



Fassung
November 2016

Zusatzmodul

RF-/STAHL BS

Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweis nach BS EN 1993-1-1 und BS 5950-1

Programmbeschreibung

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

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



© **Dlubal Software GmbH 2016**
Am Zellweg 2
D-93464 Tiefenbach
Deutschland

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



Inhalt

Inhalt	Seite
1. Einleitung	3
1.1 Zusatzmodul RF-/STAHL BS	3
1.2 Gebrauch des Handbuchs	4
1.3 Aufruf des Moduls RF-/STAHL BS	4
2. Eingabedaten	6
2.1 Basisangaben	6
2.1.1 Tragfähigkeit	6
2.1.2 Gebrauchstauglichkeit	9
2.1.3 Nationaler Anhang (NA)	10
2.2 Materialien	13
2.3 Querschnitte	15
2.4 Zwischenabstützungen	18
2.5 Effektive Längen - Stäbe	19
2.6 Effektive Längen - Stabsätze	23
2.7 Knotenlager - Stabsätze	23
2.8 Stabendgelenke - Stabsätze	27
2.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter	28
2.10 Parameter - Stäbe	29
2.11 Parameter - Stabsätze	36
3. Berechnung	37
3.1 Detaileinstellungen	37
3.1.1 Tragfähigkeit	37
3.1.2 Stabilität	39
3.1.3 Gebrauchstauglichkeit	42
3.1.4 Allgemein	43
3.2 Start der Berechnung	44
4. Ergebnisse	46
4.1 Nachweise lastfallweise	47
4.2 Nachweise querschnittsweise	48
4.3 Nachweise stabsatzweise	49
4.4 Nachweise stabweise	50
4.5 Nachweise x-stellenweise	50
4.6 Maßgebende Schnittgrößen stabweise	51
4.7 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise	52
4.8 Stabschlankheiten	53
4.9 Stückliste stabweise	54
4.10 Stückliste stabsatzweise	55
5. Ergebnisauswertung	56
5.1 Ergebnisse am RFEM/RSTAB-Modell	57
5.2 Ergebnisverläufe	60
5.3 Filter für Ergebnisse	61
6. Ausdruck	63
6.1 Ausdruckprotokoll	63
6.2 Grafikausdruck	64
7. Allgemeine Funktionen	66
7.1 Bemessungsfälle	66



7.2	Querschnittsoptimierung	68
7.3	Einheiten und Dezimalstellen	70
7.4	Datenaustausch	71
7.4.1	Materialexport nach RFEM/RSTAB	71
7.4.2	Export der Ergebnisse	71
8.	Beispiel	73
8.1	Bemessungswerte	73
8.2	Querschnittswerte - IPE 300	74
8.3	Materialkennwerte - S 275	74
8.4	Klassifizierung des Querschnitts	75
8.5	Biegeknicken um y-Achse (starke Achse)	76
8.6	Biegeknicken um z-Achse (schwache Achse)	77
8.7	Biegedrillknicken	79
8.8	Biegung	80
8.9	Anpassungsfaktoren für Momentenverlauf	80
8.10	Stabilitätsnachweis	80
A.	Literatur	83
B.	Index	84

1 Einleitung

1.1 Zusatzmodul RF-/STAHL BS

Die britische Norm BS 5950-1:2000 [1] regelt den Entwurf, die Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten im Vereinigten Königreich. Die Zusatzmodule RF-/STAHL BS (für RFEM) und STAHL BS (für RSTAB) sind auf diese Norm abgestimmt. Des Weiteren ist auch die Bemessung nach BS EN 1993-1-1:2005 (Eurocode 3) [2] mit Berücksichtigung des Nationalen Anhangs für das Vereinigte Königreich möglich.



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

RF-/STAHL BS führt alle typischen Tragsicherheits- und Stabilitätsnachweise sowie den Gebrauchstauglichkeitsnachweis (Verformungsnachweis) für Stabtragwerke. Beim Tragsicherheitsnachweis werden verschiedene Beanspruchungsarten erfasst. Ein wesentlicher Bestandteil der Nachweisführung gemäß *British Standard* ist die Einteilung der nachzuweisenden Querschnitte in die vier Querschnittsklassen (*plastic, compact, semi-compact, slender*). Damit soll die Begrenzung der Beanspruchbarkeit und Rotationskapazität durch lokales Beulen von Querschnittsteilen festgestellt werden. Hierzu ermittelt RF-/STAHL BS die c/t -Verhältnisse der druckbeanspruchten Querschnittsteile und klassifiziert dann die Querschnitte entsprechend.

Für die Stabilitätsnachweise kann für jeden einzelnen Stab oder Stabsatz ausgewählt werden, ob Biegeknicken in y - und/oder z -Richtung möglich ist. Es können auch zusätzliche seitliche Halterungen definiert werden, um das Modell realitätsnah abzubilden. RF-/STAHL BS ermittelt anhand der Randbedingungen die Vergleichsschlankheiten und kritischen Spannungen. Das für den Biegedrillknicknachweis benötigte ideale Biegedrillknickmoment wird automatisch ermittelt. Zudem kann der Lastangriffspunkt von Querlasten, der sich entscheidend auf die Drillbeanspruchung auswirkt, für den Nachweis berücksichtigt werden.

Der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist in der modernen Bauweise mit sehr schlanken Querschnitten wichtig für die statische Berechnung. Hierfür können den diversen Bemessungssituationen Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen einzeln zugewiesen werden. Die Grenzverformungen können benutzerdefiniert festgelegt werden.

Wie die übrigen Zusatzmodule ist RF-/STAHL BS vollständig in RFEM bzw. RSTAB integriert. Das Zusatzmodul präsentiert sich somit nicht nur optisch als fester Bestandteil des Hauptprogramms. Da die Bemessungsergebnisse in das zentrale Ausdruckprotokoll eingebunden werden können, lässt sich die gesamte Nachweisführung in ansprechender und einheitlicher Form präsentieren.

Im Programm steht eine automatische Querschnittsoptimierung mitsamt Exportmöglichkeit der geänderten Profile nach RFEM bzw. RSTAB zur Verfügung. Separate Bemessungsfälle erlauben eine flexible Untersuchung einzelner Bauteile von komplexen Modellen.

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

Ihr DLUBAL-Team

1.2 Gebrauch des Handbuchs

Da die Themenbereiche Installation, Benutzeroberfläche, Ergebnisauswertung und Ausdruck im RFEM- bzw. RSTAB-Handbuch 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 BS ergeben.



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

Am Ende des Handbuchs befindet sich ein Stichwortverzeichnis. Sollten Sie dennoch nicht fündig werden, so können Sie die Suchfunktion auf unserer [Website](#) nutzen, um in der Liste der häufig gestellten Fragen das Problem nach bestimmten Kriterien einzuzugrenzen.

1.3 Aufruf des Moduls RF-/STAHL BS

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

Menü

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

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

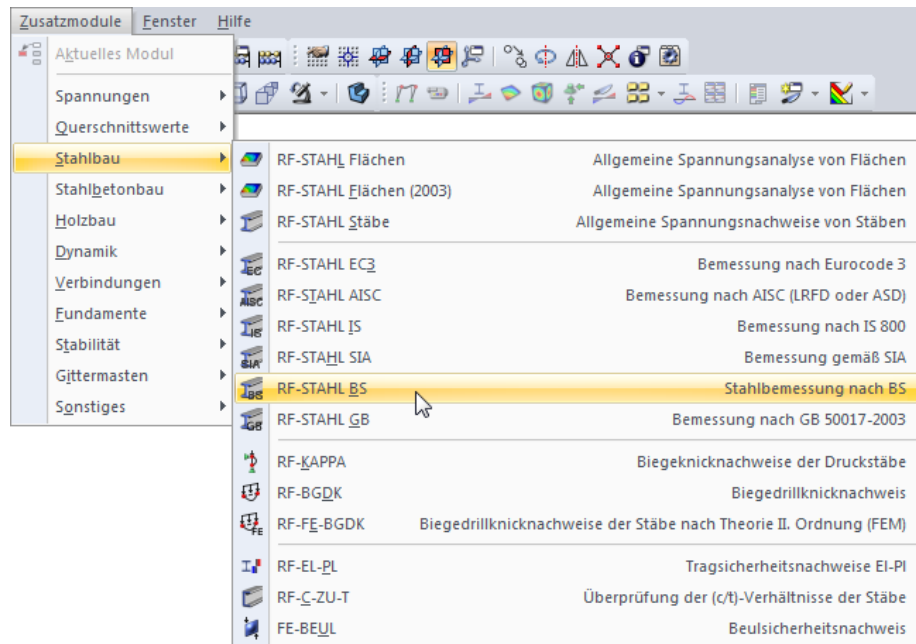


Bild 1.1: Menü Zusatzmodule → Stahlbau → RF-/STAHL BS

Navigator

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

Zusatzmodule → **RF-/STAHL BS**.

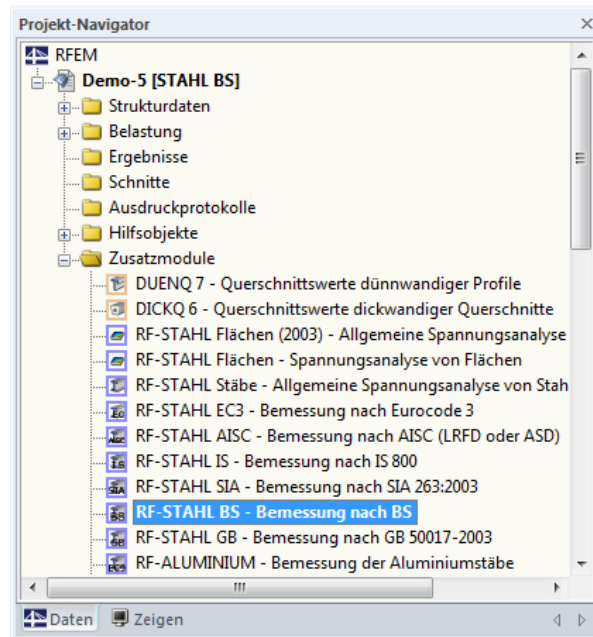
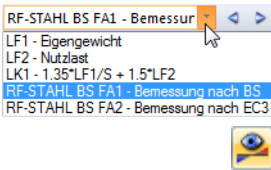


Bild 1.2: *Daten*-Navigator: Zusatzmodule → RF-STAHLS BS



Panel

Wenn im Modell bereits Ergebnisse für RF-/STAHL BS vorliegen, kann der relevante Bemessungsfall in der Lastfallliste der Menüleiste eingestellt werden. Über die Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] lässt sich dann das Nachweiskriterium an den Stäben grafisch darstellen.

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

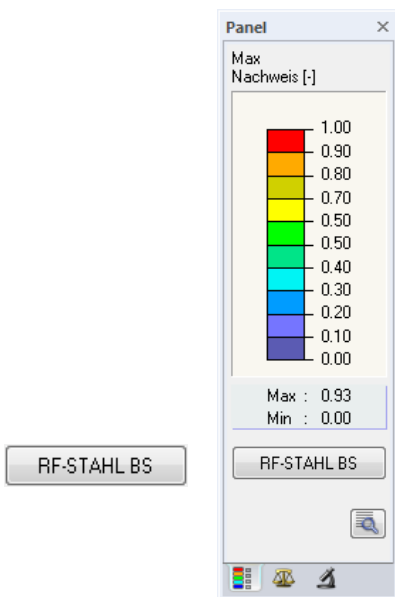


Bild 1.3: Panel-Schaltfläche [RF-STAHLS BS]

2 Eingabedaten



Nach dem Aufruf des Zusatzmoduls erscheint ein neues Fenster. Links wird ein Navigator angezeigt, der die verfügbaren Masken verwaltet. Darüber befindet sich eine Pulldownliste mit den Bemessungsfällen (siehe [Kapitel 7.1, Seite 66](#)).

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

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



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



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

2.1 Basisangaben

In Maske *1.1 Basisangaben* sind die zu bemessenden Stäbe, Stabsätze und Einwirkungen auszuwählen. In den beiden Registern werden die Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen für den Nachweis der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit verwaltet.

2.1.1 Tragfähigkeit

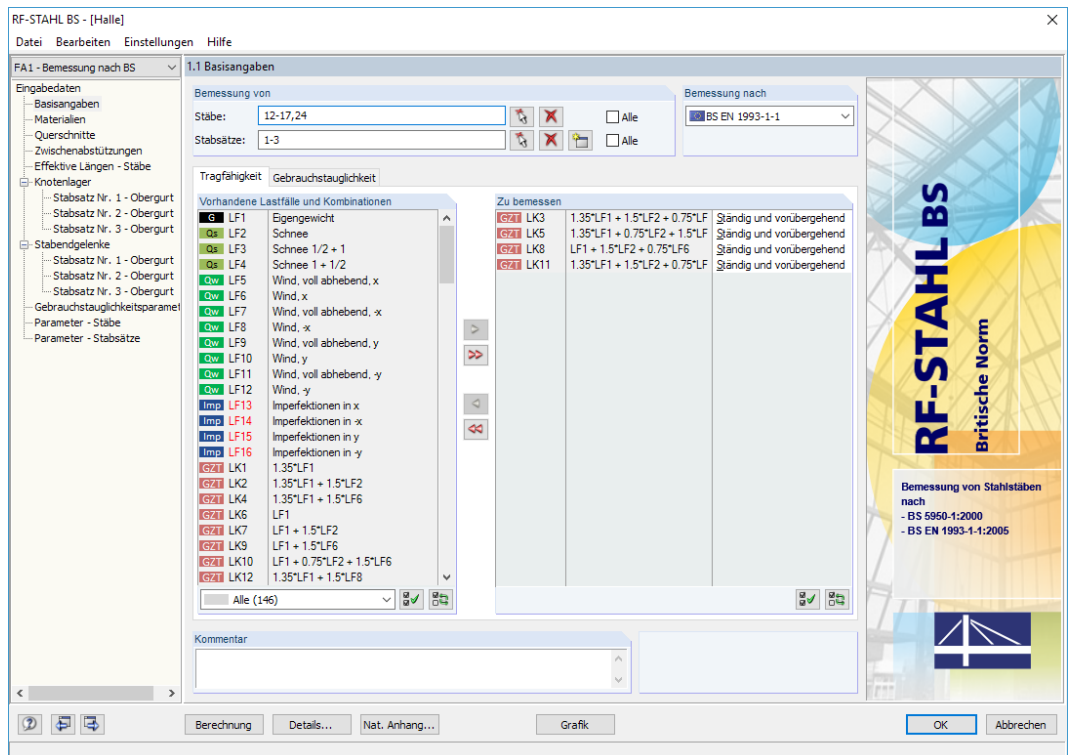


Bild 2.1: Maske 1.1 Basisangaben, Register Tragfähigkeit

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 für Stabilitätsuntersuchungen entsprechend 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.

Bemessung nach

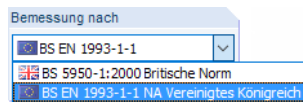


Bild 2.3: Auswahl der Norm

Das Auswahlfeld steuert, ob die Bemessung nach BS 5950-1:2000 [1] oder BS EN 1993-1-1 [2] mit Nationalem Anhang für das Vereinigte Königreich erfolgt.

Vorhandene Lastfälle und Kombinationen

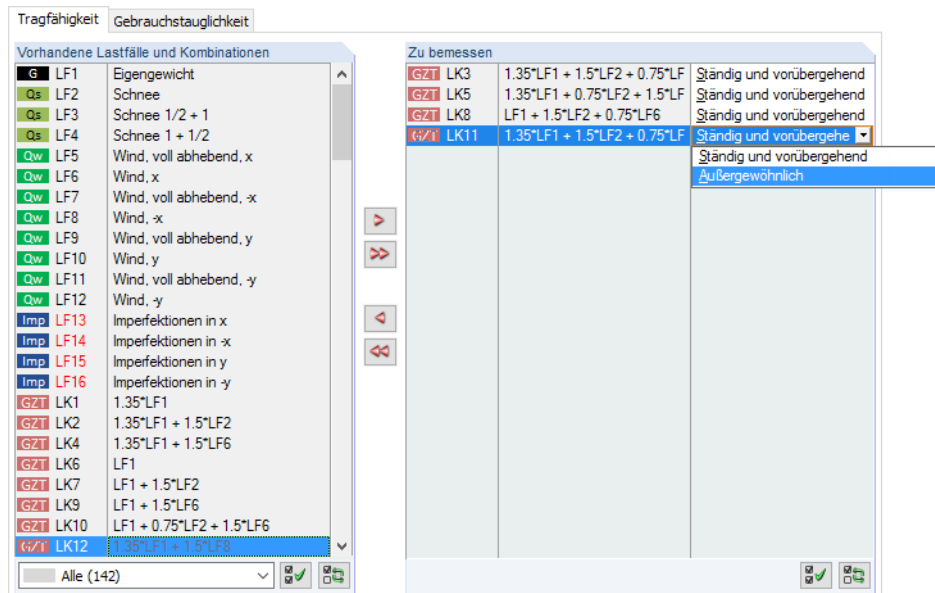


Bild 2.4: Listen *Vorhandene Lastfälle und Kombinationen* und *Zu bemessen*

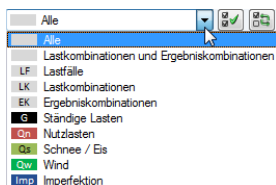
In der Spalte *Vorhandene Lastfälle und Kombinationen* sind alle Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen aufgelistet, die in RFEM bzw. RSTAB angelegt wurden.

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, 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.

Bei der Bemessung nach BS EN 1993-1-1 können die Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen folgenden Bemessungssituationen zugewiesen werden (siehe [Bild 2.4](#)):

- *Ständig und vorübergehend*
- *Außergewöhnlich*

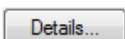
Diese Einteilung steuert die Beiwerte γ_{M0} , γ_{M1} und γ_{M2} , die in die Ermittlung der Beanspruchbarkeiten R_d für die Querschnitts- und Stabilitätsnachweise einfließen (siehe [Bild 2.6, Seite 10](#)).

Die Bemessungssituation kann über die Liste geändert werden, die mit der Schaltfläche am Ende des Eingabefeldes zugänglich ist. Auch hier ist eine Mehrfachauswahl mit gedrückter [Strg]-Taste möglich, sodass mehrere Einträge gleichzeitig geändert werden können.



Bemessung einer Ergebniskombination

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



Im Dialog *Details*, Register *Allgemein* kann festgelegt werden, wie Ergebniskombinationen des Typs ‚oder‘ bei der Bemessung behandelt werden sollen (siehe [Kapitel 3.1.4, Seite 43](#)).

Kommentar

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

2.1.2 Gebrauchstauglichkeit

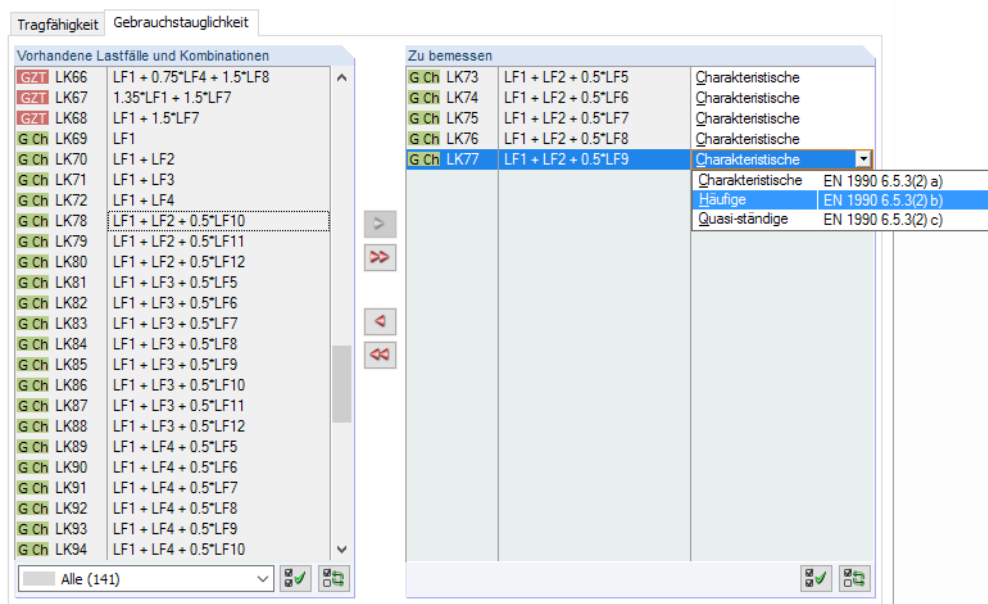


Bild 2.5: Maske 1.1 Basisangaben, Register Gebrauchstauglichkeit

Vorhandene Lastfälle und Kombinationen

In diesem Abschnitt sind alle Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen 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.

Bemessungskombination

Bei der Bemessung nach BS EN 1993-1-1 ist es 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 2.5](#)).

Nat. Anhang...

Die Grenzwerte der Verformungen sind im Nationalen Anhang geregelt. Sie können über die Schaltfläche [Nat. Anhang] im Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* (siehe [Bild 2.6](#), [Seite 10](#)) für die Bemessungssituationen angepasst werden.

In *Maske 1.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter* werden die für den Verformungsnachweis maßgebenden Bezugsängen verwaltet (siehe [Kapitel 2.9](#), [Seite 28](#)).

2.1.3 Nationaler Anhang (NA)

Nat. Anhang...

Wenn die Bemessung nach BS EN 1993-1-1 [2] erfolgt, ist in allen Eingabemasken die Schaltfläche [Nat. Anhang] verfügbar. Sie ruft den Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* auf. Dieser Dialog besteht aus zwei Registern.

Basis

Bild 2.6: Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs*, Register *Basis*

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



Zudem kann im Abschnitt *Allgemeines Verfahren nach 6.3.4* festgelegt werden, ob die Stabilitätsnachweise stets nach [2] Abschnitt 6.3.4 erfolgen sollen. Nach dem deutschen Nationalen Anhang ist das allgemeine Verfahren nur für I-förmige Profile zulässig. Mit dem Aktivieren der Option *Zulassen auch für Nicht-I-Profile* kann das Verfahren auch für andere Querschnitte genutzt werden.

Des Weiteren ist die Stabilitätsuntersuchung unter Verwendung der Europäischen Biegedrillknickkurve nach NAUMES [3] möglich. In seiner Dissertation von November 2009 erweiterte NAUMES das Allgemeine Verfahren für Knick- und Biegedrillknicknachweise für Bauteile nach EN 1993-1-1:2007 6.3.4 für zusätzliche Querbiegung und Torsion. Dieses Verfahren steht auch in RF-/STAHL BS zur Bemessung von unsymmetrischen Querschnitten sowie von Voutenstäben und Stabsätzen mit zweiachsiger Biegung zur Verfügung.

Nach 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 [2] Gleichung (6.66).

Da das Verfahren nach NAUMES auf der europäischen standardisierten Biegedrillknickkurve unter Berücksichtigung des modifizierten Imperfektionsbeiwerts α^* beruht, kann die Interaktion zwischen Biegeknicken und Biegedrillknicken nach [2] 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 2.7: 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 2.8 bestimmt. Im zweiten Schritt wird das Nachweiskriterium Δn_R ermittelt.

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 2.8: Bestimmung des Momentenbeiwerts q_{Mz}

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

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

Schaltfläche	Funktion
	Stellt die programmseitigen Voreinstellungen wieder her
	Liest benutzerdefinierte Standardeinstellungen ein
	Speichert geänderte Einstellungen als Standard

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

Nichtrostender Stahl

RF-/STAHL BS ermöglicht auch die Bemessung von Bauteilen aus nichtrostendem Stahl gemäß EN 1993-1-4 [4]. Im zweiten Register des Dialogs *Parameter des Nationalen Anhangs* sind die relevanten *Teilsicherheitsbeiwerte* und *Parameter für Stabilitätsnachweis* hinterlegt.

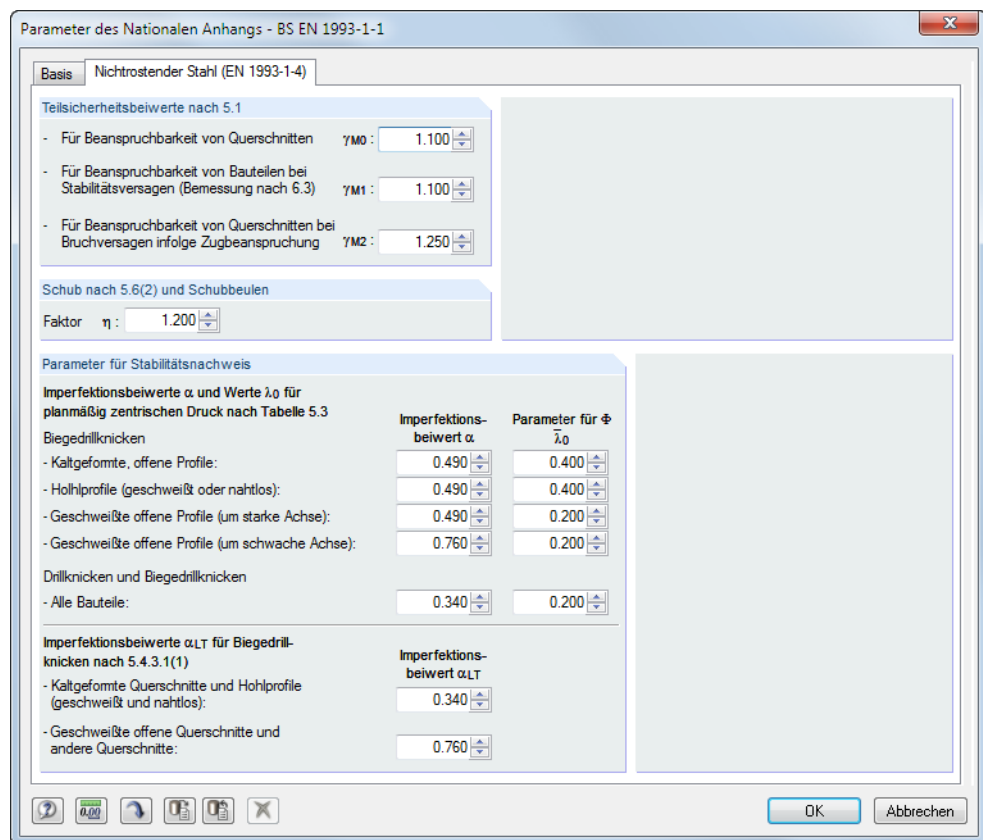


Bild 2.9: Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs*, Register *Nichtrostender Stahl (EN 1993-1-4)*

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	Beton C30/37 EN 1992-1-1:2004/A1:2014	
2	Baustahl S 235 BS EN 1993-1-1:2005	
3	Grade S 275 Steel BS 5950-1:2000	

Haupt-Kennwerte			
Elastizitätsmodul	E	210000.0	MPa
Schubmodul	G	80769.2	MPa
Poissonsche Zahl (Querdehnzahl)	ν	0.300	
Spezifisches Gewicht	γ	78.50	kN/m ³
Temperaturdehnzahl (Wärmedehnzahl)	α	1.2000E-05	1/°C
Teilsicherheitsbeiwert	γ_M	1.00	

Zusätzliche Kennwerte			
Dickenbereich t ≤ 16.0 mm			
Streckgrenze	f_y	235.000	MPa
Zugfestigkeit	f_u	360.000	MPa
Dickenbereich t > 16.0 mm und t ≤ 40.0 mm			
Streckgrenze	f_y	225.000	MPa
Zugfestigkeit	f_u	360.000	MPa
Dickenbereich t > 40.0 mm und t ≤ 100.0 mm			
Streckgrenze	f_y	215.000	MPa
Zugfestigkeit	f_u	360.000	MPa
Dickenbereich t > 100.0 mm und t ≤ 150.0 mm			
Streckgrenze	f_y	195.000	MPa
Zugfestigkeit	f_u	350.000	MPa
Dickenbereich t > 150.0 mm und t ≤ 200.0 mm			
Streckgrenze	f_y	185.000	MPa
Zugfestigkeit	f_u	340.000	MPa
Dickenbereich t > 200.0 mm und t ≤ 250.0 mm			
Streckgrenze	f_y	175.000	MPa

Material Nr. 2 angewendet in

Querschnitte Nr.: 1-3,5-8

Stäbe Nr.: 1-112

Stabsätze Nr.: 1-7

Σ Längen: 594.04 [m] Σ Massen: 20.344 [t]

Bild 2.10: Maske 1.2 *Materialien*

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, Seite 70](#)).

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 links dargestellte Materialliste zu öffnen.

Gemäß Bemessungskonzept der Norm [1] [4] 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 BS ebenfalls die Materialkennwerte ein.

Die Materialeigenschaften sind im Modul RF-/STAHL BS grundsätzlich nicht editierbar.

Material Bezeichnung		
Grade S 355 Steel BS 5950-1:2000		
Baustahl S 235	EN 10025-2:2004-11	
Baustahl S 275	EN 10025-2:2004-11	
Baustahl S 355	EN 10025-2:2004-11	
Baustahl S 450	EN 10025-2:2004-11	
Baustahl S 185	EN 10025-2:2004-11	
Baustahl S 235 JR	EN 10025-2:2004-11	
Baustahl S 235 J0	EN 10025-2:2004-11	
Baustahl S 235 J2	EN 10025-2:2004-11	
Baustahl S 275 JR	EN 10025-2:2004-11	
Baustahl S 275 J0	EN 10025-2:2004-11	

Materialbibliothek

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

Bearbeiten → **Materialbibliothek**



oder die links dargestellte Schaltfläche.

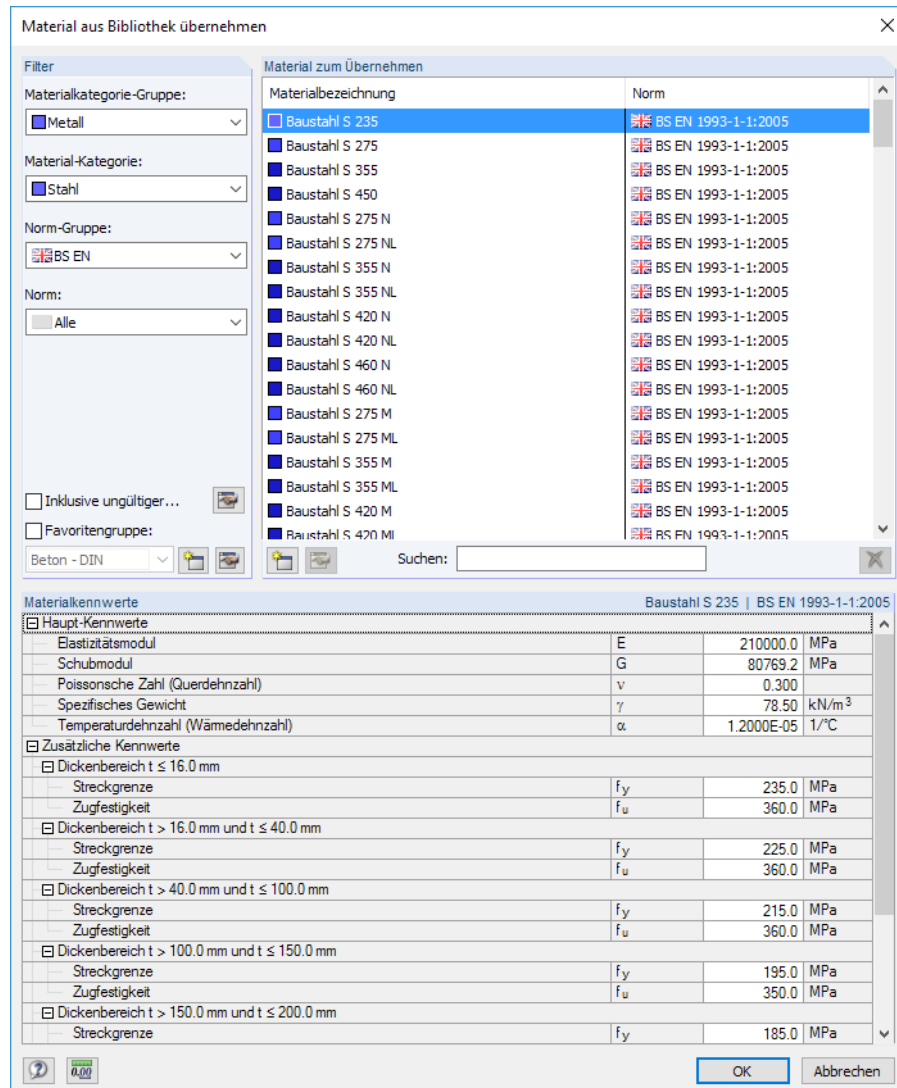
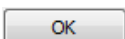


Bild 2.11: Dialog *Material aus Bibliothek übernehmen*

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

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.



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

Das Kapitel 4.3 des RFEM-Handbuchs bzw. Kapitel 4.2 des RSTAB-Handbuchs beschreibt, wie Materialien gefiltert, ergänzt oder neu sortiert werden können.

In der Bibliothek lassen sich auch Materialien der Kategorien *Gusseisen* und *Nichtrostender Stahl* auswählen. Für die Bemessung sollte überprüft werden, ob diese Materialien vom Bemessungskonzept des *British Standard* abgedeckt sind.

2.3 Querschnitte

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

1.3 Querschnitte

Quersch. Nr.	A	B	C	D	E	F
Material Nr.	Querschnittsbezeichnung	Querschnittstyp	Optimieren	Anmerkung	Kommentar	
1	2	I IPE 500 British Steel	I-Profil gewalzt	Nein		
2	2	I IPE 360 British Steel	I-Profil gewalzt	Nein		
3	2	I IPE 450 British Steel	I-Profil gewalzt	Nein		
5	1	UBP 254x254x63 British Steel	Unzulässig	Nein	6)	
6	2	I IPE 300 British Steel	I-Profil gewalzt	Nein		
7	2	QRO 80x5.0 British Steel	Hohlprofil gewalzt	Nein		
8	2	• RD 24	Kreisstahl	Nein		

Querschnittswerte - IPE 360 | British Steel

Querschnittstyp	I-Profil gewalzt	
Querschnittshöhe	h	360.0 mm
Querschnittsbreite	b	170.0 mm
Stegdicke	t _w	8.0 mm
Flanschdicke	t _f	12.7 mm
Ausrundungsradius	r	18.0 mm
Querschnittsfläche	A	72.70 cm ²
Wirksame Schubfläche	A _{v,y}	45.26 cm ²
Wirksame Schubfläche	A _{v,z}	35.11 cm ² ≥ η _h ·t _w
Flächenträgheitsmoment	I _y	16270.00 cm ⁴
Flächenträgheitsmoment	I _z	1043.00 cm ⁴
Torsionsträgheitsmoment	I _t	37.40 cm ⁴
Trägheitsradius	i _y	150.0 mm
Trägheitsradius	i _z	37.9 mm
Elastisches Widerstandsmoment	W _{el,y}	904.00 cm ³
Elastisches Widerstandsmoment	W _{el,z}	123.00 cm ³
Plastisches Widerstandsmoment	W _{pl,y}	1019.00 cm ³

2 - IPE 360 | British Steel

Querschnitt Nr. 2 angewendet in

Stäbe Nr.:

11-16, 19-24, 27-32, 35-40, 43-48

Stabsätze Nr.:

2-6

Σ Längen: 99.53 [m] Σ Massen: 5.864 [t]

Material:

2 - Baustahl S 235 | BS EN 1993-1-1:200

Bild 2.12: 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 Profilvereihe des aktuellen Eingabefeldes auf (siehe Bild 2.13).



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 Profilibibliothek zugänglich.

Das Kapitel 4.13 des RFEM-Handbuchs 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 BS die Querschnittskennwerte ein.

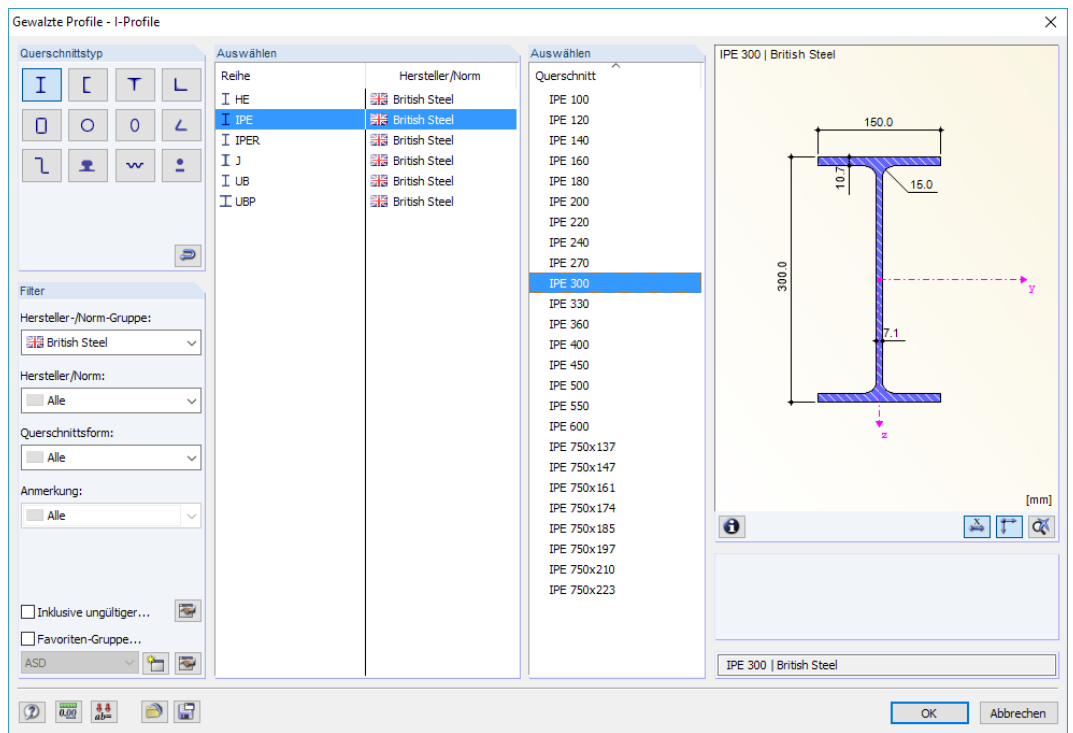
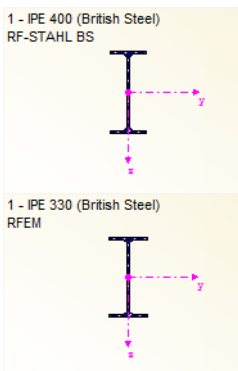


Bild 2.13: Querschnittsbibliothek: *Gewalzte Profile - I-Profile*



Ein geänderter Querschnitt wird mit blauer Schrift gekennzeichnet.

Falls unterschiedliche Querschnitte in RF-/STAHL BS 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 BS gewählten Querschnitt.

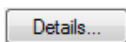
Querschnittstyp

Es wird der Querschnittstyp angegeben, der für die Klassifizierung verwendet wird. Die in [2] Tabelle 5.2 aufgelisteten Querschnitte können je nach Klasse plastisch oder elastisch bemessen werden. Querschnitte, die nicht von dieser Tabelle abgedeckt sind, werden als *Allgemein* eingestuft. Diese können nur elastisch bemessen werden (Klasse 3 oder 4).

Max. Nachweis

Diese Spalte wird erst nach der Berechnung angezeigt. Sie dient als Entscheidungshilfe für eine Optimierung. Anhand der Nachweisquotienten und der farbigen Relationsbalken wird deutlich, welche Profile kaum ausgenutzt und somit überdimensioniert bzw. zu stark beansprucht und damit 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 3.5, Seite 43).

Um einen Querschnitt zu optimieren, ist die Liste in Spalte D bzw. E zu öffnen und der gewünschte Eintrag auszuwählen: *Aus der aktuellen Reihe* oder ggf. *Aus Favoriten*, *Bezeichnung*. Empfehlungen zur Profilloptimierung finden Sie im Kapitel 7.2 auf Seite 68.

Anmerkung

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



Erscheint vor der Berechnung die Meldung *Unzulässiger Querschnitt Nr. XX*, so liegt ein Profil vor, das nicht in der Datenbank registriert ist. Dabei kann es sich um einen eigendefinierten oder nicht berechneten DUENQ-Querschnitt handeln. Über die [Bibliothek] kann ein geeignetes Profil für die Bemessung eingestellt werden (siehe Beschreibung nach Bild 2.12).

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 BS 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/RSTAB noch in RF-/STAHL BS möglich.

Die Profil-Spannungspunkte mitsamt Nummerierung lassen sich grafisch überprüfen: Selektieren Sie in Maske 1.3 den Querschnitt und drücken dann die Schaltfläche . Es öffnet sich der im Bild 2.14 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*-Teile eingesehen werden.

Querschnittswert	Symbol	Wert	Einheit
Profilhöhe	h	360.0	mm
Profilbreite	b	170.0	mm
Stegdicke	t _s	8.0	mm
Flanschdicke	t _g	12.7	mm
Ausrundungsradius	r	18.0	mm
Querschnittsfläche	A	72.70	cm ²
Schubfläche	A _y	36.05	cm ²
Schubfläche	A _z	26.92	cm ²
Wirksame Schubfläche nach EC 3	A _{v,y}	45.26	cm ²
Wirksame Schubfläche nach EC 3	A _{v,z}	35.11	cm ²
Stegfläche	A _{Steg}	26.77	cm ²
Plastische Schubfläche	A _{ply}	43.18	cm ²
Plastische Schubfläche	A _{pl,z}	27.78	cm ²
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grad	I _y	16270.00	cm ⁴
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grad	I _z	1043.00	cm ⁴
Trägheitsradius	i _y	150.0	mm
Trägheitsradius	i _z	37.9	mm
Polarer Trägheitsradius	i _p	154.7	mm
Trägheitsradius des Gurtquerschnitts (1/5	i _{zg}	42.9	mm
Volumen	V	7270.00	cm ³ /m
Querschnittsgewicht	G	57.1	kg/m
Mantelfläche	A _{Mantel}	1.353	m ² /m
Profilfaktor	A _m /V	186.121	1/m
Torsionsträgheitsmoment	I _t	37.40	cm ⁴
Wölbwiderstand	I _ω	315000.00	cm ⁶

The diagram shows an IPE 360 profile with dimensions: height 360.0 mm, flange width 170.0 mm, flange thickness 12.7 mm, web thickness 8.0 mm, and fillet radius 18.0 mm. The y and z axes are indicated.

Bild 2.14: 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
	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

2.4 Zwischenabstützungen

In Maske 1.4 können seitliche Zwischenlager für Stäbe definiert werden. RF-/STAHL BS nimmt diese Lagerung immer senkrecht zur schwachen Querschnittsachse z an (siehe Bild 2.14). Dadurch lassen sich die effektiven Längen der Stäbe beeinflussen, die für die Stabilitätsuntersuchungen auf Biegeknicken und Biegedrillknicken von Bedeutung sind.

1.4 Zwischenabstützungen

Stab Nr.	Zwischenabstützungen [-]											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Seitliche Stützung	Länge L [m]	Anzahl	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
1	<input checked="" type="checkbox"/>	6.000	1	0.500								
2	<input type="checkbox"/>	4.844										
3	<input type="checkbox"/>	5.099										
4	<input type="checkbox"/>	5.099										
5	<input type="checkbox"/>	4.844										
6	<input checked="" type="checkbox"/>	6.000	1	0.500								
7	<input type="checkbox"/>	7.000										
8	<input checked="" type="checkbox"/>	8.000	2	0.300	0.500							
9	<input type="checkbox"/>	7.000										
10	<input type="checkbox"/>	6.000										

Relativ (0 ... 1)

Einstellungen - Stab Nr. 8

Querschnitt	5 - UBP 254x254x63 British Steel	
Seitliche Stützungen	<input checked="" type="checkbox"/>	
Stablänge	L	8.000 m
Anzahl Zwischenabstützungen	n	2
Ort der seitlichen Stützung Nr. 1	x1	0.300
Ort der seitlichen Stützung Nr. 2	x2	0.500

Eingaben zuordnen Stäben Nr.:

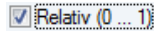
Alle

Bild 2.15: Maske 1.4 Zwischenabstützungen

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

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

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



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



Stabsätze

Werden Stabsätze nach dem Ersatzstabverfahren bemessen (siehe [Kapitel 3.1.2, Seite 41](#)), so müssen Gabellager innerhalb des Stabsatzes in Maske 1.4 als seitliche Zwischenabstützungen definiert werden. Die gabelgelagerten Bereiche dürfen nicht in Maske 1.6 über effektive Stabsatzlängen beschrieben werden!

2.5 Effektive Längen - Stäbe

Diese Maske ist zweigeteilt. Die Tabelle im oberen Abschnitt enthält zusammenfassende Angaben zu den Knicklängenbeiwerten und den Ersatzstablängen der nachzuweisenden Stäbe. 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					Kommentar
	Möglich		Möglich	$k_{or,y}$	Möglich	$k_{or,z}$	$L_{or,z}$ [m]	Möglich	k_z	k_w	L_w [m]	LT [m]	
12	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	3,059	<input checked="" type="checkbox"/>	1,0	1,0	3,059	3,059	
13	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	5,099	<input checked="" type="checkbox"/>	1,0	1,0	5,099	5,099	
14	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0,700	<input checked="" type="checkbox"/>	0,700	3,569	<input checked="" type="checkbox"/>	1,0	1,0	1,794	1,794	
15	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	3,059	<input checked="" type="checkbox"/>	1,0	1,0	3,059	3,059	
16	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	1,794	<input checked="" type="checkbox"/>	1,0	1,0	1,794	1,794	
17	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	6,000	<input checked="" type="checkbox"/>	1,0	1,0	6,000	6,000	
24	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	1,794	<input checked="" type="checkbox"/>	1,0	1,0	1,794	1,794	

Einstellungen - Stab Nr. 14

Querschnitt	2 - IPE 360 British Steel		
Länge	L	5,099	m
Knicken möglich		<input checked="" type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/> Knicken um Achse y möglich		<input checked="" type="checkbox"/>	
Knicklängenbeiwert	$k_{or,y}$	0,700	
Knicklänge	$L_{or,y}$	3,569	m
<input checked="" type="checkbox"/> Knicken um Achse z möglich		<input checked="" type="checkbox"/>	
Knicklängenbeiwert	$k_{or,z}$	0,700	
Knicklänge	$L_{or,z}$	3,569	m
<input checked="" type="checkbox"/> Biegedrillknicken möglich		<input checked="" type="checkbox"/>	
Knicklängenbeiwert (Stützstyp)	k_z	1,0	
Kipplängenbeiwert (Stützstyp)	k_w	1,0	
Wölbänge	L_w	5,099	m
Drilllänge	LT	5,099	m
Kommentar			

Eingaben zuordnen Stäben Nr.: Alle

Bild 2.16: 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 und I der Maske 1.5 kein Wert angegeben.

In der Tabelle und im *Einstellungen*-Baum können die effektiven Längen manuell angegeben oder über die Schaltfläche grafisch im Arbeitsfenster festgelegt werden. Diese Schaltfläche ist zugänglich, wenn sich der Cursor im Eingabefeld befindet (siehe [Bild 2.16](#)).

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 Spalte I bis L)

Hier kann für den aktuellen Stab festgelegt werden, ob generell ein Knick- oder ein Biegedrillknicknachweis erfolgen soll. Ferner lassen sich der *Knicklängenbeiwert* für die jeweiligen Richtungen anpassen. Bei der Änderung eines Beiwerts wird die Ersatzstablänge automatisch angepasst – und umgekehrt.



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

Bild 2.17: 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 bzw. Achse z

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



Die Lage der Stabachsen kann in Maske 1.3 *Querschnitte* bei der Profilgrafik kontrolliert werden (siehe Bild 2.12, Seite 15). Über die Schaltfläche [Ansichtsmodus] ist auch das RFEM- bzw. RSTAB-Arbeitsfenster zugänglich. Dort können die lokalen Stabachsen über das Stab-Kontextmenü oder im *Zeigen-Navigator* eingeblendet werden.

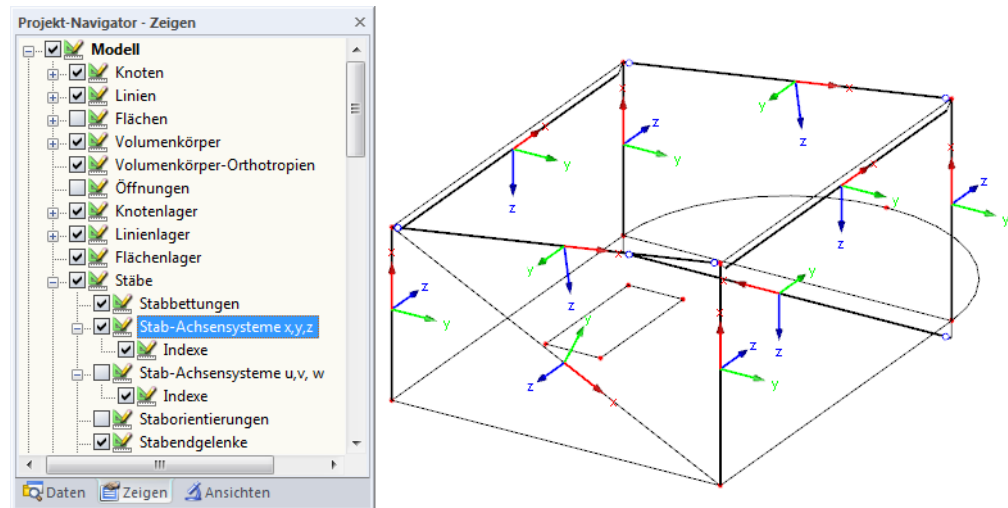



Bild 2.18: Aktivieren der Stabachsensysteme im *Zeigen-Navigator* von RFEM

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 2.13).

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.

Biegedrillknicken

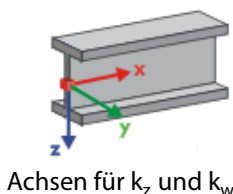
Spalte H steuert, für welche Stäbe eine Untersuchung auf Biegedrillknicken erfolgen soll. Die weiteren Spalten unterscheiden sich je nach Bemessungsnorm.

BS EN 1993-1-1

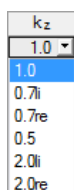
Für die Ermittlung von M_{cr} nach der Eigenwertmethode wird ein internes Stabmodell mit vier Freiheitsgraden erzeugt. Diese Freiheitsgrade sind über die Beiwerte k_z und k_w zu definieren. Im Zusammenwirken der beiden Beiwerte lassen sich die Lagerungsbedingungen für Biegedrillknicken erfassen (z. B.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

Der *Knicklängenbeiwert* 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



Achsen für k_z und k_w



$k_z = 2,0li$ 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

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

Der *Kipplängenbeiwert* 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.

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

BS 5950-1

m _{LT} [-]	Biegedrillknicken	
	J K _{LT}	K K _{L,LT} [m]
1.000	1.000	3.059
1.0	1.000	5.099
nach Table 18	1.000	5.099
manuell	1.000	3.059
1.000	1.000	1.794

Bild 2.19: Spalten *Biegedrillknicken* für BS 5990-1

In Spalte I bestehen drei Möglichkeiten, den Anpassungsfaktor für den Momentenverlauf m_{LT} zu definieren (siehe Bild 2.19). Der Standardwert ist 1,0. Dieser Faktor kann auch vom Programm nach [1] Tabelle 18 ermittelt oder manuell eingetragen werden.

Spalte J verwaltet die Biegedrillknickbeiwerte K_{LT} , die sich auf die Ermittlung der Biegedrillknicklänge auswirken. Diese Beiwerte sind mit 1,0 voreingestellt.

Bei einer Änderung des Biegedrillknickbeiwerts wird die für das Biegedrillknicken relevante Ersatzstablänge $K_{L,LT}$ automatisch angepasst. Bei den Werten in Spalte K werden die Vorgaben der Tabelle 1.4 *Zwischenabstützungen* berücksichtigt. Es ist auch möglich, die Ersatzstablängen manuell einzugeben.

Kommentar

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

Eingaben zuordnen Stäben Nr.

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



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

2.6 Effektive Längen - Stabsätze

Details...

Bei der Bemessung nach BS EN 1993-1-1 erscheint diese Maske, wenn in Maske 1.1 *Basisangaben* mindestens ein Stabsatz zur Bemessung vorgegeben und im Dialog *Details* (siehe Bild 3.2, Seite 39) das *Ersatzstabverfahren* für Stabsätze gewählt wurde. In diesem Fall werden die Masken 1.7 und 1.8 nicht angezeigt. Die seitlichen Zwischenabstützungen können dann in Maske 1.4 über Teilungspunkte definiert werden.

1.6 Effektive Längen - Stabsätze

Stabsatz Nr.	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M
	Knicken Möglich		Möglich		Kor,y	Lor,y [m]	Möglich		Kor,z	Lor,z [m]	Möglich		kz	kw	Lw [m]	LT [m]	Biegedrillknicken						Kommentar		
1	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		1.000	19.886	<input checked="" type="checkbox"/>		1.000	19.886	<input checked="" type="checkbox"/>		1.0	1.0	19.886	19.886			1.0	1.0	19.886	19.886			
5	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		1.000	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>		1.000	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>		1.0	1.0	19.905	19.905			1.0	1.0	19.905	19.905			
6	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		1.000	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>		1.000	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>		1.0	1.0	19.905	19.905			1.0	1.0	19.905	19.905			
7	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		1.000	19.886	<input checked="" type="checkbox"/>		1.000	19.886	<input checked="" type="checkbox"/>		1.0	1.0	19.886	19.886			1.0	1.0	19.886	19.886			

Einstellungen - Stabsatz Nr. 1

<input type="checkbox"/> Stabsatz		Obergurt
<input type="checkbox"/> Querschnitt		6 - IPE 300 British Steel
Länge	L	19.886 m
<input type="checkbox"/> Knicken möglich		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Knicken um Achse y möglich		<input checked="" type="checkbox"/>
Knicklängenbeiwert	Kor,y	1.000
Knicklänge	Lor,y	19.886 m
<input type="checkbox"/> Knicken um Achse z möglich		<input checked="" type="checkbox"/>
Knicklängenbeiwert	Kor,z	1.000
Knicklänge	Lor,z	19.886 m
<input type="checkbox"/> Biegedrillknicken möglich		<input checked="" type="checkbox"/>
Knicklängenbeiwert (Stützungstyp)	kz	1.0
Kipplängenbeiwert (Stützungstyp)	kw	1.0
Wölbänge	Lw	19.886 m
Drilllänge	LT	19.886 m
Kommentar		

Eingaben zuordnen den Sätzen Nr.:

IPe 300 | British Steel

Bild 2.20: 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

- In gleicher Weise können die Biegedrillknicklängen L_w und Kipplängen L_T für den Biegedrillknickenachweis angegeben oder grafisch festgelegt werden.

2.7 Knotenlager - Stabsätze

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

Details...

Die Stabilitätsuntersuchungen für Stabsätze erfolgen in der Regel mit dem allgemeinen Verfahren nach [2] Abschnitt 6.3.4. Ist jedoch im Dialog *Details* (siehe Bild 3.2, Seite 39) das *Ersatzstabverfahren* für Stabsätze gewählt, wird die Maske 1.7 nicht angezeigt. Seitliche Zwischenabstützungen können dann in Maske 1.4 über Teilungspunkte definiert werden.

1.7 Knotenlager - Stabsatz Nr. 1 - Obergurt

Lager Nr.	A		B		C		D		E		F		G		H		I
	Knoten Nr.	Seitenstützung	φ_x [kNm/rad]	φ_z	Wölbung ω [kNm ²]	Lagerdrehung β [°]	e_x [mm]	e_z [mm]	Kommentar								
1	2	<input checked="" type="checkbox"/>	2.375	<input type="checkbox"/>	10.075	0.00	0.0	0.0									
2	6	<input checked="" type="checkbox"/>	2.375	<input type="checkbox"/>	10.075	0.00	0.0	0.0									
3	5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.00	0.0	85.0									
4	4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.00	0.0	85.0									
5	3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.00	0.0	85.0									
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	

Einstellungen - Knotenlager Nr. 5

Stabsatz		Obergurt	
Querschnitt		6 - IPE 300 British Steel	
Knoten mit Lager	Nr.	5	
Stützung in Y	u_y	<input checked="" type="checkbox"/>	
Einspannung um X	φ_x	<input type="checkbox"/>	
Einspannung um Z	φ_z	<input type="checkbox"/>	
Wölbeinspannung	ω	<input type="checkbox"/>	
Lagerdrehung	β	0.00 °	
Exzentrizität	e_x	0.0 mm	
Exzentrizität	e_z	85.0 mm	
Kommentar			

Bild 2.21: 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 eines Durchlaufträgers) sind in dieser Maske nicht relevant: Die Momenten- und Querkraftverläufe zur Bestimmung des Vergrößerungsfaktors werden automatisch aus RFEM/RSTAB eingelesen. Hier sind vielmehr die Lagerungsbedingungen festzulegen, die das Stabilitätsversagen (Knicken, Biegedrillknicken) beeinflussen.

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



Nach [2] Abschnitt 6.3.4 (1) können einfachsymmetrische Querschnitte nachgewiesen werden, die ausschließlich in ihrer Hauptebene belastet sind. Bei diesem Nachweisverfahren muss der Vergrößerungsfaktor $\alpha_{cr,op}$ des ganzen Stabsatzes bekannt sein. Zur Ermittlung des Faktors wird ein ebenes Stabwerk mit vier Freiheitsgraden je Knoten gebildet.

Bei der Knotenlagerdefinition ist die Ausrichtung der Achsen im Stabsatz von Bedeutung. Das Programm prüft die Lage der Knoten und legt gemäß Bild 2.22 bis Bild 2.25 intern die Achsen der Knotenlager für Maske 1.7 fest.

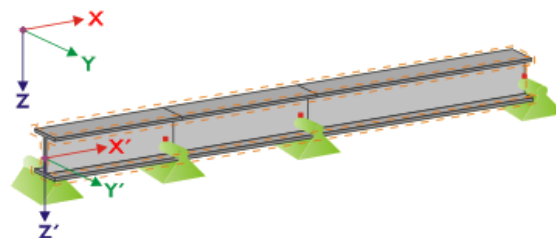


Bild 2.22: Hilfskoordinatensystem für Knotenlager – Gerader Stabsatz

Liegen alle Stäbe des Stabsatzes auf einer Geraden wie im Bild 2.22 gezeigt, so entspricht das lokale Koordinatensystem des ersten Stabes im Stabsatz dem Ersatzkoordinatensystem des Stabsatzes.

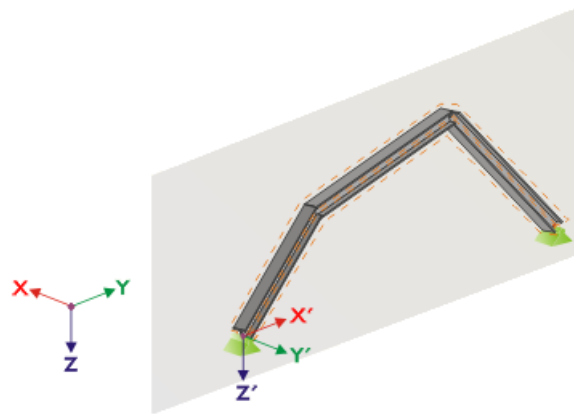


Bild 2.23: Hilfskoordinatensystem für Knotenlager – Stabsatz in vertikaler Ebene

Falls die Stäbe eines Stabsatzes nicht auf einer Geraden liegen, so müssen sie sich trotzdem in einer Ebene befinden. In Bild 2.23 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.

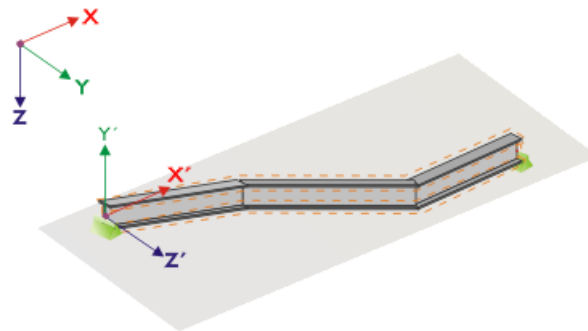


Bild 2.24: Hilfskoordinatensystem für Knotenlager – Stabsatz in horizontaler Ebene

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.

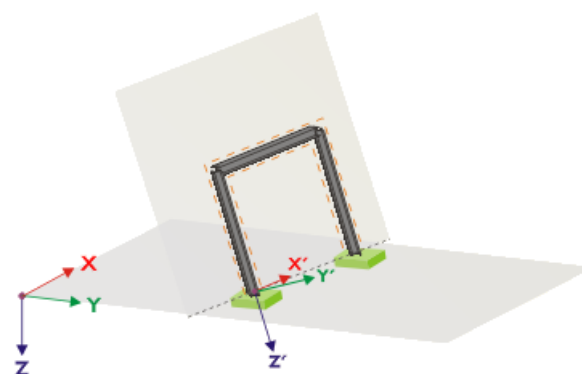


Bild 2.25: Hilfskoordinatensystem für Knotenlager – Stabsatz in geneigter Ebene

Bild 2.25 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 Verschnidungslinie 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.



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

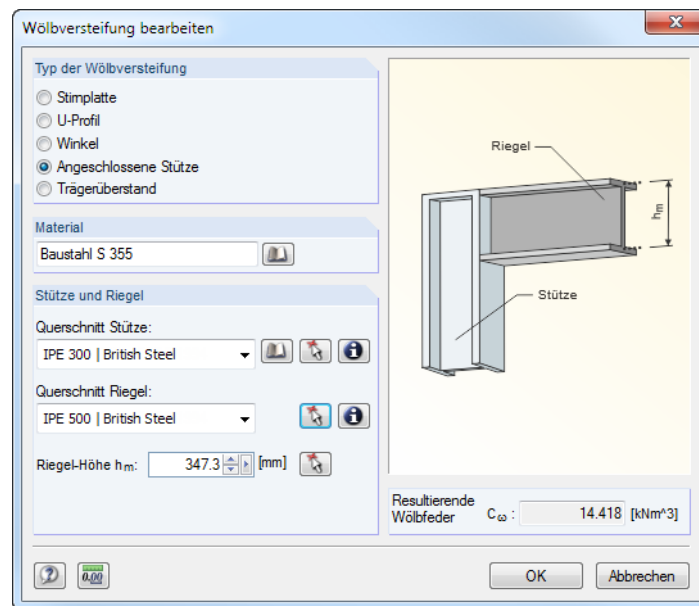



Bild 2.26: Dialog *Wölbversteifung bearbeiten*

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

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

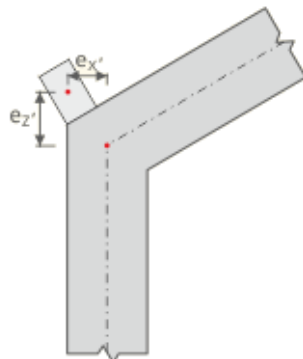


Bild 2.27: Exzentrizität der Lagerung

2.8 Stabendgelenke - Stabsätze

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



Details...

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

Ist im Dialog *Details* (siehe Bild 3.2, Seite 39) das *Ersatzstabverfahren* für Stabsätze gewählt, so wird die Maske 1.8 nicht angezeigt. Die seitlichen Zwischenabstützungen können dann in Maske 1.4 durch Teilungspunkte definiert werden.

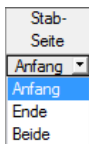
1.8 Stabendgelenke - Stabsatz Nr. 1 - Obergurt

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

Einstellungen - Stab Nr. 3

<input checked="" type="checkbox"/> Stabsatz		Obergurt
Querschnitt		6 - IPE 300 British Steel
Stab mit Stabendgelenk	Nr.	3
Stabseite	Seite	Ende
Querkraftgelenk in Richtung y	V_y	<input type="checkbox"/>
Torsionsgelenk	M_T	<input checked="" type="checkbox"/>
Momentengelenk um Achse z	M_z	<input checked="" type="checkbox"/>
Wölbgelenk	M_ω	<input type="checkbox"/>
Kommentar		

Bild 2.28: Maske 1.8 Stabendgelenke - Stabsätze



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

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

2.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter

Diese Eingabemaske steuert verschiedene Vorgaben für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit. Sie wird angezeigt, wenn im Register *Gebrauchstauglichkeit* der Maske 1.1 entsprechende Angaben vorliegen (siehe [Kapitel 2.1.2, Seite 9](#)).

1.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter

Nr.	A Beziehen auf	B Stab Nr.	C Manuell	D Bezugslänge L [m]	E Richtung	F Überhöhung $w_{c,z}$ [mm]	G Trägertyp	H Kommentar
1	Stab	8	<input type="checkbox"/>	8.000	y, z	0.0	Träger	
2	Stab	57	<input checked="" type="checkbox"/>	6.500	y, z	0.0	Träger	
3	Stab	73	<input type="checkbox"/>	5.000	y, z	0.0	Träger	
4	Stab	74	<input type="checkbox"/>	5.000	y, z	0.0	Träger	
5	Stab	75	<input type="checkbox"/>	5.000	y, z	0.0	Träger	
6	Stabsatz	5	<input type="checkbox"/>	19.905	z	0.0	Träger	
7	Stab	48	<input type="checkbox"/>	1.794	y, z	0.0	Kragträger Ende frei	
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 2.29: Maske 1.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter

Beziehen auf

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

In Spalte B sind die Nummern der nachzuweisenden Stäbe oder Stabsätze anzugeben bzw. über die Schaltfläche im RFEM/RSTAB-Arbeitsfenster 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

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.

Details...

Über Spalte F kann eine *Überhöhung* berücksichtigt werden. Die allgemeine Richtung der Überhöhung wird im Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit* festgelegt (siehe [Bild 3.4, Seite 42](#)). Falls die Überhöhung auf die „starke“ Hauptachse y bzw. u bezogen wird, ändert sich die Spaltenüberschrift $w_{c,z}$ in $w_{c,y}$ bzw. $w_{c,u}$.

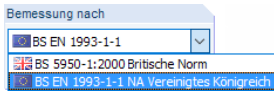
Trägertyp

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

Details...

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, Seite 42](#)).

2.10 Parameter - Stäbe



Diese Maske wird bei der Bemessung nach BS EN 1993-1-1 angezeigt. Sie ermöglicht besondere Angaben zu Trägern, die durch Bleche oder Pfetten seitlich gestützt sind (siehe [5] Abschnitt 10.1 und 10.3).

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

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

1.10 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 type="checkbox"/> Schubfeldtyp	Trapezblech	
Schubfeldlänge	l _s	20.000 m
Abstand der Riegel	s	5.000 m
Lage am Profil	Am Obergurt	
<input type="checkbox"/> Trapezblech-Bezeichnung	FI + 100/275 - 1.00	
Schubfeldwert	K ₁	0.190 m/kN
Schubfeldwert	K ₂	16.560 m ² /kN
Befestigungsart	Jede Rippe	
<input checked="" type="checkbox"/> Drehbettung	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Drehbettungstyp	Kontinuierlich (z.B. Trapezblech)	
<input type="checkbox"/> Materialien	Baustahl S 235	
Elastizitätsmodul	E	21000.00 kN/cm ²
<input type="checkbox"/> Bezeichnung des Bauteils	FI + 100/275 - 1.00	
Trapezblechdicke	t	1.000 mm
Trapezblechlage	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 2.30: Maske 1.10 Parameter - Stäbe

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

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

Querschnitt

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

Schubfeld

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

Der Schubfeldtyp kann in der Liste ausgewählt werden.

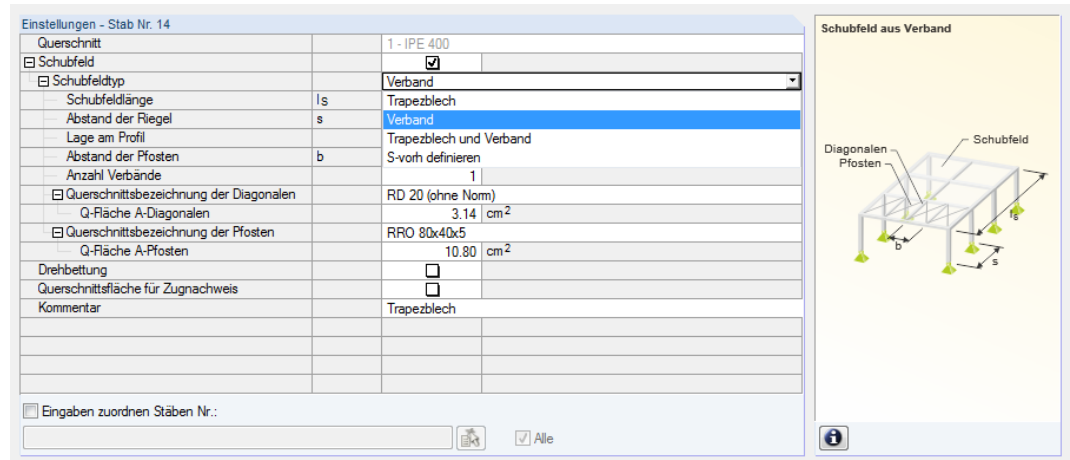
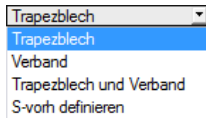


Bild 2.31: Auswahl des Schubfeldtyps

Trapezblech

Der Ansatz einer kontinuierlichen seitlichen Stützung ist in EN 1993-1-1 [2] Anhang BB.2.1 und EN 1993-1-3 [5] Abschnitt 10.1.5.1 geregelt.

Zur Ermittlung der Schubfeldsteifigkeit eines Trapezprofil sind folgende Angaben erforderlich (siehe Bild 2.30):

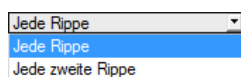
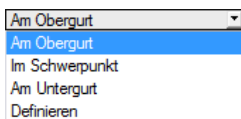
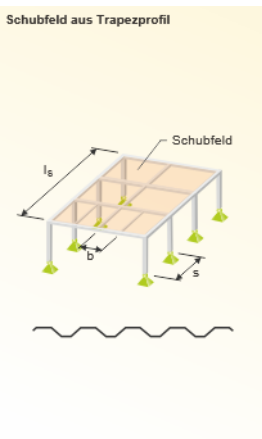
- Schubfeldlänge l_s
- Abstand der Riegel s
- Lage des Trapezblechs am Profil
- Trapezblechbezeichnung
- Befestigungsart

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

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

Die Trapezprofildatenbank ist über die Schaltfläche zugänglich, die nach einem Klick in das Eingabefeld **Trapezblech-Bezeichnung** angezeigt wird (siehe Bild 2.30). Es erscheint die RFEM-Querschnittsbibliothek (siehe Bild 2.32), in der das Trapezblech mit einem Doppelklick oder [OK] ausgewählt werden kann. Dadurch wird der **Schubfeldbeiwert** K_1 und K_2 (gemäß Zulassung) automatisch in die *Einstellungen*-Tabelle eingetragen. Die in der Profildatenbank angegebene Grundbreite b des Trapezblechs hat keinen Einfluss auf diese Beiwerte.

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



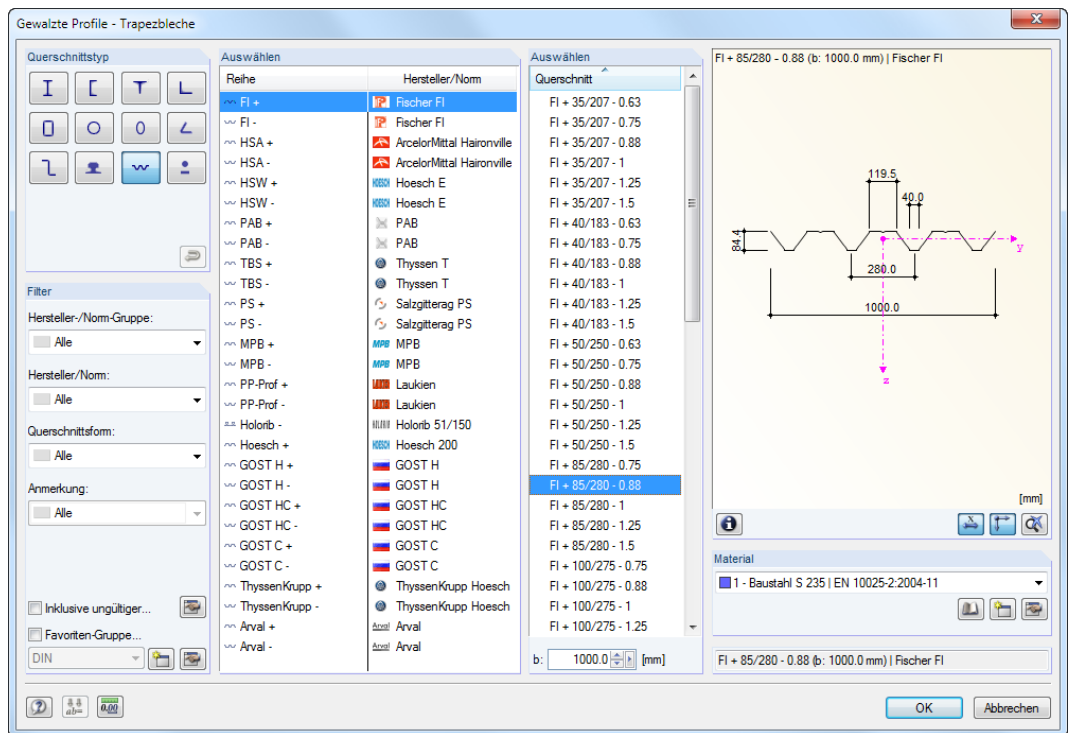


Bild 2.32: Querschnittsbibliothek *Gewalzte Profile - Trapezbleche*

Verband

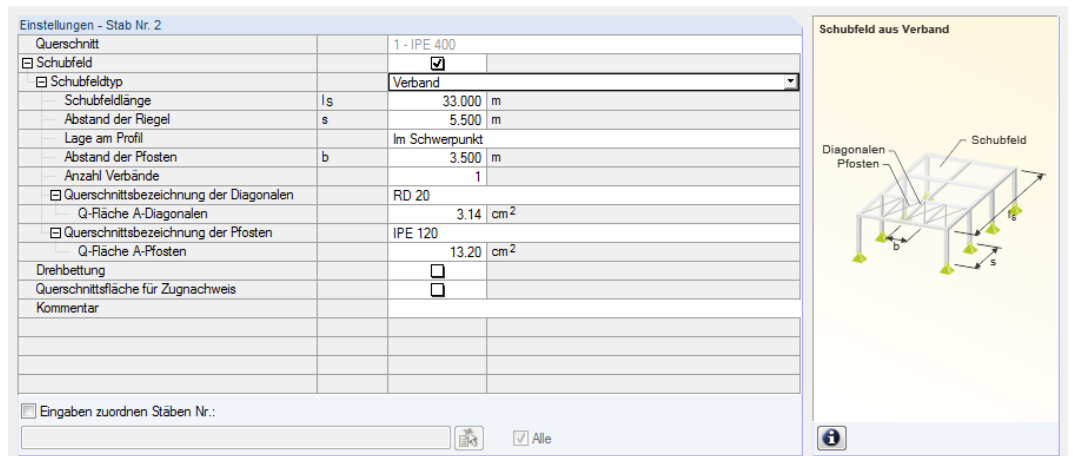
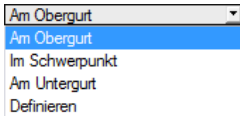


Bild 2.33: Schubfeldtyp *Verband*

Zur Ermittlung der vorhandenen Schubfeldsteifigkeit sind folgende Angaben erforderlich:

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

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



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

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

Trapezblech und Verband

Einstellungen - Stab Nr. 2		
Querschnitt		1 - IPE 400
<input checked="" type="checkbox"/> Schubfeld		<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" 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 checked="" 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 checked="" type="checkbox"/> Querschnittsbezeichnung der Diagonalen		RD 20
Q-Fläche A-Diagonalen		3.14 cm ²
<input checked="" 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		

Schubfeld aus Verband/Blechprofil

Bild 2.34: Schubfeldtyp *Trapezblech und Verband*

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

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

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

Die Trapezprofilbibliothek ist über die Schaltfläche zugänglich, die nach einem Klick in das Eingabefeld **Bezeichnung des Bauteils** angezeigt wird. Es erscheint die RFEM-Profilbibliothek (siehe Bild 2.32, Seite 31), in der das Trapezblech per Doppelklick oder mit [OK] ausgewählt werden kann. Die Profilparameter *Trapezblechdicke* t , *Trapezblechlage*, effektives *Trägheitsmoment* I_s für Lastrichtung nach unten, *Rippenabstand* b_R und *Breite des Profiblechgurtes* 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 [5] Tabelle 10.3 bestimmt werden. Für die automatische Ermittlung ist die Schaltfläche zu benutzen, die nach einem Klick in das Eingabefeld in der Zeile C_{100} erscheint. Sie ruft einen Dialog auf, in dem der geeignete Beiwert ausgewählt werden kann.

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

Lage der Profileleche		Befestigung am		Lage der Profileleche		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 abtender Last:								
<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		16	2,6	40
<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	16	1,7	40

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

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

Profilbefestigung:

- am Untergurt:

b_T

- am Obergurt:

b_T

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 Profilelechs 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

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

Bild 2.37: Dialog *Beiwert C-100 aus Tabelle 10.3, EN 1993-1-3 übernehmen*

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

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

Außenfeld ▾

Außenfeld

Innenfeld

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

Querschnittsfläche für Zugnachweis

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

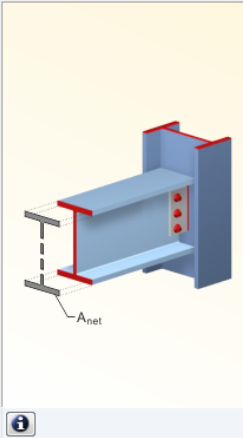


Bild 2.40: Querschnittsfläche für Zugnachweis definieren

Lochschwächungen sind gemäß [2], 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.

2.11 Parameter - Stabsätze

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

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

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




Bild 2.41: Maske 1.11 Parameter - Stabsätze

Das Konzept dieser Maske entspricht dem der vorherigen Maske 1.10 Parameter - Stäbe. Hier können für jeden Stabsatz die Parameter für Schubfeld und Drehbettung wie im Kapitel 2.10 beschrieben festgelegt werden

3 Berechnung

3.1 Detailsinstellungen

Details...

Die Nachweise erfolgen mit den in RFEM bzw. RSTAB ermittelten Schnittgrößen. Vor dem Start der Berechnung sollten die Bemessungsdetails überprüft werden. Der entsprechende Dialog ist in jeder Ein- und Ausgabemaske über die Schaltfläche [Details] zugänglich.

Der Dialog *Details* besteht aus den Registern *Tragsicherheit*, *Stabilität*, *Gebrauchstauglichkeit* und *Allgemein*. Folgende Beschreibung bezieht sich auf die Bemessung nach BS EN1993-1-1. Für die Nachweise nach BS 5950-1 sind die Optionen in angepasstem Umfang verfügbar.

3.1.1 Tragfähigkeit

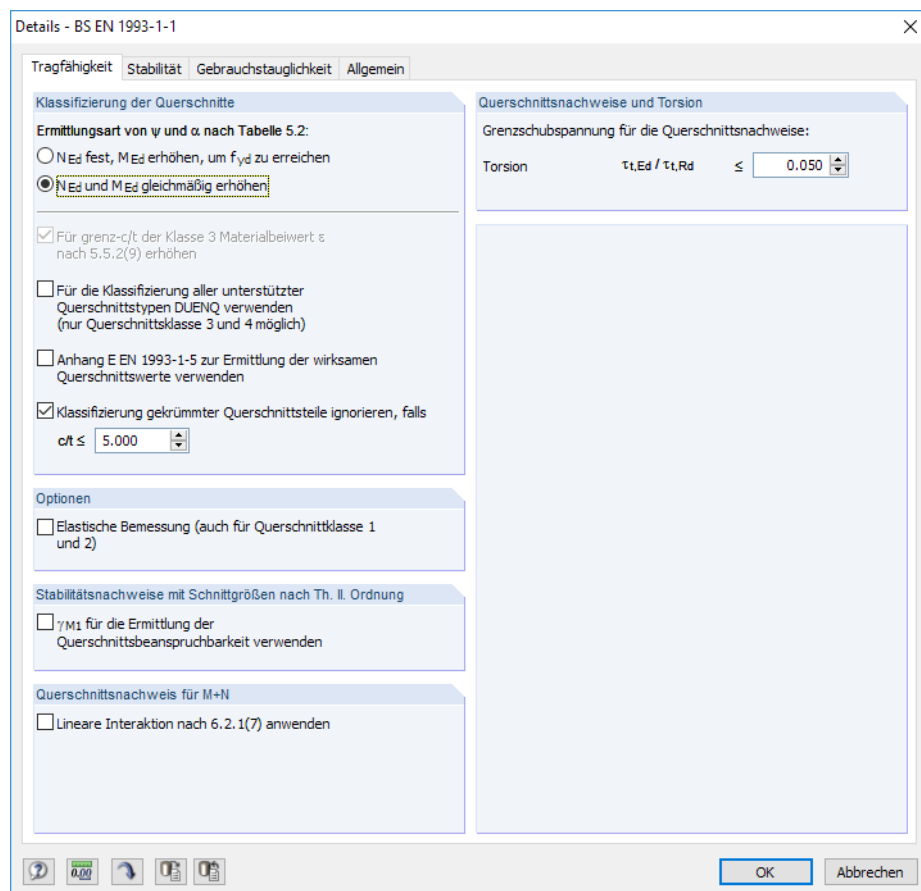


Bild 3.1: Dialog *Details*, Register *Tragfähigkeit*

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 [2] 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 [2] Abschnitt 5.5.2(10). Bei deaktivierter Stabilitätsanalyse können Querschnitte, die als Klasse 4 eingestuft sind, durch eine Erhöhung des Beiwerts ε wie Querschnitte der Klasse 3 behandelt werden.

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

Optional lässt sich das Verfahren gemäß *Anhang E EN 1993-1-5 zur Ermittlung der wirksamen Querschnittswerte verwenden*. In [6] Anhang E sind alternative Methoden zur Bestimmung der wirksamen Querschnittsflächen für Spannungen unterhalb der Streckgrenze beschrieben (siehe auch DLUBAL-Blog <https://www.dlubal.com/blog/5532>).

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

Optionen

Querschnitte, die der Klasse 1 oder 2 zugeordnet sind, werden von RF-/STAHL BS 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 [2] 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 2.6, Seite 10](#)) überprüft und ggf. geändert werden.

Folgender DLUBAL-Blog gibt weitere Empfehlungen für die Stabilitätsnachweise:
<https://www.dlubal.com/blog/13674>

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 [2] 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

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 [2] 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 [2] Abschnitt 6.3.1 aus, der mit den Normalkräften erfolgt.

Ermittlungsart des idealen Biegedrillknickmoments

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

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

Die Freiheitsgrade lassen sich über die Beiwerte k_z und k_w steuern (siehe [Kapitel 2.5, Seite 21](#)).



Bei der Ermittlung des idealen kritischen Moments *Automatisch mittels Abgleich 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 C1 für Ermittlung der Biegedrillknickmomente ✕

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 C₂ und C₃ 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 C1 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.

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.

	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

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 Profil-Schubmittelpunkt bezogen. Folgender DLUBAL-Blog gibt weitere Hinweise zur Vorzeichenregelung für Querlasten:

<https://www.dlubal.com/blog/13890>

Modelltyp nach Tabelle B.3

Gemäß [2] Anhang B, Tabelle B.3 soll für Bauteile mit Knicken in Form seitlichen Ausweichens der äquivalente Momentenbeiwert als $C_{my} = 0,9$ bzw. $C_{mz} = 0,9$ angenommen werden. Die beiden Kontrollfelder sind standardmäßig deaktiviert. Nach dem Anhängen werden die Beiwerte C_{my} und C_{mz} nach den Abgrenzungskriterien der Tabelle B.3 ermittelt.

Nach BS 5950-1 [1] werden bei einer verschieblichen Struktur m_y und m_z mit 0,85 angenommen.

Grenzwerte für Sonderfälle

Um unsymmetrische Querschnitte auf planmäßig zentrischen Druck nach [2] Abschnitt 6.3.1 nachzuweisen, können durch die Einstellungen in diesem Abschnitt *Kleine Momente* um die starke und schwache Achse vernachlässigt werden.

Analog lassen sich für den reinen Nachweis auf Biegung nach [2] Abschnitt 6.3.2 *Kleine Druckkräfte* ausblenden, indem ein Grenzverhältnis von $N_{c,Ed} / N_{pl}$ festgelegt wird.

Der Nachweis für *Unsymmetrische Querschnitte, Voutenstäbe oder Stabsätze* ist gemäß [2] Abschnitt 6.3.4 nur bei einachsiger Biegung in der Hauptebene und/oder Druck zulässig. Um eine geringe Momentenbeanspruchung um die schwache Achse zu vernachlässigen, kann eine Grenze des Momentenverhältnisses $M_{z,Ed} / M_{pl,z,Rd}$ festgelegt werden.

Planmäßige *Torsion* ist in [2] nicht klar geregelt. Ist eine Torsionsbeanspruchung vorhanden, die das per Voreinstellung definierte Schubspannungsverhältnis von 5 % nicht überschreitet, wird sie für den Stabilitätsnachweis vernachlässigt; es werden Ergebnisse für Biegeknicken und Biegedrillknicken ausgegeben.



Wird eine der Grenzen in diesem Abschnitt überschritten, erscheint ein Hinweis in der Ergebnismaske. Es erfolgt keine Stabilitätsanalyse. Die Querschnittsnachweise werden unabhängig davon geführt. Diese Grenzeinstellungen sind nicht Teil des *British Standard*. Eine Änderung der Grenzen liegt im Verantwortungsbereich des Anwenders.

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 nur für gerade Stabsätze verwendet werden.

Mit der Voreinstellung 6.3.4 (*allgemeines Verfahren*) erfolgt eine allgemeine Analyse gemäß [2] 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.



Hinweise zu den Verfahren finden Sie in diesem DLUBAL-Blog: <https://www.dlubal.com/blog/18581>

3.1.3 Gebrauchstauglichkeit

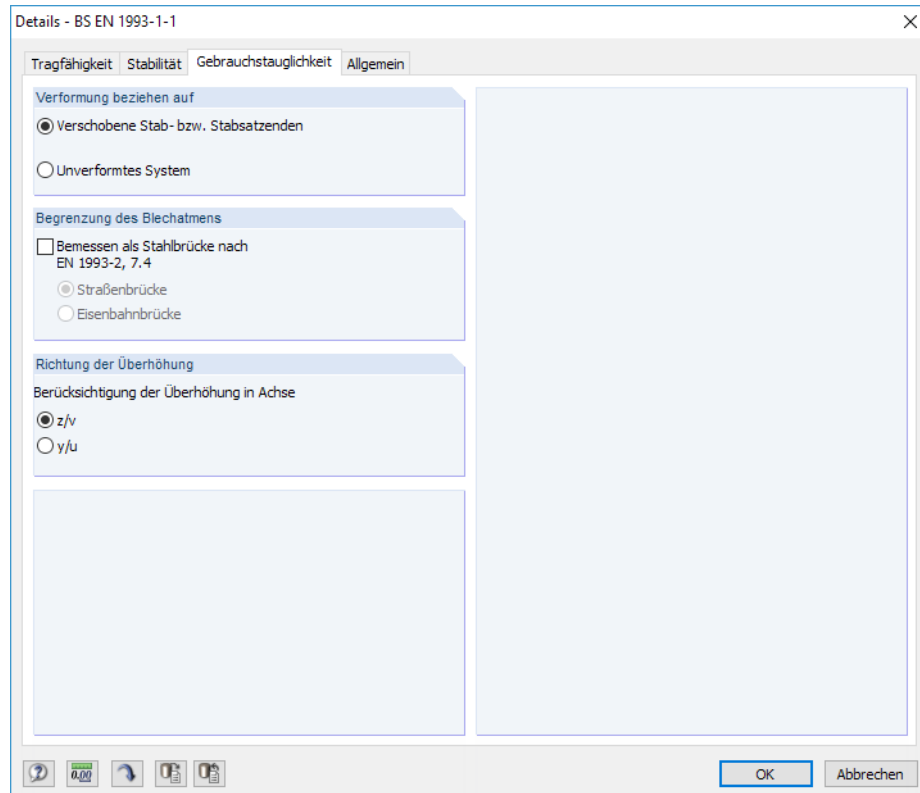


Bild 3.4: Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit*

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. Folgender DLUBAL-Blog enthält ein Beispiel für den Bezug von Verformungen: <https://www.dlubal.com/blog/17642>

Nat. Anhang...

Die Grenzverformungen können im Dialog *Nationaler Anhang* überprüft und ggf. angepasst werden (siehe [Bild 2.6, Seite 10](#)). Bei der Bemessung nach BS 5950-1 [1] sind für beidseitig gestützte Träger L/360, für Kragträger L/180 als maximale Durchbiegung voreingestellt.

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 [7]* 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

Das Kontrollfeld steuert, 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 2.29, Seite 28](#)).

3.1.4 Allgemein

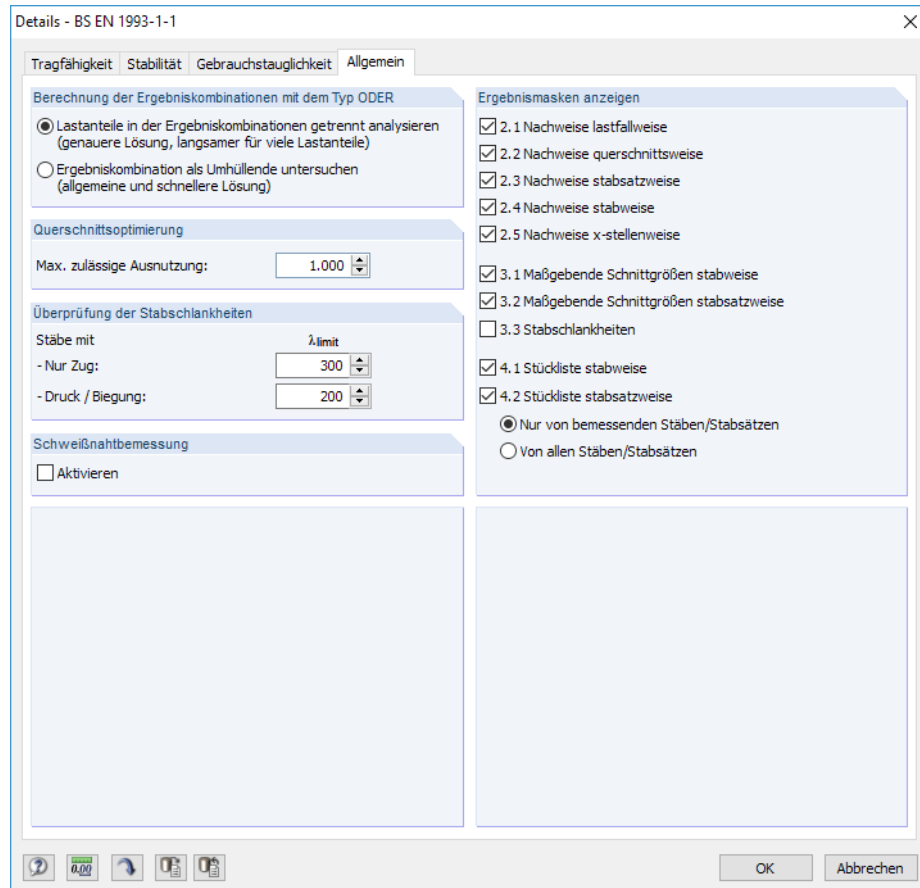


Bild 3.5: Dialog *Details*, Register *Allgemein*

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 („Oder-Verknüpfung“) zusammengefasst, die die Umhüllende liefert: LK1/s o LK2/s o LK3/s o LK4/s etc. Für die Bemessung dieser Ergebniskombinationen bietet das Programm zwei Möglichkeiten:

Die Anteile 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 BS 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) gleichzeitig 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 Stabschlantheiten

Die zwei Eingabefelder regeln die Grenzwerte λ_{limit} zur Kontrolle der Stabschlantheiten. Es sind getrennte Vorgaben für Stäbe mit reinen Zugkräften und für Stäbe mit Biegung und Druck möglich.

Der Vergleich der Grenzwerte mit den tatsächlichen Stabschlantheiten erfolgt in Maske 3.3. Diese Ergebnismaske ist nach der Berechnung verfügbar (siehe [Kapitel 4.8, Seite 53](#)), wenn das entsprechende Häkchen im Abschnitt rechts *Ergebnismasken anzeigen* gesetzt ist.

Ergebnismasken anzeigen

Dieser Abschnitt steuert die Anzeige der Ergebnismasken einschließlich Stückliste. Die einzelnen Ergebnismasken sind im [Kapitel 4](#) beschrieben.

Die Maske 3.3 *Stabschlantheiten* ist standardmäßig deaktiviert, kann hier jedoch für eine gezielte Auswertung eingblendet werden.

3.2 Start der Berechnung

Berechnung

In jeder Eingabemaske des Moduls RF-/STAHL BS kann die [Berechnung] über die gleichnamige Schaltfläche gestartet werden.

RF-/STAHL BS 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. Dabei wird auf die vorgegebenen Berechnungsparameter von RFEM/RSTAB zurückgegriffen.

Falls eine Optimierung der Querschnitte (siehe [Kapitel 7.2, Seite 68](#)) erfolgen soll, werden die erforderlichen Profile ermittelt und die entsprechenden Nachweise geführt.

Auch aus der RFEM/RSTAB-Oberfläche kann die Berechnung der Ergebnisse von RF-/STAHL BS gestartet werden: Die Zusatzmodule werden im Dialog *Zu berechnen* wie ein Lastfall oder eine Lastkombination aufgelistet. Dieser Dialog wird in RFEM bzw. RSTAB aufgerufen über das Menü

Berechnung → Zu berechnen.

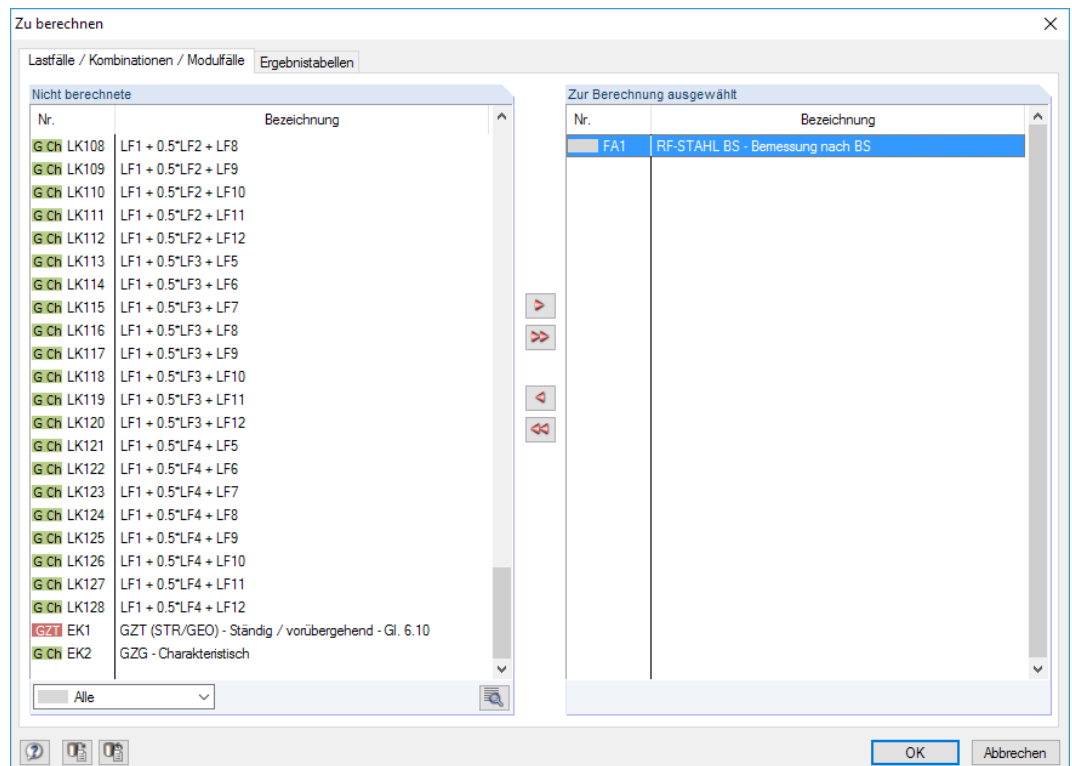
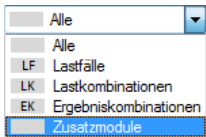



Bild 3.6: RFEM-Dialog *Zu berechnen*



Falls die RF-/STAHL BS-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 BS-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 BS-Fall ein und klicken dann die Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] an.

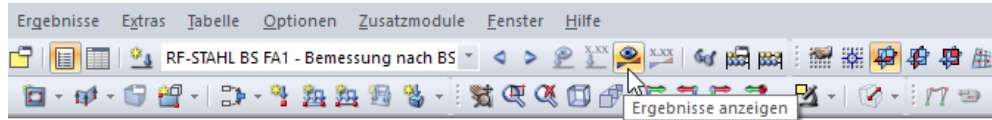


Bild 3.7: Direkte Berechnung eines RF-/STAHL BS-Falls in RFEM

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

4 Ergebnisse

Unmittelbar nach der Berechnung erscheint die Maske 2.1 *Nachweise lastfallweise*.

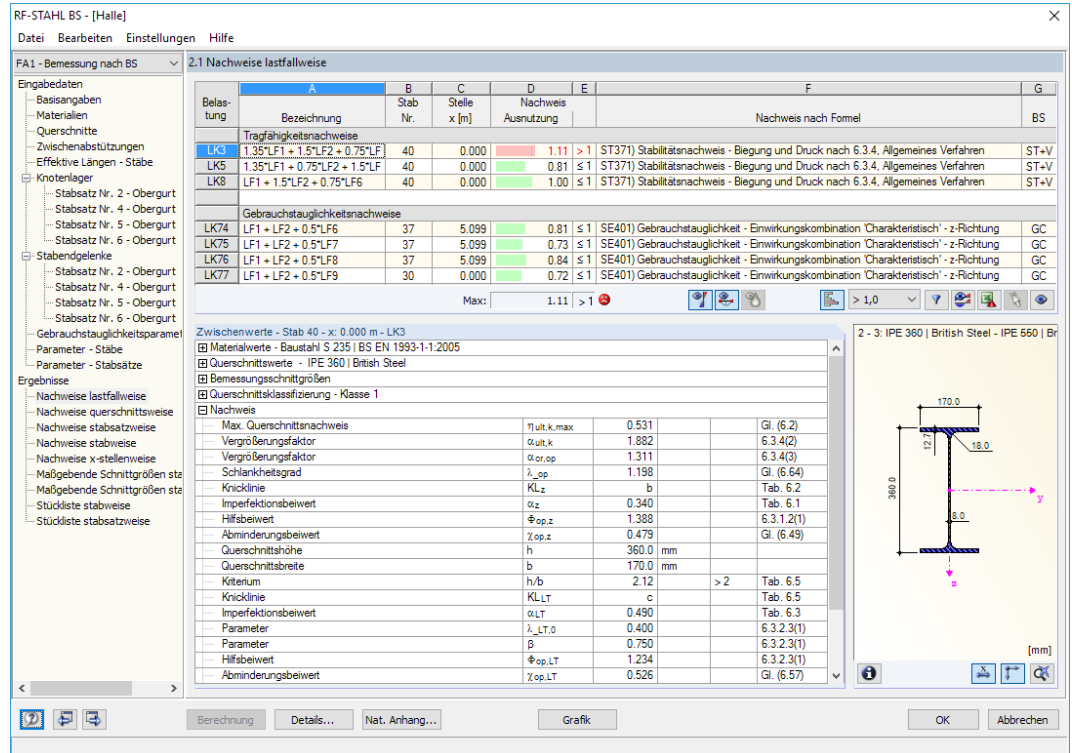


Bild 4.1: Ergebnismaske mit Nachweisen und Zwischenwerten

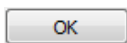
Die Nachweise sind in den Ergebnismasken 2.1 bis 2.5 nach verschiedenen Kriterien sortiert.

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 BS 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 ab Seite 56 beschrieben.

4.1 Nachweise lastfallweise



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

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

2.1 Nachweise lastfallweise

Belastung	A	B	C	D	E	F	G
	Bezeichnung	Stab Nr.	Stelle x [m]	Nachweis Ausnutzung		Nachweis nach Formel	BS
Tragfähigkeitsnachweise							
LK2	1.35*LF1 + 1.5*LF2	35	1.794	1.07	> 1	ST371) Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.4, Allgemeines Verfahren	ST+V
LK4	1.35*LF1 + 1.5*LF6	32	0.000	0.47	≤ 1	ST371) Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.4, Allgemeines Verfahren	ST+V
LK18	1.35*LF1 + 1.5*LF10	1	0.000	0.83	≤ 1	ST364) Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.3, Verfahren 2	ST+V
Gebrauchstauglichkeitsnachweise							
LK74	LF1 + LF2 + 0.5*LF6	37	5.099	0.81	≤ 1	SE401) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination 'Charakteristisch' - z-Richtung	GC
LK75	LF1 + LF2 + 0.5*LF7	37	5.099	0.48	≤ 1	SE402) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination 'Häufig' - z-Richtung	GH
LK76	LF1 + LF2 + 0.5*LF8	37	5.099	0.56	≤ 1	SE403) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination 'Quasi-ständig' - z-Richtung	GQ
LK77	LF1 + LF2 + 0.5*LF9	30	0.000	0.72	≤ 1	SE401) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination 'Charakteristisch' - z-Richtung	GC

Max: 1.07 > 1

Zwischenwerte - Stab 35 - x: 1.794 m - LK2

Querschnittsklassifizierung - Klasse 1

Nachweis	Parameter	Wert	Einheit	Formel
Max. Querschnittsnachweis	$\eta_{ult,k,max}$	0.489		Gl. (6.2)
Vergrößerungsfaktor	$\alpha_{ult,k}$	2.044		6.3.4(2)
Vergrößerungsfaktor	$\alpha_{cr,op}$	1.324		6.3.4(3)
Schlankeitsgrad	λ_{op}	1.242		Gl. (6.64)
Knicklinie	KL_z	b		Tab. 6.2
Imperfektionsbeiwert	α_z	0.340		Tab. 6.1
Hilfsbeiwert	$\Phi_{op,z}$	1.449		6.3.1.2(1)
Abminderungsbeiwert	$\chi_{op,z}$	0.456		Gl. (6.49)
Querschnittshöhe	h	360.0	mm	
Querschnittsbreite	b	170.0	mm	
Kriterium	h/b	2.12		> 2 Tab. 6.5
Knicklinie	KL_{LT}	c		Tab. 6.5
Imperfektionsbeiwert	α_{LT}	0.490		Tab. 6.3
Parameter	$\lambda_{LT,0}$	0.400		6.3.2.3(1)
Parameter	β	0.750		6.3.2.3(1)
Hilfsbeiwert	$\Phi_{op,LT}$	1.285		6.3.2.3(1)
Abminderungsbeiwert	$\chi_{op,LT}$	0.503		Gl. (6.57)
Abminderungsbeiwert	χ_{op}	0.456		6.3.4(4) a)
Teilsicherheitsbeiwert	γ_{M1}	1.000		6.1
Nachweis	η	1.07		> 1 (6.63)

Bild 4.2: Maske 2.1 Nachweise lastfallweise

Bezeichnung

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

Stab Nr.

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

Stelle x

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

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

Nachweis

Max: 0.96 ≤ 1

In den Spalten D und E werden die Nachweisbedingungen gemäß BS EN 1993-1-1 [2] bzw. BS 5950-1 [1] ausgegeben.

Die Länge des farbigen Balkens stellt die jeweilige *Ausnutzung* in grafischer Form dar.

Nachweis nach Formel

Diese Spalte listet die Abschnitte der Norm auf, nach denen die Nachweise geführt wurden.

BS

Die letzte Spalte gibt Aufschluss über die nachweisrelevanten Bemessungssituationen (BS): ST+V oder AU für Tragfähigkeit (siehe Bild 2.4, Seite 7) oder eine der drei Bemessungssituationen GC, GH, GQ für Gebrauchstauglichkeit (siehe Bild 2.5, Seite 9) gemäß Vorgabe in Maske 1.1 Basisangaben.

4.2 Nachweise querschnittsweise

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A	B	C	D	E	F
	Stab Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Nachweis Ausnutzung		Nachweis nach Formel
2	IPE 360	British Steel				
	14	5.099	LK3	0.07	≤ 1	CS102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4
	39	3.059	LK3	0.12	≤ 1	CS121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6
	11	0.000	LK3	0.00	≤ 1	CS126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)
	40	0.000	LK3	0.50	≤ 1	CS181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.9.1
	38	0.000	LK3	0.14	≤ 1	CS221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.10 und 6.2.9
	40	0.000	LK3	1.11	> 1	ST371) Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.4, Allgemeines Verfahren
	27	0.000	LK74	0.00	≤ 1	SE400) Gebrauchstauglichkeit - Keine bzw. sehr kleine Verformungen
	37	5.099	LK74	0.81	≤ 1	SE401) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination 'Charakteristisch' - z-Richtung
	37	5.099	LK75	0.48	≤ 1	SE402) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination 'Häufig' - z-Richtung

Max: 1.11 > 1

Zwischenwerte - Stab 40 - x: 0.000 m - LK3

- Materialwerte - Baustahl S 235 | BS EN 1993-1-1:2005
- Querschnittswerte - IPE 360 | British Steel
- Bemessungsschnittgrößen
- Querschnittsklassifizierung - Klasse 1
- Nachweis

Max. Querschnittsnachweis	$\gamma_{ult,k,max}$	0.531	Gl. (6.2)
Vergrößerungsfaktor	$\alpha_{ult,k}$	1.882	6.3.4(2)
Vergrößerungsfaktor	$\alpha_{cr,op}$	1.311	6.3.4(3)
Schlankheitsgrad	λ_{op}	1.198	Gl. (6.64)
Knicklinie	KL_z	b	Tab. 6.2
Imperfektionsbeiwert	α_z	0.340	Tab. 6.1
Hilfsbeiwert	$\phi_{op,z}$	1.388	6.3.1.2(1)
Abminderungsbeiwert	$\gamma_{op,z}$	0.479	Gl. (6.49)
Querschnittshöhe	h	360.0 mm	
Querschnittsbreite	b	170.0 mm	
Kriterium	h/b	2.12	> 2 Tab. 6.5
Knicklinie	KL_{LT}	c	Tab. 6.5
Imperfektionsbeiwert	α_{LT}	0.490	Tab. 6.3
Parameter	$\lambda_{LT,0}$	0.400	6.3.2.3(1)
Parameter	β	0.750	6.3.2.3(1)
Hilfsbeiwert	$\phi_{op,LT}$	1.234	6.3.2.3(1)
Abminderungsbeiwert	$\gamma_{op,LT}$	0.526	Gl. (6.57)

Bild 4.3: Maske 2.2 Nachweise querschnittsweise

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

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

4.3 Nachweise stabsatzweise

2.3 Nachweise stabsatzweise

Stabsatz Nr.	A	B	C	D	E	F
Stabsatz Nr.	Stab Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Nachweis Ausnutzung		Nachweis nach Formel
2	Obergut (Stab Nr. 11-16)					
	13	0.000	LK2	0.07	≤ 1	CS102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4
	12	0.000	LK2	0.09	≤ 1	CS121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6
	16	0.359	LK18	0.03	≤ 1	CS122) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6(4) - Klasse 3 oder 4
	11	0.000	LK2	0.00	≤ 1	CS126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)
	11	1.794	LK18	0.33	≤ 1	CS181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.9.1
	16	0.359	LK18	0.03	≤ 1	CS182) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.9.2 - Klasse 3
	14	3.399	LK18	0.03	≤ 1	CS221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.10 und 6.2.9
	11	1.794	LK2	0.80	≤ 1	ST371) Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.4, Allgemeines Verfahren

Max: 1.07 > 1

Zwischenwerte - Stab 13 - x: 0.000 m - LK2

Querschnittsklassifizierung - Klasse 2

- Flansch				
- Länge	c _f	63.0	mm	Tab. 5.2
- Dicke	t _f	12.7	mm	Tab. 5.2
- Materialbeiwert	ε _f	1.000		Tab. 5.2
- Max. c/t-Verhältnis - Klasse 1	λ _{f,1}	9.000		Tab. 5.2
- Max. c/t-Verhältnis - Klasse 2	λ _{f,2}	10.000		Tab. 5.2
- Max. c/t-Verhältnis - Klasse 3	λ _{f,3}	14.000		Tab. 5.2
- c/t-Verhältnis	c/t _f	4.961		≤ λ _{f,1}
- Klasse	Klasse _f	1		Tab. 5.2
- Steg				
- Spannung am Steganfang	σ _{w,A}	-43.901	MPa	< 0 Druck
- Spannung am Stegende	σ _{w,B}	12.670	MPa	> 0 Zug
- Länge	c _w	298.6	mm	Tab. 5.2
- Dicke	t _w	8.0	mm	Tab. 5.2
- Streckgrenze	f _{yd,w}	235.000	MPa	3.2.1
- Normalkraft	N _{Ed}	-113.53	kN	< 0 Druck
- Druckanteil	α _w	1.000		Tab. 5.2
- Spannung bezogen auf f _{yd}	σ _{f-yd,1}	235.000	MPa	
- Spannung bezogen auf f _{yd}	σ _{f-yd,2}	-67.820	MPa	
- Spannungsverhältnis	ψ _w	-0.289		Tab. 5.2
- Materialbeiwert	ε _w	1.000		Tab. 5.2

Bild 4.4: Maske 2.3 Nachweise stabsatzweise

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

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

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

4.4 Nachweise stabweise

2.4 Nachweise stabweise

Stab Nr.	A	B	C	D	E
Stelle x [m]	Belastung	Nachweis	Ausnutzung		Nachweis nach Formel
75	Querschnitt Nr. 7 - QRO 80x5.0 British Steel				
1.667	LK2		0.21	≤ 1	CS102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4
5.000	LK2		0.01	≤ 1	CS121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6
0.000	LK2		0.00	≤ 1	CS126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)
2.500	LK2		0.15	≤ 1	CS181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.9.1
0.000	LK2		0.73	≤ 1	ST302) Stabilitätsnachweis - Biegekicken um y-Achse nach 6.3.1.1 und 6.3.1.2
0.000	LK2		0.73	≤ 1	ST312) Stabilitätsnachweis - Biegekicken um z-Achse nach 6.3.1.1 und 6.3.1.2
1.667	LK2		0.95	≤ 1	ST364) Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.3, Verfahren 2
0.000	LK74		0.00	≤ 1	SE400) Gebrauchstauglichkeit - Keine bzw. sehr kleine Verformungen
2.500	LK74		0.33	≤ 1	SE401) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination 'Charakteristisch' - z-Richtung

Max: 1.07 > 1

Zwischenwerte - Stab 75 - x: 0.000 m - LK2

- Querschnittswerte - QRO 80x5.0 | British Steel
- Bemessungsschnittgrößen
- Querschnittsklassifizierung - Klasse 1
- Nachweis

Elastizitätsmodul	E	210000.000	MPa		
Flächenträgheitsmoment	I _y	139.00	cm ⁴		
Effektive Stablänge	L _{or,y}	5.000	m		
Ideale Verzweigungslast	N _{or,y}	115.24	kN		
Querschnittsfläche	A	14.90	cm ²		
Streckgrenze	f _y	235.000	MPa		3.2.1
Schlankheitsgrad	λ _y	1.743		> 0.2	6.3.1.2(4)
Normalkraft (Druck)	N _{Ed}	73.13	kN		
Kriterium N _{Ed} / N _{or,y}	η _{N,or}	0.635		> 0.04	6.3.1.2(4)
Knicklinie	KL _y	a			Tab. 6.2
Imperfektionsbeiwert	α _y	0.210			Tab. 6.1
Hilfsbeiwert	φ _y	2.181			6.3.1.2(1)
Abminderungsbeiwert	χ _y	0.286			Gl. (6.49)
Teilsicherheitsbeiwert	γ _{M1}	1.000			6.1
Biegeknickbeanspruchbarkeit	N _{b,y,Rd}	100.26	kN		Gl. (6.47)
Nachweis	η	0.73		≤ 1	(6.46)

Nachweisformel
N_{Ed} / N_{b,y,Rd} = 0.73 ≤ 1 (6.46)

Bild 4.5: Maske 2.4 Nachweise stabweise

Diese Ergebnismaske präsentiert die maximalen Ausnutzungen für die einzelnen Nachweise nach Stabnummern geordnet. Die Spalten sind im Kapitel 4.1 auf Seite 47 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
35	Querschnitt Nr. 3 - IPE 550 British Steel ... 2 - IPE 360 British Steel				
0.000	LK2		0.02	≤ 1	CS102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4
0.000	LK2		0.07	≤ 1	CS121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6
0.000	LK2		0.00	≤ 1	CS126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)
0.000	LK2		0.35	≤ 1	CS181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.9.1
0.000	LK2		0.02	≤ 1	CS102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4
0.000	LK2		0.07	≤ 1	CS121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.6
0.000	LK2		0.00	≤ 1	CS126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)
0.000	LK2		0.35	≤ 1	CS181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft nach 6.2.9.1
0.598	LK2		0.02	≤ 1	CS102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4

Max: 0.60 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 35 - x: 0.000 m - LK2

- Nachweis

Moment	M _{y,Ed}	222.01	kNm		
Streckgrenze im Flansch	f _{y,f}	225.000	MPa		3.2.1
Streckgrenze im Steg	f _{y,w}	235.000	MPa		3.2.1
Teilsicherheitsbeiwert	γ _{M0}	1.000			6.1
Momentenbeanspruchbarkeit	M _{pl,y,Rd}	634.45	kNm		Gl. (6.13)
Querkraft	V _{z,Ed}	70.21	kN		
Wirksame Schubfläche	A _{v,z}	71.93	cm ²		6.2.6(3)
Querkraftbeanspruchbarkeit	V _{pl,z,Rd}	975.86	kN		Gl. (6.18)
Kriterium V _{z,Ed} / V _{pl,z,Rd}	v _z	0.072		≤ 0.5	6.2.10(2)
Normalkraft	N _{Ed}	-56.86	kN		
Querschnittsfläche	A	134.00	cm ²		
Normalkraftbeanspruchbarkeit	N _{pl,Rd}	3086.93	kN		Gl. (6.6)
Stegblechhöhe	h _w	515.6	mm		
Stegdicke	t _w	11.1	mm		
Kriterium 1	n	0.018		≤ 0.25	(6.33)
Kriterium 2	n _w	0.042		≤ 0.50	(6.34)
Momentenbeanspruchbarkeit	M _{pl,y,Rd}	634.45	kNm		Gl. (6.13)
Nachweis	η _{My}	0.35		≤ 1	(6.31)
Nachweis	η	0.35		≤ 1	(6.36*)

Nachweisformel
M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd} = 0.35 ≤ 1 (6.31)

Bild 4.6: Maske 2.5 Nachweise x-stellenweise

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

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

3.1 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

Stab Nr.	A Stelle x [m]	B Belas- tung	C Kräfte [kN]			D Momente [kNm]			I Bemessung nach Gleichung
			N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	T_{Ed}	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$	
1 Querschnitt Nr. 1 - IPE 500 British Steel									
0.000	LK18	-44.24	4.86	-17.90	-0.02	0.00	0.00	CS102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4	
0.857	LK18	-40.85	3.49	-15.89	0.01	-14.43	-3.59	CS121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.1	
0.000	LK18	-44.24	4.86	-17.90	-0.02	0.00	0.00	CS122) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.1	
6.000	LK4	-5.73	7.07	-2.83	0.06	11.64	-0.02	CS123) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse y nach 6.2.1	
0.000	LK4	-29.62	-7.19	6.71	0.01	0.00	0.00	CS124) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse y nach 6.2.1	
0.000	LK4	-29.62	-7.19	6.71	0.01	0.00	0.00	CS126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)	
6.000	LK18	-20.44	-4.79	-3.77	0.16	-64.98	-0.08	CS181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft	
5.143	LK2	-20.34	0.00	-1.45	0.00	-7.49	0.00	CS182) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft	
2.571	LK4	-19.42	-1.03	2.62	0.03	11.97	10.52	CS221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Normalkraft	
6.000	LK18	-20.44	-4.79	-3.77	0.16	-64.98	-0.08	ST331) Stabilitätsnachweis - Biegedrillknicken nach 6.3.2.1 uni	
5.143	LK18	-23.85	-3.44	-5.79	0.14	-60.84	-3.60	ST363) Stabilitätsnachweis - Doppelbiegung nach 6.3.3, Verfall	
0.000	LK18	-44.24	4.86	-17.90	-0.02	0.00	0.00	ST364) Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.3, V	
2 Querschnitt Nr. 6 - IPE 300 British Steel									
0.000	LK18	-7.56	-0.04	18.58	-0.04	-60.24	-0.16	CS102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4	
1.550	LK4	-2.49	-0.02	-2.40	-0.01	10.33	-0.02	CS111) Querschnittsnachweis - Biegung um y-Achse nach 6.2.1	
0.000	LK18	-7.56	-0.04	18.58	-0.04	-60.24	-0.16	CS121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.1	
0.000	LK2	-3.40	-0.01	9.54	0.00	-6.31	0.01	CS126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)	
1.550	LK4	-2.49	-0.02	-2.40	-0.01	10.33	-0.02	CS141) Querschnittsnachweis - Biegung und Querkraft nach 6.2.1	
4.844	LK2	0.65	-0.02	-10.74	0.00	-9.21	0.06	CS161) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung und Querkraft nach 6.2.1	
0.807	LK4	-2.73	-0.01	-0.99	-0.01	11.59	-0.04	CS181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft	
0.000	LK18	-7.56	-0.04	18.58	-0.04	-60.24	-0.16	CS221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Normalkraft	
0.807	LK4	-2.73	-0.01	-0.99	-0.01	11.59	-0.04	ST331) Stabilitätsnachweis - Biegedrillknicken nach 6.3.2.1 uni	
4.844	LK18	-5.90	0.01	10.85	0.02	11.10	-0.07	ST363) Stabilitätsnachweis - Doppelbiegung nach 6.3.3, Verfall	
3 Querschnitt Nr. 6 - IPE 300 British Steel									
5.099	LK2	43.88	-0.01	-9.97	0.00	-8.00	0.00	CS101) Querschnittsnachweis - Zug nach 6.2.3	
1.700	LK18	1.83	-0.01	-1.49	0.01	10.80	-0.06	CS111) Querschnittsnachweis - Biegung um y-Achse nach 6.2.1	
0.000	LK2	39.79	0.03	10.45	0.00	-9.21	0.06	CS121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.1	
0.000	LK2	39.79	0.03	10.45	0.00	-9.21	0.06	CS126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)	
1.700	LK18	1.83	-0.01	-1.49	0.01	10.80	-0.06	CS141) Querschnittsnachweis - Biegung und Querkraft nach 6.2.1	
0.850	LK18	1.57	-0.01	-0.18	0.02	11.51	-0.06	CS161) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung und Querkraft nach 6.2.1	
5.099	LK2	43.88	-0.01	-9.97	0.00	-8.00	0.00	CS181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraft	

Bild 4.7: Maske 3.1 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

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- und Stabilitätsnachweisen zur höchsten Ausnutzung führen.

Bemessung nach Gleichung

Die letzte Spalte gibt Auskunft über die Nachweisarten und Gleichungen der Norm, mit denen die Nachweise geführt wurden.

4.7 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

3.2 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise									
Stabsatz Nr.	A Stelle x [m]	B Belastung	C Kräfte [kN]			F Momente [kNm]			I Bemessung nach Gleichung
			Ne _d	V _{y,Ed}	V _{z,Ed}	T _{Ed}	M _{y,Ed}	M _{z,Ed}	
2 Obergurt (Stab Nr. 11-16)									
	0.000	LK2	-113.53	0.04	19.30	0.02	30.82	0.07	CS102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4
	0.000	LK2	-80.99	-0.02	43.51	-0.01	-66.81	0.05	CS121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.
	0.359	LK18	-22.00	-0.04	-14.12	-0.01	6.29	-0.04	CS122) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.
	0.000	LK2	-85.69	-0.03	56.68	-0.03	-154.83	-0.02	CS126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)
	1.794	LK18	-21.14	0.04	24.01	-0.06	-79.84	0.00	CS181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraf
	0.359	LK18	-22.00	-0.04	-14.12	-0.01	6.29	-0.04	CS182) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraf
	3.399	LK18	-26.42	0.02	0.70	-0.03	42.56	-0.15	CS221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Nor
	1.794	LK2	-82.06	-0.02	41.47	-0.01	-66.81	0.05	ST371) Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.4, A
4 Obergurt (Stab Nr. 27-32)									
	0.000	LK2	-52.81	0.00	-54.81	0.00	-109.08	0.00	CS102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4
	0.000	LK2	-51.42	0.00	56.11	0.00	-109.08	0.00	CS121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.
	0.359	LK18	-18.60	-0.04	-15.95	0.00	-1.42	-0.05	CS122) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.
	0.000	LK2	-56.59	0.00	70.03	0.00	-221.04	0.00	CS126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)
	1.794	LK2	-52.81	0.00	54.81	0.00	-109.08	0.00	CS181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraf
	0.598	LK18	-18.76	-0.04	-16.68	0.00	-5.33	-0.04	CS182) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraf
	3.399	LK18	-15.30	0.03	-1.42	-0.02	44.47	-0.16	CS221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Nor
	1.794	LK2	-52.81	0.00	54.81	0.00	-109.08	0.00	ST371) Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.4, A
	0.000	LK73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SE400) Gebrauchstauglichkeit - Keine bzw. sehr kleine Verform
	5.099	LK76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SE401) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination Char
5 Obergurt (Stab Nr. 35-40)									
	0.000	LK2	-53.07	-0.01	-55.00	-0.01	-109.71	-0.03	CS102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4
	0.000	LK2	-51.67	0.01	56.31	0.01	-109.71	-0.03	CS121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 6.2.
	0.000	LK2	-56.86	0.02	70.21	0.02	-222.01	0.02	CS126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 6.2.6(6)
	1.794	LK2	-53.07	0.01	55.00	0.01	-109.71	-0.03	CS181) Querschnittsnachweis - Biegung, Quer- und Normalkraf
	0.850	LK2	-40.80	0.01	0.68	0.02	94.24	0.09	CS221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Nor
	1.794	LK2	-53.07	0.01	55.00	0.01	-109.71	-0.03	ST371) Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 6.3.4, A
	0.000	LK73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SE400) Gebrauchstauglichkeit - Keine bzw. sehr kleine Verform
	5.099	LK76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SE401) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination Char
6 Obergurt (Stab Nr. 43-48)									
	0.000	LK2	-113.53	-0.04	19.30	-0.02	30.82	-0.07	CS102) Querschnittsnachweis - Druck nach 6.2.4

Bild 4.8: Maske 3.2 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

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

4.8 Stabschlankheiten

3.3 Stabschlankheiten

Stab Nr.	A Beanspruchung	B Länge L [m]	C k_y [-]	D Starke Achse y		E λ_y [-]		F k_z [-]	G Schwache Achse z		H λ_z [-]	I
				i_y [mm]	λ_y [-]	i_z [mm]	λ_z [-]					
1	Druck / Biegung	6.000	1.000	203.8	29.435	1.000	43.0	139.627				
2	Druck / Biegung	4.844	1.000	124.6	38.869	1.000	33.5	144.572				
3	Druck / Biegung	5.099	1.000	124.6	40.915	1.000	33.5	152.181				
4	Druck / Biegung	5.099	1.000	124.6	40.915	1.000	33.5	152.181				
5	Druck / Biegung	4.844	1.000	124.6	38.869	1.000	33.5	144.572				
6	Druck / Biegung	6.000	1.000	203.8	29.435	1.000	43.0	139.627				
7	Druck / Biegung	7.000	1.000	105.1	66.599	1.000	61.3	114.148				
8	Druck / Biegung	8.000	1.000	105.1	76.113	1.000	61.3	130.455				
9	Druck / Biegung	7.000	1.000	105.1	66.599	1.000	61.3	114.148				
50	Druck / Biegung	6.000	1.000	203.8	29.435	1.000	43.0	139.627				
51	Druck / Biegung	4.844	1.000	124.6	38.869	1.000	33.5	144.572				
52	Druck / Biegung	5.099	1.000	124.6	40.915	1.000	33.5	152.181				
53	Druck / Biegung	5.099	1.000	124.6	40.915	1.000	33.5	152.181				
54	Druck / Biegung	4.844	1.000	124.6	38.869	1.000	33.5	144.572				
55	Druck / Biegung	6.000	1.000	203.8	29.435	1.000	43.0	139.627				
56	Druck / Biegung	7.000	1.000	105.1	66.599	1.000	61.3	114.148				
57	Druck / Biegung	8.000	1.000	105.1	76.113	1.000	61.3	130.455				
58	Druck / Biegung	7.000	1.000	105.1	66.599	1.000	61.3	114.148				
62	Druck / Biegung	5.000	1.000	30.5	163.703	1.000	30.5	163.703				
63	Druck / Biegung	5.000	1.000	30.5	163.703	1.000	30.5	163.703				
64	Druck / Biegung	5.000	1.000	30.5	163.703	1.000	30.5	163.703				
68	Druck / Biegung	5.000	1.000	30.5	163.703	1.000	30.5	163.703				
69	Druck / Biegung	5.000	1.000	30.5	163.703	1.000	30.5	163.703				
70	Druck / Biegung	5.000	1.000	30.5	163.703	1.000	30.5	163.703				
74	Druck / Biegung	5.000	1.000	30.5	163.703	1.000	30.5	163.703				
75	Druck / Biegung	5.000	1.000	30.5	163.703	1.000	30.5	163.703				
76	Druck / Biegung	5.000	1.000	30.5	163.703	1.000	30.5	163.703				
80	Druck / Biegung	5.000	1.000	30.5	163.703	1.000	30.5	163.703				
81	Druck / Biegung	5.000	1.000	30.5	163.703	1.000	30.5	163.703				
82	Druck / Biegung	5.000	1.000	30.5	163.703	1.000	30.5	163.703				

Stäbe mit Druck / Biegung:
 Max λ_y : 163.703 ≤ 200
 Max λ_z : 163.703 ≤ 200

Bild 4.9: Maske 3.3 Stabschlankheiten

Details...

Diese Ergebnismaske wird angezeigt, wenn im Dialog *Details*, Register *Allgemein* das entsprechende Häkchen gesetzt ist (siehe Bild 3.5, Seite 43).

Details...

Die Tabelle listet die effektiven Schlankheitsgrade der bemessenen Stäbe für beide Hauptachsenrichtungen auf. Sie wurden in Abhängigkeit von der Lastart ermittelt. Am Ende der Liste findet sich ein Vergleich mit den Grenzwerten, die im Dialog *Details*, Register *Allgemein* definiert sind (siehe Bild 3.5, Seite 43).

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

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

4.9 Stückliste stabweise

Abschließend erscheint eine Bilanz der im Bemessungsfall behandelten Querschnitte.

4.1 Stückliste stabweise

Position Nr.	A Querschnitt Bezeichnung	B Anzahl Stäbe	C Länge [m]	D Gesamtlänge [m]	E Oberfläche [m ²]	F Volumen [m ³]	G Quers.-Masse [kg/m]	H Masse [kg]	Gesamtmasse [t]
1	1 - IPE 500 British Steel	4	6.00	24.00	41.85	0.28	91.06	546.36	2.185
2	6 - IPE 300 British Steel	4	4.84	19.38	22.48	0.10	42.23	204.58	0.818
3	6 - IPE 300 British Steel	4	5.10	20.40	23.66	0.11	42.23	215.35	0.861
4	5 - UBP 254x254x63 British Steel	4	7.00	28.00	41.37	0.22	62.96	440.70	1.763
5	5 - UBP 254x254x63 British Steel	2	8.00	16.00	23.64	0.13	62.96	503.66	1.007
6	7 - QRO 80x5.0 British Steel	14	5.00	70.00	21.63	0.10	11.70	58.48	0.819
7	8 - RD 24	7	7.81	54.67	4.12	0.02	3.55	27.71	0.194
8	8 - RD 24	10	7.14	71.41	5.38	0.03	3.55	25.34	0.253
Summe		49		303.86	184.13	1.01			7.901

Bild 4.10: Maske 4.1 Stückliste stabweise

Details...

In dieser Liste sind per Voreinstellung nur die bemessenen Stäbe erfasst. Wird eine Stückliste für alle Stäbe des Modells benötigt, so kann dies im Dialog *Details*, Register *Allgemein* eingestellt werden (siehe Bild 3.5, Seite 43).

Position Nr.

Das Programm vergibt Positionsnummern für gleichartige Stäbe.

Querschnitt Bezeichnung

In dieser Spalte sind die Querschnittsnummern und -bezeichnungen aufgelistet.

Anzahl Stäbe

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

Länge

Hier wird jeweils die Länge eines einzelnen Stabes ausgewiesen.

Gesamtlänge

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

Oberfläche



Es werden positionsweise die auf die Gesamtlänge bezogenen Oberflächen angegeben. Diese werden aus der *Mantelfläche* der Profile ermittelt, die in den Masken 1.3 sowie 2.1 bis 2.5 bei den Querschnittsinformationen einsehbar ist (siehe Bild 2.14, Seite 17).

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	Obergurt	4	19.91	79.62	111.49	0.62	61.41	1222.32	4.889
2	Stütze	1	6.00	6.00	10.46	0.07	91.06	546.36	0.546
Summe		5		85.62	121.95	0.69			5.436

Bild 4.11: Maske 4.2 Stückliste stabsatzweise

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

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

5 Ergebnisauswertung

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

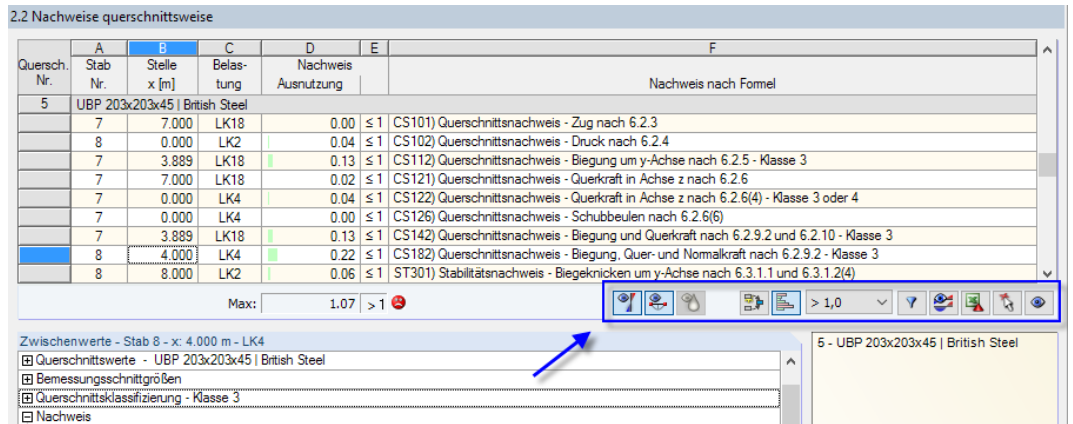


Bild 5.1: Schaltflächen zur Ergebnisauswertung

Die Schaltflächen sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Bezeichnung	Funktion
	Tragfähigkeitsnachweis	Blendet die Ergebnisse des Tragfähigkeitsnachweises ein und aus
	Gebrauchstauglichkeitsnachweis	Blendet die Ergebnisse des Gebrauchstauglichkeitsnachweises ein und aus
	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, Seite 60
	Excel-Export	Exportiert die Tabelle nach MS Excel / OpenOffice → Kapitel 7.4.2, Seite 71
	Stabauswahl	Ermöglicht die grafische Auswahl eines Stabes, um dessen Ergebnisse in der Tabelle anzuzeigen
	Ansichtsmodus	Ermöglicht den Wechsel in das Arbeitsfenster von RFEM/RSTAB, um die Ansicht zu ändern

Tabelle 5.1: Schaltflächen in den Ergebnismasken 2.1 bis 2.5

5.1 Ergebnisse am RFEM/RSTAB-Modell

Für die Auswertung kann auch das Arbeitsfenster des Hauptprogramms 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 BS selektierte Stab wird in der Hintergrundgrafik farbig hervorgehoben. Ein Pfeil kennzeichnet auch die x-Stelle des Stabes, um die es sich in der aktuellen Tabellenzeile handelt.

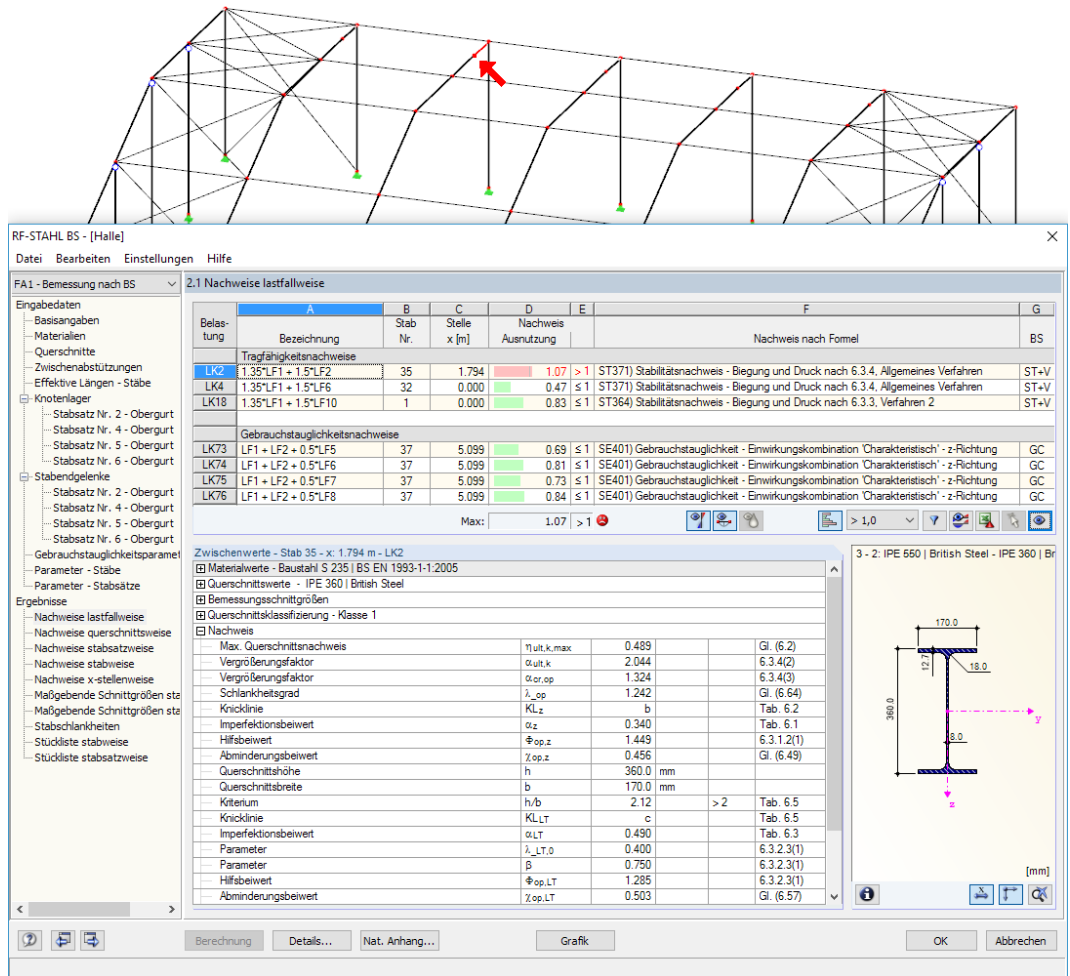


Bild 5.2: Kennzeichnung des Stabes und der aktuellen Stelle x im RFEM-Modell



Information

Sie befinden sich im Ansichtsmodus.

[Zurück](#)

Falls sich die Darstellung durch Verschieben des RF-/STAHL BS-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 BS.

RFEM/RSTAB-Arbeitsfenster

Grafik

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 kann festgelegt werden, welche Ausnutzungen auf Basis der Tragfähigkeits- oder Gebrauchstauglichkeitsbemessung grafisch dargestellt werden sollen. Ebenso lassen sich die Klassifizierungen der Querschnitte überprüfen.

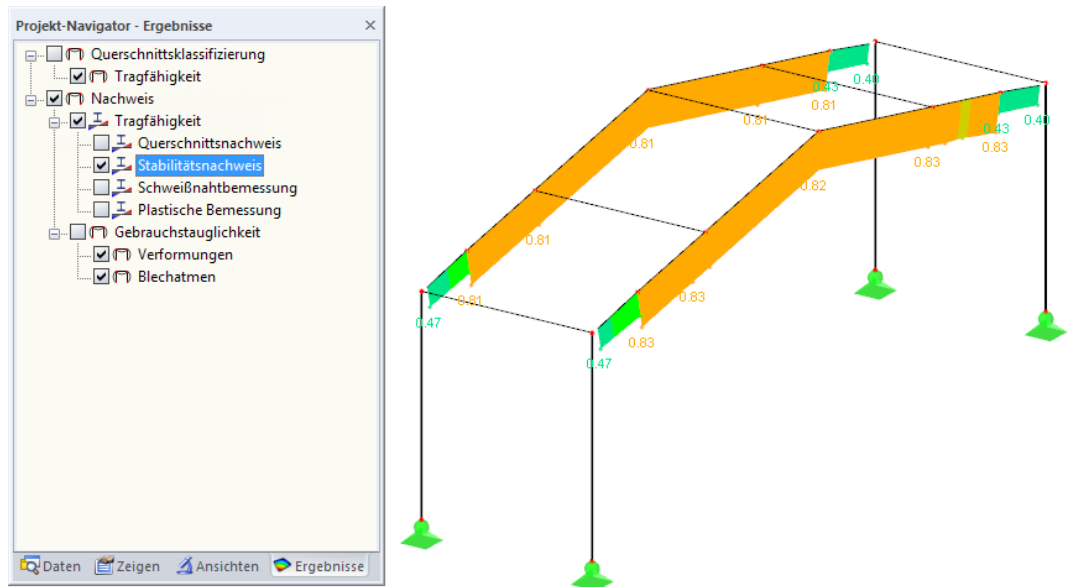


Bild 5.3: Ergebnisse-Navigator für RF-/STAHL BS



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 *Zweifarfbig* angezeigt.

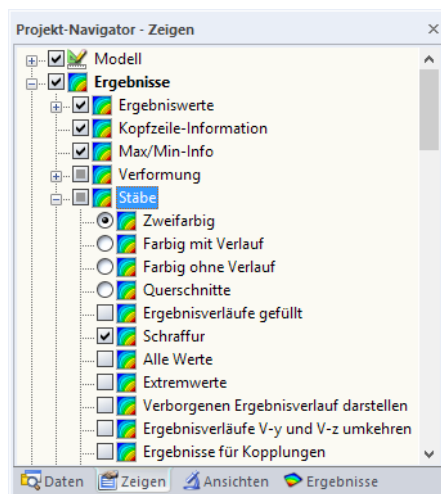
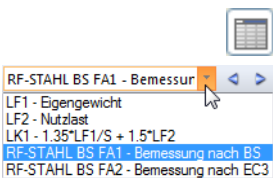


Bild 5.4: Zeigen-Navigator: Ergebnisse → Stäbe



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

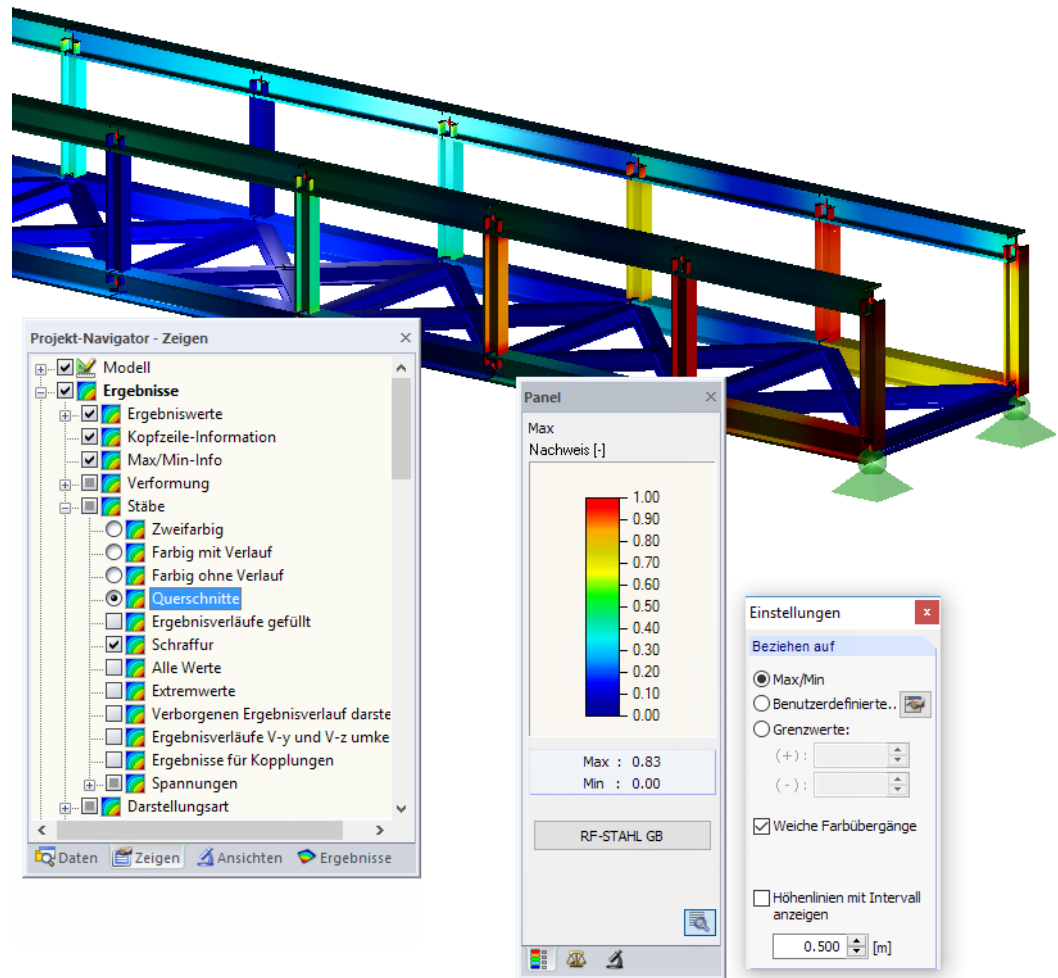


Bild 5.5: Ausnutzungsgrade mit Anzeigeoption *Querschnitte*

Die Grafiken der Bemessungsergebnisse können in das Ausdruckprotokoll übergeben werden (siehe [Kapitel 6.2, Seite 64](#)).

RF-STAHL BS

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

5.2 Ergebnisverläufe

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



Selektieren Sie den Stab (oder Stabsatz) in der RF-/STAHL BS-Ergebnismaske, indem Sie mit der Maus in die Tabellenzeile des Stabes klicken. Rufen Sie dann den Dialog *Ergebnisverläufe im Stab* über die links gezeigte Schaltfläche auf. Sie befindet sich am Ende der oberen Ergebnistabelle (siehe Bild 5.1, Seite 56).

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, in dem der Verlauf der Nachweiswerte grafisch am Stab oder Stabsatz anzeigt werden kann.

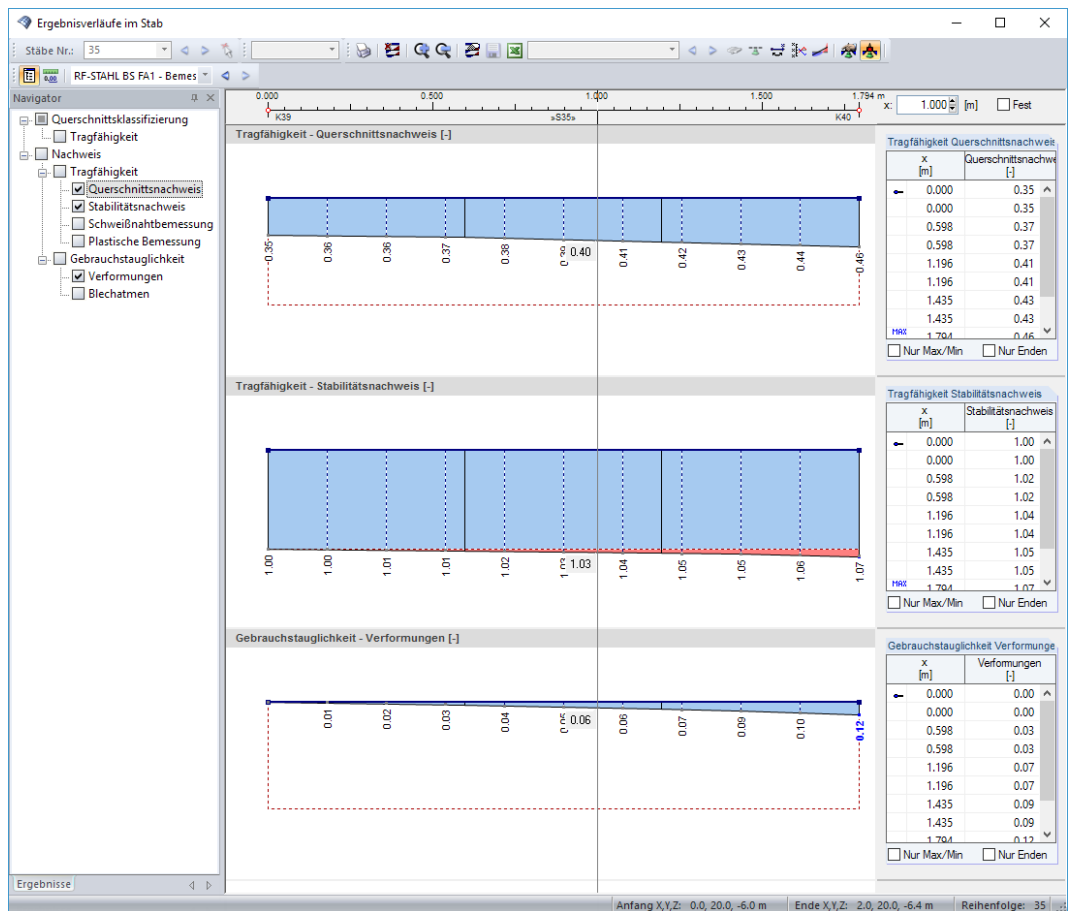
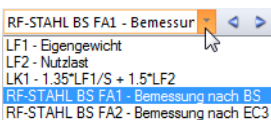


Bild 5.6: Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*

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



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

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

5.3 Filter für Ergebnisse



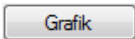
Die Gliederung der RF-/STAHL BS-Ergebnismasken bietet bereits eine Auswahl nach verschiedenen Kriterien. Zusätzlich bestehen Filtermöglichkeiten für die Tabellen (siehe Bild 5.1, Seite 56), um die numerische Ausgabe nach Ausnutzungen einzugrenzen. Diese Funktion ist auch in einem DLUBAL-Blog beschrieben: <https://www.dlubal.com/blog/11214>

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



Auch für RF-/STAHL BS 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



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 eingeblendet werden über das RFEM/RSTAB-Menü

Ansicht → Steuerpanel



oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

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.

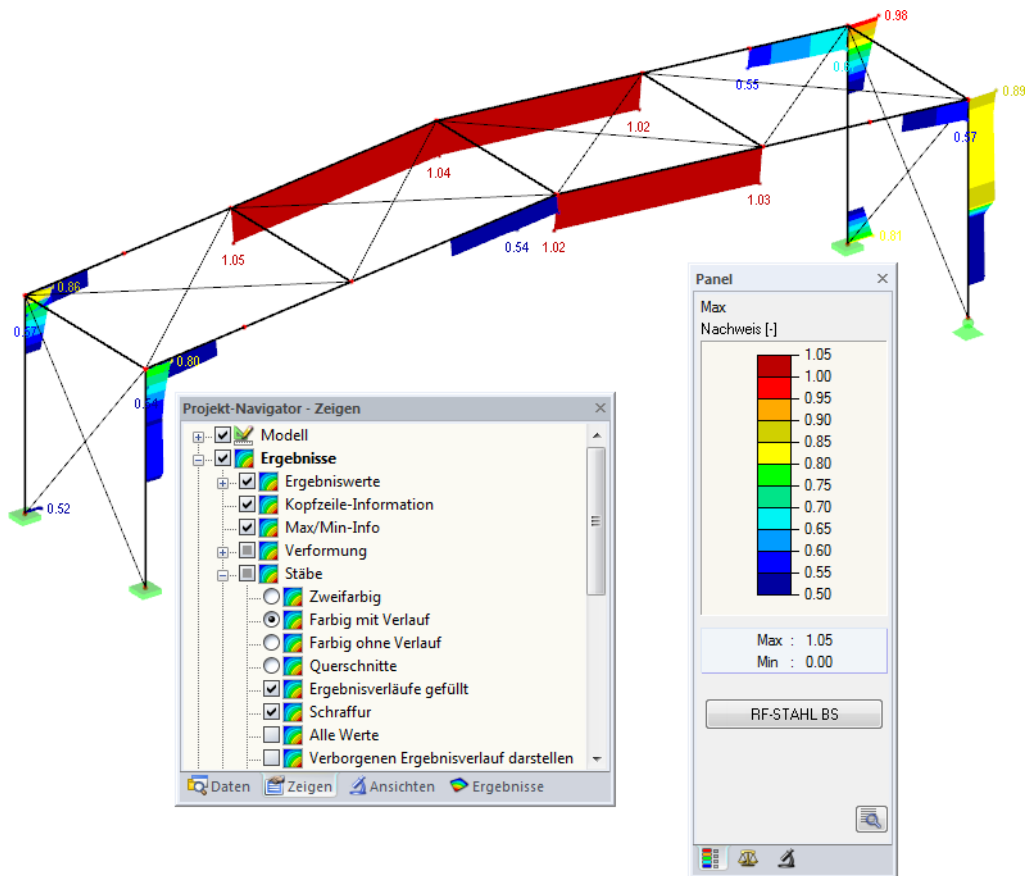


Bild 5.7: Filtern der Ausnutzungsgrade mit angepasster Farbskala

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

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

Filtern von Stäben



Im Register *Filter* des Steuerpanels können die Nummern ausgewählter Stäbe angegeben werden, um deren Ergebnisse gefiltert anzuzeigen. Diese Funktion ist im Kapitel 9.9.3 des RFEM-Handbuchs bzw. Kapitel 9.7.3 des RSTAB-Handbuchs beschrieben.

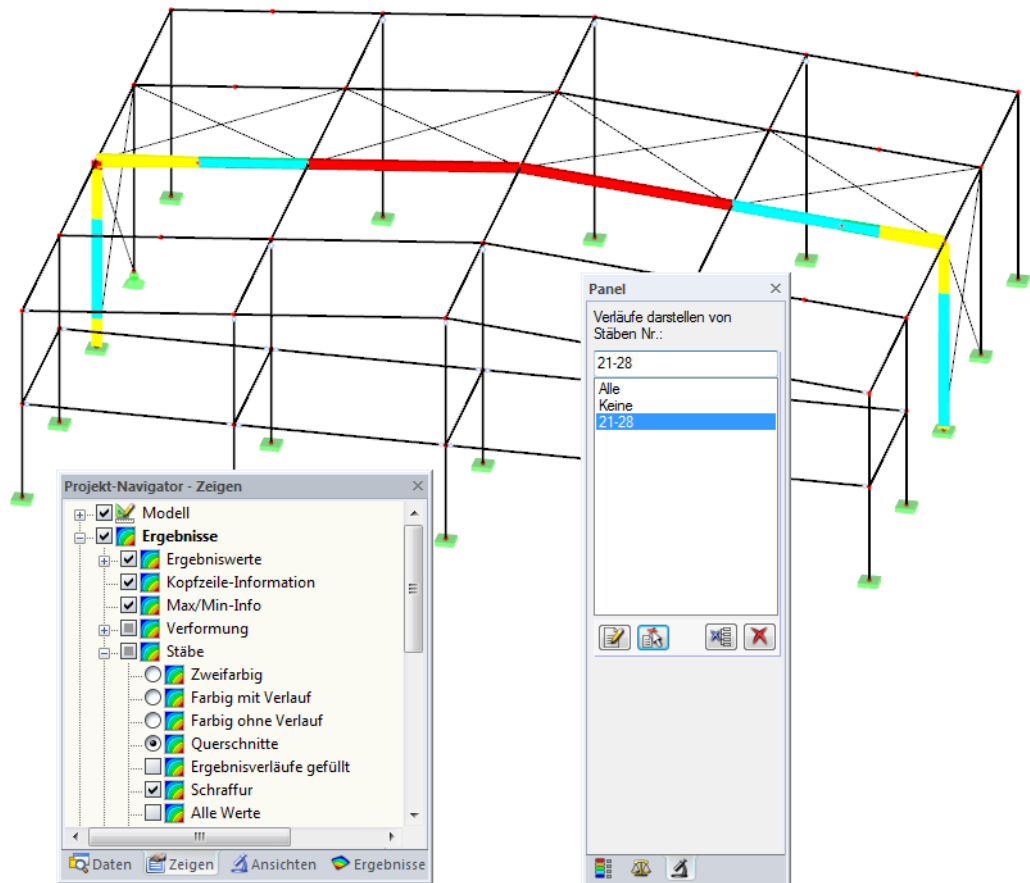


Bild 5.8: Stabfilter für Ausnutzungen eines Hallenrahmens

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

6 Ausdruck

6.1 Ausdruckprotokoll

Für die Daten des Moduls RF-/STAHL BS 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.

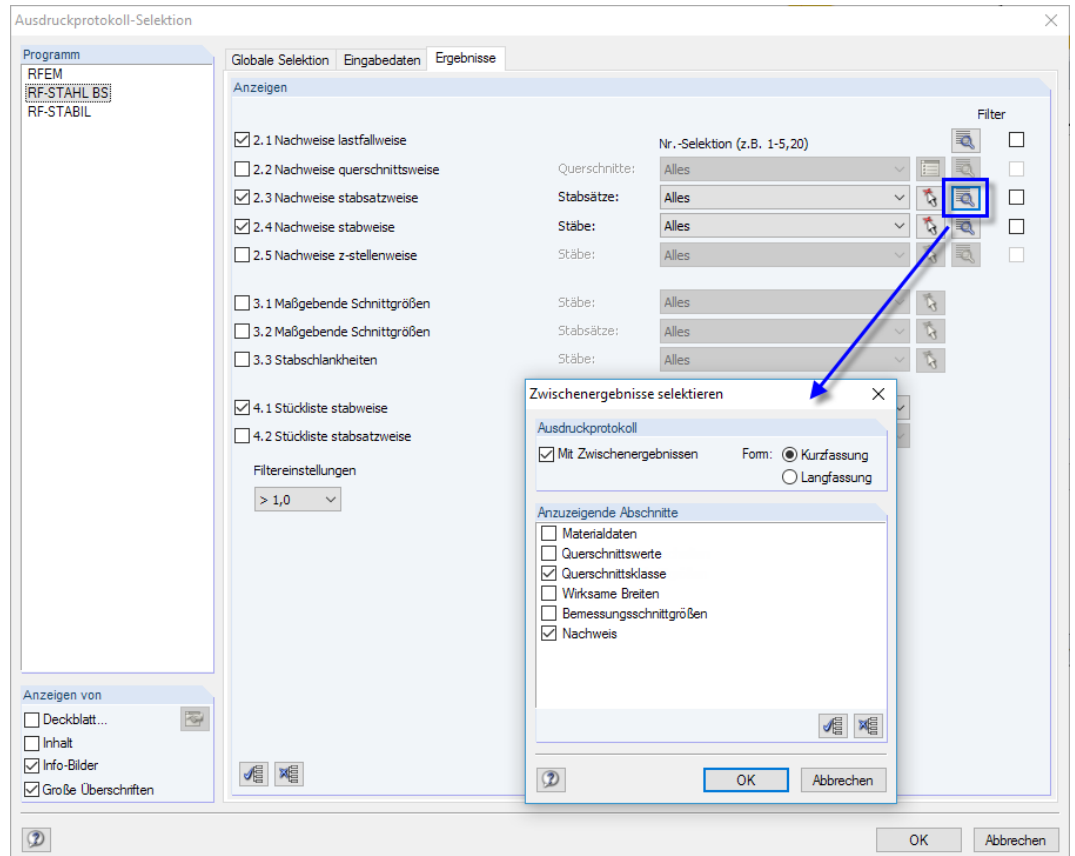


Bild 6.1: Selektion von Nachweisen und Zwischenergebnissen im Ausdruckprotokoll



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

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

6.2 Grafikausdruck

In RFEM oder 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.

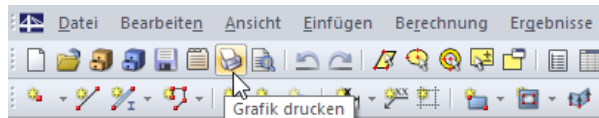


Bild 6.2: Schaltfläche *Grafik drucken* in RFEM-Symbolleiste

Ergebnisverläufe



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

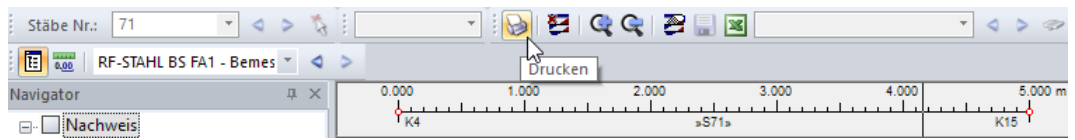


Bild 6.3: Schaltfläche *Drucken* im Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*

Es wird folgender Dialog angezeigt.

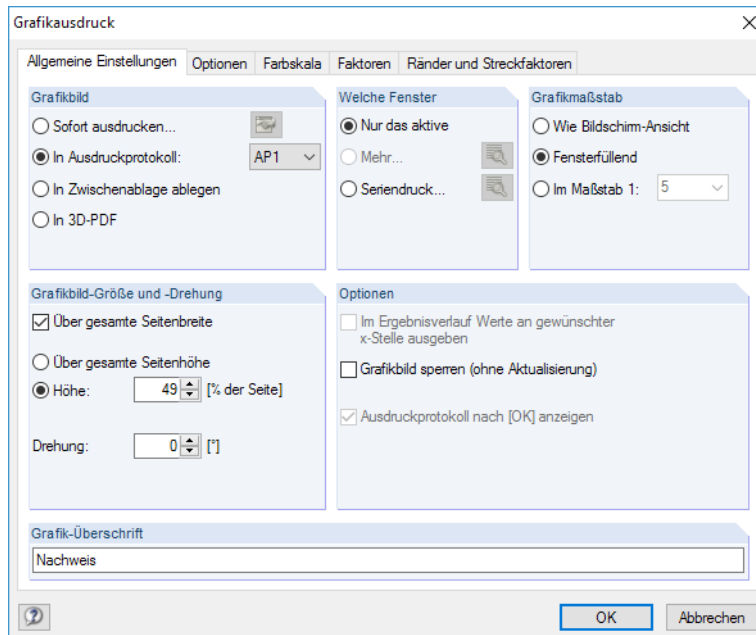


Bild 6.4: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Allgemeine Einstellungen*

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.

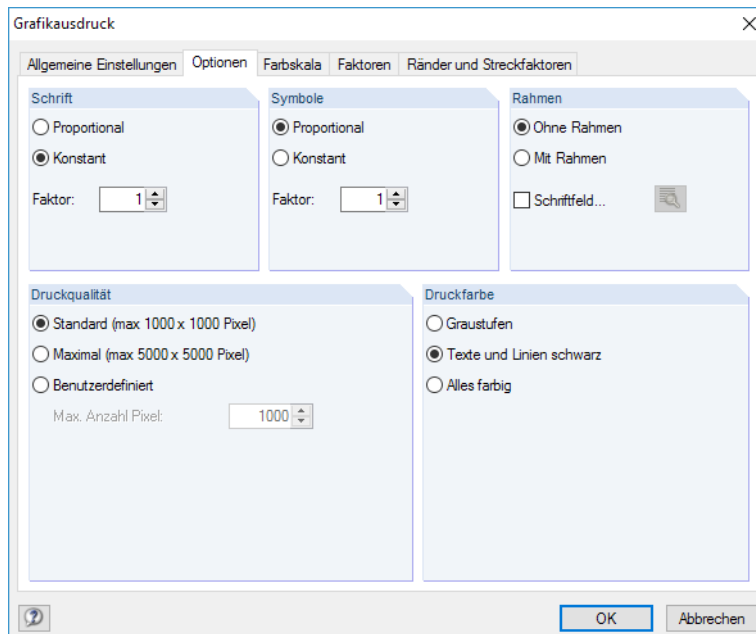
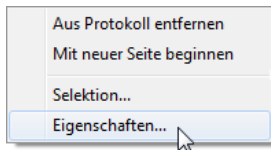


Bild 6.5: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Optionen*

7 Allgemeine Funktionen

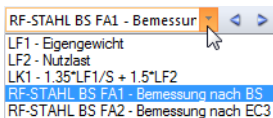
Dieses Kapitel beschreibt nützliche Menüfunktionen und stellt Exportmöglichkeiten für die Nachweise vor.

7.1 Bemessungsfälle

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

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

Die Bemessungsfälle von RF-/STAHL BS sind auch in RFEM bzw. RSTAB über die Lastfall-Liste der Symbolleiste zugänglich.



Neuen Bemessungsfall anlegen

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

Datei → Neuer Fall.

Es erscheint folgender Dialog.

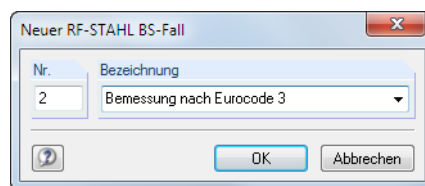


Bild 7.1: Dialog *Neuer RF-/STAHL BS-Fall*

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 BS-Maske *1.1 Basisangaben* zur Eingabe der Bemessungsdaten.

Bemessungsfall umbenennen

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

Datei → Fall umbenennen.

Es erscheint folgender Dialog.

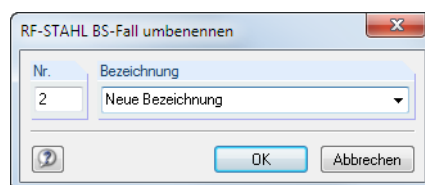


Bild 7.2: Dialog *RF-/STAHL BS-Fall umbenennen*

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 BS-Menü

Datei → **Fall kopieren**.

Es erscheint folgender Dialog.

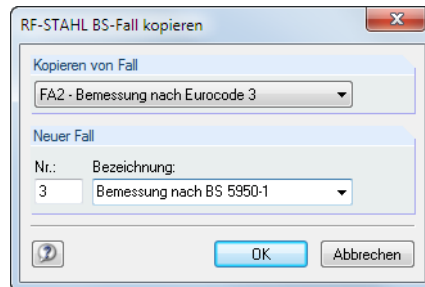


Bild 7.3: Dialog *RF-STAHl BS-Fall kopieren*

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

Bemessungsfall löschen

Bemessungsfälle lassen sich wieder löschen über das RF-/STAHL BS-Menü

Datei → **Fall löschen**.

Es erscheint folgender Dialog.

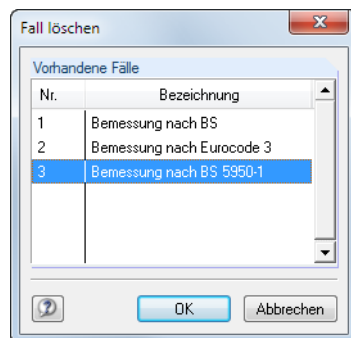
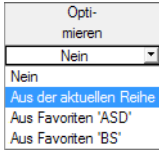


Bild 7.4: Dialog *Fall löschen*

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

7.2 Querschnittsoptimierung



Im Bemessungsmodul besteht die Möglichkeit, überlastete oder kaum ausgenutzte Querschnitte zu optimieren: Legen Sie hierzu in Maske 1.3 *Querschnitte* die relevanten Profile fest, indem Sie in Spalte D bzw. E in der Liste auswählen, ob die Querschnitte *Aus der aktuellen Reihe* oder benutzerdefinierten *Favoriten* ermittelt werden sollen (siehe Bild 2.12, Seite 15). In den Ergebnismasken kann die Optimierung über das Kontextmenü eingeleitet werden.

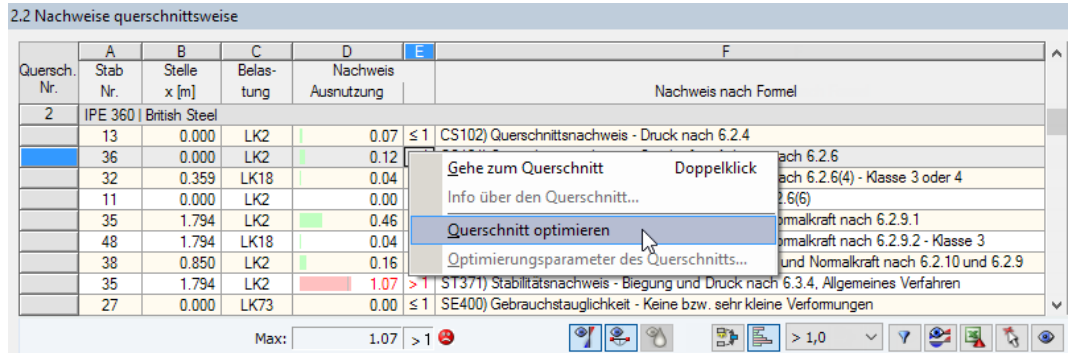
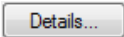


Bild 7.5: Kontextmenü zur Querschnittsoptimierung



Bei der Optimierung wird untersucht, welches Profil den Tragfähigkeitsnachweis „optimal“ erfüllt, d. h. der maximal zulässigen Ausnutzung am nächsten kommt, die im Dialog *Details* festgelegt ist (siehe Bild 3.5, Seite 43). 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 Profile dargestellt – das ursprüngliche Profil von RFEM bzw. RSTAB und das optimierte Profil (siehe Bild 7.7).

Zum Optimieren eines parametrischen Querschnitts erscheint folgender Dialog:

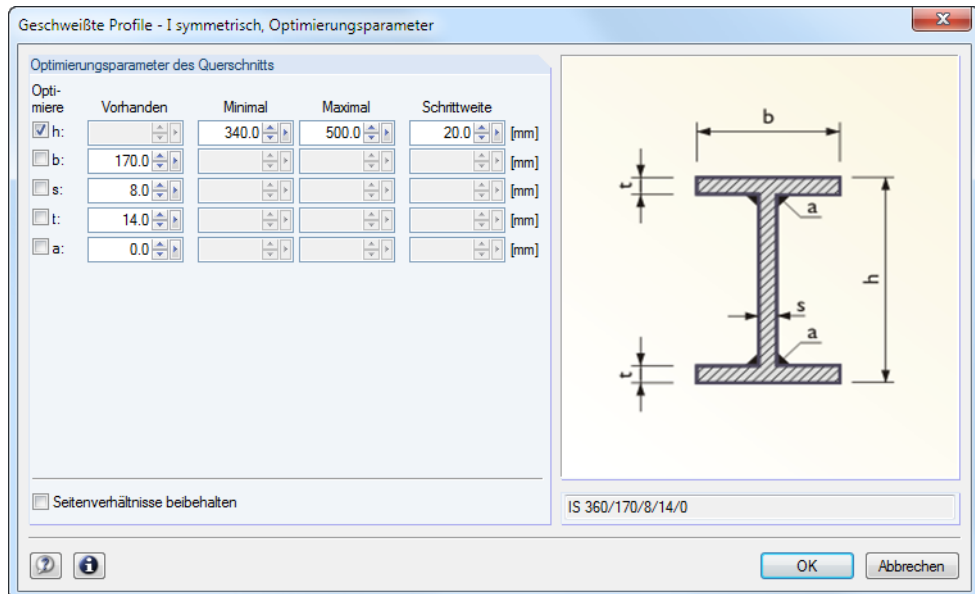


Bild 7.6: Dialog *Geschweißte Profile - I-symmetrisch, Optimierungsparameter*

In der Spalte *Optimiere* ist durch Anhaken 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 Profile 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 Profile nach RFEM bzw. RSTAB exportieren.

Quersch. Nr.	A	B	C	D	E	F	G
Material	Querschnittsbezeichnung	Querschnittstyp	Max. Ausnutzung	Optimieren	Anmerkung	Kommentar	
1	2	I IPE 500 British Steel	I-Profil gewalzt	0.83	Nein		
2	2	I IPE 360 British Steel	I-Profil gewalzt	1.07	Nein		
3	2	I IPE 550 British Steel					
5	1	UBP 203x203x45 British Steel					
6	2	I IPE 300 British Steel					
7	2	QRO 80x5.0 British Steel					
8	2	RD 24					
9	1	I IPE 100 British Steel					

Querschnittswerte - IPE 550 British Steel	
Querschnittstyp	I-Profil gewalzt
Querschnittshöhe	h 550.0 mm
Querschnittsbreite	b 210.0 mm
Stegdicke	t _w 11.1 mm
Flanshdicke	t _f 17.2 mm
Ausrundungsradius	r 24.0 mm
Querschnittsfläche	A 134.00 cm ²
Wirksame Schubfläche	A _{v,y} 76.14 cm ²
Wirksame Schubfläche	A _{v,z} 71.93 cm ² ≥ η _h a _{t,w} 6.2.6(3)a
Flächenträgheitsmoment	I _y 67120.00 cm ⁴
Flächenträgheitsmoment	I _z 2668.00 cm ⁴
Torsionsträgheitsmoment	I _t 123.00 cm ⁴
Trägheitsradius	i _y 223.0 mm
Trägheitsradius	i _z 44.5 mm
Elastisches Widerstandsmoment	W _{el,y} 2441.00 cm ³
Elastisches Widerstandsmoment	W _{el,z} 254.00 cm ³
Plastisches Widerstandsmoment	W _{pl,y} 2787.00 cm ³

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.

RF-STABL BS
Hinweis Nr. 46097

Sollen die im Modul geänderten Querschnitte in RFEM übernommen werden?
Die Ergebnisse von RFEM und RF-STABL BS werden dabei automatisch gelöscht.

Bild 7.8: Abfrage vor Übergabe geänderter Querschnitte nach RFEM

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



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

7.3 Einheiten und Dezimalstellen

Die Einheiten und Nachkommastellen werden für RFEM bzw. RSTAB und deren Zusatzmodule gemeinsam verwaltet. In RF-/STAHL BS 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 BS voreingestellt.

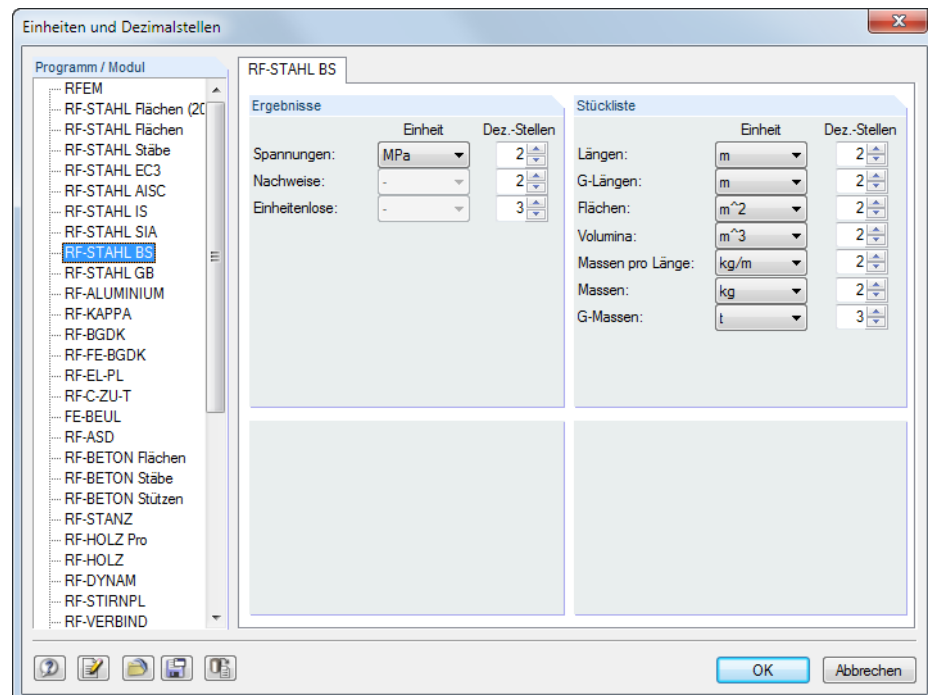


Bild 7.9: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*



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

7.4 Datenaustausch

7.4.1 Materialexport nach RFEM/RSTAB

Werden in RF-/STAHL BS 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.

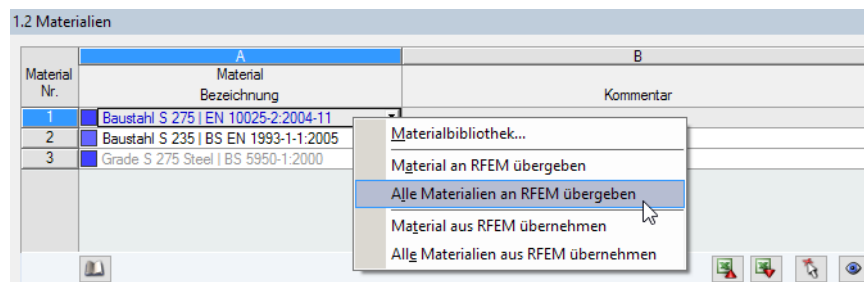


Bild 7.10: Kontextmenü der Maske *1.2 Materialien*

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 BS werden die RFEM/RSTAB-Schnittgrößen und die Nachweise in einem Rechenlauf ermittelt.

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

7.4.2 Export der Ergebnisse

Die Ergebnisse von RF-/STAHL BS 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 BS können in das Ausdruckprotokoll gedruckt (siehe Kapitel 6.1, Seite 63) und dort exportiert werden über das Menü

Datei → **Export in RTF.**

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

Excel / OpenOffice

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

Datei → **Tabellen exportieren.**

Es öffnet sich folgender Exportdialog.

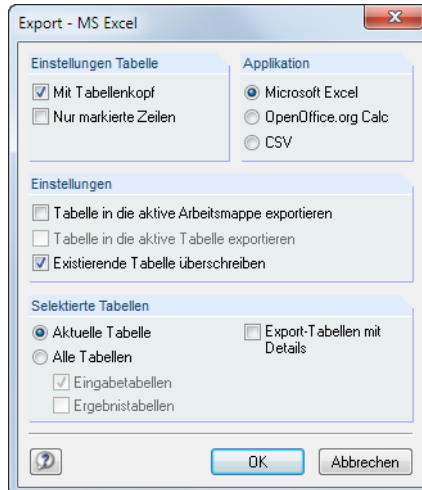


Bild 7.11: Dialog *Tabellen exportieren*

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

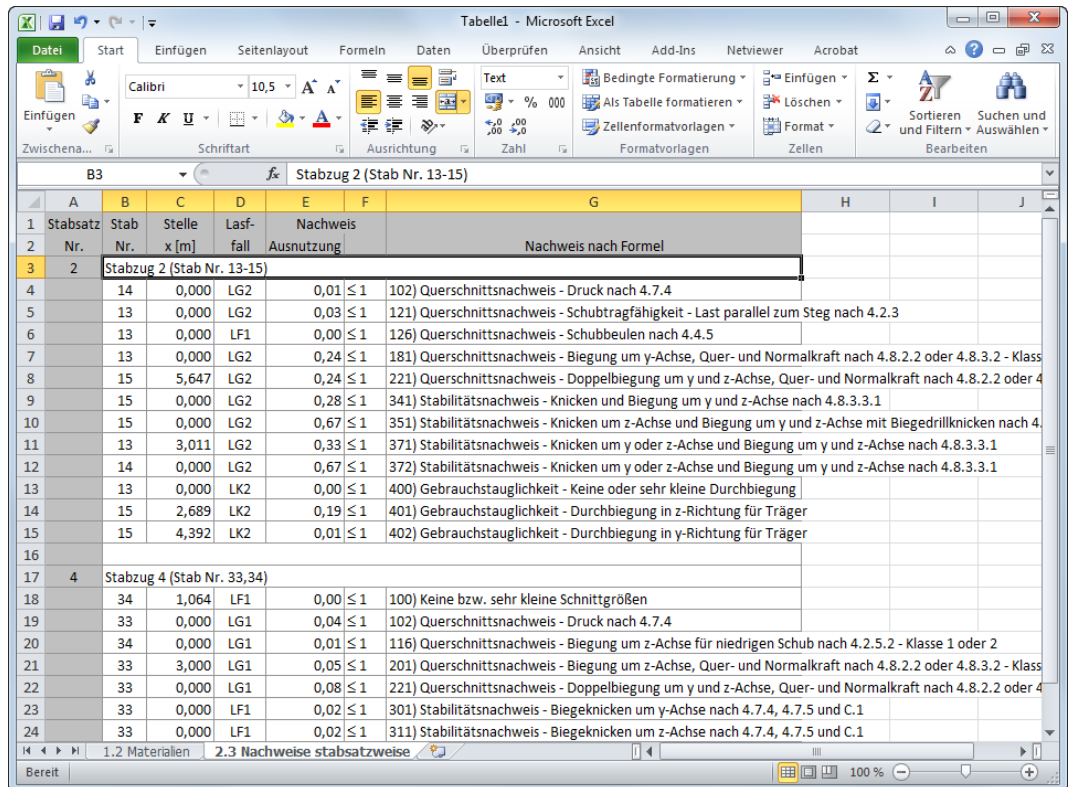


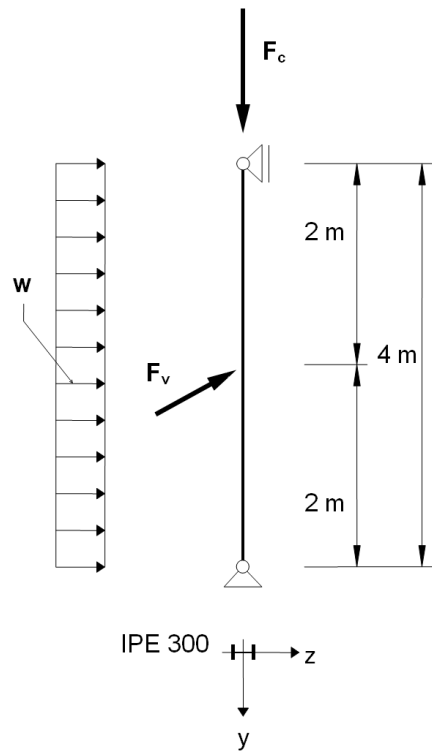
Bild 7.12: Ergebnis in Excel

8 Beispiel

Für eine Stütze mit zweiachsiger Biegung werden die maßgebenden Stabilitätsuntersuchungen im Hinblick auf Biegeknicken und Biegedrillknicken mit den Interaktionsbedingungen geführt. Die Nachweise erfolgen nach BS 5950-1 [1].

8.1 Bemessungswerte

System und Belastung



Bemessungswerte der statischen Lasten:

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

$$w = 5,0 \text{ kN/m}$$

$$F_v = 7,5 \text{ kN}$$

Querschnitt: IPE 300

Material: Stahl S 275

Bild 8.1: Statisches System und Bemessungslasten (γ -fach)

Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung

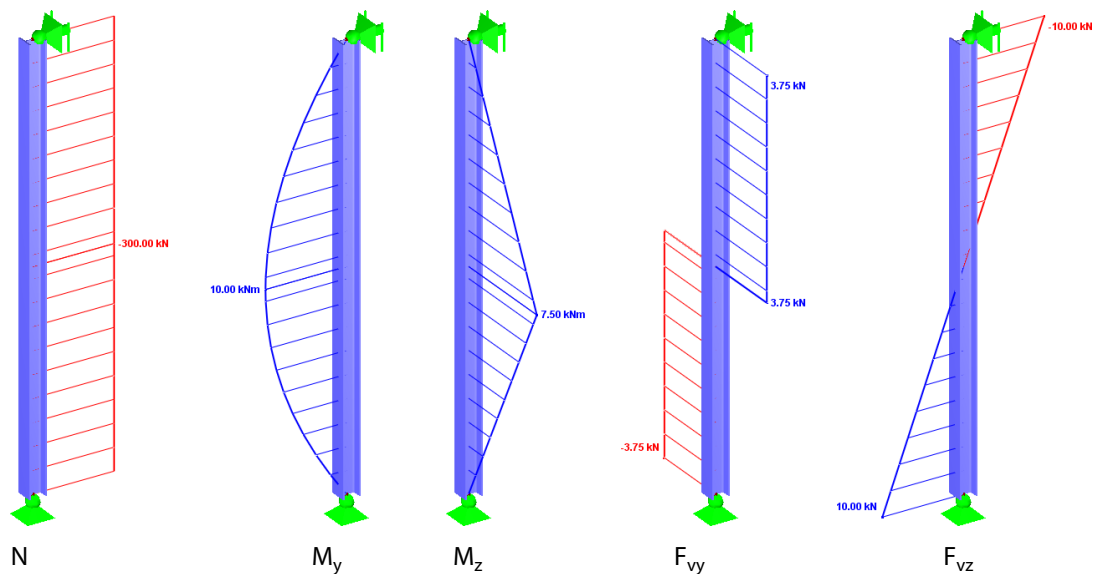


Bild 8.2: Schnittgrößen

Nachweisstelle (maßgebende x-Stelle)

Der Nachweis erfolgt x-stellenweise, d. h. an den definierten x-Stellen des Ersatzstabes. Die maßgebende Stelle liegt bei $x = 2,00$ m mit folgenden Schnittgrößen vor:

$$F_c = -300,00 \text{ kN} \quad M_y = 10,00 \text{ kNm} \quad M_z = 7,50 \text{ kNm} \quad F_{vy} = 3,75 \text{ kN} \quad F_{vz} = 0,00 \text{ kN}$$

8.2 Querschnittswerte - IPE 300

Querschnittsgröße	Symbol	Wert	Einheit
Bruttoquerschnittsfläche	A_q	53,80	cm ²
Trägheitsmoment	I_y	8 356,00	cm ⁴
Trägheitsmoment	I_z	604,00	cm ⁴
Trägheitsradius	i_y	12,5	cm
Trägheitsradius	i_z	3,35	cm
Querschnittsgewicht	G	42,2	kg/m
Torsionsträgheitsmoment	I_T	19,90	cm ⁴
Wölbwiderstand	I_ω	125 900,00	cm ⁶
Widerstandsmoment	W_y	557,00	cm ³
Widerstandsmoment	W_z	80,50	cm ³
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,y}$	628,00	cm ³
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,z}$	125,22	cm ³
Knicklinie	KL_y	a	
Knicklinie	KL_z	b	

8.3 Materialkennwerte - S 275

Querschnittsgröße	Symbol	Wert	Einheit
Elastizitätsmodul	E	205 000	N/mm ²
Schubmodul	G	78 865	N/mm ²
Streckgrenze	p_y	275	N/mm ²

8.4 Klassifizierung des Querschnitts

$$\varepsilon = \sqrt{275/p_y} = \sqrt{275/275} = 1,0$$

Klassifizierung des Flansches

$$b = 75 \text{ mm}$$

$$t = 10,7 \text{ mm}$$

$$\lambda_{f,1} = 8\varepsilon = 8 \cdot 1,0 = 8$$

$$\lambda_{f,2} = 9\varepsilon = 9 \cdot 1,0 = 9$$

$$\lambda_{f,3} = 13\varepsilon = 13 \cdot 1,0 = 13$$

$$\frac{b}{t} = \frac{75}{10,7} = 7 \leq 8 = \lambda_{f,1}$$

Querschnittsklasse des Flansches: 1

Klassifizierung des Steges

$$\sigma_{w,A} = -40,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{w,B} = -70,6 \text{ N/mm}^2$$

$$d = 278,6 \text{ mm}$$

$$t = 7,1 \text{ mm}$$

$$r_1 = \frac{F}{d \cdot t \cdot p_{yw}} = \frac{300 \cdot 10^3}{278,6 \cdot 7,1 \cdot 275} = 0,552$$

$$r_2 = \frac{F}{A} / (p_y) = \frac{300 \cdot 10^3}{54,9 \cdot 10^2} / (250/1,1) = 0,240$$

$$\lambda_{w,1} = \frac{84\varepsilon}{1 + r_1} = \frac{84 \cdot 1,0}{1 + 0,939} = 43,329$$

$$\lambda_{w,2} = \frac{105\varepsilon}{1 + 1,5r_1} = \frac{105 \cdot 1,0}{1 + 1,5 \cdot 0,939} = 43,604$$

$$\lambda_{w,3} = \frac{126\varepsilon}{1 + 2r_2} = \frac{126 \cdot 1,0}{1 + 2 \cdot 0,240} = 85,085$$

$$\frac{d}{t_{fw}} = \frac{206,8}{6,8} = 30,412 \leq 43,329 = \lambda_{w,1}$$

Querschnittsklasse des Steges: 1

Querschnittsklasse des Querschnitts: 1

Klassifizierung in RF-/STAHL BS

Querschnittsklassifizierung - Klasse 1					
Flansch					
Dicke	b	75,0	mm		Tabelle 11
Dicke	T	10,7	mm		Tabelle 11
Beiwert	ϵ_f	1,000			Tabelle 11
Maximales Verhältnis für Klasse 1	$\lambda_{f,1}$	9,000			Tabelle 11
Maximales Verhältnis für Klasse 2	$\lambda_{f,2}$	10,000			Tabelle 11
Maximales Verhältnis für Klasse 3	$\lambda_{f,3}$	15,000			Tabelle 11
Verhältnis	b/T	7,009		$\leq \lambda_{f,1}$	
Klasse des Flansches		1			Tabelle 11
Steg					
Spannung am Steganfang	$\sigma_{w,A}$	-40,9	N/mm ²		
Spannung am Stegende	$\sigma_{w,B}$	-70,6	N/mm ²		
Tiefe	d	278,6	mm		Tabelle 11
Dicke	t	7,1	mm		Tabelle 11
Bruttofläche	A_q	5 380	mm ²		
Bemessungsdruckfestigkeit	p_{yw}	275,0	N/mm ²		
Normaldruckkraft	F_c	-300,00	kN		
Beiwert	ϵ_w	1,000			Tabelle 11
Spannungsverhältnis	r_1	0,552			3.5.5
Spannungsverhältnis	r_2	0,203			3.5.5
Maximales Verhältnis für Klasse 1	$\lambda_{w,1}$	51,563			Tabelle 11
Maximales Verhältnis für Klasse 2	$\lambda_{w,2}$	54,727			Tabelle 11
Maximales Verhältnis für Klasse 3	$\lambda_{w,3}$	85,376			Tabelle 11
Verhältnis	d/t	39,239		$\leq \lambda_{w,1}$	
Klasse des Steges		1			Tabelle 11
Querschnittsklasse		1			Tabelle 11

8.5 Biegeknicken um y-Achse (starke Achse)

$$KL_y = 4,0 \text{ m}$$

$$t = 10,7 \text{ mm} < 40 \text{ mm} \Rightarrow \text{Knicklinie } a$$

Schlankheit

$$\lambda_y = \frac{KL_y}{r_y} = \frac{4\,000}{125} = 32,1$$

Grenzschlankheit

$$\lambda_0 = 0,2 \sqrt{\left(\frac{\pi^2 E}{p_y} \right)} = 0,2 \sqrt{\left(\frac{3,1\,415^2 \cdot 205\,000}{275} \right)} = 17,155$$

Robertson-Konstante für Knicklinie a: $a_y = 2,0$

Perry-Beiwert

$$\eta_y = \alpha (\lambda_y - \lambda_0) / 1\,000 = \frac{2,0 (32,1 - 17,155)}{1\,000} = 0,03$$

Eulersche Knickspannung

$$p_{Ey} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_y^2} = \frac{3,1415^2 \cdot 205\,000}{32,1^2} = 1\,964,04 \text{ MPa}$$

Knickbeiwert

$$\phi_y = \frac{p_y + (\eta_y + 1) p_{Ey}}{2} = \frac{275 + (0,03 + 1) \cdot 1\,964,04}{2} = 1\,148,86 \text{ MPa}$$

Druckfestigkeit

$$p_{cy} = \frac{p_y \cdot p_{Ey}}{\phi_y \cdot \sqrt{(\phi_y^2 - p_{Ey} \cdot p_y)}} = \frac{275 \cdot 1\,964,04}{1\,148,86 \cdot \sqrt{(1\,148,86^2 - 275 \cdot 1\,964,04)}} = 265,84 \text{ MPa}$$

Druckbeanspruchbarkeit

$$P_{cy} = p_{cy} \cdot A_g = 265,84 \cdot 5\,380 = 1\,430,08 \text{ kN}$$

Ausnutzung

$$\eta = F_c / P_{cy} = 300,0 / 1\,430,08 = 0,21 \quad \text{— o.k.}$$

Ergebnisse der RF-/STAHL BS-Berechnung

Normaldruck	F_c	300,00	kN		
Bemessungsfestigkeit	p_y	275,000	N/mm ²		
Elastizitätsmodul	E	205 000,000	N/mm ²		
Nennknicklänge	KL_y	4 000,000	mm		
Trägheitsradius	r_y	124,626	mm		
Schlankheit	λ_y	32,096			4.7.2
Grenzschlankheit	λ_0	17,155			C.2
Knicklinie	SC_y	a			Tabelle 23
Robertson-Konstante	a_y	2,000			C.2
Perry-Beiwert	η_y	0,030			C.2
Beiwert	ϕ_y	1 148,860	N/mm ²		C.1
Eulersche Knickspannung	p_{Ey}	1 964,040	N/mm ²		C.1
Druckfestigkeit	p_{cy}	265,814	N/mm ²		C.1
Bruttofläche	A_q	5 380,000	mm ²		
Druckbeanspruchbarkeit	P_{cy}	1 430,08	kN		4.7.4 / 4.7.5
Ausnutzung	η	0,21		< 1,0	4.7.4

8.6 Biegeknicken um z-Achse (schwache Achse)

$$KL_z = 4,0 \text{ m}$$

$$t = 10,7 \text{ mm} < 40 \text{ mm} \Rightarrow \text{Knicklinie } b$$

Schlankheit

$$\lambda_z = \frac{KL_z}{r_z} = \frac{4\,000}{33,5} = 119,4$$

Grenzschlankheit

$$\lambda_0 = 0,2 \sqrt{\left(\frac{\pi^2 E}{p_y}\right)} = 0,2 \sqrt{\left(\frac{3,1415^2 \cdot 205\,000}{275}\right)} = 17,155$$

Robertson-Konstante für Knicklinie b: $a_z = 3,5$

Perry-Beiwert

$$\eta_z = \alpha (\lambda_z - \lambda_0) / 1\,000 = \frac{3,5 (119,4 - 17,155)}{1\,000} = 0,358$$

Eulersche Knickspannung

$$p_{Ez} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_z^2} = \frac{3,1415^2 \cdot 205\,000}{119,4^2} = 141,97 \text{ MPa}$$

Knickbeiwert

$$\phi_z = \frac{p_y + (\eta_z + 1) p_{Ez}}{2} = \frac{275 + (0,358 + 1) \cdot 141,97}{2} = 233,88 \text{ MPa}$$

Druckfestigkeit

$$p_{cz} = \frac{p_y \cdot p_{Ez}}{\phi_z \cdot \sqrt{(\phi_z^2 - p_{Ez} \cdot p_y)}} = \frac{275 \cdot 141,97}{233,88 \cdot \sqrt{(233,88^2 - 275 \cdot 141,97)}} = 108,74 \text{ MPa}$$

Druckbeanspruchbarkeit

$$P_{cz} = p_{cz} \cdot A_g = 108,74 \cdot 5\,380 = 585,04 \text{ kN}$$

Ausnutzung

$$\eta = F_c / P_{cz} = 300,0 / 585,04 = 0,51 \quad \text{-o.k., maßgebend}$$

Ergebnisse der RF-/STAHL BS-Berechnung

Normaldruck	F_c	300,00	kN		
Bemessungsfestigkeit	p_y	275,000	N/mm ²		
Elastizitätsmodul	E	205 000,000	N/mm ²		
Nennknicklänge	KL_z	4 000,000	mm		
Trägheitsradius	r_z	33,5	mm		
Schlankheit	λ_z	119,4			4.7.2
Grenzschlankheit	λ_0	17,155			C.2
Knicklinie	SC_z	b			Tabelle 23
Robertson-Konstante	a_z	3,500			C.2
Perry-Beiwert	η_z	0,358			C.2
Beiwert	ϕ_z	233,88	N/mm ²		C.1
Eulersche Knickspannung	p_{Ez}	141,97	N/mm ²		C.1
Druckfestigkeit	p_{cz}	108,74	N/mm ²		C.1
Bruttofläche	A_q	5 380,000	mm ²		
Druckbeanspruchbarkeit	P_{cz}	585,04	kN		4.7.4 / 4.7.5
Ausnutzung	η	0,51		< 1,0	4.7.4

8.7 Biegedrillknicken

Knicklänge für Biegedrillknicken

$$KL_{LT} = 4,0 \text{ m}$$

Schlankheit

$$\lambda = \frac{KL_{LT}}{r_z} = \frac{4\,000}{33,5} = 119,38$$

Grenzschlankheit

$$\lambda_{L0} = 0,4 \sqrt{\left(\frac{\pi^2 E}{p_y}\right)} = 0,4 \sqrt{\left(\frac{3,1415^2 \cdot 205\,000}{275}\right)} = 34,31$$

Vergleichsschlankheit

$$\lambda_{LT} = u\nu\lambda\sqrt{\beta_w}$$

mit

- Abstand zwischen den Schubmittelpunkten der Flansche $h_s = 289,3 \text{ mm}$

$$x = 0,566h_s\sqrt{(A/J)} = 0,566 \cdot 289,3\sqrt{(5\,380/19,9 \cdot 10^4)} = 26,92$$

$$\nu = \frac{1}{[1 + 0,05(\lambda/x)^2]^{0,25}} = \frac{1}{[1 + 0,05(119,38/26,92)^2]^{0,25}} = 0,84$$

$$\gamma = 1 - \frac{I_z}{I_y} = 1 - \frac{604 \cdot 10^4}{8\,356 \cdot 10^4} = 0,927$$

$$u = \left(\frac{4S_y^2\gamma}{A^2h_s^2}\right)^{0,25} = \left(\frac{4 \cdot 628 \cdot 10^3 \cdot 0,927}{5\,380^2 \cdot 289,3^2}\right)^{0,25} = 0,88$$

- für Klasse 1: $\beta_w = 1$

somit

$$\lambda_{LT} = u\nu\lambda\sqrt{\beta_w} = 0,88 \cdot 0,84 \cdot 119,38 \cdot \sqrt{1} = 88,69$$

Überprüfung der Schlankheiten

$$\lambda_{LT} > \lambda_{L0} \rightarrow 88,69 > 34,31$$

Biegedrillknicken ist zu untersuchen

Robertson-Konstante

- für BDK: $a_{LT} = 7,0$

Perry-Beiwert

$$\eta_{LT} = \alpha(\lambda_{LT} - \lambda_{L0})/1\,000 = \frac{8,0 \cdot (88,69 - 34,31)}{1\,000} = 0,381$$

Eulersche Biegedrillknickspannung

$$p_{E,LT} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_{LT}^2} = \frac{3,1415^2 \cdot 205\,000}{88,69^2} = 257,21 \text{ MPa}$$

Biegedrillknickbeiwert

$$\phi_{LT} = \frac{p_y + (\eta_{LT} + 1)p_{E,LT}}{2} = \frac{275 + (0,381 + 1) \cdot 257,21}{2} = 315,06 \text{ MPa}$$

Biegefestigkeit

$$p_b = \frac{p_y \cdot p_{E,LT}}{\phi_{LT} \cdot \sqrt{(\phi_{LT}^2 - p_{E,LT} \cdot p_y)}} = \frac{275 \cdot 257,21}{315,06 \cdot \sqrt{(315,06^2 - 275 \cdot 257,21)}} = 146,15 \text{ MPa}$$

Grenzknickmoment - für Klasse 1:

$$M_b = p_b \cdot S_y = 146,15 \cdot 628 \cdot 10^3 = 91,78 \text{ kNm}$$

8.8 Biegung

Um y-Achse (starke Achse)

Grenzknickmoment

$$M_{by} = p_y \cdot W_y = 275 \cdot 557 \cdot 10^3 = 153,175 \text{ kNm}$$

Um z-Achse (schwache Achse)

Grenzknickmoment

$$M_{bz} = p_y \cdot W_z = 275 \cdot 80,5 \cdot 10^3 = 22,137 \text{ kNm}$$

8.9 Anpassungsfaktoren für Momentenverlauf

Biegung um y-Achse (starke Achse)

Anpassungsfaktor für Momentenverlauf nach Tabelle 26

$$m_y = 0,2 + \frac{0,1M_2 + 0,6M_3 + 0,1M_4}{M_{\max}} = 0,2 + \frac{0,1 \cdot 7,5 + 0,6 \cdot 10 + 0,1 \cdot 7,5}{10} = 0,95$$

Biegung um z-Achse (schwache Achse)

Anpassungsfaktor für Momentenverlauf nach Tabelle 26

$$m_z = 0,2 + \frac{0,1M_2 + 0,6M_3 + 0,1M_4}{M_{\max}} = 0,2 + \frac{0,1 \cdot 3,75 + 0,6 \cdot 7,5 + 0,1 \cdot 3,75}{7,5} = 0,9$$

Biegedrillknicken

Anpassungsfaktor für Momentenverlauf nach Tabelle 18

$$m_{LT} = 0,2 + \frac{0,15M_2 + 0,5M_3 + 0,15M_4}{M_{\max}} = 0,2 + \frac{0,15 \cdot 7,5 + 0,5 \cdot 10 + 0,15 \cdot 7,5}{10} = 0,925$$

8.10 Stabilitätsnachweis

Der Stabilitätsnachweis für Knicken und Biegung eines Stabes ist nachgewiesen, wenn folgende zwei Bedingungen erfüllt sind:

- **Überprüfung nach 4.8.3.3.1a**

P_c ist der kleinere Wert von P_{cy} und P_{cz} – in unserem Fall P_{cz} .

$$\frac{F_c}{P_c} + \frac{m_y M_y}{M_{by}} + \frac{m_z M_z}{M_{bz}} \leq 1$$

$$\frac{300}{585,04} + \frac{0,95 \cdot 10}{153,175} + \frac{0,9 \cdot 7,5}{22,137} \leq 1$$

$$0,51 + 0,07 + 0,34 \leq 1$$

$$0,88 \leq 1,0 \quad \text{erfüllt}$$

Ergebnisse der RF-/STAHL BS-Berechnung – Überprüfung Nr. 341

Normaldruck	F_c	300,00	kN		
Bemessungsfestigkeit	p_y	275,000	N/mm ²		
Bruttofläche	A_q	5 380,000	mm ²		
Elastizitätsmodul	E	205 000,000	N/mm ²		
Nennknicklänge	KL_z	4 000,000	mm		
Trägheitsradius	r_z	33,506	mm		
Schlankheit	λ_z	119,380			4.7.2
Grenzschlankheit	λ_0	17,155			C.2
Knicklinie	SC_z	b			Tabelle 23
Robertson-Konstante	a_z	3,500			C.2
Perry-Beiwert	η_z	0,358			C.2
Beiwert	ϕ_z	233,881	N/mm ²		C.1
Eulersche Knickspannung	p_{Ez}	141,967	N/mm ²		C.1
Druckfestigkeit	p_{cz}	108,744	N/mm ²		C.1
Druckbeanspruchbarkeit	P_{cz}	585,04	kN		4.7.4 / 4.7.5
Druckausnutzung	η_{nz}	0,51			4.8.3.3
Maximales Moment	$M_{y,max}$	10,00	kNm		
Elastisches Widerstandsmoment	Z_y	557 000,000	mm ³		
Grenzbiegemoment	M_{cy}	153,18	kNm		4.2.5.2
Konstruktionstyp	Typ	Fest			4.8.3.3.4
Anpassungsfaktor für Momentenverlauf	m_y	0,950			
Maximales Moment	$M_{z,max}$	7,50	kNm		
Elastisches Widerstandsmoment	Z_z	80 500,000	mm ³		
Grenzbiegemoment	M_{cz}	22,14	kNm		4.2.5.2
Konstruktionstyp	Typ	Fest			4.8.3.3.4
Anpassungsfaktor für Momentenverlauf	m_z	0,900			
Biegeausnutzung	η_{mz}	0,07			4.8.3.3.1
Biegeausnutzung	η_{mz}	0,34			4.8.3.3.1
Ausnutzung	η	0,88		< 1	4.8.3.3.1

• Überprüfung nach 4.8.3.3.1b

$$\frac{F_c}{P_{cz}} + \frac{m_{LT} M_{LT}}{M_b} + \frac{m_z M_z}{M_{bz}} \leq 1$$

$$\frac{300}{585,04} + \frac{0,925 \cdot 10}{91,78} + \frac{0,9 \cdot 7,5}{22,137} \leq 1$$

$$0,51 + 0,11 + 0,34 \leq 1$$

$$0,92 \leq 1,0 \quad \text{erfüllt}$$

Ergebnisse der RF-/STAHL BS-Berechnung – Überprüfung Nr. 351

Normaldruck	F_c	300,00	kN		
Bemessungsfestigkeit	p_y	275,000	N/mm ²		
Bruttofläche	A_q	5 380,000	mm ²		
Elastizitätsmodul	E	205 000,000	N/mm ²		
Nennknicklänge	KL_z	4 000,000	mm		
Trägheitsradius	r_z	33,506	mm		
Schlankheit	λ_z	119,380			4.7.2
Grenzschlankheit	λ_0	17,155			C.2
Knicklinie	SC_z	b			Tabelle 23
Robertson-Konstante	a_z	3,500			C.2
Perry-Beiwert	η_z	0,358			C.2
Beiwert	ϕ_z	233,881	N/mm ²		C.1
Eulersche Knickspannung	p_{Ez}	141,967	N/mm ²		C.1
Druckfestigkeit	p_{cz}	108,744	N/mm ²		C.1
Druckbeanspruchbarkeit	P_{cz}	585,04	kN		4.7.4 / 4.7.5
Druckausnutzung	η	0,51			4.8.3.3
Maximales Moment	$M_{LT,y,max}$	10,00	kNm		
Knicklänge	L_E	4 000,000	mm		4.3.5
Schlankheit	λ	119,380	mm		4.3.6.7
Grenzschlankheit	λ_{L0}	34,310			B.2.2
Vergleichsschlankheit	λ_{LT}	88,692		$> \lambda_{L0}$	
Robertson-Konstante	a_{LT}	7,000			B.2.1
Perry-Beiwert	η_{LT}	0,381			B.2.1
Beiwert	ϕ_{LT}	315,062	N/mm ²		B.2.1
Eulersche Knickspannung	$p_{E,LT}$	257,211	N/mm ²		B.2.1
Biegefestigkeit	p_b	146,151	N/mm ²		4.3.6.5
Plastisches Widerstandsmoment	S_y	628 000,000	mm ³		
Elastisches Widerstandsmoment	Z_y	557 000,000	mm ³		
Knickbeanspruchbarkeitsmoment	$M_{b,y}$	91,78	kNm		4.3.6.4
Momentenbeiwert	m_{LT}	0,925			4.3.6.6
Biegedrillknick-Ausnutzung	$\eta_{m,LT}$	0,11			4.8.3.3.1
Maximales Moment	$M_{z,max}$	7,50	kNm		
Elastisches Widerstandsmoment	Z_z	80 500,000	mm ³		
Grenzbiegemoment	M_{cz}	22,14	kNm		4.2.5.2
Konstruktionstyp	Typ	Fest			4.8.3.3.4
Anpassungsfaktor für Momentenverlauf	m_z	0,900			
Biegeausnutzung	η_{mz}	0,34			4.8.3.3.1
Ausnutzung	η	0,92		< 1	4.8.3.3.1

Literatur

- [1] *BS 5950-1:2000: Structural use of steelwork in building – Part 1: Code of practice for design – Rolled and welded sections.* British Standards Institution, London, 2001.
- [2] *EN 1993-1-1: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2005.
- [3] Johannes Naumes, Isabell Strohmann, Dieter Ungermann und Gerhard Sedlacek. Die neuen Stabilitätsnachweise im Stahlbau nach Eurocode 3. *Stahlbau*, 77, 2008.
- [4] *EN 1993-1-4: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-4: Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2006.
- [5] *EN 1993-1-3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2006.
- [6] *EN 1993-1-5: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2006.
- [7] *EN 1993-2: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 2: Stahlbrücken.* CEN, Brüssel, 2007.
- [8] *Rules for Member Stability in EN 1993-1-1.* ECCS Technical Committee 8 – Stability, Brussels, 2006.

Index

A	
Abstand Riegel	34, 35
Achse	21
Allgemeines Verfahren	41
Anmerkung	17
Anpassungsfaktor für Momentenverlauf	22
Anschlussverformung	33
Ansichtsmodus	56, 57
Arbeitsfenster	57, 61
Ausdruckprotokoll	63, 65
Außenfeld	34, 35
Außergewöhnlich	8
Ausnutzung	16, 47, 48
B	
Basisangaben	6
Beenden von RF-/STAHL BS	6
Befestigungsart	30
Bemessen	7
Bemessungsdetails	37
Bemessungsfall	58, 66, 67
Bemessungskombination	9
Bemessungssituation	8, 48
Benutzerprofil	70
Berechnung starten	44
Bezugslänge	9
Biegedrillknicken	10, 18, 21
Biegedrillknickmoment	40
Biegeknicken	18, 20, 39
Blättern in Masken	6
Blechatmen	42
C	
Charakteristisch	9
D	
Detaileinstellungen	37
Dezimalstellen	13, 70
Diagonale	32
Drehbettung	33, 35
Drehsteifigkeit C_{100}	34
Drucken	64
Durchbiegung	9
Durchlaufwirkung	34, 35
DUENQ	38
E	
Effektive Länge	23
Eingabedaten	6
Einheiten	13, 70
Ergebnisauswertung	56
Ergebnisdarstellung	58
Ergebniskombination	8, 9, 43, 56
Ergebnismasken	46
Ergebnisverläufe	60, 64
Ergebniswerte	58
Erhöhungsfaktor	39
Ersatzstablänge	19
Ersatzstabverfahren	23, 27, 41
Excel	71
Export	71
Export Material	71
Export Querschnitt	69
F	
Farbskala	61
Favorit	68
Filter	56, 61, 62
Filtern von Stäben	62
G	
Gabellager	22
Gebrauchstauglichkeit	9, 28, 42, 56
Grafik	58, 60
Grafikausdruck	64, 65
Grenzverformung	42
Grenzwerte	9, 41
H	
Häufig	9
Hintergrundgrafik	57
I	
Innenfeld	34, 35
Installation	4
Interaktion	38
K	
Kipplängenbeiwert	22
Klassifizierung	37
Knicken	20, 21
Knicklänge	19, 20
Knicklängenbeiwert	21
Knotenlager	23
Kommentar	8, 22
Kontinuierliche Drehbettung	33
Kragträger	28

L		R	
Länge	20, 54	Randbedingungen	29
Lastangriff	41	Relationsbalken	56
Lastfall	7, 8, 9, 51	Relativ	19
Lastkombination	8	Rendering	61
		RF-STABIL	20
M		RFEM/RSTAB-Grafik	64
Masken	6	Riegelabstand	30, 32, 33, 35
Masse	55	RSKNICK	20
Material	13, 71		
Materialbezeichnung	13	S	
Materialbibliothek	14	Schaltflächen	56
Materialkennwerte	13	Schlankheit	53
Modelltyp	41	Schnittgrößen	51, 69
		Schubfeld	30
N		Schubfeldlänge	30, 32
Nachweis	46, 47, 48	Schubfeldsteifigkeit	33
Nachweis farbig	61	Seitliche Stützung	18
Nationaler Anhang	10	Sichtbarkeiten	61
Naumes	10, 11	Sonderfälle	41
Navigator	6	Stabendgelenk	27
Nettoquerschnittsfläche	36	Stabilitätsnachweis	8, 10, 20, 38, 39, 41, 48
Nicht kontinuierliche Drehbettung	35	Stabsatz	7, 23, 27, 28, 36, 41, 52, 55
Nichtrostender Stahl	12, 14	Stabschlankheiten	44
		Stäbe	7
O		Ständig	8
Oberfläche	54	Stahlbrücke	42
OpenOffice	71	Starten von RF-/STAHL BS	4
Optimierung	16, 43, 68, 69	Steuerpanel	61
		Stückliste	54, 55
P		Summe	55
Panel	5, 59, 61		
Parameter	29, 36	T	
Parametrischer Querschnitt	68	Teilsicherheitsbeiwerte	10
Pfette	35	Theorie II. Ordnung	38, 39
Pfosten	32	Torsion	38, 41
Position	54	Trägertyp	28
Programmaufruf	4	Tragfähigkeit	37, 56
		Trapezblech	30, 32, 34
Q			
Quasi-ständig	9	U	
Querlast	41	Überhöhung	28, 42
Querschnitt	15, 29, 68	Unverformtes System	42
Querschnittsbibliothek	15		
Querschnittsfläche	36	V	
Querschnittsinfo	17	Verband	31, 32
Querschnittsklasse	38	Verborgener Ergebnisverlauf	62
Querschnittsnachweis	38	Verformungsnachweis	9, 28
Querschnittsoptimierung	43, 68	Verschobene Stabenden	42
Querschnittstyp	16	Volumen	55
		Vorübergehend	8

Voute 17, 41, 48, 70

X

x-Stelle 47, 51

Z

Zeigen-Navigator 58, 61, 62

Zugnachweis 36

Zwischenablage 71

Zwischenabstützungen 18