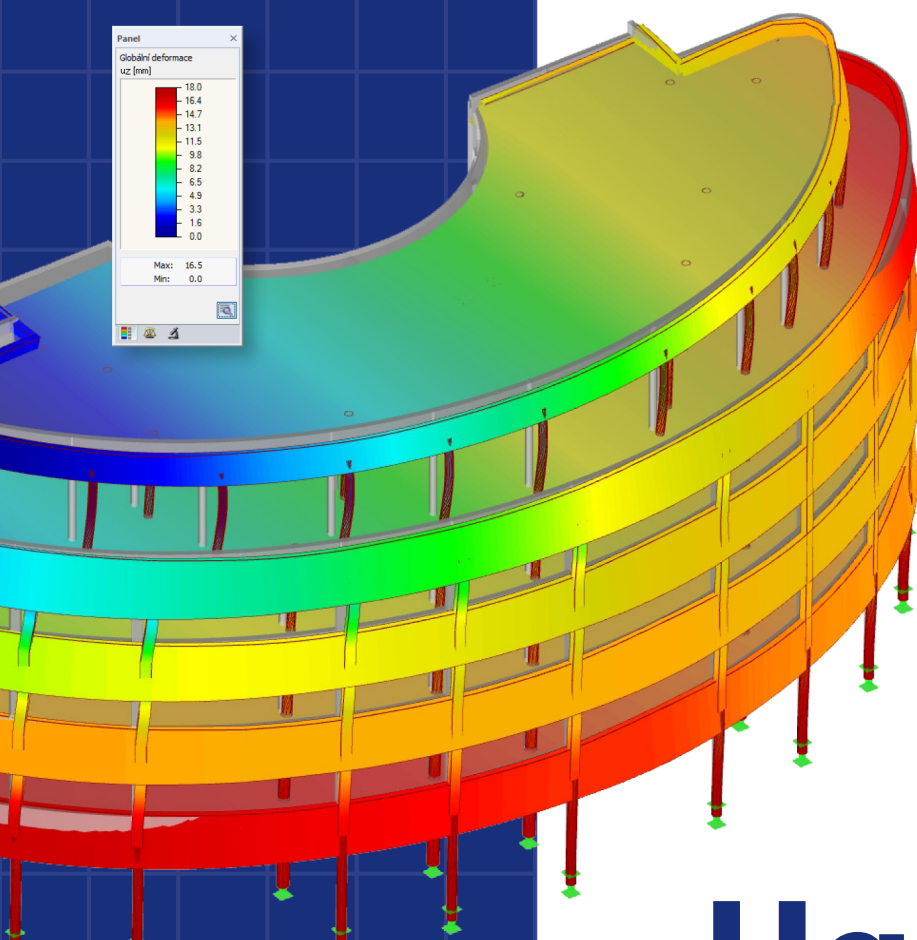


RF-/STAHL EC3

Tragfähigkeits-, Stabilitäts-,
Verformungs- und
Brandschutznachweise
nach Eurocode 3



Handbuch

Version

Oktober 2020



Dlubal Software

Kurzübersicht

1	Einleitung	4
2	Eingabedaten	7
3	Berechnung	48
4	Ergebnisse	64
5	Ergebnisauswertung	78
6	Ausdruck	87
7	Allgemeine Funktionen	90
8	Beispiele	98
A	Literatur	113



Dlubal Software GmbH
Am Zellweg 2
93464 Tiefenbach
Deutschland

Tel.: +49 9673 9203-0
Fax.: +49 9673 9203-51
E-Mail: info@dlubal.com

Dlubal Software GmbH
Grimmische Straße 13
04109 Leipzig
Deutschland

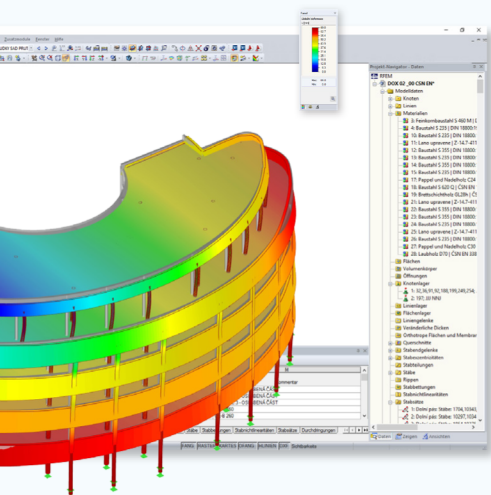
Tel.: +49 9673 9203-0
Fax: +49 9673 9203-51
E-Mail: info@dlubal.com

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung der Dlubal Software GmbH ist es nicht gestattet, die Programmbeschreibung oder Teile daraus auf jedwede Art zu vervielfältigen.

i Gebrauch des Handbuchs

Diese Programmbeschreibung ist in Kapitel gegliedert, die sich an der Reihenfolge und am Aufbau der Eingabe- und Ergebnismasken orientieren. In den Kapiteln werden die einzelnen Masken Spalte für Spalte vorgestellt. Sie verhelfen zum Verständnis der Funktionsabläufe, die das Zusatzmodul betreffen. Allgemeine Funktionen sind in den Handbüchern des Hauptprogramms RFEM bzw. RSTAB beschrieben.

In diesem Handbuch wird auch auf die Modulerweiterungen RF-/STAHL Wölbkrafttorsion, RF-/STAHL Plastizität und RF-/STAHL Kaltgeformte Profile eingegangen.



Tip

Im Handbuch sind die beschriebenen Schaltflächen (Buttons) in eckige Klammern gesetzt, z. B. [OK]. Darüber hinaus sind sie am linken Rand abgebildet. Begriffe, die in Dialogen, Tabellen und Menüs erscheinen, sind in *Kursivschrift* hervorgehoben. Dies soll das Nachvollziehen der Erläuterungen erleichtern. Sie können auch die Suchfunktion für die [Knowledge Base](#) und [FAQs](#) auf unserer Website nutzen, um in den Beiträgen zum Zusatzmodul RF-/STAHL EC3 eine Lösung zu finden.



Aktualität

Die hohen Qualitätsansprüche an die Software werden durch eine ständige Weiterentwicklung der Programmversionen gewährleistet. Damit können sich eventuell Abweichungen zwischen dieser Programmbeschreibung und der Ihnen vorliegenden Softwareversion ergeben. Haben Sie deshalb Verständnis dafür, dass aus den Abbildungen und Beschreibungen keine Ansprüche hergeleitet werden können. Wir sind bemüht, die Dokumentation an den aktuellen Stand der Software anzugleichen.

Inhalt

1	Einleitung	4	5	Ergebnisauswertung	78
1.1	Zusatzmodul RF-/STAHL EC3	4	5.1	Ergebnisse am RFEM/RSTAB-Modell	80
1.2	Gebrauch des Handbuchs	5	5.2	Ergebnisverläufe	83
1.3	Aufruf des Moduls RF-/STAHL EC3	5	5.3	Filter für Ergebnisse	84
			5.4	Eigenformen	86
2	Eingabedaten	7	6	Ausdruck	87
2.1	Basisangaben	7	6.1	Ausdruckprotokoll	87
2.1.1	Tragfähigkeit	9	6.2	Grafikausdruck	88
2.1.2	Gebrauchstauglichkeit	11			
2.1.3	Brandschutz	12	7	Allgemeine Funktionen	90
2.1.4	Nationaler Anhang (NA)	12	7.1	Bemessungsfälle	90
2.2	Materialien	17	7.2	Querschnittsoptimierung	92
2.3	Querschnitte	19	7.3	Einheiten und Dezimalstellen	94
2.4	Zwischenabstützungen	23	7.4	Datenaustausch	95
2.5	Effektive Längen - Stäbe	24	7.4.1	Materialexport nach RFEM/RSTAB	95
2.6	Effektive Längen - Stabsätze	28	7.4.2	Knicklängenexport nach RFEM/RSTAB	95
2.7	Knotenlager - Stabsätze	29	7.4.3	Export der Ergebnisse	96
2.8	Stabendgelenke - Stabsätze	33			
2.9	Gebrauchstauglichkeitsparameter	34	8	Beispiele	98
2.10	Brandschutz - Stäbe	35	8.1	Stabilität	98
2.11	Brandschutz - Stabsätze	36	8.2	Brandschutz	109
2.12	Parameter - Stäbe	37			
2.13	Parameter - Stabsätze	44	9	Literatur	113
2.14	Örtliche Lasteinleitungen	46			
3	Berechnung	48			
3.1	Detaileinstellungen	48			
3.1.1	Tragfähigkeit	48			
3.1.2	Stabilität	50			
3.1.3	Gebrauchstauglichkeit	53			
3.1.4	Brandschutz	54			
3.1.5	Wölbkrafttorsion	56			
3.1.6	Plastizität	57			
3.1.7	Kaltgeformte Profile	58			
3.1.8	Allgemein	61			
3.2	Start der Berechnung	63			
4	Ergebnisse	64			
4.1	Nachweise lastfallweise	65			
4.1.1	Wölbkrafttorsion	67			
4.1.2	Plastizität	68			
4.1.3	Kaltgeformte Profile	69			
4.2	Nachweise querschnittsweise	70			
4.3	Nachweise stabsatzweise	71			
4.4	Nachweise stabweise	72			
4.5	Nachweise x-stellenweise	72			
4.6	Maßgebende Schnittgrößen stabweise	73			
4.7	Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise	74			
4.8	Stabschlankheiten	75			
4.9	Stückliste stabweise	76			
4.10	Stückliste stabsatzweise	77			

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 den Zusatzmodulen RF-STAH EC3 (für RFEM) und STAHL EC3 (für RSTAB) bietet Dlubal Software leistungsstarke Werkzeuge zur Bemessung von Stahltragwerken an. Länderspezifische Regelungen sind in den Modulen durch verschiedene Nationale Anhänge berücksichtigt. Neben den programminternen Parametern können eigene Grenzwerte definiert oder neue Nationale Anhänge erstellt werden.

Dieses Handbuch beschreibt die Zusatzmodule der beiden Hauptprogramme gemeinsam unter der Bezeichnung **RF-/STAHL EC3**.

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.

Für die Stabilitätsnachweise 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, Bezugslängen 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 [4] nachweisen.

Wenn eine Lizenz für die Modulerweiterung "RF-/STAHL Kaltgeformte Profile" vorliegt, ist auch die Bemessung kaltgeformter Bauteile nach EN 1993-1-3 [3] möglich.

Im Modul steht eine automatische Querschnittsoptimierung mitsamt Exportmöglichkeit der geänderten Profile nach RFEM bzw. RSTAB zur Verfügung. Separate Bemessungsfälle ermöglichen es, einzelne Bauteile von komplexen Modellen flexibel zu untersuchen.

Wie die übrigen Zusatzmodule ist RF-/STAHL EC3 vollständig in RFEM bzw. RSTAB integriert. So sind die bemessungsrelevanten Eingabedaten beim Aufruf des Moduls voreingestellt. Nach der Bemessung kann die grafische Oberfläche des Hauptprogramms zur Auswertung der Ergebnisse genutzt werden. Da die Ergebnisse auch in das zentrale Ausdruckprotokoll eingebunden sind, lässt sich die gesamte Nachweisführung in ansprechender und einheitlicher Form präsentieren.



Das Handbuch umfasst auch die Beschreibung der Modulerweiterungen für RF-/STAHL EC3:

- **RF-/STAHL Wölbkrafttorsion**
- **RF-/STAHL Plastizität**
- **RF-/STAHL Kaltgeformte Profile**

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

Ihr Dlubal Software-Team

1.2

Gebrauch des Handbuchs

Da die Themenbereiche Installation, Benutzeroberfläche, Ergebnisauswertung und Ausdruck im RFEM- bzw. RSTAB-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 Ergebnismasken. Im Text sind die beschriebenen **Schaltflächen** (Buttons) in eckige Klammern gesetzt, z. B. [Ansichtsmodus]. Zugleich 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.

Im PDF-Handbuch ist wie üblich mit [Strg]+[F] eine Volltextsuche möglich. Sollten Sie nicht fündig werden, können Sie auch die Suchfunktion für die [Knowledge Base](#) auf unserer Website nutzen, um unter den Beiträgen zu den Stahlbaumodulen eine Lösung zu finden. Auch unsere [FAQs](#) geben Hilfestellungen zu themenspezifischen Fragen.

1.3

Aufruf des Moduls RF-/STAHL EC3

In RFEM bzw. RSTAB bestehen folgende Möglichkeiten, das Zusatzmodul RF-/STAHL EC3 zu starten.

Menü

Der Programmaufruf kann erfolgen über das RFEM- bzw. RSTAB-Menü

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

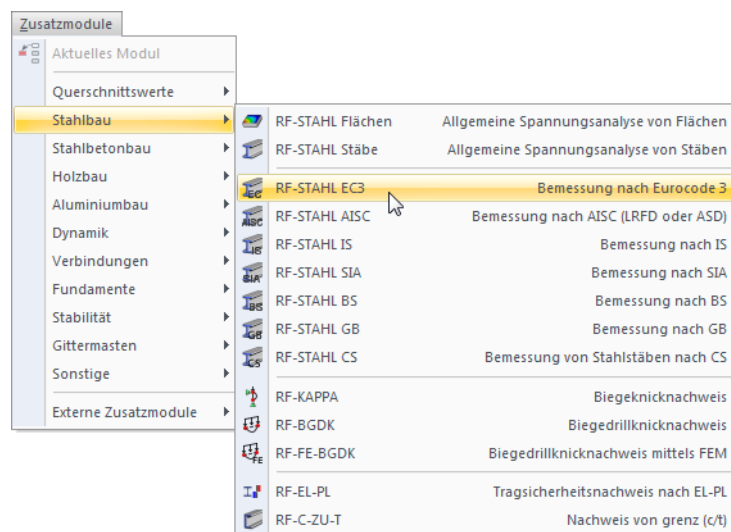


Bild 1.1 Menü Zusatzmodule → Stahlbau → RF-STABL EC3

Navigator

RF-/STAHL EC3 kann im *Daten-Navigator* aufgerufen werden über den Eintrag

Zusatzmodule → RF-/STAHL EC3.

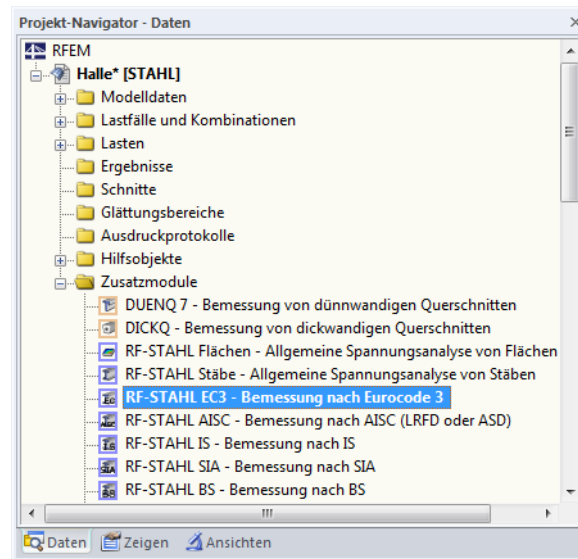


Bild 1.2 Daten-Navigator: Zusatzmodule → RF-/STAHL EC3

Panel

Wenn im Modell bereits Ergebnisse für RF-/STAHL EC3 vorliegen, können Sie das Bemessungsmodul auch über das Panel starten:

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

Im Panel steht die Schaltfläche [RF-/STAHL EC3] zur Verfügung, die zum Aufruf des Moduls benutzt werden kann.

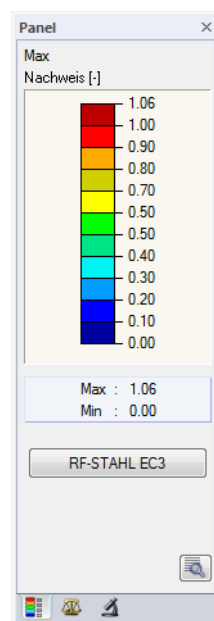
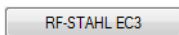
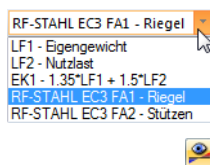


Bild 1.3 Panel mit Schaltfläche [RF-/STAHL EC3]

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- bzw. RSTAB-Arbeitsfenster festlegen.

Bei der Bemessung eines Stabsatzes werden die Extremwerte der Nachweise aller im Stabsatz enthaltenen Stäbe ermittelt und die Randbedingungen infolge 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 bzw. RSTAB 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 aktuellen Nationalen Anhangs überprüft und ggf. angepasst werden können. Dieser Dialog ist im [Kapitel 2.1.4](#) 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

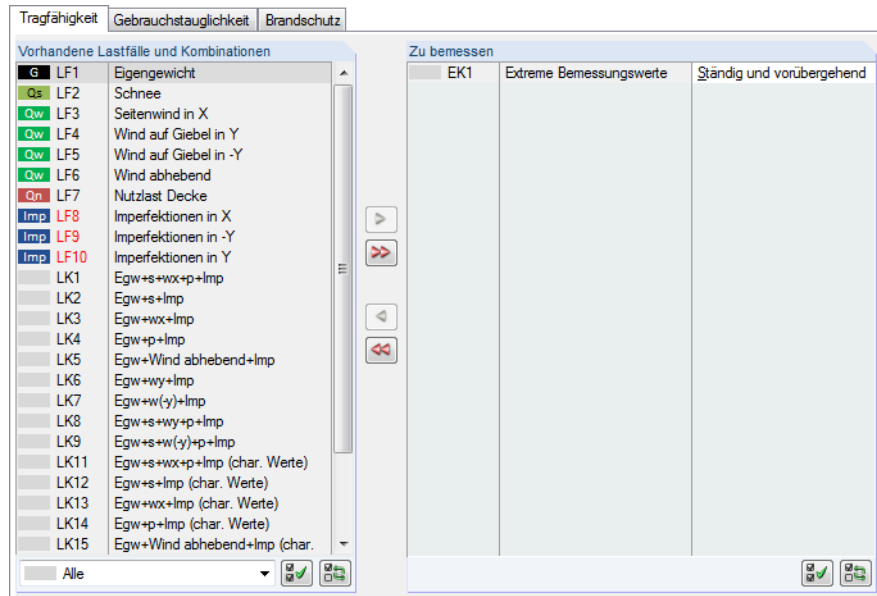


Bild 2.5 Maske 1.1 Basisangaben, Register Tragfähigkeit

Vorhandene Lastfälle und Kombinationen

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

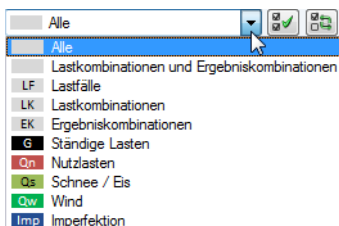
Die Mehrfachauswahl von Lastfällen ist — wie in Windows üblich — mit gedrückter [Strg]-Taste möglich. So lassen sich mehrere Lastfälle gleichzeitig übertragen.

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 [↗](#)).

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

Zu bemessen			
<input type="checkbox"/>	LK2	Egw+ss+Imp	Ständig und vorübergehend
<input type="checkbox"/>	LK3	Egw+wx+Imp	Ständig und vorübergehend
<input type="checkbox"/>	LK4	Egw+p+Imp	Außergewöhnlich
<input type="checkbox"/>	LK6	Egw+wy+Imp	Ständig und vorübergehend
<input type="checkbox"/>	LK8	Egw+ss+wy+p+Imp	Ständig und vorübergehend
<input type="checkbox"/>	LK10	Anprall	Außergewöhnlich

Bild 2.6 Bemessungssituation zuweisen

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

Die Bemessung einer einhüllenden Max/Min-Ergebniskombination verläuft zwar schneller als die aller enthaltenen Lastfälle Lastfall 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 wiederum zu höheren Ausnutzungen führen.

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

Im Dialog *Details*, Register *Allgemein* kann festgelegt werden, wie Ergebniskombinationen des Typs ‚oder‘ bei der Bemessung behandelt werden sollen (siehe Kapitel 3.1.8 [↗](#)).


Ergebniskombination

[Details...](#)

2.1.2 Gebrauchstauglichkeit

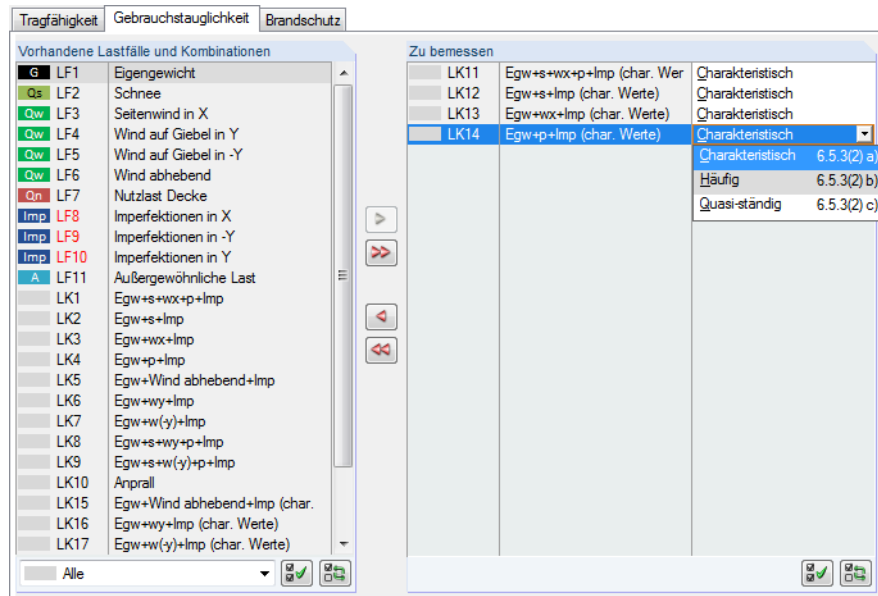


Bild 2.7 Maske 1.1 Basisangaben, Register Gebrauchstauglichkeit

Vorhandene Lastfälle und Kombinationen


In diesem Abschnitt sind alle Lastfälle und Kombinationen aufgelistet, die in RFEM bzw. RSTAB 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](#)).

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](#)) für die Bemessungssituationen angepasst werden.

In *Maske 1.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter* werden die Bezugslängen verwaltet, die für den Verformungsnachweis anzusetzen sind (siehe [Kapitel 2.9](#)).

Nat. Anhang...

2.1.3 Brandschutz

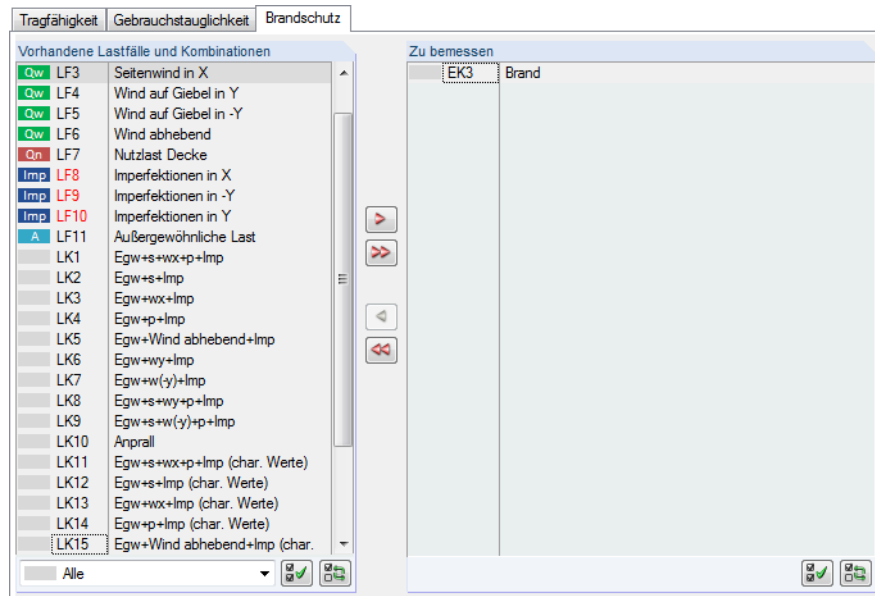


Bild 2.8 Maske 1.1 Basisangaben, Register Brandschutz

Vorhandene Lastfälle und Kombinationen

Hier sind alle Lastfälle und Kombinationen aufgelistet, die in RFEM bzw. RSTAB 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 1993-1-2 [2] ermittelt wurden.

Brandschutznachweise sind auch für zusammengesetzte Querschnitte möglich.






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

Nat. Anhang...

Über die Schaltfläche  lassen sich die voreingestellten Parameter überprüfen und ggf. anpassen (siehe Bild 2.10 ). Mit der Schaltfläche  kann ein benutzerdefinierter Anhang erstellt werden.


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




Basis


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 [6]  möglich. In seiner Dissertation [7]  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-/STAHL EC3 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 Biegedrillnickkurve unter Berücksichtigung des modifizierten Imperfektionsbeiwerts α^* beruht, kann die Interaktion zwischen Biegeknicken und Biegedrillknicken nach [1] Gleichung (6.66) entfallen.

Berechnung	
Haupttragebene	Nebenebene
$\alpha_{Ed}(x) = \frac{\chi_{LT}(x) \cdot \alpha_{ult,k}(x)}{\gamma_{M1}} \geq 1$	$\beta_z(x) = \frac{M_{z,Ed}(x)}{M_{z,Rd}(x)} \cdot (1 - q_{Mz})$
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 den 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_{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 wie folgt 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 [4] [a](#).

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

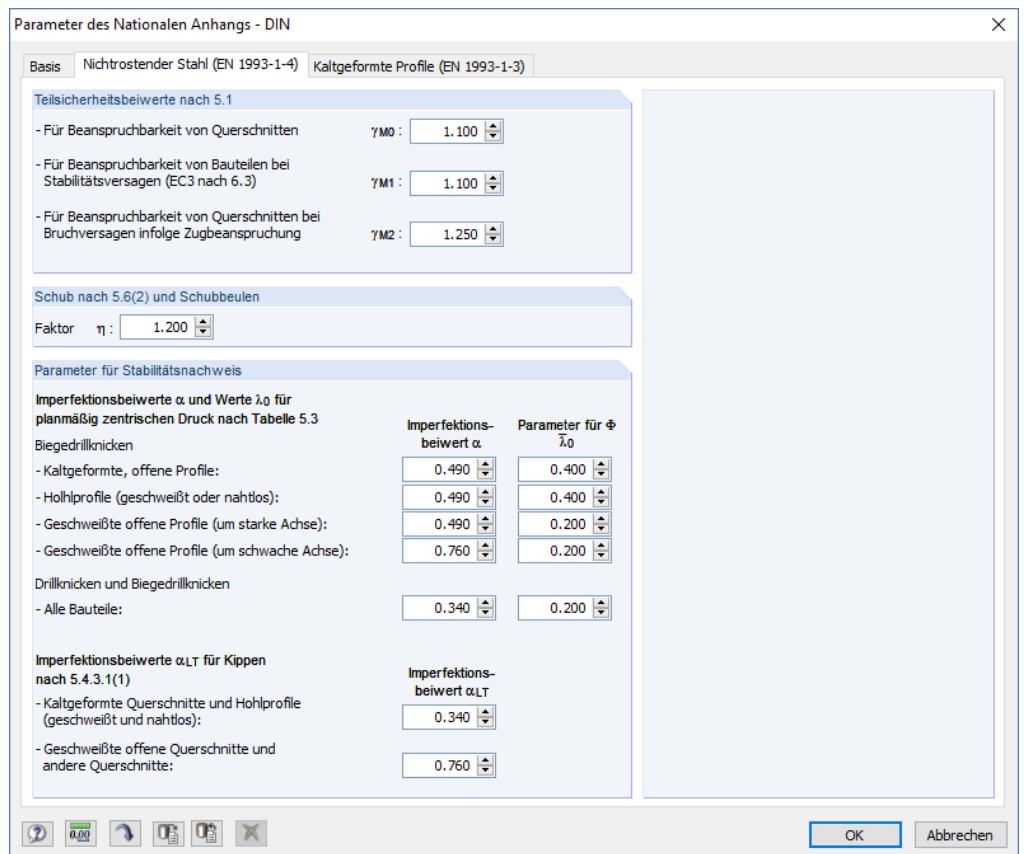


Bild 2.13 Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs - DIN*, Register *Nichtrostender Stahl (EN 1993-1-4)*

Kaltgeformte Profile (EN 1993-1-3)

In diesem Register können die Teilsicherheitsbeiwerte festgelegt werden, die den Nachweis kaltgeformter Profile nach EN 1993-1-3 [3] [☒](#) betreffen. Für die Bemessung ist eine Lizenz der Modulerweiterung **RF-/STAHL Kaltgeformte Profile** erforderlich.

Parameter des Nationalen Anhangs - DIN

Basis Nichtrostender Stahl (EN 1993-1-4) Kaltgeformte Profile (EN 1993-1-3)

Teilsicherheitsbeiwerte nach 2(3)

- Querschnittstragfähigkeit, begrenzt durch ausgeprägtes Fließen des Querschnitts unter Einbeziehung lokalen Beulens oder Profilverformung von Querschnitten γ_{M0} : 1.000
- Tragfähigkeit von Bauteilen und Blechkonstruktionen, bei denen sich ein globales Stabilitätsversagen einstellt γ_{M1} : 1.000
- Tragfähigkeit von Nettoquerschnitten an Schraubenlöchern γ_{M2} : 1.250

Teilsicherheitsbeiwert für Nachweise des Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit nach 2(5)

Beiwert $\gamma_{M,ser}$: 1.000

Abminderungsfaktor für f_{yb} und f_u nach Tabelle 3.1a, Anmerkung 1

Abminderungsfaktor für Stahlbleche mit weniger als 3 mm Dicke: 0.900

OK Abbrechen

Bild 2.14 Dialog Parameter des Nationalen Anhangs, Register Kaltgeformte Profile (EN 1993-1-3)

Der Abschnitt *Teilsicherheitsbeiwerte nach 2(3)* verwaltet die Faktoren γ_M , die gemäß [3] [☒](#) 2(3) beim Nachweis der Tragfähigkeit anzusetzen sind. Die empfohlenen bzw. im nationalen Anhang definierten Werte sind voreingestellt.

Falls erforderlich, kann im Abschnitt *Teilsicherheitsbeiwert für Nachweise des Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit nach 2(5)* der Faktor $\gamma_{M,ser}$ angepasst werden.

Bei Stahlblechen mit weniger als 3 mm Dicke sollte gemäß [3] [☒](#) Tabelle 3.1a, Anmerkung 1 ein *Abminderungsfaktor für f_{yb} und f_u* berücksichtigt werden. Dieser Faktor zur Reduktion der Basisstreckgrenze und Zugfestigkeit ist mit dem empfohlenen Wert von 0.9 voreingestellt.

2.2

Materialien

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

Material Nr.	Material Bezeichnung	Kommentar
1	Baustahl S 235 EN 10025-2:2004-11	
2	Baustahl S 355 EN 10025-2:2004-11	
3	Beton C30/37 EN 1992-1-1:2004/AC:2010	

Materialkennwerte			
<input checked="" type="checkbox"/> Haupt-Kennwerte			
Elastizitätsmodul	E	210000.0	N/mm ²
Schubmodul	G	80769.2	N/mm ²
Poissonsche Zahl (Querdehnzahl)	ν	0.300	
Spezifisches Gewicht	γ	78.50	kN/m ³
Temperaturdehnzahl (Wärmedehnzahl)	α	1.2000E-05	1/K
Teilsicherheitsbeiwert	γ _M	1.00	
<input type="checkbox"/> Zusätzliche Kennwerte			
Koeffizient für Grenz-Schweißnahtspannungen	α _w	0.950	
Korrelationsbeiwert für Kehlnähte	β _w	0.800	
<input type="checkbox"/> Dickenbereich t ≤ 4.00 cm			
Zugfestigkeit	f _u	360.0	N/mm ²
Streckgrenze	f _y	235.0	N/mm ²

Material Nr. 1 angewendet in	
Querschnitte Nr.:	1-3,6,10,12,13,15
Stäbe Nr.:	1,2,11-15,21,22,31-36,41-44,51,52,81-83,
Stabsätze Nr.:	1-5
Σ Längen:	209.44 [m]
Σ Massen:	5.099 [t]

Bild 2.15 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](#) bzw. Kapitel 4.2 des RSTAB-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 das Menü **Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen** anpassen (siehe [Kapitel 7.3](#)).

Materialbezeichnung

Die in RFEM bzw. RSTAB 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.

Material	Standard
Baustahl S 185	DIN EN 10025-2:2005-04
Baustahl S 235 JR	DIN EN 10025-2:2005-04
Baustahl S 235 J0	DIN EN 10025-2:2005-04
Baustahl S 235 J2	DIN EN 10025-2:2005-04
Baustahl S 275 JR	DIN EN 10025-2:2005-04
Baustahl S 275 J0	DIN EN 10025-2:2005-04
Baustahl S 275 J2	DIN EN 10025-2:2005-04
Baustahl S 355 JR	DIN EN 10025-2:2005-04
Baustahl S 355 J0	DIN EN 10025-2:2005-04
Baustahl S 355 J2	DIN EN 10025-2:2005-04

Bild 2.16 Liste der Materialien

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

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.

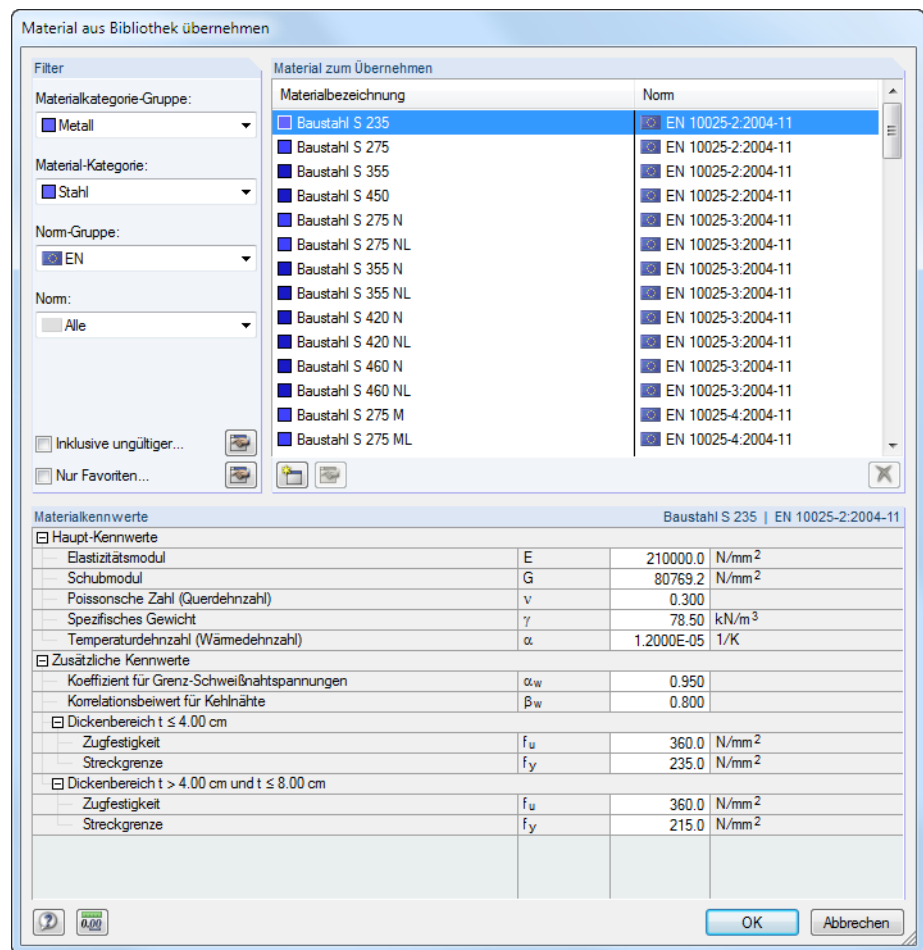


Bild 2.17 Dialog *Material aus Bibliothek übernehmen*

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

OK

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

Das Kapitel 4.3 des RFEM-Handbuchs [\[1\]](#) bzw. Kapitel 4.2 des RSTAB-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 [\[1\]](#) [\[2\]](#) 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.	Material Nr.	Querschnittsbezeichnung	Querschnittstyp	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	I ICU IPE 300 + IPE 300	Allgemein	Automatisch	Nein	3)	
4	1	I ICU IPE 300 + IPE 300	Allgemein	Automatisch	Aus der aktuellen Reih	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

Querschnittstyp	I-Profil gewalzt
Querschnittshöhe	h 300,0 mm
Querschnittsbreite	b 150,0 mm
Stegdicke	t _w 7,1 mm
Flanschdicke	t _f 10,7 mm
Ausrundungsradius	r 15,0 mm
Querschnittsfläche	A 53,80 cm ²
Wirksame Schubfläche	A _{v,y} 33,67 cm ²
Wirksame Schubfläche	A _{v,z} 25,67 cm ² ≥ η _h ·t _w 6,2,6(3)a)
Flächenträgheitsmoment	I _y 8360,00 cm ⁴
Flächenträgheitsmoment	I _z 604,00 cm ⁴
Torsionsträgheitsmoment	I _t 20,20 cm ⁴
Trägheitsradius	i _y 125,0 mm
Trägheitsradius	i _z 33,5 mm
Elastisches Widerstandsmoment	W _{el,y} 557,00 cm ³
Elastisches Widerstandsmoment	W _{el,z} 80,50 cm ³
Plastisches Widerstandsmoment	W _{pl,y} 628,00 cm ³

Querschnitt Nr. 2 angewendet in

Stäbe 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 2.18 Maske 1.3 Querschnitte

Querschnittsbezeichnung

Die in RFEM bzw. RSTAB 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 Profilreihe des aktuellen Eingabefeldes auf (siehe Bild 2.19 [\[1\]](#)).

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

Das Kapitel 4.13 des RFEM-Handbuchs [\[1\]](#) bzw. Kapitel 4.3 des RSTAB-Handbuchs beschreibt, wie Querschnitte in der Bibliothek ausgewählt werden können.

Die neue Querschnittsbezeichnung kann auch direkt in das Eingabefeld in Spalte B 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.

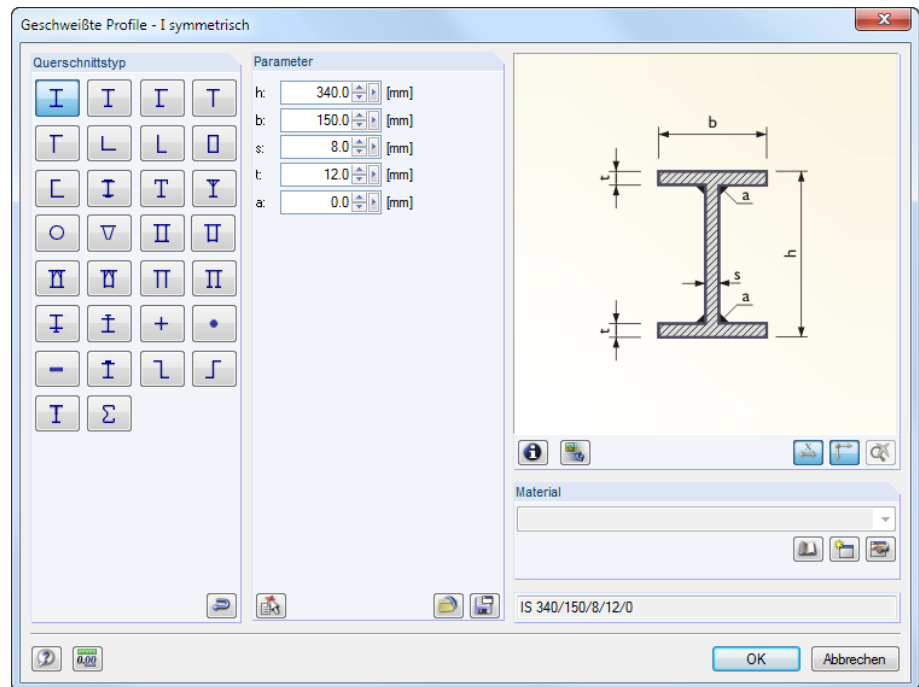
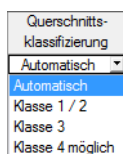
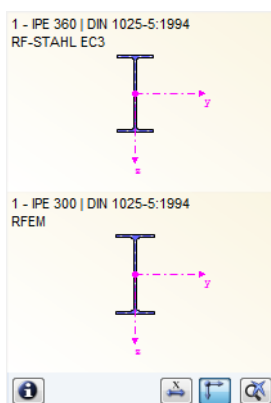


Bild 2.19 IS-Profilreihe der Querschnittsbibliothek



Details...

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

Querschnittstyp

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, also Klasse 3 oder 4.

Klassifizierung

RF-/STAHL EC3 nimmt die Klassifizierung *Automatisch* vor. Falls dies nicht gewünscht ist, kann die Querschnittsklasse in der Liste manuell festgelegt werden. Beispielsweise kann ein einbetonierter schlanker I-Querschnitt nicht lokal ausbeulen. Mit einer manuellen Einordnung in Klasse 3 ist der Nachweis unter Vernachlässigung der effektiven Breiten möglich.

Max. Ausnutzung

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

Optimieren

Jeder Querschnitt der Bibliothek kann einen Optimierungsprozess durchlaufen: Es wird für die RFEM- bzw. RSTAB-Schnittgrößen das Profil gesucht, das einer benutzerdefinierten Höchstauslastung am nächsten kommt. Diese kann im Register *Allgemein* des *Details*-Dialogs festgelegt werden (siehe Bild 3.14).

Um einen Querschnitt zu optimieren, ist die Liste in Spalte E bzw. F 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.

Anmerkung

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



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 2.18 [↗](#)).

Stab mit Voutenquerschnitt

Bei gevouteten Stäben mit unterschiedlichen Profilen am Stabanfang und Stabende werden beide Querschnittsnummern gemäß der Definition in RFEM bzw. RSTAB 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 bzw. RSTAB 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 . Es erscheint der im Bild 2.20 [↗](#) gezeigte Dialog.

Info über Querschnitt



Unterhalb der Querschnittsgrafik befindet sich die Schaltfläche [Info]. Sie ruft den Dialog *Info über Querschnitt* auf. Dort 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
Flanschkante	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
Profilfaktor	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 graphical part of the dialog shows the HE B 360 I-beam profile with the following dimensions: total 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 coordinate system (y, z) is centered on the web, with the y-axis pointing to the right and the z-axis pointing downwards.

Bild 2.20 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 2.21)
	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.	Koordinaten		Statische Momente		Dicke t [mm]	Wölbung	
	y [mm]	z [mm]	S _y [cm ³]	S _z [cm ³]		ω [cm ²]	Aω [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

Schließen

Bild 2.21 Dialog Spannungspunkte von HE B 260

Profil-Knicklinien



Falls es die Situation erfordert, können die Knicklinien in der Querschnittswerte-Tabelle (unten in Maske 1.3 Querschnitte) geändert werden.

Knicklinie	KL _y	a	Tab. 6.2
Knicklinie	KL _z	a0	Tab. 6.2

a
b
c
d

Bild 2.22 Knicklinie KL_y ändern

2.4

Zwischenabstützungen

In Maske 1.4 können seitliche Halterungen für Stäbe definiert werden. RF-/STAHL EC3 nimmt diese Zwischenlager stets senkrecht zur schwachen Achse z des Querschnitts an (siehe Bild 2.20). Damit lassen sich die effektiven Längen der Stäbe beeinflussen (nur bei Lagertyp *Gabellagerung*), die für die Stabilitätsuntersuchungen auf Biegedrillknicken und Biegeknicken wichtig sind.

1.4 Zwischenabstützungen

Stab Nr.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Seitliche Stützung	Lager-typ	Länge L [m]	Anzahl	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
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	6.000	1	0.500								
51	<input type="checkbox"/>		3.000										

Relativ (0 ... 1)

Einstellungen - Stab Nr. 43

Querschnitt		1 - IPE 300 DIN 1025-5:1994
Seitliche Stützungen		<input checked="" type="checkbox"/>
Stütztyp		Benutzerdefiniert
Seitliche Stützung in y	u_y	<input checked="" type="checkbox"/>
Einspannung um x	φ_x	<input checked="" type="checkbox"/>
Exzentrizität	e_z	-124.3 mm
Stablänge	L	6.000 m
Anzahl Zwischenabstützungen	n	1
Ort der seitlichen Stützung Nr. 1	x_1	0.500

Eingaben zuordnen Stäben Nr.:

Alle

Bild 2.23 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.

Zur Eingabe der Zwischenstützungen für einen Stab ist in Spalte A das Kontrollfeld *Seitliche Stützung* anzuhaken. Mit der Schaltfläche kann der Stab grafisch ausgewählt werden, um dessen Zeile zu aktivieren. Mit dem Setzen des Häkchens werden die Felder zur Eingabe der Parameter zugänglich.

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 werden eine oder mehrere der folgenden Spalten *Zwischenabstützungen* zur Definition der x -Stellen zugänglich.

Ist das Kontrollfeld *Relativ (0 ... 1)* angehakt, so sind die Lagerpunkte über Relativangaben zu definieren: 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.

Stabsatz



Werden Stabsätze nach dem Ersatzstabverfahren bemessen (siehe Kapitel 3.1.2), müssen Gabellager innerhalb des Stabsatzes hier als seitliche Zwischenabstützungen definiert werden. Die gabelgelagerten Bereiche dürfen **nicht** in Maske 1.6 über effektive Längen beschrieben werden!

In unserer Knowledge Base finden Sie ein Beispiel zur Verwendung von Zwischenabstützungen: <https://www.dlubal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/001557>

Lager-typ

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

Relativ (0 ... 1)

2.5

Effektive Längen - Stäbe

Diese Maske ist zweigeteilt. Die Tabelle im oberen Abschnitt listet die Knicklängenbeiwerte und Ersatzstablängen für Knicken und Biegedrillknicken aller nachzuweisenden Stäbe auf. Die in RFEM bzw. RSTAB 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				L _T [m]	Kommentar
	Möglich	Möglich	k _{er,y}	L _{er,y} [m]	Möglich	k _{er,z}	L _{er,z} [m]	Möglich	k _z	k _w	L _w [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:

Knicken um Achse y möglich

Knicklängenbeiwert: k_{er,y} = 1.000

Knicklänge: L_{er,y} = 6.000 m

Knicken um Achse z möglich

Knicklängenbeiwert: k_{er,z} = 1.000

Knicklänge: L_{er,z} = 6.000 m

Biegedrillknicken möglich

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

Eingaben zuordnen Stäben Nr.:

Alle

Bild 2.24 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 Knicklängen manuell angegeben oder über die Schaltfläche grafisch im Arbeitsfenster festgelegt werden. Diese Schaltfläche ist zugänglich, wenn sich der Cursor im Eingabefeld befindet (siehe Bild 2.24).

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)

Für den aktuellen Stab kann festgelegt werden, ob generell ein Knick- oder ein Biegedrillknicknachweis erfolgen soll. Ferner lässt sich der *Knicklängenbeiwert* und der *Kipplängenbeiwert* für die jeweiligen Richtungen anpassen. Beim Ändern eines Beiwerts wird die Ersatzstablänge automatisch angepasst — und umgekehrt.



Die Knicklänge eines Stabes lässt sich auch in einem Dialog festlegen, der über die Schaltfläche [Knicklängenbeiwert wählen] zugänglich ist. Sie befindet sich unterhalb der Tabelle.

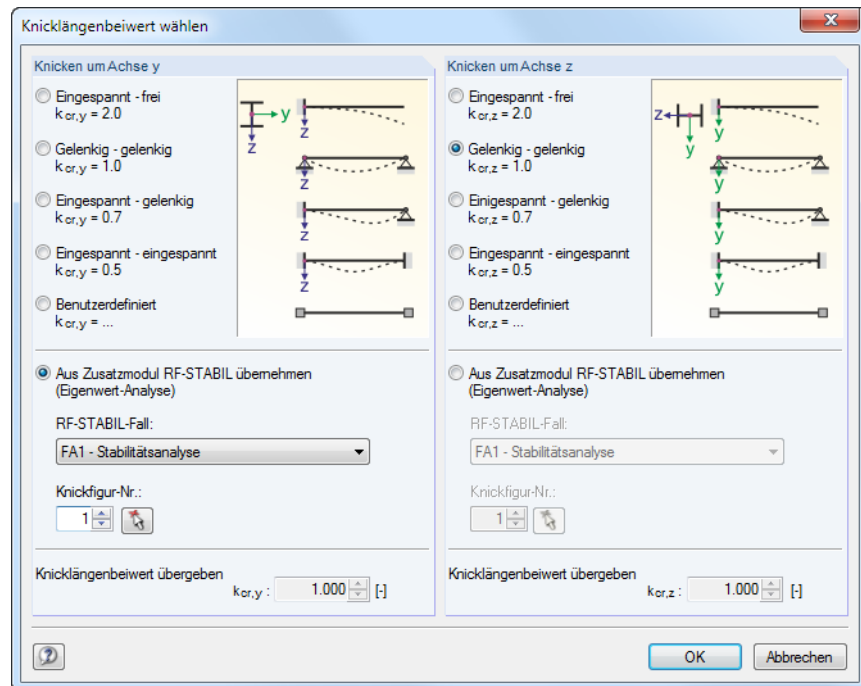


Bild 2.25 Dialog Knicklängenbeiwert wählen

Für jede Richtung kann man einen der vier Eulerfälle auswählen oder den Knicklängenbeiwert *Benutzerdefiniert* vorgeben. Falls im Zusatzmodul RF-STABIL bzw. RSKNICK 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 / Knicken um 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 2.18). Über die Schaltfläche [Ansichtsmodus] ist auch das Arbeitsfenster des Hauptprogramms zugänglich. Dort können die lokalen Stabachsen über das Stab-Kontextmenü oder im Zeigen-Navigator eingeblendet werden.

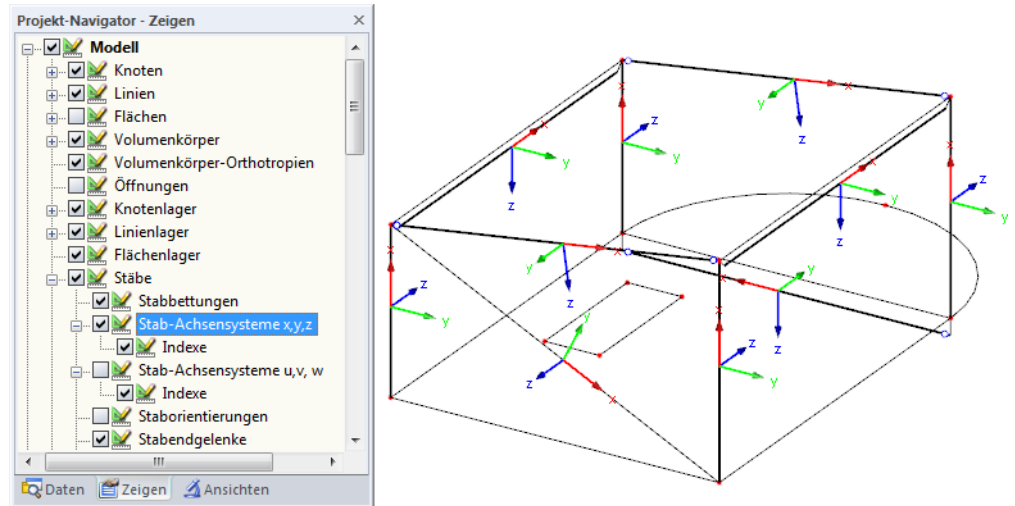
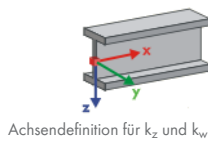


Bild 2.26 Aktivieren der Stabachsensysteme im Zeigen-Navigator von RFEM

Ist das Knicken um eine oder um beide Stabachsen möglich, können die Knicklängenbeiwerte und die Knicklängen in den 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 2.24).

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

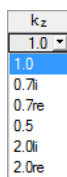
Die Spalte H steuert, welche Stäbe auf Biegedrillknicken untersucht werden.

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 dieser beiden Beiwerte lassen sich die Lagerungsbedingungen für Biegedrillknicken erfassen (z. B. Gabellagerung).

Knicklängenbeiwert k_z

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

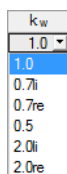
- $k_z = 1,0$ Behinderung der seitlichen Verschiebung u_y an beiden Stabenden
- $k_z = 0,7li$ Behinderung der Verschiebung u_y an beiden Enden und Einspannung um z links
- $k_z = 0,7re$ Behinderung der Verschiebung u_y an beiden Enden und Einspannung um z rechts
- $k_z = 0,5$ Behinderung der Verschiebung 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

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 Gabellagerung 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. Ein Beispiel finden Sie in der [Knowledge Base](#)  unserer Website.



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

2.6

Effektive Längen - Stabsätze

Details...

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

1.6 Effektive Längen - Stabsätze

Stabsatz Nr.	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M
	Knicken Möglich	Möglich	Knicken um Achse y Möglich	Möglich	$k_{cr,y}$	$L_{cr,y}$ [m]	Knicken um Achse z Möglich	Möglich	$k_{cr,z}$	$L_{cr,z}$ [m]	Möglich	k_z	Biegedrillknicken k_w	L_w [m]	L_T [m]	Kommentar									
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	<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"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	12.548	<input type="checkbox"/>	<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"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	12.548	<input type="checkbox"/>	<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"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.546	<input checked="" type="checkbox"/>	<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"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	7.094	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	7.094	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	7.094	7.094										

Einstellungen - Stabsatz Nr. 4

Stabsatz: Stabzug 4

Querschnitt: 10 - HE A 140 | DIN 1025-3:1994

Länge: L 6.546 m

Knicken möglich

Knicken um Achse y möglich

Knicklängenbeiwert $k_{cr,y}$: 1.000

Knicklänge $L_{cr,y}$: 6.546 m

Knicken um Achse z möglich

Knicklängenbeiwert $k_{cr,z}$: 1.000

Knicklänge $L_{cr,z}$: 6.546 m

Biegedrillknicken möglich

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

Eingaben zuordnen Sätzen Nr.:

Alle

Bild 2.27 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. Sie legen die Randbedingungen des Stabsatzes fest, der in seiner Gesamtheit als Ersatzstab behandelt wird.



In unserer Knowledge Base finden Sie ein Beispiel zur Eingabe der Knicklängen bei Stabsätzen: <https://www.dlubal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/001557>

2.7

Knotenlager - Stabsätze

Diese Maske wird angezeigt, wenn in Maske 1.1 Basisangaben mindestens ein Stabsatz zur Bemessung ausgewählt wurde und die Stabilitätsuntersuchung nach dem allgemeinen Verfahren gemäß [1] Abschnitt 6.3.4 (Standardeinstellung) erfolgt.

Wird im Dialog *Details* (siehe Bild 3.2) das *Ersatzstabverfahren* für Stabsätze gewählt, so wird die Maske 1.7 nicht angezeigt. Seitliche Zwischenabstützungen können in diesem Fall in Maske 1.4 über Teilungspunkte definiert werden.

Details...

1.7 Knotenlager - Stabsatz Nr. 5

Lager Nr.	Knoten Nr.	Lagerdrehung β [°]	Seitenstützung u _Y	Einspannung		Wölbeinspannung ω [kNm ³]	Exzentrizität		Kommentar
				φ_x	φ_z		e _x [mm]	e _z [mm]	
1	29	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	14.418	200.0	0.0	Wölbedem 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

Stabsatz 5

Querschnitt 5 - IPE 360 | DIN 1025-5:1994

Knoten mit Lager Nr. 29

Lagerdrehung β 0.00 °

Seitenstützung in Y' u_Y

Einspannung um X' φ_x

Einspannung um Z' φ_z

Wölbeinspannung ω 14.418 kNm³

Exzentrizität e_x 200.0 mm

Exzentrizität e_z 0.0 mm

Kommentar Wölbedem automatisch ermittelt

Eingabe setzen für Auflager Nr.: Alle

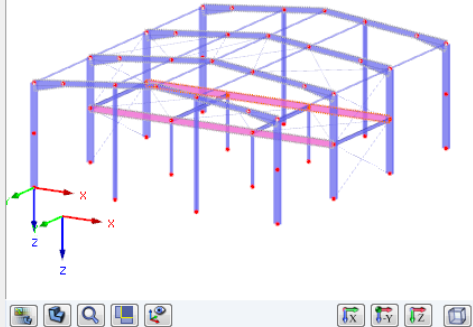



Bild 2.28 Maske 1.7 Knotenlager - Stabsätze



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

Die in RFEM bzw. RSTAB definierten Lagerungen (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/RSTAB eingelesen. Hier sind die Lagerungsbedingungen festzulegen, die das Stabilitätsversagen (Knicken, Biegedrillknicken) beeinflussen.

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



Nach [1] Abschnitt 6.3.4 (1) können einfach-symmetrische 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 2.29 bis Bild 2.32 intern die Achsen der Knotenlager für Maske 1.7 fest. Die Schaltfläche [Lokales Koordinatensystem] unterhalb der Grafik ist hilfreich für die Orientierung: Damit kann der Stabsatz als Ausschnitt dargestellt werden, in dem die Achsen ersichtlich sind. Ein Beispiel finden Sie in der Knowledge Base auf unserer Website.

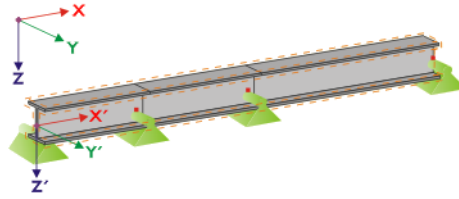


Bild 2.29 Hilfskoordinatensystem für Knotenlager — Gerader Stabsatz

Liegen alle Stäbe des Stabsatzes auf einer Geraden wie im [Bild 2.29](#) gezeigt, so entspricht das lokale Koordinatensystem des ersten Stabes im Stabsatz dem Ersatzkoordinatensystem des Stabsatzes.

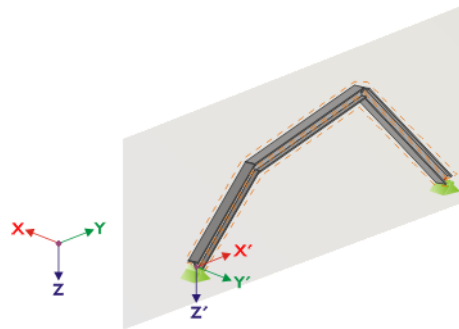


Bild 2.30 Hilfskoordinatensystem für Knotenlager — Stabsatz in vertikaler Ebene

Falls die Stäbe eines Stabsatzes nicht auf einer Geraden liegen, müssen sie sich trotzdem in einer Ebene befinden. In [Bild 2.30](#) 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.

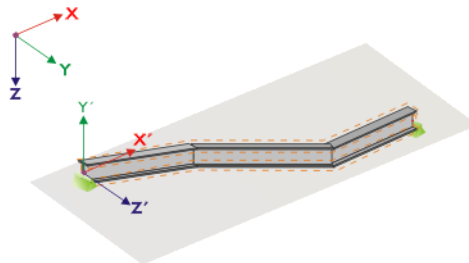


Bild 2.31 Hilfskoordinatensystem für Knotenlager — Stabsatz in horizontaler Ebene

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.

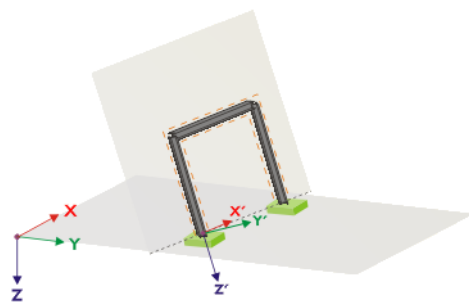


Bild 2.32 Hilfskoordinatensystem für Knotenlager — Stabsatz in geneigter Ebene

Bild 2.32 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 Grafik-Schaltflächen



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

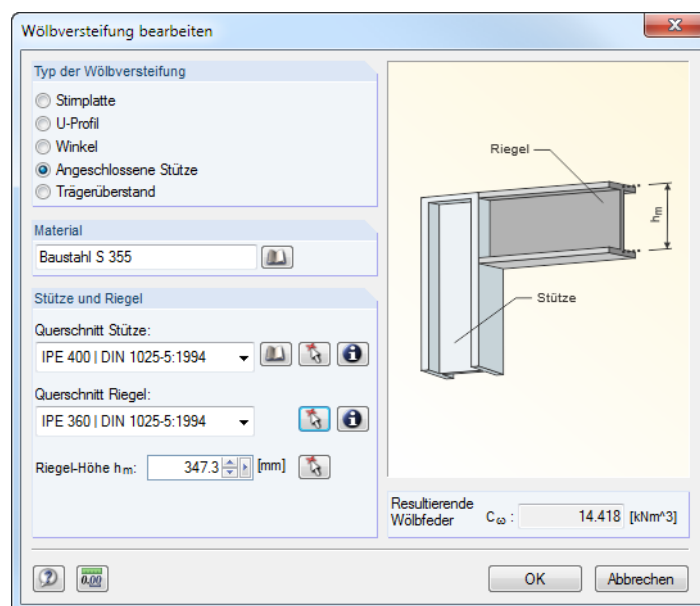



Bild 2.33 Dialog Wölbversteifung bearbeiten


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

- Stirnplatte
- U-Profil
- Winkel
- Angeschlossene Stütze
- Trägerüberstand

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

RF-/STAHL EC3 ermittelt aus den Parametern die *Resultierende Wölbfeder* C_{ω} , die dann mit [OK] in Maske 1.7 übernommen werden kann.

Wölbkraftanalyse mit sieben Freiheitsgraden

Um Stabsätze nach Biegetorsionstheorie II. Ordnung mit Wölbkrafttorsion zu untersuchen, ist im Dialog *Details*, Register *Wölbkrafttorsion* das entsprechende Kontrollfeld anzuwählen (siehe Bild 3.9 ). Die Tabellenüberschriften der Maske 1.7 werden dann entsprechend angepasst.

Für die Wölbkraftanalyse ist eine Lizenz des Moduls **RF-/STAHL Wölbkrafttorsion** erforderlich.

1.7 Knotenlager - Stabsatz Nr. 5 - Obergurt

Lager Nr.	A Knoten Nr.	B u _x	C Auflager u _y	D u _z	E φ _x [kNm/rad]	F Drehbettung φ _y	G φ _z	H Verwölbung ω [kNm ²]	I Lagerdrehung β _x [°]	J β _y [°]	K β _z [°]	L e _x [mm]	M Exzentrizität e _y [mm]	N e _z [mm]
1	39	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	31.545	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
2	45	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	31.545	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
3	41	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
4	42	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12.300	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
5	43	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12.300	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
6					Ja									
7					Nein									
8					Feder									
9														

Einstellungen - Knotenlager Nr. 43

Stabsatz: Obergurt

Stab 35

Anfang: 3 - IPE 450 | Euronorm 19-57

Ende: 2 - IPE 360 | Euronorm 19-57

Stab 36 - Querschnitt: 2 - IPE 360 | Euronorm 19-57

Stab 37 - Querschnitt: 2 - IPE 360 | Euronorm 19-57

Stab 38 - Querschnitt: 2 - IPE 360 | Euronorm 19-57

Stab 39 - Querschnitt: 2 - IPE 360 | Euronorm 19-57

Stab 40

Anfang: 2 - IPE 360 | Euronorm 19-57

Ende: 3 - IPE 450 | Euronorm 19-57

Knoten mit Lager Nr.: 43

Stützung in X' u_x:

Stützung in Y' u_y:

Stützung in Z' u_z:

Einspannung um X' φ_x: 12.300 kNm/rad

Einspannung um Y' φ_y:

Einspannung um Z' φ_z:

Wölbeinspannung ω:

Eingabe setzen für Auflager Nr.:

Alle

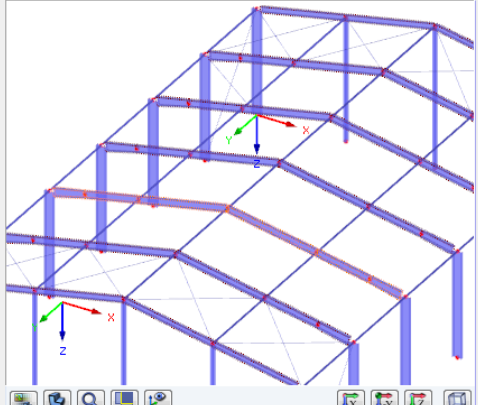



Bild 2.34 Maske 1.7 Knotenlager - Stabsätze für Wölbkraftanalyse mit sieben Freiheitsgraden

Hier sind die Lagerungsbedingungen des aus dem System herausgelösten Stabsatzes festzulegen, die an den Knoten der beteiligten Stäbe vorliegen. Die in RFEM bzw. RSTAB definierten Knotenlager sind voreingestellt, ebenso Lager an den beiden Enden des Stabsatzes.

Seitliche Stützungen des Stabsatzes sind in Form zusätzlicher Lager zu ergänzen. Damit wird die Wirkung z. B. einer Pfette erfasst, die im räumlichen Modell von RFEM bzw. RSTAB gegeben ist. Fehlt diese Lagerung im Modell des herausgelösten Stabsatzes, sind Instabilitäten möglich.

Die gelagerten Knoten lassen sich über die Schaltfläche  grafisch im RFEM/RSTAB-Arbeitsfenster festlegen.



2.8

In den Spalten B bis N sind die Lagerungsbedingungen der ausgewählten Knoten anzugeben. Durch Klicken in die Kontrollkästchen werden die Stützungen oder Einspannungen für die entsprechenden Freiheitsgrade aktiviert bzw. deaktiviert. Alternativ können die Konstanten der Weg- und Drehfedern manuell eingetragen werden.

Die Parameter *Lagerdrehung* und *Exzentrizität* ermöglichen eine realitätsnahe Modellierung der Lagerungsbedingungen.

Ein Beispiel zur Wölbkraftanalyse eines gevouteten Einfeldträgers ist in einem Fachbeitrag vorgestellt, den Sie in der [Knowledge Base](#) auf unserer Website finden.

Die Wölbkraftanalyse eines Rahmens ist auch Thema eines [Webinars](#), das Sie über Youtube ansehen oder downloaden können.

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!

Wird im Dialog *Details* (siehe [Bild 3.2](#)) das *Ersatzstabverfahren* für Stabsätze gewählt, so wird die Maske 1.8 nicht angezeigt.

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

Details...



1.8 Stabendgelenke - Stabsatz Nr. 2 - Stabzug 2

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

Einstellungen - Stab Nr. 13

Stabsatz Stabzug 2

Stab 13

- Anfang 3 - IPE 400 | DIN 1025-5:1994
- Ende 2 - IPE 300 | DIN 1025-5:1994
- Stab 14 - Querschnitt 2 - IPE 300 | DIN 1025-5:1994
- Stab 15 - Querschnitt 2 - IPE 300 | DIN 1025-5:1994

Stab mit Stabendgelenk Nr. 13

Stabsseite Seite Ende

Querkraftgelenk in Richtung y V_y

Torsionsgelenk M_T

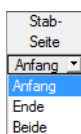
Momentengelenk um Achse z M_z 15.000 kNm/rad

Wölbgelenk M_ω

Kommentar

Eingabe setzen für Gelenk Nr.: Alle

Bild 2.35 Maske 1.8 Stabendgelenke - Stabsätze



In Spalte B ist anzugeben, an welcher *Stabsseite* das Gelenk vorliegt bzw. ob beide Stabsseiten 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.

Details...

Wenn im Dialog *Details*, Register *Wölbkrafttorsion* die Wölbkraftanalyse mit sieben Freiheitsgraden gewählt wird (Lizenz des Moduls **RF-/STAHL Wölbkrafttorsion** erforderlich), sind die Tabellenspalten um die entsprechenden Eingabemöglichkeiten erweitert.

1.8 Stabendgelenke - Stabsatz Nr. 5 - Obergurt

Gelenk Nr.	A Stab Nr.	B Stab-Seite	C N _x	D Freigabe V _y	E V _z	F M _T	G Momentenfreigabe M _y	H M _z	I Wölbfreigabe M _ω	J Kommentar
1	38	Anfang	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Bild 2.36 Maske 1.8 Stabendgelenke - Stabsätze für Wölbkraftanalyse mit sieben Freiheitsgraden

2.9

Gebrauchstauglichkeitsparameter

Diese Eingabemaske steuert verschiedene Vorgaben für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit. Sie wird angezeigt, wenn im Register *Gebrauchstauglichkeit* der Maske 1.1 entsprechende Angaben vorliegen (siehe Kapitel 2.1.2 [☒](#)).


1.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter

Nr.	A Beziehen auf	B Stabsatz Nr.	C Manuell	D Bezugslänge L [m]	E Richtung	F Überhöhung w _{e,v} [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 2.37 Maske 1.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter

Beziehen auf
Stab
Stab
Stabsatz

Spalte A steuert, ob die Verformung auf Einzelstäbe oder Stabsätze bezogen werden soll. Bei einem Stabsatz muss eine einheitliche Staborientierung und Stabdrehung aller enthaltenen Stäbe gegeben sein. Nur so werden die Verformungsanteile korrekt erfasst.

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

Richtung
 y, z
 y
 z
 y, z
 Details...

Trägertyp
 Träger
 Träger
 Kragträger Anfang frei
 Kragträger Ende frei
 Details...

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.

In Spalte F kann eine *Überhöhung* berücksichtigt werden. Die allgemeine Richtung der Überhöhung wird im Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit* festgelegt (siehe Bild 3.4). Falls die Überhöhung auf die „starke“ Hauptachse y bzw. u bezogen wird, ändert sich die Spaltenüberschrift in $w_{c,y}$ bzw. $w_{c,u}$. Die Überhöhung ist positiv einzugeben, wenn sie **entgegen** der lokalen Stabachse z vorliegt (Regelfall bei nach unten orientierter globaler Z-Achse). Die Überhöhung wird nur für quasi-ständige Bemessungssituationen (siehe Kapitel 2.1.2) berücksichtigt!

Für den korrekten Ansatz der Grenzverformungen ist auch der *Trägertyp* wichtig. 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 3.4).

2.10

Brandschutz - Stäbe

Diese Eingabemaske verwaltet die Brandschutzparameter für die Stäbe. Sie wird angezeigt, wenn im Register *Brandschutz* der Maske 1.1 entsprechende Angaben vorliegen (siehe Kapitel 2.1.3).

Die Brandschutzbemessung mit RF-/STAHL EC3 ist in der *Knowledge Base* auf unserer Website beschrieben. Im Kapitel 8.2 finden Sie ein Beispiel zur brandschutztechnischen Bemessung einer Stahlstütze.

1.10 Brandschutz - Stäbe

Nr.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Stäbe Nr.	Erforderliche Zeit $t_{f,erf}$ [min]	Brandexposition	Brand-schutz	Schutz-typ	Rohdichte ρ_p [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit λ_p [W/m*K]	Spez. Wärmekapazität c_p [J/(kg*K)]	Dicke d_p [mm]	Kommentar
1	64	15	Alle Seiten	<input type="checkbox"/>	Profifolgend	300.00	0.12	1200.00	10.00	
2	81-83	15	3 Seiten	<input checked="" type="checkbox"/>	Profifolgend	300.00	0.12	1200.00	10.00	
3	39,59,60,109	15	3 Seiten	<input checked="" type="checkbox"/>	Kastenverkleidung	300.00	0.12	1200.00	10.00	
4	1,11	15	Alle Seiten	<input type="checkbox"/>	Profifolgend	300.00	0.12	1200.00	10.00	
5	21,31	15	Alle Seiten	<input checked="" type="checkbox"/>	Profifolgend	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 2.38 Maske 1.10 Brandschutz - Stäbe

Spalte A steuert, für welche Stäbe ein Brandschutznachweis geführt wird. Die Stäbe können über die Schaltfläche auch grafisch im Arbeitsfenster von RFEM bzw. RSTAB ausgewählt werden.



Details...

Brand-
exposition
Alle Seiten
3 Seiten
Alle Seiten

Schutz-
typ
Profifolgend
Profifolgend
Kastenbekleidung

Details...

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

Die Erforderliche Zeit $t_{fi,erf}$ des Brandschutzes ist entsprechend der Vorgabe im Dialog Details eingestellt (siehe Bild 3.5). Wenn dort die Option Für jeden Stab individuell definieren vorgegeben wird, werden die Felder der Spalte B für benutzerdefinierte Brandzeiten zugänglich.

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

Ein Beitrag in unserer Knowledge Base beschreibt, wie der Abschattungseffekt berücksichtigt wird.

Falls eine Brandschutzbekleidung vorhanden ist, kann in Spalte E der Schutztyp ausgewählt werden. Es besteht die Auswahl zwischen einer profifolgenden Ummantelung, die an die Geometrie des Querschnitts angepasst ist (z. B. Putz- oder Plattenbekleidungen) und einer kastenförmigen Verkleidung des Querschnitts. Die Parameter sind dann in den Spalten F bis I anzugeben.

Die allgemeinen Parameter für den Brandschutznachweis werden im Dialog Details, Register Brandschutz verwaltet (siehe Bild 3.5).

2.11

Brandschutz - Stabsätze

Diese Eingabemaske verwaltet die Brandschutzparameter von Stabsätzen. Sie wird angezeigt, wenn in Maske 1.1 Basisangaben mindestens ein Stabsatz zur Bemessung ausgewählt wurde und im Register Brandschutz entsprechende Eingaben vorliegen (siehe Kapitel 2.1.3).

1.11 Brandschutz - Stabsätze

Nr.	A Stabsätze Nr.	B Erforderliche Zeit $t_{fi,erf}$ [min]	C Brand- exposition	D Brand- schutz	E Schutz- typ	F Rohdichte ρ_p [kg/m ³]	G Wärmeleitfähigkeit λ_p [W/m*K]	H Spez. Wärmekapazität c_p [J/(kg*K)]	I Dicke d_p [mm]	J Kommentar
1	1	15	Alle Seiten	<input type="checkbox"/>	Profifolgend	300.00	0.12	1200.00	10.00	
2	2	30	3 Seiten	<input checked="" type="checkbox"/>	Profifolgend	300.00	0.12	1200.00	10.00	
3	3,4	30	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 2.39 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 [3] Abschnitt 10.1 und 10.3).

In der oberen Tabelle sind die nachzuweisenden 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 einer Grafik angeboten. Sie erleichtert es, die Randbedingungen zu definieren. Dieses Bild ist auf den aktuellen Parameter abgestimmt.

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 checked="" type="checkbox"/> Schubfeld		<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Schubfeldtyp		Trapezblech
Schubfeldlänge	l _s	20.000 m
Abstand der Riegel	s	5.000 m
Lage am Profil		Am Obergurt
<input checked="" type="checkbox"/> Trapezblech-Bezeichnung		Fl + 100/275 - 1.00
Schubfeldwert	K ₁	0.190 m/kN
Schubfeldwert	K ₂	16.560 m ² /kN
Befestigungsart		Jede Rippe
<input checked="" type="checkbox"/> Drehbettung		<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Drehbettungstyp		Kontinuierlich (z.B. Trapezblech)
<input checked="" type="checkbox"/> Materialien		Baustahl S 235
Elastizitätsmodul	E	21000.00 kN/cm ²
<input checked="" type="checkbox"/> Bezeichnung des Bauteils		Fl + 100/275 - 1.00
Trapezblechdicke	t	1.000 mm
Trapezblechlage		Positivlage
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 2.40 Maske 1.12 Parameter - Stäbe

Unterhalb der *Einstellungen*-Tabelle steht das Kontrollfeld *Eingaben zuordnen Stäben Nr.* zur Verfügung. Wird das Häkchen gesetzt, 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 Zeile 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 der *Einstellungen*-Tabelle zu aktivieren.

Der Schubfeldtyp kann in der Liste ausgewählt werden.

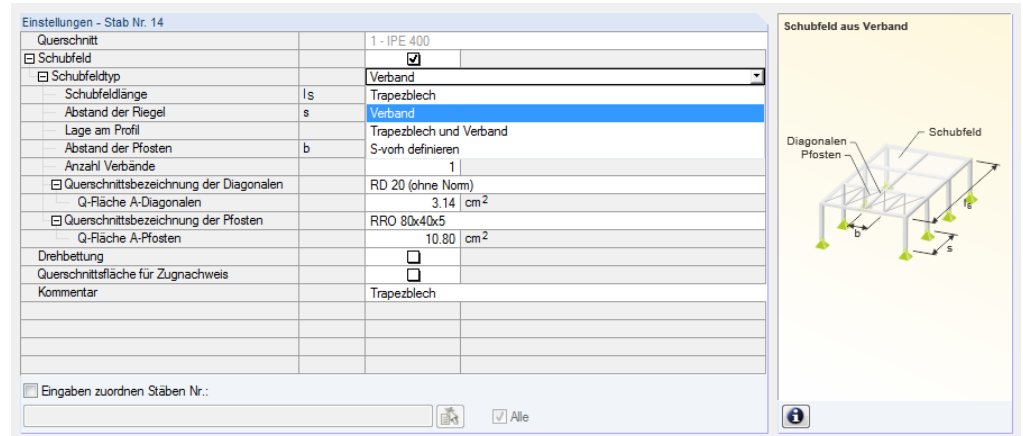
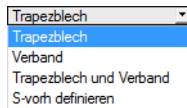


Bild 2.41 Auswahl des Schubfeldtyps

Trapezblech

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

Zur Ermittlung der Schubfeldsteifigkeit eines Trapezprofil sind folgende Angaben erforderlich (siehe Bild 2.40):

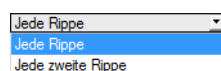
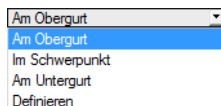
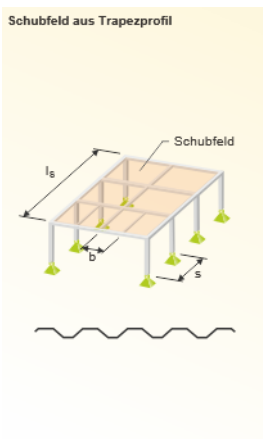
- Schubfeldlänge l_s
- Abstand der Riegel s
- Lage des Trapezblechs am Profil
- Trapezblechbezeichnung
- Befestigungsart

Die *Schubfeldlänge* und der *Abstand der Riegel* kann 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/RSTAB-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. Bei einer benutzerdefinierten Eingabe ist der Abstand d auf den Schwerpunkt bezogen; das Vorzeichen ergibt sich aus der Orientierung der z-Achse des Querschnitts.

Die Trapezprofilatenbank ist über die Schaltfläche zugänglich, die nach einem Klick in das Eingabefeld *Trapezblech-Bezeichnung* angezeigt wird (siehe Bild 2.40). Es erscheint die Querschnittsbibliothek von RFEM bzw. RSTAB (siehe Bild 2.42). Dort kann das Trapezblech mit einem Doppelklick oder [OK] ausgewählt werden. 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.



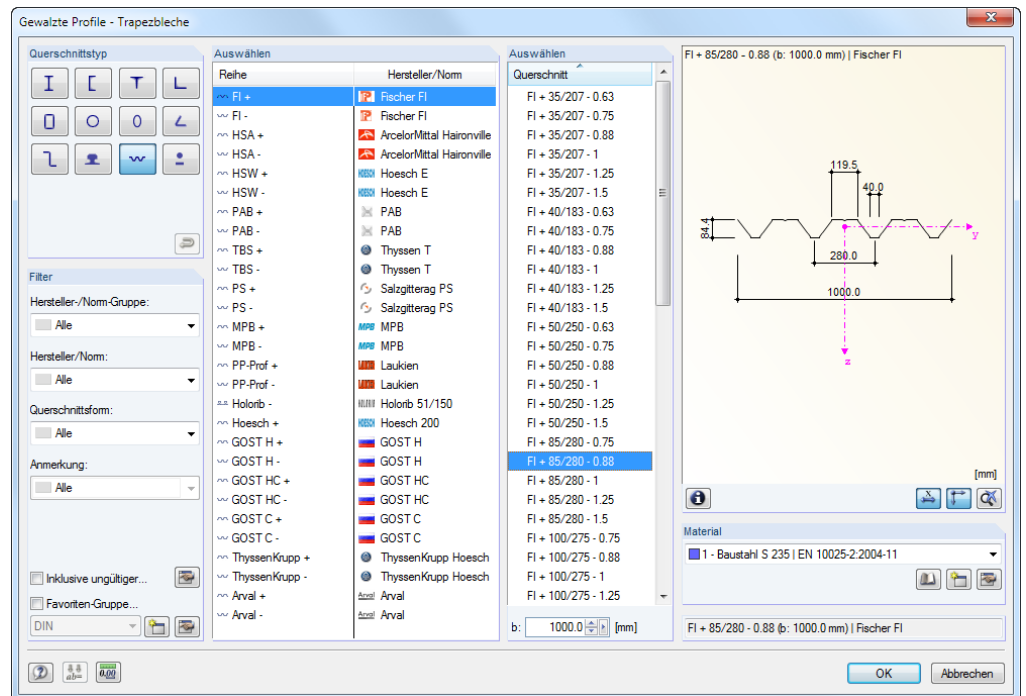


Bild 2.42 Querschnittsbibliothek Gewalzte Profile - Trapezbleche

Verband

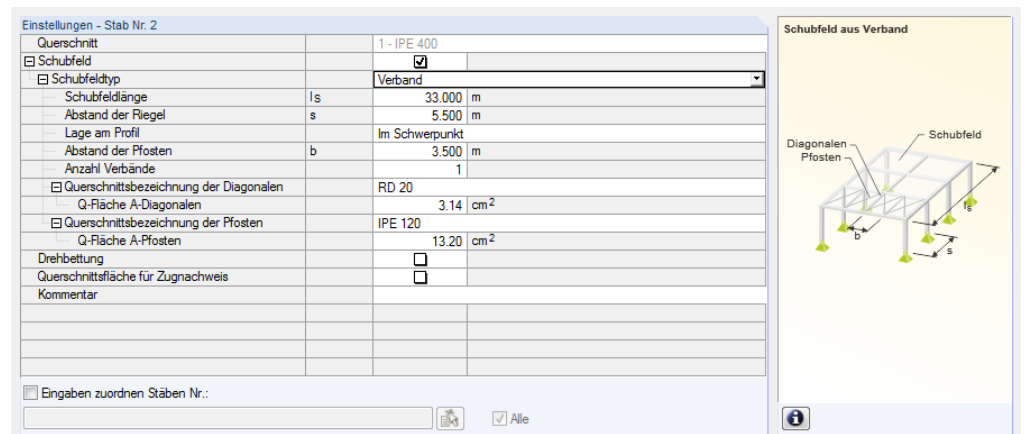
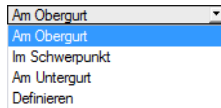


Bild 2.43 Schubfeldtyp Verband

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 Schalfläche wird zugänglich, sobald der Cursor in eines dieser Eingabefelder gesetzt wird. Anschließend können in der RFEM/RSTAB-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. Bei einer benutzerdefinierten Eingabe ist der Abstand d auf den Schwerpunkt bezogen; das Vorzeichen ergibt sich aus der Orientierung der z-Achse des Querschnitts.

Die Querschnittsflächen der Diagonalen und Pfosten lassen sich am einfachsten festlegen, indem jeweils die *Querschnittsbezeichnung* in der RFEM/RSTAB-Profilbibliothek ausgewählt wird. Diese Bibliothek ist über die Schalfläche 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		1 - IPE 400
Querschnitt		1 - IPE 400
<input checked="" 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.:		

Schubfeld aus Verband/Blechprofil

Bild 2.44 Schubfeldtyp Trapezblech und Verband

Für die 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*.

S-vorh definieren

Einstellungen - Stab Nr. 2		
Querschnitt		1 - IPE 400
<input type="checkbox"/> Schubfeld		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Schubfeldtyp		S-vorh definieren
<input type="checkbox"/> Lage am Profil		Im Schwerpunkt
<input type="checkbox"/> Schubfeldsteifigkeit	S _{vorh}	24037.00 kN
<input type="checkbox"/> Drehbettung		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Querschnittsfläche für Zugnachweis		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Kommentar		
Eingaben zuordnen Stäben Nr.:		
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		

S-vorh definieren

Bild 2.45 Schubfeldsteifigkeit S_{vorh} definieren

Am Obergurt	▼
Am Obergurt	
Im Schwerpunkt	
Am Untergurt	
Definieren	

Der Wert der vorhandenen *Schubfeldsteifigkeit* S_{vorh} kann auch direkt eingetragen werden.

Des Weiteren ist die Schubfeld-Lage am Profil anzugeben.

Drehbettung

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

Der Drehbettungstyp kann in der Liste ausgewählt werden.

Kontinuierlich (z.B. Trapezblech)	▼
Kontinuierlich (z.B. Trapezblech)	
Nicht kontinuierlich (z.B. Pfetten)	
Manuell definieren	

Einstellungen - Stab Nr. 2		
Querschnitt		1 - IPE 400
<input type="checkbox"/> Schubfeld		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Drehbettung		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Drehbettungstyp		Kontinuierlich (z.B. Trapezblech)
<input type="checkbox"/> Materialien		Kontinuierlich (z.B. Trapezblech)
<input type="checkbox"/> Elastizitätsmodul	E	Nicht kontinuierlich (z.B. Pfetten)
<input type="checkbox"/> Bezeichnung des Bauteils		Manuell definieren
<input type="checkbox"/> Trapezblechdicke	t	1.000 mm
<input type="checkbox"/> Trapezblechlage		Postivlage
<input type="checkbox"/> Trägheitsmoment	I _s	128.50 cm ⁴ /m
<input type="checkbox"/> Rippenabstand des Profiblechs	b _R	280.0 mm
<input type="checkbox"/> Breite des Profiblechgurtes	b _T	40.0 mm
<input type="checkbox"/> Ermittlungsart von C _{D,A}		Nach EN 1993-1-3, Tabelle 10.3
<input type="checkbox"/> Drehfedersteifigkeit	C ₁₀₀	kNm/m
<input type="checkbox"/> EK1		3.10 kNm/m
<input type="checkbox"/> Abstand der Riegel	s	6.000 m
<input type="checkbox"/> Durchlaufwirkung		Außenfeld
<input type="checkbox"/> Querschnittsfläche für Zugnachweis		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Kommentar		
Eingaben zuordnen Stäben Nr.:		
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		

Kontinuierliche Drehbettung

Nicht kontinuierliche Drehbettung




Bild 2.46 Auswahl des Drehbettungstyps



Kontinuierliche Drehbettung

Zur Ermittlung der Steifigkeitsanteile aus einem Trapezprofil und der Anschlussverformung sind folgende Angaben erforderlich (siehe Bild 2.46):

- Material und Bezeichnung des Trapezblechs
- Ermittlungsart von C_{D,A}
- Riegelabstand s
- Durchlaufwirkung



Die Trapezprofilatenbank ist über die Schaltfläche  zugänglich, die nach einem Klick in das Eingabefeld zur *Bezeichnung des Bauteils* angezeigt wird (siehe Bild 2.44 ). Es erscheint die Querschnittsbibliothek von RFEM bzw. RSTAB (siehe Bild 2.42 ). Dort kann das Trapezblech per Doppelklick oder mit [OK] ausgewählt werden. 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 [3]  Tabelle 10.3 bestimmt werden. Für die automatische Ermittlung ist die Schaltfläche  zu benutzen, die nach einem Klick in das Eingabefeld der Zeile C_{100} erscheint. Sie ruft einen Dialog auf, in dem der geeignete Beiwert ausgewählt werden kann.

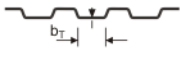

Beiwert C-100 aus Tabelle 10.3, EN 1993-1-3 übernehmen

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	

Hinweis: Selektieren Sie mittels Maus in der Tabelle die gewünschte Zeile und übernehmen Sie mit [OK] den Beiwert.

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 Stahlabdeckplatte 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
3.1 [kNm/m]

OK Abbrechen

Bild 2.47 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 C₁₀₀-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 Arbeitsfenster von RFEM bzw. RSTAB zwei Knoten anzuklicken, die den Abstand der Träger definieren.

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

- Außenfeld
- Außenfeld
- Innenfeld

Nicht kontinuierliche Drehbettung

Einstellungen für Stab Nr. 11		
Querschnitt		1 - IPE 300 DIN 1025-5:1994
<input checked="" type="checkbox"/> Drehbettung		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Drehbettungstyp		Nicht kontinuierlich (z.B. Pfetten)
<input type="checkbox"/> Materialien		Baustahl S 235
Elastizitätsmodul	E	210000.0 N/mm ²
<input type="checkbox"/> Querschnittsbezeichnung		IPE 180
Trägheitsmoment	I _y	1320.00 cm ⁴
Abstand	e	3.250 m
Abstand Riegel	s	5.200 m
Durchlaufwirkung		Außenfeld
Kommentar		
<input type="checkbox"/> Eingaben zuordnen Stäben Nr.:		

Alle

Kontinuierliche Drehbettung

Nicht kontinuierliche Drehbettung

Bild 2.48 Drehbettungstyp Nicht kontinuierlich

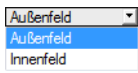
Für die Ermittlung des Steifigkeitsanteils aus Einzelstützungen wie z. B. Pfetten sind folgende Angaben erforderlich:

- Material und Bezeichnung des Profils
- Pfettenabstand e
- Riegelabstand s
- Durchlaufwirkung

Das *Material* und die *Querschnittsbezeichnung* kann jeweils über die Schaltfläche in der Bibliothek von RFEM bzw. RSTAB ausgewählt werden. Zunächst ist das relevante Eingabefeld per Mausklick zu aktivieren.

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

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



Manuell definieren

Einstellungen - Stab Nr. 2		
Querschnitt		1 - IPE 400
Schubfeld		<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Drehbettung		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Drehbettungstyp		Manuell definieren
Steifigkeit der Drehbettung	C_D	18.50 kNm/m
Querschnittsfläche für Zugnachweis		<input type="checkbox"/>
Kommentar		

Bild 2.49 Steifigkeit der Drehbettung Manuell definieren

Der Wert der vorhandenen *Steifigkeit der Drehbettung* C_D kann auch direkt eingetragen werden.

Querschnittsfläche für Zugnachweis

Einstellungen - Stab Nr. 52		
Querschnitt		8 - RO 101.6x5 (kaltgefertigt)
Schubfeld		<input type="checkbox"/>
Drehbettung		<input type="checkbox"/>
<input 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 Staben Nr.:		
<input type="checkbox"/> Alle		

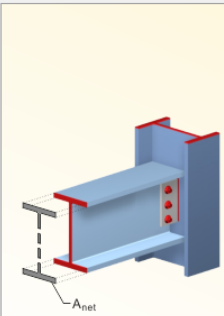


Bild 2.50 Querschnittsfläche für Zugnachweis definieren

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.

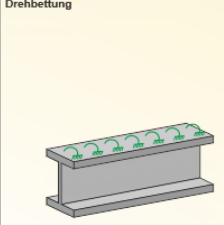
2.13

Parameter - Stabsätze

Diese Maske erscheint, wenn in Maske 1.1 Basisangaben mindestens ein Stabsatz für die Bemessung ausgewählt wurde.

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 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 type="checkbox"/> Drehbettung		<input checked="" 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		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
<input type="checkbox"/> Ermittlungsart von C _{D,A}		Nach EN 1993-1-3, Tabelle 10.3
<input type="checkbox"/> 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.:		
<input type="checkbox"/> Alle		



Stabilisierung des Trägers durch elastische Drehbettung (z. B. Trapezprofile, Pfetten)

Bild 2.51 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.

Wölbkraftanalyse mit sieben Freiheitsgraden

Werden Stabsätze nach Biegetorsionstheorie II. Ordnung mit Wölbkrafttortion untersucht (siehe Dialog *Details*, Register *Wölbkrafttortion*), so können in dieser Maske zusätzlich Vorkrümmungen definiert werden: Die Eigenform hat große Auswirkungen auf die Wölbkraftanalyse, die unter Berücksichtigung von sieben Freiheitsgraden erfolgt. Für die Eingabe wird die Tabelle der Maske 1.13 entsprechend erweitert.

Für die Wölbkraftanalyse ist eine Lizenz des Moduls **RF-/STAHL Wölbkrafttortion** erforderlich.

1.13 Parameter - Stabsätze

Stabsatz Nr.	A	B	C		D	E	F
	Schubfeld	Drehbettung	L /	L /	Anfangsstich der Vorkrümmung L [m]	manuell	
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	150	<input checked="" type="checkbox"/>	6.886		
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	150	<input type="checkbox"/>			
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	150	<input type="checkbox"/>			
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	150	<input checked="" type="checkbox"/>	6.905		
5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	150	<input type="checkbox"/>			
6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	150	<input type="checkbox"/>			
7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	150	<input type="checkbox"/>			

Einstellungen - Stabsatz Nr. 4

Stabsatz: Obergut

Stab 27

Anfang: 3 - IPE 450 | Euronorm 19-57
 Ende: 2 - IPE 360 | Euronorm 19-57

Stab 28 - Querschnitt: 2 - IPE 360 | Euronorm 19-57
 Stab 29 - Querschnitt: 2 - IPE 360 | Euronorm 19-57
 Stab 30 - Querschnitt: 2 - IPE 360 | Euronorm 19-57
 Stab 31 - Querschnitt: 2 - IPE 360 | Euronorm 19-57

Stab 32

Anfang: 2 - IPE 360 | Euronorm 19-57
 Ende: 3 - IPE 450 | Euronorm 19-57

Schubfeld:
 Drehbettung:
 Anfangsstich der Vorkrümmung: L / 150
 L manuell ermitteln:
 Bezugslänge für Anfangsimperfection: L, 6.905 m
 Kommentar:

Eingaben zuordnen den Sätzen Nr.: Alle

IPe 450 | Euronorm 19-57

Bild 2.52 Maske 1.13 Parameter-Stabsätze für Wölbkraftanalyse mit sieben Freiheitsgraden

Vor der eigentlichen Berechnung ermittelt RF-/STAHL EC3 aus den Randbedingungen die Eigenformen der Stabsätze. Sie werden dann für die weitere Analyse entsprechend berücksichtigt.

In Spalte C ist der *Anfangsstich der Vorkrümmung* relativ zur Stabsatzlänge anzugeben. Es ist der ungünstigste Wert $L/150$ gemäß [1] [Tabelle 5.1](#) voreingestellt. Dieser Wert kann unter Berücksichtigung des Beiwerts k für Bauteilimperfectionen nach [1] [5.3.4 \(3\)](#) an die Knicklinie des Profils angepasst werden.

Als Bezugslänge ist die Länge des gesamten Stabsatzes voreingestellt. Nach dem Anhängen des Kontrollfeldes *L manuell* kann die Länge benutzerdefiniert in Spalte E festgelegt werden, um z. B. Zwischenstützen zu berücksichtigen.

Weitere Informationen zum Ansatz von Vorkrümmungen finden Sie im [RF-/FE-BGDK Handbuch](#) [auf unserer Website](#).



2.14

Örtliche Lasteinleitungen

Diese Eingabemaske wird angezeigt, wenn im Dialog *Details*, Register *Kaltgeformte Profile* (siehe Kapitel 3.1.7) die beiden Kontrollfelder im Abschnitt *Stegaussteifung und örtliche Lasteinleitungen* angehakt sind. In Maske 1.14 können die Parameter festgelegt werden, die bei kaltgeformten Profilen zum Nachweis für örtliche Lasteinleitung nach EN 1993-1-3 [3] 6.1.7 erforderlich sind. Mit diesem Nachweis wird sichergestellt, dass kein Zusammendrücken oder Beulen des Steges infolge örtlicher Lasteinleitungen durch den Flansch in den Steg auftritt. Bei einer kombinierten Beanspruchung aus Biegung und lokaler Lasteinleitung wird auch untersucht, ob die in EN 1993-1-3 [3] 6.1.1 genannten Bedingungen eingehalten sind.

Der Nachweis für örtliche Lasteinleitung ist nur möglich für Querschnitte mit nicht ausgesteiften Stegen nach [3] 6.1.7.2 und 6.1.7.3. Stegquerschnitte mit Längsaussteifungen können **nicht** nach [3] 6.1.7.4 bemessen werden.



1.14 Örtliche Lasteinleitungen

Stab Nr.	A Querbelastung	B Manuelle Eingabe	C Anzahl	D x ₁	E x ₂	F x ₃	G x ₄	H x ₅	I x ₆	J x ₇	K x ₈	L x ₉
107	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	0.250	0.750							
108	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
109	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
110	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										

Relativ (0 ... 1)

Einstellungen - Stab Nr. 107

Querschnitt	12 - C 2030	
Querbelastungen	<input checked="" type="checkbox"/>	
Manuelle Eingabe	<input checked="" type="checkbox"/>	
Anzahl örtlicher Lasteinleitungen	n	2
Position		
Querbelastung	F _{Ed}	1.20 kN
Einfluss vom freien Ende	<input checked="" type="checkbox"/>	
Einfluss der Gegenkraft oder der Stützung	<input checked="" type="checkbox"/>	
Behinderte Stegverdrehung	<input type="checkbox"/>	
Steghöhe	h _w	0.197 m
Dicke	t	0.003 m
Nennlänge der steifen Lasteinleitung	s _s	0.100 m
Position		
Querbelastung	F _{Ed}	0.90 kN
Einfluss vom freien Ende	<input checked="" type="checkbox"/>	
Einfluss der Gegenkraft oder der Stützung	<input checked="" type="checkbox"/>	
Behinderte Stegverdrehung	<input type="checkbox"/>	
Steghöhe	h _w	0.000 m
Dicke	t	0.000 m

Eingaben zuordnen Stäben Nr. :

Alle

C 2030 | DAST Ri. 016

[mm]

Bild 2.53 Maske 1.14 Örtliche Lasteinleitungen








Im oberen Teil der Maske kann festgelegt werden, für welche Stäbe der Nachweis örtlicher Lasteinleitung erfolgen soll und welche Länge der steifen Lasteinleitung jeweils anzusetzen ist. Bei einer manuellen Eingabe der Querbelastung sind im Abschnitt *Einstellungen* spezifische Angaben für den oben selektierten Stab möglich.

Die Berücksichtigung der *Querbelastung* ist standardmäßig für alle Stäbe aktiviert. Damit wird jeweils der Querkraftverlauf beim Nachweis der Stegbeanspruchung für örtliche Lasteinleitung verwendet. Wenn das Häkchen in Spalte A bei einer Zeile entfernt wird, unterbleibt dieser Nachweis für den entsprechenden Stab.

Beim Nachweis werden die Unstetigkeitsstellen untersucht, die sich aus dem Querkraftverlauf ergeben. Dabei werden alle Parameter zur Ermittlung der Stegbeanspruchbarkeit $R_{w,Rd}$ automatisch ermittelt; die *Nennlänge der steifen Lasteinleitung* s_s ist mit 0.10 m voreingestellt, kann aber für jeden Stab global angepasst werden. Sollte der Schnittgrößenverlauf eines Stabes nicht die realen Gegebenheiten abbilden, kann die eingeleitete Last individuell definiert werden. Hierzu ist in Spalte B die *Manuelle Eingabe* zu aktivieren. Damit werden weitere Felder in der Tabelle und bei den *Einstellungen* zugänglich.


Die *Anzahl* der Querlasten steuert, wie viele Bemessungsstellen am Stab vorliegen. In den Spalten

Örtliche Lastenleitungen können dann Positionen x festgelegt werden, für die eine Analyse erfolgen soll. Diese Stellen können beliebig am Stab angeordnet werden: Beim Nachweis werden ausschließlich die Parameter verwendet, die für jede Position im Abschnitt *Einstellungen* festzulegen sind.

Bei einer manuellen Eingabe ist der Bemessungswert der Querbelastrung F_{Ed} anzugeben. Wenn ein *Einfluss vom freien Ende* vorliegt, so wird die Beanspruchbarkeit des Steges $R_{w,Rd}$ für die Geometriebedingung $c \leq 1,5 h_w$ z. B. nach [3]  Gleichung (6.15a), (6.15b) oder (6.15c) ermittelt; für Querschnitte mit zwei oder mehreren aussteiften Stegen wird Kategorie 1 gemäß [3]  Bild 6.9 angesetzt. Bei deaktiviertem Kontrollfeld wird [3]  Gleichung (6.15d) oder (6.15e) verwendet. Das Kontrollfeld *Einfluss der Gegenkraft oder der Stützung* wiederum steuert, ob bei Querschnitten mit nur einem Steg die Bemessung nach [3]  Bild 6.1 a) oder Bild 6.7 b) erfolgt. Ist es aktiviert, so wird ein Abstand $e \leq 1,5 h_w$ angenommen. Bei Querschnitten mit zwei Stegen erfolgt eine Einstufung in Kategorie 1 (siehe [3]  Bild 6.9). Das Kontrollfeld *Behinderte Stegverdringung* steuert, ob die Beanspruchbarkeit des Steges $R_{w,Rd}$ mit Gleichungen nach [3]  6.1.7.2(4) bestimmt wird. Für jede Position kann die *Nennlänge der steifen Lastenleitung* s_s benutzerdefiniert festgelegt werden. Bei der Bemessung eines Querschnitts mit zwei Stegen ist zusätzlich das *Verhältnis der Querkräfte* $V_{Ed,2}/V_{Ed,1}$ anzugeben, mit dem für Kategorie 2 die wirksame Auflagerlänge l_a gemäß [3]  6.1.7.3(4) berechnet wird. β_v wird dabei wie folgt bestimmt:

$$\beta_v = \frac{1 - \frac{V_{Ed,2}}{V_{Ed,1}}}{1 + \frac{V_{Ed,2}}{V_{Ed,1}}}$$



Ein Beispiel zum Nachweis für örtliche Lastenleitung ist in einem Fachbeitrag vorgestellt, den Sie in der [Knowledge Base](#)  auf unserer Website finden.



Liegt ein Durchlaufträger vor, so muss die Bemessung am **Stabsatz** erfolgen: So wird bei den Zwischenauflagern die Kraft F_{Ed} korrekt erfasst, die zum Nachweis für örtliche Lastenleitung maßgebend ist.

3 Berechnung



3.1

Detailsinstellungen

Details...

Die Nachweise basieren auf den in RFEM bzw. RSTAB ermittelten Schnittgrößen.

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
- Wölbkrafttorsion
- Plastizität
- Kaltgeformte Profile
- Allgemein

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 Querschnitte können nur elastisch als Klasse 3- oder Klasse 4-Profile bemessen werden.

Optional lässt sich das Verfahren gemäß *Anhang E EN 1993-1-5 zur Ermittlung der wirksamen Querschnittswerte verwenden*. In [5] Anhang E sind alternative Methoden zur Bestimmung der wirksamen Querschnittsflächen für Spannungen unterhalb der Streckgrenze beschrieben (siehe auch Beitrag in der [Knowledge Base](#) auf unserer Website).

Falls die *Berechnung des wirksamen Querschnitts nach EN 1993-1-5 Teil 4.5* für längs ausgesteifte Blechfelder erfolgen soll, ist das entsprechende Kontrollfeld anzuhaken. Diese Option wirkt sich nur auf DUENQ-Profile aus, für die Beulfelder und Steifen definiert wurden (siehe Kapitel 4.8 und 4.9 des [DUENQ-Handbuchs](#) [13]).

Die für die Klassifizierung relevanten Breiten-Dickenverhältnisse können bei Querschnitten mit DUENQ-Bogenelementen zu Problemen führen. Das Kontrollfeld *Klassifikation gekrümmter Querschnittsteile ignorieren* bietet die Möglichkeit, kurze Ausrundungsbögen von der Klassifizierung auszuklammern, sobald ein benutzerdefiniertes c/t -Verhältnis unterschritten ist (siehe Beitrag in der [Knowledge Base](#)). 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](#)) überprüft und ggf. geändert werden.



Ein Fachbeitrag in der [Knowledge Base](#) auf unserer Website gibt weitere Empfehlungen für die Stabilitätsnachweise.

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.

Querschnittsnachweise und Torsion

Im Eingabefeld kann der Schubspannungsanteil aus Torsion festgelegt werden, bis zu dem die Torsionsspannungen beim Querschnittsnachweis vernachlässigt werden. Dadurch lassen sich Warnungen vor zu großen Torsionsspannungen bei Querschnitten der Klasse 4 unterdrücken.

3.1.2 Stabilität

The screenshot shows the 'Details' dialog box with the 'Stabilität' register selected. The 'Stabilitätsanalyse' section has 'Stabilitätsanalyse ausführen' checked, and both 'starke' and 'schwache' axes are selected. The 'Ermittlungsart' section has 'Automatisch mittels Eigenwertmethode' selected. The 'Lastangriff' section has 'Am Profilrand zum Schubmittelpunkt gerichtet' selected. The 'Grenzwerte' section shows values of 0.010 for pressure and bending, and 0.050 for torsion. The 'Stabsätze' section has '6.3.4 (allgemeines Verfahren)' selected.

Bild 3.2 Dialog Details, Register Stabilität

Stabilitätsanalyse

Das Kontrollfeld *Stabilitätsanalyse ausführen* 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 *Biegeknicken 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 Biegeknicknachweis nach [1] Abschnitt 6.3.1 aus. Dieser erfolgt mit den Normalkräften.

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).



Bei der Ermittlung des idealen kritischen Moments *Automatisch mittels Abgleichs der Momentenverläufe* wird der Beiwert C_1 anhand des Momentenverlaufs bestimmt. Die Last- und Momentenbilder sind über die [Info]-Schaltfläche in einem Dialog einsehbar.

Momentenbeiwerte C_1 für Ermittlung der Biegedrillknickmomente X

Nr.	Träger	Momentenverlauf	C_1	Bereich
1			$1.75 + 1.05\psi + 0.3\psi^2$ 2.5	$-1 \leq \psi \leq 0.6$ $0.6 \leq \psi \leq 1$
2			$1.0 + 0.35(1 - 2a/L)^2$	$0 \leq 2a/L \leq 1$
3			$1.35 + 0.4(2a/L)^2$	$0 \leq 2a/L \leq 1$
4			$1.35 + 0.15\psi$ $-1.2 + 3.0\psi$	$0 \leq \psi \leq 0.9$ $0.9 \leq \psi \leq 1$
5			$1.35 + 0.36\psi$	$0 \leq \psi \leq 1$
6			$1.13 + 0.10\psi$ $-1.25 + 3.5\psi$	$0 \leq \psi \leq 0.7$ $0.7 \leq \psi \leq 1$
7			$1.13 + 0.12\psi$ $-2.38 + 4.8\psi$	$0 \leq \psi \leq 0.75$ $0.75 \leq \psi \leq 1$
8	Allgemein 		$\frac{1.75M_{max}}{\sqrt{(M_{1/4}^2 + M_{1/2}^2 + M_{3/4}^2)}} \leq 2.5$	

Deckungstoleranz des Momentenverlaufes:

Momentenbeiwerte C_2 und C_3 werden - falls erforderlich - nach Eigenwertmethode ermittelt.

Quelle:
[2] Trahair, N.S., Bradford, M.A., Nethercot, D.A., Gardner, L.:
The Behaviour and Design of Steel Structures to EC3

Bild 3.3 Dialog Momentenbeiwerte C_1 für Ermittlung der Biegedrillknickmomente

In diesem Dialog kann über die *Deckungstoleranz des Momentenverlaufs* gesteuert werden, bis zu welchem Grad Abweichungen bei den Momentenbildern zulässig sind.

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.

Die Vorzeichen der Exzentrizitäten sind auf den Schubmittelpunkt M des Querschnitts bezogen. Ein Beitrag in unserer [Knowledge Base](#) nennt Empfehlungen zur Vorzeichenregelung für Querlasten.

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 Anhaken werden die Beiwerte C_{my} und C_{mz} nach den Abgrenzungskriterien der Tabelle B.3 ermittelt.

Grenzwerte für den Stabilitätsnachweis

Kleine Druckkräfte erlauben keinen Nachweis auf reine Biegung nach [1] Abschnitt 6.3.2. Durch ein benutzerdefiniertes Grenzverhältnis von $N_{c,Ed} / N_{pl}$ ist es möglich, kleine Druckkräfte für diesen Nachweis auszublenden.

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

Gemäß [1] Abschnitt 6.3.4 ist das allgemeine Verfahren für unsymmetrische Querschnitte oder Voutenstäbe nur zulässig, wenn diese auf Druck und/oder einachsige Biegung in der Hauptebene beansprucht sind. 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 Verhältnis von vorhandener Schubspannung zu *Grenzschubspannung infolge Torsion* von 5 % nicht überschreitet, wird sie für den Stabilitätsnachweis vernachlässigt. In diesem Fall werden Ergebnisse für Biegeknicken und Biegedrillknicken ausgegeben.

Wenn einer der Grenzwerte dieses Abschnitts überschritten wird, 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.

In unserer Knowledge Base finden Sie ein Beispiel, das die Anwendung der Grenzwerte erklärt: <https://www.dlubal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/001498>

Stabilitätsnachweise von Stabsätzen

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 β , u_y , φ_x , φ_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 daher nur für gerade Stabsätze verwendet 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* und 1.8 *Stabendgelenke* 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 benutzt.

In einem Beitrag in der [Knowledge Base](#) finden Sie weitere Hinweise zum allgemeinen Verfahren.

Bei der Stabilitätsanalyse mit Wölbkrafttorsion (siehe [Kapitel 3.1.5](#)) sind die Auswahlfelder gesperrt.



Von Methode gemäß 6.3.3 auf Methode gemäß 6.3.4 umschalten

Für Bauteile mit Biegung und Druck ist das Verfahren nach [1] 6.3.3 nur für doppelt-symmetrische Querschnitte anwendbar. Bauteile mit einfach-symmetrischen Querschnitten oder gevoutetem Stabverlauf können jedoch mit dem Allgemeinen Verfahren gemäß [1] 6.3.4 nachgewiesen werden. In Deutschland sind nur I-Querschnitte zugelassen, weshalb bei der Berechnung eine Warnung erscheint. In diesem Fall wäre es möglich, im Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* vom Nationalen Anhang abzuweichen und das Allgemeine Verfahren auch für Nicht-I-Profile zuzulassen (siehe Bild 2.10).

Wenn das Kontrollfeld aktiviert ist, wählt RF-/STAHL automatisch die geeignete Nachweismethode. Die in Maske 1.5 und 1.6 definierten Knicklängen für Knicken um die Hauptachse werden beim Nachweis nach Abschnitt 6.3.4 nicht berücksichtigt.

3.1.3 Gebrauchstauglichkeit

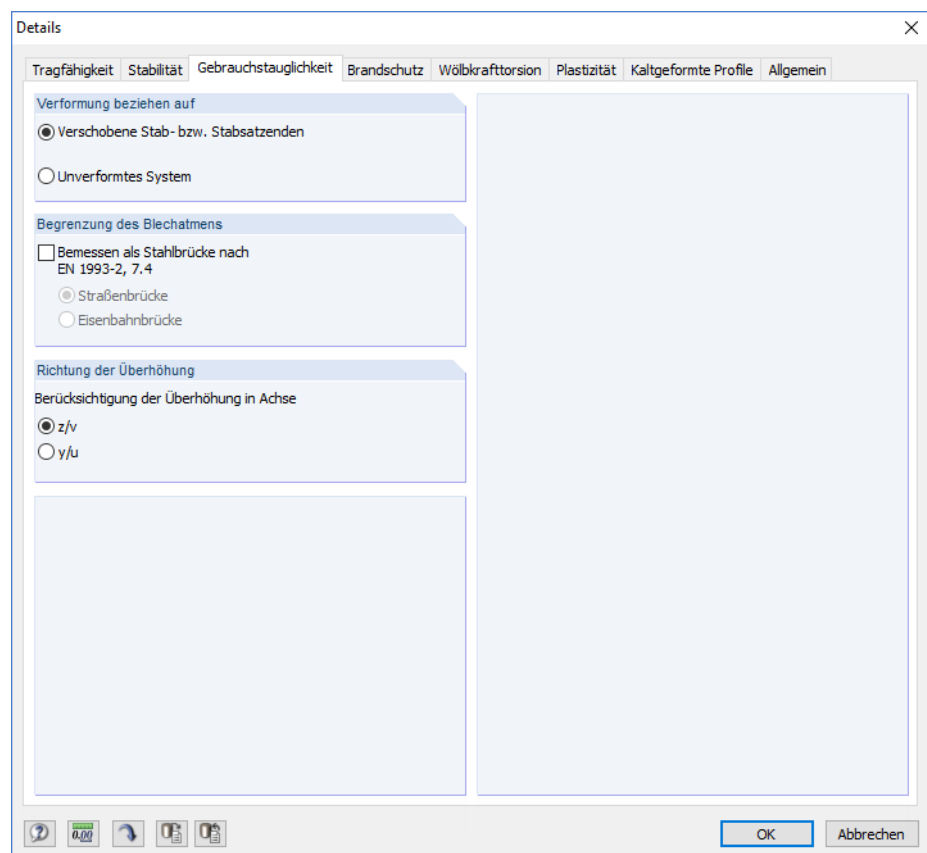


Bild 3.4 Dialog Details, Register Gebrauchstauglichkeit

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.



In der *Knowledge Base* auf unserer Website finden Sie ein Beispiel für den Bezug von Verformungen eines Trägers.

Nat. Anhang...

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

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.

Richtung der Überhöhung

Die zwei Auswahlfelder steuern, in welche der lokalen Stabachsen ggf. eine Überhöhung („Stich“) vorliegt. Je nach Vorgabe wird in Spalte F der Maske 1.9 die Überschrift $w_{c,v}$ oder $w_{c,u}$ angegeben (siehe Bild 2.37).

3.1.4 Brandschutz

Dieses Register verwaltet die Detaileinstellungen für die Brandschutzbemessung.

Bild 3.5 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 3.6 bis Bild 3.8).

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

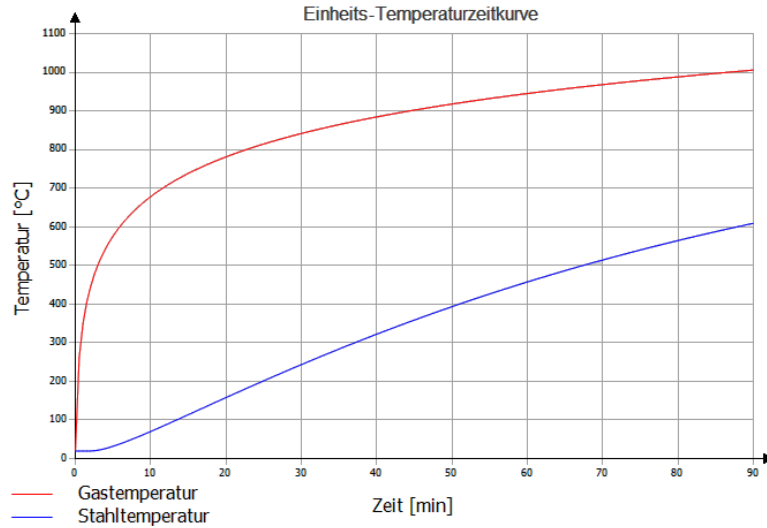


Bild 3.6 Einheits-Temperaturzeitkurve

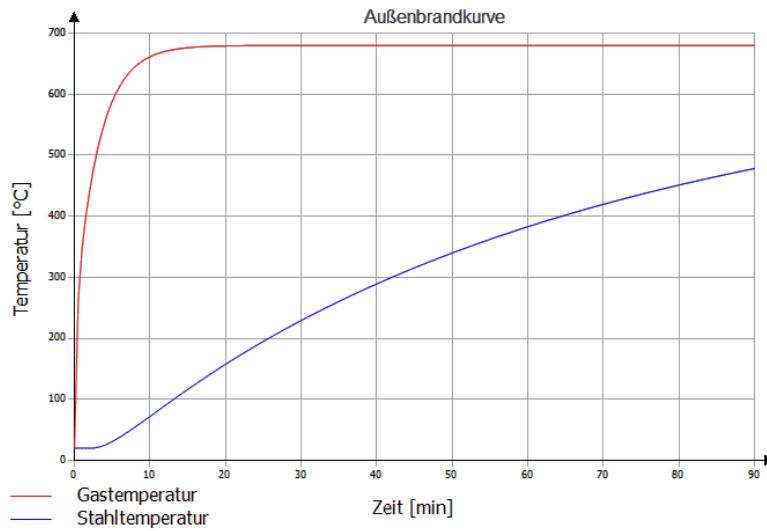


Bild 3.7 Außenbrandkurve

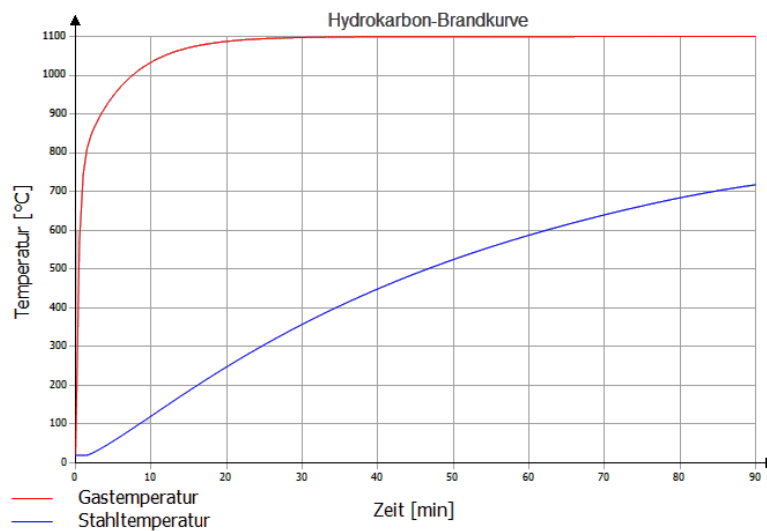


Bild 3.8 Hydrokarbon-Brandkurve

1.10 Brandschutz - Stäbe		
Nr.	A	B
	Stäbe Nr.	Temperatur Θ_a [°C]
1	1	300.00

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

3.1.5 Wölbkrafttorsion

Dieses Register ermöglicht Einstellungen zur Wölbkraftanalyse von Stabsätzen. Die Einträge sind zugänglich, wenn die Modulerweiterung **RF-/STAHL Wölbkrafttorsion** lizenziert ist.

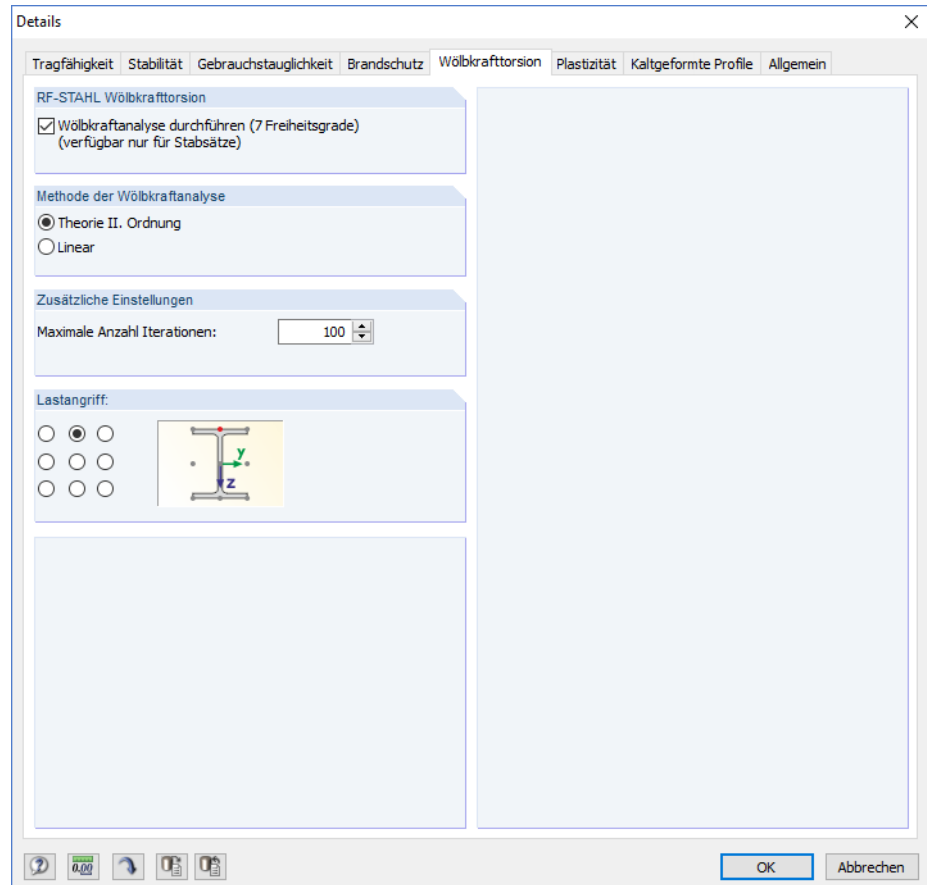


Bild 3.9 Dialog Details, Register Wölbkrafttorsion

Soll RF-/STAHL EC3 eine *Wölbkraftanalyse durchführen*, ist das Kontrollfeld anzuhaken. Damit werden die übrigen Abschnitte zugänglich; gleichzeitig werden die entsprechenden Auswahlfelder für den Stabilitätsnachweis von Stabsätzen im Register *Stabilität* gesperrt.

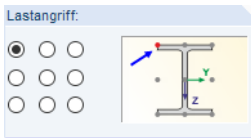
Beim Verfahren mit sieben Freiheitsgraden erfolgt die Stabilitätsberechnung nach Biegetorsionstheorie II. Ordnung unter Berücksichtigung von Wölbkrafttorsion und eigenformaffinen Imperfektionen. Die Freiheitsgrade der Verschiebungen und Verdrehungen in bzw. um die drei Achsen X' , Y' und Z' sowie der Verwölbung können benutzerdefiniert in den Masken 1.7 und 1.8 festgelegt werden (siehe Bild 2.34 und Bild 2.36). In Maske 1.13 ist der Anfangsstich der Vorkrümmung zu definieren (siehe Bild 2.52).



Eine ausführliche Beschreibung der Biegetorsionstheorie II. Ordnung finden Sie im Handbuch zum Programm RF-/FE-BGDK auf unserer Website.

In folgenden Fachbeiträgen werden die Grundsätze des Verfahrens durch Beispiele konkretisiert:

- <https://www.dlubal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/001298>
- <https://www.dlubal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/001377>



Als Methode der Wölbkraftanalyse ist neben der Theorie II. Ordnung eine lineare Berechnung möglich. Mit dieser Variante wird der Stabsatz nach Theorie I. Ordnung analysiert. Damit lassen sich z. B. Einflüsse der Verwölbung untersuchen und Konsequenzen auf das Stabilitätsverhalten ableiten.

Die Wölbkraftanalyse erfolgt iterativ, wobei sich die Steifigkeitsmatrix K infolge bereits berechneter Schnittgrößen und Verformungen ändert. Die *Maximale Anzahl der Iterationen* verhindert, dass die Berechnung bei Konvergenzproblemen in eine Endlosschleife gerät.

Der *Lastangriff* spielt für die Stabilitätsanalyse mit sieben Freiheitsgraden eine wichtige Rolle. Je nach Ansatz wirkt sich die Last stabilisierend oder destabilisierend auf das Stabilitätsverhalten aus. Anhand der neun Symbol-Kontrollfelder kann festgelegt werden, an welcher Stelle des Profils die Last wirkt. Der aktuelle Punkt wird in der Querschnittsskizze rot gekennzeichnet.

Belastungsermittlung in RF-/STAHL Wölbkrafttorsion

Die für die Wölbkraftanalyse angesetzten Belastungen basieren auf den Ergebnissen von RFEM bzw. RSTAB. Dabei werden die Stabverformungen benutzt, um die Momentenverläufe und daraus wiederum die Lasten zu bestimmen. Daher ist bei der Definition der Randbedingungen in Maske 1.7 darauf zu achten, dass das herausgelöste Stabsatzmodell den Gegebenheiten des RFEM/RSTAB-Modells entspricht. Werden beispielsweise Verdrehungen für einen Riegelknoten freigegeben, die im Modell durch eine angeschlossene Stütze eingeschränkt sind, so sind unterschiedliche Schnittgrößenverläufe in RFEM bzw. RSTAB und RF-/STAHL EC3 die Folge.

Folgender Fachbeitrag beschreibt, wie die Belastung in RF-/STAHL Wölbkrafttorsion ermittelt wird: <https://www.dlubal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/001417>



3.1.6 Plastizität

Dieses Register ermöglicht Einstellungen zur erweiterten plastischen Analyse der Querschnitte. Die Einträge sind zugänglich, wenn die Modulerweiterung **RF-/STAHL Plastizität** lizenziert ist.

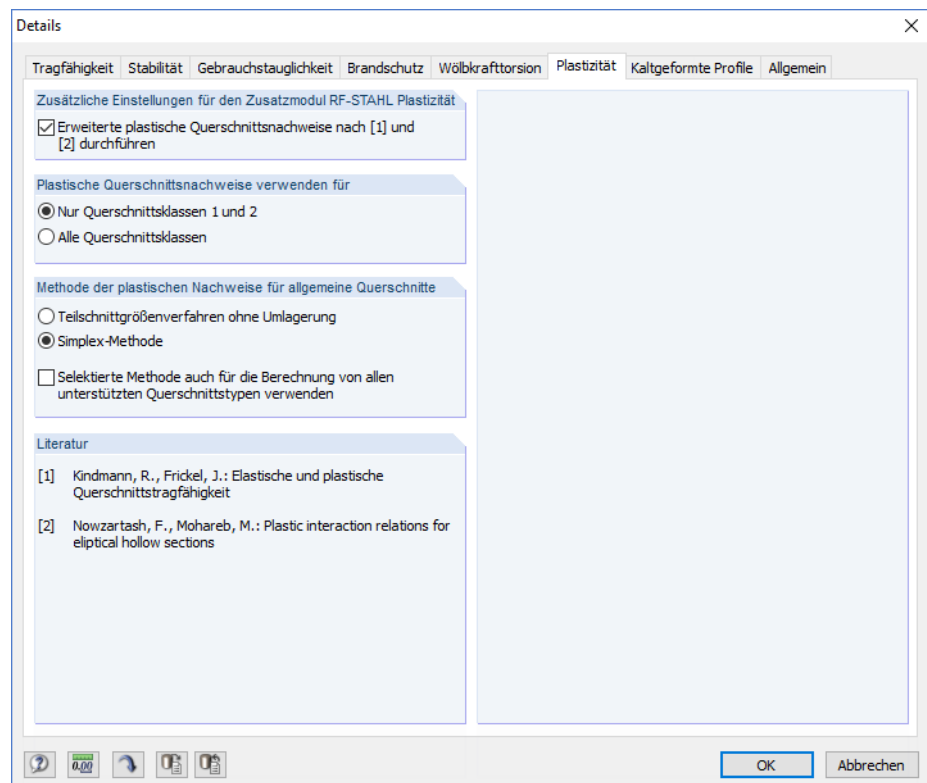


Bild 3.10 Dialog Details, Register Plastizität

Bei der Querschnittsbemessung nach dem Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch wird für die Berechnung der Beanspruchungen S_d linearelastisches Werkstoffverhalten, für die Berechnung der Beanspruchbarkeiten R_d linearelastisch-idealplastisches Werkstoffverhalten angenommen. Damit werden die Reserven des Querschnitts genutzt, jedoch die ggf. vorhandenen plastischen Reserven des Systems nicht berücksichtigt. Beim Erreichen der Grenzschnittgrößen im vollplastischen Zustand stellt sich der Grenzzustand der Tragfähigkeit ein.

Soll das Programm *Erweiterte plastische Querschnittsnachweise nach [1] und [2]* durchführen, ist das Kontrollfeld anzuhaken (Literatur im Handbuch: [10] [↗](#) und [11] [↗](#)). Damit werden die übrigen Abschnitte zugänglich.

Eine ausführliche Beschreibung der plastischen Querschnittsnachweise finden Sie im Handbuch zum Programm *RF-/STAHL Plastisch* [↗](#) auf unserer Website.



3.1.7 Kaltgeformte Profile

Dieses Register bietet die Möglichkeit, kaltgeformte Profile nach EN 1993-1-3 [3] [↗](#) zu untersuchen. Die Kontrollfelder sind zugänglich, wenn die Modulerweiterung **RF-/STAHL Kaltgeformte Profile** lizenziert ist.

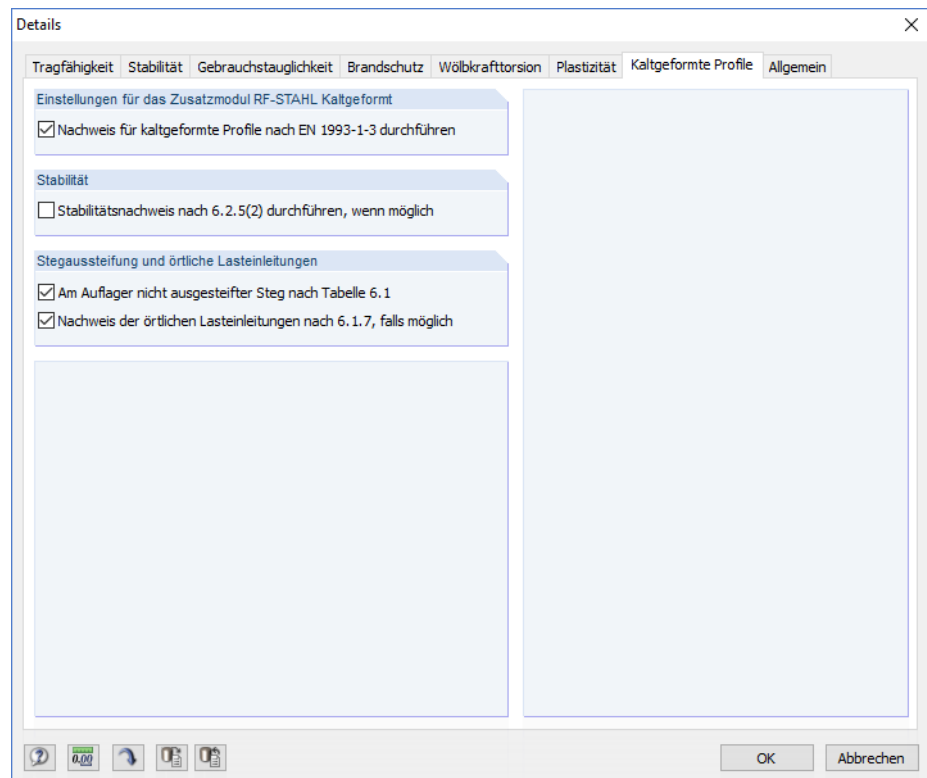


Bild 3.11 Dialog Details, Register Kaltgeformte Profile

Soll RF-/STAHL EC3 den *Nachweis für kaltgeformte Profile nach EN 1993-1-3 durchführen*, ist das Kontrollfeld anzuhaken. Damit werden auch die übrigen Abschnitte zugänglich.

Ein Beispiel zur Bemessung eines kaltgeformten C-Profils ist in einem Fachbeitrag vorgestellt, den Sie in der *Knowledge Base* [↗](#) auf unserer Website finden. Auch in einem *Webinar* [↗](#) ist der Nachweis kaltgeformter Profile nach EN 1993-1-3 thematisiert.

Die Bemessung nach EN 1993-1-3 erfasst Profile, die „kaltgeformt“ gefertigt werden. Hierbei handelt es sich um kaltgewalzte Stahlerzeugnisse aus dünnwandigem Blech, das durch Rollprofilier- oder Kantverfahren kaltverformt wurde. Typische Querschnittsformen kaltgeformter Profile sind in [3] [↗](#) Bild 1.1 dargestellt. Bei den Querschnittsinformationen im Programm sind auch die Längsaussteifungen der Profile und damit die jeweiligen Beulfelder hinterlegt.





Die Bemessung kaltgeformter Profile ist in der Norm [3] ausführlich beschrieben. Ergänzende Hinweise finden Sie im Handbuch zum Programm DUENQ auf unserer Website.

Die Querschnittsbibliothek enthält verschiedene Reihen von C-, U-, L- und Z-Profilen, die automatisch als „kaltgeformt“ mit den entsprechenden Beulfeldern und Steifen erkannt werden. Diese Profile lassen sich nach der Querschnittsform filtern.

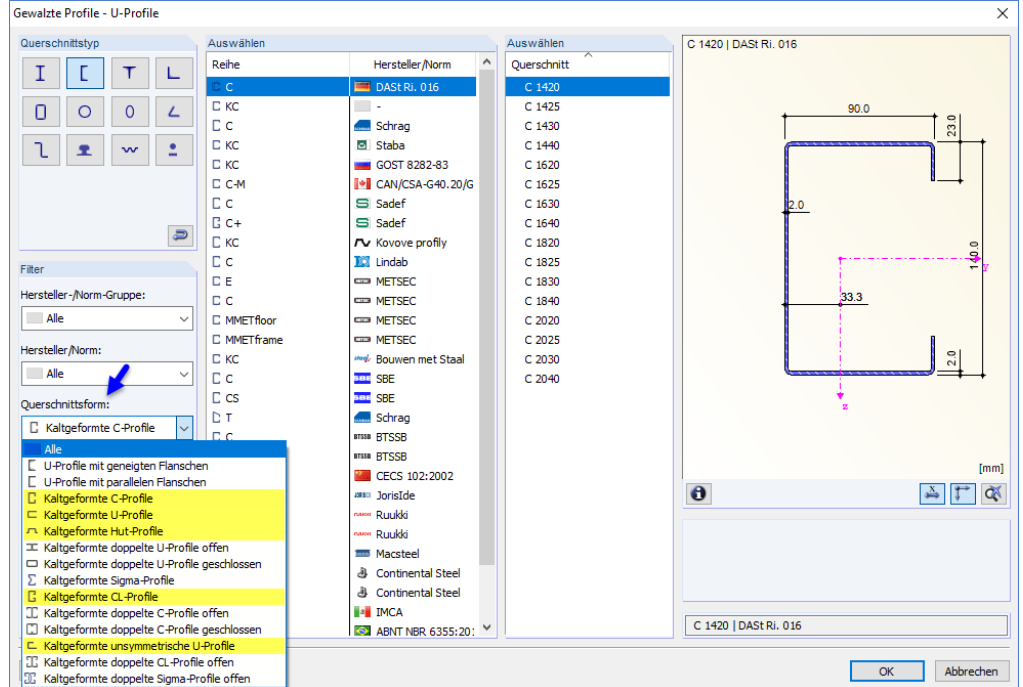
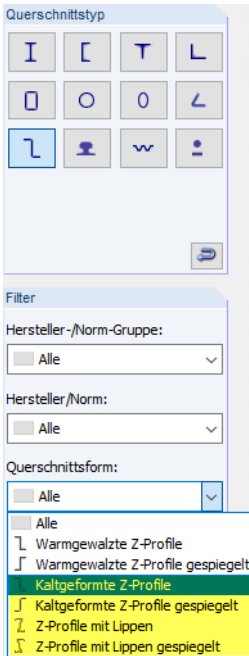


Bild 3.12 Bemessbare kaltgeformte C- und U-Profile der Querschnittsbibliothek



Für oben genannte Reihen ist auch die Bemessung parametrisierter Querschnitte möglich. Diese lassen sich über die Schalfläche [Parametrische Eingabe] definieren.

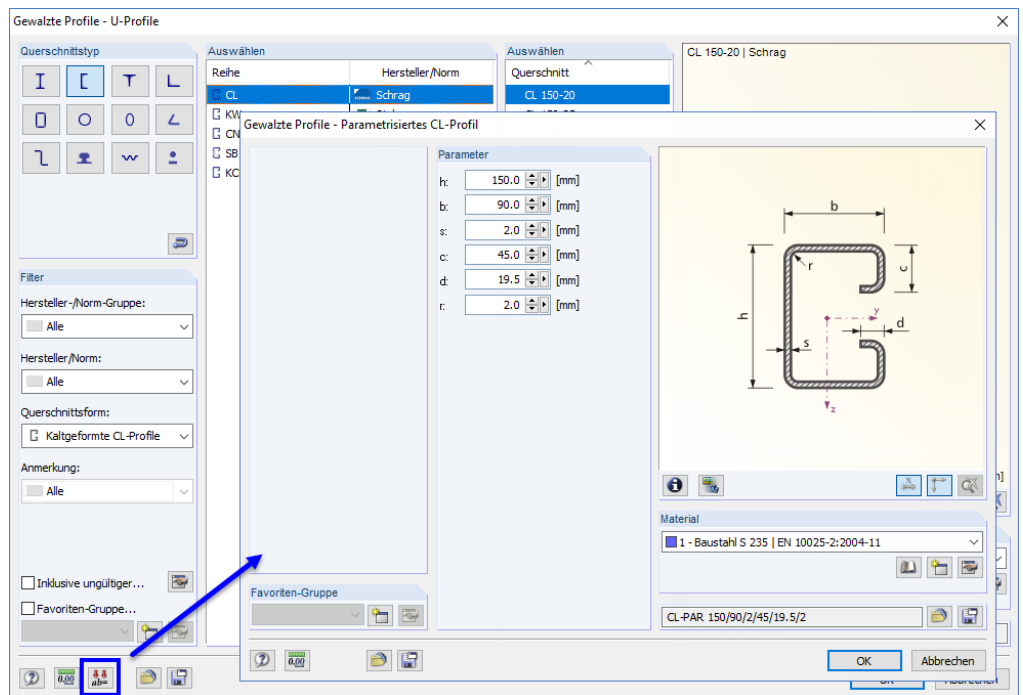


Bild 3.13 Parametrisierter Querschnitt mit Beulfeldern und Steifen



Darüber hinaus ist die Bemessung von Querschnitten möglich, die in DUENQ 9 mit den entsprechenden Beulfeld- und Steifendefinitionen nach EN 1993-1-3 berechnet wurden.

Kaltgeformte Kreis- und Rechteckprofile sind nicht Bestandteil der Norm EN 1993-1-3.

Alle Querschnitte des Bemessungsfalls, die das Kriterium „kaltgeformt“ nicht erfüllen, werden nach EN 1993-1-1 [1] untersucht.

Ist das Kontrollfeld *Stabilitätsnachweis nach 6.2.5(2) durchführen, wenn möglich* angehakt, erfolgt die Stabilitätsuntersuchung für Biegung und zentrische Druckkraft nach folgender Interaktionsbeziehung:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right)^{0,8} + \left(\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \right)^{0,8} \leq 1,0$$

mit

$N_{b,Rd}$ Tragfähigkeit eines druckbeanspruchten Bauteils nach [3] 6.2.2

$M_{b,Rd}$ Momententragfähigkeit nach [3] 6.2.4

Diese in [3] 6.2.5 (2) genannte Alternative ersetzt eine Bauteilberechnung nach Theorie II. Ordnung gemäß EN 1993-1-1 mit den wirksamen Querschnitten nach [3] 5.5. Bei zweiachsiger Biegung jedoch ist eine Bauteilberechnung gemäß [3] 6.2.5 (1) nach Theorie II. Ordnung erforderlich, um die Interaktion zwischen Normalkraft und Biegemoment zu erfassen. Dies ist bei der Auswahl der Lastfälle und Kombinationen in Maske 1.1 Basisangaben entsprechend zu berücksichtigen.

Das Kontrollfeld *Am Auflager nicht ausgesteifter Steg nach Tabelle 6.1* beeinflusst den Wert der Schubbeulfestigkeit f_{bv} . Gemäß [3] 6.1.5 sind ab einem bezogenen Stegslankheitsgrad von 1.4 die geometrischen Gegebenheiten in Form von Aussteifungen am Lager entsprechend zu berücksichtigen, damit Stegverformungen (lokales Beulen) vermieden werden und die Aufnahme der Lagerkräfte gewährleistet ist.

Mit dem Kontrollfeld *Nachweis der örtlichen Lasteinleitungen nach 6.1.7, falls möglich* lässt sich steuern, ob das Programm auch örtliche Versagensformen im Steg untersucht, die durch Auflagerkräfte oder örtliche Lasteinleitung durch den Flansch in den Steg auftreten. In [3] 6.1.7 sind verschiedene Fälle und Nachweisbedingungen beschrieben, die für die Stegbeanspruchung zu erfüllen sind. Die Randbedingungen wie beispielsweise die Länge der steifen Lasteinleitung können in Maske 1.14 *Örtliche Lasteinleitungen* festgelegt werden (siehe Kapitel 2.14). Für DUENQ-Querschnitte ist der Nachweis der örtlichen Lasteinleitung nicht möglich.

3.1.8 Allgemein

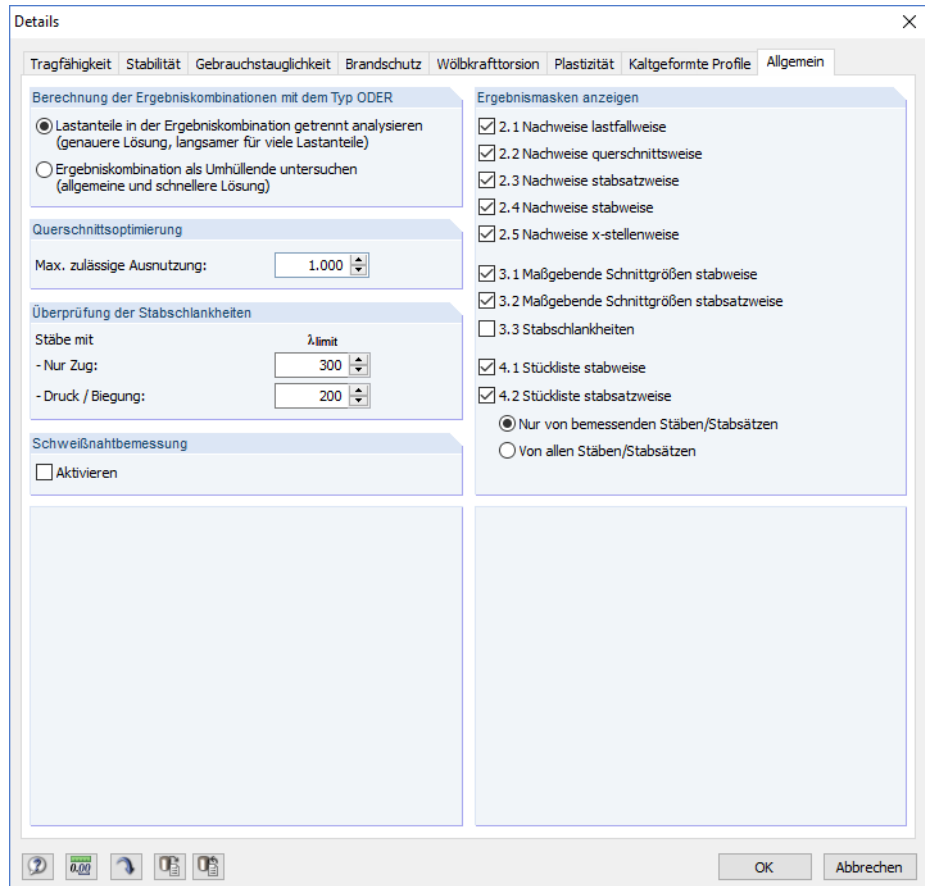


Bild 3.14 Dialog Details, Register Allgemein

Berechnung der Ergebniskombinationen mit dem Typ ODER

Bei der automatischen Bildung von Kombinationen entstehen meist viele Lastkombinationen (LK). Diese werden in der Regel in einer Ergebniskombination (EK) als alternativ wirkend in einer ‚Oder‘-Verknüpfung zusammengefasst, die die Umhüllende liefert: LK1/s o LK2/s o LK3/s o LK4/s etc. Für die Bemessung dieser Ergebniskombinationen bestehen in RF-/STAHL EC3 zwei Möglichkeiten.

Die *Lastanteile* der enthaltenen Kombinationen lassen sich *getrennt analysieren*. Damit werden die idealen Biegedrillknickmomente für jede Konstellation separat ermittelt und die Nachweise entsprechend geführt. Dieser Ansatz liefert die exakten Ergebnisse. Er ist jedoch mit einem hohen Rechen- und Zeitaufwand verbunden.

Alternativ lässt sich die *Ergebniskombination als Umhüllende untersuchen*. Diese Berechnung läuft wesentlich schneller ab, da RF-/STAHL EC3 jeweils nur die Extremwerte mit den zugehörigen Schnittgrößen für die Bemessung verwendet. Das Ergebnis kann aber auf der unsicheren Seite liegen, wenn in der EK eine Kombination existiert, bei der mehrere Schnittgrößen (z. B. N und M_y) zugleich knapp unter den Extremwerten liegen.

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](#)), wenn das entsprechende Häkchen im Abschnitt *Ergebnismasken 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 [\[12\]](#) geführt. Die Ergebnisse sind nach der Bemessung unter den Querschnittsnachweisen zu finden (siehe Beitrag in der [Knowledge Base](#) auf unserer Website).

Ergebnismasken anzeigen

Hier kann ausgewählt werden, welche Ergebnistabellen einschließlich Stückliste angezeigt werden sollen. Die Masken sind im [Kapitel 4](#) 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- bzw. RSTAB-Berechnung zur Ermittlung der bemessungsrelevanten Schnittgrößen.

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

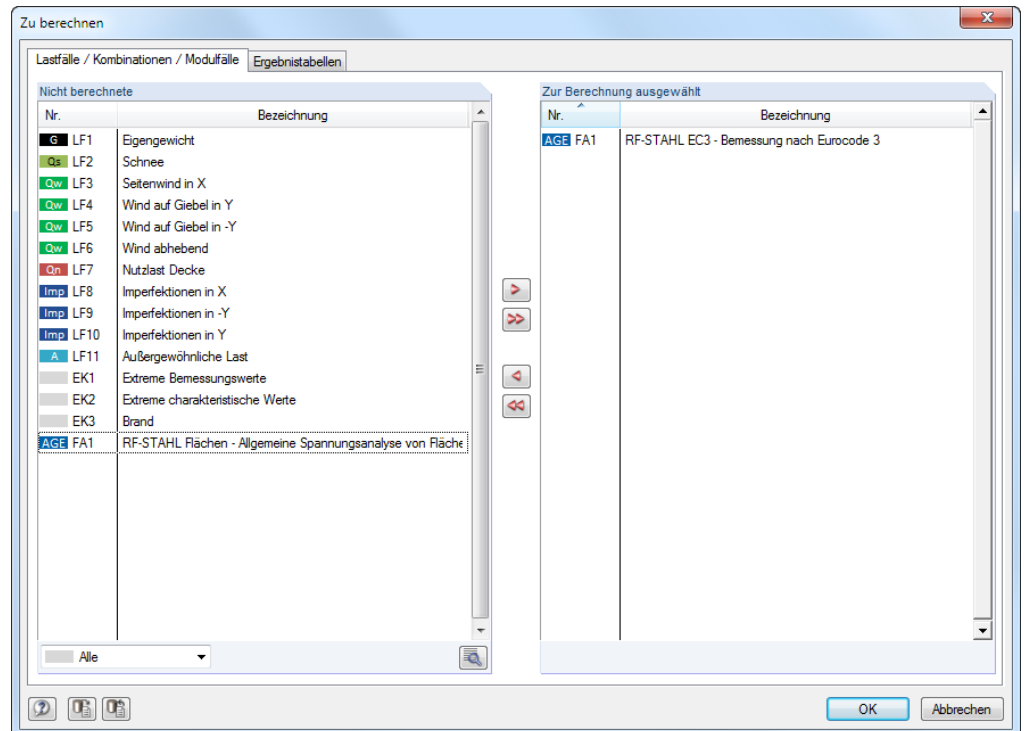



Bild 3.15 Dialog *Zu berechnen*

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.

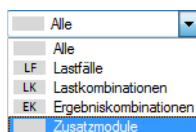
Mit der Schaltfläche  werden die selektierten RF-/STAHL EC3-Fälle in die rechte Liste übergeben. [OK] startet dann die Berechnung.

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 3.16 Direkte Berechnung eines RF-STAHL EC3-Bemessungsfalls in RFEM

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



4 Ergebnisse



Unmittelbar nach der Berechnung erscheint die Maske 2.1 Nachweise lastfallweise.

The screenshot shows the '2.1 Nachweise lastfallweise' dialog box in the RF-STABL EC3 software. The main table displays the following data:

Bezeichnung	Stab Nr.	Stelle x [m]	Nachweis Ausnutzung	Nachweis nach Formel	BS
LK1 Egw+s+ixp+imp	22	6.000	0.94 ≤ 1	181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normkraft nach 6.2.9.1	TG
LK2 Egw+s+imp	22	6.000	0.98 ≤ 1	181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normkraft nach 6.2.9.1	TG
LK3 Egw+wx+imp	22	6.000	0.35 ≤ 1	181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normkraft nach 6.2.9.1	TG
EK2 Extreme charakteristische We	82	6.385	0.66 ≤ 1	401) Gebrauchtauglichkeit - Einwirkkombination 'Charakteristisch' - z-Richtung	
EK3 Brand	64	0.000	0.36 ≤ 1	853) Brandschutznachweis - Stabilitätsnachweis - Doppelbiegung nach EN 1993-1-2, 4.2.3.5	

Below the table, the 'Zwischenwerte - Stab 22 - x: 6.000 m - LK1' section lists various material and cross-section properties:

Moment	M _{y,Ed}	139.32	kNm	
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}	39.86	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	0.114		≤ 0.5 6.2.10(2)
Normalkraft	N _{Ed}	-38.82	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	0.031		≤ 0.25 Gl. (6.33)
Kriterium 2	n	0.084		≤ 0.50 Gl. (6.34)
Momentenbeanspruchbarkeit	M _{pl,y,Rd}	147.58	kNm	Gl. (6.13)
Nachweis Komponente für M _y	η _{M,y}	0.94		≤ 1 Gl. (6.31)

On the right side of the dialog, a cross-section diagram of an IPE 300 beam is shown with dimensions: flange width 150.0 mm, flange thickness 15.0 mm, web height 300.0 mm, and web thickness 7.1 mm. The y and z axes are indicated.

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 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-/STAHL EC3 wird beendet und es erfolgt die Rückkehr in das Hauptprogramm.

Das [Kapitel 4](#) stellt die Ergebnismasken der Reihe nach vor. Die Auswertung und Überprüfung der Resultate ist im [Kapitel 5](#) beschrieben.

4.1



Nachweise lastfallweise

Der obere Teil der Maske bietet eine nach Lastfällen, Last- und Ergebniskombinationen geordnete Zusammenfassung der maßgebenden Nachweise, d. h. der maximalen Ausnutzungen für jede Einwirkung. Die Liste ist nach Tragfähigkeits-, Gebrauchstauglichkeits- und Brandschutznachweisen gegliedert.

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+sw+wp+Imp	22	6.000	0.94	≤ 1	181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.9.1	ST+V
LK2	Egw+sw+Imp	22	6.000	0.98	≤ 1	181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.9.1	ST+V
LK4	Egw+wp+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 Drillknicklast	N _{cr,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 _{cr,y}	323.87	kN	≤ N _{cr,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: maximale Ausnutzungen für Tragfähigkeits-, Gebrauchstauglichkeits- und Brandschutznachweise

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 größte 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 1.1.6 bzw. RSTAB-Tabelle 1.6)
- Stabteilung gemäß Vorgabe für Stabergebnisse (RFEM/RSTAB-Dialog *Berechnungsparameter*, Register *Globale Berechnungsparameter*)
- Extremwerte der Schnittgrößen

Max: 0.96 ≤ 1



Nachweis

In den Spalten D und E sind die Nachweisbedingungen gemäß [1] [↗](#), [2] [↗](#) und [4] [↗](#) angegeben.

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.

In der Tabelle der *Zwischenwerte* werden die Bemessungsformeln mit den Nachweisbedingungen ausgegeben, die für den selektierten Nachweis relevant sind.

Zwischenwerte - Stab 12 - x: 0.000 m - LK2	
<input type="checkbox"/>	Materialwerte - Baustahl S 235 EN 10025-2:2004-11
<input type="checkbox"/>	Querschnittswerte - IPE 300 DIN 1025-5:1994
<input type="checkbox"/>	Bemessungsschnittgrößen
<input type="checkbox"/>	Querschnittsklassifizierung - Klasse 2
<input type="checkbox"/>	Nachweis
<input checked="" type="checkbox"/>	Bemessungsformel
<input type="checkbox"/>	$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.75 \leq 1$ (6.61)
<input type="checkbox"/>	$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 1.29 > 1$ (6.62)

Bild 4.3 Angabe der Bemessungsformel in Zwischenwerte-Tabelle

Diese Funktion ist auch in der [Knowledge Base](#) [↗](#) auf unserer Website vorgestellt.

BS

Die Spalte G 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 2.1](#) [↗](#)).

4.1.1 Wölbkrafttorsion

Wenn im Dialog *Details* das Kontrollfeld *Wölbkraftanalyse durchführen* aktiviert wurde (siehe Kapitel 3.1.5 [2]), erscheinen in dieser Maske die Ergebnisse der Tragfähigkeitsnachweise mit Berücksichtigung von sieben Freiheitsgraden. In der unteren Tabelle werden die Zwischenwerte der Wölbkrafttorsionsanalyse angegeben.

2.1 Nachweise lastfallweise

Belastung	A	B	C	D	E	F	G
	Bezeichnung	Stab Nr.	Stelle x [m]	Nachweis Ausnutzung		Nachweis nach Formel	BS
	Tragfähigkeitsnachweise						
LK1	Bemessungslast	4	3.500	0.80	≤ 1	CS272) Querschnittsnachweis - Elastische Bemessung mit Wölbkrafttorsionsanalyse	ST+V

Max: 0.80 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 4 - x: 3.500 m - LK1

Analyse der Wölbkrafttorsion

Verzweigungswert	α_{crit}	1.334
Globaler Anfangsstich der Vorkrümmung	$e_{0,x}$	0.000 m
Globaler Anfangsstich der Vorkrümmung	$e_{0,y}$	0.047 m
Globaler Anfangsstich der Vorkrümmung	$e_{0,z}$	0.000 m

Nachweis

Maßgebender Spannungspunkt	SP-Nr.	1
Normalkraft	N_{Ed}	0.33 kN
Querschnittsfläche	A	115.50 cm ²
Normalspannung infolge N	$\sigma_{x,N,Ed}$	0.03 N/mm ²
Moment	$M_{y,Ed}$	136.72 kNm
Flächenträgheitsmoment	I_y	48200.00 cm ⁴
Spannungspunktcoordinate	z _{SP}	-250.0 mm
Normalspannung infolge M_y	$\sigma_{x,M_y,Ed}$	-70.91 N/mm ²
Moment	$M_{z,Ed}$	-7.66 kNm
Flächenträgheitsmoment	I_z	2142.00 cm ⁴
Spannungspunktcoordinate	y _{SP}	-100.0 mm
Normalspannung infolge M_z	$\sigma_{x,M_z,Ed}$	-35.74 N/mm ²
Bimoment	B_{Ed}	3.32 kNm ²
Wölbwiderstand	I_w	1249000.00 cm ⁶
Spannungspunkt-Wölbcoordinate	w	242.00 cm ²
Normalspannung infolge B_{Ed}	$\sigma_{x,B,Ed}$	-64.41 N/mm ²

Bild 4.4 Maske 2.1 Nachweise lastfallweise mit Zwischenwerten für Analyse der Wölbkrafttorsion

In den Details finden sich Informationen zu den *Bemessungsschnittgrößen* der Ersatzbelastung am verformten System (siehe Beitrag in der [Knowledge Base](#) auf unserer Website). Ferner werden u. a. der Verzweigungswert α_{crit} , die *Normalspannung infolge des Bimoments* B_{Ed} und die *Sekundäre Torsionsschubspannung* $\tau_{t,sec,Ed}$ ausgegeben.



Über die Schaltfläche können die Eigenformen des Stabsatzes grafisch überprüft werden (siehe Kapitel 5.4 [2]).

4.1.2 Plastizität

Wurde im Dialog *Details* das Kontrollfeld *Erweiterte plastische Querschnittsnachweise durchführen* aktiviert (siehe Kapitel 3.1.6), so sind der oberen Tabelle die Nachweise des Schubflusses in den Querschnittsteilen sowie die Nachweise der zulässigen Biegemomente und Normkräfte angegeben.

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+sx+wx+p+Imp	43	6.274	0.63	≤ 1	PL108) Nachweis des minimalen und maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse	ST+V
LK5	Egw+Wind abhebend+Imp	43	4.705	0.51	≤ 1	PL108) Nachweis des minimalen und maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse	ST+V

Max: 0.63 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 43 - x: 6.274 m - LK1

- Materialwerte - Baustahl S 235
- Querschnittsweite - IPE 300
- Bemessungsschnittgrößen
- Querschnittsklassifizierung - Klasse 1
- Nachweis

Bemessungsnormkraft im Querschnitt	N	0.72	kN		
Bemessungsbiegemoment im Querschnitt um die starke Achse	M _y	36.73	kNm		
Zulässige Normkraft im Steg	N _{lim,w}	482.69	kN		[1], Tab. 10.8
Min. zulässige Normkraft im oberen Flansch	N _{lim,min,fo}	-376.39	kN		[1], Tab. 10.8
Min. zulässige Normkraft im unteren Flansch	N _{lim,min,fu}	-376.40	kN		[1], Tab. 10.8
Max. zulässige Normkraft im oberen Flansch	N _{lim,max,fo}	376.39	kN		[1], Tab. 10.8
Max. zulässige Normkraft im unteren Flansch	N _{lim,max,fu}	376.40	kN		[1], Tab. 10.8
Min. zulässige Normkraft im Querschnitt	N _{lim,min}	-1235.49	kN		[1], Tab. 10.8
Max. zulässige Normkraft im Querschnitt	N _{lim,max}	1235.49	kN		[1], Tab. 10.8
Min. zulässiges Biegemoment um die lokale starke Achse	M _{y,min}	-143.80	kNm	≤ M _y	[1], Tab. 10.19, Fall 2
Max. zulässiges Biegemoment um die lokale starke Achse	M _{y,max}	143.80	kNm	≥ M _y	[1], Tab. 10.19, Fall 2
Ausnutzung des Biegemomentes um die lokale starke Achse	η	0.63		≤ 1	[1], Tab. 10.9

Bild 4.5 Maske 2.1 Nachweise lastfallweise mit Zwischenwerten für erweiterte plastische Querschnittsnachweise

Die untere Tabelle listet die Zwischenwerte des plastischen Nachweises auf, die nach dem Teilschnittgrößenverfahren bzw. der Simplex-Methode vorliegen. Hierzu zählen beispielsweise die Streckgrenzen der Bauteile unter Querkraftbeanspruchung, die plastischen Querkraft, Torsions- und Biegetragfähigkeiten sowie die plastischen axialen Tragfähigkeiten.

4.1.3 Kaltgeformte Profile

Wenn im Dialog *Details* das Kontrollfeld *Nachweis für kaltgeformte Profile durchführen* aktiviert wurde (siehe Kapitel 3.1.7), erscheinen in der unteren Tabelle die Zwischenwerte, die für die Nachweise kaltgeformter Profile gemäß [3] erforderlich sind.

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						
LK3	Egw+wx+Imp	105	4.167	0.83	≤ 1	CS351) Querschnittsnachweis - Elastische Bemessung nach EN 1993-1-3, 6.1.6	ST+V
LK5	Egw+Wind abhebend+Imp	94	0.000	0.20	≤ 1	CS351) Querschnittsnachweis - Elastische Bemessung nach EN 1993-1-3, 6.1.6	ST+V

Max: 0.83 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 105 - x: 4.167 m - LK3

Wirksame Querschnittskennwerte infolge Biegung um die y-Achse

Wirksame Querschnittskennwerte infolge Biegung um die z-Achse

Element Nr. 1

Element Nr. 2

Element Nr. 3

Element Nr. 4

Element Nr. 5

Wirksame Querschnittswerte

- Querschnittsfläche	A_{eff}	8.32	cm ²
- Flächenträgheitsmoment	$I_{eff,y}$	539.33	cm ⁴
- Flächenträgheitsmoment	$I_{eff,z}$	107.17	cm ⁴
- Flächenträgheitsmoment	$I_{eff,yz}$	0.03	cm ⁴
- Schwerpunktsmitte	e_{Ny}	0.0	mm
- Schwerpunktsmitte	e_{Nz}	-3.0	mm
- Elastisches Widerstandsmoment	$W_{eff,y,min}$	53.93	cm ³
- Elastisches Widerstandsmoment	$W_{eff,z,min}$	15.42	cm ³

Nachweis

- Spannung infolge von N_{Ed}	$\sigma_{N,Ed}$	0.2	N/mm ²	EN 1993-1-3, 6.1.6(5)
- Spannung infolge von $M_{y,Ed}$	$\sigma_{My,Ed}$	-0.4	N/mm ²	EN 1993-1-3, 6.1.6(5)
- Spannung infolge von $M_{z,Ed}$	$\sigma_{Mz,Ed}$	5.1	N/mm ²	EN 1993-1-3, 6.1.6(5)
- Spannung infolge von B_{Ed}	$\sigma_{w,Ed}$	0.0	N/mm ²	EN 1993-1-3, 6.1.6(5)
- Spannung infolge von $V_{z,Ed}$	$\tau_{Vz,Ed}$	-0.1	N/mm ²	EN 1993-1-3, 6.1.6(5)

12 - C 2020 | DAST Ri. 016

[mm]

Bild 4.6 Maske 2.1 Nachweise lastfallweise mit Zwischenwerten für Wirksame Querschnittskennwerte eines kaltgeformten Profils

Die wirksamen Querschnittskennwerte werden getrennt für die Wirkung von Normalkraft, Biegung um y und Biegung um z ausgegeben. Für den Stabilitätsnachweis wird je nach Vorgabe die Interaktion zwischen Normalkraft und Biegemoment mit den wirksamen Querschnittswerten nach EN 1993-1-1 [1] oder die Interaktionsbeziehung [3] (6.36) verwendet.

4.2

Nachweise querschnittsweise

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	Stab Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Nachweis Ausnutzung	E	F
1	IPE 300 DIN 1025-5:1994					Nachweis nach Formel
	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_{M0}	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	6.2.10(2)
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)
Nachweis Komponente für M_y	η_{My}	0.22		≤ 1	Gl. (6.31)
Nachweis	η	0.22		≤ 1	Gl. (6.36*)

Bild 4.7 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, so werden die Querschnitte des Stabanfangs und -endes separat aufgelistet.

4.3

Nachweise stabsatzweise

2.3 Nachweise stabsatzweise

Stabsatz Nr.	Stab Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Nachweis Ausnutzung	E	F
2	Stabzug 2 (Stab Nr. 13-15)					Nachweis nach Formel
	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

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)

2 - IPE 300 | DIN 1025-5:1994

Bild 4.8 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	B	C	D	E
Stelle x [m]	Belastung	Nachweis	Ausnutzung		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

Max: 0.98 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 4.500 m - EK2

Materialwerte - Baustahl S 235

E	210000.0	N/mm ²	
G	80769.2	N/mm ²	
f _y	235.0	N/mm ²	3.2.1
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,inst}	300.00	
Grenzwert der Verformung	w _{Q,inst,gr}	20.0	mm
Nachweis	η	0.94	≤ 1 Gl. (40)

Bild 4.9 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 erläutert.

4.5

Nachweise x-stellenweise

2.5 Nachweise x-stellenweise

Stab Nr.	A	B	C	D	E
Stelle x [m]	Belastung	Nachweis	Ausnutzung		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 4.10 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 bzw. RSTAB ergeben:

- Anfangs- und Endknoten
- Teilungspunkte gemäß eventuell vorgegebener Stabteilung (siehe RFEM-Tabelle 1.16 bzw. RSTAB-Tabelle 1.6)
- Stabteilung gemäß Vorgabe für Stabergebnisse (RFEM/RSTAB-Dialog *Berechnungsparameter*, Register *Globale Berechnungsparameter*)
- Extremwerte der Schnittgrößen

4.6

Maßgebende Schnittgrößen stabweise

3.1 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

Stab Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Kräfte [kN]			Momente [kNm]			Bemessung nach Gleichung
			N	V_y	V_z	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 nach
	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, I
	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 4.11 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 Querkkräfte sowie Torsions- und Biegemomente ausgewiesen, die bei den einzelnen Querschnitts-, Stabilitäts-, Gebrauchstauglichkeits- und Brandschutznachweisen zur höchsten Ausnutzung führen.

4.7

Bemessung nach Gleichung

Die letzte Spalte gibt Auskunft über die Nachweisarten und Bemessungsformeln, mit denen die Nachweise nach [1] , [2]  oder [4]  geführt wurden.

Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

3.2 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

Stabsatz Nr.	A Stelle x [m]	B Belas- tung	D Kräfte [kN]			G Momente [kNm]			I Bemessung nach Gleichung
			C N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z	
1	Stabsatz 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 Normkraft nach 6.2.7
	0.000	LK1	-15.44	-0.02	1.41	-0.01	-2.19	0.02	186) Querschnittsnachweis - Biegung, Querkraft, Torsion und Normkraft nach 6.2.7
	3.000	LK2	-32.67	-0.01	0.14	0.00	-0.38	0.10	221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Normkraft nach 6.2.7
	0.000	LK2	-44.75	-0.01	0.14	0.00	-0.81	0.08	301) Stabilitätsnachweis - Biegeknicke 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. Ve
	0.000	LK1	-62.98	-0.01	1.15	0.00	-3.53	0.08	371) Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.4, Allgemei
2	Stabsatz 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 Normkraft nach 6.2.7
	5.647	LK2	-28.81	0.09	0.01	-0.01	65.57	-0.39	186) Querschnittsnachweis - Biegung, Querkraft, Torsion und Normkraft nach 6.2.7
	2.121	LK1	-30.32	-0.06	16.13	-0.02	7.26	0.14	206) Querschnittsnachweis - Biegung um z, Querkraft, Torsion und Normkraft nach 6.2.7
	5.647	LK1	-26.58	0.07	-0.19	-0.01	61.69	-0.32	221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Normkraft nach 6.2.7
	5.960	LK2	-28.68	0.09	-1.42	-0.01	65.16	-0.43	226) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Querkraft, Torsion und Normkraft nach 6.2.7
	5.647	LK2	-28.81	0.09	0.01	-0.01	65.57	-0.39	371) Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.4, Allgemei

Bild 4.12 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.	Beanspruchung	B Länge L [m]	C k_y [-]	D Starke Achse y		E		F		G Schwache Achse z		H λ_z [-]	I
				i_y [mm]	λ_y [-]	k_z [-]	i_z [mm]						
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 4.13 Maske 3.3 Stabschlankheiten

Details...

Details...

Diese Ergebnismaske wird angezeigt, wenn im Dialog *Details*, Register *Allgemein* das entsprechende Häkchen gesetzt ist (siehe Bild 3.14).

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 *Allgemein* definiert sind (siehe Bild 3.14).

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]	I 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 4.14 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 *Allgemein* eingestellt werden (siehe Bild 3.14 ☐).

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 positionweise 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 2.20 ☐).



Volumen

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

Quers.-Masse

Die Querschnittsmasse stellt das auf einen Meter Länge bezogene Profilgewicht 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 4.15 Maske 4.2 Stückliste stabsatzweise

Die letzte Ergebnismaske wird angezeigt, wenn mindestens ein Stabsatz zur Bemessung ausgewählt wurde. 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 unterhalb der Tabelle hilfreich.

2.4 Nachweise stabweise

Stab Nr.	A	B	C	D	E
	Stelle x [m]	Belastung	Nachweis	Ausnutzung	
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
	2.000	LK3	0.13 ≤ 1	302	Stabilitätsnachweis - Biegeknicken um y nach 6.3.1.1 und 6.3.1.2
	2.000	LK3	0.03 ≤ 1	321	Stabilitätsnachweis - Drillknicken nach 6.3.1.4 und 6.3.1.2(4)
	1.500	LK2	0.45 ≤ 1	361	Stabilitätsnachweis - Biegung um y und Druck nach 6.3.3, Verfahren 2
	0.000	LK2	0.49 ≤ 1	364	Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.3, Verfahren 2

Max: 0.98 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 0.000 m - LK2

- Materialwerte - Baustahl S 235
- Querschnittswerte - IPE 300 | DIN 1025-5:1994
- Bemessungsschnittgrößen

Normalkraft	N _{Ed}	-43.98	kN
Querkraft	V _{y,Ed}	0.04	kN
Querkraft	V _{z,Ed}	-19.07	kN
Torsionsmoment	T _{Ed}	0.00	kNm
Moment	M _{y,Ed}	43.84	kNm
Moment	M _{z,Ed}	0.12	kNm
- Querschnittsklassifizierung - Klasse 1
- Nachweis

Druckkraft	N _{c,Ed}	43.98	kN
Querschnittsfläche	A	53.80	cm ²
Streckgrenze	f _y	23.50	kN/cm ²
Teilsicherheitsbeiwert	γ _{M0}	1.000	
Normalkraftbeanspruchbarkeit	N _{c,Rd}	1264.30	kN
Nachweis	η	0.03	≤ 1

Bild 5.1 Schaltflächen zur Ergebnisauswertung

Die Schaltflächen sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Bezeichnung	Funktion
	Eigenformen	Öffnet das Fenster <i>Eigenform-Übersicht</i> → Kapitel 5.4
	Tragfähigkeit	Blendet die Ergebnisse des Tragfähigkeitsnachweises ein und aus
	Gebrauchstauglichkeit	Blendet die Ergebnisse des Gebrauchstauglichkeitsnachweises ein und aus
	Brandschutz	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





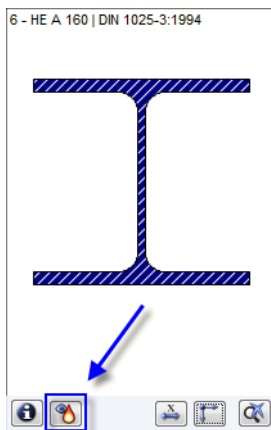

	Filterparameter	Beschreibt das Kriterium, nach dem die Ausgabe in den Tabellen gefiltert wird: Ausnutzungen größer 1, Maximalwert oder benutzerdefinierte Schranke
	Filter anwenden	Stellt nur Zeilen dar, für die die Filterparameter gelten (Ausnutzungen > 1, Maximum, definierter Wert)
	Ergebnisverläufe	Öffnet das Fenster <i>Ergebnisverläufe im Stab</i> → Kapitel 5.2
	Excel-Export	Exportiert die Tabelle nach MS Excel → Kapitel 7.4.3
	Stabauswahl	Ermöglicht die grafische Auswahl eines Stabes, um dessen Ergebnisse in der Tabelle anzuzeigen
	Ansichtsmodus	Ermöglicht den Wechsel in das Arbeitsfenster von RFEM bzw. RSTAB, 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 Schaltfläche  unterhalb der Profilgrafik öffnet das *Temperaturkurven*-Diagramm gemäß [Bild 3.6](#) bis [Bild 3.8](#).

5.1

Ergebnisse am RFEM/RSTAB-Modell

Für die Auswertung kann auch das Arbeitsfenster von RFEM bzw. RSTAB genutzt werden.

Hintergrundgrafik und Ansichtsmodus

Das RFEM/RSTAB-Arbeitsfenster im Hintergrund ist hilfreich, um die Position eines Stabes im Modell ausfindig zu machen: Der in der Ergebnismaske von RF-/STAHL EC3 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.

Stab Nr.	2.4 Nachweise stabweise				Nachweis nach Fo
	A	B	C	D	
44	Querschnitt Nr. 2 - IPE 300 DIN 1025-5:1994				
	6.274	LK2	0.05	≤ 1	102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4
	0.000	LK1	0.00	≤ 1	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)
	0.000	LK2	0.01	≤ 1	131) Querschnittsnachweis - Torsion nach 6.2.7
	6.274	LK2	0.04	≤ 1	132) Querschnittsnachweis - Torsion und Querkraft nach 6.2.7(9)
	4.078	LK2	0.24	≤ 1	186) Querschnittsnachweis - Biegung, Querkraft, Torsion und Normalkra
	1.568	LK2	0.37	≤ 1	226) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Querkraft, Torsion und No
	4.078	LK2	0.72	≤ 1	361) Stabilitätsnachweis - Biegung um y und Druck nach 6.3.3, Verfahre
	6.274	LK2	0.73	≤ 1	364) Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.3, Verfahren 2

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

Information

Sie befinden sich im Ansichtsmodus.

[Zurück](#)



Falls sich die Darstellung durch Verschieben des RF-/STAHL EC3-Fensters nicht verbessern lässt, sollte die Schaltfläche [Ansicht ändern] benutzt werden, um den *Ansichtsmodus* zu aktivieren: Das Fenster wird ausgeblendet, sodass in der RFEM/RSTAB-Arbeitsfläche die Ansicht angepasst werden kann. Im *Ansichtsmodus* stehen die Funktionen des Menüs *Ansicht* zur Verfügung, z. B. Zoomen, Verschieben oder Drehen der Darstellung. Der Markierungspfeil bleibt dabei sichtbar.

Mit [Zurück] erfolgt die Rückkehr zum Modul RF-/STAHL EC3.

Grafik

RFEM/RSTAB-Arbeitsfenster

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

Im *Ergebnisse*-Navigator besteht die Möglichkeit, die Ausnutzungen separat für die Nachweise der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit und des Brandschutzes auszuwählen. Ebenso lassen sich die Klassifizierungen der Querschnitte überprüfen.

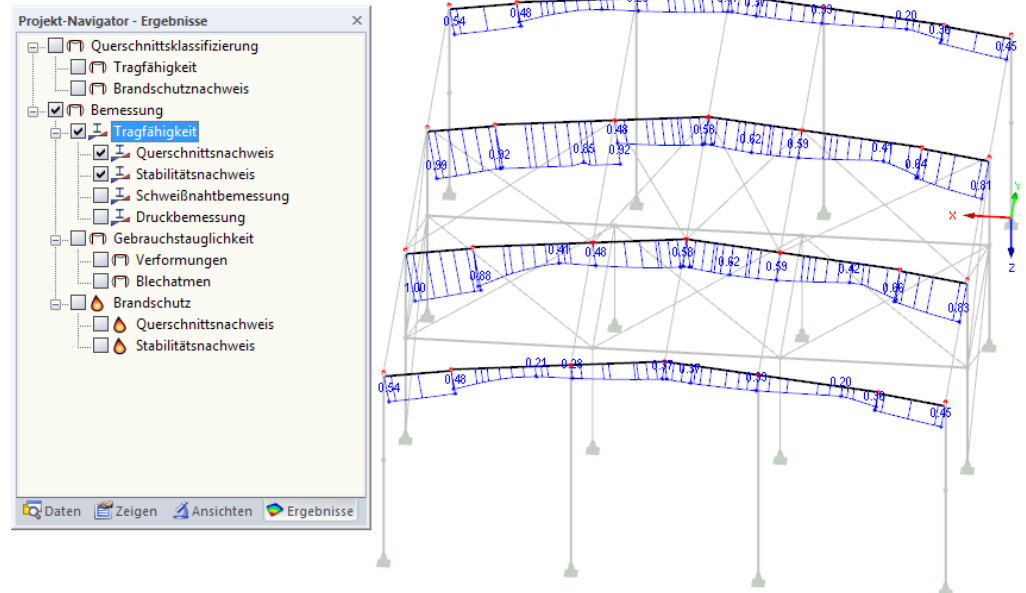


Bild 5.3 Ergebnisse-Navigator für RF-/STAHL EC3



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/RSTAB-Tabellen sind für die Auswertung der Bemessungsergebnisse nicht relevant.

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

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

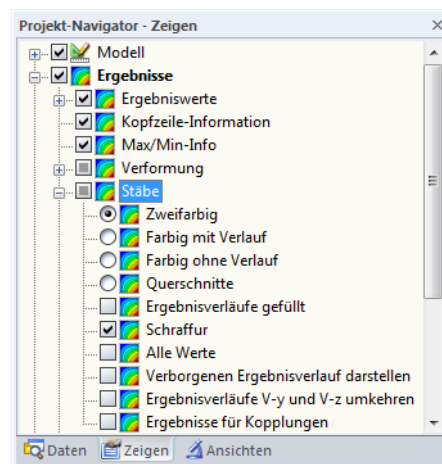
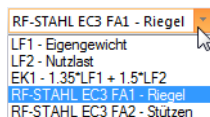


Bild 5.4 Zeigen-Navigator: Ergebnisse → Stäbe



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- bzw. RSTAB-Handbuchs beschrieben.

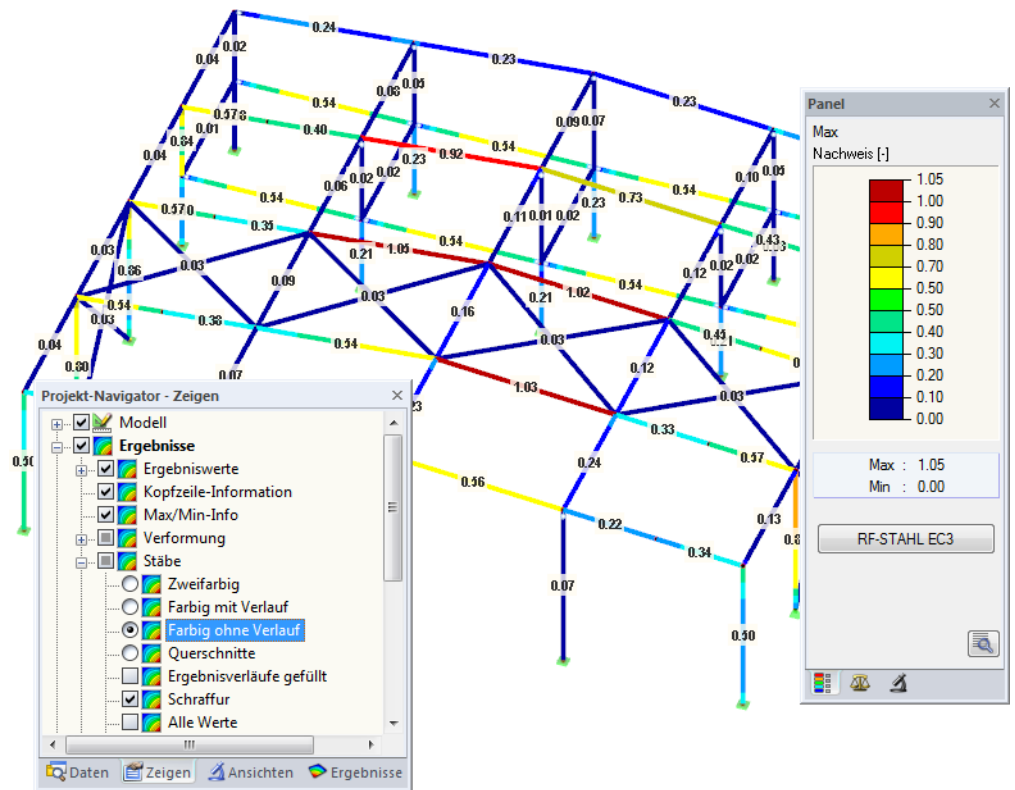


Bild 5.5 Ausnutzungsgrade mit Anzeigoption *Farbig ohne Verlauf*

Die Grafiken der Bemessungsergebnisse können in das Ausdruckprotokoll übergeben werden (siehe Kapitel 6.2).

RF-/STAHL EC3

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

Liegen Ergebnisse der Modulerweiterung **RF-/STAHL Wölbkrafttorsion** vor, so können auch die entsprechenden Schnittgrößen am Modell überprüft werden. Der *Ergebnisse*-Navigator bietet hierfür zusätzliche Einträge.

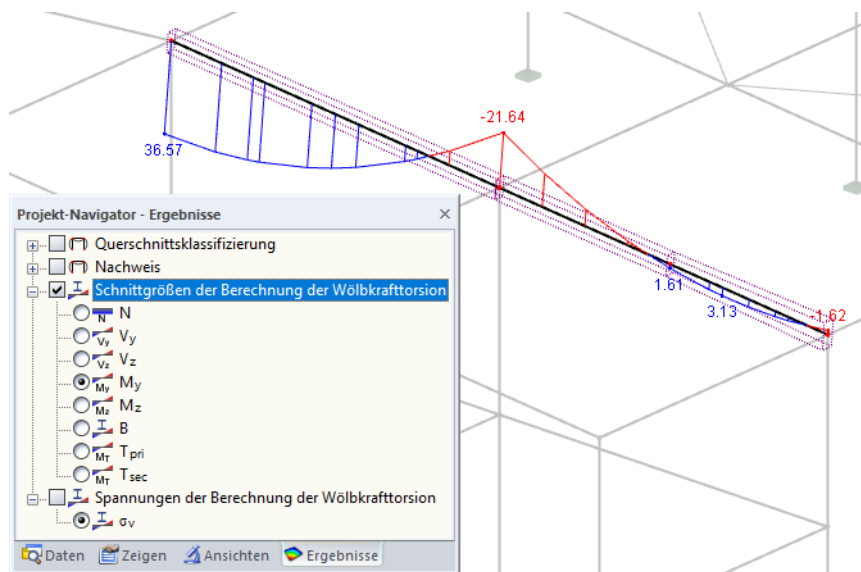


Bild 5.6 Schnittgrößen der Berechnung der Wölbkrafttorsion

5.2

Ergebnisverläufe

Die Stabergebnisse können grafisch auch in Form der Ergebnisverläufe ausgewertet werden.

Selektieren Sie den Stab (oder Stabsatz) in der RF-/STAHL EC3-Ergebnismaske, indem Sie 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 [\[2\]](#)).

In der RFEM/RSTAB-Grafik sind die Ergebnisverläufe zugänglich über das Menü

Ergebnisse → **Ergebnisverläufe an selektierten Stäben**

oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste von RFEM bzw. RSTAB.

Es öffnet sich ein Fenster, das den Verlauf der Nachweiswerte grafisch am Stab bzw. Stabsatz anzeigt.

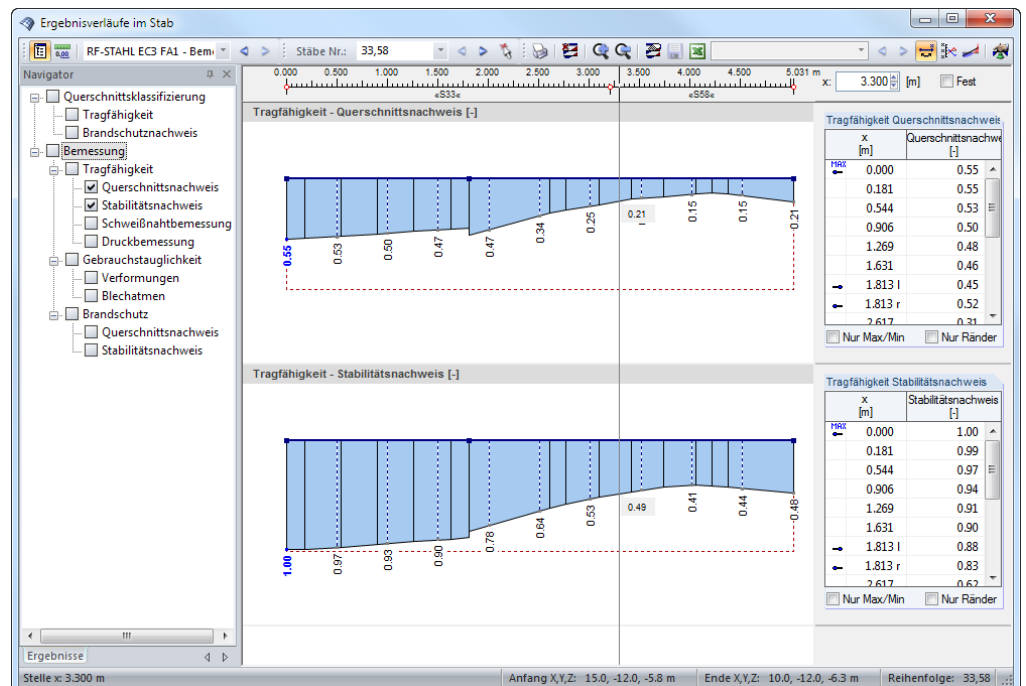
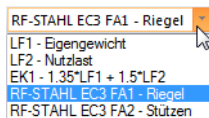


Bild 5.7 Dialog Ergebnisverläufe im Stab

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

Über die Liste in der Symbolleiste kann zwischen den RF-/STAHL EC3-Bemessungsfällen gewechselt werden.

Der Dialog *Ergebnisverläufe im Stab* ist im Kapitel 9.5 des RFEM- bzw. RSTAB-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 [1]), um die numerische Ausgabe nach Ausnutzungen einzugrenzen. Diese Funktion ist auch in der Knowledge Base [2] auf unserer Website vorgestellt.

Für die grafische Auswertung der Ergebnisse lassen sich die Filtermöglichkeiten nutzen, die im Kapitel 9.9 des RFEM-Handbuchs bzw. Kapitel 9.7 des RSTAB-Handbuchs beschrieben sind.



Auch für RF-/STAHL EC3 können die Möglichkeiten der Sichtbarkeiten genutzt werden (siehe RFEM-Handbuch, Kapitel 9.9.1 bzw. RSTAB-Handbuch, Kapitel 9.7.1), um die Stäbe für die Auswertung zu filtern.

Filtern von Nachweisen

Grafik

Die Ausnutzungen lassen sich gut als Filterkriterium im Arbeitsfenster von RFEM bzw. RSTAB nutzen, das über die Schaltfläche [Grafik] zugänglich ist. Hierfür muss das Panel angezeigt werden. Sollte es nicht aktiv sein, kann es über das RFEM/RSTAB-Menü **Ansicht** → **Steuerpanel** oder die Schaltfläche [3] in der Symbolleiste eingeblendet werden.

Das Panel ist im Kapitel 3.4.6 des RFEM- bzw. RSTAB-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.

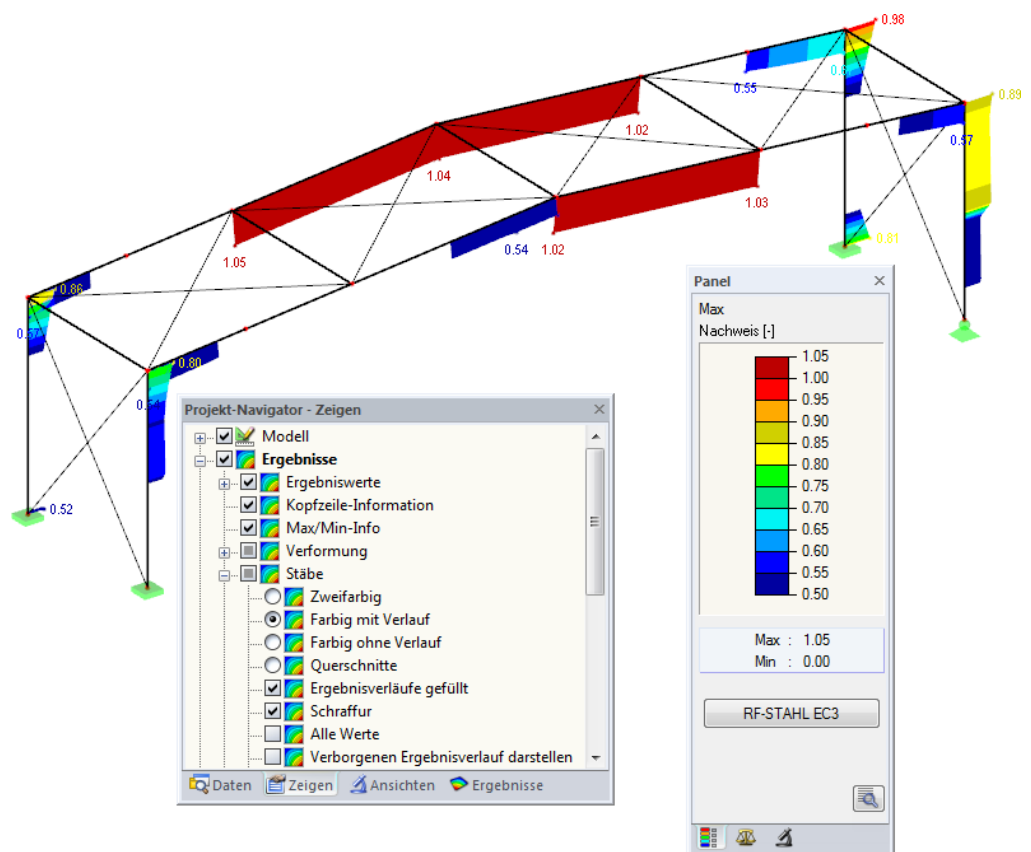


Bild 5.8 Filtern der Ausnutzungsgrade mit angepasster Farbskala

Wie das Bild 5.8 [1] 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 bzw. Kapitel 9.7.3 des RSTAB-Handbuchs beschrieben.

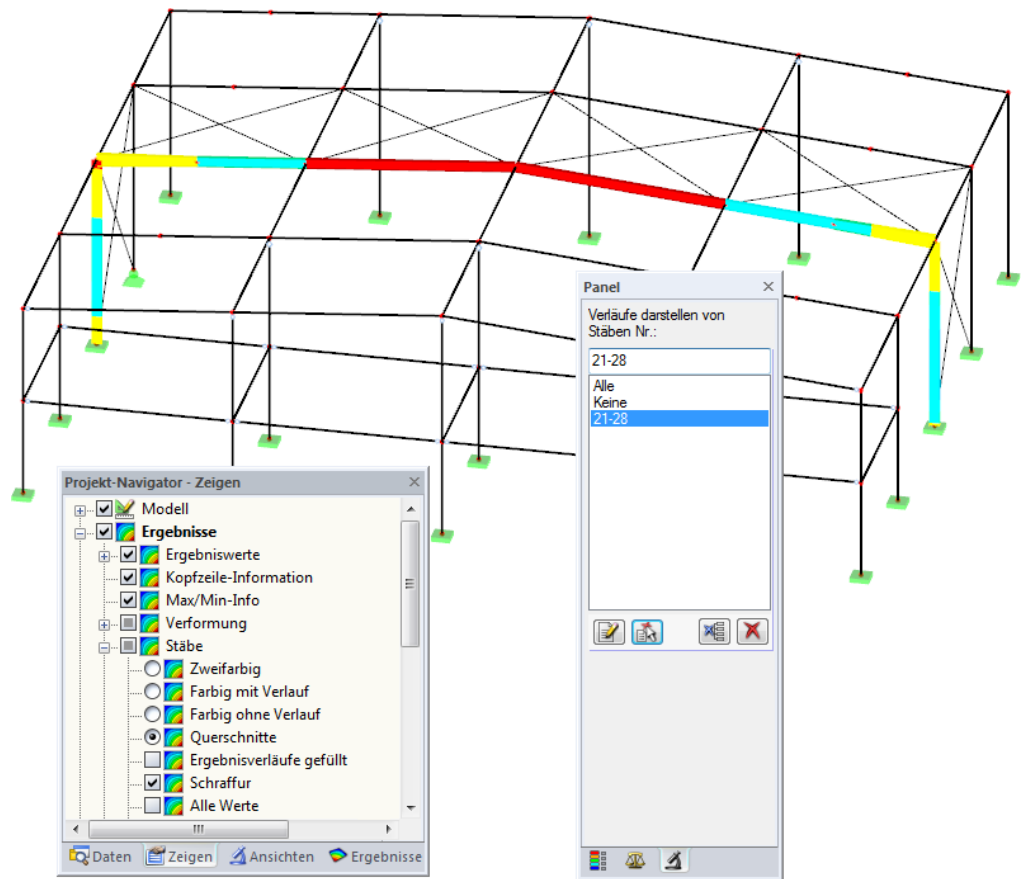


Bild 5.9 Stabfilter für Ausnutzungen eines Hallenrahmens

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.

5.4

Eigenformen



Die Eigenformen der Stabsätze können grafisch in einem separaten Fenster überprüft werden: Selektieren Sie in der Ergebnistabelle den relevanten Stabsatz und klicken anschließend auf die Schaltfläche [Eigenformen].

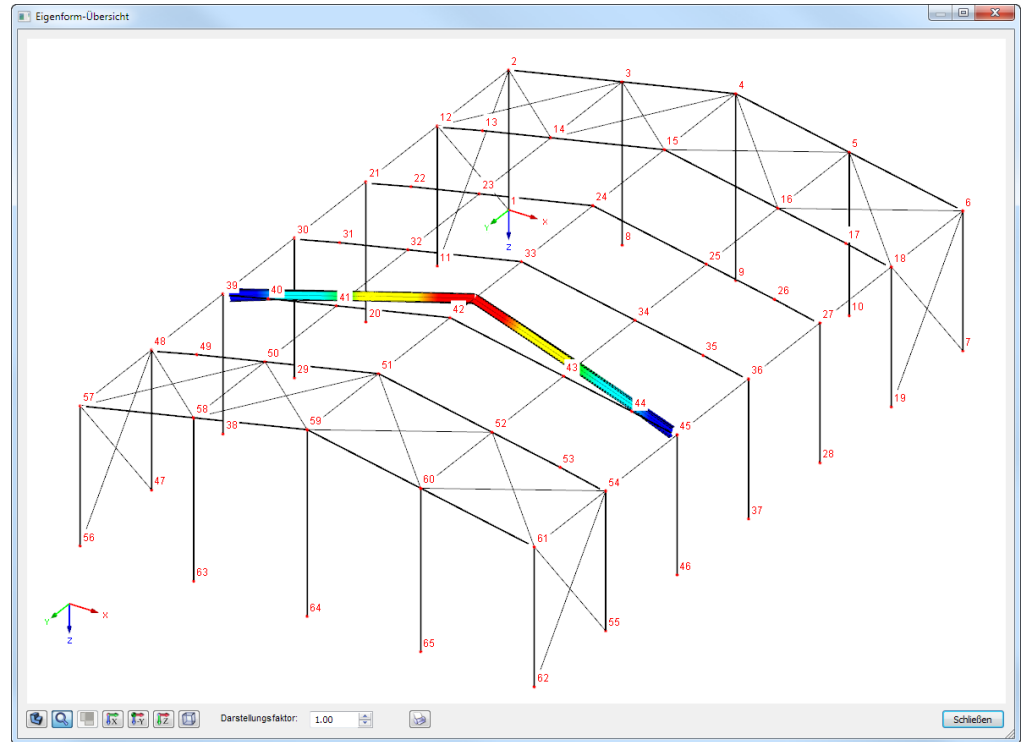


Bild 5.10 Eigenform eines Stabsatzes

Die Eigenformen der Stabsätze werden automatisch bei der Ermittlung des kritischen Faktors α_{cr} erzeugt. Falls die *Wölbkraftanalyse* mit sieben Freiheitsgraden gewählt wurde (siehe [Kapitel 3.1.5](#)), wurden die Eigenformen mit dem Stich der Vorkrümmung gemäß [Maske 1.13](#) in der Berechnung berücksichtigt (siehe [Bild 2.52](#)).

In numerischer Form liegen die Eigenformen nicht vor.

Die Schaltflächen unterhalb der Grafik sind in [Tabelle 2.4](#) beschrieben.

Über den *Darstellungsfaktor* ist es möglich, die Eigenform in der Grafik überhöht darzustellen.



Mit der Schaltfläche [Drucken] kann die aktuelle Grafik direkt gedruckt oder in das Ausdruckprotokoll übergeben werden.



Folgender Fachbeitrag stellt ein Beispiel für die Eigenform eines gevouteten Stahlrahmens vor: <https://www.dlubal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/001156>

6 Ausdruck



6.1

Ausdruckprotokoll

Für die Daten des Moduls RF-/STAHL EC3 wird — wie in RFEM oder RSTAB — 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- bzw. RSTAB-Handbuch beschrieben. Das Kapitel 10.1.3.5 *Selektion der Zusatzmodul-Daten* erläutert, wie die Ein- und Ausgabedaten von Zusatzmodulen für den Ausdruck aufbereitet werden können.

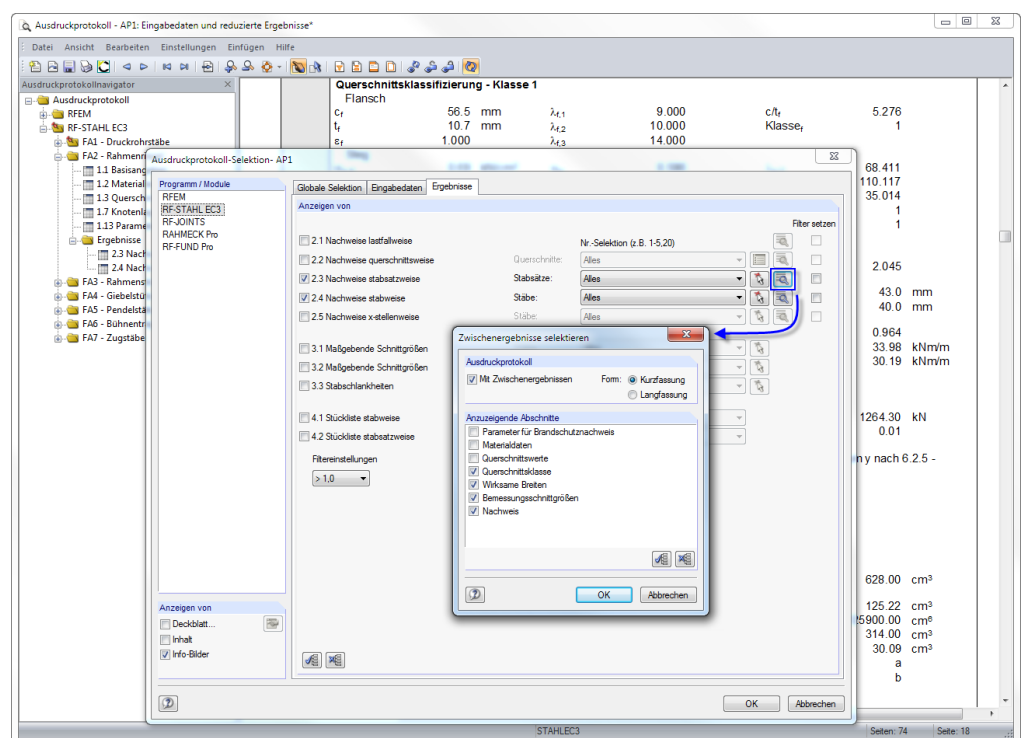


Bild 6.1 Selektion von Nachweisen und Zwischenergebnissen im Ausdruckprotokoll



Über die Schaltfläche [Details] kann gesteuert werden, ob der 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 und RSTAB kann jedes Bild, das im Arbeitsfenster angezeigt wird, in das Ausdruckprotokoll übergeben oder direkt zum Drucker geleitet werden. Somit lassen sich auch die am Modell gezeigten Ausnutzungen für den Ausdruck aufbereiten.

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

Nachweise am RFEM/RSTAB-Modell

Die aktuelle Grafik der Ausnutzungsgrade kann gedruckt werden über das Menü

Datei → Drucken

oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

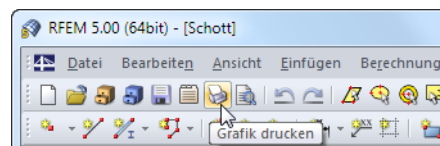


Bild 6.2 Schaltfläche Drucken in RFEM-Symbolleiste

Ergebnisverläufe

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

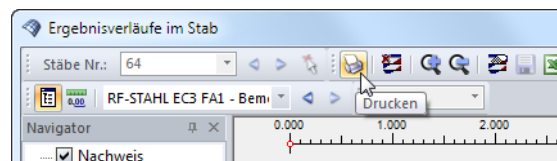


Bild 6.3 Schaltfläche Drucken im Dialog Ergebnisverläufe im Stab

Es wird folgender Dialog angezeigt.

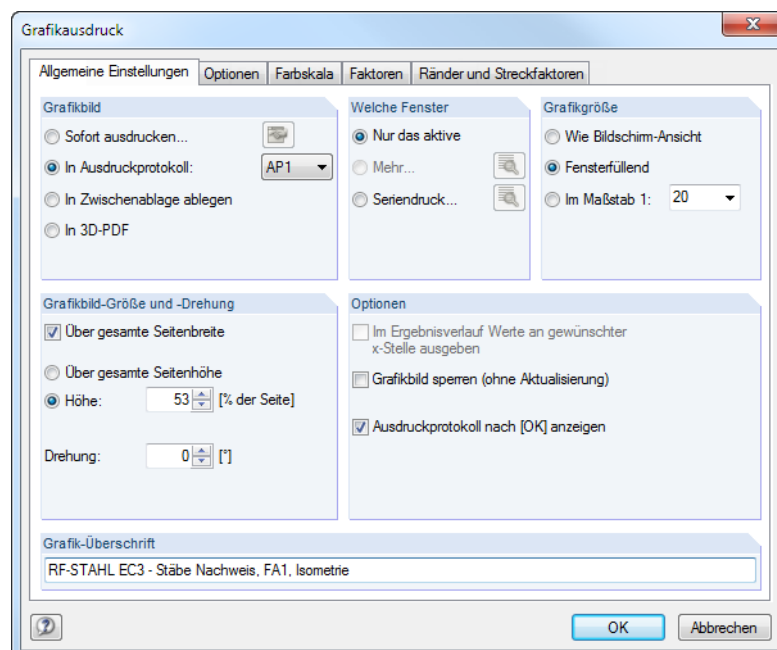


Bild 6.4 Dialog Grafikausdruck, Register Allgemeine Einstellungen

Der Dialog *Grafikausdruck* ist im Kapitel 10.2 des RFEM- bzw. RSTAB-Handbuchs beschrieben. Dort sind auch die übrigen Dialogregister 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.

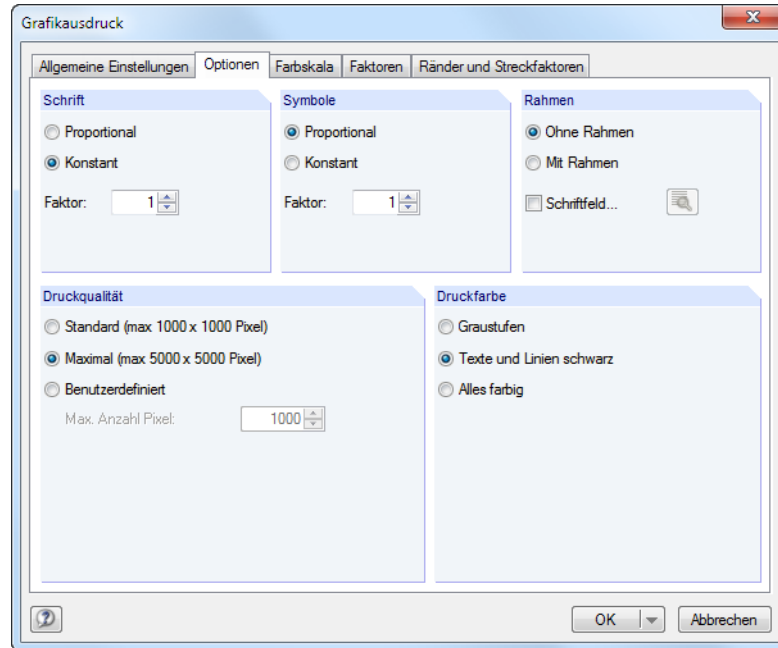
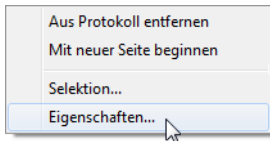


Bild 6.5 Dialog *Grafikausdruck*, Register *Optionen*

7 Allgemeine Funktionen



Dieses Kapitel stellt nützliche Menüfunktionen und Exportmöglichkeiten vor.

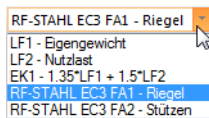
7.1

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-/STAHL EC3 sind auch in RFEM bzw. RSTAB über die Lastfall-Liste der Symbolleiste zugänglich.



Neuen Bemessungsfall anlegen

Ein Bemessungsfall wird angelegt über das RF-/STAHL EC3-Menü

Datei → Neuer Fall.

Es erscheint folgender Dialog.

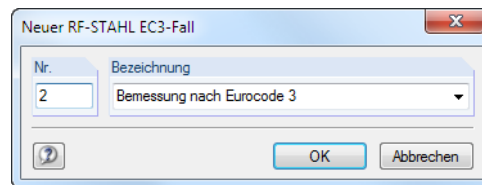


Bild 7.1 Dialog Neuer RF-STABL EC3-Fall

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-/STAHL EC3-Maske 1.1 *Basisangaben* zur Eingabe der Bemessungsdaten.

Bemessungsfall umbenennen

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

Datei → Fall umbenennen.

Es erscheint folgender Dialog.

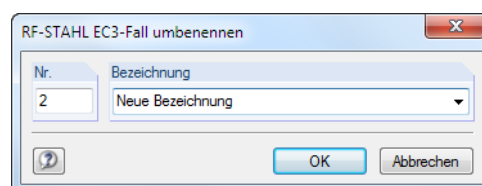


Bild 7.2 Dialog RF-STABL EC3-Fall umbenennen

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.

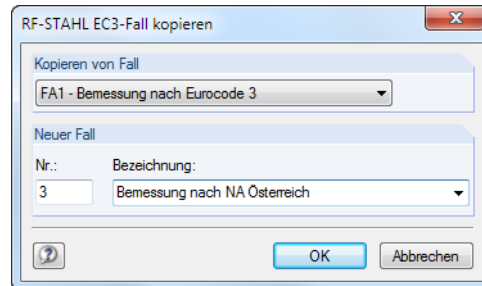


Bild 7.3 Dialog RF-STAHl EC3-Fall kopieren

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.

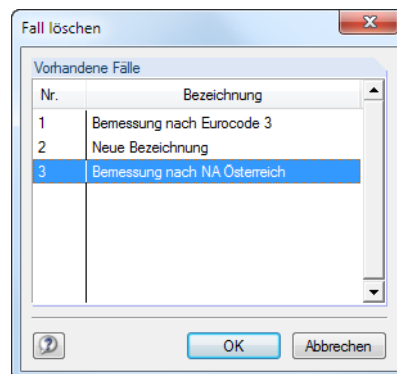
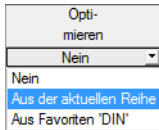


Bild 7.4 Dialog Fall löschen

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 E bzw. F in der Liste auswählen, ob die Querschnitte *Aus der aktuellen Reihe* oder benutzerdefinierten *Favoriten* ermittelt werden sollen (siehe Bild 2.18). In den Ergebnismasken kann die Optimierung über das Kontextmenü eingeleitet werden.

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A	B	C	D	E	F
Stab Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Nachweis	Nachweis nach Formel		
3	IPE 400 DIN 1025-5:1994					
13	0.011	LK2	0.03 \leq 1	102)	Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4	
13					Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6	
13					Querschnittsnachweis - Torsion nach 6.2.7	
13					Querschnittsnachweis - Torsion und Querkraft nach 6.2.7(9)	
13					Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.9.1	
13					Querschnittsnachweis - Biegung, Querkraft, Torsion und Normalkraft nach 6.2.9.1	
13					Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.10 und 6.2.9	
13	0.000	LK1	0.37 \leq 1	226)	Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Querkraft, Torsion und Normalkraft nach 6.2.10	
13	0.000	LK2	0.46 \leq 1	371)	Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.4, Allgemeines Verfahren	
				Max:	0.98 \leq 1	

Bild 7.5 Kontextmenü zur Querschnittsoptimierung



Bei der Optimierung wird untersucht, welcher Querschnitt den Tragfähigkeits(!)nachweis „optimal“ erfüllt, d. h. der maximal zulässigen Ausnutzung am nächsten kommt, die im Dialog *Details* festgelegt ist (siehe Bild 3.14). Die erforderlichen Querschnittswerte werden dabei mit den Schnittgrößen ermittelt, wie sie von RFEM bzw. RSTAB vorliegen. Erweist sich ein anderer Querschnitt als günstiger, so wird dieser Querschnitt für den Nachweis benutzt. In Maske 1.3 werden dann zwei Querschnitte dargestellt — der ursprüngliche Querschnitt von RFEM bzw. RSTAB und der optimierte Querschnitt (siehe Bild 7.7).

Bei einem parametrischen Querschnitt erscheint beim *Optimieren* folgender Dialog.

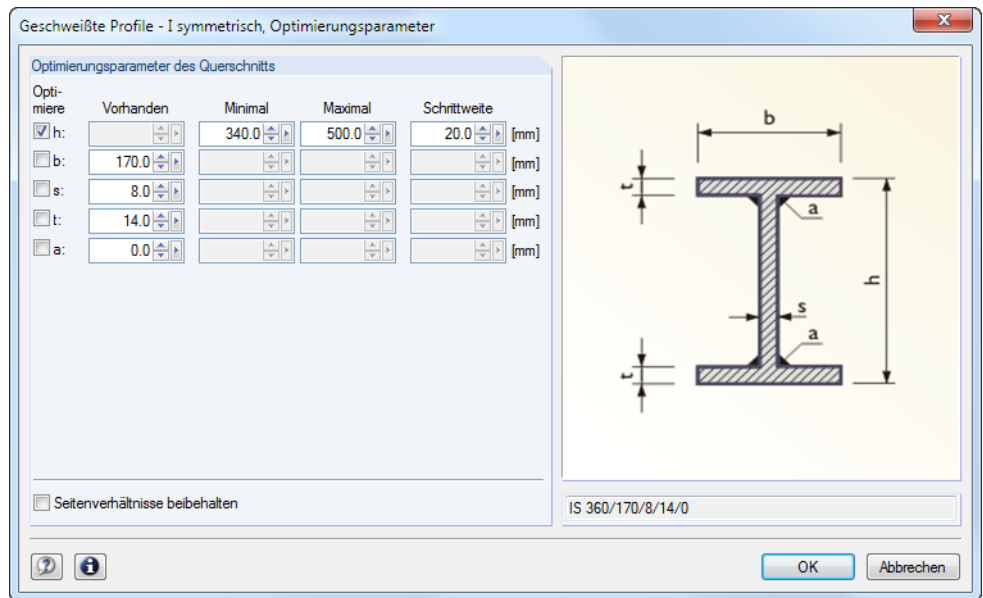


Bild 7.6 Dialog Geschweißte Profile - I-symmetrisch, Optimierungsparameter

In der Spalte *Optimiere* ist durch Anhakern 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 angehakt 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 bzw. RSTAB 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 Querschnitte können nach RFEM bzw. RSTAB exportiert werden: Stellen Sie die Maske 1.3 Querschnitte ein und wählen dann das Menü

Bearbeiten → Alle Querschnitte an RFEM/RSTAB übergeben .

Auch über das Kontextmenü der Maske 1.3 lassen sich optimierte Querschnitte nach RFEM bzw. RSTAB exportieren.

Bild 7.7 Kontextmenü der Maske 1.3 Querschnitte

Vor der Übergabe erfolgt eine Abfrage, ob die Ergebnisse von RFEM bzw. RSTAB 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 Schnittgrößen und Nachweise in einem Rechenlauf ermittelt.



Wurden die geänderten Querschnitte noch nicht nach RFEM bzw. RSTAB exportiert, so können mit den im Bild 7.7 gezeigten Optionen wieder die ursprünglichen Querschnitte 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 bzw. RSTAB und für die Zusatzmodule gemeinsam verwaltet. In RF-/STAHL EC3 ist der Dialog zum Anpassen der Einheiten zugänglich über das Menü

Einstellungen → Einheiten und Dezimalstellen.

Es erscheint der aus RFEM bzw. RSTAB bekannte Dialog. In der Liste *Programm / Modul* ist das Modul RF-/STAHL EC3 voreingestellt.

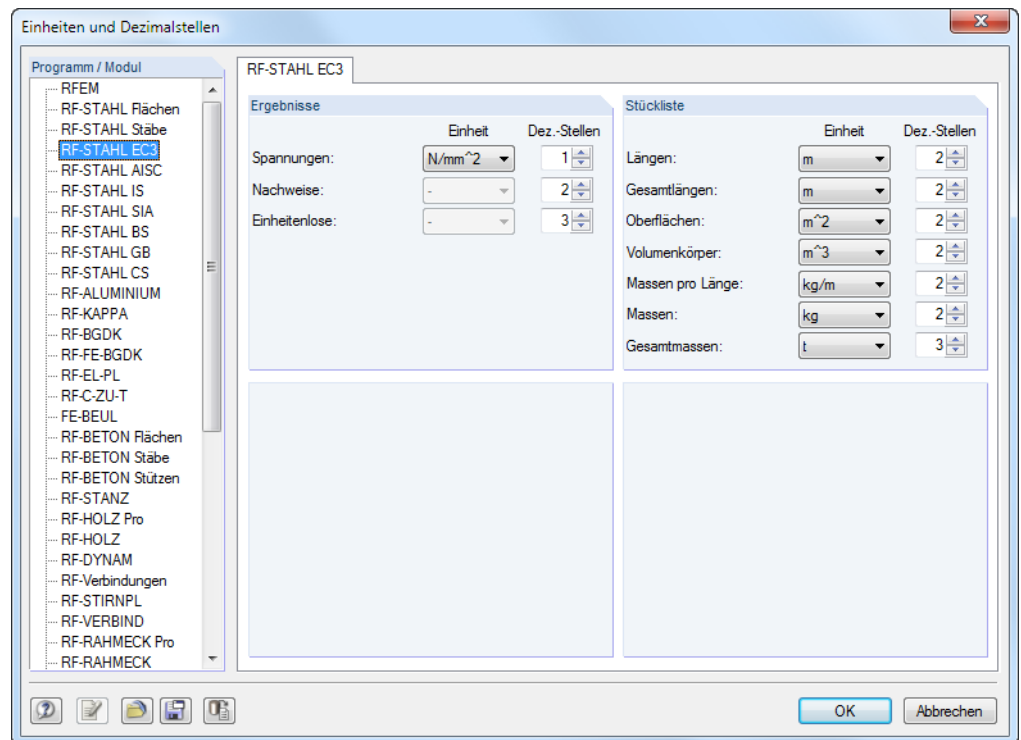


Bild 7.9 Dialog Einheiten und Dezimalstellen



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

7.4

Datenaustausch

7.4.1 Materialexport nach RFEM/RSTAB

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

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

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

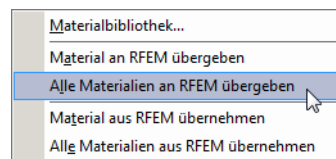


Bild 7.10 Kontextmenü der Maske *1.2 Materialien*

Berechnung

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

Wurden die geänderten Materialien noch nicht nach RFEM bzw. RSTAB exportiert, 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/RSTAB

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

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

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

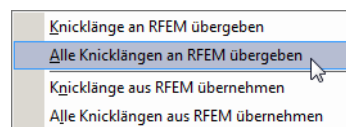


Bild 7.11 Kontextmenü der Maske *1.5 Effektive Längen - Stäbe*

Vor der Übergabe erfolgt eine Abfrage, ob die RFEM/RSTAB-Ergebnisse gelöscht werden sollen.

Wurden die geänderten Knicklängen noch nicht nach RFEM bzw. RSTAB exportiert, so können mit den im [Bild 7.11](#) gezeigten Optionen wieder die ursprünglichen Knicklängen in das Bemessungsmodul eingelesen werden.

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 6.1](#)) und dort exportiert werden über das Menü

Datei → **Export in RTF.**

Diese Funktion ist im Kapitel 10.1.1.1 des RFEM- bzw. RSTAB-Handbuchs beschrieben.

Excel

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

Datei → **Tabellen exportieren.**

Es öffnet sich folgender Exportdialog.

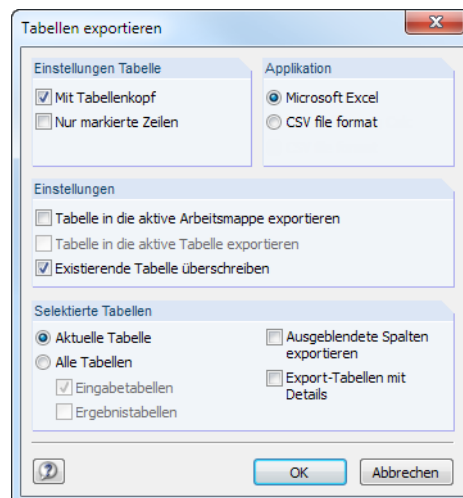


Bild 7.12 Dialog Tabellen exportieren

Wenn die Auswahl feststeht, kann der Export mit [OK] gestartet werden. Excel wird automatisch aufgerufen, d. h. das Programm braucht vorher nicht geöffnet werden.

1	Quersch.	Stab	Stelle	Belas-	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 - Biegeknicke um y nach 6.3.1.1 und 6.3.1.2(4)
10		12	0,000	LK2	0,22 ≤ 1	302) Stabilitätsnachweis - Biegeknicke um y nach 6.3.1.1 und 6.3.1.2
11		40	0,900	LK3	0,03 ≤ 1	311) Stabilitätsnachweis - Biegeknicke um z nach 6.3.1.1 und 6.3.1.2(4)
12		12	0,000	LK2	0,06 ≤ 1	321) Stabilitätsnachweis - Drillknicke 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

2.1 Nachweise lastfallweise 2.2 Nachweise querschnittsweise

Bereit

Bild 7.13 Ergebnis in Excel

8 Beispiele



Dieses Kapitel stellt zwei Beispiele zur Bemessung mit RF-/STAHL EC3 vor. Weitere Beispiele sind in folgenden Fachbeiträgen auf unserer Website beschrieben:

- <https://www.dlubal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/001377>
- <https://www.dlubal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/001447>
- <https://www.dlubal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/001600>
- <https://www.dlubal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/001622>

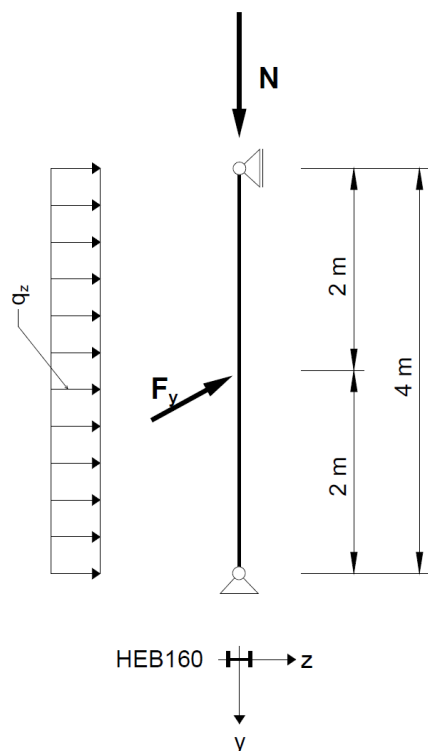
8.1

Stabilität

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

Bemessungswerte

System und Belastung



Bemessungswerte der statischen Lasten

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

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

$$F_{y,d} = 7.5 \text{ kN}$$

Bild 8.1 System und Belastung

Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung

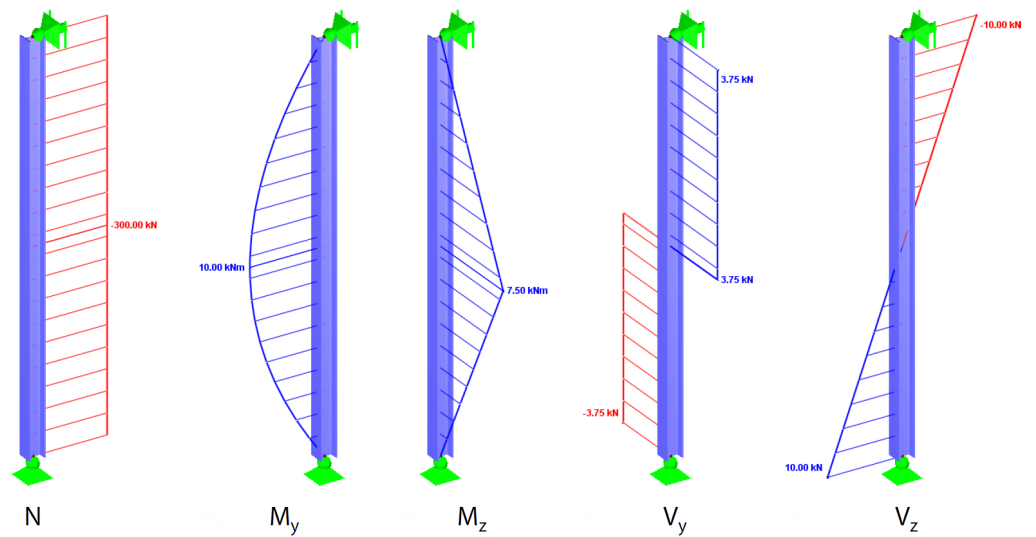


Bild 8.2 Schnittgrößen

Nachweisstelle (maßgebende x-Stelle)

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

N	M_y	M_z	V_y	V_z
-300,00 kN	10,00 kNm	7,50 kNm	3,75 kN	0,00 kN

Tabelle 8.1 Schnittgrößen

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^6
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 8.2 Querschnittswerte HE-B 160, S 235


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

$$N_{cr,z} = \frac{21000 \cdot 889.00 \cdot \pi^2}{400.00^2} = 1151.60 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{54.30 \cdot 23.5}{1151.60}} = 1.053 > 0.2$$

→ Nachweis Biegeknicken muss geführt werden

Profilgeometrie: $h/b = 1.00 \leq 1.2$; Baustahl S 235; $t \leq 100 \text{ mm}$

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

⇒ $\alpha_z = 0.49$ ([1]  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 8.3 Ergebnisse der RF-/STAHL EC3-Berechnung

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

$$N_{cr,y} = \frac{21000 \cdot 2490.00 \cdot \pi^2}{400.00^2} = 3225.51 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{54.30 \cdot 23.5}{3225.51}} = 0.629 > 0.2$$

→ 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: Knicklinie b

⇒ $\alpha_y = 0.34$ ([1] ☒ 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 8.4 Ergebnisse der RF-/STAHL EC3-Berechnung

Biegedrillknicken

Ideales Biegedrillknickmoment

Für dieses Beispiel wird das ideale Biegedrillknickmoment nach dem Nationalen Anhang Österreichs bestimmt. Dabei wird eine gelenkige und wölbefreie Lagerung vorausgesetzt.

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

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

$$M_{cr} = 1.13 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 889}{400^2} \cdot \sqrt{\frac{47940}{889} + \frac{400^2 \cdot 8100 \cdot 31.40}{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 889}} = 215.71 \text{ kNm}$$

Das Programm gibt auch $M_{cr,0}$ aus, welches sich für einen konstanten Momentenverlauf ermittelt.



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 $\bar{\chi}_{LT}$ berechnet.

Schlankheitsgrad für Biegedrillknicken

Berechnung nach [1] ▣ Abschnitt 6.3.2.2 für Stelle des maximalen Moments bei $x = 2.00$ m:

HEB-160, Querschnittsklasse 1: $W_y = W_{pl,y} = 354.00 \text{ cm}^3$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{354 \cdot 23.5}{215.71}} = 0.621$$

Abminderungsfaktor χ_{LT}

Berechnung gemäß [1] ▣ Abschnitt 6.3.2.3

HEB-160: $h/b = 1.0 < 2.0 \Rightarrow$ Knicklinie b nach [1] ▣ Tabelle 6.5

Hilfsbeiwert:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot [1 + 0.34 \cdot (0.621 - 0.40) + 0.75 \cdot 0.621^2] = 0.682$$

Grenzschlankheitsgrad:

$$\bar{\lambda}_{LT,0} = 0.40$$

Parameter (Mindestwert):

$$\beta = 0.75$$

Imperfektionsbeiwert gemäß [1] ▣ Tabelle 6.3:

$$\alpha_{LT} = 0.34$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0.682 + \sqrt{0.682^2 - 0.75 \cdot 0.621^2}} = 0.908$$

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

$$\chi_{LT,mod} = \frac{\chi_{LT}}{f} \quad \text{mit } f = 1 - 0.5 \cdot (1 - k_c) \cdot [1 - 2.0 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.8)^2]$$


$$\chi_{LT,mod} = \frac{0.908}{0.972} = 0.934$$

Korrekturbeiwert k_c nach [1] ▣ Tabelle 6.6 für parabelförmige Momentenverteilung:

$$k_c = 0.94$$

$$f = 1 - 0.5 \cdot (1 - 0.94) \cdot [1 - 2.0 \cdot (0.621 - 0.8)^2] = 0.972$$

Interaktionsbeiwerte k_{yy} und k_{yz}

Ermittlung gemäß [6] , Anhang B, Tabelle B2 für verdrehweiche Bauteile

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


$$C_{my} = C_{mLT} = 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_h = 0.95 \quad \text{mit} \quad \alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{0}{10} = 0$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right) \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right)$$

$$k_{yy} = 0.95 \cdot (1 + (0.629 - 0.2) \cdot 0.286) \leq 0.95 \cdot (1 + 0.8 \cdot 0.286) = \underline{1.067} \leq 1.167$$

$$k_{yz} = 0.60 \cdot k_{zz} = 0.60 \cdot 1.481 = \underline{0.888}$$

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:

$$C_{mz} = 0.90 + 0.01 \cdot \alpha_h = 0.90 \quad \text{mit} \quad \alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{0}{10} = 0$$

$$k_{zy} = \left(1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right) \geq \left(1 - \frac{0.1}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right)$$

$$k_{zy} = \left(1 - \frac{0.1 \cdot 1.053}{0.95 - 0.25} \cdot 0.461\right) \geq \left(1 - \frac{0.1}{0.95 - 0.25} \cdot 0.461\right) = \underline{0.892} \leq 0.934$$

$$k_{zy} = \underline{0.934}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right) \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right)$$

$$k_{zz} = 0.90 \cdot (1 + (2 \cdot 1.053 - 0.6) \cdot 0.461) \leq 0.90 \cdot (1 + 1.4 \cdot 0.461) = \underline{1.525} \geq 1.481$$

$$k_{zz} = \underline{1.481}$$

Interaktionsnachweis für Knicken um starke Achse und Biegedrillknicken

Nach [1] \square Gl. (6.61) muss folgende Anforderung erfüllt sein:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} \leq 1$$

mit

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 354 \cdot 23.5 = 8319 \text{ kNcm} = 83.19 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y = 169.96 \cdot 23.5 = 3994.1 \text{ kNcm} = 39.94 \text{ kNm}$$

$$\frac{300}{0.822 \cdot 1276.05 / 1.0} + 1.067 \cdot \frac{10.0}{0.908 \cdot 83.19 / 1.0} + 0.888 \cdot \frac{7.50}{39.94 / 1.0} = 0.594 \leq 1$$

Interaktionsnachweis für Knicken um schwache Achse und Biegedrillknicken

Nach [1] \square Gl. (6.62) muss folgende Anforderung erfüllt sein:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} \leq 1$$

$$\frac{300}{0.510 \cdot 1276.05 / 1.0} + 0.934 \cdot \frac{10.0}{0.908 \cdot 83.19 / 1.0} + 1.481 \cdot \frac{7.50}{39.94 / 1.0} = 0.863 \leq 1$$

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 ⁶		
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	verdreh- weich			
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)

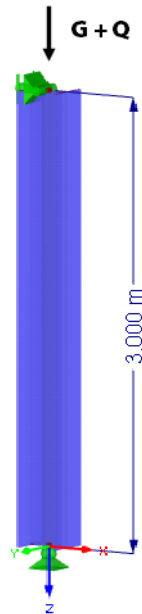
Tabelle 8.5 Ergebnisse der RF-/STAHL EC3-Berechnung

8.2

Brandschutz

Dieses Beispiel stellt die brandschutztechnische Bemessung einer Stahlstütze vor. Hierfür wird der nationale Anhang von Deutschland verwendet.

System und Belastung



Stützenquerschnitt: HE-B 300, Stahl S 235
 System: Pendelstütze, $\beta = 1.0$
 Systemhöhe: 3 m
 Belastung: $G_K = 1200$ kN, $Q_K = 600$ kN

Bild 8.3

Tragfähigkeitsnachweis bei Raumtemperatur

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

$$N_{cr,z} = \frac{21000 \cdot 8560.00 \cdot \pi^2}{300.00^2} = 19712.90 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{149.0 \cdot 23.5}{19712.90}} = 0.422 > 0.2$$

→ Nachweis Biegeknicen 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: Knicklinie c

⇒ $\alpha_z = 0.49$ ([1] Tabelle 6.1)

$$\phi = 0.5 \cdot [1 + 0.49 \cdot (0.422 - 0.2) + 0.422^2] = 0.643$$

$$\chi_z = \frac{1}{0.643 + \sqrt{0.643^2 - 0.422^2}} = 0.886$$

$$N_{Ed} = 1.35 \cdot G_K + 1.5 \cdot Q_K = 1.35 \cdot 1200 + 1.5 \cdot 600 = 2520 \text{ kN}$$

Nachweis

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{2520}{0.886 \cdot 149.0 \cdot 23.5 / 1.1} = 0.894 \leq 1.0$$

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	0.4215		> 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	0.643			6.3.1.2(1)
Abminderungsbeiwert	χ_z	0.886			Gl. (6.49)
Biegeknickbeanspruchbarkeit	$N_{b,z,Rd}$	2821.80	kN		Gl. (6.47)
Nachweis	η	0.893		≤ 1.0	Gl. (6.46)

Tabelle 8.6 Ergebnisse der RF-/STAHL EC3-Berechnung

Brandschutznachweis

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

Als Brandschutzmaterial wird eine kastenförmige GFK-Bekleidung mit folgenden Eigenschaften verwendet:

Spezifisches Gewicht: $\rho_p = 945 \text{ kg/m}^3$

Wärmeleitfähigkeit: $\lambda_p = 0.2 \text{ W/K}$

Spezifische Wärmekapazität: $c_p = 1700 \text{ J/kgK}$

Dicke: $d_p = 18 \text{ mm}$

Ermittlung der Abminderungsfaktoren

$k_{y,\theta} = 0.704$ [10]  Tabelle 3.1

$k_{E,\theta} = 0.528$ [10]  Tabelle 3.1

Nachweis unter Brandbeanspruchung nach [2] ▣ Abschnitt 4.2.3.2

Imperfektionsbeiwert α :

$$\alpha = 0.65 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0.65 \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 0.65$$

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

$$\bar{\chi}_\theta = \bar{\lambda} \cdot \left[\frac{k_{y,\theta}}{k_{E,\theta}} \right]^{0.5} = 0.422 \cdot \left[\frac{0.704}{0.528} \right]^{0.5} = 0.486$$

Hilfsbeiwert:

$$\Phi_\theta = \frac{1}{2} \cdot [1 + \alpha \cdot \bar{\lambda}_\theta + \bar{\lambda}_\theta^2] = \frac{1}{2} \cdot [1 + 0.65 \cdot 0.486 + 0.486^2] = 0.776$$

Abminderungsfaktor für das Biegeknicken unter Brandbeanspruchung:

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\Phi_\theta + \sqrt{\Phi_\theta^2 - \bar{\lambda}_\theta^2}} = \frac{1}{0.776 + \sqrt{0.776^2 - 0.486^2}} = 0.724$$

Knickfestigkeit des druckbeanspruchten Bauteils:

$$N_{b,fi,Rd} = \frac{\chi_{fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y}{\gamma_{M,fi}} = \frac{0.724 \cdot 149.0 \cdot 0.704 \cdot 23.5}{1.0} = 1784.7 \text{ kN}$$

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

$$\eta = \frac{N_{fi,Ed}}{N_{b,fi,Rd}} = \frac{1740}{1784.7} = 0.975 \leq 1.0$$

Ergebnisse der RF-/STAHL EC3-Berechnung

Abminderungsbeiwert	$k_{y,\theta}$	0.704			[2]  , Tab. 3.1
Abminderungsbeiwert	$k_{E,\theta}$	0.528			[2]  , Tab. 3.1
Schlankheitsgrad	$\lambda_{z,\theta}$	0.486			[2]  , Gl. (4.7)
Imperfektionsbeiwert	α	0.650			[2]  , 4.2.3.2(2)
Hilfsbeiwert	$\Phi_{z,\theta}$	0.776			[2]  , 4.2.3.2(2)
Abminderungsbeiwert	$\chi_{z,fi}$	0.724			[2]  , Gl. (4.6)
Teilsicherheitsbeiwert	$\gamma_{M,fi}$	1.000			[2]  , 2.3 (1)
Biegeknick-beanspruchbarkeit	$N_{b,fi,z,\theta,Rd}$	1784.4	kN		[2]  , Gl. (4.5)
Nachweis	η	0.975		≤ 1.0	[2]  , Gl. (4.1)

Tabelle 8.7 Ergebnisse der RF-/STAHL EC3-Berechnung



In unserer Knowledge Base finden Sie weitere Informationen zum thermischen Verhalten des Werkstoffes Stahl bei der Tragwerksbemessung für den Brandfall:

<https://www.dlubal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/001496> 

Ein anderer Beitrag beschreibt die Brandbemessung mittels parametrischer Temperatur-Zeit-Kurven:

<https://www.dlubal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/001613> 

9 Literatur



- [1] Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2010
- [2] Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2010.
- [3] Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-3: Allgemeine Regeln - Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2010
- [4] Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-4: Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2007.
- [5] Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2010.
- [6] Johannes Naumes, Isabell Strohmann, Dieter Ungermann und Gerhard Sedlacek. Die neuen Stabilitätsnachweise im Stahlbau nach Eurocode 3. Stahlbau, 77, 2008.
- [7] Johannes Naumes, Markus Feldmann, und Gerhard Sedlacek. Biegeknicken und Biegedrillknicken von Stäben auf einheitlicher Grundlage, Band 70, Shaker Verlag 2010.
- [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] Kindmann, R.; Frickel, J.: Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit. Berlin: Ernst & Sohn, 2002
- [11] F. Nowzartash and M. Mohareb. Plastic interaction relations for elliptical hollow sections. Thin-Walled Structures, 47, 2009.
- [12] EN 1993-1-8: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2010
- [13] Handbuch DUENQ. Tiefenbach: Dlubal Software, Juni 2020.