisierende Wirkung von Pfetten und Blechen in Form von Drehbettungen und Schubfeldern berücksichtigen. RF-STAHl EC3 ermittelt aus den Randbedingungen die Schlankheitsgrade und idealen Verzweigungslasten. Das für den Biegedrillknicknachweis erforderliche ideale Biegedrillknickmoment kann automatisch ermittelt oder manuell vorgegeben werden. Dabei wird der Lastangriffspunkt von Querlasten berücksichtigt, der sich entscheidend auf die Drillbeanspruchung auswirkt.

RF-STAHl EC3 führt auch den Brandschutznachweis nach EN 1993-1-2 [2]. Die Bemessung erfolgt dabei nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren auf der Tragfähigkeitsebene. Als Brandschutzmaßnahmen können Bekleidungen mit verschiedenen physikalischen Eigenschaften gewählt werden.

Der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist bei Bauten mit schlanken Querschnitten ein wichtiger Nachweis. Hierzu können Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen den verschiedenen Bemessungssituationen zugewiesen werden. Die Grenzverformungen sind über den Nationalen Anhang voreingestellt und können bei Bedarf angepasst werden. Zudem ist es möglich, Bezugs-längen und Überhöhungen vorzugeben, die im Nachweis entsprechend berücksichtigt werden.

Mit RF-STAHl EC3 lassen sich auch Bauteile aus nichtrostendem Stahl gemäß EN 1993-1-4 [3] nachweisen.

Das Modul führt bei Bedarf eine Optimierung der Querschnitte durch und exportiert die geänderten Profile nach RFEM. Über Bemessungsfälle ist es möglich, Bauteile von großen Systemen separat nachzuweisen oder Varianten zu untersuchen.

RF-STAHl EC3 ist als Zusatzmodul in die RFEM-Umgebung integriert. So sind die bemessungsrelevanten Eingabedaten nach dem Aufruf des Moduls voreingestellt. Nach der Bemessung kann die grafische Oberfläche von RFEM zur Auswertung der Ergebnisse genutzt werden. Nicht zuletzt lassen sich die Nachweise von der Schnittgrößenermittlung bis zur Bemessung im zentralen Ausdruckprotokoll von RFEM dokumentieren.

Wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg mit RF-STAHl EC3.

Ihr DLUBAL-Team

1.2 Gebrauch des Handbuchs

Da die Themenbereiche Installation, Benutzeroberfläche, Ergebnisauswertung und Ausdruck im RFEM-Handbuch ausführlich erläutert sind, wird hier auf eine Beschreibung verzichtet. Der Schwerpunkt dieses Handbuchs liegt auf den Besonderheiten, die sich im Rahmen der Arbeit mit dem Zusatzmodul RF-STAHL EC3 ergeben.



Dieses Handbuch orientiert sich an der Reihenfolge und am Aufbau der Eingabe- und Ergebnis-masken. Im Text sind die beschriebenen **Schaltflächen** (Buttons) in eckige Klammern gesetzt, z. B. [Sichtmodus]. Gleichzeitig sind sie am linken Rand abgebildet. Die Begriffe, die in Dialogen, Tabellen und Menüs erscheinen, sind in *Kursivschrift* hervorgehoben, sodass die Erläuterungen gut nachvollzogen werden können.

Am Ende des Handbuchs befindet sich ein Stichwortverzeichnis. Sollten Sie dennoch nicht fündig werden, so können Sie die Suchfunktion auf unserer Website www.dlubal.de nutzen, um in der umfangreichen Liste aller *Fragen und Antworten* das Problem nach bestimmten Kriterien einzugrenzen.

1.3 Aufruf des RF-STAHL EC3 - Moduls

Es bestehen in RFEM folgende Möglichkeiten, das Zusatzmodul RF-STAHL EC3 zu starten.

Menü

Sie können das Zusatzmodul aufrufen mit dem RFEM-Menü

Zusatzmodule → **Stahlbau** → **RF-STAHL EC3**.

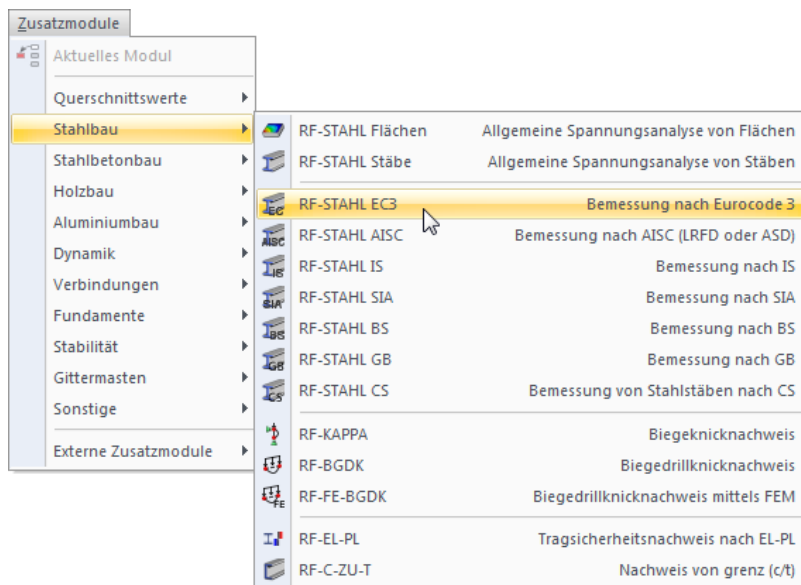


Bild 1.1: Menü: Zusatzmodule → Stahlbau → RF-STAHL EC3

Navigator

Alternativ rufen Sie das Zusatzmodul im *Daten*-Navigator auf durch Anklicken des Eintrags

Zusatzmodule → **RF-STAHL EC3**.

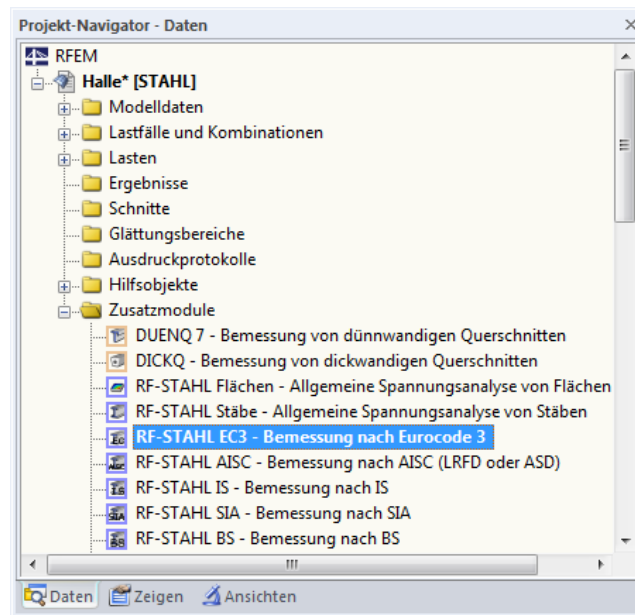
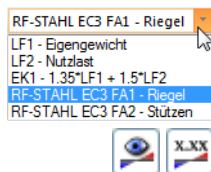


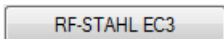
Bild 1.2: Daten-Navigator: Zusatzmodule → RF-STAHL EC3

Panel



Wenn im RFEM-Modell schon Ergebnisse von RF-STAHL EC3 vorliegen, können Sie das Bemessungsmodul auch über das Panel starten:

Stellen Sie den relevanten RF-STAHL EC3-Bemessungsfall in der Lastfallliste der Menüleiste ein. Lassen Sie über die Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] das Nachweiskriterium an den Stäben grafisch darstellen.



Im Panel können Sie nun die Schaltfläche [RF-STAHL EC3] zum Aufruf des Moduls benutzen.

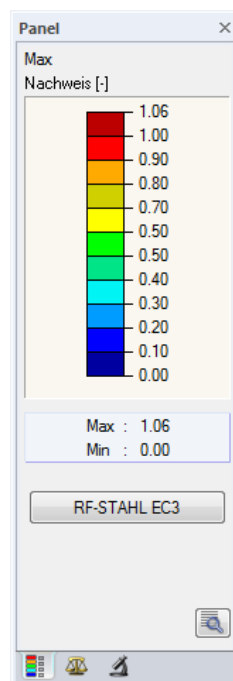


Bild 1.3: Panel-Schaltfläche [RF-STAHL EC3]

2 Eingabedaten

Nach dem Aufruf des Zusatzmoduls erscheint ein neues Fenster. Links wird ein Navigator angezeigt, der die verfügbaren Masken verwaltet. Darüber befindet sich eine Pulldownliste mit den Bemessungsfällen (siehe [Kapitel 7.1, Seite 71](#)).

Die bemessungsrelevanten Daten sind in mehreren Eingabemasken zu definieren. Beim ersten Aufruf von RF-STAHLEC3 werden folgende Parameter automatisch eingelesen:

- Stäbe und Stabsätze
- Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen
- Materialien
- Querschnitte
- Knicklängen
- Schnittgrößen (im Hintergrund – sofern berechnet)



Eine Maske lässt sich durch Anklicken des Eintrags im Navigator aufrufen. Mit den links dargestellten Schaltflächen wird die vorherige bzw. nächste Maske eingestellt. Das Blättern durch die Masken ist auch mit den Funktionstasten [F2] (vorwärts) und [F3] (rückwärts) möglich.



[OK] sichert die Eingaben. RF-STAHLEC3 wird beendet und es erfolgt die Rückkehr in das Hauptprogramm. [Abbrechen] beendet das Zusatzmodul, ohne die Daten zu speichern.

2.1 Basisangaben

In Maske 1.1 *Basisangaben* sind die zu bemessenden Stäbe, Stabsätze und Einwirkungen auszuwählen. Die Register verwalten die Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen für die unterschiedlichen Nachweise.

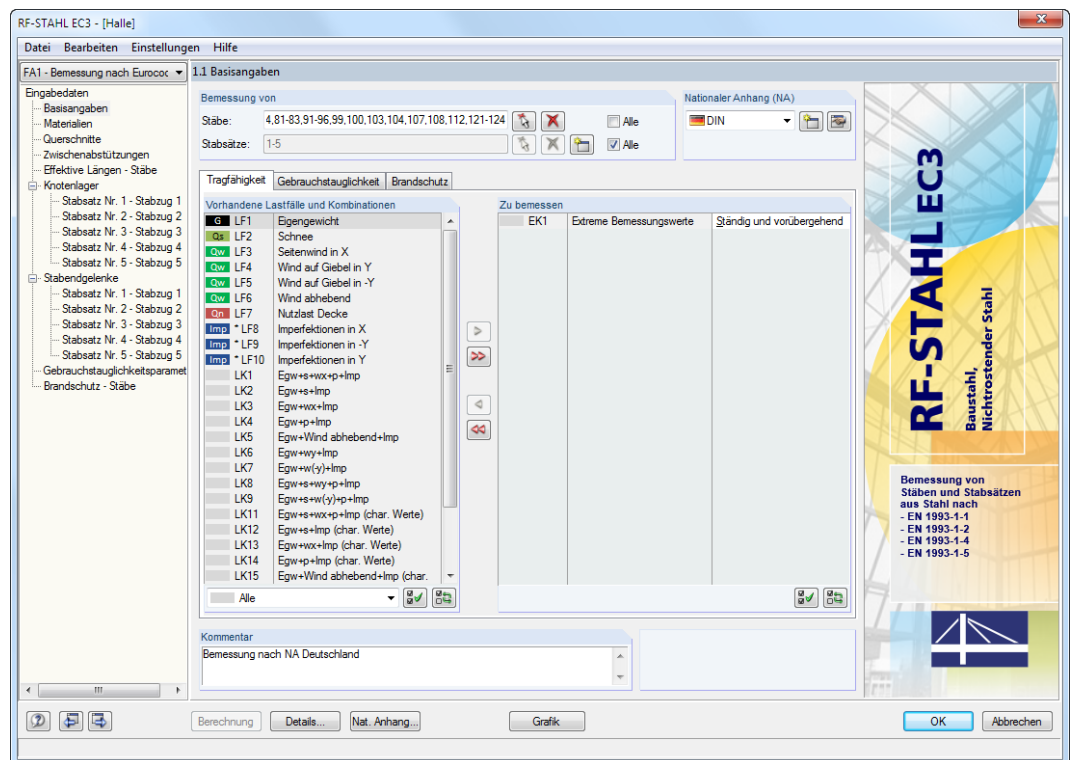


Bild 2.1: Maske 1.1 *Basisangaben*

Bemessung von

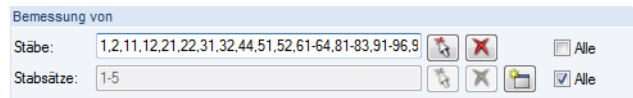


Bild 2.2: Bemessung von Stäben und Stabsätzen



Es können sowohl *Stäbe* als auch *Stabsätze* bemessen werden. Falls nur bestimmte Objekte nachgewiesen werden sollen, ist das Kontrollfeld *Alle* zu deaktivieren: Damit werden die Eingabefelder zugänglich, in die die Nummern der relevanten Stäbe oder Stabsätze eingetragen werden können. Die Schaltfläche [Löschen] leert die Liste der voreingestellten Nummern. Über die Schaltfläche [Auswählen] lassen sich die Objekte auch grafisch im RFEM-Arbeitsfenster auswählen.

Bei der Bemessung eines Stabsatzes werden die Extremwerte der Nachweise aller im Stabsatz enthaltenen Stäbe ermittelt und die Randbedingungen angeschlossener Stäbe für Stabilitätsuntersuchungen berücksichtigt. Die Ergebnisse werden in den Ergebnismasken 2.3 *Nachweise stabsatzweise*, 3.2 *Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise* und 4.2 *Stückliste stabsatzweise ausgegeben*.



Mit der Schaltfläche [Neu] kann ein neuer Stabsatz definiert werden. Es erscheint der aus RFEM bekannte Dialog zur Eingabe der Stabsatz-Parameter.

Nationaler Anhang (NA)

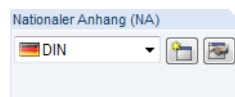


Bild 2.3: Nationaler Anhang

Im Auswahlfeld rechts oben ist der Nationale Anhang festzulegen, dessen Parameter für die Bemessung und für die Grenzwerte der Verformung gelten sollen.



Die Schaltfläche [Bearbeiten] öffnet einen Dialog, in dem die Parameter des gewählten Nationalen Anhangs überprüft und ggf. angepasst werden können. Dieser Dialog ist im [Kapitel 2.1.4](#) auf [Seite 11](#) beschrieben.

Kommentar



Bild 2.4: Benutzerdefinierter Kommentar

Dieses Eingabefeld steht für eine benutzerdefinierte Anmerkung zur Verfügung, die z. B. den aktuellen Bemessungsfall beschreibt.

2.1.1 Tragfähigkeit

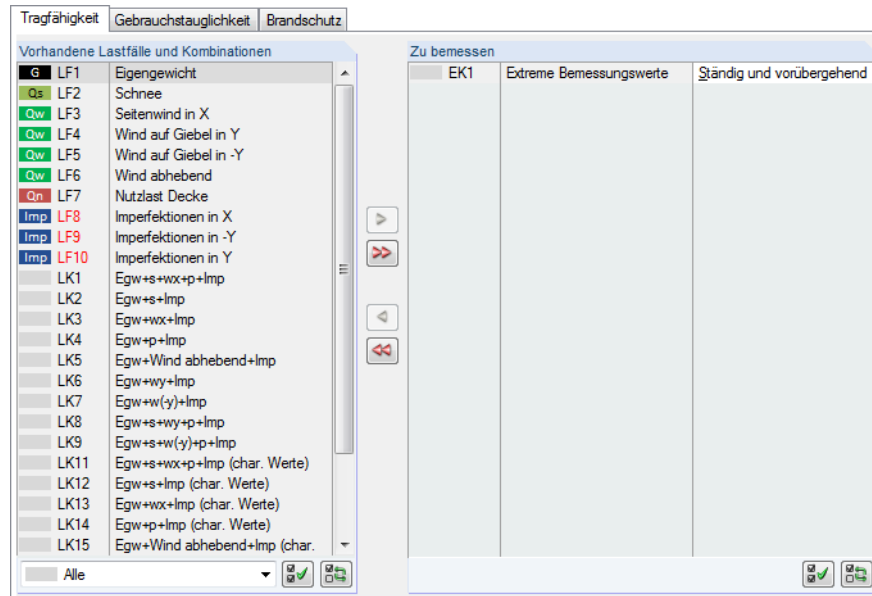


Bild 2.5: Maske 1.1 Basisangaben, Register *Tragfähigkeit*

Vorhandene Lastfälle und Kombinationen

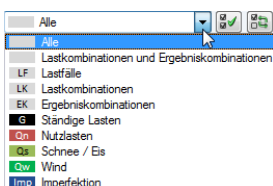
In dieser Spalte sind alle Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen aufgelistet, die in RFEM angelegt wurden.

Mit der Schaltfläche lassen sich selektierte Einträge in die Liste *Zu Bemessen* nach rechts übertragen. Die Übergabe kann auch per Doppelklick erfolgen. Die Schaltfläche übergibt die komplette Liste nach rechts.

Die Mehrfachauswahl von Lastfällen ist – wie in Windows üblich – mit gedrückter [Strg]-Taste möglich. So lassen sich mehrere Lastfälle gleichzeitig übertragen.

Falls die Nummer eines Lastfalls rot dargestellt ist wie z. B. LF 8 im [Bild 2.5](#), so kann dieser nicht bemessen werden: Hier handelt es sich um einen Lastfall ohne Lastdaten oder um einen Imperfektionslastfall. Bei der Übergabe erscheint eine entsprechende Warnung.

Am Ende der Liste sind mehrere Filteroptionen verfügbar. Sie erleichtern es, die Einträge nach Lastfällen, Kombinationen oder Einwirkungskategorien geordnet zuzuweisen. Die Schaltflächen sind mit folgenden Funktionen belegt:



	Alle Lastfälle in der Liste werden selektiert.
	Die Auswahl der Lastfälle wird umgekehrt.

Tabelle 2.1: Schaltflächen im Register *Tragfähigkeit*

Zu bemessen

In der rechten Spalte werden die zur Bemessung gewählten Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen aufgelistet. Mit oder per Doppelklick lassen sich selektierte Einträge wieder aus der Liste entfernen. Die Schaltfläche leert die ganze Liste.

Die Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen können folgenden Bemessungssituationen zugewiesen werden:

- *Ständig und vorübergehend*
- *Außergewöhnlich*

Diese Einteilung steuert die Beiwerte γ_{M0} , γ_{M1} und γ_{M2} , die in die Ermittlung der Beanspruchbarkeiten R_d für die Querschnitts- und Stabilitätsnachweise einfließen (siehe Bild 2.10, Seite 12).

Die Bemessungssituation kann über die Liste geändert werden, die mit der Schaltfläche am Ende des Eingabefeldes zugänglich ist.

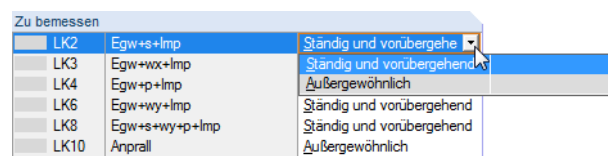


Bild 2.6: Bemessungssituation zuweisen

Auch hier ist eine Mehrfachauswahl mit gedrückter [Strg]-Taste möglich, sodass mehrere Einträge gleichzeitig geändert werden können.



Ergebniskombination

Die Bemessung einer einhüllenden Max/Min-Ergebniskombination verläuft zwar schneller als die aller enthaltenen Lastfälle und Lastkombinationen, aber der Nachweis einer Ergebniskombination birgt auch Nachteile: Zum einen ist nur schwer erkennbar, welchen Einfluss die enthaltenen Einwirkungen ausüben. Zum anderen wird für die Ermittlung des idealen Biegedrillknickmoments M_{cr} die Einhüllende der Momentenverläufe untersucht, von denen dann der ungünstigere Verlauf (Max oder Min) angesetzt wird. Dieser Verlauf spiegelt aber nur selten den Momentenverlauf wider, der in den einzelnen Lastkombinationen vorliegt. Bei einer EK-Bemessung sind daher ungünstigere Werte für M_{cr} zu erwarten, die zu höheren Ausnutzungen führen.

Ergebniskombinationen sollten nur für dynamische Kombinationen zur Bemessung ausgewählt werden. Bei „normalen“ Kombinationen sind Lastkombinationen zu empfehlen, da hier die tatsächlichen Momentenverläufe für die Ermittlung von M_{cr} angesetzt werden.

2.1.2 Gebrauchstauglichkeit

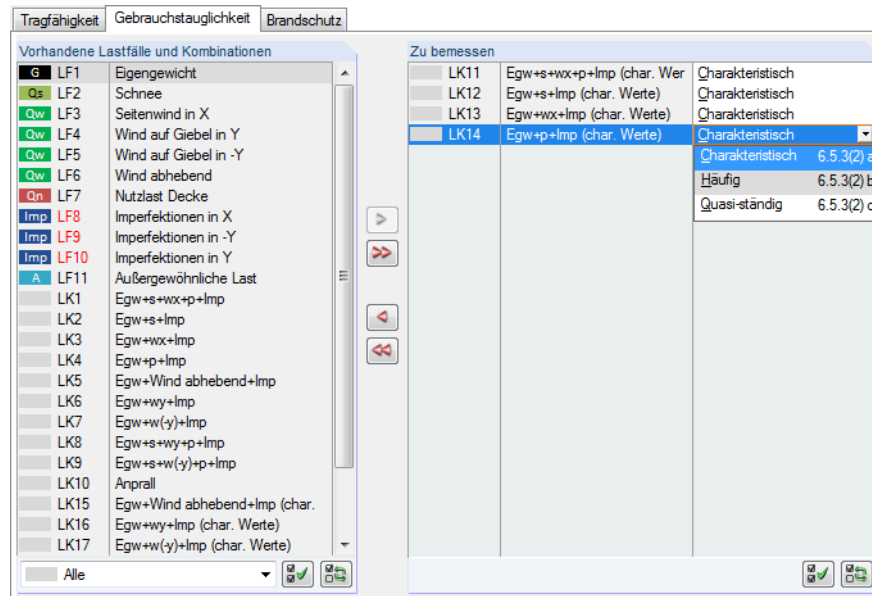


Bild 2.7: Maske 1.1 Basisangaben, Register Gebrauchstauglichkeit

Vorhandene Lastfälle und Kombinationen

In diesem Abschnitt sind alle Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen aufgelistet, die in RFEM angelegt wurden.

Zu bemessen



Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen lassen sich wie im [Kapitel 2.1.1](#) beschrieben hinzufügen oder wieder entfernen.

Es ist möglich, den Lastfällen, Last- und Ergebniskombinationen unterschiedliche Grenzwerte für die Durchbiegung zuzuweisen. Folgende Bemessungssituationen stehen zur Auswahl:

- *Charakteristisch*
- *Häufig*
- *Quasi-ständig*

Die Bemessungssituation kann über die Liste geändert werden, die mit der Schaltfläche am Ende des Eingabefeldes zugänglich ist (siehe [Bild 2.7](#)).

Nat. Anhang...

Die Grenzwerte der Verformungen sind im Nationalen Anhang geregelt. Sie können über die Schaltfläche [Nat. Anhang] im Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* (siehe [Bild 2.10](#), [Seite 12](#)) für die Bemessungssituationen angepasst werden.

In Maske 1.9 *Gebrauchstauglichkeitsparameter* werden die für den Verformungsnachweis maßgebenden Bezugsängen verwaltet (siehe [Kapitel 2.9](#), [Seite 30](#)).

2.1.3 Brandschutz

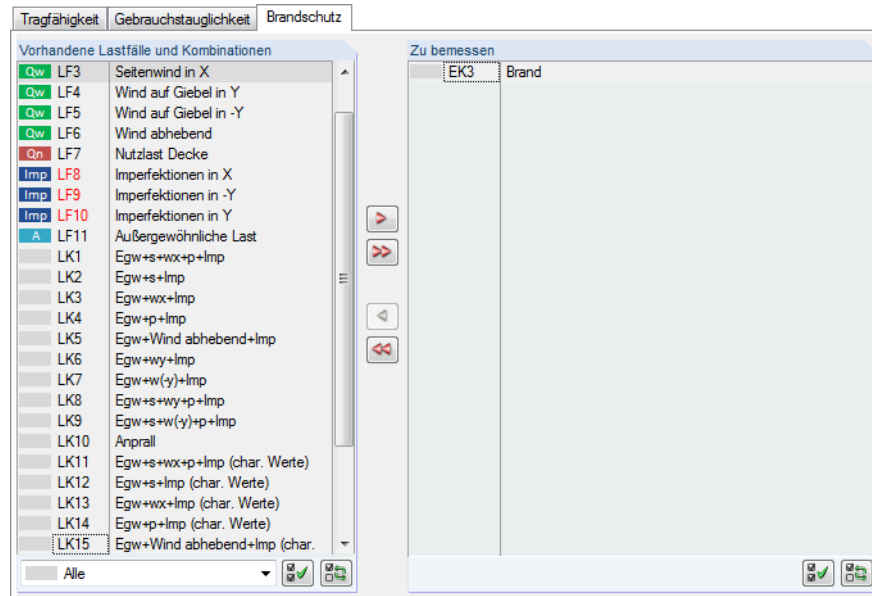


Bild 2.8: Maske 1.1 Basisangaben, Register Brandschutz

Vorhandene Lastfälle und Kombinationen

In diesem Abschnitt sind alle Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen aufgelistet, die in RFEM angelegt wurden.

Zu bemessen



Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen lassen sich wie im [Kapitel 2.1.1](#) beschrieben hinzufügen oder wieder entfernen. Hier sollten die Einwirkungen ausgewählt werden, die gemäß EN 1991-1-2 [2] ermittelt wurden.

2.1.4 Nationaler Anhang (NA)

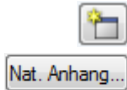
In der Liste oben in Maske 1.1 *Basisangaben* kann der Nationale Anhang ausgewählt werden, dessen Parameter für die Bemessung und die Grenzwerte der Verformung gelten.



Bild 2.9: Nationalen Anhang auswählen



Über die Schaltfläche [Bearbeiten] lassen sich die voreingestellten Parameter überprüfen und ggf. anpassen (siehe folgendes Bild).



Mit [Neu] kann ein eigendefinierter Nationaler Anhang erstellt werden.

In allen Eingabemasken steht zudem die Schaltfläche [Nat. Anhang] zur Verfügung. Auch sie ruft den Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* auf, der aus zwei Registern besteht.

Basis

The screenshot shows the 'Parameter des Nationalen Anhangs - DIN' dialog box with the 'Basis' register selected. The main title is 'Nichtrostender Stahl (EN 1993-1-4)'. The dialog is divided into several sections:

- Teilsicherheitsbeiwerte nach 6.1, Anmerkung 2B:**
 - Für Beanspruchbarkeit von Querschnitten: γ_{M0} : 1.000
 - Für die Beanspruchbarkeit von Bauteilen bei Stabilitätsversagen (Bauteilnachweise), sowie für die Beanspruchbarkeit von Querschnitten bei Stabilitätsversagen (Querschnittsnachweise nach Theorie II. Ordnung): γ_{M1} : 1.100
 - Für Beanspruchbarkeit von Querschnitten bei Bruchversagen infolge Zugbeanspruchung: γ_{M2} : 1.250
- Gebrauchstauglichkeit-Grenzwerte nach 7.2:**
 - Kombination der Einwirkungen (Tabelle A1.4 der EN 1990):
 - Charakteristisch: L / L_c : 300 / 150
 - Häufig: L / L_c : 200 / 100
 - Quasi-ständig: L / L_c : 200 / 100
- Einstellungen für die Brandbemessung:**
 - Teilsicherheitsbeiwert für Brandfall: $\gamma_{M,fi}$: 1.000
- Schub nach 6.2.6(3) und Schubbeulen nach EN 1993-1-5:**
 - Faktor η : 1.200
- Parameter für Biegedrillknicken:**
 - Imperfektionsbeiwerte der Biegedrillknicklinien nach Tabelle 6.3:
 - Knicklinie a: 0.210
 - b: 0.340
 - c: 0.490
 - d: 0.760
 - Parameter für χ_{LT} nach 6.3.2.3(1):
 - Gewalzte I-Profile: $\lambda_{LT,0}$: 0.400, β : 0.750
 - Geschweißte I-Profile: 0.400, 0.750
 - Biegedrillknicklinien für 6.3.2 und 6.3.3 ermitteln:
 - Stets nach Gl. (6.56) Allgemeiner Fall (konservativ)
 - Stets nach Gl. (6.57) Gewalzte und gleichartige geschweißte Querschnitte
 - Nach Gl. (6.57), falls möglich, sonst nach Gl. (6.56)
 - Interaktionsfaktoren für 6.3.3(4) bestimmen nach Verfahren:
 - 1 nach Anhang A
 - 2 nach Anhang B
- Allgemeines Verfahren nach 6.3.4:**
 - Zulassen auch für Nicht-I-Profile
 - Allgemeines Verfahren für Stabilitätsnachweis nach 6.3.4 verwenden (nicht anwendbar für Biegung um z-Achse)
 - Europäische Biegedrillknicklinie nach [5] verwenden
 - Erweitertes Verfahren nach [6] verwenden (Doppelbiegung möglich)
 - Interpolation nach Gl. (6.66) verwenden

Bild 2.10: Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs - DIN*, Register *Basis*

In den Abschnitten lassen sich die *Teilsicherheitsbeiwerte*, *Gebrauchstauglichkeit-Grenzwerte* und *Parameter für Biegedrillknicken* überprüfen und ggf. anpassen.



Im Abschnitt *Allgemeines Verfahren nach 6.3.4* kann festgelegt werden, ob die Stabilitätsnachweise stets nach [1] Abschnitt 6.3.4 erfolgen sollen. Nach dem deutschen Nationalen Anhang ist das allgemeine Verfahren nur für I-förmige Profile zulässig. Mit der Option *Zulassen auch für Nicht-I-Profile* findet das Verfahren auch für andere Querschnitte Anwendung.

Zudem ist eine Stabilitätsuntersuchung unter Verwendung der *Europäischen Biegedrillknickkurve* nach NAUMES [4] möglich. In seiner Dissertation [5] erweitert NAUMES das „Allgemeine Verfahren für Knick- und Biegedrillknicknachweise für Bauteile“ nach [1] Abschnitt 6.3.4 für zusätzliche Querbiegung und Torsion. Das *Erweiterte Verfahren* steht auch für die Bemessung von unsymmetrischen Querschnitten sowie von Voutenstäben und Stabsätzen mit zweiachsiger Biegung zur Verfügung (Torsion wird in RF-STAHLEC3 derzeit nicht berücksichtigt).

Nach [1] Abschnitt 6.3.4 (4) ist der Abminderungsbeiwert χ_{op} entweder

- als kleinster Wert der Größen für Knicken nach 6.3.1 oder χ_{LT} für Biegedrillknicken nach 6.3.2 mit Hilfe des Schlankheitsgrades λ_{op} zu berechnen oder
- als Wert, der zwischen χ und χ_{LT} interpoliert wird – siehe hierzu auch [1] Gleichung (6.66).

Da das Verfahren nach NAUMES auf der europäischen standardisierten Biegedrillknickkurve unter Berücksichtigung des modifizierten Imperfektionsbeiwerts α^* beruht, kann die Interaktion zwischen Biegeknicken und Biegedrillknicken nach [1] Gleichung (6.66) entfallen.

Berechnung	
Haupttragebene	Nebenebene
$\alpha_{Ed}(x) = \frac{\chi_{LT}(x) \cdot \alpha_{alt,k}(x)}{\gamma_{M1}} \geq 1$	$\beta_z(x) = \frac{M_{z,Ed}(x)}{M_{z,Rd}(x)} \cdot (1 - q_{Mz})$
Nachweis	
vereinfacht	genau
$\Delta n_R = 0.9$	$\Delta n_R = 1 - \frac{1}{\alpha_{Ed}(x)} \cdot \left[1 - \frac{1}{\alpha_{Ed}(x)} \right] \cdot \chi_{LT}^2(x) \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2(x)$
$\frac{1}{\alpha_{Ed}(x)} + \beta_z(x) \leq \Delta n_R$	

Bild 2.11: Berechnungsablauf für das Verfahren nach NAUMES

Die Berechnung erfolgt im ersten Schritt getrennt für die Haupt- und Nebentragebene. Dabei wird der Momentenbeiwert q_{Mz} gemäß Bild 2.12 bestimmt.

Im zweiten Schritt wird das Nachweiskriterium Δn_R ermittelt.

Abschließend erfolgt der Nachweis über die Summierung der Ausnutzungsgrade der Haupt- und Nebentragebene und Vergleich mit dem Nachweiskriterium Δn_R .

Momentenverlauf M_z	q_{Mz}
	$q_{Mz} = 0.21 \cdot (1 - \psi_z) + 0.36 \cdot (0.33 - \psi_z) \cdot \frac{1}{\alpha_{crit}} \leq \frac{1}{\alpha_{crit}}$
	$q_{Mz} = \frac{1}{\alpha_{crit}} \cdot \left(1 - \frac{\pi^2 EI_z \cdot \max \delta_y }{l^2 \cdot \max M_{z,Ed} } \right)$
	Dabei ist $\max \delta_y $ die größte Querbiegeverformung und $\max M_{z,Ed} $ das größte Querbiegemoment entlang der Bauteillängsachse.
	$q_{Mz} = 0.18 \cdot \frac{1}{\alpha_{crit}}$
	$q_{Mz} = 0.03 \cdot \frac{1}{\alpha_{crit}}$

Bild 2.12: Bestimmung des Momentenbeiwerts q_{Mz}

Die Schaltflächen im Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Funktion
	Stellt die programmseitigen Voreinstellungen wieder her
	Liest benutzerdefinierte Standardeinstellungen ein
	Speichert geänderte Einstellungen als Standard
	Löscht einen benutzerdefinierten Nationalen Anhang

Tabelle 2.2: Schaltflächen im Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs*

Nichtrostender Stahl (EN 1993-1-4)

RF-STAHL EC3 ermöglicht auch die Bemessung von Bauteilen aus nichtrostendem Stahl gemäß EN 1993-1-4 [3].

Im Register des Dialogs *Parameter des Nationalen Anhangs* sind die *Teilsicherheitsbeiwerte* und *Parameter für den Stabilitätsnachweis* hinterlegt.

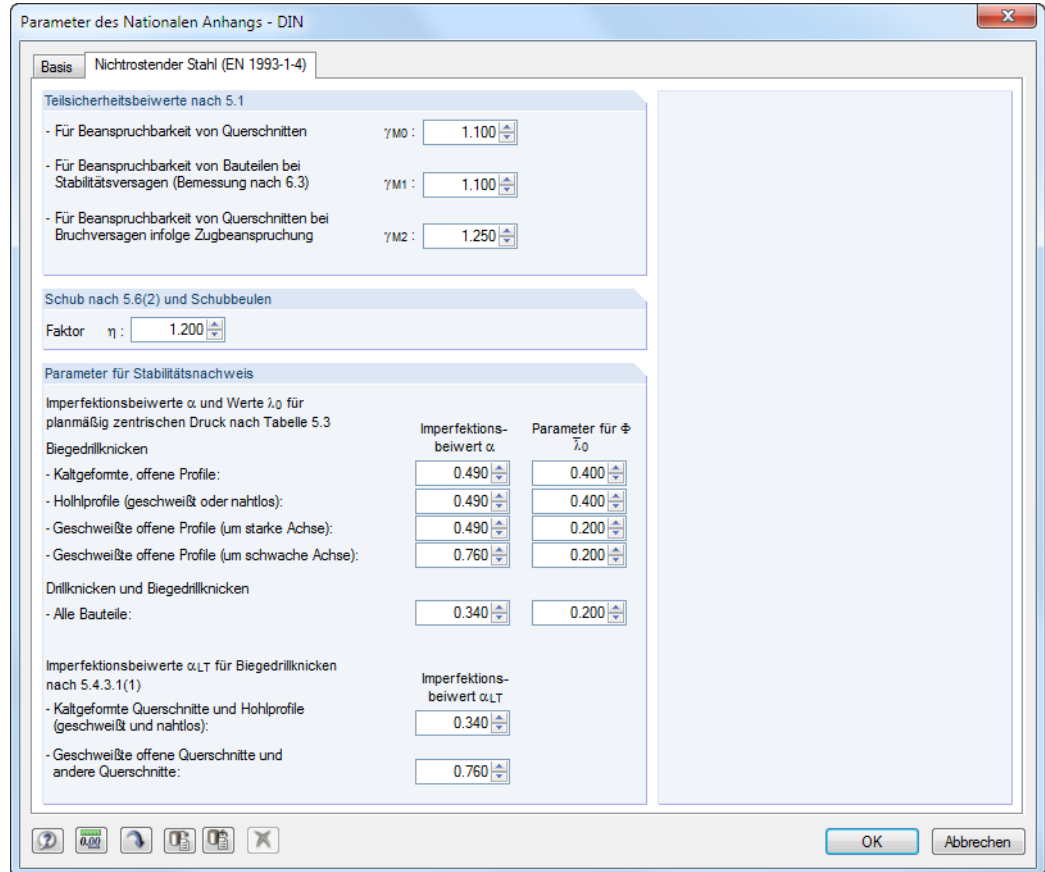


Bild 2.13: Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs - DIN*, Register *Nichtrostender Stahl (EN 1993-1-4)*

2.2 Materialien

Diese Maske ist zweigeteilt. Im oberen Abschnitt sind alle Materialien aufgelistet, die in RFEM angelegt wurden. Im Abschnitt *Materialkennwerte* werden die Eigenschaften des aktuellen Materials angezeigt, d. h. des Materials, dessen Zeile im oberen Abschnitt selektiert ist.

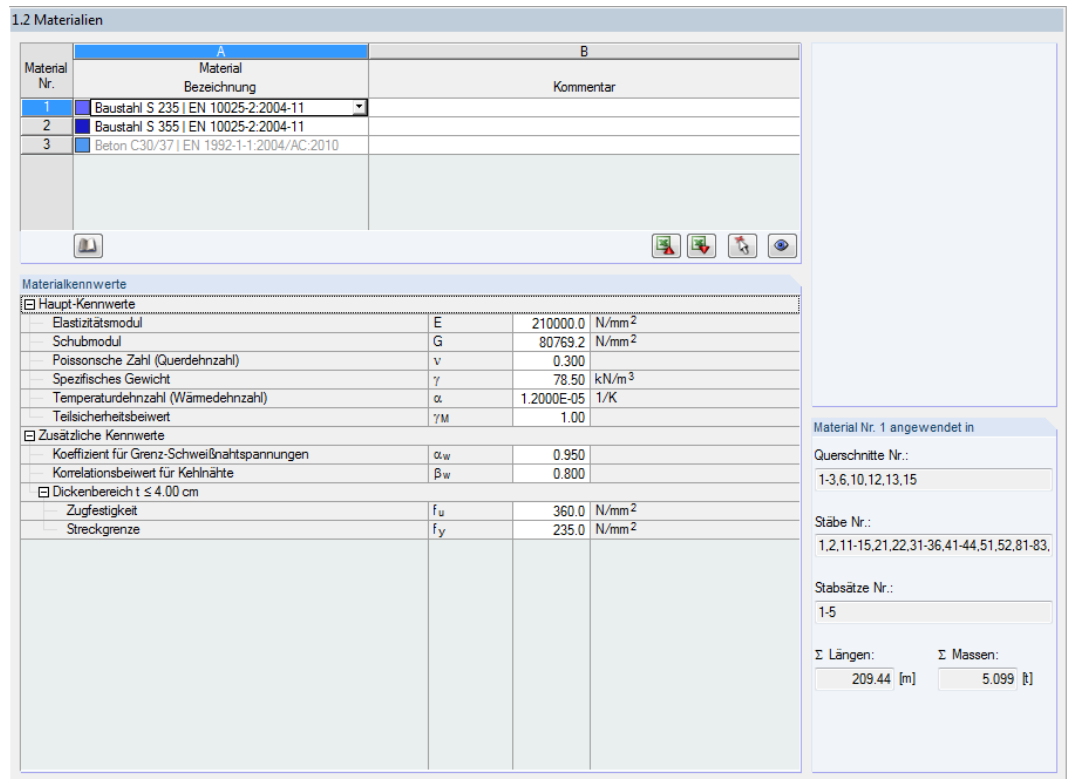


Bild 2.14: Maske 1.2 *Materialien*

Materialien, die bei der Bemessung nicht benutzt werden, erscheinen in grauer Schrift. Unzulässige Materialien sind in roter Schrift, geänderte Materialien in blauer Schrift dargestellt.

Das Kapitel 4.3 des RFEM-Handbuchs beschreibt die Materialkennwerte, die zur Ermittlung der Schnittgrößen benutzt werden (*Hauptkennwerte*). In der globalen Materialbibliothek sind auch die Eigenschaften der Materialien gespeichert, die für die Bemessung benötigt werden. Diese Werte sind voreingestellt (*Zusätzliche Kennwerte*).

Die Einheiten und Nachkommastellen der Kennwerte und Spannungen lassen sich über Menü **Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen** anpassen (siehe [Kapitel 7.3, Seite 75](#)).

Materialbezeichnung

Die in RFEM definierten Materialien sind voreingestellt, können aber jederzeit geändert werden: Klicken Sie das Material in Spalte A an und setzen so das Feld aktiv. Dann klicken Sie auf die Schaltfläche oder betätigen die Funktionstaste [F7], um die Materialliste zu öffnen.

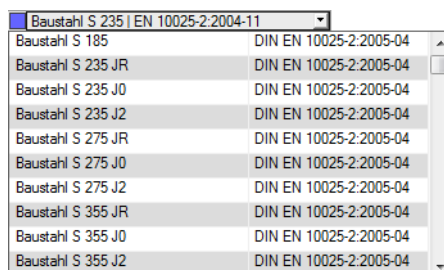


Bild 2.15: Liste der Materialien

Gemäß Bemessungskonzept der Norm [1] sind nur Materialien der Kategorie *Stahl* wählbar.

Nach der Übernahme werden die bemessungsrelevanten *Materialkennwerte* aktualisiert.

Wenn die Materialbezeichnung manuell geändert wird und der Eintrag in der Materialbibliothek verzeichnet ist, liest RF-STAHl EC3 ebenfalls die Materialkennwerte ein.

Die Materialeigenschaften sind im Modul RF-STAHl EC3 grundsätzlich nicht editierbar.

Materialbibliothek

Viele Materialien sind in einer Datenbank hinterlegt. Diese wird aufgerufen über das Menü

Bearbeiten → **Materialbibliothek**



oder die links dargestellte Schaltfläche.

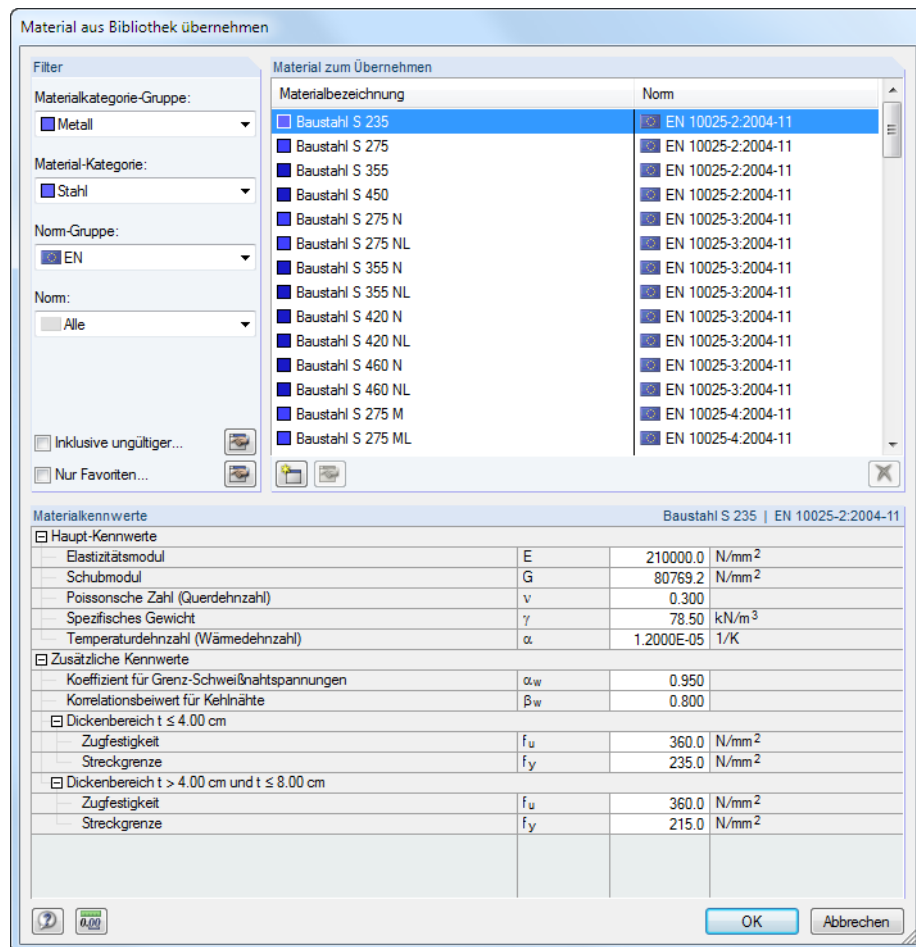
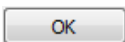


Bild 2.16: Dialog *Material aus Bibliothek übernehmen*

Im Abschnitt *Filter* ist die Materialkategorie *Stahl* voreingestellt. Die gewünschte Materialgüte kann in der *Material zum Übernehmen* ausgewählt werden; die Kennwerte lassen sich im unteren Abschnitt überprüfen.



Mit [OK] oder [↵] wird das gewählte Material in die Maske 1.2 von RF-STAHl EC3 übergeben.

Das Kapitel 4.3 des RFEM-Handbuchs beschreibt, wie Materialien gefiltert, ergänzt oder neu sortiert werden können.

In der Bibliothek stehen auch Materialien der Kategorien *Gusseisen* und *Nichtrostender Stahl* zur Auswahl. Bitte prüfen Sie jedoch für Ihre Nachweise, ob diese Materialien vom Bemessungskonzept der Norm [1] abgedeckt sind.

2.3 Querschnitte

Diese Maske verwaltet die Querschnitte, die für die Bemessung verwendet werden. Zudem können Optimierungsparameter vorgegeben werden.

1.3 Querschnitte

Quersch. Nr.	A	B	C	D	E	F	G
Material Nr.	Querschnittsbezeichnung	Querschnittstyp für Klassifizierung	Querschnittsklassifizierung	Optimieren	Anmerkung	Kommentar	
1	1	I IPE 400	I-Profil gewalzt	Automatisch	Nein	5)	
2	1	I IPE 300 DIN 1025-5-1	I-Profil gewalzt	Automatisch	Aus der aktuellen Reih...	2)	
3	1	± ICU IPE 300 + IPE 300	Allgemein	Automatisch	Nein	3)	
4	1	± ICU IPE 300 + IPE 300	Allgemein	Automatisch	Aus der aktuellen Reihe	3)	
5	2	I IPE 360 DIN 1025-5-1	I-Profil gewalzt	Automatisch	Aus Favoriten 'DIN'	5)	
6	1	I HEA 140	I-Profil gewalzt	Automatisch	Nein	5)	
7	1	I HEA 200	I-Profil gewalzt	Automatisch	Nein	5)	
8	1	RO 101 6x5 (kaltgefertigt)	Rohr	Automatisch	Nein	5)	
9	1	I IPE 200 DIN 1025-5-1	I-Profil gewalzt	Automatisch	Nein	5)	
10	1	• RD 20 DIN 1013-1	Allgemein	Automatisch	Nein	5)	

2) Der Querschnitt wird optimiert, d.h. das best ausgenutzte Profil der Reihe wird herausgesucht!

Querschnittswerte - IPE 300 | DIN 1025-5-1994

Querschnittsklasse	h	b	t _w	t _f	r	A	A _{v,y}	A _{v,z}	I _y	I _z	I _t	l _y	l _z	W _{el,y}	W _{el,z}	W _{pl,y}
I-Profil gewalzt	300.0	150.0	7.1	10.7	15.0	53.80	33.67	25.67	8360.00	604.00	20.20	125.0	33.5	557.00	80.50	628.00

Querschnitt Nr. 2 angewendet in

Stabe Nr.: 4,8,9,11-13,17,21,30,34,43,47,57-60

Stabsätze Nr.: 1-4

Σ Längen: 45.86 [m] Σ Massen: 1.937 [t]

Material: 1 - Baustahl S 235

Bild 2.17: Maske 1.3 Querschnitte

Querschnittsbezeichnung

Die in RFEM definierten Querschnitte sind voreingestellt, ebenso die zugeordneten Materialnummern.



Um einen Querschnitt zu ändern, klicken Sie den Eintrag in Spalte B an und setzen so das Feld aktiv. Mit der Schaltfläche [Querschnittsbibliothek] oder im Feld bzw. der Taste [F7] rufen Sie dann die Profilliste des aktuellen Eingabefeldes auf (siehe folgendes Bild).



In diesem Dialog kann ein anderer Querschnitt oder auch eine andere Reihe gewählt werden. Soll eine ganz andere Querschnittskategorie verwendet werden, so ist über die Schaltfläche [Zur Bibliothek zurückkehren] die allgemeine Profilliste zugänglich.

Das Kapitel 4.13 des RFEM-Handbuchs beschreibt, wie Querschnitte in der Bibliothek ausgewählt werden können.

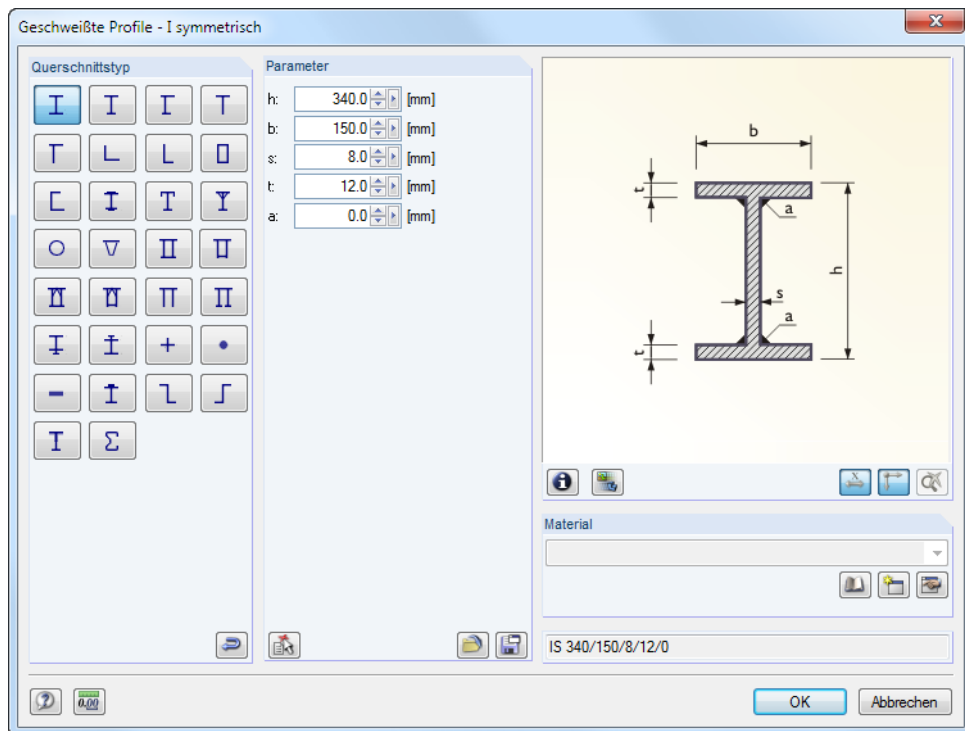
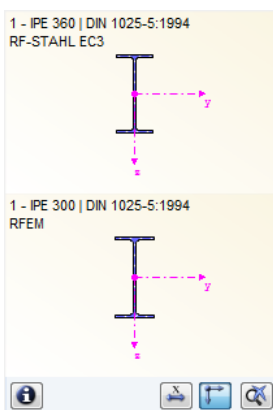


Bild 2.18: IS-Profilreihe der Querschnittsbibliothek



Die neue Querschnittsbezeichnung kann auch direkt in das Eingabefeld eingetragen werden. Wenn der Eintrag in der Datenbank verzeichnet ist, liest RF-STAHL EC3 die Querschnittskennwerte ein.

Ein geänderter Querschnitt wird mit blauer Schrift gekennzeichnet.

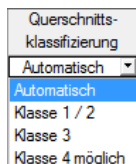
Falls unterschiedliche Querschnitte in RF-STAHL EC3 und in RFEM vorliegen, zeigt die Grafik rechts in der Maske beide Profile an. Die Nachweise erfolgen mit den RFEM-Schnittgrößen für den in RF-STAHL EC3 gewählte Querschnitt.

Querschnittstyp für Klassifizierung

Es wird der Querschnittstyp angegeben, der für die Klassifizierung verwendet wird. Die in [1] Tabelle 5.2 aufgelisteten Querschnitte können je nach Klasse plastisch oder elastisch bemessen werden. Querschnitte, die nicht von dieser Tabelle abgedeckt sind, werden als *Allgemein* eingestuft. Diese können nur elastisch bemessen werden (Klasse 3 oder 4).

Klassifizierung

RF-STAHL EC3 nimmt die Klassifizierung *Automatisch* vor. Falls dies nicht gewünscht ist, kann die Querschnittsklasse über die Liste manuell festgelegt werden.



Max. Ausnutzung

Diese Spalte wird nach der Berechnung angezeigt. Sie bietet eine Entscheidungshilfe für die Optimierung: Anhand der Nachweisquotienten und farbigen Relationsbalken wird deutlich, welche Profile wenig ausgenutzt und überdimensioniert bzw. überlastet und unterdimensioniert sind.

Optimieren

Jeder Querschnitt der Bibliothek kann einen Optimierungsprozess durchlaufen: Es wird für die RFEM-Schnittgrößen das Profil gesucht, das einer benutzerdefinierten Höchstauslastung am nächsten kommt. Diese kann im Register *Diverse* des *Details*-Dialogs festgelegt werden (siehe Bild 3.8, Seite 48).

Um einen Querschnitt zu optimieren, ist die Liste in Spalte D bzw. E zu öffnen und der gewünschte Eintrag auszuwählen: *Aus der aktuellen Reihe* oder ggf. *Aus Favoriten*, *Bezeichnung*. Empfehlungen zur Profilloptimierung finden Sie im [Kapitel 7.2](#) auf [Seite 73](#).

Anmerkung

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



Erscheint vor der Berechnung die Meldung *Unzulässiger Querschnitt Nr. XX*, so liegt ein Profil vor, das nicht in der Datenbank registriert ist. Dabei kann es sich um einen eigendefinierten oder nicht berechneten DUENQ-Querschnitt handeln. Über die [Bibliothek] kann ein geeignetes Profil für die Bemessung eingestellt werden (siehe Beschreibung nach [Bild 2.17](#)).

Stab mit Voutenquerschnitt

Bei gevouteten Stäben mit unterschiedlichen Profilen am Stabanfang und Stabende werden beide Querschnittsnummern gemäß der Definition in RFEM in zwei Zeilen angegeben.

RF-STAHL EC3 bemisst auch Voutenstäbe, wenn für den Anfangs- und Endquerschnitt die gleiche Anzahl an Spannungspunkten vorliegt. Die Normalspannungen beispielsweise werden aus den Trägheitsmomenten und den Schwerpunktabständen der Spannungspunkte ermittelt. Gibt es für den Anfangs- und Endquerschnitt eines Voutenstabes eine unterschiedliche Anzahl an Spannungspunkten, so können die Zwischenwerte nicht interpoliert werden. Die Berechnung ist weder in RFEM noch in RF-STAHL EC3 möglich.



Die Profil-Spannungspunkte mitsamt Nummerierung lassen sich grafisch überprüfen: Selektieren Sie in Maske 1.3 den Querschnitt und drücken dann die Schaltfläche [Info]. Es öffnet sich der im [Bild 2.19](#) gezeigte Dialog.

Info über Querschnitt



Im Dialog *Info über Querschnitt* können die Querschnittskennwerte, Spannungspunkte und c/t -Querschnittsteile eingesehen werden.

Querschnittswert-Bezeichnung	Symbol	Wert	Einheit
Profilhöhe	h	360.0	mm
Profilbreite	b	300.0	mm
Stegdicke	t _s	12.5	mm
Flanschdicke	t _g	22.5	mm
Ausrundungsradius	r	27.0	mm
Querschnittsfläche	A	181.00	cm ²
Schubfläche	A _y	112.63	cm ²
Schubfläche	A _z	39.80	cm ²
Wirksame Schubfläche nach EC 3	A _{v,y}	139.94	cm ²
Wirksame Schubfläche nach EC 3	A _{v,z}	60.96	cm ²
Stegfläche	A _{Steg}	39.40	cm ²
Plastische Schubfläche	A _{pl,y}	135.00	cm ²
Plastische Schubfläche	A _{pl,z}	42.19	cm ²
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grad)	I _y	43190.00	cm ⁴
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grad)	I _z	10140.00	cm ⁴
Trägheitsradius	i _y	155.0	mm
Trägheitsradius	i _z	74.9	mm
Polarer Trägheitsradius	i _p	172.1	mm
Trägheitsradius des Gurtquerschnitts (1/5 s)	i _{zg}	80.3	mm
Volumen	V	18100.0	cm ³ /m
Querschnittsgewicht	G	142.1	kg/m
Mantelfläche	U	1.850	m ² /m
Profiffaktor	A _m /V	102.210	1/m
Torsionsträgheitsmoment	I _t	293.00	cm ⁴
Wölbwiderstand	I _ω	2.883E+06	cm ⁶
Widerstandsmoment	W _{..}	2400.00	cm ³

The diagram on the right shows the HE B 360 I-beam cross-section with dimensions: height 360.0 mm, flange width 300.0 mm, flange thickness 22.5 mm, web thickness 12.5 mm, and fillet radius 27.0 mm. The y and z axes are indicated.

Bild 2.19: Dialog *Info über Querschnitt*

Die Schaltflächen unterhalb der Querschnittsgrafik sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Funktion
	Blendet die Spannungspunkte ein oder aus
	Blendet die c/t -Querschnittsteile ein oder aus
	Blendet die Nummern der Spannungspunkte bzw. c/t -Teile ein oder aus
	Zeigt die Details der Spannungspunkte bzw. c/t -Teile an (siehe Bild 2.20)
	Schaltet die Bemaßung des Querschnitts ein oder aus
	Schaltet die Hauptachsen des Querschnitts ein oder aus
	Stellt die Gesamtansicht des Querschnitts wieder her

Tabelle 2.3: Schaltflächen der Querschnittsgrafik



Über die [Details]-Schaltflächen können spezifische Informationen zu den Spannungspunkten (Schwerpunktabstände, statische Momente, Wölbordinaten etc.) und c/t -Teilen abgerufen werden.

Spannungspunkte von HE B 260 | DIN 1025-2:1995

SpannP Nr.	A Koordinaten		C Statische Momente		E Dicke t [mm]	F Wölbung	
	y [mm]	z [mm]	S_y [cm ³]	S_z [cm ³]		ω [cm ²]	$A\omega$ [cm ⁴]
1	-130.0	-130.0	0.00	0.00	17.5	157.63	0.00
2	-29.0	-130.0	-213.95	-140.47	17.5	35.16	-1703.76
3	0.0	-130.0	-280.04	-148.63	17.5	0.00	-1792.98
4	29.0	-130.0	-213.95	140.47	17.5	-35.16	1703.76
5	130.0	-130.0	0.00	0.00	17.5	-157.63	0.00
6	-130.0	130.0	0.00	0.00	17.5	-157.63	0.00
7	-29.0	130.0	-214.31	140.52	17.5	-35.16	-1703.76
8	0.0	130.0	-280.04	148.63	17.5	0.00	-1792.98
9	29.0	130.0	-214.31	-140.52	17.5	35.16	1703.76
10	130.0	130.0	0.00	0.00	17.5	157.63	0.00
11	0.0	-88.5	-599.75	0.00	10.0	0.00	0.00
12	0.0	88.5	-600.56	0.00	10.0	0.00	0.00
13	0.0	0.0	-638.91	0.00	10.0	0.00	0.00

HE B 260

Schließen

Bild 2.20: Dialog Spannungspunkte von HE B 260



Falls es die Situation erfordert, können die Knicklinien in der *Querschnittswerte*-Tabelle der Maske 1.3 *Querschnitte* auch geändert werden. Diese Funktion ist in folgendem DLUBAL-Blog beschrieben: <https://www.dlubal.com/blog/8680>

2.4 Zwischenabstützungen

In Maske 1.4 können seitliche Zwischenlager für Stäbe definiert werden. RF-STAHL EC3 nimmt diese Lagerung immer senkrecht zur schwachen Achse z des Querschnitts an (siehe Bild 2.19). Dadurch lassen sich die effektiven Längen der Stäbe beeinflussen, die für die Stabilitätsuntersuchungen auf Biegedrillknicken und Biegeknicken (nur bei Lagertyp *Gabellagerung*) von Bedeutung sind.

1.4 Seitliche Zwischenlager

Stab Nr.	A Seitenlager	B Lager-typ	C Länge L [m]	D Anzahl	E x1	F x2	G x3	H x4	I x5	J x6	K x7	L x8	M x9
14	<input type="checkbox"/>		3.262										
15	<input checked="" type="checkbox"/>	Gabellagerung	6.274	2	0.400	0.750							
33	<input type="checkbox"/>		3.000										
34	<input type="checkbox"/>		3.546										
35	<input type="checkbox"/>		3.000										
36	<input checked="" type="checkbox"/>	Oberer Flansch	4.094	1	0.500								
41	<input type="checkbox"/>		3.011										
42	<input type="checkbox"/>		3.262										
43	<input checked="" type="checkbox"/>	Benutzerdefiniert	6.274	1	0.500								
51	<input type="checkbox"/>		3.000										

Relativ (0 ... 1)

Einstellungen - Stab Nr. 43

Querschnitt		2 - IPE 300 DIN 1025-5:1994
Seitenlager vorhanden		<input checked="" type="checkbox"/>
Stablänge	L	6.274 m
Anzahl seitlicher Zwischenlager	n	1
Ort des seitlichen Lagers Nr. 1	x1	0.500
Lagertyp		Benutzerdefiniert
Seitenstützung in y	ψ_y	<input checked="" type="checkbox"/>
Einspannung um x	ϕ_x	<input checked="" type="checkbox"/>
Exzentrizität	e_z	-124,3 mm

Eingaben zuordnen Stäben Nr.: Alle

Bild 2.21: Maske 1.4 Zwischenabstützungen

Der obere Teil der Maske ermöglicht es, bis zu neun seitliche Lager je Stab anzuordnen. Im Abschnitt *Einstellungen* werden die Eingaben für den oben selektierten Stab als Spaltenübersicht angezeigt.

Um die Zwischenstützungen eines Stabes zu definieren, ist in Spalte A das Kontrollfeld *Seitenlager* anzuhaken. Mit der Schaltfläche kann der Stab grafisch ausgewählt werden, um dessen Zeile zu aktivieren. Mit dem Setzen des Häkchens sind die übrigen Spalten zur Eingabe der Parameter zugänglich.

Lager-typ
Gabellagerung
Gabellagerung
Seitlich (unterer Flansch)
Seitlich (oberer Flansch)
Benutzerdefiniert

In Spalte B kann der *Lagertyp* in der Liste ausgewählt werden. Es ist eine *Gabellagerung* voreingestellt. Zwischenabstützungen können aber auch am unteren oder oberen Flansch angeordnet werden. Mit der Option *Benutzerdefiniert* lassen sich die Lagerparameter (Stützung in Richtung der Stabachse y , Einspannung um Stablängsachse x , Exzentrizität der Stützung) im Abschnitt *Einstellungen* individuell vorgeben.

In Spalte D ist die *Anzahl* der Zwischenabstützungen festzulegen. Je nach Vorgabe sind eine oder mehrere der folgenden Spalten *Zwischenabstützungen* zur Definition der x -Stellen zugänglich.

Relativ (0 ... 1)

Ist das Kontrollfeld *Relativ (0 ... 1)* angehakt, so können die Lagerpunkte über Relativangaben definiert werden: Die Stellen der Zwischenabstützungen ergeben sich aus der Stablänge und den relativen Abständen vom Stabanfang. Die Abstände können auch über Streckenangaben festgelegt werden, wenn das Kontrollfeld *Relativ (0 ... 1)* deaktiviert ist.



Bei Kragträgern sind Zwischenabstützungen zu vermeiden, da sie den Stab für die Berechnung in Segmente teilen. Dadurch würden bei Kragträgern einseitig gabelgelagerte Segmente entstehen, die statisch unterbestimmt sind (*Gabellagerung* jeweils nur an einem Ende).

2.5 Effektive Längen - Stäbe

Diese Maske ist zweigeteilt. Die Tabelle im oberen Abschnitt enthält zusammenfassende Angaben zu den Knick- und Biegedrillknicklängenbeiwerten und den Ersatzstablängen der nachzuweisenden Stäbe. Die in RFEM definierten Knicklängen sind voreingestellt. Im Abschnitt *Einstellungen* werden weitere Informationen zu dem Stab angezeigt, dessen Zeile im oberen Abschnitt selektiert ist.

Mit der Schaltfläche kann ein Stab grafisch ausgewählt werden, um dessen Zeile zu zeigen. Änderungen sind sowohl in der Tabelle als auch im *Einstellungen*-Baum möglich.

1.5 Effektive Längen - Stäbe

Stab Nr.	Knicken		Knicken um Achse y		Knicken um Achse z			Biegedrillknicken					Kommentar	
	Möglich		Möglich	$k_{or,y}$	$L_{or,y}$ [m]	Möglich	$k_{or,z}$	$L_{or,z}$ [m]	Möglich	k_z	k_w	L_w [m]		L_T [m]
1	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.000	6.000	
2	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.000	6.000	
11	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	4.040	24.240	<input checked="" type="checkbox"/>	1.086	3.258	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	3.000	3.000	
12	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	3.855	23.130	<input checked="" type="checkbox"/>	1.036	3.108	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	3.000	3.000	
21	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000		<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0			
22	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000		<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0			
31	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	3.000	3.000	
32	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	3.000	3.000	
44	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.274	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.274	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.274	6.274	
51	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	3.000	3.000	

Einstellungen - Stab Nr. 1

Querschnitt	1 - IPE 300 DIN 1025-5:1994	
Länge	L	6.000 m
Knicken möglich		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Knicken um Achse y möglich		<input checked="" type="checkbox"/>
Knicklängenbeiwert	$k_{or,y}$	1.000
Knicklänge	$L_{or,y}$	6.000 ... m
<input type="checkbox"/> Knicken um Achse z möglich		<input checked="" type="checkbox"/>
Knicklängenbeiwert	$k_{or,z}$	1.000
Knicklänge	$L_{or,z}$	6.000 m
<input type="checkbox"/> Biegedrillknicken möglich		<input checked="" type="checkbox"/>
Knicklängenbeiwert (Lagerungsart)	k_z	1.0
Kipplängenbeiwert (Lagerungsart)	k_w	1.0
BGDK-Länge	L_w	6.000 m
Drilllänge	L_T	6.000 m
Kommentar		

Eingaben zuordnen Stäben Nr.:

[mm]

Bild 2.22: Maske 1.5 Effektive Längen - Stäbe

Die effektiven Längen für das Knicken um die schwache Achse z werden automatisch mit Maske 1.4 *Zwischenabstützungen* abgeglichen. Falls die Zwischenabstützungen den Stab in unterschiedlich lange Segmente teilen, wird in den Spalten G, K und L der Maske 1.5 kein Wert angegeben.

In der Tabelle und im *Einstellungen*-Baum können die effektiven Längen manuell angegeben oder über die Schaltfläche grafisch im Arbeitsfenster festgelegt werden. Diese Schaltfläche ist zugänglich, wenn sich der Cursor im Eingabefeld befindet (siehe Bild oben).

Der *Einstellungen*-Baum verwaltet folgende Parameter:

- *Querschnitt*
- *Länge des Stabes*
- *Knicken möglich* für den Stab (entspricht Spalten B, E und H)
- *Knicken um Achse y* (entspricht Spalten C und D)
- *Knicken um Achse z* (entspricht Spalten F und G)
- *Biegedrillknicken* (entspricht Spalten I bis K)

Hier kann für den aktuellen Stab festgelegt werden, ob generell ein Knick- oder ein Biegedrillknicknachweis erfolgen soll. Ferner lassen sich der *Knicklängenbeiwert* und der *Kipplängenbeiwert* für

die jeweiligen Richtungen anpassen. Bei der Änderung eines Beiwerts wird die Ersatzstablänge automatisch angepasst – und umgekehrt.



Die Knicklänge eines Stabes lässt sich auch in einem separaten Dialog festlegen, der über die links gezeigt Schaltfläche zugänglich ist. Sie befindet sich unterhalb der Tabelle.

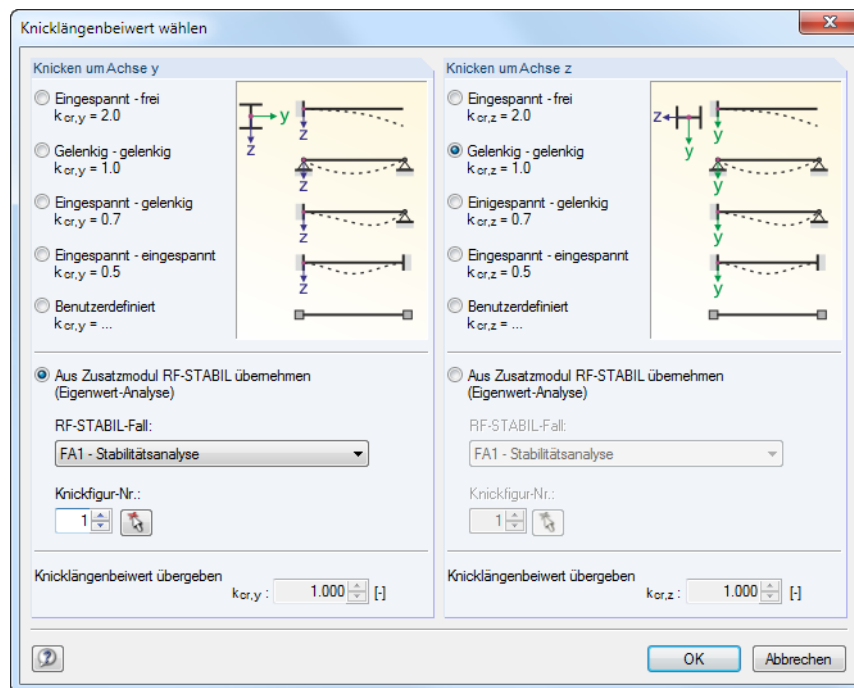


Bild 2.23: Dialog *Knicklängenbeiwert wählen*

Für jede Richtung kann man einen der vier Eulerfälle auswählen oder den Knicklängenbeiwert *Benutzerdefiniert* vorgeben. Falls im Zusatzmodul RF-STABIL eine Eigenwertanalyse durchgeführt wurde, kann auch eine *Knickfigur* zur Bestimmung des Beiwerts festgelegt werden.

Knicken möglich

Die Stabilitätsnachweise auf Biegeknicken und Biegedrillknicken setzen voraus, dass Druckkräfte aufgenommen werden können. Stäbe, bei denen dies wegen des Stabtyps nicht möglich ist (z. B. Zugstäbe, elastische Bettungen, starre Kopplungen), sind deshalb von vornherein vom Nachweis ausgenommen. Die Zeilen sind ausgegraut und in der Spalte *Kommentar* wird ein entsprechender Hinweis angezeigt.

Die Kontrollfelder *Knicken möglich* in Tabellenspalte A und im *Einstellungen*-Baum bieten eine Steuerungsmöglichkeit für die Stabilitätsnachweise: Sie regeln, ob diese Nachweise für einen Stab geführt werden oder unterbleiben.

Knicken um Achse y bzw. Achse z

Die Spalten *Möglich* steuern, ob eine Knickgefährdung um die Achse *y* und/oder *z* vorliegt. Diese Achsen sind die lokalen Stabachsen, wobei es sich bei der Achse *y* um die „starke“ und bei der Achse *z* um die „schwache“ Stabachse handelt. Die Knicklängenbeiwerte $k_{cr,y}$ und $k_{cr,z}$ für Knicken um die starke bzw. schwache Achse können frei gewählt werden.



Die Lage der Stabachsen kann in Maske 1.3 *Querschnitte* bei der Profilgrafik kontrolliert werden (siehe Bild 2.17, Seite 17). Über die Schaltfläche [Sichtmodus] ist auch das RFEM-Arbeitsfenster zugänglich. Dort können die lokalen Stabachsen über das Stab-Kontextmenü oder im *Zeigen*-Navigator eingeblendet werden.

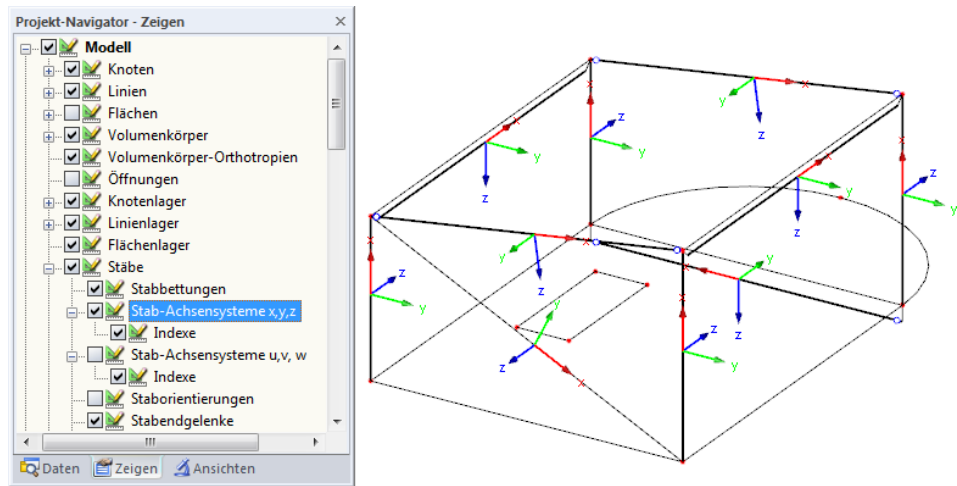
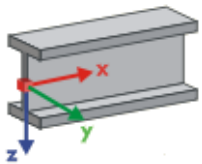


Bild 2.24: Aktivieren der Stabachsensysteme im Zeigen-Navigator von RFEM

Ist das Knicken um eine oder beide Stabachsen möglich, können die Knicklängenbeiwerte und Knicklängen in die Spalten C und D sowie F und G oder im *Einstellungen*-Baum eingetragen werden.

Über die Schaltfläche können die Knicklängen grafisch im Arbeitsfenster festgelegt werden. Diese Schaltfläche ist zugänglich, wenn sich der Cursor in einem L_{cr} -Eingabefeld befindet (siehe Bild 2.22).

Bei der Eingabe des Knicklängenbeiwerts k_{cr} wird die Knicklänge L_{cr} durch Multiplikation der Stablänge L mit dem Beiwert ermittelt. Die Eingabefelder k_{cr} und L_{cr} sind interaktiv.



Achsendefinition für k_z und k_w

Biegedrillknicken möglich

Die Spalte H steuert, für welche Stäbe eine Untersuchung auf Biegedrillknicken erfolgen soll.

Für die Ermittlung von M_{cr} nach der Eigenwertmethode wird ein internes Stabmodell mit vier Freiheitsgraden erzeugt. Diese Freiheitsgrade sind über die Beiwerte k_z und k_w zu definieren. Im Zusammenwirken der beiden Beiwerte lassen sich die Lagerungsbedingungen für Biegedrillknicken erfassen (z. B. Gabellagerung).

Knicklängenbeiwert k_z

k_z
1.0
1.0
0.7li
0.7re
0.5
2.0li
2.0re

Der Beiwert k_z steuert die seitliche Verschiebung u_y und die Verdrehung ϕ_z an den Stabenden.

$k_z = 1,0$ Behinderung der seitlichen Verschiebung u_y an beiden Stabenden

$k_z = 0,7li$ Behinderung der Verschiebung u_y an beiden Enden und Einspannung um z links

$k_z = 0,7re$ Behinderung der Verschiebung u_y an beiden Enden und Einspannung um z rechts

$k_z = 0,5$ Behinderung der Verschiebung u_y und Einspannung um z an beiden Stabenden

$k_z = 2,0li$ Behinderung der Verschiebung u_y und Einspannung um z links; rechtes Ende frei

$k_z = 2,0re$ Behinderung der Verschiebung u_y und Einspannung um z rechts; linkes Ende frei

Kipplängenbeiwert k_w

k_w
1.0
1.0
0.7li
0.7re
0.5
2.0li
2.0re

Der Beiwert k_w steuert die Torsion um die Stablängsachse ϕ_x und die Verwölbung ω .

$k_w = 1,0$ Behinderung der Verdrehung um x an beiden Stabenden; beidseits wölbfrei

$k_w = 0,7li$ Behinderung der Verdrehung um x an beiden Enden und Wölbeinspannung links

$k_w = 0,7re$ Behinderung der Verdrehung um x an beiden Enden und Wölbeinspannung rechts

$k_w = 0,5$ Torsions- und Wölbeinspannung an beiden Stabenden

$k_w = 2,0li$ Behinderung der Verdrehung um x und der Verwölbung ω links; rechtes Ende frei

$k_w = 2,0re$ Behinderung der Verdrehung um x und der Verwölbung ω rechts; linkes Ende frei



Die Abkürzungen *li* und *re* stehen für die linke und rechte Seite. Mit *li* werden stets die Lagerungsbedingungen am Anfang des Stabes beschrieben.



Eine Gabelagerung kann mit den Beiwerten $k_z = 1,0$ (Stützung in y bei freier Verdrehung um z) und $k_w = 1,0$ (Behinderung der Torsion um x bei freier Verwölbung) modelliert werden. Da das interne Stabmodell nur vier Freiheitsgrade benötigt, erübrigen sich weitere Randbedingungen.

Sollte die Biegedrillknicklänge L_w bzw. die Drillknicklänge L_T von der Stab- oder Knicklänge abweichen, können die Längen L_w und L_T in den Spalten K und L auch manuell definiert oder über die Schaltfläche grafisch festgelegt werden.

Kommentar

In der letzten Spalte können benutzerdefinierte Anmerkungen erfolgen, um z. B. die Ersatzstablängen zu erläutern.

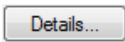
Eingaben zuordnen Stäben Nr.

Das Kontrollfeld *Eingaben zuordnen Stäben Nr.* befindet sich unterhalb der *Einstellungen*-Tabelle. Wird das Häkchen gesetzt, gelten die nachfolgend getroffenen Einstellungen für ausgewählte – manueller Eintrag der Stabnummern oder grafische Auswahl über – bzw. *Alle* Stäbe. Diese Option ist hilfreich, um mehreren Stäben die gleichen Randbedingungen zuzuweisen (siehe auch DLUBAL-Blog <https://www.dlubal.com/blog/11109>).



Bereits getroffene Einstellungen können mit dieser Funktion nicht nachträglich geändert werden.

2.6 Effektive Längen - Stabsätze



Diese Maske erscheint nur, wenn in Maske 1.1 *Basisangaben* mindestens ein Stabsatz zur Bemessung vorgegeben und im Dialog *Details* (siehe [Bild 3.2, Seite 43](#)) das *Ersatzstabverfahren* für Stabsätze gewählt wurde. In diesem Fall werden die Masken 1.7 und 1.8 nicht angezeigt. Die seitlichen Zwischenabstützungen können dann in Maske 1.4 über Teilungspunkte definiert werden.

1.6 Effektive Längen - Stabsätze

Stabsatz Nr.	Knicken um Achse y				Knicken um Achse z				Biegedrillknicken				Kommentar
	Möglich	Möglich	$k_{or,y}$	$L_{or,y}$ [m]	Möglich	$k_{or,z}$	$L_{or,z}$ [m]	Möglich	k_z	k_w	L_w [m]	L_T [m]	
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.000	6.000	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	12.548	<input type="checkbox"/>	1.000	12.548	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	12.548	12.548	
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	12.548	<input type="checkbox"/>	1.000	12.548	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	12.548	12.548	
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.546	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.546	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.546	6.546	
5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	7.094	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	7.094	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	7.094	7.094	

Einstellungen - Stabsatz Nr. 4

<input type="checkbox"/> Stabsatz	Stabsatz 4
<input type="checkbox"/> Querschnitt	10 - HE A 140 DIN 1025-3:1994
Länge	L 6.546 m
<input type="checkbox"/> Knicken möglich	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Knicken um Achse y möglich	<input checked="" type="checkbox"/>
Knicklängenbeiwert	$k_{or,y}$ 1.000
Knicklänge	$L_{or,y}$ 6.546 m
<input type="checkbox"/> Knicken um Achse z möglich	<input checked="" type="checkbox"/>
Knicklängenbeiwert	$k_{or,z}$ 1.000
Knicklänge	$L_{or,z}$ 6.546 m
<input type="checkbox"/> Biegedrillknicken möglich	<input checked="" type="checkbox"/>
Knicklängenbeiwert (Lagerungsart)	k_z 1.0
Kipplängenbeiwert (Lagerungsart)	k_w 1.0
BGDK-Länge	L_w 6.546 m
Drilllänge	L_T 6.546 m
Kommentar	

Eingaben zuordnen Sätzen Nr.: Alle

Bild 2.25: Maske 1.6 Effektive Längen - Stabsätze

Das Konzept dieser Maske entspricht dem der vorherigen Maske 1.5 *Effektive Längen - Stäbe*. Hier können die effektiven Längen für das Knicken um die beiden Hauptachsen des Stabsatzes wie im [Kapitel 2.5](#) beschrieben eingegeben werden.

2.7 Knotenlager - Stabsätze

Diese Maske wird angezeigt, wenn in Maske 1.1 *Basisangaben* mindestens ein Stabsatz zur Bemessung ausgewählt wurde.

Details...

Die Stabilitätsuntersuchungen für Stabsätze erfolgen in der Regel mit dem allgemeinen Verfahren nach [1] Abschnitt 6.3.4. Ist jedoch im Dialog *Details* (siehe Bild 3.2, Seite 43) das *Ersatzstabverfahren* für Stabsätze gewählt, wird die Maske 1.7 nicht angezeigt. Seitliche Zwischenabstützungen können dann in Maske 1.4 über Teilungspunkte definiert werden.

1.7 Knotenlager - Stabsatz Nr. 5

Lager Nr.	A Knoten Nr.	B Lagerdrehung β [°]	C Seitenstützung u_y	D Einspannung ϕ_x ϕ_z		F Wölb- Einspannung ω [kNm ³]	G Exzentrizität e_x [mm] e_z [mm]		I Kommentar
1	29	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	14.418	200.0	0.0	Wölbfedern automatisch ermittelt
2	34	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	14.418	200.0	0.0	
3	38	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14.418	200.0	0.0	
4	32	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14.418	200.0	0.0	
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Einstellungen - Knotenlager Nr. 29

<input checked="" type="checkbox"/> Stabsatz	Stabsatz 5	
Querschnitt	5 - IPE 360 DIN 1025-5:1994	
Knoten mit Lager	Nr.	29
Lagerdrehung	β	0.00 °
Seitenstützung in Y	u_y	<input checked="" type="checkbox"/>
Einspannung um X	ϕ_x	<input checked="" type="checkbox"/>
Einspannung um Z	ϕ_z	<input checked="" type="checkbox"/>
Wölbeinspannung	ω	14.418 kNm ³
Exzentrizität	e_x	200.0 mm
Exzentrizität	e_z	0.0 mm
Kommentar	Wölbfedern automatisch ermittelt	

Bild 2.26: Maske 1.7 Knotenlager - Stabsätze



Die aktuelle Tabelle verwaltet die Randbedingungen des Stabsatzes, der links im Navigator selektiert ist!

Die in RFEM definierten Lagerungen wie z. B. Stützungen in Z bei einem Durchlaufträger sind in dieser Maske nicht relevant: Die Momenten- und Querkraftverläufe zur Bestimmung des Vergrößerungsfaktors werden automatisch aus RFEM eingelesen. Hier sind vielmehr die Lagerungsbedingungen festzulegen, die das Stabilitätsversagen (Knicken, Biegedrillknicken) beeinflussen.

Es sind Lager am Anfangs- und Endknoten des Stabsatzes voreingestellt. Weitere Lagerungen z. B. infolge anschließender Stäbe müssen manuell ergänzt werden. Mit der Schaltfläche können Knoten grafisch im RFEM-Arbeitsfenster ausgewählt werden.



Nach [1] Abschnitt 6.3.4 (1) können einfachsymmetrische Querschnitte nachgewiesen werden, die ausschließlich in ihrer Hauptebene belastet sind. Bei diesem Nachweisverfahren muss der Vergrößerungsfaktor $\alpha_{cr,op}$ des ganzen Stabsatzes bekannt sein. Zur Ermittlung des Faktors wird ein ebenes Stabwerk mit vier Freiheitsgraden je Knoten gebildet.



Bei der Knotenlagerdefinition ist die Ausrichtung der Achsen im Stabsatz von Bedeutung. Das Programm prüft die Lage der Knoten und legt gemäß Bild 2.27 bis Bild 2.30 intern die Achsen der Knotenlager für Maske 1.7 fest. Die Schaltfläche [Lokales Koordinatensystem] unterhalb der Modellgrafik ist hilfreich für die Orientierung: Damit kann der Stabsatz als Ausschnitt dargestellt werden, in dem die Achsen ersichtlich sind (siehe DLUBAL-Blog <https://www.dlubal.com/blog/9760>).

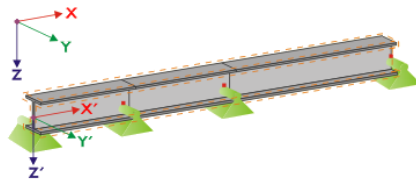


Bild 2.27: Hilfskoordinatensystem für Knotenlager – Gerader Stabsatz

Liegen alle Stäbe des Stabsatzes auf einer Geraden wie im Bild 2.27 gezeigt, so entspricht das lokale Koordinatensystem des ersten Stabes im Stabsatz dem Ersatzkoordinatensystem des Stabsatzes.

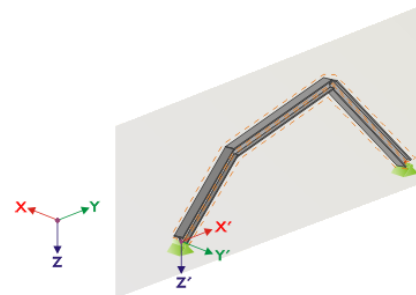


Bild 2.28: Hilfskoordinatensystem für Knotenlager – Stabsatz in vertikaler Ebene

Falls die Stäbe eines Stabsatzes nicht auf einer Geraden liegen, so müssen sie sich trotzdem in einer Ebene befinden. In Bild 2.28 ist dies eine vertikale Ebene. In diesem Fall ist die X' -Achse horizontal und in Richtung der Ebene ausgerichtet. Die Y' -Achse ist ebenfalls horizontal und rechtwinklig zur X' -Achse definiert. Die Z' -Achse zeigt senkrecht nach unten.

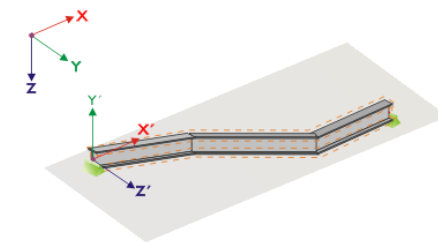


Bild 2.29: Hilfskoordinatensystem für Knotenlager – Stabsatz in horizontaler Ebene

Liegen die Stäbe des geknickten Stabsatzes in einer horizontalen Ebene, wird die X' -Achse parallel zur X -Achse des globalen Koordinatensystems definiert. Die Y' -Achse ist dann entgegengesetzt zur globalen Z -Achse und die Z' -Achse parallel zur globalen Y -Achse ausgerichtet.

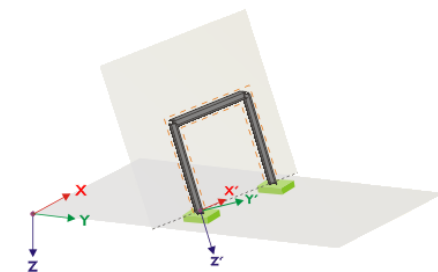


Bild 2.30: Hilfskoordinatensystem für Knotenlager – Stabsatz in geneigter Ebene

Bild 2.30 zeigt den allgemeinen Fall eines geknickten Stabsatzes: Die Stäbe liegen nicht auf einer Geraden, sondern in einer geneigten Ebene. Die Definition der X' -Achse ergibt sich aus der Verschneidungslinie zwischen geneigter Ebene und horizontaler Ebene. Die Y' -Achse ist dann rechtwinklig zur X' -Achse und senkrecht zur geneigten Ebene ausgerichtet. Die Z' -Achse wird rechtwinklig zur X' - und Y' -Achse definiert.

Die Schaltflächen unterhalb der Grafik sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Funktion
	Stellt Modell oder Systemskizze dar
	Zeigt Stäbe als 3D-Rendering oder Drahtmodell an
	Zeigt aktuellen Stabsatz oder ganzes Modell an
	Stellt nicht relevante Stäbe des Modells transparent oder opak dar
	Stellt Stabsatz mit lokalem Koordinatensystem oder ganzes Modell dar
	Zeigt Ansicht in Richtung der X -Achse
	Zeigt Ansicht entgegen der Y -Achse
	Zeigt Ansicht in Richtung der Z -Achse
	Stellt isometrische Ansicht dar

Tabelle 2.4: Schaltflächen der Querschnittsgrafik



Über die Schaltfläche [Wölbfeder bearbeiten] ist es möglich, die Konstante einer Wölbfeder vom Programm ermitteln zu lassen.

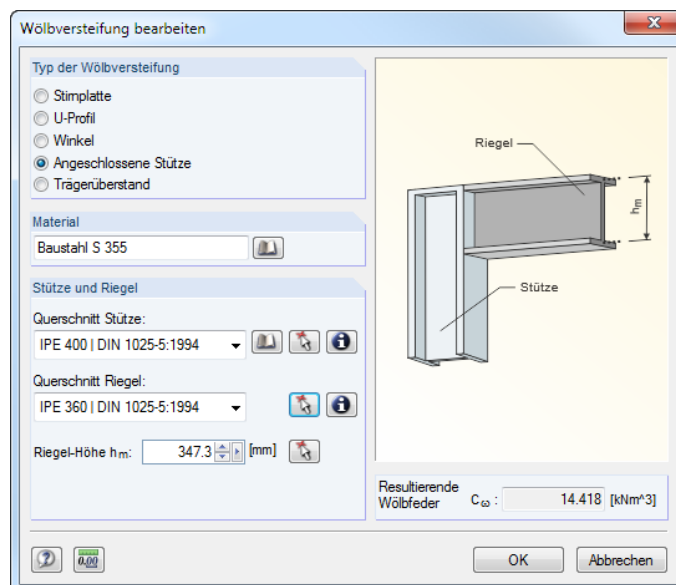


Bild 2.31: Dialog *Wölbversteifung bearbeiten*

Im Dialog *Wölbversteifung bearbeiten* stehen folgende Typen von Wölbversteifungen zur Auswahl:

- Stirnplatte
- U-Profil
- Winkel
- Angegeschlossene Stütze
- Trägerüberstand



Materialien und Querschnitte können über die Listen und [Bibliothek]-Schaltflächen ausgewählt werden. Mit der Schaltfläche ist auch eine grafische Auswahl im RFEM-Modell möglich.

RF-STAHLEC3 ermittelt aus den Parametern die *Resultierende Wölbfeder* C_{ω} , die dann mit [OK] in Maske 1.7 übernommen werden kann.

2.8 Stabendgelenke - Stabsätze

Diese Maske wird angezeigt, wenn in Maske 1.1 *Basisangaben* mindestens ein Stabsatz zur Bemessung ausgewählt wurde. Hier können Gelenke für Stäbe im Stabsatz definiert werden, die konstruktionsbedingt die in Maske 1.7 gesperrten Freiheitsgrade nicht als Schnittgrößen übertragen. Es ist darauf zu achten, dass im Zusammenwirken mit Maske 1.7 keine Doppelgelenke entstehen.



Details...

Die Tabelle verwaltet die Gelenkparameter des Stabsatzes, der links im Navigator selektiert ist.

Ist im Dialog *Details* (siehe Bild 3.2, Seite 43) das *Ersatzstabverfahren* für Stabsätze gewählt, so wird die Maske 1.8 nicht angezeigt. Die seitlichen Zwischenabstützungen können dann in Maske 1.4 durch Teilungspunkte definiert werden.

1.8 Stabendgelenke - Stabsatz Nr. 2 - Stabzug 2

Gelenk Nr.	A		B		C		D		E		F		G	
	Stab Nr.	Stab- Seite	Quergelenk V_y	Momentengelenk M_T	Momentengelenk M_z [kNm/rad]	Wölbgelenk M_{ω}	Kommentar							
1	15	Anfang	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>										
2	13	Ende	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15.000									
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

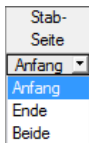
Einstellungen - Stab Nr. 13

<input type="checkbox"/> Stabsatz	Stabzug 2
<input type="checkbox"/> Stab 13	
<input type="checkbox"/> Anfang	3 - IPE 400 DIN 1025-5:1994
<input type="checkbox"/> Ende	2 - IPE 300 DIN 1025-5:1994
<input type="checkbox"/> Stab 14 - Querschnitt	2 - IPE 300 DIN 1025-5:1994
<input type="checkbox"/> Stab 15 - Querschnitt	2 - IPE 300 DIN 1025-5:1994
Stab mit Stabendgelenk	Nr. 13
Stabseite	Seite Ende
Querkraftgelenk in Richtung y	<input type="checkbox"/> V_y
Torsionsgelenk	<input type="checkbox"/> M_T
Momentengelenk um Achse z	<input checked="" type="checkbox"/> M_z 15.000 kNm/rad
Wölbgelenk	<input type="checkbox"/> M_{ω}
Kommentar	

Eingabe setzen für Gelenk Nr.:

Alle

Bild 2.32: Maske 1.8 Stabendgelenke - Stabsätze



In Spalte B ist anzugeben, an welcher *Stabseite* das Gelenk vorliegt bzw. ob beide Stabseiten gelenkig angeschlossen sind.

In den Spalten C bis F können die Gelenke oder Federkonstanten definiert werden, um das Stabsatzmodell mit den Lagerungsbedingungen der Maske 1.7 abzugleichen.

2.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter

Diese Eingabemaske steuert verschiedene Vorgaben für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit. Sie steht nur dann zur Verfügung, wenn im Register *Gebrauchstauglichkeit* der Maske 1.1 entsprechende Eingaben vorgenommen wurden (siehe [Kapitel 2.1.2, Seite 10](#)).

1.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter

Nr.	A Beziehen auf	B Stabsatz Nr.	C Manuell	D Bezugslänge L [m]	E Richtung	F Überhöhung w_c [mm]	G Trägertyp	H Kommentar
1	Stabsatz	2	<input type="checkbox"/>	12.548	y, z	0.0	Träger	
2	Stabsatz	5	<input type="checkbox"/>	7.094	y, z	0.0	Träger	
3	Stab	82	<input type="checkbox"/>	7.094	y, z	0.0	Träger	
4	Stab	81	<input checked="" type="checkbox"/>	4.546	y, z	0.0	Kragträger Ende frei	
5	Stab	83	<input checked="" type="checkbox"/>	4.546	y, z	0.0	Kragträger Ende frei	
6	Stab	15	<input type="checkbox"/>	6.274	y, z	0.0	Träger	
7	Stab	16	<input type="checkbox"/>	6.274	y/u, z/v	0.0	Träger	
8	Stab	25	<input type="checkbox"/>	6.274	y/u, z/v	0.0	Träger	
9	Stab	26	<input type="checkbox"/>	6.274	y/u, z/v	0.0	Träger	
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								

Bild 2.33: Maske 1.9 *Gebrauchstauglichkeitsparameter*

Beziehen auf

Spalte A steuert, ob die Verformung auf Einzelstäbe, Stablisten oder Stabsätze bezogen werden sollen.

In Spalte B sind die Nummern der nachzuweisenden Stäbe oder Stabsätze anzugeben bzw. über die Schaltfläche im RFEM-Arbeitsfenster grafisch auszuwählen. Die *Bezugslänge* erscheint dann automatisch in Spalte D. Dabei werden die Längen der Stäbe, Stabsätze oder Stablisten voreingestellt. Die Werte können nach Ankreuzen der Spalte C *Manuell* angepasst werden.

Richtung

In Spalte E ist die maßgebende *Richtung* für den Verformungsnachweis festzulegen. Es stehen die Richtungen der lokalen Stabachsen y und z (bzw. u und v bei unsymmetrischen Profilen) zur Auswahl.

Über Spalte F kann eine *Überhöhung* w_c berücksichtigt werden.

Trägertyp

Für den korrekten Ansatz der Grenzverformungen ist der *Trägertyp* von entscheidender Bedeutung. In Spalte G kann ausgewählt werden, ob ein Träger oder Kragträger vorliegt und welches Ende ohne Lager ist.

Die Vorgabe im Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit* steuert, ob die Verformungen auf das unverformte Ausgangssystem oder die verschobenen Stab- bzw. Stabsatzenden bezogen werden (siehe [Bild 3.3, Seite 45](#)).

2.10 Brandschutz - Stäbe

Diese Eingabemaske verwaltet die Brandschutzparameter. Sie steht nur dann zur Verfügung, wenn im Register *Brandschutz* der Maske 1.1 entsprechende Eingaben vorgenommen wurden (siehe Kapitel 2.1.3, Seite 11).

1.10 Brandschutz - Stäbe

Nr.	A Stab Nr.	B Brand- exposition	C Brand- schutz	D Schutz- typ	E Spez. Gewicht ρ_p [kg/m ³]	F Wärmeleitfähigkeit λ_p [W/K]	G Spezifische Wärmekapazität c_p [J/(kg*K)]	H Dicke d_p [mm]	I Kommentar
1	64	Alle Seiten	<input type="checkbox"/>	Profilfolgend	300.00	0.12	1200.00	10.00	
2	81-83	3 Seiten	<input checked="" type="checkbox"/>	Profilfolgend	300.00	0.12	1200.00	10.00	
3	39,59,60,109	3 Seiten	<input checked="" type="checkbox"/>	Kastenbekleidung	300.00	0.12	1200.00	10.00	
4	1,11	Alle Seiten	<input type="checkbox"/>	Profilfolgend	300.00	0.12	1200.00	10.00	
5	21,31	Alle Seiten	<input checked="" type="checkbox"/>	Profilfolgend	300.00	0.12	1200.00	10.00	
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									

Bild 2.34: Maske 1.10 Brandschutz - Stäbe

In Spalte A ist anzugeben, für welche Stäbe ein Brandschutznachweis geführt werden soll. Die Stäbe können über die Schaltfläche auch grafisch im RFEM-Arbeitsfenster ausgewählt werden.



Es sind nur Nachweise für Stäbe möglich, die in Maske 1.1 *Basisangaben* für die Bemessung vorgesehen sind (siehe Bild 2.2, Seite 7).

Brand-
exposition

Alle Seiten ▾

3 Seiten

Alle Seiten

Schutz-
typ

Profilfolgend ▾

Profilfolgend

Kastenbekleidung

Details...

In Spalte B ist die Anzahl der brandbeanspruchten Querschnittsseiten festzulegen. Die *Brandexposition* wirkt sich auf die Ermittlung der Profilfaktoren nach [2] Tabelle 4.2 und Tabelle 4.3 aus.

Falls eine Brandschutzbekleidung vorhanden ist, kann in Spalte D der *Schutztyp* ausgewählt werden. Es besteht die Auswahl zwischen einer profilfolgenden Bekleidung, die an die Geometrie des Querschnitts angepasst ist (z. B. Schutzanstrich oder Platten) und einer kastenförmigen Umkleidung des Querschnitts. Die Parameter sind dann in den Spalten E bis H anzugeben.

Die allgemeinen Parameter für den Brandschutznachweis werden im Dialog *Details*, Register *Brandschutz* verwaltet (siehe Bild 3.4, Seite 46).

Die Brandschutzbemessung mit RF-STAHL EC3 ist in folgendem DLUBAL-Blog vorgestellt: <https://www.dlubal.com/blog/1238>

2.11 Brandschutz - Stabsätze

Details...

Diese Maske erscheint nur, wenn in Maske 1.1 *Basisangaben* mindestens ein Stabsatz zur Bemessung vorgegeben wurde und im Register *Brandschutz* der Maske 1.1 entsprechende Eingaben vorliegen (siehe [Kapitel 2.1.3, Seite 11](#)).

1.11 Brandschutz - Stabsätze

Nr.	A Stabsatz Nr.	B Brand- exposition	C Brand- schutz	D Schutz- typ	E Rohdichte ρ_p [kg/m ³]	F Wärmeleitfähigkeit λ_p [W/m*K]	G Spez. Wärmekapazität c_p [J/(kg*K)]	H Dicke d_p [mm]	I Kommentar
1	1	Alle Seiten	<input type="checkbox"/>	Profifolgend	300.00	0.12	1200.00	10.00	
2	2	3 Seiten	<input checked="" type="checkbox"/>	Profifolgend	300.00	0.12	1200.00	10.00	
3	3.4	Alle Seiten	<input checked="" type="checkbox"/>	Kastenverkleidung	300.00	0.12	1200.00	12.00	
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									

Bild 2.35: Maske 1.11 *Brandschutz - Stabsätze*

Das Konzept dieser Maske entspricht dem der vorherigen Maske 1.10 *Brandschutz - Stäbe*. Hier können die Brandschutzparameter der relevanten Stabsätze wie im [Kapitel 2.10](#) beschrieben eingegeben werden.

2.12 Parameter - Stäbe

Diese Maske ermöglicht besondere Angaben zu Trägern, die durch Bleche oder Pfetten seitlich gestützt sind (siehe [6] Abschnitt 10.1 und 10.3).

Im oberen Abschnitt sind die zu bemessenden Stäbe mit den Parametern aufgelistet, die sich auf den Biegedrillknicknachweis auswirken. Die Parameter sind interaktiv zu den Angaben im Abschnitt *Einstellungen für Stab Nr.* unterhalb.

Rechts neben der *Einstellungen*-Tabelle werden Informationen oder Auswahlmöglichkeiten in Form von Grafiken angeboten. Sie erleichtern es, die Randbedingungen zu definieren. Die Anzeige wird über den aktuell gewählten Parameter gesteuert.

1.12 Parameter - Stäbe

Stab Nr.	A Schubfeld	B Drehbettung	C Querschnittsfläche Netto	D Kommentar
1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pfette
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Trapezblech
14	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Trapezblech
15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pfette
27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
28	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Einstellungen - Stab Nr. 14

Querschnitt		1 - IPE 400
<input type="checkbox"/> Schubfeld		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Schubfeldtyp		Trapezblech
Schubfeldlänge	I_s	20.000 m
Abstand der Riegel	s	5.000 m
Lage am Profil		Am Obergurt
<input type="checkbox"/> Trapezblech-Bezeichnung		FI + 100/275 - 1.00
Schubfeldwert	K_1	0.190 m/kN
Schubfeldwert	K_2	16.560 m ² /kN
Befestigungsart		Jede Rippe
<input type="checkbox"/> Drehbettung		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Drehbettungstyp		Kontinuierlich (z.B. Trapezblech)
<input type="checkbox"/> Materialien		Baustahl S 235
Elastizitätsmodul	E	21000.00 kN/cm ²
<input type="checkbox"/> Bezeichnung des Bauteils		FI + 100/275 - 1.00
Trapezblechdicke	t	1.000 mm
Trapezblechlage		Postivlage
Trägheitsmoment	I_s	198.00 cm ⁴ /m
Rippenabstand des Profilblechs	b_R	275.0 mm

Eingaben zuordnen Stäben Nr.: Alle

Schubfeld aus Trapezprofil

Bild 2.36: Maske 1.12 *Parameter - Stäbe*

Unterhalb der *Einstellungen*-Tabelle steht das Kontrollfeld *Eingaben zuordnen Stäben Nr.* zur Verfügung. Ist es aktiviert, gelten die anschließend getroffenen Einstellungen für ausgewählte – manueller Eintrag der Stabnummern oder grafische Auswahl über – bzw. *Alle* Stäbe. Diese Option ist hilfreich, um mehreren Stäben die gleichen Randbedingungen zuzuweisen.

In der Spalte *Kommentar* können benutzerdefinierte Anmerkungen erfolgen, um z. B. die für das Biegedrillknicken relevanten Parameter eines Stabes zu erläutern.

Querschnitt

Zur Information wird in dieser Spalte die Querschnittsbezeichnung angegeben. Bei einem Voutenstab erscheinen die Bezeichnungen des Anfangs- und Endprofils.

Schubfeld

Zur Eingabe der Schubfeld-Parameter ist das Kontrollfeld in Spalte A oder in der *Einstellungen*-Tabelle zu aktivieren.

Der Schubfeldtyp kann in der Liste ausgewählt werden.

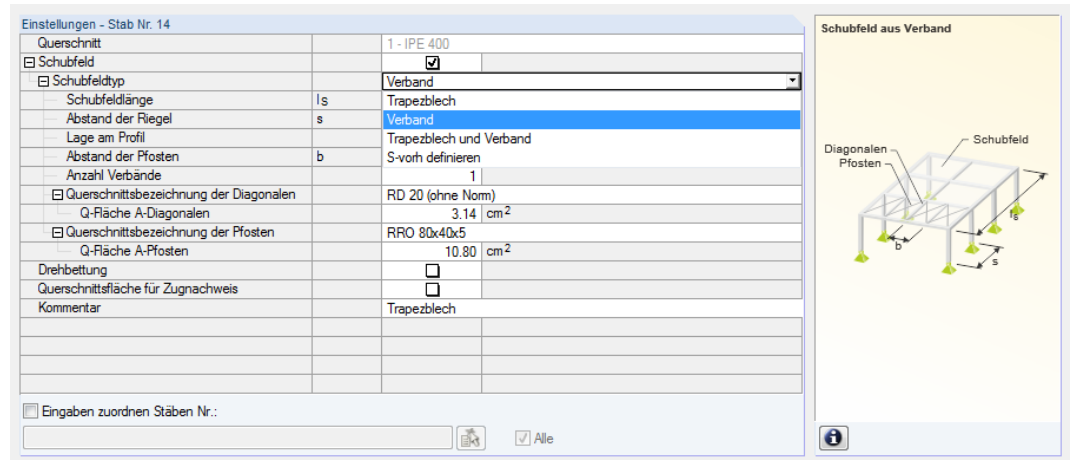
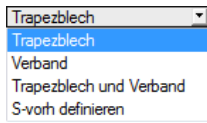


Bild 2.37: Auswahl des Schubfeldtyps

Trapezblech

Der Ansatz einer kontinuierlichen seitlichen Stützung ist in EN 1993-1-1 [1] Anhang BB.2.1 und EN 1993-1-3 [6] Abschnitt 10.1.5.1 geregelt.

Zur Ermittlung der Schubfeldsteifigkeit eines Trapezprofil sind folgende Angaben erforderlich (siehe Bild 2.36):

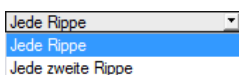
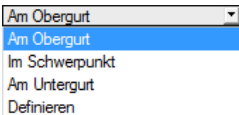
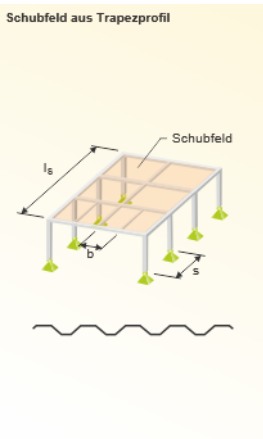
- Schubfeldlänge l_S
- Abstand der Riegel s
- Lage des Trapezblechs am Profil
- Trapezblechbezeichnung
- Befestigungsart

Die **Schubfeldlänge** und der **Abstand der Riegel** können manuell eingetragen oder über grafisch festgelegt werden. Diese Schaltfläche wird zugänglich, sobald der Cursor in eines der beiden Eingabefelder gesetzt wird. Anschließend können in der RFEM-Oberfläche zwei Fangpunkte ausgewählt werden, die das Schubfeld oder den Riegelabstand festlegen.

Die Trapezblech-**Lage am Profil** kann über die links dargestellte Liste auf verschiedene Weise berücksichtigt werden. Der gewählte Drillpunkt D wird in der Profilgrafik gekennzeichnet – auch bei einer benutzerdefinierten Eingabe. Hierbei ist der Abstand d auf den Schwerpunkt bezogen, das Vorzeichen ergibt sich aus der z -Achse des Querschnitts.

Die Trapezprofildatenbank ist über die Schaltfläche zugänglich, die nach einem Klick in das Eingabefeld **Trapezblech-Bezeichnung** angezeigt wird (siehe Bild 2.36). Es erscheint die RFEM-Querschnittsbibliothek (siehe Bild 2.38), in der das Trapezblech mit einem Doppelklick oder [OK] ausgewählt werden kann. Dadurch wird der **Schubfeldbeiwert** K_1 und K_2 (gemäß Zulassung) automatisch in die *Einstellungen*-Tabelle eingetragen. Die in der Profildatenbank angegebene Grundbreite b des Trapezblechs hat keinen Einfluss auf diese Beiwerte.

Die **Befestigungsart** des Trapezblechprofils beeinflusst ebenfalls die Schubsteifigkeit, die das Blech für den Träger bewirkt. Wenn das Trapezblech nur in jeder zweiten Rippe befestigt ist, reduziert sich die anzusetzende Schubsteifigkeit um den Faktor 5.



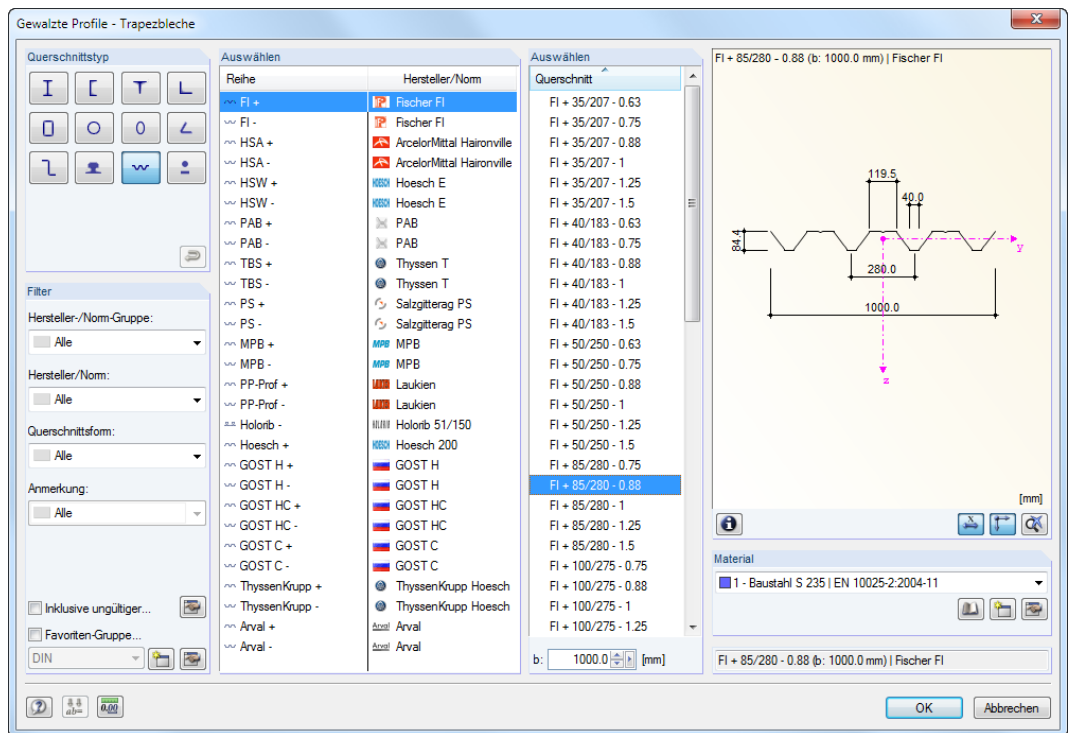


Bild 2.38: Querschnittsbibliothek Gewalzte Profile - Trapezbleche

Verband

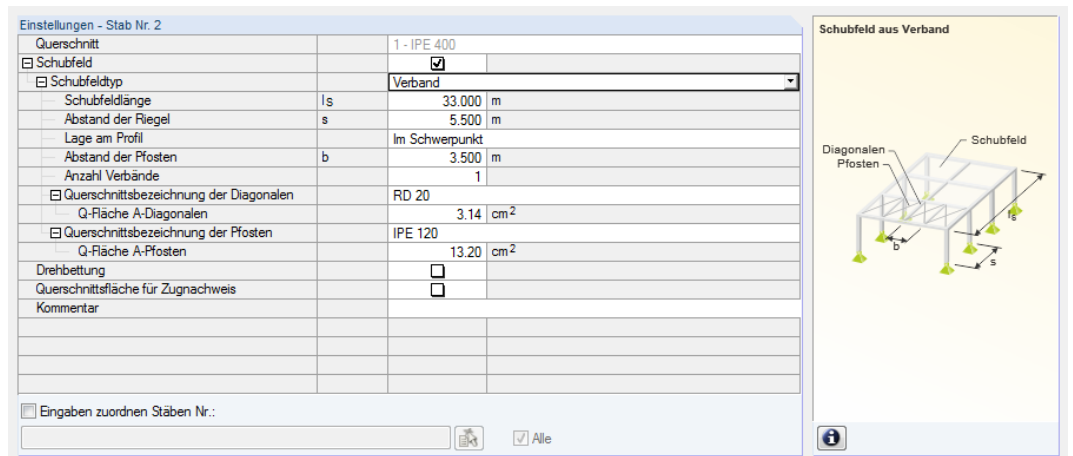
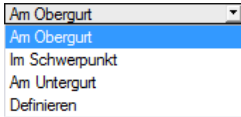


Bild 2.39: Schubfeldtyp Verband

Zur Ermittlung der vorhandenen Schubfeldsteifigkeit sind folgende Angaben erforderlich:

- Schubfeldlänge l_s
- Abstand der Riegel s
- Lage des Verbandes am Profil
- Abstand der Pfosten b
- Anzahl der Verbände
- Profil der Diagonalen
- Profil der Pfosten

Die **Schubfeldlänge**, der **Abstand der Riegel** und der **Abstand der Pfosten** können manuell eingetragen oder über grafisch festgelegt werden. Diese Schaltfläche wird zugänglich, sobald der Cursor in eines dieser Eingabefelder gesetzt wird. Anschließend können in der RFEM-Oberfläche zwei Punkte ausgewählt werden, die das Schubfeld bzw. die Abstände festlegen.



Die Verband-**Lage am Profil** kann über die links dargestellte Liste auf verschiedene Weise berücksichtigt werden. Der gewählte Drillpunkt D wird in der Profilgrafik gekennzeichnet – auch bei einer benutzerdefinierten Eingabe. Hierbei ist der Abstand d auf den Schwerpunkt bezogen, das Vorzeichen ergibt sich aus der z -Achse des Querschnitts.

Die Querschnittsflächen der Diagonalen und Pfosten lassen sich am einfachsten festlegen, indem jeweils der **Profilname** in der RFEM-Bibliothek ausgewählt wird. Die Bibliothek ist über die Schaltfläche am Ende des Eingabefeldes zugänglich. Die **Q-Fläche** wird dabei automatisch übernommen. Dieser Wert kann aber auch direkt eingetragen werden.

Trapezblech und Verband

Einstellungen - Stab Nr. 2		
Querschnitt		1 - IPE 400
<input type="checkbox"/> Schubfeld		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Schubfeldtyp		Trapezblech und Verband
Schubfeldlänge	l_s	33.000 m
Abstand der Riegel	s	5.500 m
Lage am Profil		Im Schwerpunkt
<input type="checkbox"/> Trapezblech-Bezeichnung		FI + 85/280 - 1.00
Schubfeldwert	K_1	0.170 m/kN
Schubfeldwert	K_2	8.710 m ² /kN
Befestigungsart		Jede zweite Rippe
Abstand der Pfosten	b	3.500 m
Anzahl Verbände		1
<input type="checkbox"/> Querschnittsbezeichnung der Diagonalen		RD 20
Q-Fläche A-Diagonalen		3.14 cm ²
<input type="checkbox"/> Querschnittsbezeichnung der Pfosten		IPE 120
Q-Fläche A-Pfosten		13.20 cm ²
Drehbettung		<input type="checkbox"/>
Querschnittsfläche für Zugnachweis		<input type="checkbox"/>
Kommentar		
<input type="checkbox"/> Eingaben zuordnen Stäben Nr.:		
<input type="text"/> <input checked="" type="checkbox"/> Alle		

Schubfeld aus Verband/Blechprofil

Bild 2.40: Schubfeldtyp Trapezblech und Verband

Zur Ermittlung der vorhandenen Schubfeldsteifigkeit infolge Trapezblech und Verband sind folgende Angaben erforderlich:

- Schubfeldlänge l_s
- Abstand der Riegel s
- Lage des Schubfeldes am Profil
- Trapezblechbezeichnung
- Befestigungsart
- Abstand der Pfosten b
- Anzahl der Verbände
- Profil der Diagonalen
- Profil der Pfosten

Diese Definitionsart des Schubfeldes vereinigt die Parameter der oben beschriebenen Optionen *Trapezblech* und *Verband*.

kann. Die Profilparameter *Trapezblechdicke* t , *Trapezblechlage*, effektives *Trägheitsmoment* I_s für Lastrichtung nach unten, *Rippenabstand* b_R und *Breite des Profilblechgurtes* b_T werden automatisch übernommen.


Bei kontinuierlicher Drehbettung muss auch die Verformung des Anschlusses berücksichtigt werden. Unter dem Eintrag **Ermittlungsart von $C_{D,A}$** kann die Drehsteifigkeit C_{100} für die einzelnen Lastfälle und Kombinationen eingetragen oder vom Programm gemäß [6] Tabelle 10.3 bestimmt werden. Für die automatische Ermittlung ist die Schaltfläche zu benutzen, die nach einem Klick in das Eingabefeld in der Zeile C_{100} erscheint. Sie ruft einen Dialog auf, in dem der geeignete Beiwert ausgewählt werden kann.

Beiwert C-100 aus Tabelle 10.3, EN 1993-1-3 übernehmen

Lage der Profilbleche		Befestigung am		Lage der Profilbleche		Scheibendurchmesser [mm]	C_{100} [kNm/m]	$b_{T,max}$ [mm]	
Positiv 1)	Negativ 1)	Untergurt	Obergurt	$e=b_R$	$e=2b_R$				
Bei Auflast:									
<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		22	5,2	40	
<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	22	3,1	40	
	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		K_a	10,0	40	
	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	K_a	5,2	40	
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		22	3,1	40	
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	22	2,0	40	
Bei abhender Last:									
<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		16	2,6	40	
<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	16	1,7	40	


Dabei ist:
 b_R der Rippenabstand [185 mm Maximum];
 b_T die Breite des an der Pfette angeschlossenen Untergurtes des Trapezblechprofils.

K_a steht für eine Stahldeckplatte mit $t \geq 0,75$ mm (siehe Darstellung)

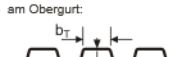


Profilbefestigung:

- am Untergurt:



- am Obergurt:



Die angegebenen Werte gelten bei:
 - Schraubendurchmesser: $\varnothing = 6,3$ mm;
 - Unterlegscheibendicke: $t_w \geq 1,0$ mm;
 $t \geq 0,66$ mm;

Die Lage des Profilblechs ist positiv, wenn der schmalere Gurt auf der Pfette liegt, und negativ, wenn der breitere Gurt auf der Pfette liegt.

C₁₀₀

[kNm/m]

OK Abbrechen

Bild 2.43: Dialog *Beiwert C-100 aus Tabelle 10.3, EN 1993-1-3 übernehmen*

Nach [OK] wird dieser Wert allen Lastfällen und Kombinationen zugeordnet, die für die Bemessung ausgewählt sind. Für eine lastfallweise Zuordnung muss der Dialog *Beiwert übernehmen* aus den C_{100} -Eingabefeldern der einzelnen Lastfälle und Kombinationen aufgerufen werden.

Der **Abstand der Riegel** kann ebenfalls manuell angegeben oder über die Schaltfläche grafisch festgelegt werden. Hierzu sind im RFEM-Arbeitsfenster zwei Knoten anzuklicken, die den Abstand der Träger definieren.

Außenfeld ▾

Außenfeld

Innenfeld

Die **Durchlaufwirkung** wirkt sich auf den Beiwert k der Drehbettung $C_{D,C}$ aus, der über die Liste dieser Zeile festgelegt werden kann (*Außenfeld*: $k = 2$, *Innenfeld*: $k = 4$).

Querschnittsfläche für Zugnachweis

Einstellungen - Stab Nr. 52		
Querschnitt		8 - RO 101.6x5 (kaltgefertigt)
Schubfeld		<input type="checkbox"/>
Drehbettung		<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Querschnittsfläche für Zugnachweis		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Anfang (x=0 m)		8 - RO 101.6x5 (kaltgefertigt)
Querschnittsfläche	A	15.2 cm ²
Nettoquerschnittsfläche	A _{net}	12.70 cm ²
<input type="checkbox"/> Ende (x=l)		8 - RO 101.6x5 (kaltgefertigt)
Querschnittsfläche	A	15.2 cm ²
Nettoquerschnittsfläche	A _{net}	15.20 cm ²
Kommentar		
<input type="checkbox"/> Eingaben zuordnen Stäben Nr.:		

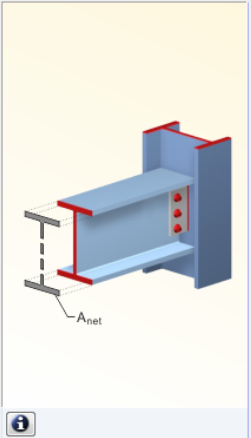


Bild 2.46: Querschnittsfläche für Zugnachweis definieren

Lochschwächungen sind gemäß [1], Abschnitt 6.2.3 beim Nachweis der Zugbeanspruchung zu berücksichtigen. Die **Nettoquerschnittsfläche** A_{net} kann separat für den *Anfang* und das *Ende* des Stabes definiert werden – an diesen beiden x-Stellen liegen in der Regel die Verbindungsmittel vor. In der Tabelle ist auch die Bruttoquerschnittsfläche A angegeben.

2.13 Parameter - Stabsätze

Diese Maske erscheint, wenn in Maske 1.1 *Basisangaben* mindestens ein Stabsatz zur Bemessung vorgegeben wurde.

1.13 Parameter - Stabsätze				
Stabsatz Nr.	A		B	C
	Schubfeld		Drehbettung	
1	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Kommentar
2	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
3	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
4	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	

Einstellungen - Stabsatz Nr. 1		
<input checked="" type="checkbox"/> Stab 7		
Anfang		4 - ICU IPE 300 + IPE 300-HMIN - + -
Ende		3 - ICU IPE 300 + IPE 300-HMAX - + -
Schubfeld		<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Drehbettung		<input checked="" type="checkbox"/>
Drehbettungstyp		Kontinuierlich (z.B. Trapezblech)
Materialien		Baustahl S 235
Elastizitätsmodul	E	21000.00 kN/cm ²
Bezeichnung des Bauteils		HSW - E 135 - 1.00
Trapezblechdicke	t	1.000 mm
Trapezblechlage		Negativlage
Trägheitsmoment	I _s	387.00 cm ⁴ /m
Rippenabstand des Profilblechs	b _R	310.0 mm
Breite des Profilblechgurtes	b _T	43.0 mm
Ermittlungsart von C _{D,A}		Nach EN 1993-1-3, Tabelle 10.3
Drehfedersteifigkeit	C ₁₀₀	kNm/m
EK1		10.00 kNm/m
Abstand der Riegel	s	6.000 m
Durchlaufwirkung		Außenfeld
<input type="checkbox"/> Eingaben zuordnen den Sätzen Nr.:		

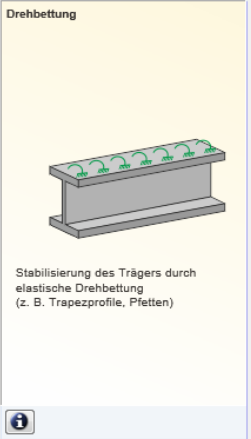


Bild 2.47: Maske 1.13 Parameter - Stabsätze

Das Konzept dieser Maske entspricht dem der vorherigen Maske 1.12 *Parameter - Stäbe*. Hier können für jeden Stabsatz die Parameter für Schubfeld und Drehbettung wie im [Kapitel 2.12](#) beschrieben festgelegt werden.

3 Berechnung

3.1 Detailsinstellungen

Details...

Vor dem Start der Berechnung sollten die Bemessungsdetails überprüft werden. Der entsprechende Dialog ist in jeder Maske des Zusatzmoduls über die Schaltfläche [Details] zugänglich.

Der Dialog *Details* gliedert sich in folgende Register:

- Tragfähigkeit
- Stabilität
- Gebrauchstauglichkeit
- Brandschutz
- Diverse

3.1.1 Tragfähigkeit

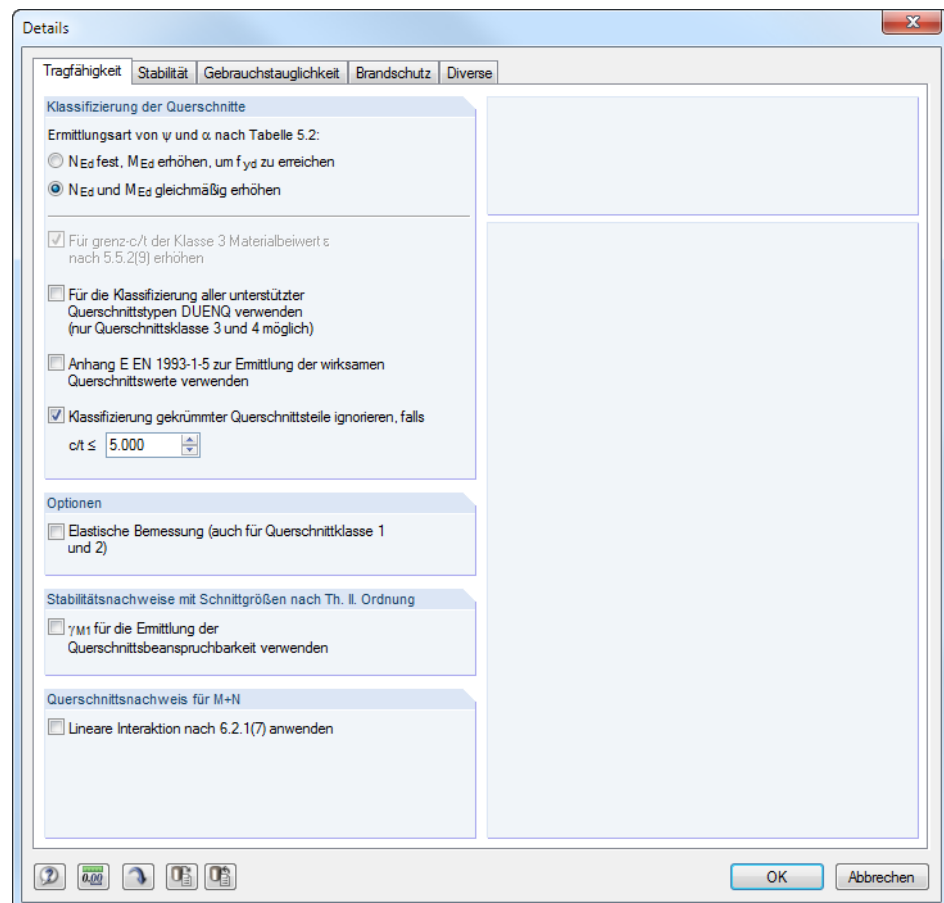


Bild 3.1: Dialog *Details*, Register *Tragfähigkeit*

Klassifizierung der Querschnitte

Liegen in einem Querschnitt Spannungen aus Druck und Biegung vor, so kann das Spannungs-Dehnungsverhältnis ψ unter Berücksichtigung des Druckzonenfaktors α auf zwei Arten ermittelt werden (der Faktor ψ wird zur Bestimmung des c/t -Verhältnisses nach [1] Tabelle 5.2 benötigt):

- N_{Ed} fest, M_{Ed} erhöhen, um f_{yd} zu erreichen
Es wird nur der Spannungsanteil aus Biegung erhöht, um die Streckgrenze zu erreichen.
- N_{Ed} und M_{Ed} gleichmäßig erhöhen
Die Spannungsanteile aus Normalkraft und Biegung werden gleichmäßig bis zum Erreichen der Streckgrenze f_{yd} gesteigert.

Das Kontrollfeld *Für grenz c/t der Klasse 3 Materialbeiwert ε nach 5.5.2(9) erhöhen* ist zugänglich, wenn im Register *Stabilität* die Stabilitätsanalyse deaktiviert ist. Dies beruht auf der Vorgabe zur Klassifizierung in [1] Abschnitt 5.5.2(10). Bei deaktivierter Stabilitätsanalyse können Querschnitte, die als Klasse 4 eingestuft sind, durch eine Erhöhung des Beiwerts ε wie Querschnitte der Klasse 3 behandelt werden.

Mit der Option *Für die Klassifizierung aller unterstützter Querschnitte DUENQ verwenden* werden die effektiven Querschnittswerte von Klasse 4-Profilen nach dem Verfahren berechnet, das im Querschnittsprogramm DUENQ benutzt wird. Bei Profilen, die als ‚Allgemein‘ eingestuft sind (d. h. weder einer Walzprofil- noch einer parametrisierten Querschnittsreihe angehören), erfolgt die Klassifizierung generell mit DUENQ. Diese Profile können nur elastisch als Klasse 3- oder Klasse 4-Querschnitte bemessen werden.

Optional lässt sich das Verfahren gemäß *Anhang E EN 1993-1-5 zur Ermittlung der wirksamen Querschnittswerte verwenden*. In [7] Anhang E sind alternative Methoden zur Bestimmung der wirksamen Querschnittsflächen für Spannungen unterhalb der Streckgrenze beschrieben (siehe auch DLUBAL-Blog <https://www.dlubal.com/blog/5532>).

Die für Klassifizierung relevanten Breiten-Dickenverhältnisse können bei Profilen mit DUENQ-Bogenelementen zu Problemen führen. Mit dem Kontrollfeld *Klassifikation der gekrümmten Teile ignorieren* lassen sich kurze Ausrundungsbögen von der Klassifizierung ausklammern, sobald ein benutzerdefiniertes c/t -Verhältnis unterschritten ist (siehe DLUBAL-Blog <https://www.dlubal.com/blog/11163>). Längsrippen oder Abkantungen dünner Bleche haben dann keinen Einfluss auf die Nachweise.

Optionen

Querschnitte, die der Klasse 1 oder 2 zugeordnet sind, werden von RF-STAHL EC3 plastisch bemessen. Falls dies nicht gewünscht ist, kann die *Elastische Bemessung* auch für diese Querschnittsklassen aktiviert werden.

Stabilitätsnachweise mit Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung

Werden die Stabilitätsnachweise nicht mit dem Ersatzstabverfahren nach [1] Abschnitt 6.3, sondern mit den Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung geführt, kann über dieses Kontrollfeld gesteuert werden, ob der Beiwert γ_{M1} (anstelle γ_{M0}) für die Querschnittsnachweise benutzt wird.

Nat. Anhang...

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_{M1} ist zur Ermittlung der Beanspruchbarkeit bei Stabilitätsversagen (Bauteilnachweise) relevant. Er kann im Dialog *Nationaler Anhang* (siehe [Kapitel 2.10, Seite 12](#)) überprüft und ggf. geändert werden.

Querschnittsnachweis für M+N

Das Kontrollfeld *Lineare Interaktion nach 6.2.1(7)* steuert, ob für den Nachweis der Beanspruchbarkeit des Querschnitts eine lineare Addition der Ausnutzungsgrade für die Momente und Normalkräfte gemäß [1] Gl. (6.2) bzw. Gl. (6.44) als konservative Näherung angewendet wird.

3.1.2 Stabilität

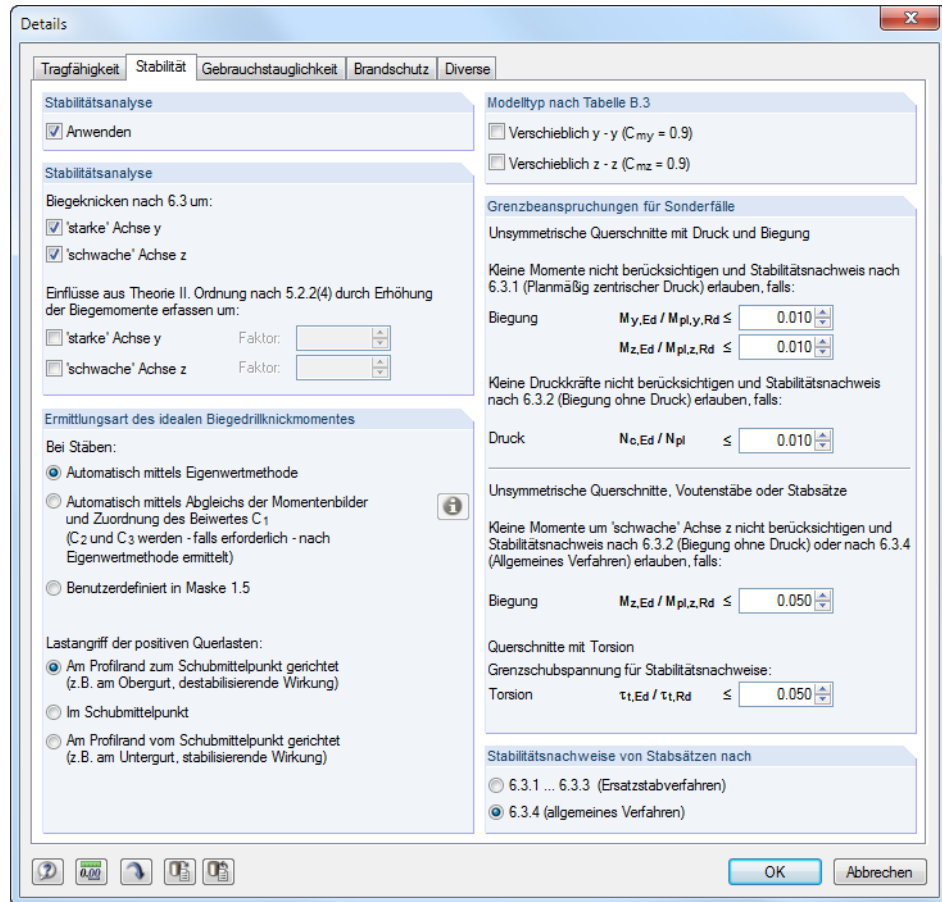


Bild 3.2: Dialog *Details*, Register *Stabilität*

Stabilitätsanalyse

Das Kontrollfeld *Anwenden* steuert, ob neben den Querschnittsnachweisen auch eine Stabilitätsanalyse erfolgt. Wird der Haken entfernt, so werden die Eingabemasken 1.4 bis 1.8 nicht angezeigt.

Bei aktivem Kontrollfeld können die Achsen festgelegt werden, die für die Untersuchung auf *Biegeknicke nach 6.3* gemäß [1] relevant sind.

Des Weiteren ist es möglich, die *Einflüsse aus Theorie II. Ordnung nach 5.2.2(4)* mit einem manuell definierbaren Faktor für Biegemomente zu berücksichtigen. Dadurch können z. B. bei einem Rahmen, dessen maßgebliche Knickfigur das seitliche Ausweichen darstellt, die Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung ermittelt und durch geeignete Faktoren vergrößert werden. Die Erhöhung der Biegemomente wirkt sich nicht auf den Biegeknicke nachweis nach [1] Abschnitt 6.3.1 aus, der mit den Normalkräften erfolgt.

Ermittlungsart des idealen Biegedrillknickmoments

Das kritische ideale Moment wird gemäß Voreinstellung *Automatisch mittels Eigenwertmethode* ermittelt. Dabei benutzt das Programm ein finites Stabmodell, um M_{cr} unter Berücksichtigung folgender Punkte zu bestimmen:

- Abmessungen des Bruttoquerschnitts
- Lastart und Lage des Lastangriffspunkts
- Tatsächliche Momentenverteilung
- Seitliche Zwängungen (über Lagerbedingungen)
- Tatsächliche Randbedingungen

Die Freiheitsgrade lassen sich über die Beiwerte k_z und k_w steuern (siehe [Kapitel 2.5, Seite 22](#)).



Bei der Ermittlung des idealen kritischen Moments *Automatisch mittels Abgleich der Momentenbilder* wird der Beiwert C_1 anhand des Momentenverlaufs bestimmt. Die Last- und Momentenbilder sind über die [Info]-Schaltfläche in einem Dialog einsehbar. Die Beiwerte C_2 und C_3 werden – falls erforderlich – automatisch nach Eigenwertmethode bestimmt.

H	I	J	K	L
Biegedrillknicken				
Möglich	k_z	M_{cr} [kNm]	L_w [m]	L_T [m]
<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	100.00	6.059	6.059
<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	100.00	3.843	3.843
<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	100.00	6.700	6.700
<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	100.00	6.700	6.700

M_{cr} benutzerdefiniert

Mit der Option *Benutzerdefiniert* in Maske 1.5 wird die Überschrift der Spalte J in Maske 1.5 in M_{cr} geändert, sodass das ideale Biegedrillknickmoment direkt eingetragen werden kann.

Sind *Querlasten* vorhanden, so ist es wichtig zu definieren, wo diese Kräfte am Profil wirken: Je nach Lastangriff können Querlasten stabilisierend oder destabilisierend wirken und so das ideale kritische Moment maßgeblich beeinflussen.

Modelltyp nach Tabelle B.3

Gemäß [1] Anhang B, Tabelle B.3 soll für Bauteile mit Knicken in Form seitlichen Ausweichens der äquivalente Momentenbeiwert als $C_{my} = 0,9$ bzw. $C_{mz} = 0,9$ angenommen werden. Die beiden Kontrollfelder sind standardmäßig deaktiviert. Nach dem Anhängen werden die Beiwerte C_{my} und C_{mz} nach den Abgrenzungskriterien der Tabelle B.3 ermittelt.

Grenzbeanspruchungen für Sonderfälle

Um unsymmetrische Querschnitte auf planmäßig zentrischen Druck nach [1] Abschnitt 6.3.1 nachzuweisen, können durch die Einstellungen in diesem Abschnitt *Kleine Momente* um die starke und schwache Achse vernachlässigt werden.

Analog lassen sich für den reinen Nachweis auf Biegung nach [1] Abschnitt 6.3.2 *Kleine Druckkräfte* ausblenden, indem ein Grenzverhältnis von $N_{c,Ed} / N_{pl}$ festgelegt wird.

Der Nachweis für *Unsymmetrische Querschnitte, Voutenstäbe oder Stabsätze* ist gemäß [1] Abschnitt 6.3.4 nur bei einachsiger Biegung in der Hauptebene und/oder Druck zulässig. Um eine geringe Momentenbeanspruchung um die schwache Achse zu vernachlässigen, kann eine Grenze des Momentenverhältnisses $M_{z,Ed} / M_{pl,z,Rd}$ festgelegt werden.

Planmäßige *Torsion* ist in [1] nicht klar geregelt. Ist eine Torsionsbeanspruchung vorhanden, die das per Voreinstellung definierte Schubspannungsverhältnis von 5 % nicht überschreitet, wird sie für den Stabilitätsnachweis vernachlässigt; es werden Ergebnisse für Biegeknicken und Biegedrillknicken ausgegeben.



Wird eine der Grenzen in diesem Abschnitt überschritten, erscheint ein Hinweis in der Ergebnismaske. Es erfolgt keine Stabilitätsanalyse. Die Querschnittsnachweise werden unabhängig davon geführt. Diese Grenzeinstellungen sind nicht Teil der Norm [1] oder eines Nationalen Anhangs. Eine Änderung der Grenzen liegt im Verantwortungsbereich des Anwenders.

Stabilitätsnachweise von Stabsätzen



Das Stabilitätsverhalten von Stabsätzen kann nach zwei Verfahren untersucht werden.

Stabsätze können nach 6.3.1 ... 6.3.3 (*Ersatzstabverfahren*) wie ein großer Einzelstab behandelt werden. Die Faktoren k_z und k_w sind hierzu in Maske 1.6 *Effektive Längen - Stabsätze* festzulegen. Sie werden zur Ermittlung der Lagerungsbedingungen $\beta, u_y, \varphi_x, \varphi_z$ und ω benutzt. In diesem Fall werden die Masken 1.7 und 1.8 nicht angezeigt. Beachten Sie, dass die Faktoren k_z und k_w identisch für jeden Abschnitt oder Teilstab des Satzes sind. Das Ersatzstabverfahren sollte grundsätzlich nur für gerade Stabsätze benutzt werden.

Mit der Voreinstellung 6.3.4 (*allgemeines Verfahren*) erfolgt eine allgemeine Analyse gemäß [1] Abschnitt 6.3.4, die auf dem Faktor α_{cr} basiert. In Maske 1.7 *Knotenlager - Stabsätze* sind die Randbedingungen im Hinblick auf das Stabilitätsversagen (Knicken und Biegedrillknicken) für jeden Stabsatz gesondert zu definieren. Die Faktoren k_z und k_w aus Maske 1.5 werden nicht verwendet.

3.1.3 Gebrauchstauglichkeit

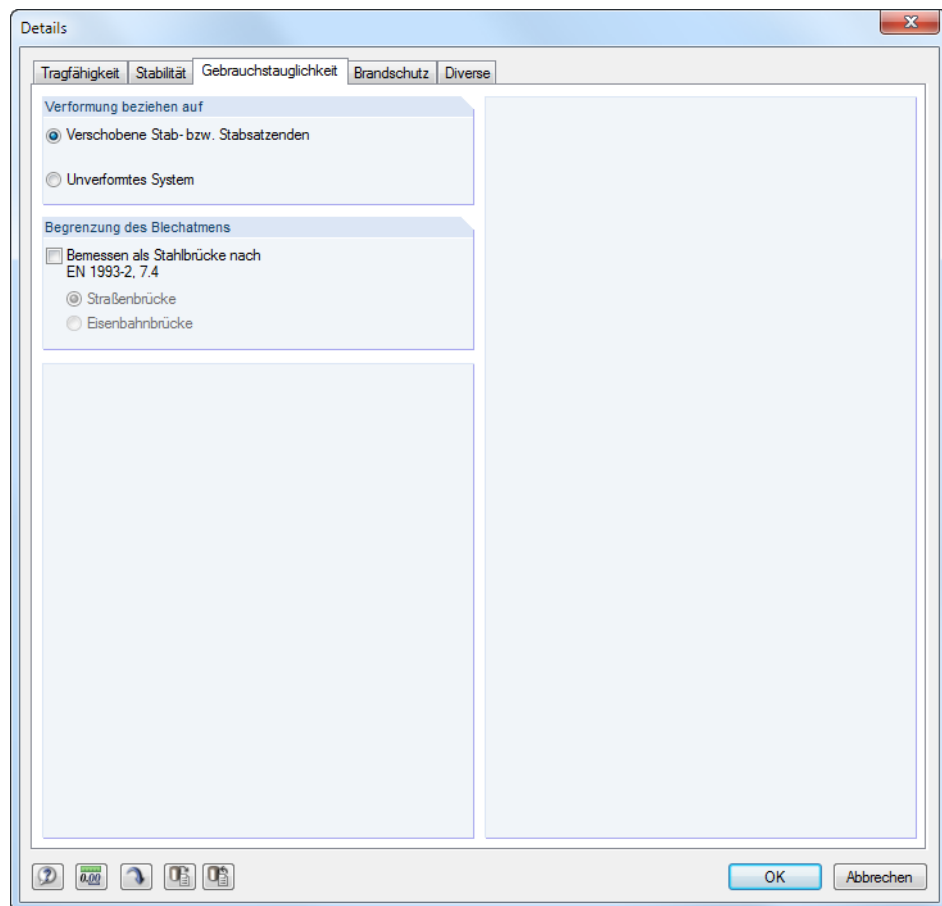


Bild 3.3: Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit*

Verformung beziehen auf

Die Auswahlfelder steuern, ob die maximalen Verformungen auf die verschobenen Stab- bzw. Stabsatzenden (Verbindungsline zwischen Anfangs- und Endknoten des verformten Systems) oder auf das unverformte Ausgangssystem bezogen werden. In der Regel sind die Verformungen relativ zu den Verschiebungen im Gesamtsystem nachzuweisen.

Nat. Anhang...

Die Grenzverformungen können im Dialog *Nationaler Anhang* überprüft und ggf. angepasst werden (siehe Bild 2.10, Seite 12).

Begrenzung des Blechatmens

Beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit von Stahlbrücken muss der Schlankheitsgrad der Stegbleche überprüft werden, damit eine übermäßige Wellenbildung, Blechatmen und Reduktion der Steifigkeiten infolge Plattenbeulens vermieden wird. Das Kontrollfeld *Bemessen als Stahlbrücke nach EN 1993-2, 7.4* [8] steuert, ob das Blechatmen (wechselnde Biegung aus der Plattenebene) untersucht werden soll, das zu Ermüdungsproblemen an den Steg-Flansch-Verbindungen führen kann.

Es ist anzugeben, ob eine *Straßenbrücke* oder eine *Eisenbahnbrücke* vorliegt, da jeweils unterschiedliche Kriterien gelten.

3.1.4 Brandschutz

Dieses Register verwaltet die Detaileinstellungen für die Brandschutzbemessung.

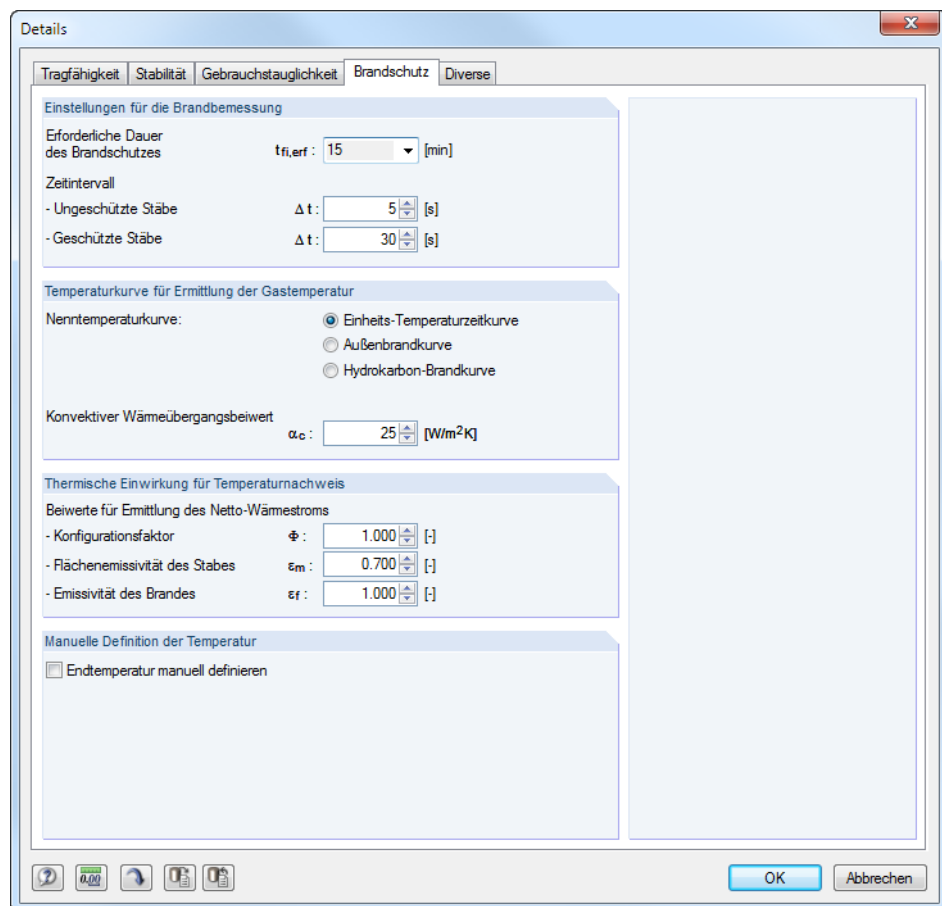


Bild 3.4: Dialog *Details*, Register *Brandschutz*

Neben der *Erforderlichen Dauer des Brandschutzes* und dem *Zeitintervall* für die Ermittlung der Temperaturänderung ist die *Temperaturkurve* zur Bestimmung der Gastemperatur festzulegen. Es stehen drei Kurven zur Auswahl (siehe Bild 3.5 bis Bild 3.7 auf folgender Seite).

Es sind die *Beiwerte zur Ermittlung des Netto-Wärmestroms* nach [9] und [2] voreingestellt. Sie können jedoch den Gegebenheiten angepasst werden.

Wird das Kontrollfeld *Endtemperatur manuell definieren* angehakt, so kann die Temperatur θ_a in Maske 1.10 und 1.11 individuell festgelegt werden.

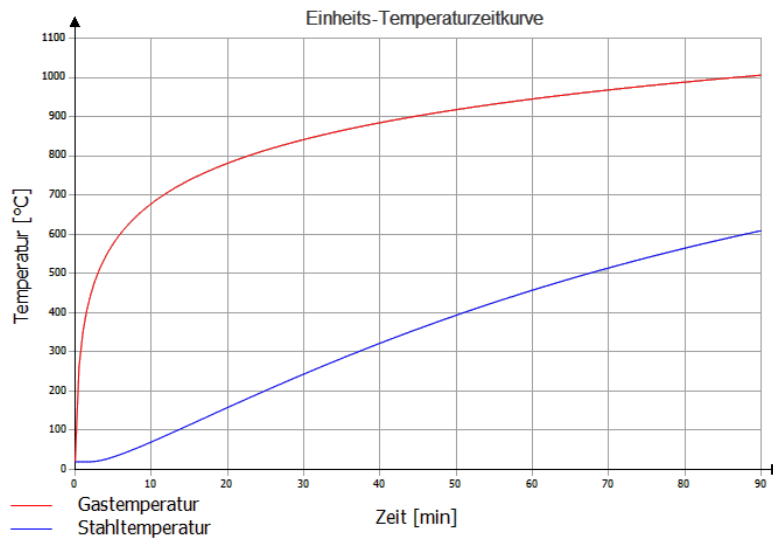


Bild 3.5: Einheits-Temperaturzeitkurve

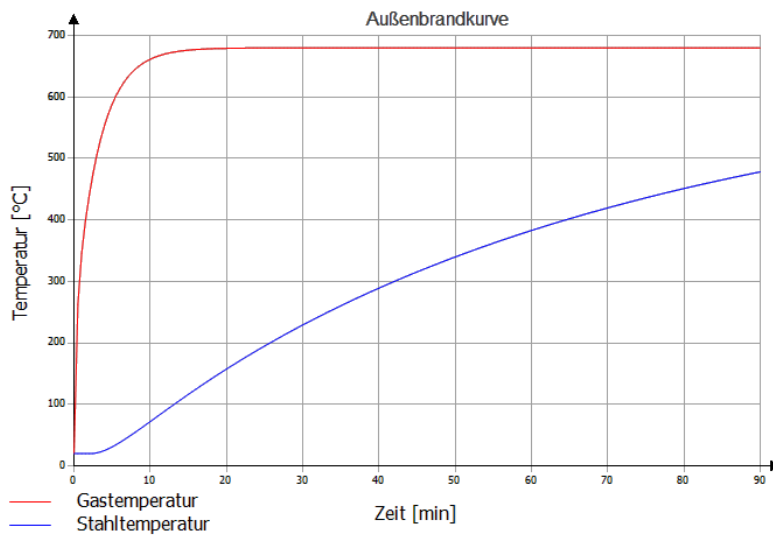


Bild 3.6: Außenbrandkurve

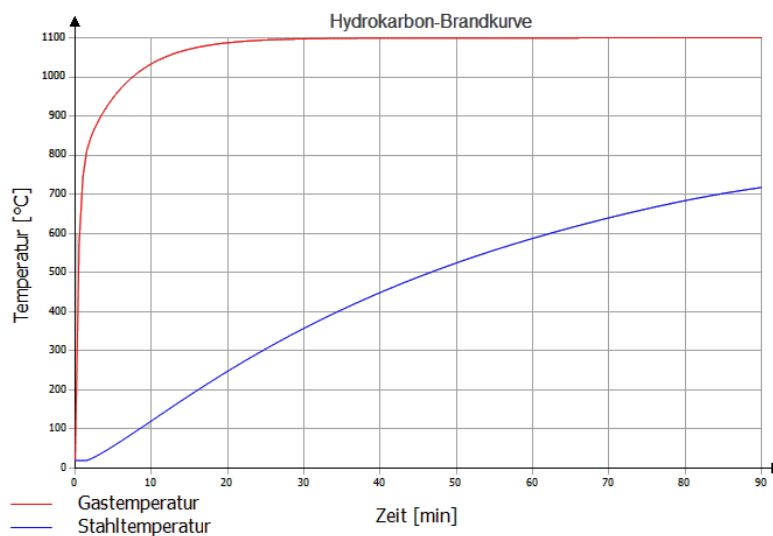


Bild 3.7: Hydrokarbon-Brandkurve

3.1.5 Diverse

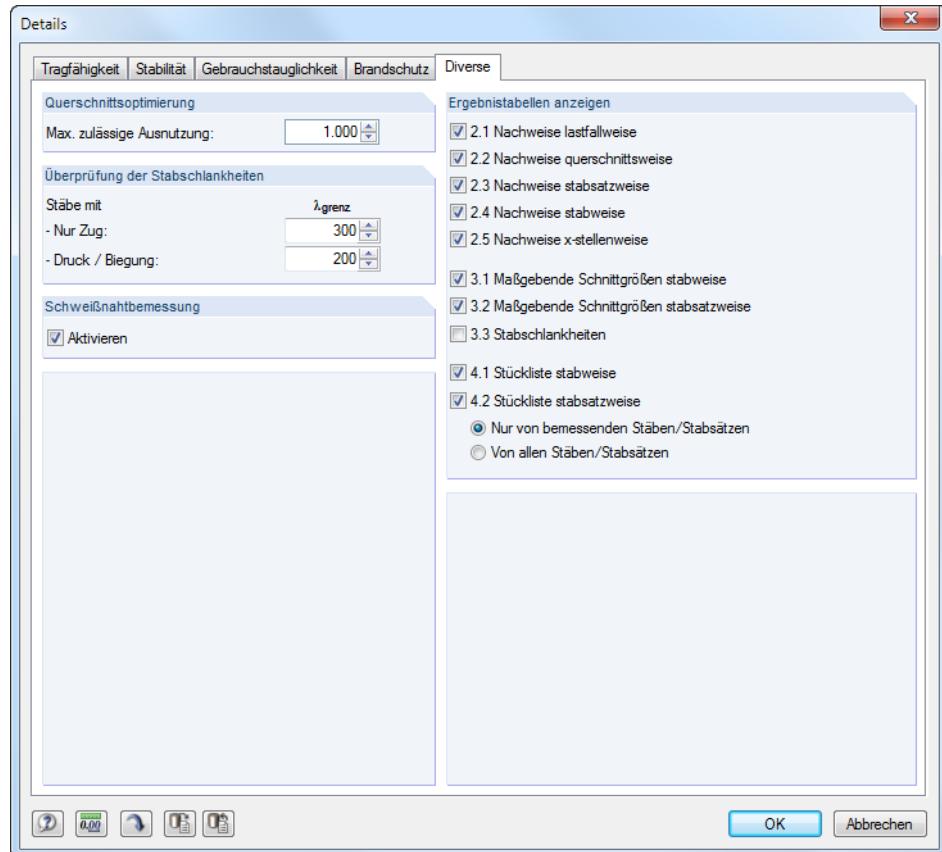


Bild 3.8: Dialog *Details*, Register *Diverse*

Querschnittsoptimierung

Als Ziel der Optimierung ist eine maximale Ausnutzung von 100 % voreingestellt. Im Eingabefeld kann ggf. eine andere Obergrenze festgelegt werden.

Überprüfung der Stabschlankheiten

Die beiden Eingabefelder regeln die Grenzwerte λ_{grenz} für die Kontrolle der Stabschlankheiten. Es sind separate Vorgaben für Stäbe mit reinen Zugkräften und für Stäbe mit Biegung und Druck möglich.

Der Vergleich der Grenzwerte mit den tatsächlichen Stabschlankheiten erfolgt in Maske 3.3. Diese Ergebnismaske ist nach der Berechnung verfügbar (siehe [Kapitel 4.8, Seite 58](#)), wenn das entsprechende Häkchen im Abschnitt *Ergebnistabellen anzeigen* gesetzt ist.

Schweißnahtbemessung

Das Kontrollfeld steuert, ob im Zuge der Bemessung auch Schweißnahtnachweise erfolgen. Dabei werden die typischen Nachweise nach EN 1993-1-8 [10] geführt. Die Ergebnisse sind nach der Bemessung unter den Querschnittsnachweisen zu finden (siehe auch folgenden DLUBAL-Blog: <https://www.dlubal.com/blog/3672>).

Ergebnistabellen anzeigen

Hier kann ausgewählt werden, welche Ergebnismasken einschließlich Stückliste angezeigt werden sollen. Die Masken sind im [Kapitel 4 Ergebnisse](#) beschrieben.

Die Maske 3.3 *Stabschlankheiten* ist standardmäßig deaktiviert.

3.2 Start der Berechnung

Berechnung

In jeder Eingabemaske des Moduls RF-STAHl EC3 kann die [Berechnung] über die gleichnamige Schaltfläche gestartet werden.

RF-STAHl EC3 sucht nach den Ergebnissen der zu bemessenden Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen. Werden diese nicht gefunden, startet zunächst die RFEM-Berechnung zur Ermittlung der bemessungsrelevanten Schnittgrößen.

Die Berechnung kann auch in der RFEM-Oberfläche gestartet werden: Im Dialog *Zu berechnen* (Menü **Berechnung** → **Zu berechnen**) sind die Bemessungsfälle der Zusatzmodule wie Lastfälle oder Lastkombinationen aufgelistet.

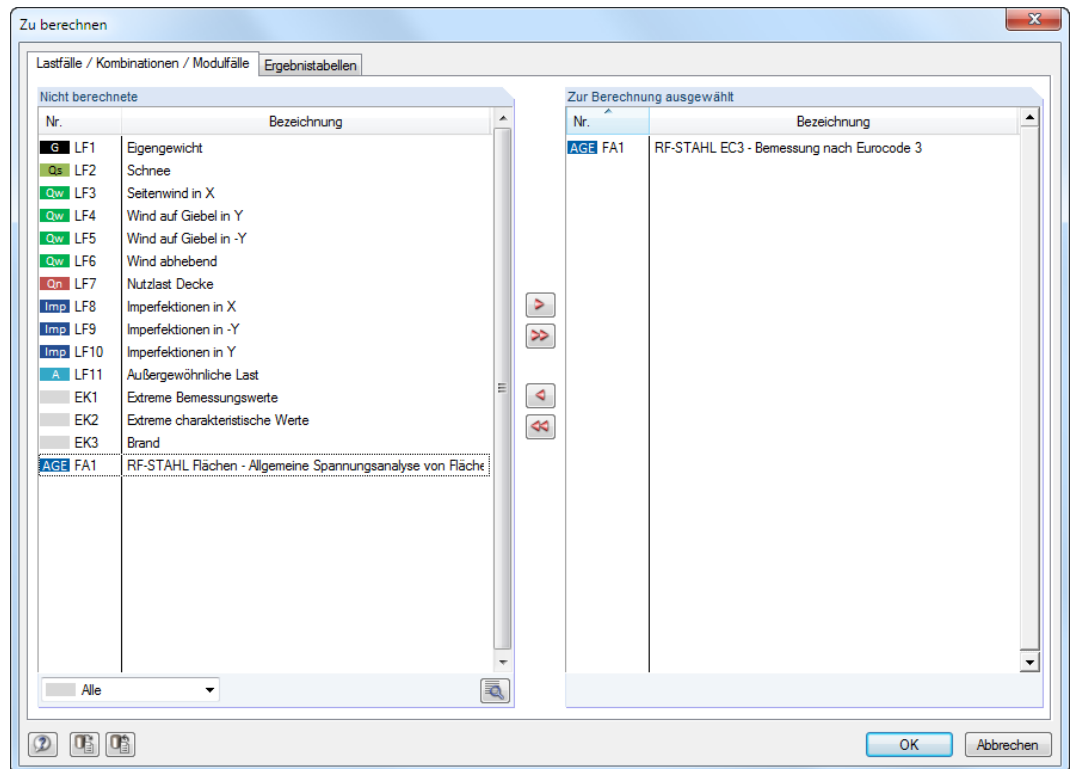
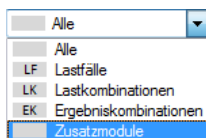


Bild 3.9: Dialog *Zu berechnen*



Falls die RF-STAHl EC3-Fälle in der Liste *Nicht berechnete* fehlen, ist die Selektion am Ende der Liste auf *Alle* oder *Zusatzmodule* zu ändern.

Mit der Schaltfläche werden die selektierten RF-STAHl EC3-Fälle in die rechte Liste übergeben. [OK] startet dann die Berechnung.



Ein Bemessungsfall kann auch über die Liste der Symbolleiste direkt berechnet werden: Stellen Sie den RF-STAHl EC3-Fall ein und klicken dann die Schaltfläche [Ergebnisse anzeigen] an.

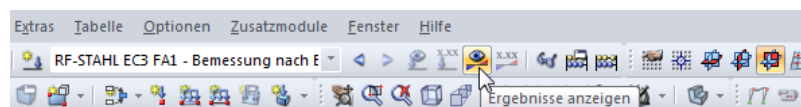


Bild 3.10: Direkte Berechnung eines RF-STAHl EC3 - Bemessungsfalls in RFEM

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

4 Ergebnisse

Das Kapitel 4 Ergebnisse stellt die Ergebnismasken der Reihe nach vor. Die Auswertung und Überprüfung der Resultate ist im Kapitel 5 Ergebnisauswertung ab Seite 61 beschrieben.

Unmittelbar nach der Berechnung erscheint die Maske 2.1 Nachweise lastfallweise.

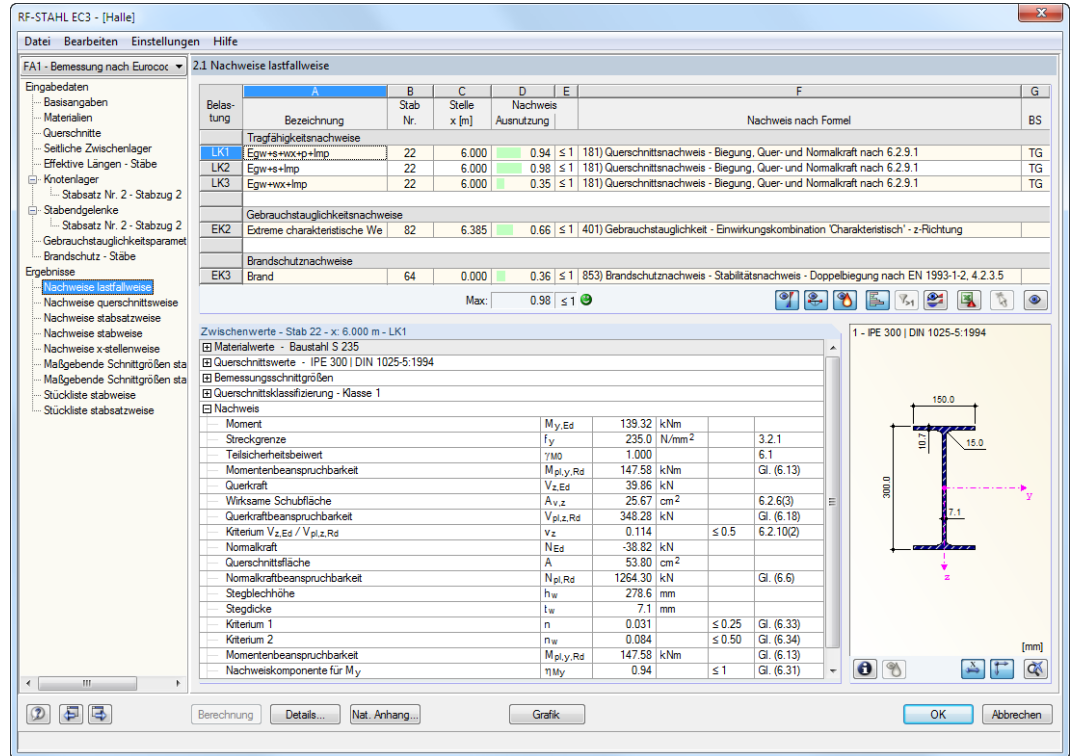


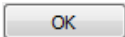
Bild 4.1: Ergebnismaske mit Nachweisen und Zwischenwerten

Die Nachweise sind in den Ergebnismasken 2.1 bis 2.5 nach verschiedenen Kriterien sortiert.

Die Masken 3.1 und 3.2 listen die maßgebenden Schnittgrößen auf, Maske 3.3 gibt Aufschluss über die Stabschlankheiten. In den letzten beiden Ergebnismasken 4.1 und 4.2 werden die Stücklisten stab- und stabsatzbezogen ausgegeben.



Jede Maske lässt sich durch Anklicken des Eintrags im Navigator direkt ansteuern. Mit den links dargestellten Schaltflächen wird die vorherige bzw. nächste Maske eingestellt. Das Blättern durch die Masken ist auch mit den Funktionstasten [F2] und [F3] möglich.



[OK] sichert die Ergebnisse. RF-STAHLEK3 wird beendet und es erfolgt die Rückkehr in das Hauptprogramm.

4.1 Nachweise lastfallweise



Der obere Teil der Maske bietet eine nach Lastfällen, Last- und Ergebniskombinationen geordnete Zusammenfassung der maßgebenden Nachweise. Die Liste ist zudem in Tragfähigkeits-, Gebrauchstauglichkeits- und Brandschutznachweise untergliedert.

Der untere Teil enthält detaillierte Angaben zu den Querschnittswerten, Bemessungsschnittgrößen und Nachweisparametern des Lastfalls, der im oberen Teil markiert ist.

2.1 Nachweise lastfallweise

Belastung	A Bezeichnung	B Stab Nr.	C Stelle x [m]	D Nachweis Ausnutzung	E	F Nachweis nach Formel	G BS
Tragfähigkeitsnachweise							
LK1	Egw+s+wx+p+Imp	22	6.000	0.94	≤ 1	181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.9.1	ST+V
LK2	Egw+s+Imp	22	6.000	0.98	≤ 1	181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.9.1	ST+V
LK4	Egw+p+Imp	12	3.000	0.93	≤ 1	361) Stabilitätsnachweis - Biegung um y und Druck nach 6.3.3, Verfahren 2	ST+V
Gebrauchstauglichkeitsnachweise							
EK2	Extreme charakteristische We	82	6.385	0.66	≤ 1	401) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination 'Charakteristisch' - z-Richtung	GC
Brandschutznachweise							
EK3	Brand	64	0.000	0.36	≤ 1	853) Brandschutznachweis - Stabilitätsnachweis - Doppelbiegung nach EN 1993-1-2, 4.2.3.5	
				Max:	0.98	≤ 1	

Zwischenwerte - Stab 12 - x: 3.000 m - LK4

☑ Querschnittsklassifizierung - Klasse 1

☐ Nachweis

— Ideale Drilknicklast	N _{or,T}	2719.35	kN		
— Elastizitätsmodul	E	210000.0	N/mm ²		
— Flächenträgheitsmoment	I _y	8360.00	cm ⁴		
— Effektive Stablänge	L _{cr,y}	23.130	m		
— Ideale Verzweigungslast	N _{or,y}	323.87	kN	≤ N _{or,T}	
— Querschnittsfläche	A	53.80	cm ²		
— Streckgrenze	f _y	235.0	N/mm ²		3.2.1
— Schlankheitsgrad	λ _y	1.976		> 0.2	6.3.1.2(4)
— Knicklinie	KL _y	a			Tab. 6.2
— Imperfektionsbeiwert	α _y	0.210			Tab. 6.1
— Hilfsbeiwert	Φ _y	2.638			6.3.1.2(1)
— Abminderungsbeiwert	χ _y	0.228			Gl. (6.49)
— Profilhöhe	h	300.0	mm		
— Profilbreite	b	150.0	mm		
— Kriterium	h/b	2.00		≤ 2	Tab. 6.5
— Knicklinie	KL _{LT}	b			Tab. 6.5
— Imperfektionsbeiwert	α _{LT}	0.340			Tab. 6.3
— Schubmodul	G	80769.2	N/mm ²		
— Längenbeiwert	k _z	1.000			
— Längenbeiwert	k _w	1.000			

1 - IPE 300 | DIN 1025-5:1994

Bild 4.2: Maske 2.1 Nachweise lastfallweise

Bezeichnung

Zur Information werden die Bezeichnungen der Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen angezeigt, für die die Nachweise geführt wurden.

Stab Nr.

Es wird jeweils die Nummer des Stabes angegeben, der die höchste Ausnutzung für die bemessene Einwirkung aufweist.

Stelle x

An dieser x-Stelle des Stabes liegt jeweils die maximale Ausnutzung vor. Für die tabellarische Ausgabe werden folgende Stabstellen x verwertet:

- Anfangs- und Endknoten
- Teilungspunkte gemäß eventuell vorgegebener Stabteilung (siehe RFEM-Tabelle 1.16)
- Stabteilung gemäß Vorgabe für Stabergebnisse (RFEM-Dialog *Berechnungsparameter*, Register *Globale Berechnungsparameter*)
- Extremwerte der Schnittgrößen

Nachweis

Max: 0.98 ≤ 1

In den Spalten D und E werden die Nachweisbedingungen gemäß [1], [2] und [3] ausgegeben. Die Länge des farbigen Balkens stellt die jeweilige Ausnutzung in grafischer Form dar.

Nachweis nach Formel

Diese Spalte listet die Gleichungen der Norm auf, mit denen die Nachweise geführt wurden.

BS

Die letzte Spalte gibt Aufschluss über die nachweisrelevanten Bemessungssituationen (BS): ST+V bzw. AU für Tragfähigkeit oder eine der drei Bemessungssituationen für Gebrauchstauglichkeit (GC, GH, GQ) gemäß Vorgabe in Maske 1.1 Basisangaben (siehe Bild 2.7, Seite 10).

4.2 Nachweise querschnittsweise

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A	B	C	D	E	F
Stab Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Nachweis	Nachweis nach Formel		
1	IPE 300 DIN 1025-5:1994					
1	0.000	LK4	0.07 ≤ 1	102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4		
1	0.000	LK4	0.06 ≤ 1	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6		
1	0.000	LK1	0.00 ≤ 1	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)		
1	4.000	LK2	0.22 ≤ 1	181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.9.1		
1	6.000	LK4	0.53 ≤ 1	221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.10 und 6.2.9		
1	2.000	LK4	0.65 ≤ 1	361) Stabilitätsnachweis - Biegung um y und Druck nach 6.3.3, Verfahren 2		
1	0.000	LK4	0.80 ≤ 1	364) Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.3, Verfahren 2		
7	HE A 120 DIN 1025-3:1994					

Max: 0.80 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 4.000 m - LK2

- Querschnittswerte - IPE 300 | DIN 1025-5:1994
- Bemessungsschnittgrößen
- Querschnittsklassifizierung - Klasse 1
- Nachweis

Moment	M _{y,Ed}	32.73	kNm	
Streckgrenze	f _y	235.0	N/mm ²	3.2.1
Teilsicherheitsbeiwert	γ _{MO}	1.000		6.1
Momentenbeanspruchbarkeit	M _{pl,y,Rd}	147.58	kNm	Gl. (6.13)
Querkraft	V _{z,Ed}	19.07	kN	
Wirksame Schubfläche	A _{v,z}	25.67	cm ²	6.2.6(3)
Querkraftbeanspruchbarkeit	V _{pl,z,Rd}	348.28	kN	Gl. (6.18)
Kriterium V _{z,Ed} / V _{pl,z,Rd}	v _z	0.055		≤ 0.5
Normalkraft	N _{Ed}	-27.88	kN	
Querschnittsfläche	A	53.80	cm ²	
Normalkraftbeanspruchbarkeit	N _{pl,Rd}	1264.30	kN	Gl. (6.6)
Stegblechhöhe	h _w	278.6	mm	
Stegdicke	t _w	7.1	mm	
Kriterium 1	n	0.022		≤ 0.25 Gl. (6.33)
Kriterium 2	n _w	0.060		≤ 0.50 Gl. (6.34)
Momentenbeanspruchbarkeit	M _{pl,y,Rd}	147.58	kNm	Gl. (6.13)
NachweisKomponente für M _y	η _{My}	0.22		≤ 1 Gl. (6.31)
Nachweis	η	0.22		≤ 1 Gl. (6.36*)

Bild 4.3: Maske 2.2 Nachweise querschnittsweise

Diese Maske listet die maximalen Ausnutzungen aller zur Bemessung gewählten Stäbe und Einwirkungen nach Querschnitten sortiert auf. Die Ergebnisse sind jeweils nach Querschnitts- und Stabilitätsnachweisen sowie Gebrauchstauglichkeits- und Brandschutznachweisen geordnet.

Liegt eine Voute vor, werden die Querschnitte des Stabanfangs und -endes separat aufgelistet.

4.3 Nachweise stabsatzweise

2.3 Nachweise stabsatzweise

Stabsatz Nr.	A	B	C	D	E	F
Stabsatz Nr.	Stab Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Nachweis Ausnutzung		Nachweis nach Formel
2	Stabsatz 2 (Stab Nr. 13-15)					
	14	0.000	LK2	0.03	≤ 1	102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4
	15	0.000	LK1	0.04	≤ 1	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6
	14	0.000	LK2	0.01	≤ 1	131) Querschnittsnachweis - Torsion nach 6.2.7
	13	2.677	LK2	0.06	≤ 1	132) Querschnittsnachweis - Torsion und Querkraft nach 6.2.7(9)
	15	5.647	LK1	0.42	≤ 1	181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.9.1
	15	5.647	LK2	0.44	≤ 1	186) Querschnittsnachweis - Biegung, Querkraft, Torsion und Normalkraft nach 6.2.9.1
	14	2.121	LK1	0.00	≤ 1	206) Querschnittsnachweis - Biegung um z, Querkraft, Torsion und Normalkraft nach 6.2.9.1
	15	5.647	LK1	0.45	≤ 1	221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.10 und 6.2.9
	15	5.960	LK2	0.48	≤ 1	226) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Querkraft, Torsion und Normalkraft nach 6.2.10 und 6.2.9

Max: 0.98 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 15 - x: 5.960 m - LK2

2 - IPE 300 | DIN 1025-5:1994

Nachweis	Wert	Einheit	Formel
Moment	65.46	kNm	
Plastisches Widerstandsmoment	628.00	cm ³	
Streckgrenze	235.0	N/mm ²	3.2.1
Teilsicherheitsbeiwert	1.000		6.1
Momentenbeanspruchbarkeit	147.58	kNm	Gl. (6.13)
Querkraft	0.89	kN	
Wirksame Schubfläche	25.67	cm ²	6.2.6(3)
Querkraftbeanspruchbarkeit	348.28	kN	Gl. (6.18)
Torsionsmoment	0.01	kNm	
Torsionsträgheitsmoment	20.20	cm ⁴	
Blechdicke	7.1	mm	
Schubspannung	0.2	N/mm ²	
Querkraftbeanspruchbarkeit	348.06	kN	6.2.7(9)
Kriterium $V_{z,Ed} / V_{pl,z,T,Rd}$	0.003		≤ 0.5, 6.2.10(2)
Normalkraft	-28.73	kN	
Querschnittsfläche	53.80	cm ²	
Normalkraftbeanspruchbarkeit	1264.30	kN	Gl. (6.6)
Stegblechhöhe	278.6	mm	
Stegdicke	7.1	mm	
Kriterium 1	0.023		≤ 0.25, Gl. (6.33)
Kriterium 2	0.062		≤ 0.50, Gl. (6.34)

Bild 4.4: Maske 2.3 Nachweise stabsatzweise

Diese Ergebnismaske wird angezeigt, wenn mindestens ein Stabsatz zur Bemessung ausgewählt wurde. Die maximalen Ausnutzungen sind hier nach Stabsätzen geordnet aufgelistet.

In Spalte *Stab Nr.* wird die Nummer des Stabes im Stabsatz angegeben, der jeweils die höchste Ausnutzung für die einzelnen Bemessungskriterien aufweist.

Bei der stabsatzweisen Ausgabe liegt der Nachweis übersichtlich für eine Baugruppe vor (z. B. einen Rahmen).

4.4 Nachweise stabweise

2.4 Nachweise stabweise

Stab Nr.	A Stelle x [m]	B Belas- tung	C Nachweis Ausnutzung	D	E Nachweis nach Formel
1	Querschnitt Nr. 1 - IPE 300 DIN 1025-5:1994				
	0.000	LK2	0.03	≤ 1	102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4
	0.000	LK2	0.05	≤ 1	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6
	0.000	LK1	0.00	≤ 1	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)
	4.000	LK2	0.22	≤ 1	181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.9.1
	6.000	LK2	0.50	≤ 1	221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.10 und 6.2.9
	0.000	EK2	0.00	≤ 1	400) Gebrauchstauglichkeit - Keine bzw. sehr kleine Verformungen
	4.500	EK2	0.94	≤ 1	401) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination 'Charakteristisch' - z-Richtung
2	Querschnitt Nr. 1 - IPE 300 DIN 1025-5:1994				

Max: 0.98 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 4.500 m - EK2

Materialwerte - Baustahl S 235

Elastizitätsmodul	E	210000.0	N/mm ²		
Schubmodul	G	80769.2	N/mm ²		
Streckgrenze	f _y	235.0	N/mm ²		3.2.1
Grenzfestigkeit	f _u	360.0	N/mm ²		3.2.1

Querschnittswerte - IPE 300 | DIN 1025-5:1994

Verformungen

Richtung x	w _x	-0.3	mm		
Richtung y	w _y	-7.3	mm		
Richtung z	w _z	-18.7	mm		

Nachweis

Verformung	w _{Q,inst,z}	-18.7	mm		
Bezugslänge	l	6.000	m		
Grenzwertkriterium	l / w _{Q,ins}	300.00			
Grenzwert der Verformung	w _{Q,inst,gr}	20.0	mm		
Nachweis	η	0.94		≤ 1	Gl. (40)

Bild 4.5: Maske 2.4 Nachweise stabweise

Diese Ergebnismaske präsentiert die maximalen Ausnutzungen für die einzelnen Nachweise nach Stabnummern geordnet. Die Spalten sind im Kapitel 4.1 auf Seite 51 erläutert.

4.5 Nachweise x-stellenweise

2.5 Nachweise x-stellenweise

Stab Nr.	A Stelle x [m]	B Belastung	C Nachweis Ausnutzung	D	E Nachweis nach Formel
22	Querschnitt Nr. 1 - IPE 300 DIN 1025-5:1994				
	0.000	LK2	0.05	≤ 1	102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4
	0.000	LK1	0.12	≤ 1	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6
	0.000	LK1	0.00	≤ 1	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)
	0.000	LK3	0.33	≤ 1	181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.9.1
	0.000	LK1	0.81	≤ 1	221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.10 und 6.2.9
	1.000	LK2	0.05	≤ 1	102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4
	1.000	LK1	0.12	≤ 1	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6
	1.000	LK1	0.00	≤ 1	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)
	1.000	LK1	0.46	≤ 1	181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.9.1

Max: 0.98 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 22 - x: 0.000 m - LK1

Querschnittsklassifizierung - Klasse 1

Nachweis

Moment	$M_{y,Ed}$	111.83	kNm		
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,y}$	628.00	cm ³		
Streckgrenze	f_y	235.0	N/mm ²		3.2.1
Teilsicherheitsbeiwert	γ_{M0}	1.000			6.1
Momentenbeanspruchbarkeit	$M_{pl,y,Rd}$	147.58	kNm		Gl. (6.13)
Querkraft	$V_{z,Ed}$	43.41	kN		
Wirksame Schubfläche		25.67	cm ²		6.2.6(3)
Querkraftbeanspruchbarkeit	$V_{pl,z,Rd}$	348.28	kN		Gl. (6.18)
Kriterium $V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd}$	v_z	0.125		≤ 0.5	6.2.10(2)
Normalkraft	N_{Ed}	-60.43	kN		
Querschnittsfläche	A	53.80	cm ²		
Normalkraftbeanspruchbarkeit	$N_{pl,Rd}$	1264.30	kN		Gl. (6.6)
Stegblechhöhe	h_w	278.6	mm		
Stegdicke	t_w	7.1	mm		
Kriterium 1	n	0.048		≤ 0.25	Gl. (6.33)
Kriterium 2	n_w	0.130		≤ 0.50	Gl. (6.34)
Moment	$M_{z,Ed}$	0.07	kNm		
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,z}$	125.22	cm ³		
Momentenbeanspruchbarkeit	$M_{pl,z,Rd}$	29.43	kNm		Gl. (6.13)
Querkraft	$V_{y,Ed}$	0.01	kN		

Bild 4.6: Maske 2.5 Nachweise x-stellenweise

Diese Ergebnismaske listet die Maxima für jeden Stab an sämtlichen Stellen x auf, die sich aus den Teilungspunkten von RFEM ergeben:

- Anfangs- und Endknoten
- Teilungspunkte gemäß eventuell vorgegebener Stabteilung (siehe RFEM-Tabelle 1.16)
- Stabteilung gemäß Vorgabe für Stabergebnisse (RFEM-Dialog *Berechnungsparameter*, Register *Globale Berechnungsparameter*)
- Extremwerte der Schnittgrößen

4.6 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

3.1 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

Stab Nr.	A Stelle x [m]	B Belas- tung	D Kräfte [kN]		E V _z	F, G, H Momente [kNm]			I Bemessung nach Gleichung
			C N	V _y		M _T	M _y	M _z	
1	Querschnitt Nr. 1 - IPE 300 DIN 1025-5:1994								
	0.000	LK2	-43.98	0.04	-19.07	0.00	43.84	0.12	102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4
	0.000	LK2	-43.98	0.04	-19.07	0.00	43.84	0.12	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6
	0.000	LK1	-42.61	0.04	-15.08	0.00	34.58	0.12	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)
	4.000	LK2	-27.88	0.04	-19.07	0.00	-32.73	-0.05	181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft n
	6.000	LK2	-19.82	0.04	-19.07	0.00	-70.79	-0.14	221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Norma
	0.000	EK2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	400) Gebrauchstauglichkeit - Keine bzw. sehr kleine Verformun
	4.500	EK2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	401) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination Charakt
2	Querschnitt Nr. 1 - IPE 300 DIN 1025-5:1994								
	0.000	LK2	-44.35	0.00	20.68	0.00	-50.30	-0.04	102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4
	0.000	LK1	-43.25	0.00	21.47	0.00	-52.70	-0.05	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6
	0.000	LK1	-43.25	0.00	21.47	0.00	-52.70	-0.05	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)
	6.000	LK2	-20.19	0.00	20.68	0.00	74.06	-0.04	181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft n
	0.000	EK3	-90.47	0.04	20.95	0.00	-50.04	0.04	602) Brandschutznachweis - Querschnittsnachweis - Druck nac
	3.900	EK3	-45.60	0.04	20.95	0.00	31.66	-0.11	621) Brandschutznachweis - Querschnittsnachweis - Querkraft
	0.000	EK3	-90.47	0.04	20.95	0.00	-50.04	0.04	681) Brandschutznachweis - Querschnittsnachweis - Biegung, l
	6.000	EK3	-21.43	0.04	20.95	0.00	75.65	-0.18	721) Brandschutznachweis - Querschnittsnachweis - Doppelbie
11	Querschnitt Nr. 1 - IPE 300 DIN 1025-5:1994								
	0.000	LK2	-52.82	0.02	-30.65	0.00	65.91	0.07	102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4
	0.000	LK2	-52.82	0.02	-30.65	0.00	65.91	0.07	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6
	0.000	LK1	-50.76	0.02	-23.01	0.00	48.02	0.07	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)
	6.000	LK2	-31.21	0.02	-30.65	0.00	-118.19	-0.05	181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft n
	0.000	LK2	-52.82	0.02	-30.65	0.00	65.91	0.07	221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Norma
12	Querschnitt Nr. 1 - IPE 300 DIN 1025-5:1994								
	0.000	LK2	-56.98	-0.01	20.93	0.00	0.00	0.00	102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4
	0.000	LK1	-54.76	-0.01	21.68	0.00	0.00	0.00	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6
	0.000	LK1	-54.76	-0.01	21.68	0.00	0.00	0.00	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)
	4.500	LK2	-40.77	-0.01	20.93	0.00	95.72	0.06	181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft n
	6.000	LK2	-35.37	-0.01	20.93	0.00	126.74	0.07	221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Norma
13	Querschnitt Nr. 3 - IPE 400 DIN 1025-5:1994 ... 2 - IPE 300 DIN 1025-5:1994								

Bild 4.7: Maske 3.1 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

Diese Maske weist für jeden Stab die maßgebenden Schnittgrößen aus – die Schnittgrößen, die bei den einzelnen Nachweisen zur höchsten Ausnutzung führen.

Stelle x

An dieser x-Stelle des Stabes liegt jeweils die maximale Ausnutzung vor.

Lastfall

In dieser Spalte sind die Nummern des Lastfalls bzw. der Last- oder Ergebniskombination angegeben, deren Schnittgrößen zur höchsten Ausnutzung führen.

Kräfte / Momente

Es werden für jeden Stab die Normal- und Querkräfte sowie Torsions- und Biegemomente ausgewiesen, die bei den einzelnen Querschnitts-, Stabilitäts-, Gebrauchstauglichkeits- und Brandschutznachweisen zur höchsten Ausnutzung führen.

Nachweis nach Formel

Die letzte Spalte gibt Auskunft über die Nachweisarten und Gleichungen, mit denen die Nachweise nach [1], [2] oder [3] geführt wurden.

4.7 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

3.2 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

Stabsatz Nr.	A	B	C	D		E	F			G		H	Bemessung nach Gleichung
	Stelle x [m]	Belastung	N	Kräfte [kN] V _y	V _z	M _T	M _y	M _z	Momente [kNm]				
1	Stabzug 1 (Stab Nr. 51,52)												
	3.000	LK3	-1.21	-0.03	-0.07	0.00	-0.01	0.08	100		Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen		
	0.000	LK1	-62.98	-0.01	1.15	0.00	-3.53	0.08	102		Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4		
	0.000	LK3	-13.29	-0.03	1.51	0.00	-2.20	-0.01	121		Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6		
	0.000	LK1	-62.98	-0.01	1.15	0.00	-3.53	0.08	126		Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)		
	0.000	LK2	-15.66	-0.02	0.12	-0.01	-0.46	0.02	131		Querschnittsnachweis - Torsion nach 6.2.7		
	0.000	LK1	-15.44	-0.02	1.41	-0.01	-2.19	0.02	132		Querschnittsnachweis - Torsion und Querkraft nach 6.2.7(9)		
	0.000	LK1	-62.98	-0.01	1.15	0.00	-3.53	0.08	181		Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.7(9)		
	0.000	LK1	-15.44	-0.02	1.41	-0.01	-2.19	0.02	186		Querschnittsnachweis - Biegung, Querkraft, Torsion und Normalkraft nach 6.2.7(9)		
	3.000	LK2	-32.67	-0.01	0.14	0.00	-0.38	0.10	221		Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.7(9)		
	0.000	LK2	-44.75	-0.01	0.14	0.00	-0.81	0.08	301		Stabilitätsnachweis - Biegeknicken um y nach 6.3.1.1 und 6.3.1.2(4)		
	0.000	LK2	-44.75	-0.01	0.14	0.00	-0.81	0.08	321		Stabilitätsnachweis - Drillknicken nach 6.3.1.4 und 6.3.1.2(4)		
	0.000	LK1	-62.98	-0.01	1.15	0.00	-3.53	0.08	361		Stabilitätsnachweis - Biegung um y und Druck nach 6.3.3, Verformung nach 6.3.4		
	0.000	LK1	-62.98	-0.01	1.15	0.00	-3.53	0.08	371		Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.4, Allgemeines		
2	Stabzug 2 (Stab Nr. 13-15)												
	0.000	LK2	-32.83	-0.03	21.38	-0.02	-45.46	0.02	102		Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4		
	0.000	LK1	-27.90	0.07	14.85	-0.01	18.57	0.10	121		Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6		
	0.000	LK2	-32.83	-0.03	21.38	-0.02	-45.46	0.02	131		Querschnittsnachweis - Torsion nach 6.2.7		
	2.677	LK2	-32.84	-0.03	21.71	-0.02	-49.90	0.02	132		Querschnittsnachweis - Torsion und Querkraft nach 6.2.7(9)		
	5.647	LK1	-26.58	0.07	-0.19	-0.01	61.69	-0.32	181		Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.7(9)		
	5.647	LK2	-28.81	0.09	0.01	-0.01	65.57	-0.39	186		Querschnittsnachweis - Biegung, Querkraft, Torsion und Normalkraft nach 6.2.7(9)		
	2.121	LK1	-30.32	-0.06	16.13	-0.02	7.26	0.14	206		Querschnittsnachweis - Biegung um z, Querkraft, Torsion und Normalkraft nach 6.2.7(9)		
	5.647	LK1	-26.58	0.07	-0.19	-0.01	61.69	-0.32	221		Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.7(9)		
	5.960	LK2	-28.68	0.09	-1.42	-0.01	65.16	-0.43	226		Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Querkraft, Torsion und Normalkraft nach 6.2.7(9)		
	5.647	LK2	-28.81	0.09	0.01	-0.01	65.57	-0.39	371		Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.4, Allgemeines		

Bild 4.8: Maske 3.2 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

Diese Maske weist für jeden Stabsatz die Schnittgrößen aus, die bei den einzelnen Nachweisen zu den höchsten Ausnutzungen führen.

4.8 Stabschlankheiten

3.3 Stabschlankheiten

Stab Nr.	A Beanspruchung	B Länge L [m]	C $k_y [-]$	D Starke Achse y		F $k_z [-]$		G Schwache Achse z		I
				i_y [mm]	$\lambda_y [-]$	i_z [mm]	$\lambda_z [-]$			
1	Druck / Biegung	6.000	4.029	124.7	193.926	1.000	33.5	179.070		
2	Druck / Biegung	6.000	1.000	124.7	48.133	1.000	33.5	179.070		
11	Druck / Biegung	6.000	4.040	124.7	194.456	0.543	33.5	97.235		
12	Druck / Biegung	6.000	3.855	124.7	185.551	0.518	33.5	92.758		
21	Druck / Biegung	6.000	1.000	124.7	48.133	0.400	33.5	71.628		
22	Druck / Biegung	6.000	1.000	124.7	48.133	0.600	33.5	107.442		
31	Druck / Biegung	3.000	1.000	124.7	24.066	1.000	33.5	89.535		
32	Druck / Biegung	3.000	1.000	124.7	24.066	1.000	33.5	89.535		
44	Druck / Biegung	6.274	1.000	124.7	50.330	1.000	33.5	187.247		
51	Druck / Biegung	3.000	1.000	82.8	36.224	1.000	49.9	60.112		
52	Druck / Biegung	3.000	1.000	82.8	36.224	1.000	49.9	60.112		
61	Druck / Biegung	6.274	1.000	57.3	109.541	1.000	35.2	178.246		
62	Druck / Biegung	6.274	1.000	57.3	109.544	1.000	35.2	178.251		
63	Druck / Biegung	6.274	1.000	57.3	109.544	1.000	35.2	178.251		
64	Druck / Biegung	6.274	1.000	57.3	109.541	1.000	35.2	178.246		
81	Druck / Biegung	6.546	1.000	65.6	99.778	1.000	39.8	164.286		
82	Druck / Biegung	7.094	1.000	65.6	108.131	1.000	39.8	178.040		
83	Druck / Biegung	6.546	1.000	65.6	99.778	1.000	39.8	164.286		
91	Druck / Biegung	5.000	1.000	31.0	161.515	1.000	31.0	161.515		
92	Druck / Biegung	5.000	1.000	31.0	161.515	1.000	31.0	161.515		
93	Druck / Biegung	5.000	1.000	31.0	161.515	1.000	31.0	161.515		
94	Druck / Biegung	5.000	1.000	31.0	161.515	1.000	31.0	161.515		
95	Druck / Biegung	5.000	1.000	31.0	161.515	1.000	31.0	161.515		
96	Druck / Biegung	5.000	1.000	31.0	161.515	1.000	31.0	161.515		
99	Druck / Biegung	5.000	1.000	31.0	161.515	1.000	31.0	161.515		
100	Druck / Biegung	5.000	1.000	31.0	161.515	1.000	31.0	161.515		
103	Druck / Biegung	5.000	1.000	31.0	161.515	1.000	31.0	161.515		
104	Druck / Biegung	5.000	1.000	31.0	161.515	1.000	31.0	161.515		
107	Druck / Biegung	5.000	1.000	31.0	161.515	1.000	31.0	161.515		
108	Druck / Biegung	5.000	1.000	31.0	161.515	1.000	31.0	161.515		

Stäbe mit Druck / Biegung:
 Max λ_y : 194.456 ≤ 200
 Max λ_z : 187.247 ≤ 200

Bild 4.9: Maske 3.3 Stabschlankheiten

Details...

Diese Ergebnismaske wird angezeigt, wenn im Dialog *Details*, Register *Diverse* das entsprechende Häkchen gesetzt ist (siehe Bild 3.8, Seite 48).

Details...

Die Tabelle listet die effektiven Schlankheitsgrade der bemessenen Stäbe für beide Hauptachsenrichtungen auf. Sie wurden in Abhängigkeit von der Lastart ermittelt. Am Ende der Liste findet sich ein Vergleich mit den Grenzwerten, die im Dialog *Details*, Register *Diverse* definiert sind (siehe Bild 3.8, Seite 48).

Stäbe des Typs „Zugstab“ oder „Seil“ sind in dieser Tabelle ausgeblendet.

Die Tabelle dient nur der Information. Es ist keine Stabilitätsbemessung der Schlankheiten vorgesehen.

4.9 Stückliste stabweise

Abschließend erscheint eine Bilanz der im Bemessungsfall behandelten Querschnitte.

4.1 Stückliste stabweise

Position Nr.	A Querschnitt Bezeichnung	B Anzahl Stäbe	C Länge [m]	D Gesamtlänge [m]	E Oberfläche [m ²]	F Volumen [m ³]	G Quers.-Masse [kg/m]	H Masse [kg]	Gesamtmasse [t]
1	1 - IPE 300 DIN 1025-5:1994	6	6.00	36.00	41.72	0.19	42.23	253.40	1.520
2	2 - IPE 300 DIN 1025-5:1994 ... 3 - IPE 400	8	3.01	24.09	31.63	0.17	54.28	163.46	1.308
3	2 - IPE 300 DIN 1025-5:1994	8	3.26	26.10	30.25	0.14	42.23	137.78	1.102
4	2 - IPE 300 DIN 1025-5:1994	8	6.27	50.19	58.17	0.27	42.23	264.97	2.120
5	1 - IPE 300 DIN 1025-5:1994	4	3.00	12.00	13.91	0.06	42.23	126.70	0.507
6	10 - HE A 140 DIN 1025-3:1994	3	3.00	9.00	7.15	0.03	24.65	73.95	0.222
7	10 - HE A 140 DIN 1025-3:1994	2	3.55	7.09	5.63	0.02	24.65	87.41	0.175
8	10 - HE A 140 DIN 1025-3:1994	1	4.09	4.09	3.25	0.01	24.65	100.91	0.101
9	15 - HE A 200 DIN 1025-3:1994	4	3.00	12.00	13.68	0.06	42.23	126.70	0.507
10	6 - HE A 160 DIN 1025-3:1994	2	3.00	6.00	5.44	0.02	30.46	91.37	0.183
11	6 - HE A 160 DIN 1025-3:1994	2	3.55	7.09	6.43	0.03	30.46	108.00	0.216
12	6 - HE A 160 DIN 1025-3:1994	1	4.09	4.09	3.71	0.02	30.46	124.70	0.125
13	16 - Rechteck 200/200	1	3.00	3.00	2.40	0.12	314.00	942.00	0.942
14	7 - HE A 140 DIN 1025-3:1994	4	6.27	25.10	19.93	0.08	24.65	154.64	0.619
15	9 - IPE 360 DIN 1025-5:1994	8	6.25	50.00	67.65	0.36	57.07	356.68	2.853
16	6 - HE A 160 DIN 1025-3:1994	2	6.55	13.09	11.86	0.05	30.46	199.38	0.399
17	6 - HE A 160 DIN 1025-3:1994	1	7.09	7.09	6.43	0.03	30.46	216.07	0.216
18	12 - QRO 80x4 DIN 59410:1974	25	5.00	125.00	39.13	0.15	9.42	47.10	1.178
19	13 - RD 24 DIN 1013-1	4	7.81	31.24	2.36	0.01	3.55	27.71	0.111
20	13 - RD 24 DIN 1013-1	8	8.02	64.18	4.84	0.03	3.55	28.47	0.228
Summe		102		516.46	375.55	1.86			14.630

Bild 4.10: Maske 4.1 Stückliste stabweise

Details...

In dieser Liste sind per Voreinstellung nur die bemessenen Stäbe erfasst. Wird eine Stückliste für alle Stäbe des Modells benötigt, so kann dies im Dialog *Details*, Register *Diverse* eingestellt werden (siehe Bild 3.8, Seite 48).

Position Nr.

Das Programm vergibt Positionsnummern für gleichartige Stäbe.

Querschnitt Bezeichnung

In dieser Spalte sind die Querschnittsnummern und -bezeichnungen aufgelistet.

Anzahl Stäbe

Es wird für jede Position angegeben, wie viele gleichartige Stäbe zur Verwendung kommen.

Länge

Hier wird jeweils die Länge eines einzelnen Stabes ausgewiesen.

Gesamtlänge

Die Werte in dieser Spalte stellen jeweils das Produkt aus den beiden vorherigen Spalten dar.

Oberfläche



Es werden positionsweise die auf die Gesamtlänge bezogenen Oberflächen angegeben. Diese werden aus der *Mantelfläche* der Profile ermittelt, die in den Masken 1.3 sowie 2.1 bis 2.5 bei den Querschnittsinformationen einsehbar ist (siehe Bild 2.19, Seite 19).

Volumen

Das Volumen einer Position ermittelt sich aus der Querschnittsfläche und der Gesamtlänge.

Quers.-Masse

Die *Querschnittsmasse* stellt das auf einen Meter Länge bezogene Profildgewicht dar. Bei Voutenquerschnitten erfolgt eine Mittelung der beiden Profilkennwerte.

Masse

Die Werte dieser Spalte ermitteln sich jeweils aus dem Produkt der Spalten C und G.

Gesamtmasse

In der letzten Spalte wird das Gesamtgewicht jeder Position angegeben.

Summe

Am Ende der Liste befindet sich eine Bilanz mit den Summen der Spalten B, D, E, F und I. Das letzte Feld *Gesamtmasse* gibt Aufschluss über die insgesamt benötigte Stahlmenge.

4.10 Stückliste stabsatzweise

4.2 Stückliste stabsatzweise

Position Nr.	A Stabsatz- Bezeichnung	B Anzahl Stabsätze	C Länge [m]	D Gesamtlänge [m]	E Oberfläche [m ²]	F Volumen [m ³]	G Quers.-Masse [kg/m]	H Masse [kg]	I Gesamtmasse [t]
1	Stabzug 1	1	6.00	6.00	6.84	0.03	42.23	253.40	0.253
2	Stabzug 2	1	12.55	12.55	15.01	0.07	45.12	566.22	0.566
3	Stabzug 3	1	12.55	12.55	15.01	0.07	45.12	566.22	0.566
4	Stabzug 4	1	6.55	6.55	5.20	0.02	24.65	161.35	0.161
5	Stabzug 5	1	7.09	7.09	5.63	0.02	24.65	174.86	0.175
Summe		5		44.74	47.68	0.22			1.722

Bild 4.11: Maske 4.2 *Stückliste stabsatzweise*

Die letzte Ergebnismaske wird angezeigt, wenn mindestens ein Stabsatz zur Bemessung ausgewählt wurden. Sie bietet eine Übersicht über die Stahlpositionen von Baugruppen wie z. B. Riegeln.

Die Spalten sind im vorherigen Kapitel erläutert. Bei unterschiedlichen Querschnitten im Stabsatz werden Oberfläche, Volumen und Querschnittsmasse gemittelt.

5 Ergebnisauswertung

Die Bemessungsergebnisse lassen sich auf verschiedene Weise auswerten. Hierzu sind auch die Schaltflächen am Ende der oberen Tabelle hilfreich.

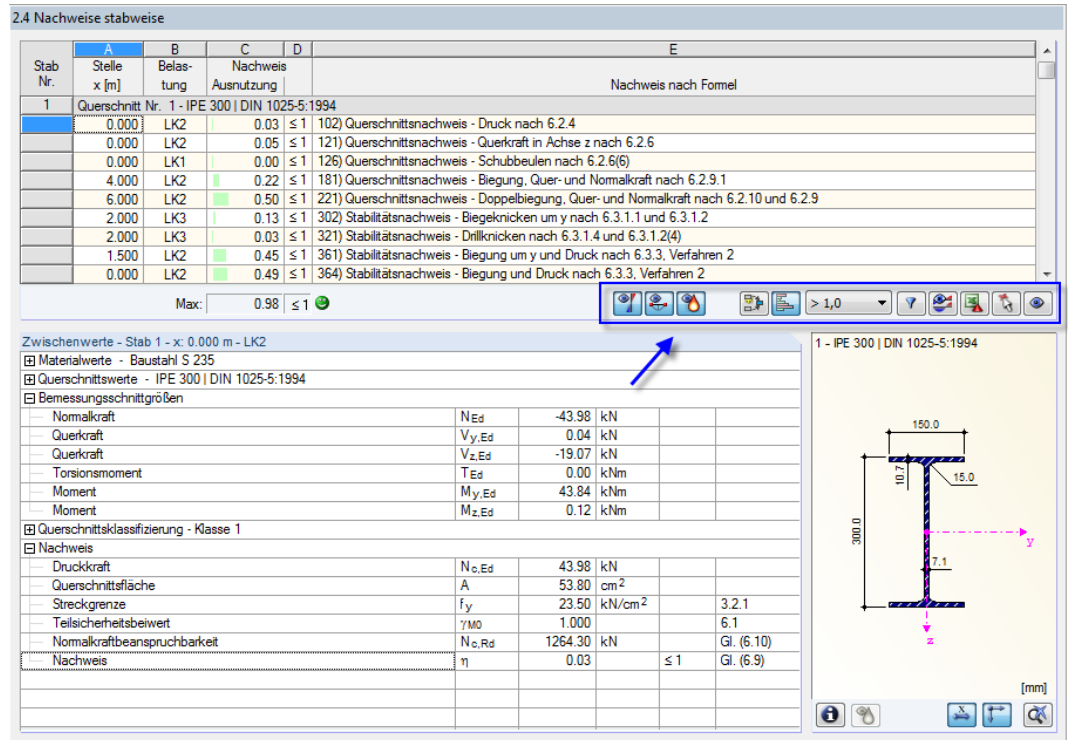


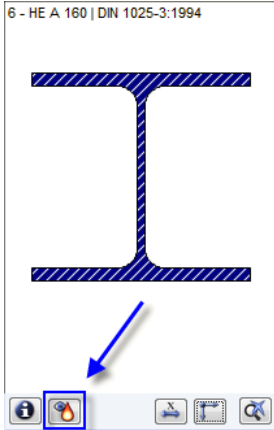
Bild 5.1: Schaltflächen zur Ergebnisauswertung

Die Schaltflächen sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Bezeichnung	Funktion
	Tragfähigkeitsnachweis	Blendet die Ergebnisse des Tragfähigkeitsnachweises ein und aus
	Gebrauchstauglichkeitsnachweis	Blendet die Ergebnisse des Gebrauchstauglichkeitsnachweises ein und aus
	Brandschutznachweis	Blendet die Ergebnisse des Brandschutznachweises ein und aus
	Ergebniskombination	Erzeugt aus den maßgebenden Lastfällen und Lastkombinationen eine neue Ergebniskombination
	Relationsbalken	Blendet die farbigen Bezugsskalen in den Ergebnismasken ein und aus
	Filterparameter	Beschreibt das Kriterium, nach dem die Ausgabe in den Tabellen gefiltert wird: Ausnutzungen größer 1, Maximalwert oder benutzerdefinierter Schranke
	Filter anwenden	Stellt nur Zeilen dar, für die die Filterparameter gelten (Ausnutzungen > 1, Maximum, benutzerdefinierter Wert)
	Ergebnisverläufe	Öffnet das Fenster <i>Ergebnisverläufe im Stab</i> → Kapitel 5.2, Seite 65
	Excel-Export	Exportiert die Tabelle nach MS Excel / OpenOffice → Kapitel 7.4.3, Seite 76

	Stabauswahl	Ermöglicht die grafische Auswahl eines Stabes, um dessen Ergebnisse in der Tabelle anzuzeigen
	Sichtmodus	Ermöglicht den Wechsel in das RFEM-Arbeitsfenster, um die Ansicht zu ändern

Tabelle 5.1: Schaltflächen in den Ergebnismasken 2.1 bis 2.5



Bei den Brandschutznachweisen kann die verwendete Temperaturzeitkurve eingesehen werden: Ein Klick auf die links dargestellte Schaltfläche (unterhalb der Profilgrafik) öffnet das *Temperaturkurven*-Diagramm gemäß Bild 3.5 bis Bild 3.7, Seite 47.

5.1 Ergebnisse am RFEM-Modell

Für die Auswertung kann auch das RFEM-Arbeitsfenster genutzt werden.

RFEM-Hintergrundgrafik und Sichtmodus

Das RFEM-Arbeitsfenster im Hintergrund ist hilfreich, um die Position eines Stabes im Modell ausfindig zu machen: Der in der Ergebnismaske von RF-STAHLEC3 selektierte Stab wird in der Hintergrundgrafik farbig hervorgehoben. Ein Pfeil kennzeichnet auch die x-Stelle des Stabes, um die es sich in der aktuellen Tabellenzeile handelt.

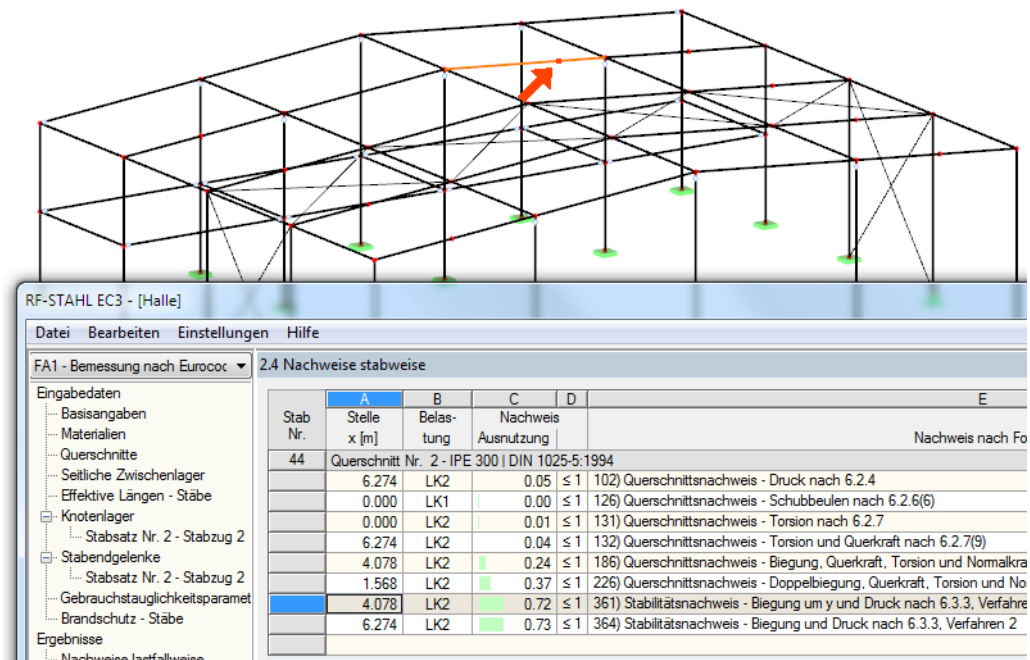
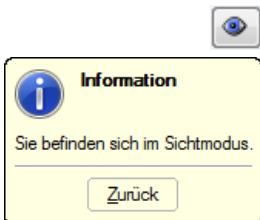


Bild 5.2: Kennzeichnung des Stabes und der aktuellen Stelle x im RFEM-Modell

Falls sich die Darstellung durch Verschieben des RF-STAHLEC3-Fensters nicht verbessern lässt, sollte die Schaltfläche [Ansicht ändern] benutzt werden, um den *Sichtmodus* zu aktivieren: Das Fenster wird ausgeblendet, sodass in der RFEM-Arbeitsfläche die Ansicht angepasst werden kann. Im Sichtmodus stehen die Funktionen des Menüs *Ansicht* zur Verfügung, z. B. Zoomen, Verschieben oder Drehen der Ansicht. Der Markierungspfeil bleibt dabei sichtbar.

Mit [Zurück] erfolgt die Rückkehr in das Modul RF-STAHLEC3.



RFEM-Arbeitsfenster

Grafik

Die Ausnutzungsgrade lassen sich auch grafisch am RFEM-Modell überprüfen: Klicken Sie die Schaltfläche [Grafik] an, um das Bemessungsmodul zu verlassen. Im Arbeitsfenster von RFEM werden nun die Ausnutzungen wie die Schnittgrößen eines Lastfalls dargestellt.

Im *Ergebnisse*-Navigator kann festgelegt werden, welche Ausnutzungen auf Basis der Tragfähigkeits-, Gebrauchstauglichkeits- oder Brandbemessung grafisch dargestellt werden sollen.

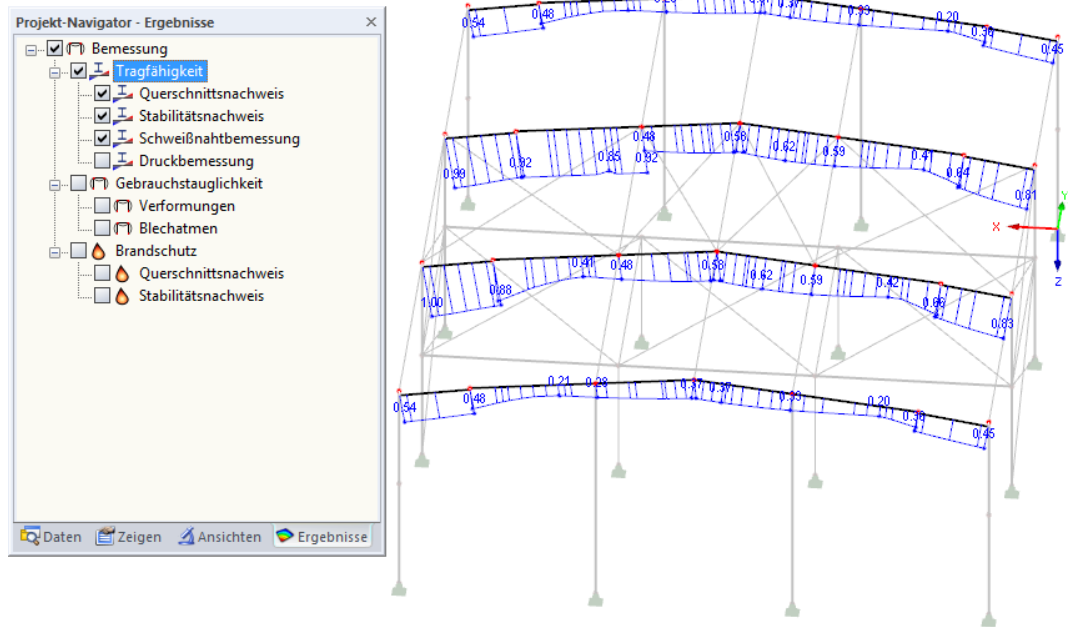


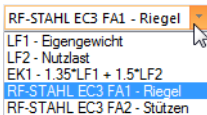
Bild 5.3: Ergebnisse-Navigator für Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Brandschutz



Analog zur Schnittgrößenanzeige blendet die Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] die Darstellung der Bemessungsergebnisse ein oder aus. Die Schaltfläche [Ergebnisse mit Werten anzeigen] rechts davon steuert die Anzeige der Ergebniswerte.



Die RFEM-Tabellen sind für die Auswertung der Bemessungsergebnisse nicht relevant.



Die Bemessungsfälle lassen sich in der Liste der RFEM-Menüleiste einstellen.

Die Ergebnisdarstellung kann im *Zeigen*-Navigator unter dem Eintrag **Ergebnisse** → **Stäbe** gesteuert werden. Als Standard werden die Ausnutzungen *Zweifarfbig* angezeigt.

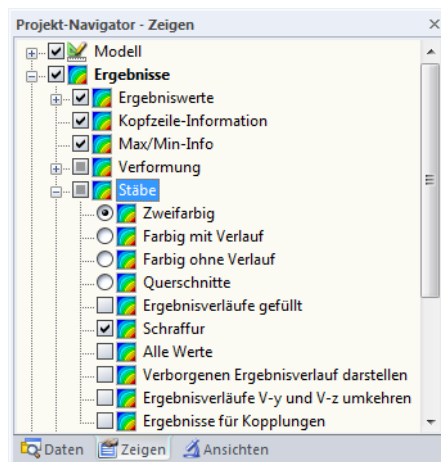


Bild 5.4: Zeigen-Navigator: Ergebnisse → Stäbe



Bei einer mehrfarbigen Darstellung (Optionen *Farbig mit/ohne Verlauf* oder *Querschnitte*) steht das Farbpanel mit den üblichen Steuerungsmöglichkeiten zur Verfügung. Die Funktionen sind im Kapitel 3.4.6 des RFEM-Handbuchs beschrieben.

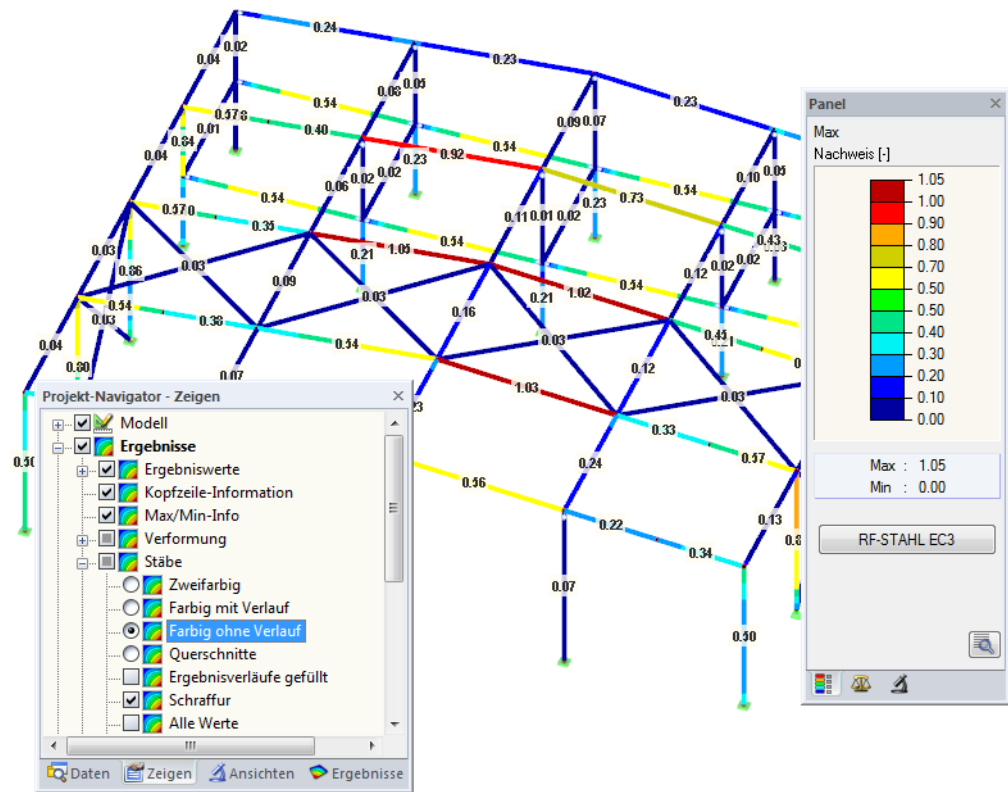


Bild 5.5: Ausnutzungsgrade mit Anzeigeeption *Farbig ohne Verlauf*

Die Grafiken der Bemessungsergebnisse können in das Ausdruckprotokoll übergeben werden (siehe [Kapitel 6.2, Seite 69](#)).

RF-STAHL EC3

Die Rückkehr zum Zusatzmodul ist über die Panel-Schaltfläche [RF-STAHL EC3] möglich.

5.2 Ergebnisverläufe

Die Ergebnisverläufe eines Stabes können auch im Ergebnisdiagramm grafisch ausgewertet werden.



Selektieren Sie den Stab (oder Stabsatz) in der RF-STAHl EC3-Ergebnismaske, indem Sie mit der Maus in die Tabellenzeile des Stabes klicken. Rufen Sie dann den Dialog *Ergebnisverläufe im Stab* über die links gezeigte Schaltfläche auf. Sie befindet sich am Ende der oberen Ergebnistabelle (siehe Bild 5.1, Seite 61).

In der RFEM-Grafik sind die Ergebnisverläufe zugänglich über Menü



Ergebnisse → **Ergebnisverläufe an selektierten Stäben**

oder die entsprechende Schaltfläche in der RFEM-Symboleiste.

Es öffnet sich ein Fenster, in dem der Verlauf der Nachweiswerte grafisch am Stab bzw. Stabsatz angezeigt werden kann.

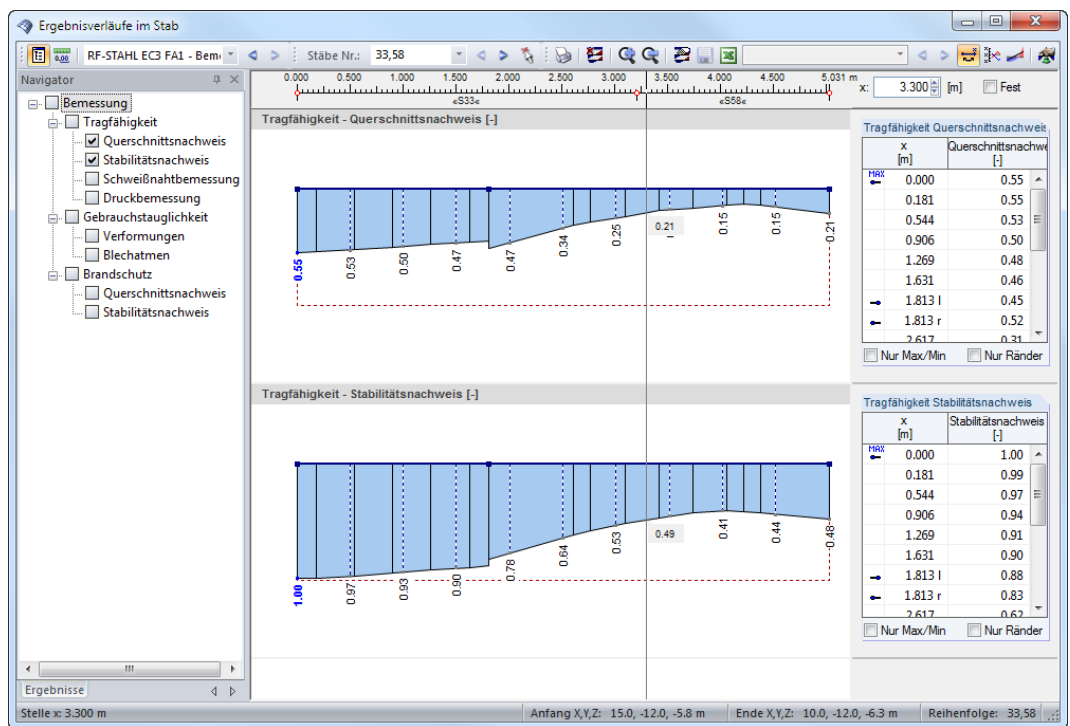
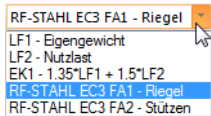


Bild 5.6: Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*

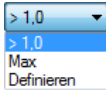
Auch hier ermöglicht der *Ergebnisse*-Navigator eine gezielte Auswahl unter den Nachweisen der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und des Brandschutzes.



Über die Liste in der Symboleiste kann zwischen den RF-STAHl EC3-Bemessungsfällen gewechselt werden.

Der Dialog *Ergebnisverläufe im Stab* ist im Kapitel 9.5 des RFEM-Handbuchs beschrieben.

5.3 Filter für Ergebnisse



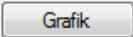
Die Gliederung der RF-STAHL EC3-Ergebnismasken bietet bereits eine Auswahl nach verschiedenen Kriterien. Zusätzlich bestehen Filtermöglichkeiten für die Tabellen (siehe Bild 5.1, Seite 61), um die numerische Ausgabe nach Ausnutzungen einzugrenzen. Diese Funktion ist auch in einem DLUBAL-Blog beschrieben: <https://www.dlubal.com/blog/11214>

Für die grafische Auswertung der Ergebnisse lassen sich die im Kapitel 9.9 des RFEM-Handbuchs beschriebenen Filtermöglichkeiten nutzen.



Auch für RF-STAHL EC3 können die Möglichkeiten der *Sichtbarkeiten* genutzt werden (siehe RFEM-Handbuch, Kapitel 9.9.1), um die Stäbe für die Auswertung zu filtern.

Filtern von Nachweisen



Die Ausnutzungen lassen sich gut als Filterkriterium im RFEM-Arbeitsfenster nutzen, das über die Schaltfläche [Grafik] zugänglich ist. Hierfür muss das Panel angezeigt werden. Sollte es nicht aktiv sein, kann es eingeblendet werden über das RFEM-Menü



Ansicht → **Steuerpanel**

oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

Das Panel ist im Kapitel 3.4.6 des RFEM-Handbuchs beschrieben. Die Filtereinstellungen für die Ergebnisse sind im ersten Panel-Register (Farbskala) vorzunehmen. Da dieses Register bei der zweifarbigen Anzeige nicht verfügbar ist, muss im *Zeigen*-Navigator auf die Darstellungsarten *Farbig mit/ohne Verlauf* oder *Querschnitte* umgeschaltet werden.

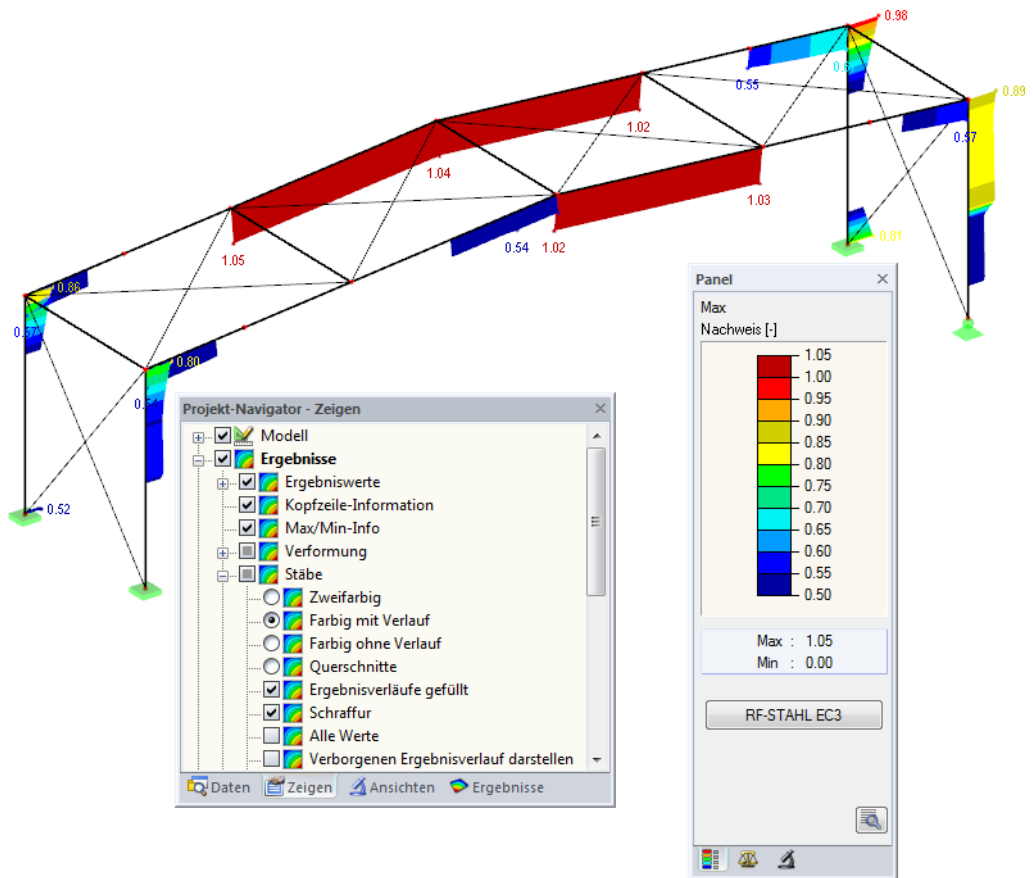


Bild 5.7: Filtern der Ausnutzungsgrade mit angepasster Farbskala

Wie das Bild oben zeigt, kann die Werteskala des Panels so eingestellt werden, dass nur Ausnutzungsgrade größer als 0,50 in den Farben zwischen blau und rot dargestellt werden.

Die Funktion *Verborgenen Ergebnisverlauf darstellen* im Zeigen-Navigator (**Ergebnisse** → **Stäbe**) blendet alle Ausnutzungen ein, die nicht im Bereich der Werteskala liegen. Diese Verläufe werden strichlinienhaft dargestellt.

Filtern von Stäben



Im Register *Filter* des Steuerpanels können die Nummern ausgewählter Stäbe angegeben werden, um deren Ergebnisse gefiltert anzuzeigen. Diese Funktion ist im Kapitel 9.9.3 des RFEM-Handbuchs beschrieben.

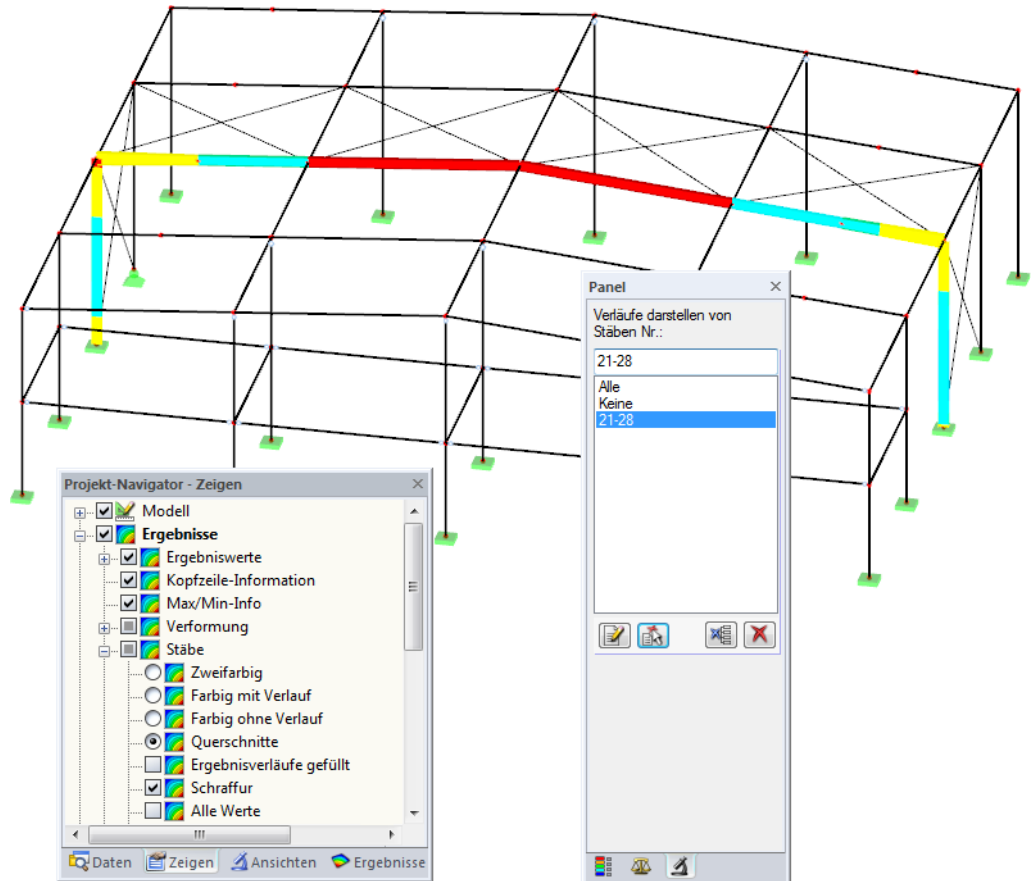


Bild 5.8: Stabfilter für Ausnutzungen eines Hallenrahmens

Im Unterschied zur Ausschnittfunktion wird das Modell vollständig mit angezeigt. Das Bild oben zeigt die Ausnutzungen eines Hallenrahmens. Die übrigen Stäbe werden im Modell dargestellt, sind in der Anzeige jedoch ohne Ausnutzungsgrade.

6 Ausdruck

6.1 Ausdruckprotokoll

Für die Daten des Moduls RF-STAHLEC3 wird – wie in RFEM – ein Ausdruckprotokoll generiert, das mit Grafiken und Erläuterungen ergänzt werden kann. Die Selektion im Ausdruckprotokoll steuert, welche Daten des Bemessungsmoduls schließlich im Ausdruck erscheinen.



Das Ausdruckprotokoll ist im RFEM-Handbuch beschrieben. Das Kapitel 10.1.3.4 *Selektion der Zusatzmodul-Daten* erläutert, wie die Ein- und Ausgabedaten von Zusatzmodulen für den Ausdruck aufbereitet werden können.

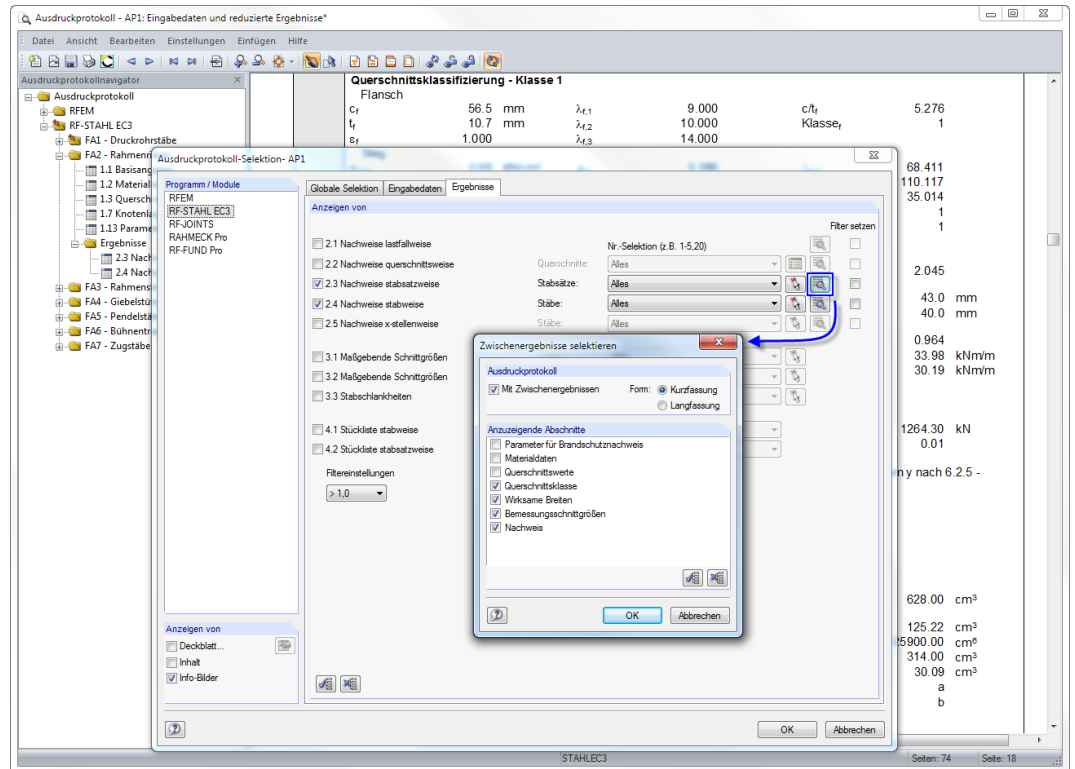


Bild 6.1: Selektion von Nachweisen und Zwischenergebnissen im Ausdruckprotokoll



Über die Schaltfläche [Details] kann gesteuert werden, ob im Ausdruck auch Zwischenergebnisse enthalten soll. Diese lassen sich in einer Liste festlegen und in Form einer *Kurzfassung* (kompakte Darstellung) oder *Langfassung* (Listendarstellung) dokumentieren.

Bei großen Systemen mit vielen Bemessungsfällen trägt die Aufteilung der Daten in mehrere Ausdruckprotokolle zur Übersichtlichkeit bei.

6.2 Grafikausdruck

In RFEM kann jedes Bild, das im Arbeitsfenster angezeigt wird, in das Ausdruckprotokoll übergeben oder direkt zum Drucker geleitet werden. Somit lassen sich auch die am RFEM-Modell gezeigten Ausnutzungen für den Ausdruck aufbereiten.



Das Drucken von Grafiken ist im Kapitel 10.2 des RFEM-Handbuchs beschrieben.

Nachweise am RFEM-Modell



Die aktuelle Grafik der Ausnutzungsgrade kann gedruckt werden über Menü

Datei → Drucken

oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

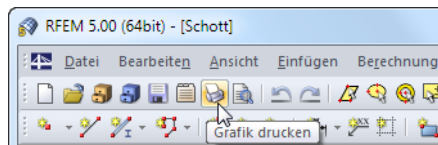


Bild 6.2: Schaltfläche *Drucken* in RFEM-Symbolleiste

Ergebnisverläufe



Auch im Dialog *Ergebnisverläufe im Stab* kann die Grafik der Nachweiswerte mit der Schaltfläche [Drucken] in das Protokoll übergeben oder direkt ausgedruckt werden.

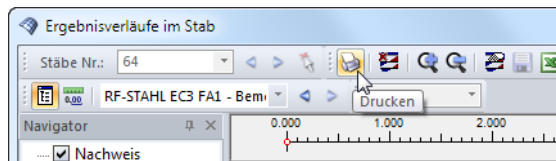


Bild 6.3: Schaltfläche *Drucken* im Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*

Es erscheint folgender Dialog.

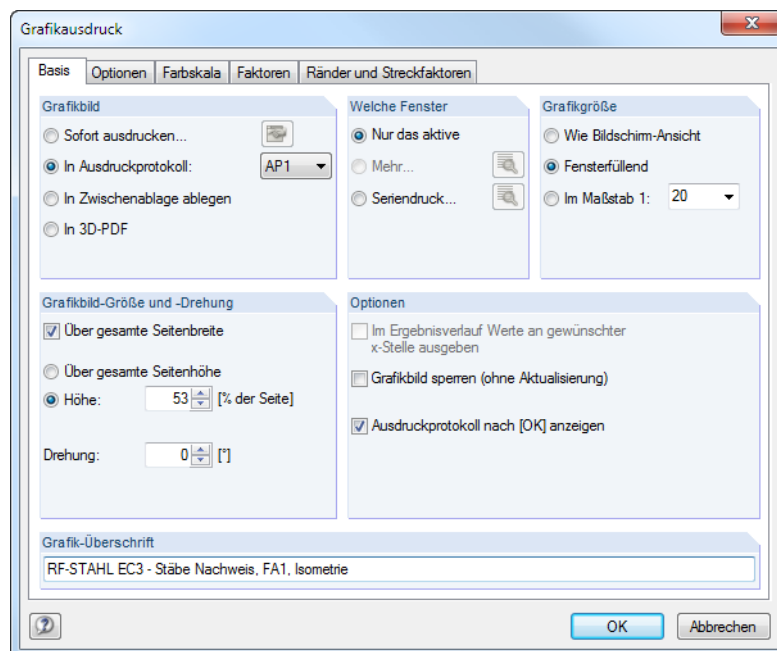


Bild 6.4: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Basis*

Der Dialog *Grafikausdruck* ist im Kapitel 10.2 des RFEM-Handbuchs beschrieben. Dort sind auch die übrigen Register *Optionen* und *Farbskala* erläutert.

Eine Grafik kann im Ausdruckprotokoll wie gewohnt per Drag-and-Drop an eine andere Stelle geschoben werden.

Um eine Grafik nachträglich im Ausdruckprotokoll anzupassen, führen Sie einen Rechtsklick auf den entsprechenden Eintrag im Protokoll-Navigator aus. Die Option *Eigenschaften* im Kontextmenü ruft wieder den Dialog *Grafikausdruck* auf, in dem Sie die Anpassungen vornehmen können.

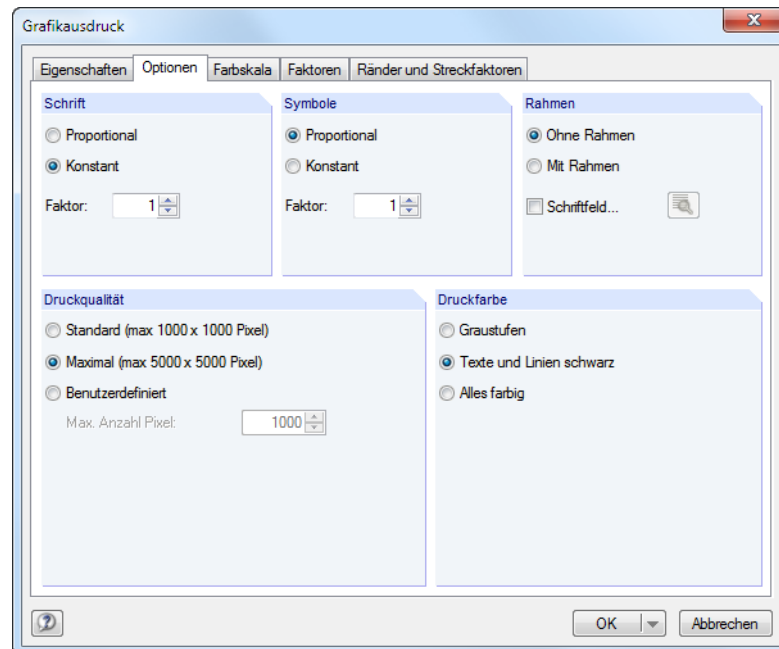
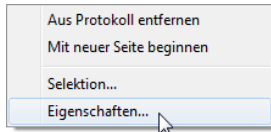


Bild 6.5: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Optionen*

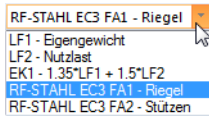
7 Allgemeine Funktionen

Dieses Kapitel beschreibt nützliche Menüfunktionen und stellt Exportmöglichkeiten für die Nachweise vor.

7.1 Bemessungsfälle

Bemessungsfälle ermöglichen es, Stäbe für die Nachweise zu gruppieren: So können Bauteilgruppen zusammengefasst oder Stäbe mit bestimmten Bemessungsvorgaben (z. B. geänderte Materialien, Teilsicherheitsbeiwerte, Optimierung) untersucht werden.

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



Die Bemessungsfälle von RF-STAHLE EC3 sind auch in RFEM über die Lastfall-Liste der Symbolleiste zugänglich.

Neuen Bemessungsfall anlegen

Ein Bemessungsfall wird angelegt über das RF-STAHLE EC3-Menü

Datei → Neuer Fall.

Es erscheint folgender Dialog.

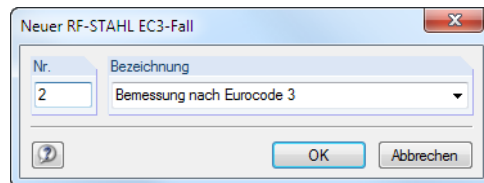


Bild 7.1: Dialog *Neuer RF-STAHLE EC3-Fall*

In diesem Dialog ist eine (noch freie) *Nummer* für den neuen Bemessungsfall anzugeben. Die *Bezeichnung* erleichtert die Auswahl in der Lastfall-Liste.

Nach [OK] erscheint die RF-STAHLE EC3-Maske 1.1 *Basisangaben* zur Eingabe der Bemessungsdaten.

Bemessungsfall umbenennen

Die Bezeichnung eines Bemessungsfalls wird geändert über das RF-STAHLE EC3-Menü

Datei → Fall umbenennen.

Es erscheint folgender Dialog.

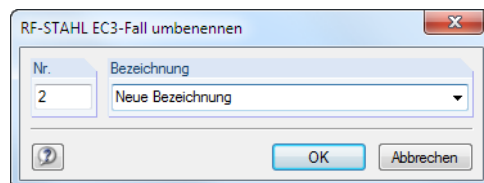


Bild 7.2: Dialog *RF-STAHLE EC3-Fall umbenennen*

Hier kann nicht nur eine andere *Bezeichnung*, sondern auch eine andere *Nummer* für den Bemessungsfall festgelegt werden.

Bemessungsfall kopieren

Die Eingabedaten des aktuellen Bemessungsfalls werden kopiert über das RF-STAHL EC3-Menü

Datei → **Fall kopieren**.

Es erscheint folgender Dialog.

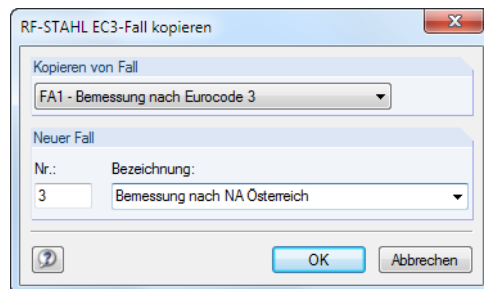


Bild 7.3: Dialog *RF-STAHL EC3-Fall kopieren*

Es ist die *Nummer* und ggf. eine *Bezeichnung* für den neuen Fall festzulegen.

Bemessungsfall löschen

Bemessungsfälle lassen sich wieder löschen über das RF-STAHL EC3-Menü

Datei → **Fall löschen**.

Es erscheint folgender Dialog.

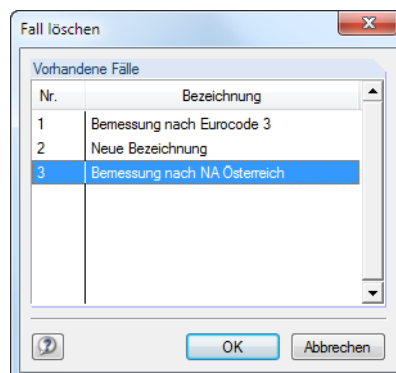
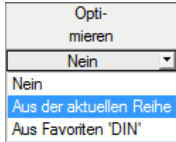


Bild 7.4: Dialog *Fall löschen*

Der Bemessungsfall kann in der Liste *Vorhandene Fälle* ausgewählt werden. Mit [OK] erfolgt der Löschvorgang.

7.2 Querschnittsoptimierung



Im Bemessungsmodul besteht die Möglichkeit, überlastete oder kaum ausgenutzte Querschnitte zu optimieren: Legen Sie hierzu in Maske 1.3 *Querschnitte* die relevanten Profile fest, indem Sie in Spalte D bzw. E in der Liste auswählen, ob die Querschnitte *Aus der aktuellen Reihe* oder benutzerdefinierten *Favoriten* ermittelt werden sollen (siehe Bild 2.17, Seite 17). In den Ergebnismasken kann die Optimierung über das Kontextmenü eingeleitet werden.

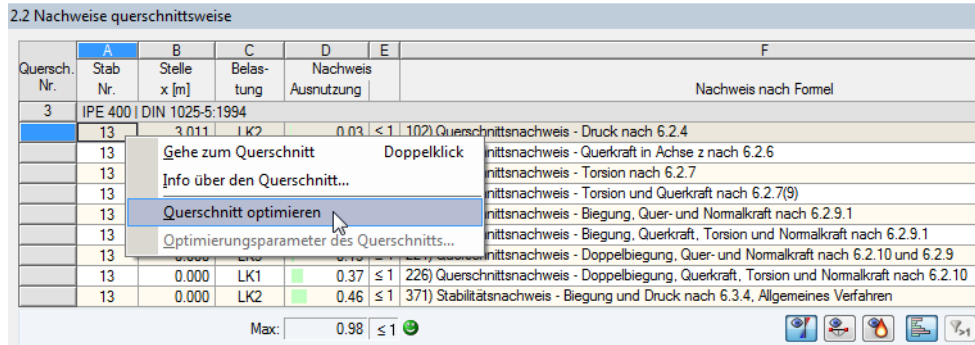


Bild 7.5: Kontextmenü zur Querschnittsoptimierung

Bei der Optimierung wird untersucht, welches Profil den Tragfähigkeitsnachweis „optimal“ erfüllt, d. h. der maximal zulässigen Ausnutzung am nächsten kommt, die im Dialog *Details* festgelegt ist (siehe Bild 3.8, Seite 48). Die erforderlichen Querschnittswerte werden dabei mit den Schnittgrößen ermittelt, wie sie von RFEM vorliegen. Erweist sich ein anderer Querschnitt als günstiger, so wird dieser für den Nachweis benutzt. In Maske 1.3 werden dann zwei Profile dargestellt – der ursprüngliche DIN Querschnitt von RFEM und der optimierte Querschnitt (siehe Bild 7.7).

Bei einem parametrischen Profil erscheint beim Anhängen von *Optimieren* folgender Dialog.

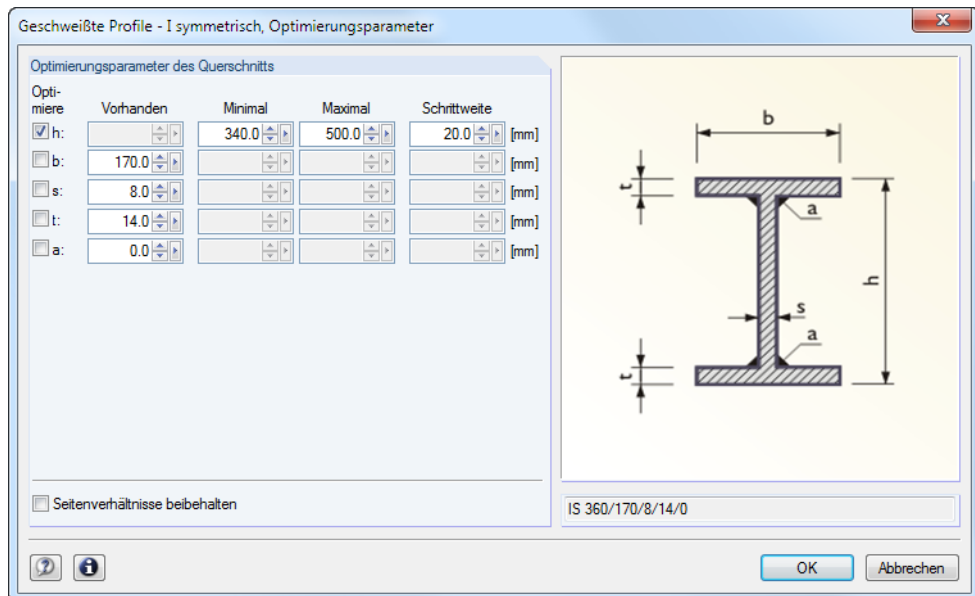


Bild 7.6: Dialog *Geschweißte Profile - I-symmetrisch, Optimierungsparameter*

In der Spalte *Optimiere* ist durch Anhängen festzulegen, welcher (oder welche) Parameter geändert werden soll. Damit werden die Spalten *Minimal* und *Maximal* zugänglich, in denen die Unter- und Obergrenzen des Parameters definiert werden können. Die Spalte *Schrittweite* steuert das Intervall, in dem die Abmessungen des Parameters beim Optimierungsprozess variieren.

Sollen die *Seitenverhältnisse beibehalten* werden, ist das entsprechende Kontrollfeld zu aktivieren. Zusätzlich müssen mindestens zwei Parameter zur Optimierung angehängt werden.



Querschnitte, die aus Walzprofilen zusammengesetzt sind, können nicht optimiert werden. Bei der Optimierung ist zu beachten, dass die Schnittgrößen nicht automatisch neu mit den geänderten Querschnitten berechnet werden: Der Anwender entscheidet, welche Profile für eine Neuberechnung nach RFEM übergeben werden. Wegen der geänderten Steifigkeiten im System können die Schnittgrößen, die sich mit den optimierten Querschnitten ergeben, deutlich abweichen. Es empfiehlt sich daher, nach einer ersten Optimierung die Schnittgrößen mit den geänderten Querschnitten neu zu berechnen und dann die Profile nochmals optimieren zu lassen.

Die geänderten Profile können nach RFEM exportiert werden: Stellen Sie die Maske 1.3 *Querschnitte* ein und wählen dann das Menü

Bearbeiten → **Alle Querschnitte an RFEM übergeben.**

Auch über das Kontextmenü der Maske 1.3 lassen sich optimierte Profile nach RFEM exportieren.

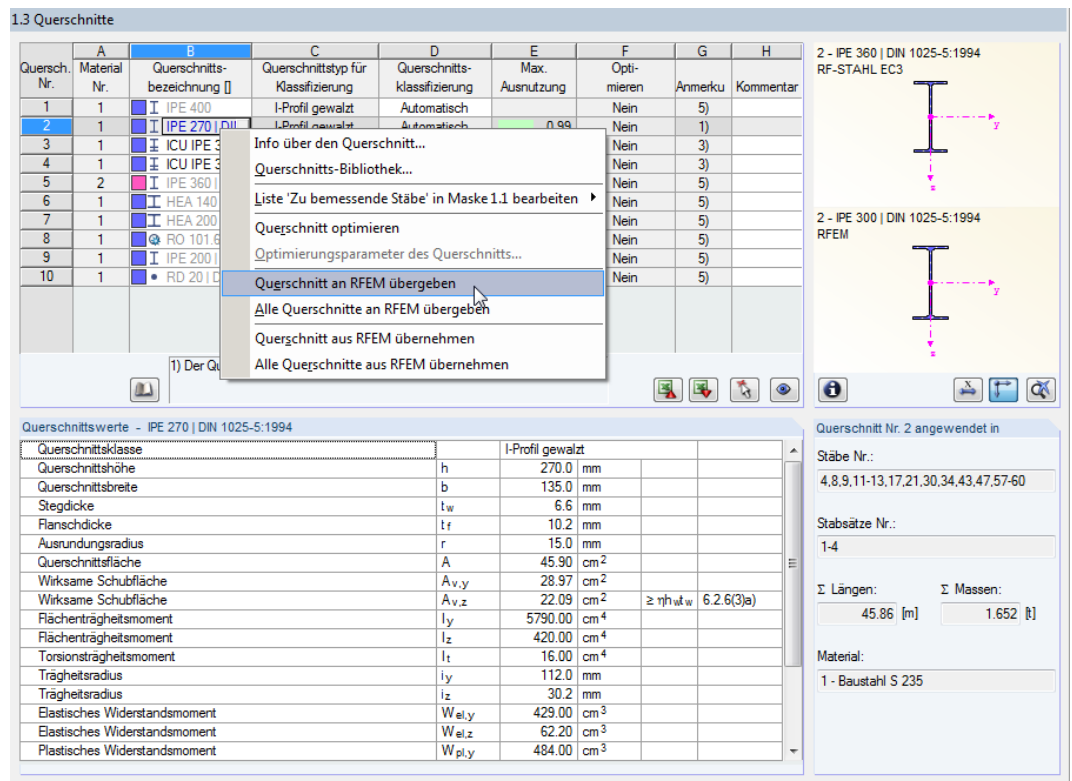


Bild 7.7: Kontextmenü der Maske 1.3 *Querschnitte*

Vor der Übergabe erfolgt eine Abfrage, ob die Ergebnisse von RFEM gelöscht werden sollen.

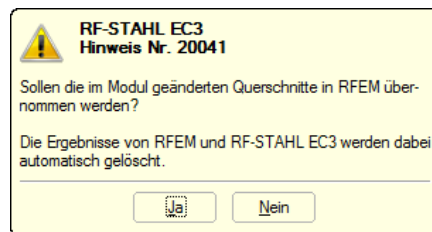


Bild 7.8: Abfrage vor Übergabe geänderter Querschnitte nach RFEM

Berechnung

Nach dem Start der [Berechnung] in RF-STAHL EC3 werden die RFEM-Schnittgrößen und die Nachweise in einem Rechenlauf ermittelt.

Wurden die geänderten Querschnitte noch nicht nach RFEM exportiert, so können mit den im Bild 7.7 gezeigten Optionen wieder die ursprünglichen Profile in das Bemessungsmodul eingelesen werden. Beachten Sie, dass diese Möglichkeit nur in Maske 1.3 *Querschnitte* besteht.



Falls ein Voutenstab zur Optimierung vorliegt, werden die Anfangs- und Endstellen optimiert. Danach werden die Flächenträgheitsmomente an den Zwischenstellen linear interpoliert. Da diese mit der vierten Potenz eingehen, können die Nachweise bei großen Unterschieden der Anfangs- und Endprofilhöhen ungenau werden. In einem solchen Fall empfiehlt es sich, die Voute in mehrere Stäbe zu unterteilen und so die Querschnittsverläufe manuell abzubilden.

7.3 Einheiten und Dezimalstellen

Die Einheiten und Nachkommastellen werden für RFEM und für die Zusatzmodule gemeinsam verwaltet. In RF-STAHL EC3 ist der Dialog zum Anpassen der Einheiten zugänglich über Menü

Einstellungen → **Einheiten und Dezimalstellen**

Es erscheint der aus RFEM bekannte Dialog. In der Liste *Programm / Modul* ist RF-STAHL EC3 vor-
eingestellt.

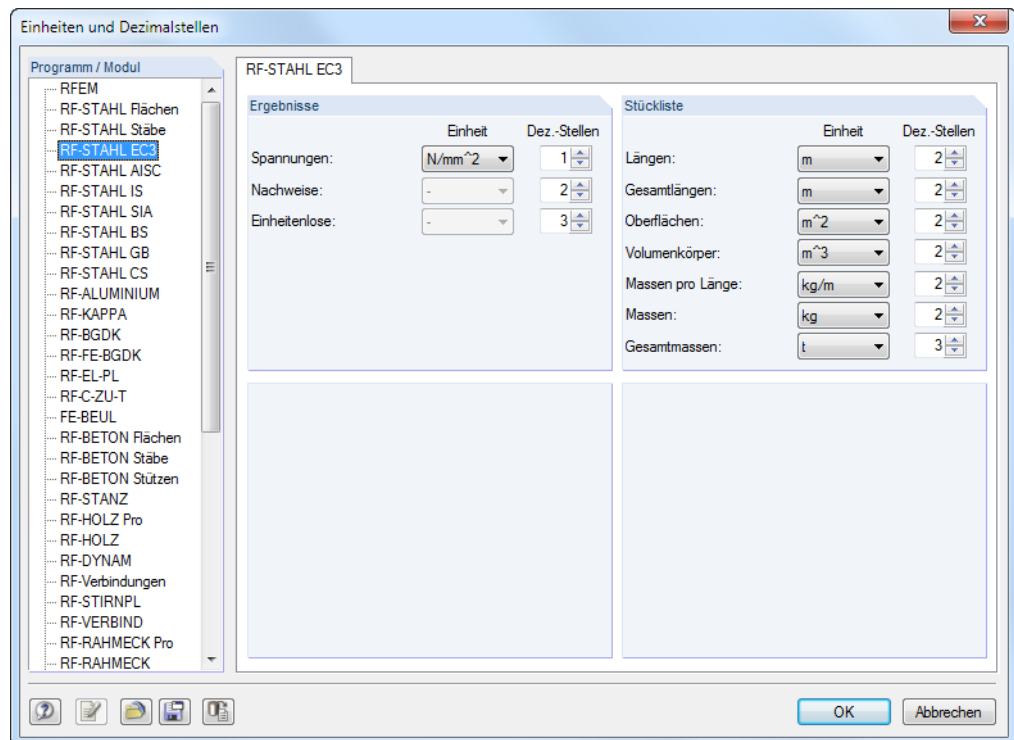


Bild 7.9: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*



Die Einstellungen können als Benutzerprofil gespeichert und in anderen Modellen wieder verwendet werden. Diese Funktionen sind im Kapitel 11.1.3 des RFEM-Handbuchs beschrieben.

7.4 Datenaustausch

7.4.1 Materialexport nach RFEM

Werden in RF-STAHl EC3 die Materialien für die Bemessung angepasst, so können – wie bei den Querschnitten – die geänderten Materialien nach RFEM exportiert werden: Stellen Sie die Maske 1.2 *Materialien* ein und wählen dann das Menü

Bearbeiten → **Alle Materialien an RFEM übergeben.**

Auch über das Kontextmenü der Maske 1.2 lassen sich Materialien nach RFEM exportieren.

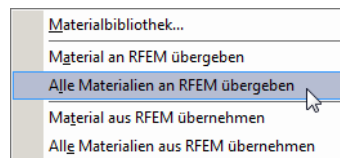


Bild 7.10: Kontextmenü der Maske 1.2 *Materialien*

Berechnung

Vor der Übergabe erfolgt eine Abfrage, ob die Ergebnisse von RFEM gelöscht werden sollen. Nach dem Start der [Berechnung] in RF-STAHl EC3 werden die RFEM-Schnittgrößen und die Nachweise in einem Rechenlauf ermittelt.

Wurden die geänderten Materialien noch nicht nach RFEM exportiert, so können mit den im Bild 7.10 gezeigten Optionen wieder die ursprünglichen Materialien in das Bemessungsmodul eingelesen werden. Beachten Sie, dass diese Möglichkeit nur in Maske 1.2 *Materialien* besteht.

7.4.2 Knicklängenexport nach RFEM

Werden in der RF-STAHl EC3 die Knicklängen für die Nachweise angepasst, so können auch die geänderten Knicklängen nach RFEM exportiert werden: Stellen Sie die Maske 1.5 *Effektive Längen - Stäbe* ein und wählen dann das Menü

Bearbeiten → **Alle Knicklängen an RFEM übergeben.**

Auch über das Kontextmenü der Maske 1.5 lassen sich Knicklängen nach RFEM exportieren.

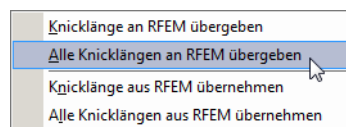


Bild 7.11: Kontextmenü der Maske 1.5 *Effektive Längen - Stäbe*

Vor der Übergabe erfolgt eine Abfrage, ob die Ergebnisse von RFEM gelöscht werden sollen.

Wurden die geänderten Knicklängen noch nicht nach RFEM exportiert, so können mit den im Bild 7.11 gezeigten Optionen wieder die ursprünglichen Knicklängen in das Bemessungsmodul eingelesen werden. Beachten Sie, dass diese Möglichkeit nur in den Masken 1.5 *Effektive Längen - Stäbe* und 1.6 *Effektive Längen - Stabsätze* besteht.

7.4.3 Export der Ergebnisse

Die Ergebnisse von RF-STAHl EC3 lassen sich auch in anderen Programmen verwenden.

Zwischenablage

Markierte Zellen der Ergebnismasken können mit [Strg]+[C] in die Zwischenablage kopiert und dann mit [Strg]+[V] z. B. in ein Textverarbeitungsprogramm eingefügt werden. Die Überschriften der Tabellenspalten bleiben dabei unberücksichtigt.

Ausdruckprotokoll

Die Daten von RF-STAHL EC3 können in das Ausdruckprotokoll gedruckt (siehe [Kapitel 6.2, Seite 69](#)) und dort exportiert werden über Menü

Datei → **Export in RTF.**

Diese Funktion ist im Kapitel 10.1.11 des RFEM-Handbuchs beschrieben.

Excel / OpenOffice

RF-STAHL EC3 ermöglicht den direkten Datenexport zu MS Excel, OpenOffice.org Calc oder in das CSV-Format. Diese Funktion wird aufgerufen über das Menü

Datei → **Tabellen exportieren.**

Es öffnet sich folgender Exportdialog.



Bild 7.12: Dialog *Export - MS Excel*

Wenn die Auswahl feststeht, kann der Export mit [OK] gestartet werden. Excel bzw. OpenOffice werden automatisch aufgerufen, d. h. die Programme brauchen nicht zuvor geöffnet werden.

1	Quersch.	Stab Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Nachweis	
2	Nr.	Nr.	x [m]	tung	Ausnutzung	Nachweis nach Formel
3	1	IPE 300	DIN 1025-5:1994			
4		39	0,000	LK1	0,07 ≤ 1	102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4
5		40	0,000	LK2	0,18 ≤ 1	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6
6		1	0,000	LK1	0,00 ≤ 1	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)
7		22	6,000	LK2	0,98 ≤ 1	181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.9.1
8		12	6,000	LK2	0,89 ≤ 1	221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Normalkraft nach
9		21	2,000	LK1	0,05 ≤ 1	301) Stabilitätsnachweis - Biegeknicken um y nach 6.3.1.1 und 6.3.1.2(4)
10		12	0,000	LK2	0,22 ≤ 1	302) Stabilitätsnachweis - Biegeknicken um y nach 6.3.1.1 und 6.3.1.2
11		40	0,900	LK3	0,03 ≤ 1	311) Stabilitätsnachweis - Biegeknicken um z nach 6.3.1.1 und 6.3.1.2(4)
12		12	0,000	LK2	0,06 ≤ 1	321) Stabilitätsnachweis - Drillknicken nach 6.3.1.4 und 6.3.1.2(4)
13		12	3,000	LK2	0,86 ≤ 1	361) Stabilitätsnachweis - Biegung um y und Druck nach 6.3.3, Verfahren 2
14		40	0,000	LK2	0,98 ≤ 1	364) Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.3, Verfahren 2

Bild 7.13: Ergebnis in Excel

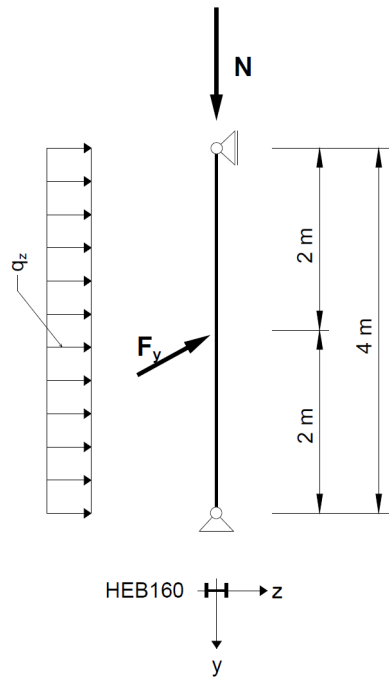
8 Beispiele

8.1 Stabilität

Für eine Stütze mit Doppelbiegung werden Stabilitätsuntersuchungen für Biegeknicken und Biegedrillknicken mit den Interaktionsbedingungen geführt.

Bemessungswerte

System und Belastung



Bemessungswerte der statischen Lasten

$$N_d = 300 \text{ kN}$$

$$q_{z,d} = 5,0 \text{ kN/m}$$

$$F_{y,d} = 7,5 \text{ kN}$$

Bild 8.1: System und Bemessungslasten (γ -fach)

Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung

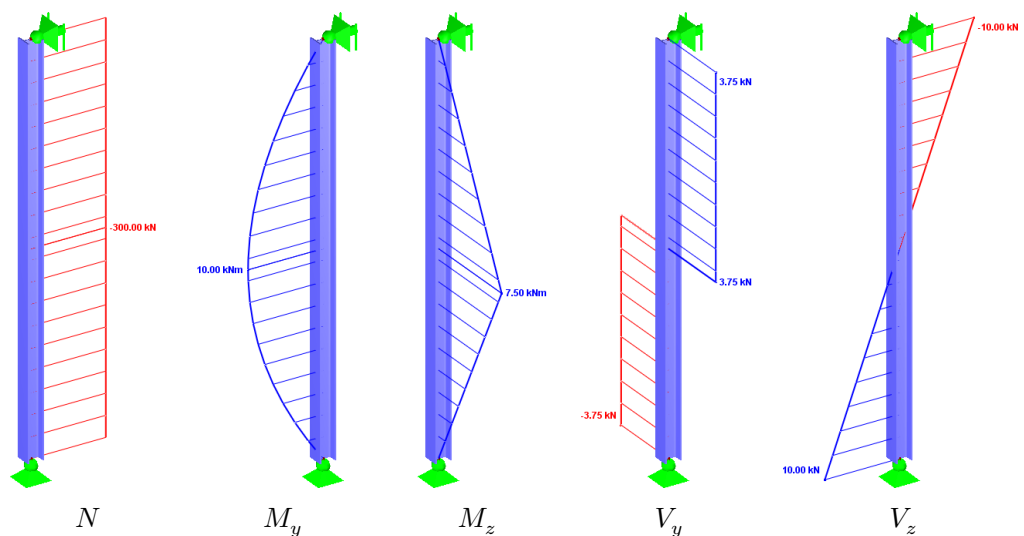


Bild 8.2: Schnittgrößen

Nachweisstelle (maßgebende x-Stelle)

Der Nachweis wird für alle x-Stellen (siehe [Kapitel 4.5](#)) des Ersatzstabes geführt. Die maßgebende Stelle liegt bei $x = 2,00$ m. RFEM ermittelt folgende Schnittgrößen:

$$N = -300,00 \text{ kN} \quad M_y = 10,00 \text{ kNm} \quad M_z = 7,50 \text{ kNm} \quad V_y = 3,75 \text{ kN} \quad V_z = 0,00 \text{ kN}$$

Querschnittswerte HE-B 160, S 235

Querschnittsgröße	Symbol	Wert	Einheit
Querschnittsfläche	A	54,30	cm ²
Trägheitsmoment	I_y	2490,00	cm ⁴
Trägheitsmoment	I_z	889,00	cm ⁴
Trägheitsradius	i_y	6,78	cm
Trägheitsradius	i_z	4,05	cm
Polarer Trägheitsradius	i_p	7,90	cm
Polarer Trägheitsradius	$i_{p,M}$	41,90	cm
Querschnittsgewicht	G	42,63	kg/m
Torsionsträgheitsmoment	I_T	31,40	cm ⁴
Wölbwiderstand	I_ω	47940,00	cm
Widerstandsmoment	W_y	311,00	cm ³
Widerstandsmoment	W_z	111,00	cm ³
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,y}$	354,00	cm ³
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,z}$	169,96	cm ³
Knicklinie	KL_y	b	
Knicklinie	KL_z	c	

Tabelle 8.1: Querschnittswerte HE-B 160, S 235

Biegeknicken um schwache Achse (\perp zur z-z Achse)

$$N_{cr,z} = \frac{21000 \cdot 889,00 \cdot \pi^2}{400,00^2} = 1151,60 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{54,30 \cdot 23,5}{1151,60}} = 1,053$$

$$\bar{\lambda}_z = 1,053 > 0,2 \quad \rightarrow \text{Nachweis Biegeknicken muss geführt werden}$$

$$\text{Profilgeometrie: } \frac{h}{b} = 1,00 \leq 1,2 \quad \text{Baustahl S 235} \quad t \leq 100 \text{ mm}$$

[1], Tabelle 6.2, Zeile 3, Spalte 4: Knickspannungslinie c

$$\Rightarrow \alpha_z = 0,49 \quad (\text{Tabelle 6,1})$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,053 - 0,2) + 1,053^2] = 1,263$$

$$\chi_z = \frac{1}{1,263 + \sqrt{1,263^2 - 1,053^2}} = 0,510$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{300}{0,510 \cdot 54,30 \cdot 23,5 / 1,0} = 0,461$$

Ergebnisse der RF-STAHL EC3-Berechnung

Flächenträgheitsmoment	I_z	889,00	cm ⁴		
Effektive Stablänge	$L_{cr,z}$	4,000	m		
Ideale Verzweigungslast	$N_{cr,z}$	1151,60	kN		
Schlankheitsgrad	λ_z	1,053		> 0,2	6.3.1.2(4)
Knicklinie	KL_z	c			Tab. 6.2
Imperfektionsbeiwert	α_z	0,490			Tab. 6.1
Hilfsbeiwert	Φ_z	1,263			6.3.1.2(1)
Abminderungsbeiwert	χ_z	0,510			Gl. (6.49)

Tabelle 8.2: Ergebnisse der RF-STAHL EC3-Berechnung

Biegeknicken um starke Achse (\perp zur y - y Achse)

$$N_{cr,y} = \frac{21000 \cdot 2490,00 \cdot \pi^2}{400,00^2} = 3225,51 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{54,30 \cdot 23,5}{3225,51}} = 0,629$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,629 > 0,2 \quad \rightarrow \text{Nachweis Biegeknicken muss geführt werden}$$

$$\text{Profilgeometrie: } \frac{h}{b} = 1,00 \leq 1,2 \quad \text{Baustahl S 235} \quad t \leq 100 \text{ mm}$$

[1], Tabelle 6.2, Zeile 3, Spalte 4: Knickspannungslinie b

$$\Rightarrow \alpha_y = 0,34 \quad \text{Tabelle 6,1}$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,629 - 0,2) + 0,629^2] = 0,771$$

$$\chi_Y = \frac{1}{0,771 + \sqrt{0,771^2 - 0,629^2}} = 0,822$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_Y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{300}{0,822 \cdot 54,30 \cdot 23,5 / 1,0} = 0,286$$

Ergebnisse der RF-STAHL EC3-Berechnung

Flächenträgheitsmoment	I_y	2490,00	cm ⁴		
Effektive Stablänge	$L_{cr,y}$	4,000	m		
Ideale Verzweigungslast	$N_{cr,y}$	3225,51	kN		
Querschnittsfläche	A	54,30	cm ²		
Streckgrenze	f_y	23,50	kN/cm ²		3.2.1
Schlankheitsgrad	λ_y	0,629		> 0,2	6.3.1.2(4)
Knicklinie	KL_y	b			Tab. 6.2
Imperfektionsbeiwert	α_y	0,340			Tab. 6.1
Hilfsbeiwert	Φ_y	0,771			6.3.1.2(1)
Abminderungsbeiwert	χ_y	0,822			Gl. (6.49)

Tabelle 8.3: Ergebnisse der RF-STAHL EC3-Berechnung

Biegedrillknicken

Ideales Biegedrillknickmoment

Das ideale Biegedrillknickmoment wird für das Beispiel nach dem Nationalen Anhang Österreichs unter Voraussetzung gelenkiger und wölbfreier Lagerung bestimmt.

Der Lastangriffspunkt wird im Schubmittelpunkt angenommen (der Ansatzpunkt für Querlasten kann im Dialog *Details* angepasst werden, vgl. [Kapitel 3.1.2, Seite 43](#)).

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{I_\omega}{I_z} + \frac{L^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}}$$

$$M_{cr} = 1,13 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 889}{400^2} \cdot \sqrt{\frac{47940}{889} + \frac{400^2 \cdot 8100 \cdot 31,40}{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 889}} = 215,71 \text{ kNm}$$

Das Programm gibt auch $M_{cr,0}$ aus, das unter Annahme eines konstanten Momentenverlaufs ermittelt wird.



Bei den x-stellenweisen Ergebnissen werden auch die Werte $M_{cr,x}$ ausgegeben. Hier handelt es sich um die idealen Biegedrillknickmomente an den x-Stellen, die auf das ideale Biegedrillknickmoment an der Stelle des maximalen Moments bezogen sind. Mit $M_{cr,x}$ wird dann der bezogene Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_{LT}$ berechnet.

Schlankheitsgrad für Biegedrillknicken

Berechnung nach [1], Abschnitt 6.3.2.2 für Stelle des maximalen Moments bei $x = 2,00 \text{ m}$:

HEB-160, Querschnittsklasse 1: $W_y \Rightarrow W_{pl,y} = 354,0 \text{ cm}^3$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{354 \cdot 23,5}{215,71}} = 0,621$$

Abminderungsfaktor χ_{LT}

Berechnung gemäß [1], Abschnitt 6.3.2.3

HEB-160: $h/b = 1,0 < 2,0 \Rightarrow$ Knickspannungslinie b nach Tabelle 6.5

$$\text{Hilfsbeiwert: } \Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[1 + 0,34 \cdot (0,621 - 0,40) + 0,75 \cdot 0,621^2 \right] = 0,682$$

$$\text{Grenzschlankheitsgrad: } \bar{\lambda}_{LT,0} = 0,40$$

$$\text{Parameter (Mindestwert): } \beta = 0,75$$

$$\text{Imperfektionsbeiwert: } \alpha_{LT} = 0,34 \quad (\text{Tabelle 6,3})$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,682 + \sqrt{0,682^2 - 0,75 \cdot 0,621^2}} = 0,908$$

Nach [1], Abschnitt 6.3.2.3 darf der Abminderungsfaktor wie folgt modifiziert werden:

$$\chi_{LT,mod} = \frac{\chi_{LT}}{f} \quad \text{mit } f = 1 - 0,5 \cdot (1 - k_c) \cdot \left[1 - 2,0 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,8)^2 \right]$$

$$\chi_{LT,mod} = \frac{0,908}{0,972} = 0,934$$

Für einen parabelförmigen Momentenverlauf ergibt sich folgender Korrekturbeiwert k_c :

$$k_c = 0,94 \quad (\text{Tabelle 6,6})$$

$$f = 1 - 0,5 \cdot (1 - k_c) \cdot \left[1 - 2,0 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,8)^2 \right] = 1 - 0,5 \cdot (1 - 0,94) \cdot \left[1 - 2,0 \cdot (0,621 - 0,8)^2 \right]$$

$$f = 0,972$$

Interaktionsbeiwerte k_{yy} und k_{yz}

Ermittlung gemäß [1], Anhang B, Tabelle B2 für verdrehweiche Bauteile. Der äquivalente Momentenbeiwert C_{mLT} ergibt sich gemäß Tabelle B3 für $\psi = 0$ zu:

$$C_{my} = C_{mLT} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h = 0,95 \quad \text{mit} \quad \alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{0}{10} = 0$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right) \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,95 \cdot (1 + (0,629 - 0,2) \cdot 0,286) \leq 0,95 \cdot (1 + 0,8 \cdot 0,286) = \underline{\underline{1,067}} \leq 1,167$$

$$k_{yz} = 0,60 \cdot k_{zz} = 0,60 \cdot 1,481 = \underline{\underline{0,888}}$$

Interaktionsbeiwerte k_{zy} und k_{zz}

Ermittlung gemäß [1], Anhang B, Tabelle B2 für verdrehweiche Bauteile

Der äquivalente Momentenbeiwert C_{mLT} ergibt sich gemäß Tabelle B3 für $\psi = 0$ zu:

$$C_{mz} = 0,90 + 0,01 \cdot \alpha_h = 0,90 \quad \text{mit} \quad \alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{0}{10} = 0$$

$$k_{zy} = \left(1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right) \geq \left(1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zy} = \left(1 - \frac{0,1 \cdot 1,053}{0,95 - 0,25} \cdot 0,461 \right) \geq \left(1 - \frac{0,1}{0,95 - 0,25} \cdot 0,461 \right) = 0,892 \leq 0,934$$

$$k_{zy} = \underline{\underline{0,934}}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right) \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,90 \cdot (1 + (2 \cdot 1,053 - 0,6) \cdot 0,461) \leq 0,90 \cdot (1 + 1,4 \cdot 0,461) = 1,525 \geq 1,481$$

$$k_{zz} = \underline{\underline{1,481}}$$

Interaktionsnachweis für Knicken um starke Achse und Biegedrillknicken

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}} \leq 1 \quad \text{nach [1], Gl.(6,61)}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 354 \cdot 23,5 = 8319 \text{ kNcm} = 83,19 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y = 169,96 \cdot 23,5 = 3994,1 \text{ kNcm} = 39,94 \text{ kNm}$$

$$\frac{300}{0,822 \cdot 1276,05/1,0} + 1,067 \cdot \frac{10,0}{0,908 \cdot 83,19/1,0} + 0,888 \cdot \frac{7,50}{39,94/1,0} = \underline{\underline{0,594}} \leq 1$$

Interaktionsnachweis für Knicken um schwache Achse und Biegedrillknicken

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}} \leq 1 \quad \text{nach [1], Gl.(6,62)}$$

$$\frac{300}{0,510 \cdot 1276,05/1,0} + 0,934 \cdot \frac{10,0}{0,908 \cdot 83,19/1,0} + 1,481 \cdot \frac{7,50}{39,94/1,0} = \underline{\underline{0,863}} \leq 1$$

Ergebnisse der RF-STAHL EC3-Berechnung

Profilhöhe	h	160,0	mm		
Profilbreite	b	160,0	mm		
Kriterium	h/b	1,00		≤ 2	Tab. 6.5
Knicklinie	KL_{LT}	b			Tab. 6.5
Imperfektionsbeiwert	α_{LT}	0,340			Tab. 6.3
Schubmodul	G	8100,00	kN/cm ³		
Längenbeiwert	k_z	1,000			
Längenbeiwert	k_w	1,000			
Länge	L	4,000	m		
Wölbwiderstand	I_w	47940,00	cm		
Torsionsträgheitsmoment	I_t	31,40	cm ⁴		
Ideales Biegedrillknickmoment für Ermittlung des bezogenen Schlankheitsgrades	$M_{cr,0}$	190,90	kNm		
Momentenverlauf	Diagr M_y	6) Parabel			
Maximales Feldmoment	$M_{y,max}$	10,00	kNm		
Randmoment	$M_{y,A}$	0,00	kNm		
Momentenverhältnis	ψ	0,000			
Momentenbeiwert	C_1	1,130			[2]
Ideales Biegedrillknickmoment	M_{cr}	215,71	kNm		
Widerstandsmoment	W_y	354,00	cm ³		
Schlankheitsgrad	λ_{LT}	0,621			6.3.2.2(1)
Parameter	$\lambda_{LT,0}$	0,400			6.3.2.3(1)
Parameter	β	0,750			6.3.2.3(1)
Hilfsbeiwert	ϕ_{LT}	0,682			6.3.2.3(1)
Abminderungsbeiwert	χ_{LT}	0,908			Gl. (6.57)
Korrekturbeiwert	k_c	0,940			6.3.2.3(2)
Modifikationsfaktor	f	0,972			6.3.2.3(2)
Abminderungsbeiwert	$\chi_{LT,mod}$	0,934			Gl. (6.58)
Momentenverlauf	Diagr M_y	3) Max im Feld			Tab. B.3
Momentenfaktor	ψ_y	1,000			Tab. B.3
Moment	$M_{h,y}$	0,00	kNm		Tab. B.3
Moment	$M_{s,y}$	10,00	kNm		Tab. B.3
Verhältnis $M_{h,y}/M_{s,y}$	$\alpha_{h,y}$	0,000			Tab. B.3
Lasttyp	Last z	Gleichlast			Tab. B.3
Momentenbeiwert	C_{my}	0,950			Tab. B.3
Momentenverlauf	Diagr M_z	3) Max im Feld			Tab. B.3
Momentenfaktor	ψ_z	1,000			Tab. B.3
Moment	$M_{h,z}$	0,00	kNm		Tab. B.3
Moment	$M_{s,z}$	7,50	kNm		Tab. B.3
Verhältnis $M_{h,z}/M_{s,z}$	$\alpha_{h,z}$	0,000			Tab. B.3
Lasttyp	Last y	Einzellast			Tab. B.3
Momentenbeiwert	C_{mz}	0,900			Tab. B.3

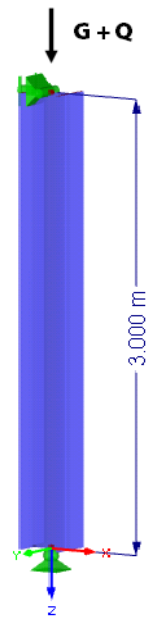
Momentenverlauf	Diagr $M_{y,LT}$	3) Max im Feld			Tab. B.3
Momentenfaktor	$\psi_{y,LT}$	1,000			Tab. B.3
Moment	$M_{h,y,LT}$	0,00	kNm		Tab. B.3
Moment	$M_{s,y,LT}$	10,00	kNm		Tab. B.3
Verhältnis $M_{h,y,LT}/M_{s,y,LT}$	$\alpha_{h,y,LT}$	0,000			Tab. B.3
Lasttyp	Last z	Gleichlast			Tab. B.3
Momentenbeiwert	C_{mLT}	0,950			Tab. B.3
Bauteiltyp	Bauteil	Verdrehweich			
Interaktionsbeiwert	k_{yy}	1,067			Tab. B.2
Interaktionsbeiwert	k_{yz}	0,888			Tab. A.1
Interaktionsbeiwert	k_{zy}	0,934			Tab. A.1
Interaktionsbeiwert	k_{zz}	1,481			Tab. A.1
Normalkraft (Druck)	N_{Ed}	300,00	kN		
Maßgebende Querschnittsfläche	A_i	54,30	cm ²		Tab. 6.7
Druckbeanspruchbarkeit	N_{Rk}	1276,05	kN		Tab. 6.7
Teilsicherheitsbeiwert	γ_{M1}	1,000			6.1
Nachweiskomponente für N	γ_{Ny}	0,29		≤ 1	Gl. (6.61)
Nachweiskomponente für N	h_{Nz}	0,46		≤ 1	Gl. (6.62)
Moment	$M_{y,Ed}$	10,00	kNm		
Momentenbeanspruchbarkeit	$M_{y,Rk}$	83,19	kNm		Tab. 6.7
Momentenkomponente	η_{My}	0,13			Gl. (6.61)
Moment	$M_{z,Ed}$	7,50	kNm		
Widerstandsmoment	W_z	169,96	cm ³		
Momentenbeanspruchbarkeit	$M_{z,Rk}$	39,94	kNm		Tab. 6.7
Momentenkomponente	η_{Mz}	0,19			Gl. (6.61)
Nachweis 1	η_1	0,59		≤ 1	Gl. (6.61)
Nachweis 2	η_2	0,86		≤ 1	Gl. (6.62)

Tabelle 8.4: Ergebnisse der RF-STAHL EC3-Berechnung

8.2 Brandschutz

In diesem Beispiel wird die brandschutztechnische Bemessung einer Stahlstütze vorgestellt.

System und Belastung



Stützenquerschnitt: HE-B 300, Stahl S 235

System: Pendelstütze, $\beta = 1,0$

Systemhöhe: 3,00 m

Belastung: $G_K = 1200$ kN

$Q_K = 600$ kN

Bild 8.3: System und Belastung

Tragfähigkeitsnachweis bei Raumtemperatur

Biegeknicken um schwache Achse (\perp zur z - z Achse)

$$N_{cr,z} = \frac{21000 \cdot 8560,00 \cdot \pi^2}{300,00^2} = 19712,90 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{149,0 \cdot 24,0}{19712,90}} = 0,426$$

$$\bar{\lambda}_z = 0,426 > 0,2 \quad \rightarrow \text{Nachweis Biegeknicken muss geführt werden}$$

Profilgeometrie: $h/b = 1,00 \leq 1,2$ Baustahl S 235 $t \leq 100$ mm

[1], Tabelle 6.2, Zeile 3, Spalte 4: Knickspannungslinie c

$$\Rightarrow \alpha_z = 0,49 \quad (\text{Tabelle 6,1})$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,426 - 0,2) + 0,426^2] = 0,646$$

$$\chi_z = \frac{1}{0,646 + \sqrt{0,646^2 - 0,426^2}} = 0,884$$

$$N_{Ed} = 1,35 \cdot G_K + 1,5 \cdot Q_K = 1,35 \cdot 1200 + 1,5 \cdot 600 = 2520 \text{ kN}$$

Nachweis

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{2520}{0,884 \cdot 149,0 \cdot 24,0 / 1,1} = 0,877 \leq 1,0$$

Ergebnisse der RF-STAHL EC3-Berechnung

Flächenträgheitsmoment	I_z	8560,00	cm ⁴		
Effektive Stablänge	$L_{cr,z}$	3,000	m		
Ideale Verzweigungslast	$N_{cr,z}$	19712,9	kN		
Schlankheitsgrad	λ_z	0,4259		> 0,2	6.3.1.2(4)
Knicklinie	KL_z	c			Tab. 6.2
Imperfektionsbeiwert	α_z	0,490			Tab. 6.1
Hilfsbeiwert	Φ_z	0,646			6.3.1.2(1)
Abminderungsbeiwert	χ_z	0,884			Gl. (6.49)
Biegeknickbeanspruchbarkeit	$N_{b,z,Rd}$	2872,27	kN		Gl. (6.47)
Nachweis	η	0,877		≤ 1,0	Gl. (6.46)

Tabelle 8.5: Ergebnisse der RF-STAHL EC3-Berechnung

Heißbemessung

Nach 90-minütiger Brandbeanspruchung nach der Einheitstemperaturkurve beträgt die mittlere Stahltemperatur 524 °C.

Als Brandschutzmaterial kommt eine kastenförmige GFK-Bekleidung mit folgenden Eigenschaften zum Einsatz:

Spezifisches Gewicht: $\rho_p = 945,0 \text{ kg/m}^3$
 Wärmeleitfähigkeit: $\lambda_p = 0,20 \text{ W/K}$
 Spezifische Wärmekapazität: $c_p = 1700 \text{ J/kgK}$
 Dicke: $d_p = 18 \text{ mm}$

Ermittlung der Abminderungsfaktoren

$k_{y,\theta} = 0,703$ nach [2], Tabelle 3.1

$k_{E,\theta} = 0,528$ nach [2], Tabelle 3.1

Nachweis unter Brandbeanspruchung nach [2], 4.2.3.2

Imperfektionsbeiwert α :

$$\alpha = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{240}} = 0,643$$

Dimensionsloser bezogener Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_\theta$:

$$\bar{\lambda}_\theta = \bar{\lambda} \cdot \left[\frac{k_{y,\theta}}{k_{E,\theta}} \right]^{0,5} = 0,426 \cdot \left[\frac{0,703}{0,528} \right]^{0,5} = 0,491$$

Hilfsbeiwert:

$$\Phi_\theta = \frac{1}{2} \cdot \left[1 + \alpha \cdot \bar{\lambda}_\theta + \bar{\lambda}_\theta^2 \right] = \frac{1}{2} \cdot \left[1 + 0,643 \cdot 0,491 + 0,491^2 \right] = 0,778$$

Abminderungsfaktor für das Biegeknicken unter Brandbeanspruchung:

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\varphi_\theta + \sqrt{\varphi_\theta^2 - \bar{\lambda}_\theta^2}} = \frac{1}{0,778 + \sqrt{0,778^2 - 0,491^2}} = 0,723$$

Knickfestigkeit des druckbeanspruchten Bauteils:

$$N_{b,fi,Rd} = \frac{\chi_{fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y}{\gamma_{M,fi}} = \frac{0,723 \cdot 149,0 \cdot 0,703 \cdot 24}{1,0} = 1817,83$$

Einwirkung unter Brandbelastung:

$$N_{fi,Ed} = 1,0 \cdot G_k + 0,9 \cdot Q_k = 1,0 \cdot 1200 + 0,9 \cdot 600 = 1740 \text{ kN}$$

Nachweis

$$\eta = \frac{N_{fi,Ed}}{N_{b,fi,Rd}} = \frac{1740}{1817,83} = 0,957 \leq 1,0$$

Ergebnisse der RF-STAHL EC3-Berechnung

Abminderungsbeiwert	$k_{y,\theta}$	0,703			[2], Tab. 3.1
Abminderungsbeiwert	$k_{E,\theta}$	0,528			[2], Tab. 3.1
Schlankheitsgrad	$\lambda_{z,\theta}$	0,4915			[2], Gl. (4.7)
Imperfektionsbeiwert	α	0,6432			[2], 4.2.3.2(2)
Hilfsbeiwert	$\Phi_{z,\theta}$	0,778			[2], 4.2.3.2(2)
Abminderungsbeiwert	$\chi_{z,fi}$	0,723			[2], Gl. (4.6)
Biegeknickbeanspruchbarkeit	$N_{b,fi,z,\theta,Rd}$	1817,83	kN		
Nachweis	η	0,957		$\leq 1,0$	[2], Gl. (4.1)

Tabelle 8.6: Ergebnisse der RF-STAHL EC3-Berechnung

Literatur

- [1] *EN 1993-1-1: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2005.
- [2] *EN 1993-1-2: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2006.
- [3] *EN 1993-1-4: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-4: Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2006.
- [4] Johannes Naumes, Isabell Strohmann, Dieter Ungermann und Gerhard Sedlacek. *Die neuen Stabilitätsnachweise im Stahlbau nach Eurocode 3.* *Stahlbau*, 77, 2008.
- [5] Johannes Naumes, Markus Feldmann und Gerhard Sedlacek. *Biegeknicken und Biegedrillknicken von Stäben auf einheitlicher Grundlage*, Band 70. Shaker Verlag, 2010.
- [6] *EN 1993-1-3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2006.
- [7] *EN 1993-1-5: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2006.
- [8] *EN 1993-2: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 2: Stahlbrücken.* CEN, Brüssel, 2007.
- [9] *EN 1991-1-2: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2002.
- [10] *EN 1993-1-8: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2005.

Index

A		Ergebnisauswertung	50, 61
Abstand Riegel	38, 39	Ergebnisdarstellung	63
Achse	23	Ergebnisdiagramm	65
Allgemeines Verfahren	45	Ergebniskombination	9, 10, 61
Anmerkung	19	Ergebnismasken	50
Anschlussverformung	37	Ergebnisverläufe	65, 69
Ausdruckprotokoll	68, 70	Ergebniswerte	63
Außenfeld	38, 39	Erhöhungsfaktor	43
Außergewöhnlich	9	Ersatzstablänge	22
Ausnutzung	18, 51	Ersatzstabverfahren	25, 26, 29, 45
		Erweiterte Verfahren	12
B		Europäische Biegedrillknickkurve	12
Basisangaben	6	Excel	77
Beenden von RF-STAHL EC3	6	Export	76
Befestigungsart	34	Export Knicklägen	76
Bemessen	7	Export Material	76
Bemessungsfall	63, 71, 72	Export Querschnitt	74
Bemessungssituation	9, 52	F	
Benutzerprofil	75	Farbskala	66, 70
Berechnung	41	Favorit	73
Berechnung starten	49	Filter	61, 66, 67
Bezugslänge	10	Filtern von Stäben	67
Biegedrillknicken	12, 21, 24, 78, 80	G	
Biegedrillknickmoment	44	Gabellagerung	21, 25
Biegeknicken	21, 23, 43	Gebrauchstauglichkeit	10, 30, 45, 61
Blättern in Masken	6	Grafik	63
Blechatmen	46	Grafikausdruck	69, 70
Brandexposition	31	Grenzbeanspruchung	44
Brandschutz	11, 46, 85	Grenzverformung	45
Brandschutznachweis	31, 46, 61	Grenzwerte	7, 10, 11
C		H	
Charakteristisch	10	Häufig	10
		Hintergrundgrafik	62
D		I	
Detaileinstellungen	41	Innenfeld	38, 39
Dezimalstellen	15, 75	Installation	4
Diagonale	36	Interaktion	42
Drehbettung	37, 39	K	
Drehsteifigkeit C_{100}	38	Kastenbekleidung	31
Drucken	69	Kipplängenbeiwert	22, 24
Durchbiegung	10	Klassifizierung	18, 42
Durchlaufwirkung	38, 39	Knicken	23
DUENQ	42	Knicklänge	22, 23
E		Knicklängenbeiwert	24
Effektive Länge	22, 25		
Effektive Längen	76		
Einheiten	15, 75		

Knicklinie	20	Querschnittsinfo	19
Knotenlager	26	Querschnittsklasse	42
Kommentar	7, 25	Querschnittsnachweis	52
Kontinuierliche Drehbettung	37	Querschnittsoptimierung	48, 73
Kragträger	21, 30	Querschnittstyp	18
L			
Länge	22, 59	R	
Lastangriff	44	Randbedingungen	33
Lastfall	8, 9, 10, 56	Relationsbalken	61
Lastkombination	9	Relativ	21
M			
Masken	6	Rendering	66
Masse	60	RF-STABIL	23
Material	15, 76	RFEM-Arbeitsfenster	63, 66
Materialbezeichnung	15	RFEM-Grafik	65, 69
Materialbibliothek	16	Riegelabstand	34, 36, 37, 39
Materialkennwerte	15, 16	S	
Modelltyp	44	Schaltflächen	61
N			
Nachweis	50, 51, 52, 53, 54, 56	Schlankheit	58
Nachweis farbig	66	Schnittgrößen	56, 74
Nationaler Anhang	7, 11	Schubfeld	34
Naumes	12	Schubfeldlänge	34, 36
Navigator	6	Schubfeldsteifigkeit	37
Netto-Wärmestrom	46	Schutztyp	31
Nettoquerschnittsfläche	40	Schweißnahtbemessung	48
Nicht kontinuierliche Drehbettung	39	Seitenlager	21
Nichtrostender Stahl	14, 16	Sichtbarkeiten	66
O			
Oberfläche	59	Sichtmodus	62
OpenOffice	77	Sonderfälle	44
Optimierung	18, 48, 73	Spannungspunkt	20
P			
Panel	5, 64, 66	Stabendgelenk	29
Parameter	33, 40	Stabilitätsnachweis	9, 12, 14, 23, 42, 43, 44, 45, 52
Parametrisches Profil	73	Stabliste	30
Pfette	39	Stabsatz	7, 25, 26, 29, 30, 40, 45, 53, 57, 60
Pfosten	36	Stabschlankheiten	48, 58
Position	59	Stäbe	7
Programmaufruf	4	Ständig	9
Q			
Quasi-ständig	10	Stahlbrücke	46
Querlast	44	Starten von RF-STAHL EC3	4
Querschnitt	17, 33, 59, 73	Stelle x	51
Querschnittsbibliothek	17	Steuerpanel	66
Querschnittsfläche	40	Stückliste	59, 60
R			
T			
Teilsicherheitsbeiwerte			
Temperaturkurve			
Theorie II. Ordnung			
Torsion			
Trägertyp			
Tragfähigkeit			

Trapezblech	34, 36, 37	Vorübergehend	9
		Voute	19, 44, 52, 75
U		X	
Überhöhung	30	x-Stelle	51, 56
Unverformtes System	45		
V		Z	
Verband	35, 36	Zeigen-Navigator	63, 66, 67
Verborgener Ergebnisverlauf	67	Zugnachweis	40
Verformungsnachweis	10, 30	Zwischenablage	76
Verschobene Stabenden	45	Zwischenabstützungen	21
Volumen	60		