



Fassung
November 2016

Zusatzmodul

RF-/STAHL GB

Bemessung von Stäben aus Stahl
nach GB 50017 - 2003

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 GB	3
1.2	Gebrauch des Handbuchs	4
1.3	Aufruf des Moduls RF-/STAHL GB	5
2.	Eingabedaten	6
2.1	Basisangaben	6
2.1.1	Tragfähigkeit	6
2.1.2	Gebrauchstauglichkeit	9
2.2	Materialien	10
2.3	Querschnitte	12
2.4	Zwischenabstützungen	16
2.5	Effektive Längen - Stäbe	17
2.6	Effektive Längen - Stabsätze	21
2.7	Gebrauchstauglichkeitsparameter	22
3.	Berechnung	23
3.1	Details	23
3.1.1	Tragfähigkeit	23
3.1.2	Stabilität	26
3.1.3	Gebrauchstauglichkeit	30
3.1.4	Allgemein	31
3.2	Start der Berechnung	33
4.	Ergebnisse	34
4.1	Nachweise lastfallweise	35
4.2	Nachweise querschnittsweise	37
4.3	Nachweise stabsatzweise	38
4.4	Nachweise stabweise	39
4.5	Nachweise z-stellenweise	39
4.6	Maßgebende Schnittgrößen stabweise	40
4.7	Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise	41
4.8	Stabschlankheiten	42
4.9	Stückliste stabweise	43
4.10	Stückliste stabsatzweise	44
5.	Ergebnisauswertung	45
5.1	Ergebnisse am RFEM/RSTAB-Modell	46
5.2	Ergebnisverläufe	49
5.3	Filter für Ergebnisse	50
6.	Ausdruck	52
6.1	Ausdruckprotokoll	52
6.2	Grafikausdruck	53
7.	Allgemeine Funktionen	55
7.1	Bemessungsfälle	55
7.2	Querschnittsoptimierung	57
7.3	Einheiten und Dezimalstellen	59
7.4	Datenaustausch	60
7.4.1	Materialexport nach RFEM/RSTAB	60
7.4.2	Export der Ergebnisse	60



8.	Beispiel	62
8.1	Bemessungswerte	62
8.2	Tragsicherheitsnachweis	64
8.3	Stabilitätsnachweis	65
8.4	Gebrauchstauglichkeitsnachweis	68
8.5	Plastische Berechnung	69
A.	Literatur	73
B.	Index	74

1 Einleitung

1.1 Zusatzmodul RF-/STAHL GB

Der chinesische nationale Standard GB 50017-2003 [1] regelt den Entwurf, die Bemessung und die Konstruktion von Stahlbauten in China. Die Zusatzmodule RF-/STAHL GB (für RFEM) und STAHL GB (für RSTAB) sind auf diese Norm abgestimmt. Sie können auf voreingestellte Werte dieser nationalen Norm zugreifen, aber auch eigene Grenzwerte definieren, um damit andere chinesische Normen zu berücksichtigen:

- GB 50009-2012 [2]: *Load code for the design of building structures*
- GB 50068-2001 [3]: *Unified standard for reliability design of building structures*
- JGJ 99-98 [4]: *Technical specification for steel structure of tall buildings*
- GB 50011-2010 [5]: *Code for seismic design of buildings*



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

RF-/STAHL GB führt alle typischen Tragsicherheits- und Stabilitätsnachweise sowie den Gebrauchstauglichkeitsnachweis (Verformungsnachweis) für Stabtragwerke. Beim Tragsicherheitsnachweis werden verschiedene Beanspruchungsarten erfasst, wobei der Anwender zwischen den von der Norm zur Verfügung gestellten Interaktionsnachweisen wählen kann.



Koordinatensystem

Die chinesischen Stahlbaunormen und die Normen für Stahlbauprofile basieren auf einem von RFEM bzw. RSTAB abweichenden Koordinatensystem. Bei der Ausgabe der Ergebnisse und der Zwischenwerte im RF-/STAHL GB wird das gleiche Koordinatensystem wie in der chinesischen Stahlbaunorm verwendet, um Widersprüche auszuschließen. Das Koordinatensystem von RFEM bzw. RSTAB wird nicht berücksichtigt. Detaillierte Hinweise zum Koordinatensystem des Moduls RF-/STAHL GB finden Sie im [Kapitel 2.3](#) auf [Seite 12](#).



Materialkennwerte

Im Unterschied zum Eurocode 3 oder zur DIN 18 800 stellen die in GB 50017-2003 verwendeten Materialkennwerte keine charakteristischen Werte dar, sondern Bemessungswerte. Der Nachweis erfolgt somit unter Berücksichtigung des Teilsicherheitsbeiwerts γ_M .

Der *Wichtigkeitsfaktor* γ_0 der Konstruktion ist ein neuer Begriff in den chinesischen Normen. Damit wird die gesamte Benutzungsdauer und die Konstruktionsklasse berücksichtigt (siehe [Kapitel 3.1.1](#)).

Für Nachweise, die in der Norm nicht geregelt sind, bietet RF-/STAHL GB eine besondere Nachweismethode nach der elastischen Theorie an, z. B. Stabilitätsnachweise für unsymmetrische Stahlprofile unter zentrischen Belastung oder Stabilitätsnachweise für Kragträger mit U- und T-Querschnitten.

Die Klassifizierung von Querschnitten ist in GB 50017-2003 anders als im Eurocode 3 geregelt: Es wird die lokale Stabilität im Nachweisverfahren für unterschiedliche Querschnitte untersucht. RF-/STAHL GB ermittelt die (b/t)- und (h/t)-Verhältnisse der druckbeanspruchten Querschnittsteile und führt damit automatisch den Nachweis der lokalen Stabilität. Auf diese Weise wird die Begrenzung der Beanspruchbarkeit und Rotationskapazität durch lokales Beulen von Querschnittsteilen ebenfalls nachgewiesen. Der Nachweis der lokalen Stabilität ist im [Kapitel 4.1](#) beschrieben.

Bei den Stabilitätsnachweisen 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. Schlankheitsgrad und ideale Verzweigungslast werden anhand der Randbedingungen automatisch ermittelt. Für den Biegedrillknicknachweis kann der Anwender das für den Nachweis benötigte ideale Biegedrillknickmoment vom Programm ermitteln lassen

oder manuell definieren. Auch der Lastangriffspunkt von Querlasten, der einen Einfluss auf die Drillbeanspruchung hat, kann für den Nachweis berücksichtigt werden.

Der Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist in der modernen Bauweise mit sehr schlanken Querschnitten wichtig für die statische Berechnung. Hierzu können den diversen Bemessungssituationen Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen einzeln zugewiesen werden. Die Grenzverformungen sind gemäß Nationalem Standard voreingestellt, können aber jederzeit verändert werden. RF-/STAHL GB bietet die Möglichkeit, Bezugslängen und Überhöhungen zu definieren, die dann im Nachweis entsprechend berücksichtigt werden.

Wie die übrigen Zusatzmodule ist RF-/STAHL GB 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 dem Modul RF-/STAHL GB.

Ihr Team von DLUBAL SOFTWARE GMBH.

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 GB ergeben.



Das Handbuch orientiert sich an der Reihenfolge und am Aufbau der Eingabe- und Ergebnismasken. Im Text sind die beschriebenen **Schaltflächen** (Buttons) in eckige Klammern gesetzt, z. B. [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.

Alle Symbole, die bei den Zwischenwerten der Nachweise und in den Gleichungen benutzt werden, basieren auf dem Nationalen Standard GB 50017-2003 [1]. Die genaue Bedeutung und Erläuterung der Symbole können Sie in dieser Norm nachsehen.

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 GB

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

Menü

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

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

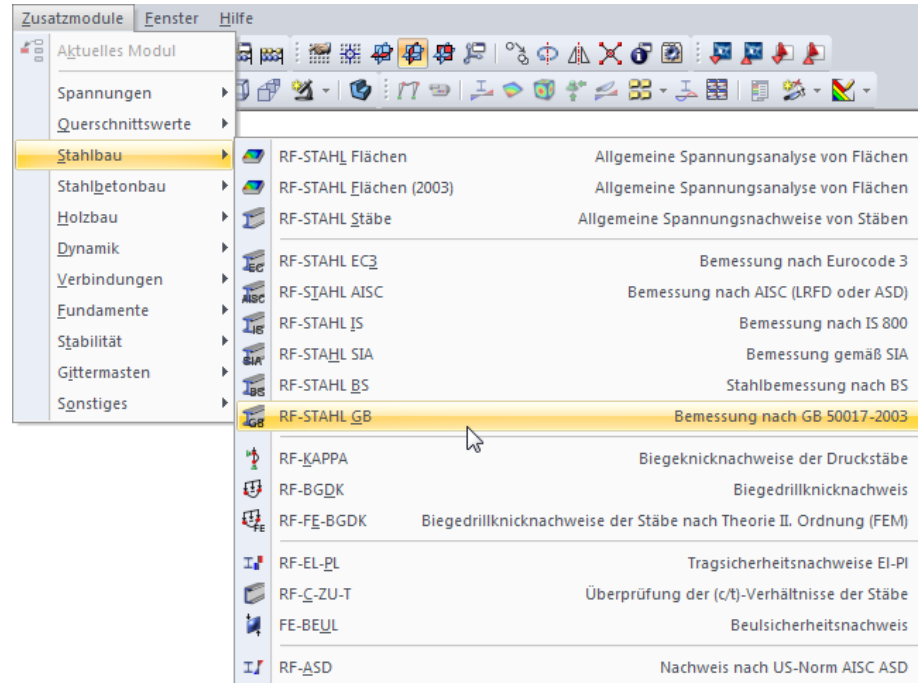


Bild 1.1: Menü *Zusatzmodule* → *Stahlbau* → *RF-/STAHL GB*

Navigator

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

Zusatzmodule → **RF-/STAHL GB**.

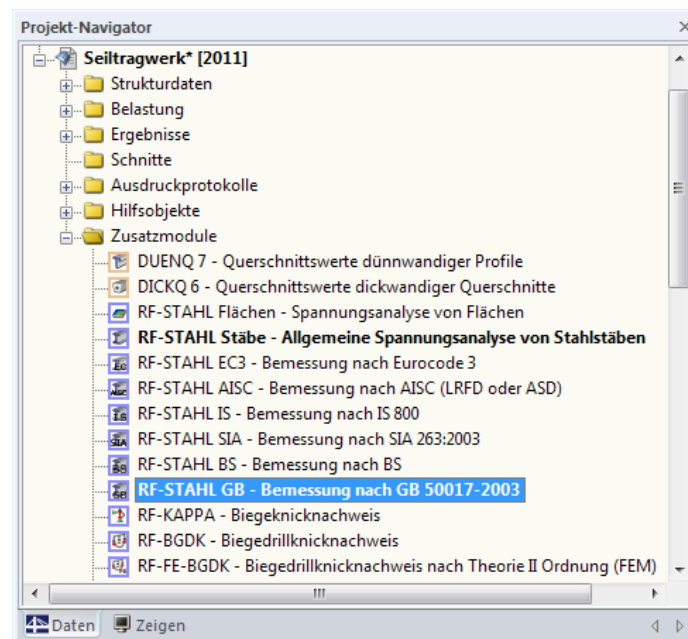


Bild 1.2: *Daten-Navigator*: *Zusatzmodule* → *RF-/STAHL GB*

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 55).

Die bemessungsrelevanten Daten sind in mehreren Eingabemasken zu definieren. Beim ersten Aufruf von RF-/STAHL GB 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 GB 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

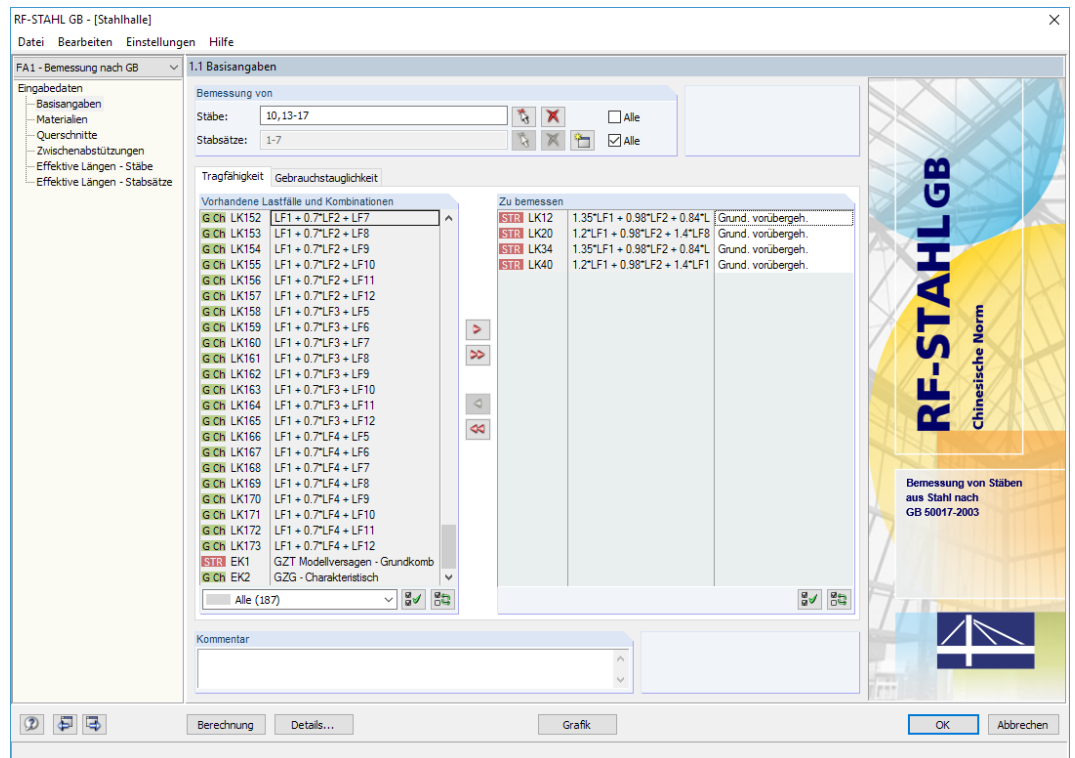


Bild 2.1: Maske 1.1 *Basisangaben*, Register *Tragfähigkeit*

Bemessung von

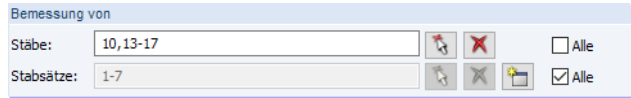


Bild 2.2: Bemessung von Stäben und Stabsätzen



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.

Vorhandene Lastfälle und Kombinationen

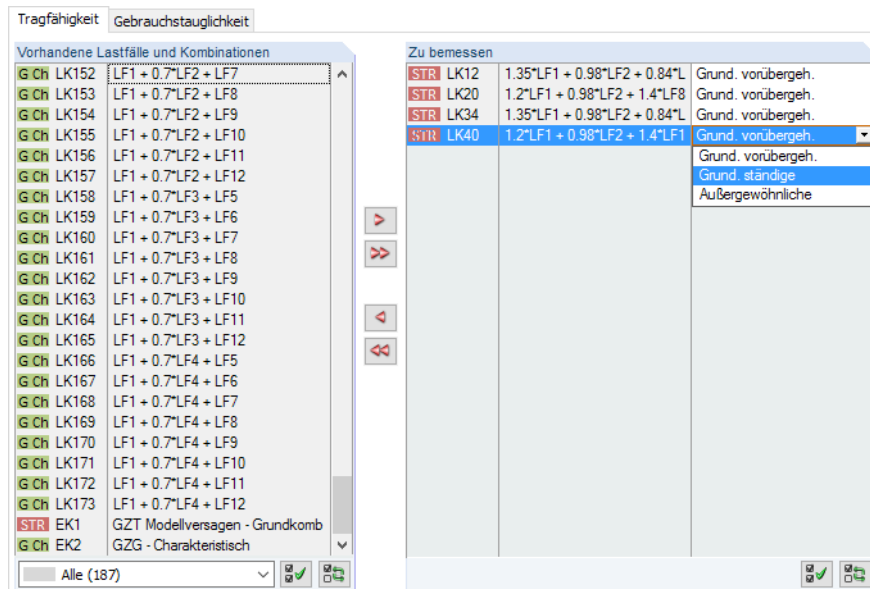


Bild 2.3: Listen *Vorhandene Lastfälle und Kombinationen* und *Zu bemessen*

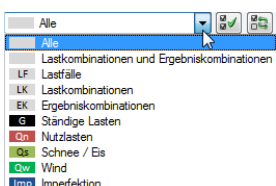
In der Spalte *Vorhandene Lastfälle und Kombinationen* sind alle Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen aufgelistet, die in RFEM bzw. RSTAB angelegt wurden.

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.

Die Lastfälle und Kombinationen können folgenden Bemessungssituationen nach GB 50009-2012 [2] zugewiesen werden:

- *Grundkombination vorübergehend* (GV) auf Basis veränderlicher Lasten nach Abschnitt 3.2.3-1
- *Grundkombination ständig* (GS) auf Basis ständiger Lasten nach Abschnitt 3.2.3-2
- *Außergewöhnlich* (AU) nach Abschnitt 3.2.6

Die jeweils relevanten Sicherheitsbeiwerte sind in GB 50009-2012 [2], Abschnitt 3.2 geregelt.

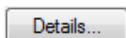
Die Bemessungssituation kann über die Liste geändert werden, die mit der Schaltfläche  am Ende des Eingabefeldes zugänglich ist (siehe [Bild 2.3](#)).

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.

 Details...

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 31](#)).

Kommentar

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

2.1.2 Gebrauchstauglichkeit

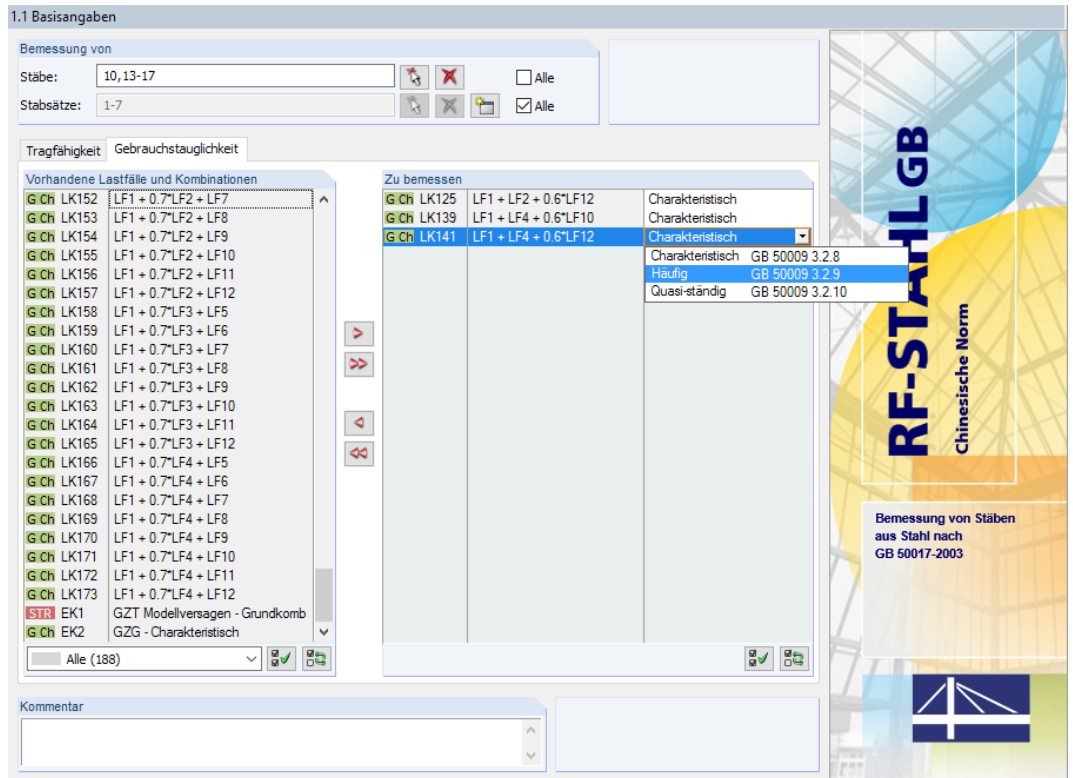


Bild 2.4: Maske 1.1 Basisangaben, Register Gebrauchstauglichkeit

Vorhandene Lastfälle und Kombinationen

In diesem Abschnitt sind alle Lastfälle und Kombinationen aufgelistet, die in RFEM bzw. RSTAB angelegt wurden.

Zu bemessen

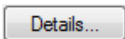


Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen lassen sich wie im [Kapitel 2.1.1](#) beschrieben hinzufügen oder wieder entfernen.

Es ist möglich, den Lastfällen, Last- und Ergebniskombinationen unterschiedliche Grenzwerte für die Durchbiegung zuzuweisen. Folgende Bemessungssituationen nach GB 50009-2012 [2] stehen zur Auswahl:

- *Charakteristisch* (GC) gemäß Abschnitt 3.2.8
- *Häufig* (GH) gemäß Abschnitt 3.2.9
- *Quasi-ständig* (GQ) gemäß Abschnitt 3.2.10

Die Bemessungssituation kann über die Liste geändert werden, die mit der Schaltfläche am Ende des Eingabefeldes zugänglich ist (siehe [Bild 2.4](#)).



Die Grenzwerte der Verformungen sind in GB 50017-2003 [1] Anhang A.1 geregelt. Sie können im Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit* (siehe [Bild 3.5](#), [Seite 30](#)) für die Bemessungssituationen angepasst werden.

In Maske 1.9 *Gebrauchstauglichkeitsparameter* werden die für den Verformungsnachweis maßgebenden Bezugsängen verwaltet (siehe [Kapitel 2.7](#), [Seite 22](#)).

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.

1.2 Materialien

Material Nr.	A Material Bezeichnung	B Kommentar
1	Beton C35 GB 50010-2010	
2	Baustahl Q235 GB 50017-2003:2003-12	

Materialkennwerte

Haupt-Kennwerte

Elastizitätsmodul	E	206000.0	MPa
Schubmodul	G	79230.8	MPa
Poissonsche Zahl (Querdehnzahl)	v	0.300	
Spezifisches Gewicht	γ	78.50	kN/m ³
Temperaturdehnzahl (Wärmedehnzahl)	α	1.2000E-05	1/°C
Teilsicherheitsbeiwert	γ_M	1.09	

Zusätzliche Kennwerte

Dickenbereich t ≤ 16.0 mm

Streckgrenze	f _y	235.0	MPa
Zugfestigkeit	f _u	325.0	MPa
Bemessungsfestigkeit	f	215.0	MPa
Bemessungsschubfestigkeit	f _v	125.0	MPa

Dickenbereich t > 16.0 mm und t ≤ 40.0 mm

Streckgrenze	f _y	235.0	MPa
Zugfestigkeit	f _u	325.0	MPa
Bemessungsfestigkeit	f	205.0	MPa
Bemessungsschubfestigkeit	f _v	120.0	MPa

Dickenbereich t > 40.0 mm und t ≤ 60.0 mm

Streckgrenze	f _y	235.0	MPa
Zugfestigkeit	f _u	325.0	MPa
Bemessungsfestigkeit	f	200.0	MPa
Bemessungsschubfestigkeit	f _v	115.0	MPa

Dickenbereich t > 60.0 mm und t ≤ 100.0 mm

Streckgrenze	f _y	235.0	MPa
--------------	----------------	-------	-----

Material Nr. 2 angewendet in

Querschnitte Nr. :
1-3,6

Stäbe Nr. :
2-5, 10-17, 19-24, 27-32, 35-40, 43-48, 51

Stabsätze Nr. :
1-7

Σ Längen: 151.30 [m] Σ Massen: 8.636 [t]

Bild 2.5: Maske 1.2 Materialien

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

Das Kapitel 4.3 des RFEM-Handbuchs bzw. Kapitel 4.2 des RSTAB-Handbuchs beschreibt die Materialkennwerte, die zur Ermittlung der Schnittgrößen benutzt werden (*Hauptkennwerte*). In der globalen Materialbibliothek sind auch die Eigenschaften der Materialien gespeichert, die für die Bemessung benötigt werden. Diese Werte sind voreingestellt (*Zusätzliche Kennwerte*).

Die Einheiten und Nachkommastellen der Kennwerte und Spannungen lassen sich über das Menü **Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen** anpassen (siehe [Kapitel 7.3, Seite 59](#)).

Materialbezeichnung

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

Baustahl Q235 | GB 50017-2003:2003-12

- Baustahl Q345 A GB/T 1591-94
- Baustahl Q345 B GB/T 1591-94
- Baustahl Q345 C GB/T 1591-94
- Baustahl Q345 D GB/T 1591-94
- Baustahl Q235 B (ALSTOM Power) GB/T 700-2006
- Baustahl Q235 GB 50017-2003:2003-12
- Baustahl Q345 GB 50017-2003:2003-12**
- Baustahl Q390 GB 50017-2003:2003-12
- Baustahl Q420 GB 50017-2003:2003-12
- Baustahl Q345 A GB/T 1591-2008

Bild 2.6: Liste der Materialien

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

Nach der Übernahme werden die bemessungsrelevanten *Materialkennwerte* aktualisiert.

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

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

Materialbibliothek

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

Bearbeiten → **Materialbibliothek**



oder die links dargestellte Schaltfläche.

Material aus Bibliothek übernehmen

Filter

Materialkategorie-Gruppe: Metall

Material-Kategorie: Stahl

Norm-Gruppe: GB/T

Norm: Alle

Inklusive ungültiger...

Favoritengruppe: Beton - DIN

Material zum Übernehmen

Materialbezeichnung	Norm
<input type="checkbox"/> Baustahl Q235 A	GB/T 700-2006
<input type="checkbox"/> Baustahl Q235 B	GB/T 700-2006
<input type="checkbox"/> Baustahl Q235 C	GB/T 700-2006
<input type="checkbox"/> Baustahl Q235 D	GB/T 700-2006
<input type="checkbox"/> Baustahl Q275 A	GB/T 700-2006
<input type="checkbox"/> Baustahl Q275 B	GB/T 700-2006
<input type="checkbox"/> Baustahl Q275 C	GB/T 700-2006
<input type="checkbox"/> Baustahl Q275 D	GB/T 700-2006
<input type="checkbox"/> Baustahl Q235 B (ALSTOM Power)	GB/T 700-2006
<input checked="" type="checkbox"/> Baustahl Q235	GB 50017-2003:2003-12
<input type="checkbox"/> Baustahl Q345	GB 50017-2003:2003-12
<input type="checkbox"/> Baustahl Q390	GB 50017-2003:2003-12
<input type="checkbox"/> Baustahl Q420	GB 50017-2003:2003-12
<input type="checkbox"/> Baustahl Q345 A	GB/T 1591-2008
<input type="checkbox"/> Baustahl Q345 B	GB/T 1591-2008
<input type="checkbox"/> Baustahl Q345 C	GB/T 1591-2008
<input type="checkbox"/> Baustahl Q345 D	GB/T 1591-2008
<input type="checkbox"/> Baustahl Q345 F	GB/T 1591-2008

Suchen:

Materialkennwerte Baustahl Q235 | GB 50017-2003:2003-12

Haupt-Kennwerte

<input type="checkbox"/> Elastizitätsmodul	E	206000.0	MPa
<input type="checkbox"/> Schubmodul	G	79230.8	MPa
<input type="checkbox"/> Poissonsche Zahl (Querdehnzahl)	ν	0.300	
<input type="checkbox"/> Spezifisches Gewicht	γ	78.50	kN/m ³
<input type="checkbox"/> Temperaturdehnzahl (Wärmedehnzahl)	α	1.2000E-05	1/°C

Zusätzliche Kennwerte

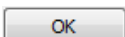
<input type="checkbox"/> Dickenbereich $t \leq 16.0$ mm			
<input type="checkbox"/> Streckgrenze	f_y	235.0	MPa
<input type="checkbox"/> Zugfestigkeit	f_u	325.0	MPa
<input type="checkbox"/> Bemessungsfestigkeit	f	215.0	MPa
<input type="checkbox"/> Bemessungsschubfestigkeit	f_v	125.0	MPa
<input type="checkbox"/> Dickenbereich $t > 16.0$ mm und $t \leq 40.0$ mm			
<input type="checkbox"/> Streckgrenze	f_y	235.0	MPa
<input type="checkbox"/> Zugfestigkeit	f_u	325.0	MPa
<input type="checkbox"/> Bemessungsfestigkeit	f	205.0	MPa
<input type="checkbox"/> Bemessungsschubfestigkeit	f_v	120.0	MPa
<input type="checkbox"/> Dickenbereich $t > 40.0$ mm und $t \leq 60.0$ mm			
<input type="checkbox"/> Streckgrenze	f_y	235.0	MPa
<input type="checkbox"/> Zugfestigkeit	f_u	325.0	MPa
<input type="checkbox"/> Bemessungsfestigkeit	f	200.0	MPa

OK Abbrechen

Bild 2.7: 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 GB 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 stehen auch Materialien der Kategorien *Gusseisen* und *Nichtrostender Stahl* zur Auswahl. Bitte prüfen Sie jedoch für Ihre Nachweise, ob diese Materialien vom Bemessungskonzept der Norm [1] Tabelle 3.4.1-1 und 3.4.1-2 abgedeckt sind. Derzeit werden in RF-/STAHL GB Bauteile aus nichtrostendem Stahl zwar mit den spezifischen Materialkennwerten, aber nach dem allgemeinen Bemessungsverfahren untersucht. Es erfolgt somit keine Bemessung nach der Norm für nichtrostende Stähle.

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	H HW 492x465 GB/T 11263-2010	I-Profil gewalzt	Nein		
2	2	H HM 298x201 GB/T 11263-2010	I-Profil gewalzt	Nein		
3	2	H HM 440x300 GB/T 11263-2010	I-Profil gewalzt	Nein		
5	2	H HW 200x200 GB/T 11263-2010	I-Profil gewalzt	Nein		
6	2	H HW 300x300 GB/T 11263-2010	I-Profil gewalzt	Nein		
7	2	QRO 80x5 GB/T 6728-2002	Hohlprofil gewalzt	Nein		
8	1	RD 25	Kreisstabstahl	Nein		

1 - H HW 492x465 | GB/T 11263-2010

Querschnittswerte - H HW 492x465 | GB/T 11263-2010

Querschnittstyp		
Querschnittstyp	h	I-Profil gewalzt
Querschnittshöhe	492.0	mm
Querschnittsbreite	b	465.0
Stegdicke	t _w	15.0
Flanshdicke	t _f	20.0
Ausrundungsradius	r	22.0
Querschnittsfläche	A	258.00
Wirksame Schubfläche	A _{v,x}	191.55
Wirksame Schubfläche	A _{v,y}	83.80
Flächenträgheitsmoment	I _x	117000.00
Flächenträgheitsmoment	I _y	33500.00
Torsionsträgheitsmoment	I _t	294.38
Trägheitsradius	i _x	213.0
Trägheitsradius	i _y	114.0
Elastisches Widerstandsmoment	W _{el,x}	4770.00
Elastisches Widerstandsmoment	W _{el,y}	1440.00
Plastisches Widerstandsmoment	W _{pl,x}	5247.59

Querschnitt Nr. 1 angewendet in

Stäbe Nr.: 1,6,10,17

Stabsätze Nr.: -

Σ Längen: 24.00 [m] Σ Massen: 4.861 [t]

Material: 2 - Baustahl Q235 | GB 50017-2003:200

Bild 2.8: Maske 1.3 Querschnitte

Querschnittsbezeichnung

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



Um einen Querschnitt zu ändern, klicken Sie den Eintrag in Spalte B an und setzen so das Feld aktiv. Mit der Schaltfläche [Querschnittsbibliothek] oder im Feld bzw. der Taste [F7] rufen Sie dann die Profilreihe des aktuellen Eingabefeldes auf (siehe Bild 2.9).



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

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

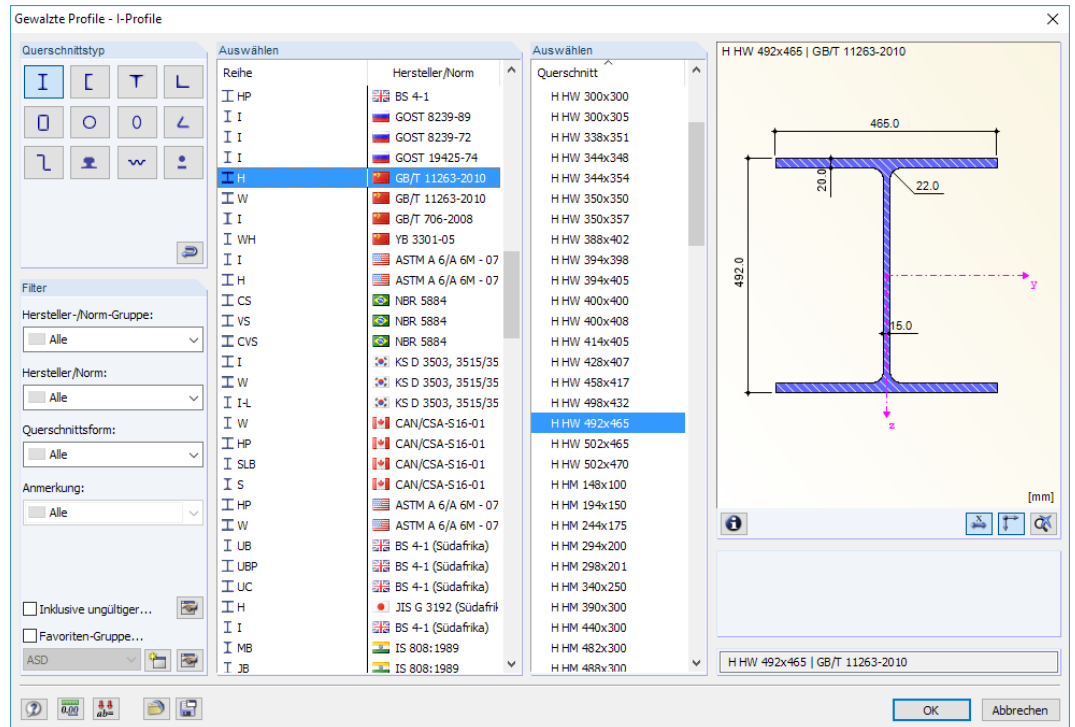
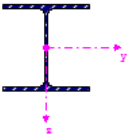
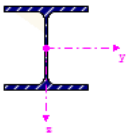


Bild 2.9: Querschnittsbibliothek: *Gewalzte Profile - I-Profile*

2 - H 300x300 (China, GB 11263-98)
RF-STAHL GB



2 - HE-B 300
RFEM



Ein geänderter Querschnitt wird mit blauer Schrift gekennzeichnet.

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

RF-/STAHL GB führt auch die Nachweise für DUENQ-Profile. Dabei werden für jedes Element des DUENQ-Querschnitts sechs Spannungspunkte untersucht.

Lokales Koordinatensystem

Die Achsen des lokalen Querschnittskordinatensystems nach GB 50017-2003 [1] weichen von den RFEM-Konventionen ab, denn die Längsrichtung des Stabes ist in dieser Norm als z-Achse definiert. In der Querschnittsgrafik werden die Achsen **x** und **y** dargestellt, auf die sich die Eingaben und Nachweise beziehen. Das Koordinatensystem in RFEM wird von dieser Regelung nicht berührt.

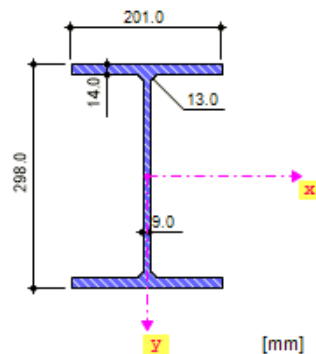


Bild 2.10: Stab-Koordinatensystem für RF-/STAHL GB

Bei den Nachweisen werden die Ergebnisse nach dem Querschnittskordinatensystem gemäß [1] ausgegeben.

Querschnittstyp

Es wird der Querschnittstyp angegeben, der für die Bemessung verwendet wird. Je nach Typ kann der Querschnitt plastisch oder elastisch bemessen werden. Querschnitte, die als *Allgemein* eingestuft werden, können nur elastisch bemessen werden.

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

Details...

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 3.6](#), [Seite 31](#)).

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 57](#).

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 2.8](#)).

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 GB 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 GB 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 2.11](#) 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. Letztere sind in RF-/STAHL GB als (b/t) oder (h/t) bezeichnet.

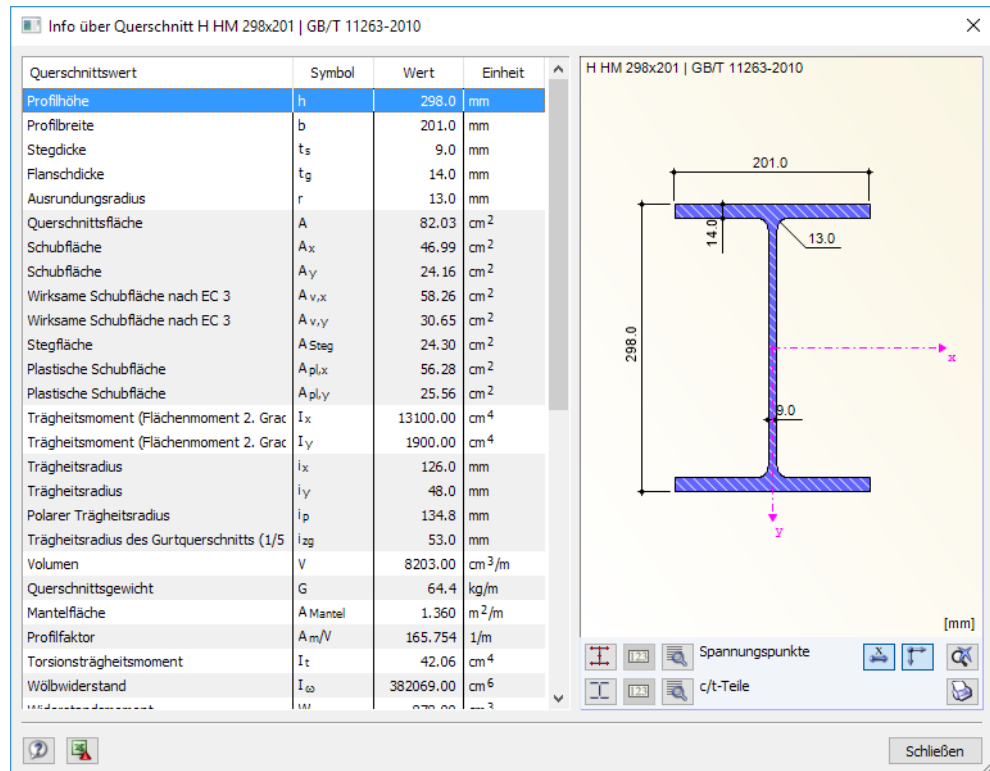


Bild 2.11: Dialog *Info über Querschnitt*

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 2.2: Schaltflächen der Querschnittsgrafik

2.4 Zwischenabstützungen

In Maske 1.4 können seitliche Zwischenlager für Stäbe definiert werden. RF-/STAHL GB nimmt diese Lagerung immer senkrecht zur schwachen Querschnittsachse z (RFEM-Konvention) bzw. y (Achsensystem für RF-/STAHL GB) an (siehe Bild 2.10). 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.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Seitliche Stützung	Länge L [m]	Anzahl	z1	z2	z3	z4	z5	z6	z7	z8	z9
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 type="checkbox"/>	6.000										
7	<input type="checkbox"/>	7.000										
8	<input checked="" type="checkbox"/>	8.000	2	0.250	0.750							
9	<input type="checkbox"/>	7.000										
10	<input checked="" type="checkbox"/>	6.000	1	0.500								

Relativ (0 ... 1)

Einstellungen - Stab Nr. 8

Querschnitt	5 - H HW 200x200 GB/T 11263-2010	
Seitliche Stützungen	<input checked="" type="checkbox"/>	
Stablänge	L	8.000 m
Anzahl Zwischenabstützungen	n	2
Ort der seitlichen Stützung Nr. 1	z1	0.250
Ort der seitlichen Stützung Nr. 2	z2	0.750

Eingaben zuordnen Stäben Nr.:

Alle

Bild 2.12: 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.




Die seitlichen Zwischenlager werden bei der Berechnung als Gabellagerungen berücksichtigt.

Wird für gerade Stabsätze die *Stabähnliche Eingabe* verwendet (siehe Dialog *Details*, Register *Stabilität* wie im Bild 3.3 auf Seite 26 dargestellt), können seitliche Zwischenlager an jedem Zwischenknoten der Stabsätze angeordnet werden. Für geknickte Stabsätze lassen sich keine seitlichen Zwischenlager direkt an den Knoten platzieren.

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.

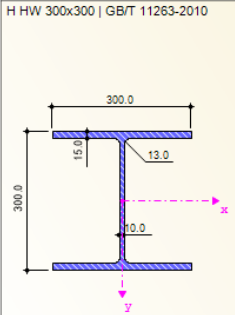
Änderungen sind sowohl in der Tabelle als auch im *Einstellungen*-Baum möglich.

1.5 Effektive Längen - Stäbe

Stab Nr.	Knicken		Knicken um Achse x		Knicken um Achse y			Biegedrillknicken		Stabtyp		Kommentar
	Möglich		$k_{cr,x}$	$L_{cr,x}$ [m]	Möglich	$k_{cr,y}$	$L_{cr,y}$ [m]	Möglich	L_w [m]	Typ x-x	Typ y-y	
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,000	0,000	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	3,000	<input checked="" type="checkbox"/>	3,000	Träger	Kragträger	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	4,844	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	4,844	<input checked="" type="checkbox"/>	4,844	Träger	Träger	
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	5,099	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	5,099	<input checked="" type="checkbox"/>	5,099	Träger	Träger	
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	5,099	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	5,099	<input checked="" type="checkbox"/>	5,099	Träger	Träger	
5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,000	0,000	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	4,844	<input type="checkbox"/>	0,000	Träger	Träger	
6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	6,000	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	6,000	<input checked="" type="checkbox"/>	6,000	Träger	Träger	
7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	7,000	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	7,000	<input checked="" type="checkbox"/>	7,000	Träger	Träger	
8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0,700	5,600	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000		<input checked="" type="checkbox"/>		Träger	Träger	
9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	7,000	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	7,000	<input checked="" type="checkbox"/>	7,000	Träger	Träger	
10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,000	0,000	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	3,000	<input type="checkbox"/>	0,000	Träger	Träger	

Einstellungen - Stab Nr. 2

Querschnitt	6 - H HW 300x300 GB/T 11263-2010	
Länge	L	4,844 m
Knicken möglich		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Knicken um Achse x möglich		<input checked="" type="checkbox"/>
Knicklängenbeiwert	$k_{cr,x}$	1,000
Knicklänge	$L_{cr,x}$	4,844 m
<input type="checkbox"/> Knicken um Achse y möglich		<input checked="" type="checkbox"/>
Knicklängenbeiwert	$k_{cr,y}$	1,000
Knicklänge	$L_{cr,y}$	4,844 m
<input type="checkbox"/> Biegedrillknicken möglich		<input checked="" type="checkbox"/>
Wölblänge	L_w	4,844 m
Trägertyp	TT x-x	Träger
Trägertyp	TT y-y	Träger
Kommentar		




Eingaben zuordnen Stäben Nr.:

Alle

Bild 2.13: 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 oben).

Der *Einstellungen*-Baum verwaltet folgende Parameter:

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

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.

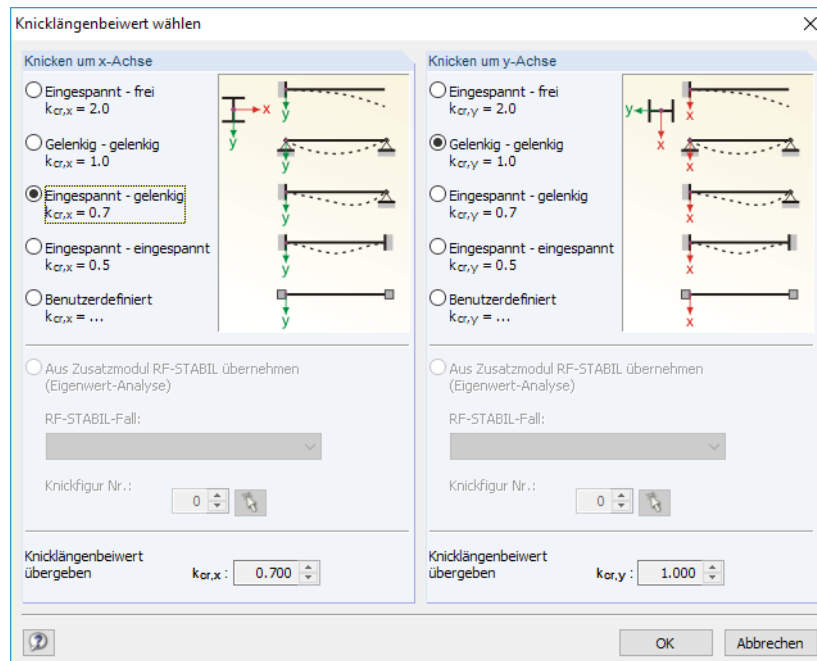


Bild 2.14: Dialog *Knicklängenbeiwert wählen*

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 x bzw. Achse y

Die Spalten *Möglich* steuern, ob eine Knickgefährdung um die Achse x und/oder y vorliegt. Diese Achsen sind die lokalen Stabachsen, wobei es sich bei der Achse x um die „starke“ und bei der Achse y um die „schwache“ Stabachse handelt. Die Knicklängenbeiwerte $k_{cr,x}$ und $k_{cr,y}$ 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 2.8, Seite 12). 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.

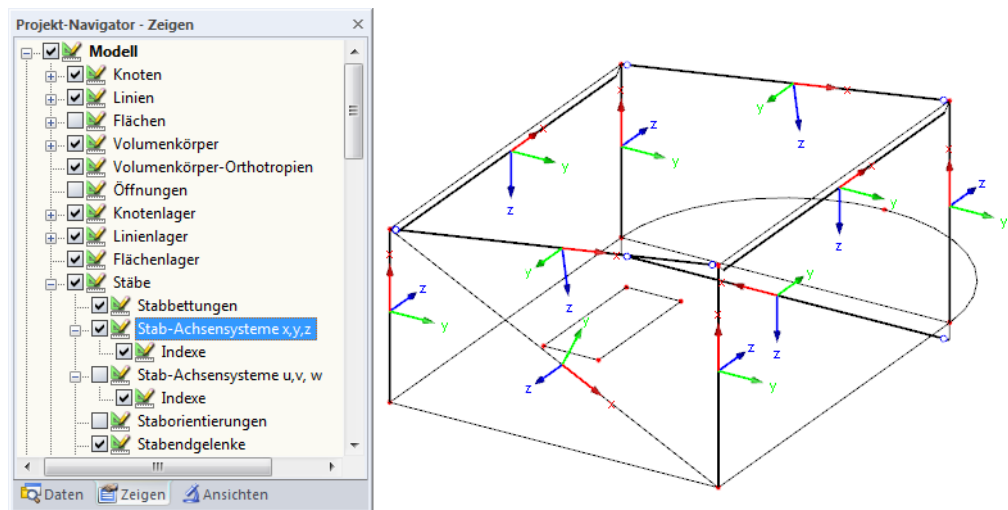


Bild 2.15: Aktivieren der Stabachsensysteme im Zeigen-Navigator von RFEM



Die Achsen des lokalen Querschnittskordinatensystems nach GB 50017-2003 [1] unterscheiden sich von den RFEM-Achsen: In dieser Norm stellt die Längsrichtung des Stabes nicht die x-Achse dar, sondern die **z-Achse!**

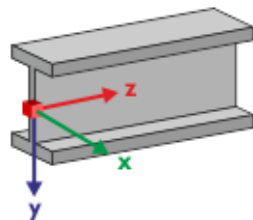



Bild 2.16: Achsen in RF-/STAHL GB für $k_{cr,x}$ und $k_{cr,y}$

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.

Eine Gabellagerung mit $k_{cr,x} = 1,0$ ergibt ein Lager mit einer Festhaltung in Richtung der y-Achse (RFEM/RSTAB-Koordinatensystem) und eine Behinderung der Verdrehung um die x-Achse (Längsachse) des Stabes. Bei einer Einspannung wird zu den eben genannten gesperrten Freiheitsgraden noch die Verdrehung des Querschnitts um die z-Achse behindert.

Biegedrillknicken möglich


Die Spalte H steuert, ob eine Untersuchung auf Biegedrillknicken grundsätzlich erfolgen soll.



Dieses Kontrollfeld sollte immer aktiviert werden. Falls ein Stab von der Biegedrillknickanalyse ausgenommen ist, wird kein Stabilitätsnachweis nach GB 50017-2003 [1], Abschnitt 4.1.2 und 5.1.2 geführt.

Biegedrillknicklänge L_w

In Spalte I ist die Bemessungslänge L_w des Stabes für Biegedrillknicken festzulegen. Gemäß [1] Abschnitt 5.1.2-2 ist die Stab-Bemessungslänge L_w für Biegedrillknicken (um Achse y) gleich der Stab-Bemessungslänge um die Hauptachse.

Standardmäßig setzt RF-/STAHL GB die Stablänge als Biegedrillknicklänge an. Bei einem Bauteil, das aus mehreren Stäben zwischen den Lagern besteht, kann es sinnvoll sein, die Biegedrillknicklänge manuell zu definieren. Die Schaltfläche  des Eingabefeldes ermöglicht es hier ebenfalls, die Bemessungslänge grafisch festzulegen.

Stabtyp x-x / y-y


Stabtyp	
Typ x-x	Typ y-y
Träger	Kragträger
Träger	Träger
Kragträger	Träger

Die Spalten J und K bieten zwei Auswahlmöglichkeiten an: Je nachdem, ob ein *Träger* oder ein *Kragträger* vorliegt, werden unterschiedliche Nachweismethoden nach GB 50017-2003 [1] Anhang B.1 oder B.4 angewandt.

Kommentar

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

Eingaben zuordnen Stäben Nr.

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



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

2.6 Effektive Längen - Stabsätze

Diese Maske verwaltet die effektiven Längen von Stabsätzen. Sie wird angezeigt, wenn in Maske 1.1 Basisangaben mindestens ein Stabsatz zur Bemessung vorgegeben wurde.

1.6 Effektive Längen - Stabsätze

Stabsatz Nr.	A		B		C		D		E			F		G		H		I		J		K		L
	Knicken Möglich	Knicken	Möglich	Kor,x	Möglich	Kor,x	Möglich	Lor,x [m]	Möglich	Kor,y	Möglich	Kor,y	Möglich	Lor,y [m]	Möglich	Lw [m]	Möglich	Lw [m]	Typ x-x	Typ y-y	Typ x-x	Typ y-y	Kommentar	
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>	19.886	<input checked="" type="checkbox"/>	19.886	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>	19.886	<input checked="" type="checkbox"/>	19.886	<input checked="" type="checkbox"/>	19.886	<input checked="" type="checkbox"/>	19.886	Träger	Träger	Träger	Träger		
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>	19.905	Träger	Träger	Träger	Träger		
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>	19.905	Träger	Träger	Träger	Träger		
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>	19.905	<input checked="" type="checkbox"/>	19.905	Träger	Träger	Träger	Träger		
7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.000	<input type="checkbox"/>	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	0.500	<input checked="" type="checkbox"/>	0.500	<input checked="" type="checkbox"/>	9.943	<input checked="" type="checkbox"/>	9.943	<input checked="" type="checkbox"/>	9.943	<input checked="" type="checkbox"/>	9.943	Träger	Träger	Träger	Träger		

Einstellungen - Stabsatz Nr. 7

<input type="checkbox"/> Stabsatz	Obergut	
Querschnitt	6 - H HW 300x300 GB/T 11263-2010	
Länge	L	19.886 m
Knicken möglich		<input checked="" type="checkbox"/>
Knicken um Achse x möglich		<input type="checkbox"/>
Knicken um Achse y möglich		<input checked="" type="checkbox"/>
Knicklängenbeiwert	Kor,y	0.500
Knicklänge	Lor,y	9.943 m
Biegedrillknicken möglich		<input checked="" type="checkbox"/>
Wölbänge	Lw	9.943 m
Trägertyp	TT x-x	Träger
Trägertyp	TT y-y	Träger
Kommentar		

H HW 300x300 | GB/T 11263-2010

Bild 2.17: 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 für den Biegedrillknicknachweis angegeben oder grafisch festgelegt werden.

2.7 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 Stabsatz Nr.	C Manuell	D Bezugslänge L [m]	E Richtung	F Überhöhung $w_{c,y}$ [mm]	G Trägertyp	H Kommentar
1	Stab	10	<input type="checkbox"/>	6.000	x	0.0	Träger	
2	Stab	65	<input type="checkbox"/>	5.000	x,y	0.0	Träger	
3	Stab	66	<input type="checkbox"/>	5.000	x,y	0.0	Träger	
4	Stab	67	<input type="checkbox"/>	5.000	x,y	0.0	Träger	
5	Stab	68	<input type="checkbox"/>	5.000	x,y	0.0	Träger	
6	Stab	69	<input type="checkbox"/>	5.000	x,y	0.0	Träger	
7	Stab	70	<input type="checkbox"/>	5.000	x,y	0.0	Träger	
8	Stabsatz	2	<input checked="" type="checkbox"/>	10.198	x,y	0.0	Träger	
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 2.18: 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 Ankreuzen der Spalte C *Manuell* angepasst werden.

Richtung

 Details...

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

Über Spalte F kann eine *Überhöhung* berücksichtigt werden. Die allgemeine Richtung der Überhöhung wird im Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit* festgelegt (siehe [Bild 3.5, Seite 30](#)). 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

 Details...

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

Die Vorgabe im Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit* steuert, ob die Verformungen auf das unverformte Ausgangssystem oder die verschobenen Stab- bzw. Stabsatzenden bezogen werden (siehe [Bild 3.5, Seite 30](#)).

3 Berechnung

3.1 Details

[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 folgenden Registern:

- Tragsicherheit
- Stabilität
- Gebrauchstauglichkeit
- Allgemein

3.1.1 Tragfähigkeit

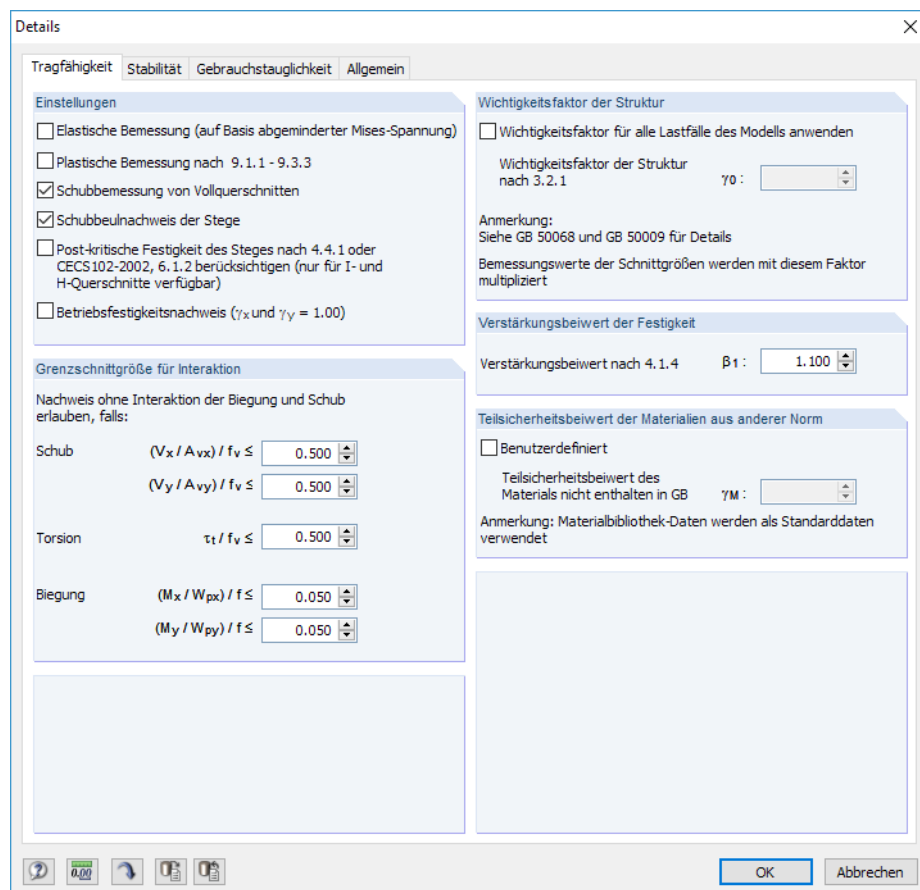


Bild 3.1: Dialog *Details*, Register *Tragfähigkeit*

Einstellungen

Elastische Bemessung

Soll eine konservative elastische Bemessung erfolgen, ist das Kontrollfeld anzuhaken. Damit wird automatisch die plastische Bemessung (siehe unten) deaktiviert. Der plastische Querschnittsanpassungsfaktor γ wird dann zu 1,0 gesetzt, da die begrenzte plastische Entwicklung des Querschnitts nicht mehr berücksichtigt werden kann.

Bei gleichzeitiger Wirkung mehrerer Spannungen ist ein Vergleichsspannungsnachweis erforderlich. Nach [1] Abschnitt 4.1.4 kann eine elastische Bemessung der Vergleichsspannung auf Basis reduzierter von MISES-Spannungen durchgeführt werden.

Die Spannung infolge örtlicher Kräfteinleitungen sollte nach [1] Abschnitt 4.1.4 theoretisch mit berücksichtigt werden. Sie wird jedoch in RF-/STAHL GB vernachlässigt.

Der maßgebende Spannungspunkt des Querschnitts wird nach der Berechnung bei den Nachweisdetails ausgegeben.

Plastische Bemessung

Die Tragfähigkeit kann auch durch eine plastische Bemessung nachgewiesen werden. Die Voraussetzung dafür ist, dass alle erläuternden Anforderungen in [1] Abschnitt 9.1 sowie die (b/t)- und (h/t)-Verhältnisse gemäß Tabelle 9.1.4 erfüllt sind.

Bei den Zwischenwerten sind alle Nachweise nach [1] Abschnitt 9.1 angezeigt (siehe auch Bild 4.3, Seite 36). Falls die Voraussetzungen nicht erfüllt sind, wird eine entsprechende Meldung beim Querschnittsnachweis in Maske 2.2 angezeigt.

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 5.000 m - LF1					
Materialwerte - Baustahl Q 235					
Querschnittswerte - IU 784/300/12/10/200/12/0/0					
Bemessungsschnittgrößen					
Lokale Stabilität und Kriterien der plastischen Bemessung					
Nachweis					

Bild 3.2: Zwischenwerte – Nachweis der plastischen Bemessung

Sind die Bedingungen nach [1] Abschnitt 9.1 erfüllt, werden der plastische Grenzzustand der Tragfähigkeit und die Stabilität nach [1] Abschnitte 9.2 und 9.3 nach der *pl-pl* Bemessungsmethode untersucht. Die Schnittgrößen sollen hier nach Fließgelenk-Theorie ermittelt werden.

Nach [1] Abschnitt 9.1.2 sind folgende Vorgaben zu berücksichtigen:

- Beim Tragfähigkeitsnachweis nach dem Nachweisverfahren *pl-pl* sind die Bemessungswerte der Lasten anzusetzen und die Einflüsse aus Theorie II. Ordnung zu berücksichtigen.
- Beim Gebrauchstauglichkeitsnachweis nach dem Nachweisverfahren *el-pl* sind die charakteristischen Werte der Lasten anzusetzen.

Bei der plastischen Bemessung werden statt des plastischen Querschnittsanpassungsfaktors $\gamma_{x,y}$ der elastischen Bemessung die plastischen Widerstandsmomente $W_{pl,x/y}$ verwendet. Damit wird die ganze Querschnittfläche bei der Entwicklung der Plastizität berücksichtigt.

[1] Abschnitt 9.2.4 gilt zwar nur bei der Bemessung für einachsige Biegung um die starke Achse mit Normalkraft. In RF-/STAHL GB wird dieses Nachweisverfahren aber auch mit den Vorgaben des Abschnitts 5.2.5 für Doppelbiegung mit Normalkraft kombiniert.

Schubbemessung von Vollquerschnitten

Der Nachweis der Schubbeanspruchbarkeit wird standardmäßig auch für alle Stäbe mit massiven Querschnitten (z. B. runder oder rechteckiger Stabstahl) mit Schub- und Torsionsbeanspruchungen durchgeführt. Ist dies nicht gewünscht, so können diese Stäbe von der Schubbemessung ausgenommen werden.

Schubbeulnachweis der Stege

Nach [1] Abschnitt 4.3 ist für den Steg unversteifter Stäbe das lokale Plattenbeulen nachzuweisen. Das Ergebnis dieses Nachweises gibt Aufschluss darüber, ob eine Quer- oder Längsaussteifung für den Steg erforderlich ist.

Wird der Haken entfernt, unterbleibt der Schubbeulnachweis des Steges.

Postkritische Festigkeit des Steges berücksichtigen

Nach [1] ist für unversteifte I- und H-Profile ein lokaler Nachweis des Plattenbeulens erforderlich (*Post-Buckling* Nachweis), wenn das plastische Verhalten des Steges infolge Biege- und Schubspannung berücksichtigt werden soll. Der elastisch-plastisch Tragfähigkeitsnachweis des Steges kann mit der M- und V-Interaktionsformel nach [1] Abschnitt 4.4.1 nachgewiesen werden.

Falls eine *Elastische Bemessung* (siehe oben) erfolgen soll, ist der Nachweis automatisch deaktiviert.



In RF-/STAHL GB ist keine Aussteifung berücksichtigt. Der Abstand der Aussteifung entspricht daher der Stablänge.

Für diesen Nachweis sind die Vorgaben zu den *Grenzschnittgrößen* (siehe unten) besonders zu beachten.

Betriebsfestigkeitsnachweis

RF-/STAHL GB führt standardmäßig keinen Betriebsfestigkeitsnachweis durch. Durch Aktivieren dieser Option wird auch das Ermüdungsverhalten für die Beanspruchungsart „Biegung mit Normalkraft“ für die nachzuweisenden Stäbe untersucht. Dabei wird der plastische Querschnittsanspassungsfaktor γ nach [1] Abschnitt 5.2.1 abgemindert und zu 1,0 gesetzt.

Grenzschnittgröße für Interaktion

Kleine Schnittgrößen können vom Nachweis ausgeklammert werden, wenn der Nachweisquotient einen bestimmten Wert unterschreitet. Auf diese Weise kann z. B. ein geringes Moment um die schwache Achse vernachlässigt oder ein Interaktionsnachweis für Biegung und Schub umgangen werden.

Die programmseitigen Voreinstellungen können individuell für *Schub*, *Torsion* und *Biegung* angepasst werden.

Grenzschnittgröße

Kleine Schnittgröße nicht berücksichtigen und Nachweis ohne Interaktion der Biegung und Schub erlauben, falls:

Schub	$(V_x / A_{vx}) / f_v \leq$	<input type="text" value="0.500"/>
	$(V_y / A_{vy}) / f_v \leq$	<input type="text" value="0.500"/>
Torsion	$\tau_t / f_v \leq$	<input type="text" value="0.500"/>
Biegung	$(M_x / W_{px}) / f \leq$	<input type="text" value="0.200"/>
	$(M_y / W_{py}) / f \leq$	<input type="text" value="0.200"/>

Wichtigkeitsfaktor der Struktur

Nach GB 50068-2001 [3] muss beim Tragfähigkeitsnachweis ein Wichtigkeitsfaktor berücksichtigt werden. Für die Grundkombination und die Außergewöhnliche Situation ist der Bemessungswert der Beanspruchungen S mit dem Wichtigkeitsbeiwert γ_0 zu multiplizieren (siehe GB 50009-2001 [[error 1]] Abschnitt 3.2.2).

Der Wichtigkeitsfaktor der Konstruktion kann unter Berücksichtigung der Gebäudeklasse und der Mindestnutzungsdauer nach folgender Tabelle festgelegt werden (siehe auch GB 50068-2001 [3] Abschnitt 7.0.3):

Gebäudeklasse	Nutzungsdauer in Jahren	Wichtigkeitsfaktor γ_0
1	≥ 100	$\geq 1,1$
2	≥ 50	$\geq 1,0$
3	≥ 5	$\geq 0,9$
	für ≥ 25	gemäß Norm

Tabelle 3.1: Wichtigkeitsfaktor γ_0

Die weiteren Anforderungen können in den entsprechenden Normen nachsehen werden.

Verstärkungsbeiwert der Festigkeit

Beim Vergleichsspannungsnachweis ist ein Vergrößerungsfaktor β_1 für den Bemessungswert der Streckgrenze zur Berücksichtigung der eingeleiteten Kraft anzusetzen.

Da die eingeleitete Kraft vernachlässigt wird, ist der Wert standardmäßig mit 1,1 angesetzt. Der Verstärkungsbeiwert nach [1] Abschnitt 4.1.4 kann auch benutzerdefiniert festgelegt werden.

Teilsicherheitsbeiwert der Materialien aus anderer Norm

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_M des Materials ist nach dem Dokument „Zusätzliche Erläuterung der Stahlbaunorm GB 50017-2003, Ministry of Construction of China“ Tabelle 3, zu ermitteln.

- Beispiel: Stahl Q235

Mindestwert der Streckgrenze $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$

$$\gamma_M = 1,087$$

Bemessungswert der Streckgrenze $f = 235/1,087 = 216,19 \Rightarrow 215 \text{ N/mm}^2$

- Beispiel: Stahl Q345

Mindestwert der Streckgrenze $f_y = 345 \text{ N/mm}^2$

$$\gamma_M = 1,111$$

Bemessungswert der Streckgrenze $f = 345/1,111 = 310,53 \Rightarrow 310 \text{ N/mm}^2$



In RF-/STAHL GB werden alle Bemessungswerte mit dem Faktor γ_M errechnet. Falls ein Stahlmaterial zur Bemessung ausgewählt ist, das nicht in GB 50017-2003 enthalten ist, muss der Teilsicherheitsbeiwert benutzerdefiniert angegeben werden. Anderenfalls setzt das Programm $\gamma_M = 1,0$ an.

3.1.2 Stabilität

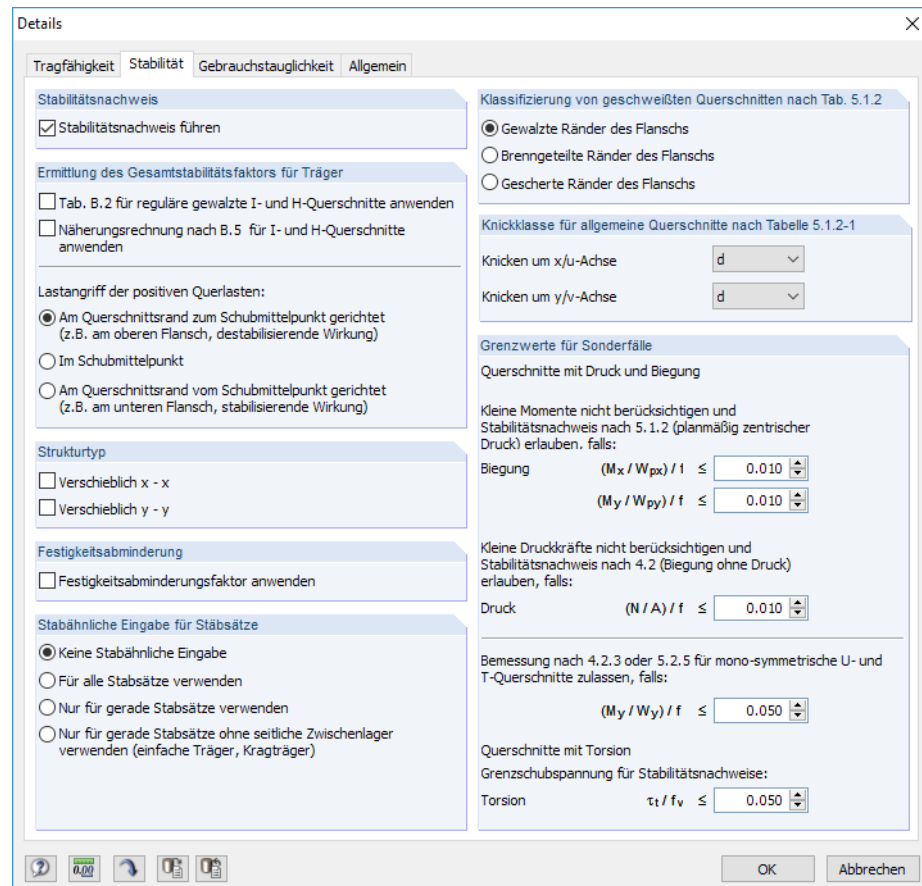


Bild 3.3: Dialog Details, Register Stabilität

Stabilitätsnachweis

Dieser Abschnitt steuert, ob generell ein Stabilitätsnachweis erfolgen soll. Wird der Haken entfernt, so werden nur die Eingabemasken 1.1 bis 1.3 angezeigt; der folgende Abschnitt *Ermittlung des Gesamtstabilitätsfaktors* ist nicht zugänglich.

Der Nachweis der lokalen Stabstabilität wird automatisch durchgeführt, wenn in einem Querschnitt Spannungen aus Druck und Biegung auftreten. Die Ergebnisse werden bei den Zwischenwerten ausgewiesen.

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 2.000 m - LF1					
<input type="checkbox"/>	Materialwerte	-	Baustahl Q 235		
<input type="checkbox"/>	Querschnittswerte	-	H 300x300		
<input type="checkbox"/>	Bemessungsschnittgrößen				
<input type="checkbox"/>	Lokale Stabstabilität unter Druck und Biegung				
<input type="checkbox"/>	Nachweis				

Bild 3.4: Zwischenwerte – Nachweis der lokalen Stabstabilität

Ermittlung des Gesamtstabilitätsfaktors für Träger

Dieser Abschnitt verwaltet die Ermittlungsart des Stabilitätsfaktors nach [1] Anhang B. Die Schnittgrößen können hierzu nach Theorie I. Ordnung bestimmt werden.

Sind die Kontrollfelder deaktiviert, so erfolgt die Berechnungsmethode für φ_b mit den Standardeinstellungen. Die Nachweise werden damit nach der allgemeine Methode nach [1] Anhang B.1 oder B.4 geführt. Für gewalzte I-Profile sollten die Kontrollfelder angehakt werden, damit φ_b nach Anhang B.2 berechnet wird.

Die Berechnung des Stabilitätsfaktors φ_b für den Biegeknick- und Biegedrillknicknachweis unter Berücksichtigung des Stahlquerschnitts und des statischen Systems ist in [1] Anhang B.1 bis B.5 erläutert:

- Anhang B.1: Allgemeine Methode für Einfeldträger mit I- und H-Profilen
- Anhang B.2: Tabellarische Berechnung für Einfeldträger mit I-Profilen
- Anhang B.3: Berechnung für Einfeldträger mit U-Profilen
- Anhang B.4: Allgemeine Methode für Kragträger mit I- und H-Profilen
- Anhang B.5: Vereinfachte Methode für I- und H-Profile oder T- Profile

Das [Kapitel 8](#) stellt ein Beispiel für Stäbe mit Beanspruchung von Druck und Doppelbiegung vor.

Lastangriff der positiven Querlasten

Sind Querlasten vorhanden, so ist es wichtig zu definieren, wo diese Kräfte am Querschnitt angreifen. Je nach Lastangriffspunkt können Querlasten stabilisierend oder destabilisierend wirken und somit das ideale kritische Moment erheblich beeinflussen.

Nach [1] Anhang B, Tabelle B.1 und B.4 können die Gesamtstabilitätsbeiwerte β_b unter Berücksichtigung des Lastangriffspunkt berechnet werden. Die genaue Definition der Lastangriffsstelle am Profilflansch ist im Kommentar zu Tabelle B.1 Absatz 5 erläutert.

Strukturtyp

Die äquivalenten Momentenbeiwerte β_m und β_t sind in der Regel unter Berücksichtigung der Momentenverteilung zwischen den maßgebenden seitlichen Stützungen zu ermitteln.

Standardmäßig sind die beiden Kontrollfelder deaktiviert. Falls das Modell *Verschieblich* ist, kann die entsprechende Richtung freigegeben werden.

Festigkeitsabminderung

Gemäß *Guide to Stability Design of Steel Structures* [6] **darf** der Bemessungswert der Streckgrenze für Stäbe mit geschlossenem Querschnitt unter zentrischer Beanspruchung für den Stabilitätsnachweis reduziert werden, wenn die Stabschlankheit größer als 100 ist.

Stabähnliche Eingabe für Stabsätze



Das Stabilitätsverhalten von Stabsätzen kann nach vier Verfahren untersucht werden. Grundsätzlich ist die *Stabähnliche Eingabe* nur für gerade Stabsätze zu empfehlen.

Mit der Voreinstellung *Keine stabähnliche Eingabe* wird eine allgemeine Analyse geführt, die auf dem Faktor α_{cr} basiert. Die in Maske 1.4 für die Stäbe definierten Zwischenabstützungen gelten auch für den Stabsatz.

Die Option *Für alle Stabsätze verwenden* ermöglicht es, Stabsätze im Hinblick auf das Stabilitätsverhalten wie Einzelstäbe zu analysieren. Dieser Ansatz kann genutzt werden, wenn jeder Stabsatz einem Einzelstabmodell entspricht.

Die stabähnliche Eingabe lässt sich *Nur für gerade Stabsätze verwenden*, die den gleichen Querschnitt aufweisen (z. B. Durchlaufträger).

Die letzte Option beschränkt die stabähnliche Eingabe auf *Gerade Stabsätze ohne seitliche Zwischenlager* gemäß Definition in RFEM bzw. RSTAB: Es werden nur Stabsätze für die stabähnliche Eingabe berücksichtigt, die RFEM/RSTAB-Lager an den Enden besitzen. Diese Option eignet sich für die Bemessung von z. B. Einfeldträgern oder Kragarmen. Träger, die seitlich an Zwischenknoten angeschlossen sind, können nicht erfasst werden.

Klassifizierung von geschweißten Querschnitten

Geschweißte Querschnitte sind gemäß [1] Tabelle 5.1.2 nach ihrer Fertigungsart zu unterscheiden. In diesem Abschnitt stehen drei Möglichkeiten für den Flansch zur Wahl – gewalzte, brenngeteilte oder gescherte Ränder.

In Abhängigkeit von der Fertigungsart wirkt sich die Knickspannungslinie geschweißter Querschnitte auf den Stabilitätsnachweis aus.

Knickklassen für allgemeine Querschnitte

Liegt ein Querschnitt des Typs *Allgemein* zur Bemessung vor, sind die Knicklinien vom Anwender festzulegen. RF-/STAHL GB ermittelt dann den Stabilitätsfaktor φ gemäß Anhang C mit den hier angegebenen Knickklassen.



Die Knicklinien werden einheitlich allen allgemeinen Querschnitten zugewiesen, die im aktuellen Bemessungsfall ausgewählt sind.

Grenzwerte für Sonderfälle

Um unsymmetrische Querschnitte auf planmäßig zentrischen Druck nachzuweisen, können durch die Einstellungen in diesem Abschnitt kleine Momente um die starke und schwache Achse vernachlässigt werden.

Analog dazu kann für den reinen Nachweis auf Biegung auch eine Vorgabe für die Vernachlässigung von sehr kleinen Normalkräften erfolgen.

Für den Nachweis von unsymmetrischen Querschnitten, Voutenstäben oder Stabsätzen nach [1] Abschnitt 5.1.2 ist nur einachsige Biegung in der Hauptebene und/oder Druck zulässig. Hierzu kann die Grenze des Momentenverhältnisses $(M_y/W_{py})/f$ festgelegt werden.

Für *mono-symmetrische U- und T-Querschnitte* darf nach [1] Abschnitt 4.2.3 und 5.2.5 ebenfalls ein Stabilitätsnachweis geführt werden, wenn das Grenzbeanspruchungsverhältnis die Grenzwerte einhält. Der Grenzwert dieses Verhältnisses kann angepasst werden.

Planmäßige *Torsion* ist in [1] nicht klar geregelt. Ist eine Torsionsbeanspruchung vorhanden, die aber das standardmäßig vorgegebene Schubspannungsverhältnis von 5 % nicht überschreitet, wird sie beim Stabilitätsnachweis nicht berücksichtigt. In diesem Fall werden Ergebnisse für Biegeknicken und Biegedrillknicken ausgegeben.

Wird eine der Grenzen überschritten, erscheint ein Hinweis in der Ergebnismaske. Es wird keine Stabilitätsuntersuchung durchgeführt. Die Ausgabe der Querschnittsnachweise erfolgt unabhängig davon.



Die oben beschriebenen Grenzeinstellungen sind nicht Teil der Norm GB 50017-2003. Eine Änderung der Grenzen liegt im Verantwortungsbereich des Anwenders.

Stabilitätsnachweis für Vouten

Liegen Stäbe mit veränderlichem Querschnitt (Voute) zur Bemessung vor, so führt RF-/STAHL GB den Stabilitätsnachweis nach der Norm CECS 102-2002 [7].

Die Unterschiede der Stabilitätsnachweise zu gleichförmigen Querschnitten sind wie folgt:

- Die Plastizität wird für den Querschnitt nicht berücksichtigt, d. h. kein Ansatz des plastischen Querschnittsanpassungsfaktors $\gamma_{x,y}$.
- Berechnung der äquivalenten Knicklänge des Voutenstabes mit zusätzlichem Faktor μ_γ
- Berechnung der äquivalenten Schlankheit des Voutenstabes
- Maßgebend für den Nachweis sind die Normalkraft und die Querschnittseigenschaften an den Enden des Voutenstabes.

3.1.3 Gebrauchstauglichkeit

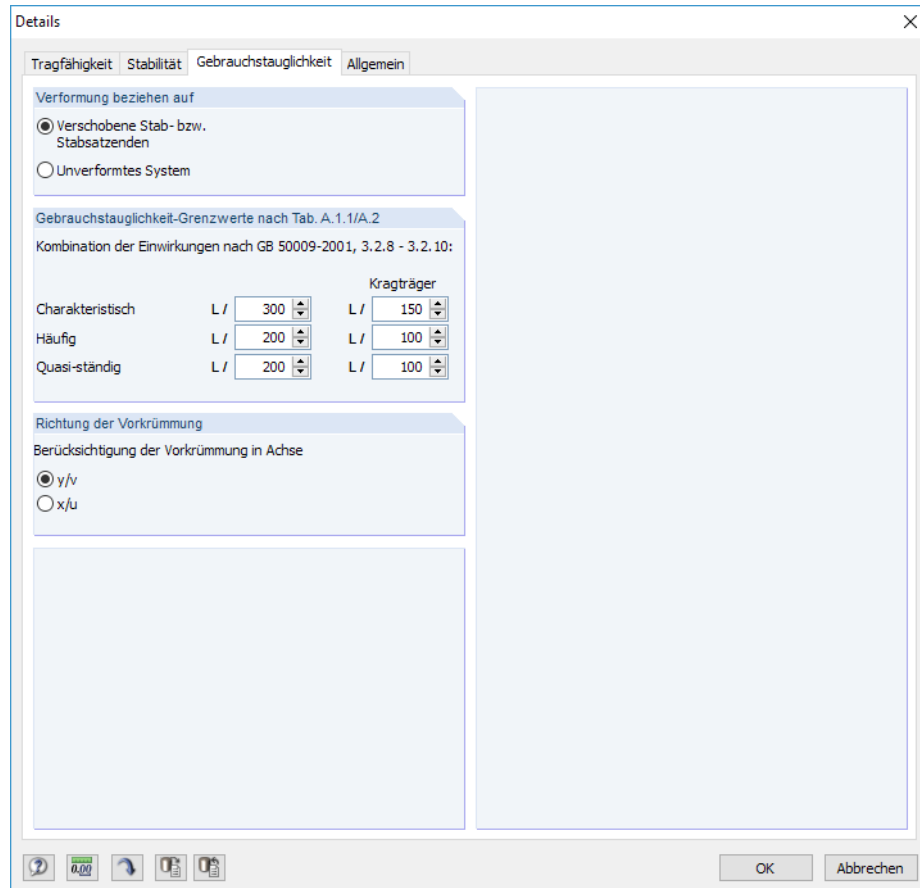


Bild 3.5: Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit*

Verformung beziehen auf

Die Auswahlfelder im Abschnitt *Verformung beziehen auf* steuern, ob die maximalen Verformungen auf das unverformte Ausgangssystem oder auf eine gedachte Verbindungslinie zwischen Stabanfang und Stabende im verformten System – die verschobenen Stab- bzw. Stabsatzenden – bezogen werden sollen.

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

Gebrauchstauglichkeit-Grenzwerte

Für jedes Projekt sind die Gebrauchstauglichkeitskriterien entsprechend den Nutzungsanforderungen festzulegen. Wenn keine besonderen Anforderungen gestellt werden, dürfen die Grenzwerte zur Begrenzung der Durchbiegung von Tragwerken im Gebrauchszustand nach GB 50017-2003 [1] Anhang A angesetzt werden.

Die Grenzwerte der Durchbiegung sind nach GB 50017-2003 Anhang A.1 voreingestellt, können aber jederzeit an die Erfordernisse angepasst werden.

Richtung der Vorkrümmung

Das Kontrollfeld steuert, in welche der lokalen Stabachsen ggf. eine Vorkrümmung („Stich“) vorliegt. Je nach Vorgabe wird in Spalte F der Maske 1.9 die Überschrift $w_{c,y}$ oder $w_{c,x}$ angegeben.

3.1.4 Allgemein

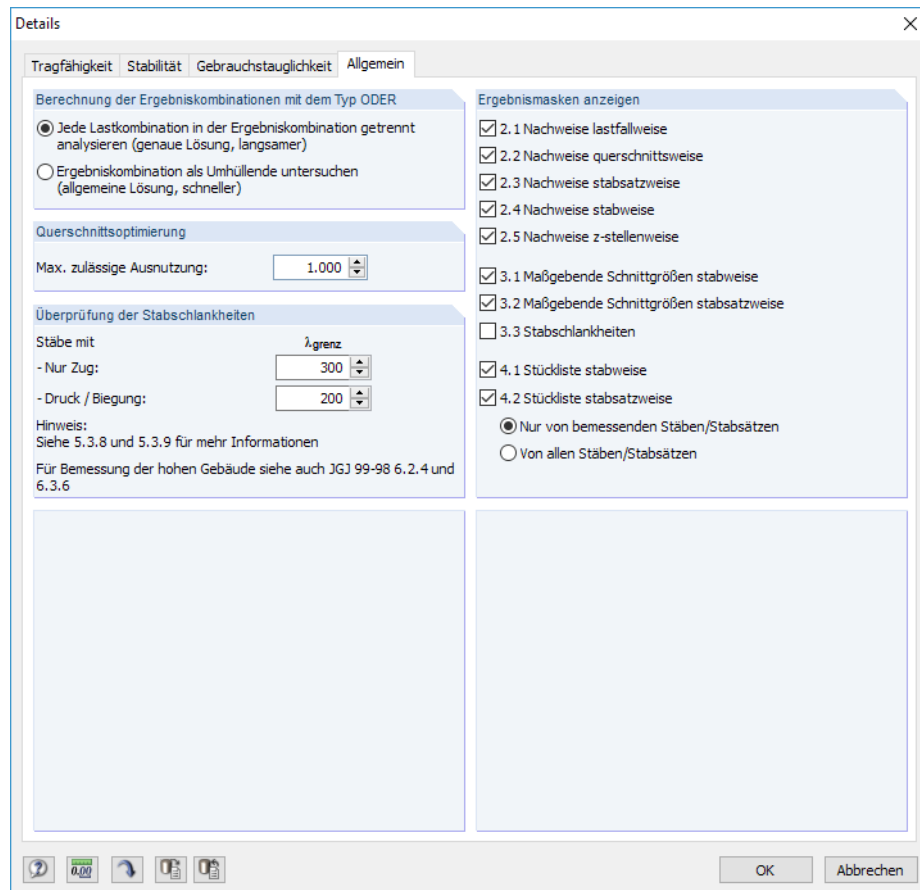


Bild 3.6: Dialog *Details*, Register *Allgemein*

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 GB 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 Stabschlankheiten

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

Der Vergleich der Grenzwerte mit den tatsächlichen Stabschlankheiten erfolgt in Maske 3.3. Diese Ergebnismaske ist nach der Berechnung verfügbar (siehe [Kapitel 4.8, Seite 42](#)), wenn das entsprechende Häkchen im Abschnitt rechts *Ergebnismasken anzeigen* gesetzt ist.

Die Grenzwerte der Schlankheit sind in GB 50017-2003 [1] Tabelle 5.3.8 und 5.3.9 geregelt.

Ergebnismasken anzeigen

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

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

3.2 Start der Berechnung

Berechnung

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

RF-/STAHL GB 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 57) 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 GB 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.

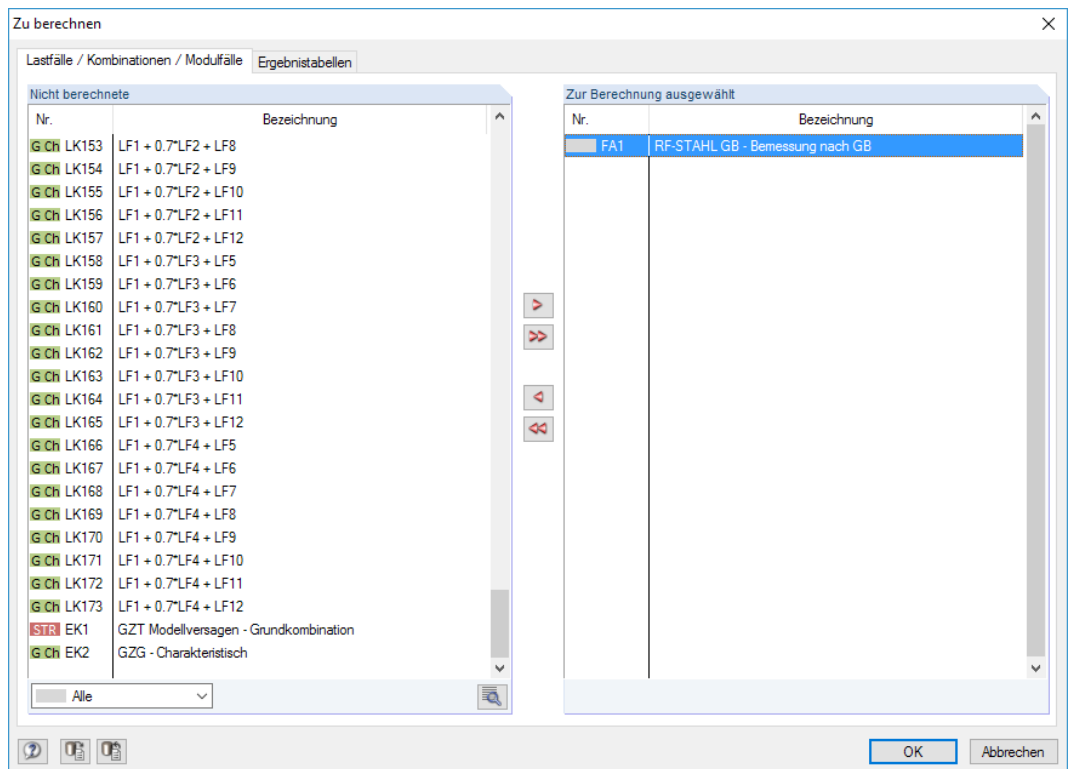
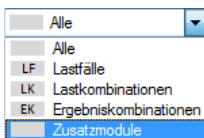


Bild 3.7: RFEM-Dialog *Zu berechnen*



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

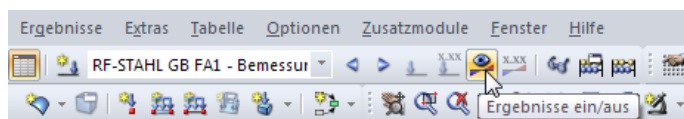


Bild 3.8: Direkte Berechnung eines RF-/STAHL GB-Falls in RFEM

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

4 Ergebnisse

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

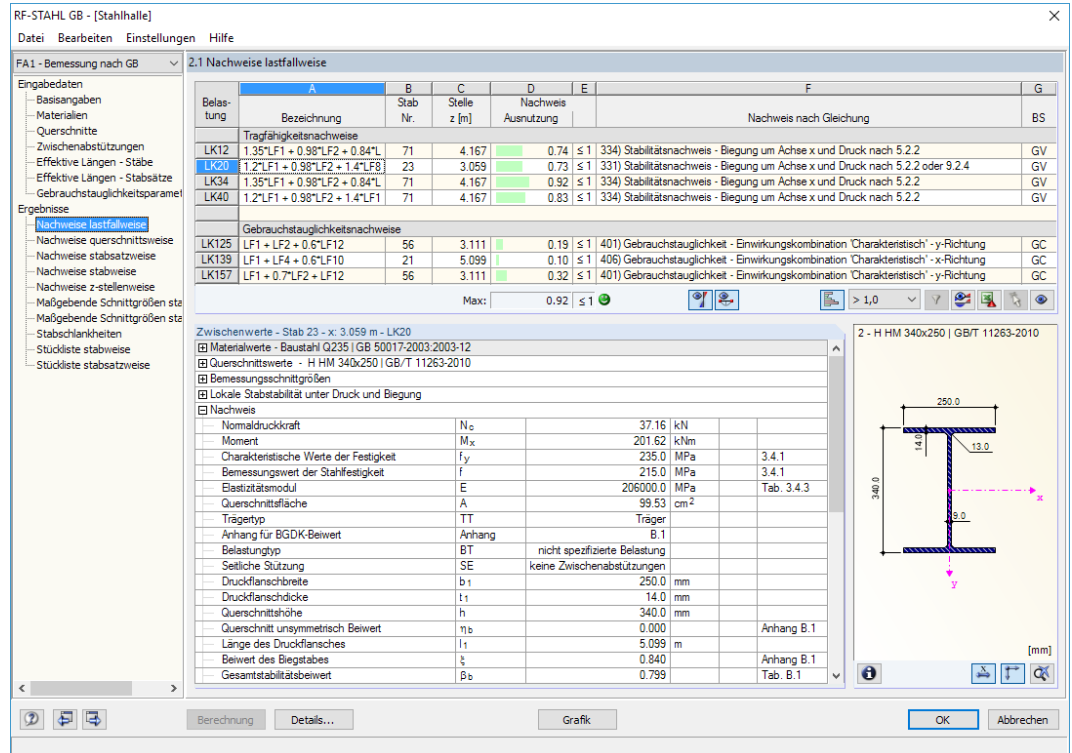


Bild 4.1: Ergebnismaske mit Nachweisen und Zwischenwerten

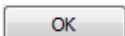
Die Nachweise sind in den Ergebnismasken 2.1 bis 2.5 nach verschiedenen Kriterien sortiert.

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 GB 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 45 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 z [m]	Nachweis Ausnutzung		Nachweis nach Gleichung		BS
Tragfähigkeitsnachweise									
LK12	1.35*LF1 + 0.98*LF2 + 0.84*LF8		71	4.167	0.74	≤ 1	334) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach 5.2.2		GV
LK20	1.2*LF1 + 0.98*LF2 + 1.4*LF8		23	3.059	0.73	≤ 1	331) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach 5.2.2 oder 9.2.4		GV
LK34	1.35*LF1 + 0.98*LF2 + 0.84*LF8		71	4.167	0.92	≤ 1	334) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach 5.2.2		GV
LK40	1.2*LF1 + 0.98*LF2 + 1.4*LF1		71	4.167	0.83	≤ 1	334) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach 5.2.2		GV
Gebrauchstauglichkeitsnachweise									
LK125	LF1 + LF2 + 0.6*LF12		56	3.111	0.19	≤ 1	401) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination 'Charakteristisch' - y-Richtung		GC
LK139	LF1 + LF4 + 0.6*LF10		21	5.099	0.10	≤ 1	406) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination 'Charakteristisch' - x-Richtung		GC
LK157	LF1 + 0.7*LF2 + LF12		56	3.111	0.32	≤ 1	401) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination 'Charakteristisch' - y-Richtung		GC

Max: 0.92 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 71 - x: 4.167 m - LK12

- Materialwerte - Baustahl Q235 | GB 50017-2003:2003-12
- Querschnittswerte - QRO 80x5 | GB/T 6728-2002
- Bemessungsschnittgrößen

Normalkraft	N	-44.49	kN
Querkraft	V _x	0.00	kN
Querkraft	V _y	-0.16	kN
Torsionsmoment	M _t	0.00	kNm
Moment	M _x	0.47	kNm
Moment	M _y	0.00	kNm
- Lokale Stabilität unter Druck und Biegung

Normalkraft	N ₀	44.49	kN
Moment	M _x	0.88	kNm
Charakteristische Werte der Festigkeit	f _y	235.0	MPa
Bemessungswert der Stahlfestigkeit	f	215.0	MPa
Querschnittsfläche	A	14.36	cm ²
Flanschbreite	b ₀	80.0	mm
Querschnittshöhe	h	80.0	mm
Länge des Druckflansches	l ₁	5.000	m
Max. Querschnittsverhältnis	max. h/b ₀	6.000	4.2.4
Max. Flanschverhältnis	max. l ₁ /b ₀	95.000	4.2.4
Kriterium für Gesamtstabilität	h/b ₀	1.00	≤ max. h 4.2.4

Bild 4.2: Maske 2.1 Nachweise lastfallweise

Bezeichnung

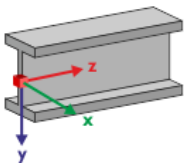
Zur Information werden die Bezeichnungen der Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen angezeigt, für die die Nachweise geführt wurden.

Stab Nr.

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

Stelle z

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



- 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

Max: 0.98 ≤ 1

Nachweis

In den Spalten D und E werden die Nachweisbedingungen gemäß GB 50017-2003 [1] ausgegeben. Die Länge des farbigen Balkens stellt die jeweilige *Ausnutzung* in grafischer Form dar.

Nachweis nach Formel

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

BS

Die letzte Spalte gibt Aufschluss über die nachweisrelevanten Bemessungssituationen (BS) gemäß GB 50017-2003 und GB 50009-2012: *GV, GS, AU* für Tragfähigkeit (siehe Bild 2.3, Seite 7) oder eine der drei Bemessungssituationen *CH, HÄ, QS* für Gebrauchstauglichkeit (siehe Bild 2.4, Seite 9) gemäß Vorgabe in Maske 1.1 Basisangaben.



Für die Auswertung sind zudem folgende zwei Punkte von Interesse:

Lokaler Stabilitätsnachweis

Wie bereits im Kapitel 1.1 erwähnt, wird in GB 50017-2003 der Nachweis der lokalen Stabstabilität automatisch durchgeführt, wenn in einem Querschnitt Spannungen aus Druck und Biegung auftreten. Dieser Nachweis wird bei den Zwischenwerten ausgegeben (siehe auch Bild 4.4).

☐ Lokale Stabstabilität unter Druck und Biegung						
Gesamtstabilitätsparameter des Stabes						
- Knicklänge	l_{0x}	0.000	m			
- Knicklänge	l_{0y}	5.099	m			
- Trägheitsradius	i_x	145.9	mm			
- Trägheitsradius	i_y	60.6	mm			
- Schlankheitsgrad	λ_x	30.000				
- Schlankheitsgrad	λ_y	84.201				
- Maximaler Schlankheitsgrad	λ_{max}	84.201				
Flansch						
- Streckgrenze	$f_{y,f}$	235.0	MPa			3.4.1
- Materialbeiwert	σ_f	1.000				
- Knicklänge	$b_{0,f}$	107.5	mm			
- Dicke	t_f	14.0	mm			
- Schlankheitsverhältnis	b_0/t_f	7.679				5.4.1
- Max. Schlankheitsverhältnis	$max. b_0/t_f$	13.000				5.4.1
Steg						
- Streckgrenze	$f_{y,w}$	235.0	MPa			3.4.1
- Materialbeiwert	σ_w	1.000				
- Statische Nutzhöhe	h_0	286.0	mm			
- Dicke	t_w	9.0	mm			
- Spannung am Steganfang	$\sigma_{w,A}$	69.3	MPa	> 0		Zug
- Spannung am Stegende	$\sigma_{w,B}$	-76.7	MPa	< 0		Druck
- Maximale Druckspannung	$\sigma_{w,max}$	76.7	MPa	> 0		Druck
- Zugehörige Spannung	$\sigma_{w,min}$	-69.3	MPa	< 0		Zug
- Spannungsverhältnis	$\alpha_{0,w}$	1.903				
- Schlankheitsverhältnis	h_0/t_w	31.778				5.4.2
- Max. Schlankheitsverhältnis	$max. h_0/t_w$	80.129				5.4.2

Bild 4.3: Zwischenwerte: Nachweis der lokalen Stabstabilität

Die lokale Stabilität des Querschnitts wird nach GB 50017-2003 [1] Abschnitt 4.3 (bei Biegebeanspruchungen) bzw. Abschnitt 5.4 (bei Druckbeanspruchung mit oder ohne Biegebeanspruchungen) nachgewiesen. Dabei werden die (b/t)-Verhältnisse des Flansches und die (h/t)-Verhältnisse des Steges untersucht. Wie bei der Klassifizierung der Querschnitte nach Eurocode 3 wird in RF-/STAHL GB das Spannungs-Dehnungsverhältnis α_0 ermittelt, um die (h/t)-Verhältnisse gemäß [1] bestimmen zu können.

Ermittlung der ideellen kritischen Last N_{cr}

Die kritische Axiallast N_{cr} für Drillknicken und Biegedrillknicken wird nach der elastischen Stabilitätstheorie gemäß *Stability of Steel Structures Theory and Design* [8] berechnet.

In der Regel ergeben sich bei doppelsymmetrischen I- und H-Profilen sowie Hohlprofilen für Drillknicken und Biegedrillknicken keine niedrigeren kritischen Lasten als für Biegeknicken.

Bei Stäben mit zentrischem Druck oder Zugbeanspruchung kann in bestimmten Fällen – insbesondere bei offenen Profilen – die kritische Last für Drillknicken oder Biegedrillknicken kleiner sein als die kritische Last für Biegeknicken.

Dieses Nachweisverfahren schließt auch prismatisch Stäbe ein, deren Lagerungsbedingungen an beiden Enden folgende Mindestvoraussetzungen erfüllen [9]:

- Seitliche Bewegung behindert
- Verdrehung um Längsachse behindert

Mit der ideellen kritische Last N_{cr} kann der bezogene Schlankheitsgrad für Drill- und Biegedrillknicken ermittelt werden. Damit wiederum wird der Stabilitätsfaktor φ berechnet. Auf diese Weise ist es möglich, den Stabilitätsnachweis nach [1] Abschnitt 5.1.2 zu führen. Dieses Verfahren steht auch für die Bemessung unsymmetrischer Querschnitte sowie von Voutenstäben und Stabsätzen zur Verfügung.

4.2 Nachweise querschnittsweise

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A Stab Nr.	B Stelle z [m]	C Belastung	D Nachweis Ausnutzung	E	F Nachweis nach Gleichung
1	H HW 492x465 GB/T 11263-2010					
	10	0.000	LK34	0.02 ≤ 1	101)	Querschnittsnachweis - Zug oder Druck nach 5.1.1
	10	0.000	LK34	0.05 ≤ 1	121)	Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse y nach 4.1.2
	6	0.000	LK20	0.01 ≤ 1	123)	Querschnittsnachweis - Querkraft nach 4.1.2
	1	0.000	LK12	0.00 ≤ 1	126)	Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.3 - Querkraft in Achse y
	17	6.000	LK34	0.04 ≤ 1	132)	Querschnittsnachweis - Torsion und Querkraft in Achse y
	6	6.000	LK34	0.04 ≤ 1	142)	Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x und Querkraft nach 4.1.1 und 4.1.2
	6	4.286	LK34	0.04 ≤ 1	162)	Querschnittsnachweis - Doppelbiegung und Querkraft nach 4.1.1 und 4.1.2
	10	6.000	LK34	0.19 ≤ 1	172)	Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, Quer- und Normalkraft nach 5.2.1
	1	3.429	LK20	0.02 ≤ 1	182)	Querschnittsnachweis - Biegung um Achse y, Quer- und Normalkraft nach 5.2.1

Max: 0.92 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 10 - x: 0.000 m - LK34

- Materialwerte - Baustahl Q235 | GB 50017-2003:2003-12
- Querschnittswerte - H HW 492x465 | GB/T 11263-2010
- Bemessungsquerschnittsgrößen
- Lokale Stabilität unter Druck und Biegung
 - Gesamtstabilitätsparameter des Stabes

- Knicklänge	l_{0x}	6.000	m	
- Knicklänge	l_{0y}	6.000	m	
- Trägheitsradius	i_x	213.0	mm	
- Trägheitsradius	i_y	113.9	mm	
- Schlankheitsgrad	λ_x	30.000		
- Schlankheitsgrad	λ_y	52.655		
- Maximaler Schlankheitsgrad	λ_{max}	52.655		
 - Flansch

- Streckgrenze	$f_{y,f}$	235.0	MPa	3.4.1
- Materialbeiwert	ϵ_f	1.000		
- Knicklänge	$b_{0,f}$	203.0	mm	
- Dicke	t_f	20.0	mm	
- Schlankheitsverhältnis	$b_{0,f}/t_f$	10.150		5.4.1
- Max. Schlankheitsverhältnis	max. $b_{0,f}/t_f$	15.265		5.4.1
 - Steg

- Streckgrenze	$f_{y,w}$	235.0	MPa	3.4.1
- Materialbeiwert	ϵ_w	1.000		

Bild 4.4: Maske 2.2 Nachweise querschnittsweise mit Zwischenwerten für lokale Stabilität

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 z [m]	Belastung	Nachweis Ausnutzung		Nachweis nach Gleichung
3	Obergut (Stab Nr. 19-24)					
	19	0.000	LK12	0.00	≤ 1	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.3 - Querkraft in Achse y
	22	1.632	LK34	0.01	≤ 1	131) Querschnittsnachweis - Torsion
	20	0.000	LK34	0.15	≤ 1	132) Querschnittsnachweis - Torsion und Querkraft in Achse y
	19	1.794	LK34	0.50	≤ 1	172) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, Quer- und Normalkraft nach 5.2.1
	22	3.399	LK40	0.21	≤ 1	192) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Normalkraft nach 5.2.1
	20	0.000	LK34	0.81	≤ 1	331) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach 5.2.2 oder 9.2.4
	20	2.295	LK40	0.79	≤ 1	341) Stabilitätsnachweis - Doppelbiegung und Druck nach 5.2.5
	19	1.794	LK34	0.53	≤ 1	348) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach 6.1.3 und 6.1.4, CECS102-2002 - Voutenstab
	19	0.000	LK125	0.00	≤ 1	400) Gebrauchstauglichkeit - Keine oder sehr kleine Verformungen

Max: 0.92 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 19 - x: 0.000 m - LK12

Materialwerte - Baustahl Q235 | GB 50017-2003:2003-12

Querschnittswerte - H HM 440x300 | GB/T 11263-2010

Bemessungsschnittgrößen

Normalkraft	N	-51.06	kN
Querkraft	V _x	-0.02	kN
Querkraft	V _y	56.02	kN
Torsionsmoment	M _t	-0.01	kNm
Moment	M _x	-177.20	kNm
Moment	M _y	-0.01	kNm

Lokale Stabilität unter Druck und Biegung

Nachweis

Charakteristische Streckgrenze des Stegs	f _{y,w}	235.0	MPa	3.4.1
Materialbeiwert	ε	1.000		
Steghöhe	h ₀	378.0	mm	
Stegdicke	t _w	11.0	mm	
Schlankheitsverhältnis des Stegs	h ₀ /t _w	34.364		4.3
Max. Schlankheitsverhältnis des Stegs	h ₀ /t _w	80.000		4.3
Nachweis	η	34.36	≤ 80ε	4.3

Bild 4.5: Maske 2.3 Nachweise stabsatzweise

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

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

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

4.4 Nachweise stabweise

2.4 Nachweise stabweise

Stab Nr.	A Stelle z [m]	B Belastung	C Nachweis Ausnutzung	D	E Nachweis nach Gleichung
11	Querschnitt Nr. 3 - H HM 440x300 GB/T 11263-2010 ... 2 - H HM 340x250 GB/T 11263-2010				
	0.000	LK12	0.00 ≤ 1	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.3 - Querkraft in Achse y	
	1.794	LK34	0.11 ≤ 1	132) Querschnittsnachweis - Torsion und Querkraft in Achse y	
	1.794	LK34	0.35 ≤ 1	172) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, Quer- und Normalkraft nach 5.2.1	
	1.794	LK34	0.37 ≤ 1	348) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach 6.1.3 und 6.1.4, CECS102-2002 - Voutenstab	
12	Querschnitt Nr. 2 - H HM 340x250 GB/T 11263-2010				
	0.000	LK12	0.00 ≤ 1	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.3 - Querkraft in Achse y	
	0.000	LK34	0.12 ≤ 1	132) Querschnittsnachweis - Torsion und Querkraft in Achse y	
	0.000	LK34	0.33 ≤ 1	172) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, Quer- und Normalkraft nach 5.2.1	

Max: 0.92 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 11 - x: 1.794 m - LK34

- Materialwerte - Baustahl Q235 | GB 50017-2003;2003-12
- Querschnittswerte - H HM 340x250 | GB/T 11263-2010
- Bemessungsschnittgrößen
- Lokale Stabilität unter Druck und Biegung
- Nachweis

Max. Normalkraft	N ₀	61.10	kN	
Moment	M _x	86.29	kNm	
Max. Moment des Voutenstabs	M ₁	163.98	kNm	
Charakteristische Werte der Festigkeit	f _y	235.0	MPa	3.4.1
Bemessungswert der Stahfestigkeit	f	205.0	MPa	3.4.1
Elastizitätsmodul	E	206000.0	MPa	Tab. 3.4.3
Trägertyp	TT	Träger		
Anhang für BGDK-Beiwert	Anhang	B.1		
Belastungstyp	BT	nicht spezif.		
Seitliche Stützung	SE	keine Zwisch.		
Fläche des kleineren Querschnittes	A _{e0}	99.53	cm ²	
Druckflanschfläche	A _f	35.00	cm ²	
Druckflanschdicke	t ₀	14.0	mm	
Höhe des kleineren Querschnittes	h _{0e}	340.0	mm	
Höhe des größeren Querschnittes	h _{1e}	440.0	mm	
Trägheitsradius	i _{x,e0}	145.9	mm	
Trägheitsradius	i _{y,e0}	60.6	mm	

Bild 4.6: 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 35 erläutert.

4.5 Nachweise z-stellenweise

2.5 Nachweise z-stellenweise

Stab Nr.	A Stelle z [m]	B Belastung	C Nachweis Ausnutzung	D	E Nachweis nach Gleichung
	1.794	LK34	0.50 ≤ 1	172) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, Quer- und Normalkraft nach 5.2.1	
	1.794	LK34	0.53 ≤ 1	348) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach 6.1.3 und 6.1.4, CECS102-2002 - Voutenstab	
	1.794	LK157	0.02 ≤ 1	406) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination 'Charakteristisch' - x-Richtung	
20	Querschnitt Nr. 2 - H HM 340x250 GB/T 11263-2010				
	0.000	LK12	0.00 ≤ 1	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.3 - Querkraft in Achse y	
	0.000	LK34	0.15 ≤ 1	132) Querschnittsnachweis - Torsion und Querkraft in Achse y	
	0.000	LK34	0.48 ≤ 1	172) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, Quer- und Normalkraft nach 5.2.1	
	0.000	LK34	0.81 ≤ 1	331) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach 5.2.2 oder 9.2.4	
	0.000	LK157	0.02 ≤ 1	406) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination 'Charakteristisch' - x-Richtung	

Max: 0.92 ≤ 1

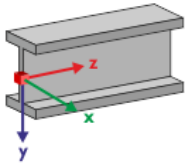
Zwischenwerte - Stab 19 - x: 1.794 m - LK157

- Materialwerte - Baustahl Q235 | GB 50017-2003;2003-12
- Querschnittswerte - H HM 340x250 | GB/T 11263-2010
- Durchbiegungen

Richtung z	w _z	-26.7	mm	
Richtung x	w _x	-3.4	mm	
Richtung y	w _y	-8.2	mm	
- Nachweis

Durchbiegung	v _{T,x}	-0.7	mm	
Bezugslänge	l	9.952	m	
Grenzwertkriterium	max. l / v _{T,x}	300.00		Tab. A.1.1
Grenzwert der Verformung	max. v _{T,x}	33.2	mm	Tab. A.1.1
Nachweis	η	0.02	≤ 1	Tab. A.1.1

Bild 4.7: Maske 2.5 Nachweise z-stellenweise



Diese Ergebnismaske listet die Maxima für jeden Stab an sämtlichen Stellen **z** 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 z [m]	B Belastung	D Kräfte [kN]			F Momente [kNm]			I Nachweis nach Gleichung
			N	V _x	V _y	M _t	M _x	M _y	
1 Querschnitt Nr. 1 - H HW 492x465 GB/T 11263-2010									
	0.000	LK40	-70.69	-1.93	-11.23	0.01	0.00	0.00	101) Querschnittsnachweis - Zug oder Druck nach 5.1.1
	0.000	LK34	-55.65	2.65	-13.28	-0.03	0.00	0.00	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse y nach 4.1.2
	0.000	LK12	-46.81	-3.96	3.20	-0.01	0.00	0.00	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.3 - Querkraft
	6.000	LK40	-41.43	1.92	-4.98	0.04	-48.63	0.02	132) Querschnittsnachweis - Torsion und Querkraft in Achse y
	6.000	LK34	-22.73	-2.65	-5.38	-0.03	-55.97	-0.02	172) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, Quer- und N
	3.429	LK20	-25.27	0.50	0.59	-0.01	-2.09	5.21	182) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse y, Quer- und N
	5.143	LK34	-27.43	-1.89	-6.51	-0.03	-50.85	-1.96	192) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Norma
	0.000	LK40	-70.69	-1.93	-11.23	0.01	0.00	0.00	302) Stabilitätsnachweis - Biegeknicken um Achse x nach 5.1.1
	0.000	LK40	-70.69	-1.93	-11.23	0.01	0.00	0.00	306) Stabilitätsnachweis - Biegeknicken um Achse y nach 5.1.1
	0.000	LK40	-70.69	-1.93	-11.23	0.01	0.00	0.00	311) Stabilitätsnachweis - Drillknicken (Doppelsymmetrischer G
	6.000	LK34	-22.73	-2.65	-5.38	-0.03	-55.97	-0.02	321) Stabilitätsnachweis - Biegedrillknicken nach 4.2
	5.143	LK34	-27.43	-1.89	-6.51	-0.03	-50.85	-1.96	326) Stabilitätsnachweis - Doppelbiegung nach 4.2
	0.857	LK40	-66.51	-1.38	-10.34	0.01	-9.22	1.41	341) Stabilitätsnachweis - Doppelbiegung und Druck nach 5.2
2 Querschnitt Nr. 6 - H HW 300x300 GB/T 11263-2010									
	4.037	LK34	16.35	0.05	4.50	0.01	-0.31	-0.19	101) Querschnittsnachweis - Zug oder Druck nach 5.1.1
	1.550	LK12	-2.27	-0.10	0.17	0.01	10.08	0.19	111) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x nach 4.1.1
	0.000	LK12	13.49	-0.10	6.57	0.01	4.86	0.04	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.3 - Querkraft
	0.000	LK34	19.59	0.05	20.48	-0.02	-50.75	0.01	132) Querschnittsnachweis - Torsion und Querkraft in Achse y
	0.807	LK12	12.85	-0.10	3.23	0.01	8.82	0.12	142) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x und Querkraft
	4.844	LK12	10.34	-0.11	-13.42	0.01	-11.75	0.51	162) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung und Querkraft nach
	0.000	LK34	19.59	0.05	20.48	-0.02	-50.75	0.01	172) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, Quer- und N
	1.550	LK40	17.57	-0.22	12.47	0.02	-20.21	0.37	192) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Norma
	0.000	LK34	19.59	0.05	20.48	-0.02	-50.75	0.01	321) Stabilitätsnachweis - Biegedrillknicken nach 4.2
	1.550	LK40	17.57	-0.22	12.47	0.02	-20.21	0.37	326) Stabilitätsnachweis - Doppelbiegung nach 4.2
3 Querschnitt Nr. 6 - H HW 300x300 GB/T 11263-2010									
	0.000	LK12	26.93	0.12	10.97	0.01	-11.75	0.51	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.3 - Querkraft
	5.099	LK34	23.25	-0.07	-11.62	0.01	-7.52	-0.07	132) Querschnittsnachweis - Torsion und Querkraft in Achse y
	1.700	LK34	20.65	-0.03	1.38	0.02	9.88	-0.18	172) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, Quer- und N
	0.000	LK12	26.93	0.12	10.97	0.01	-11.75	0.51	192) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Norma
	1.700	LK34	20.65	-0.03	1.38	0.02	9.88	-0.18	321) Stabilitätsnachweis - Biegedrillknicken nach 4.2
	0.000	LK12	26.93	0.12	10.97	0.01	-11.75	0.51	326) Stabilitätsnachweis - Doppelbiegung nach 4.2

Bild 4.8: Maske 3.1 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

Stelle z

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

Lastfall

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

Kräfte / Momente

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

Bemessung nach Gleichung

Die letzte Spalte gibt Auskunft über die Nachweisarten und Gleichungen, mit denen die Nachweise nach GB 50017-2003 geführt wurden.

4.7 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

3.2 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

Stabsatz Nr.	A Stelle z [m]	B Belastung	C Kräfte [kN]			F Momente [kNm]			I Nachweis nach Gleichung
			N	V _x	V _y	M _t	M _x	M _y	
3 Obergurt (Stab Nr. 19-24)									
	0.000	LK12	-51.06	-0.02	56.02	-0.01	-177.20	-0.01	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.3 - Querkraft
	1.632	LK34	-34.17	0.02	-0.10	-0.02	65.42	-0.13	131) Querschnittsnachweis - Torsion
	0.000	LK34	-43.78	0.04	47.71	-0.06	-128.56	0.02	132) Querschnittsnachweis - Torsion und Querkraft in Achse y
	1.794	LK34	-44.96	0.04	46.60	-0.06	-128.56	0.02	172) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, Quer- und N
	3.399	LK40	-34.28	-0.05	-9.83	0.01	54.64	0.23	192) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Norma
	0.000	LK34	-43.78	0.04	47.71	-0.06	-128.56	0.02	331) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach
	2.295	LK40	-38.73	-0.08	32.88	0.02	-36.05	0.22	341) Stabilitätsnachweis - Doppelbiegung und Druck nach 5.2.
	1.794	LK34	-44.96	0.04	46.60	-0.06	-128.56	0.02	348) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach
	0.000	LK125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	400) Gebrauchstauglichkeit - Keine oder sehr kleine Verformun
	5.099	LK139	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	406) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination Charakt
4 Obergurt (Stab Nr. 27-32)									
	1.530	LK40	-37.54	0.07	-27.91	0.00	-0.47	0.17	101) Querschnittsnachweis - Zug oder Druck nach 5.1.1
	1.530	LK40	-37.54	0.07	-27.91	0.00	-0.47	0.17	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse y nach 4.1.2
	0.000	LK12	-50.96	0.00	55.95	0.00	-176.72	0.00	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.3 - Querkraft
	5.099	LK40	-32.17	0.05	-0.58	-0.02	53.96	0.11	131) Querschnittsnachweis - Torsion
	0.000	LK40	-41.61	-0.08	46.72	0.09	-135.24	0.01	132) Querschnittsnachweis - Torsion und Querkraft in Achse y
	1.794	LK40	-42.76	-0.08	45.67	0.09	-135.25	0.01	172) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, Quer- und N
	2.550	LK40	-32.99	-0.04	-3.62	0.02	63.61	0.19	192) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Norma
	1.530	LK40	-37.54	0.07	-27.91	0.00	-0.47	0.17	306) Stabilitätsnachweis - Biegeknicken um Achse y nach 5.1.1
	1.530	LK40	-37.54	0.07	-27.91	0.00	-0.47	0.17	311) Stabilitätsnachweis - Drillknicken (Doppelsymmetrischer G
	0.000	LK40	-41.61	-0.08	46.72	0.09	-135.24	0.01	331) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach
	3.059	LK40	-37.85	-0.07	29.54	0.01	-18.38	0.22	341) Stabilitätsnachweis - Doppelbiegung und Druck nach 5.2.
	1.794	LK40	-42.76	-0.08	45.67	0.09	-135.25	0.01	348) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach
7 Obergurt (Stab Nr. 51-54)									
	1.615	LK12	-5.04	-0.08	0.32	0.01	0.23	-0.27	100) Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen
	0.850	LK20	37.02	0.11	6.51	0.01	0.04	-0.06	101) Querschnittsnachweis - Zug oder Druck nach 5.1.1
	4.037	LK34	0.66	-0.18	-0.14	0.01	17.62	-0.20	111) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x nach 4.1.1
	4.249	LK34	36.55	-0.16	-7.25	-0.01	0.37	-0.11	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse y nach 4.1.2
	0.000	LK12	-3.49	0.10	6.57	-0.01	4.86	-0.04	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.3 - Querkraft
	1.700	LK40	13.40	0.10	-0.24	-0.02	14.33	0.43	131) Querschnittsnachweis - Torsion
	0.000	LK40	-13.46	-0.13	27.33	0.06	-79.46	-0.01	132) Querschnittsnachweis - Torsion und Querkraft in Achse y

Bild 4.9: 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	B	C	D		E	F	G		H	I
	Unter Spannung	Länge L [m]	k_x []	Starke Achse x		λ_x []	k_y []	Schwache Achse y		λ_y []	
				i_x [mm]				i_y [mm]			
1	Druck / Biegung	6.000	1.000	213.0		28.175	1.000	113.9		52.655	
2	Druck / Biegung	4.844	1.000	130.6		37.102	1.000	75.5		64.183	
3	Druck / Biegung	5.099	1.000	130.6		39.054	1.000	75.5		67.561	
4	Druck / Biegung	5.099	1.000	130.6		39.054	1.000	75.5		67.561	
5	Druck / Biegung	4.844	1.000	130.6		37.102	1.000	75.5		64.183	
6	Druck / Biegung	6.000	1.000	213.0		28.175	1.000	113.9		52.655	
7	Druck / Biegung	7.000	1.000	86.2		81.211	1.000	50.2		139.485	
8	Druck / Biegung	8.000	1.000	86.2		92.813	1.000	50.2		159.411	
9	Druck / Biegung	7.000	1.000	86.2		81.211	1.000	50.2		139.485	
10	Druck / Biegung	6.000	1.000	213.0		28.175	1.000	113.9		52.655	
11	Druck / Biegung	1.794	1.000	145.9		12.294	1.000	60.6		29.628	
12	Druck / Biegung	3.059	1.000	145.9		20.963	1.000	60.6		50.521	
13	Druck / Biegung	5.099	1.000	145.9		34.938	1.000	60.6		84.201	
14	Druck / Biegung	5.099	1.000	145.9		34.938	1.000	60.6		84.201	
15	Druck / Biegung	3.059	1.000	145.9		20.963	1.000	60.6		50.521	
16	Druck / Biegung	1.794	1.000	145.9		12.294	1.000	60.6		29.628	
17	Druck / Biegung	6.000	1.000	213.0		28.175	1.000	113.9		52.655	
56	Druck / Biegung	7.000	1.000	86.2		81.211	1.000	50.2		139.485	
59	Druck / Biegung	5.000	1.000	30.3		165.259	1.000	30.3		165.259	
65	Druck / Biegung	5.000	1.000	30.3		165.259	1.000	30.3		165.259	
71	Druck / Biegung	5.000	1.000	30.3		165.259	1.000	30.3		165.259	
77	Druck / Biegung	5.000	1.000	30.3		165.259	1.000	30.3		165.259	
83	Druck / Biegung	5.000	1.000	30.3		165.259	1.000	30.3		165.259	

Stäbe mit Druck / Biegung:
 Max λ_x : 165.259 ≤ 200 ✓
 Max λ_y : 165.259 ≤ 200 ✓

Bild 4.10: Maske 3.3 Stabschlankheiten

Details...

Diese Ergebnismaske wird angezeigt, wenn im Dialog *Details*, Register *Allgemein* das entsprechende Häkchen gesetzt ist (siehe Bild 3.6, Seite 31).

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 3.6, Seite 31).

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 - H HW 492x465 GB/T 11263-2010	4	6.00	24.00	66.63	0.62	202.53	1215.18	4.861
2	6 - H HW 300x300 GB/T 11263-2010	2	4.84	9.69	17.03	0.11	93.02	450.61	0.901
3	6 - H HW 300x300 GB/T 11263-2010	2	5.10	10.20	17.92	0.12	93.02	474.32	0.949
4	5 - H HW 200x200 GB/T 11263-2010	3	7.00	21.00	24.40	0.13	49.87	349.10	1.047
5	5 - H HW 200x200 GB/T 11263-2010	1	8.00	8.00	9.29	0.05	49.87	398.97	0.399
6	2 - H HM 340x250 GB/T 11263-2010 ... 3 -	2	1.79	3.59	6.59	0.05	99.47	178.47	0.357
7	2 - H HM 340x250 GB/T 11263-2010	2	3.06	6.12	10.03	0.06	78.13	239.04	0.478
8	2 - H HM 340x250 GB/T 11263-2010	2	5.10	10.20	16.72	0.10	78.13	398.39	0.797
9	7 - QRO 80x5 GB/T 6728-2002	5	5.00	25.00	7.68	0.04	11.27	56.35	0.282
10	8 - RD 25	4	7.81	31.24	2.45	0.02	3.85	30.10	0.120
11	8 - RD 25	8	7.14	57.13	4.49	0.03	3.85	27.53	0.220
Summe		35		206.16	183.24	1.33			10.411

Bild 4.11: 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 3.6, Seite 31).

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 2.11](#), [Seite 15](#)).

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	2	19.91	39.81	66.70	0.42	81.98	1631.80	3.264
2	Obergurt	1	19.89	19.89	34.95	0.24	93.02	1849.86	1.850
Summe		3		59.70	101.65	0.65			5.113

Bild 4.12: 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.

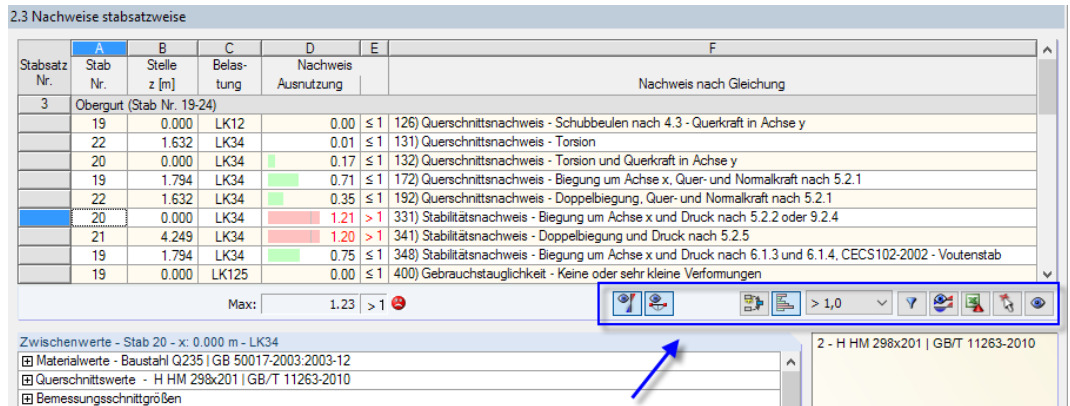


Bild 5.1: Schaltflächen zur Ergebnisauswertung

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 49
	Excel-Export	Exportiert die Tabelle nach MS Excel / OpenOffice → Kapitel 7.4.2, Seite 60
	Stabauswahl	Ermöglicht die grafische Auswahl eines Stabes, um dessen Ergebnisse in der Tabelle anzuzeigen
	Ansichtsmodus	Ermöglicht den Wechsel in das RFEM/RSTAB-Arbeitsfenster, 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 GB selektierte Stab wird in der Hintergrundgrafik farbig hervorgehoben. Ein Pfeil kennzeichnet auch die z-Stelle des Stabes, um die es sich in der aktuellen Tabellenzeile handelt.

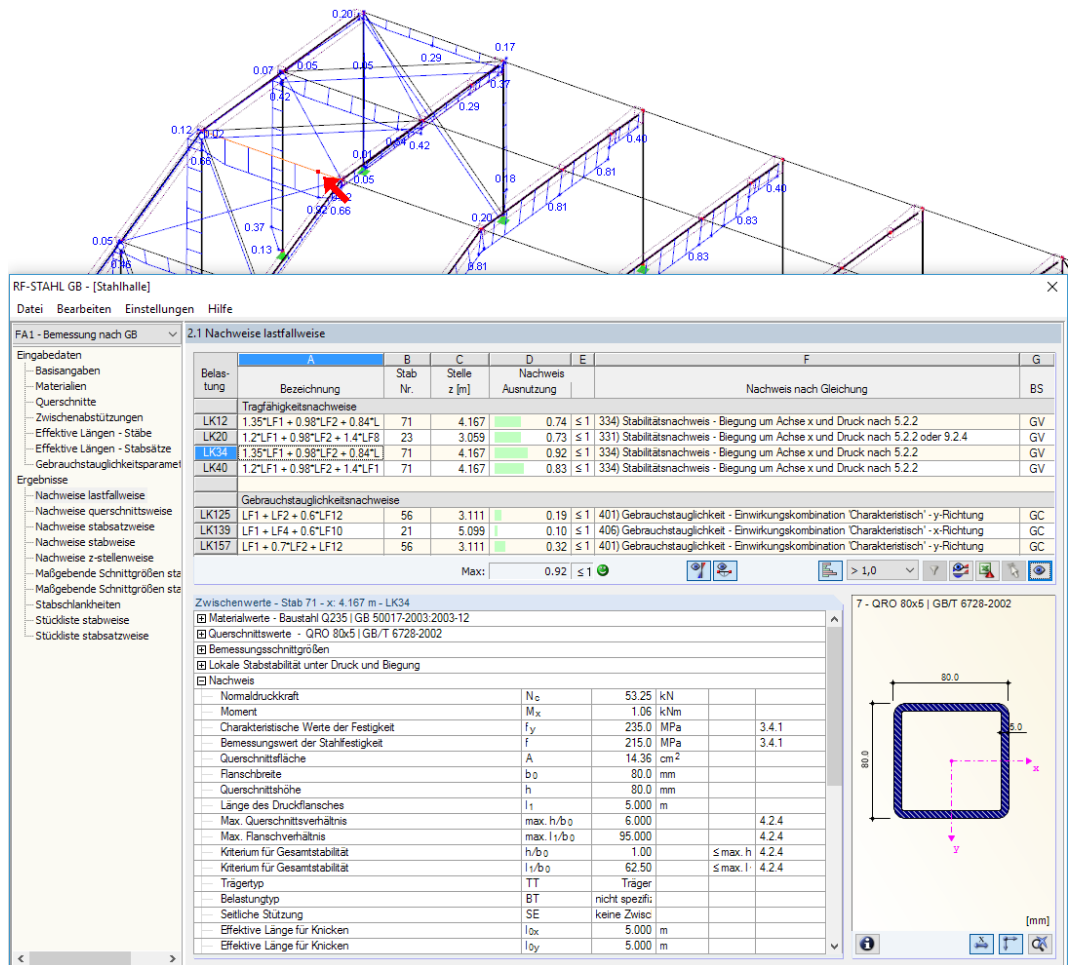


Bild 5.2: Kennzeichnung des Stabes und der aktuellen Stelle z im RFEM-Modell

Information

Sie befinden sich im Ansichtsmodus.

Zurück

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

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-, Gebrauchstauglichkeits- oder Brandbemessung grafisch dargestellt werden sollen. Ebenso lassen sich die Klassifizierungen der Querschnitte überprüfen.

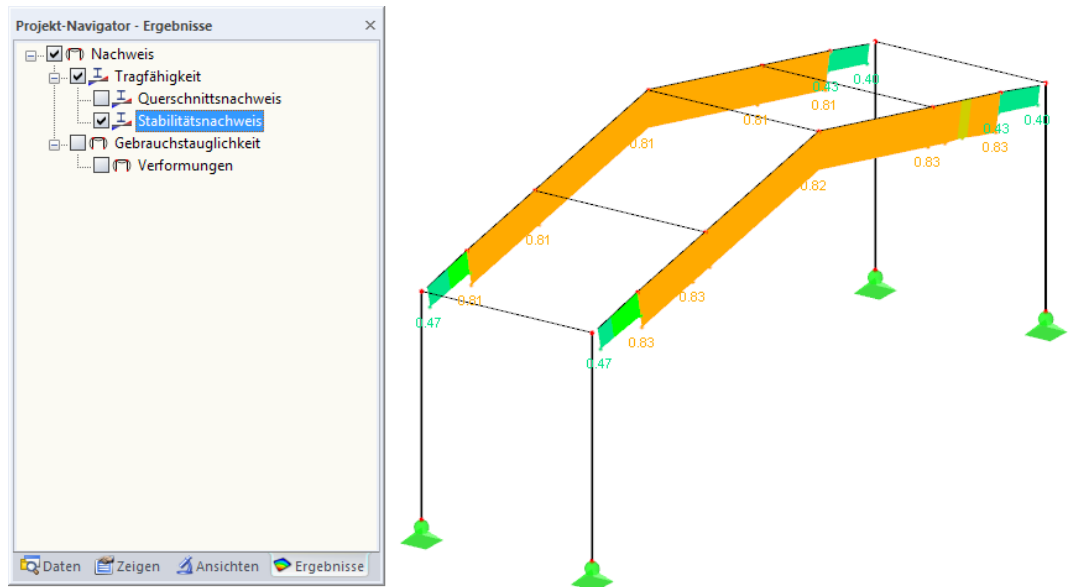


Bild 5.3: *Ergebnisse*-Navigator für RF-/STAHL GB



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

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

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

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

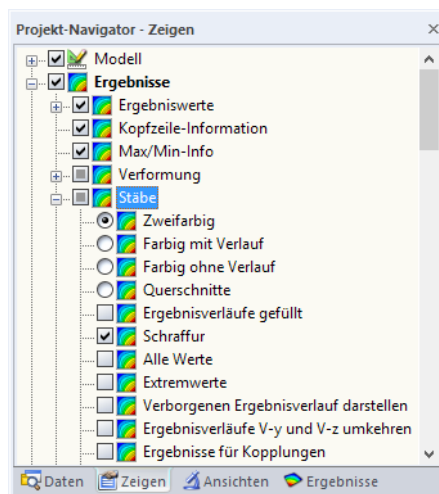
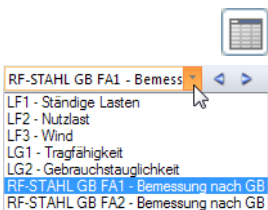


Bild 5.4: *Zeigen*-Navigator: *Ergebnisse* → *Stäbe*



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

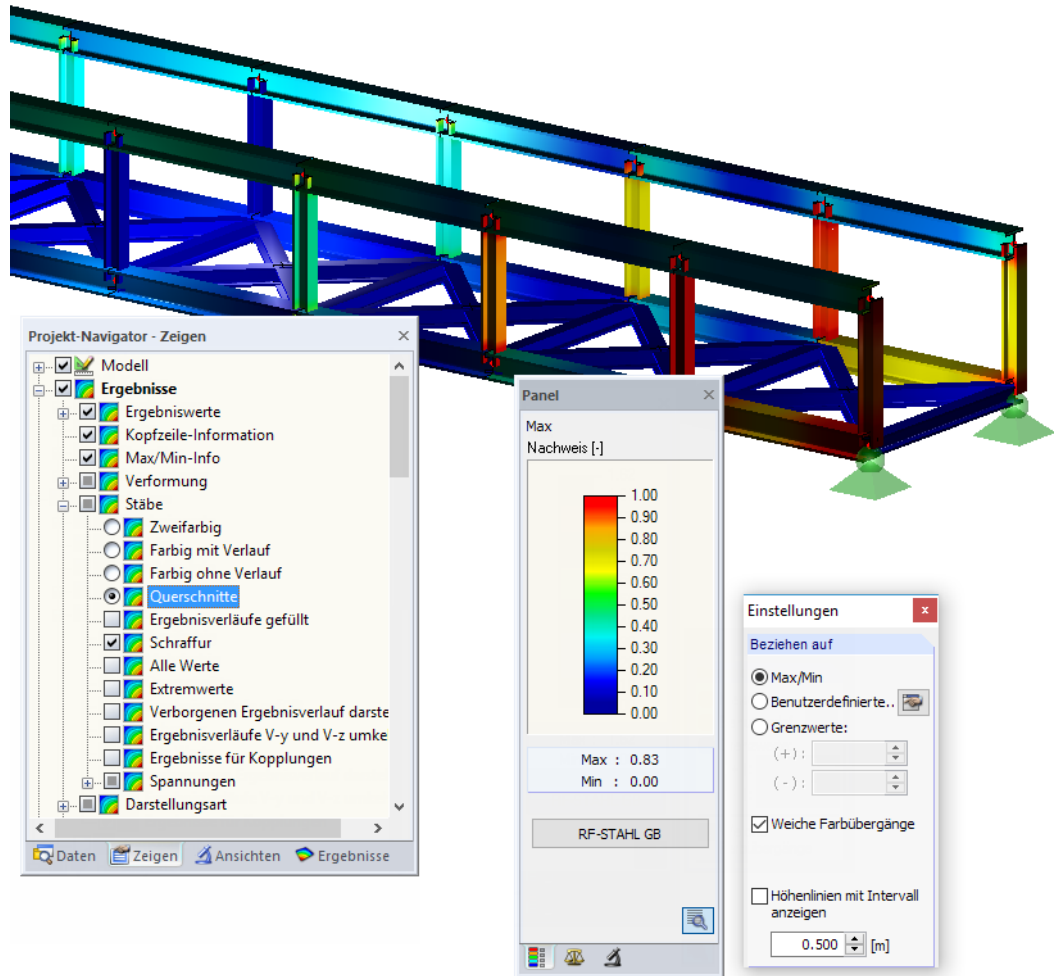


Bild 5.5: Ausnutzungsgrade mit Anzeigeoption *Querschnitte*

Die Grafiken der Bemessungsergebnisse können in das Ausdruckprotokoll übergeben werden (siehe [Kapitel 6.2, Seite 53](#)).

RF-STAHL GB

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

5.2 Ergebnisverläufe

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



Selektieren Sie den Stab (oder Stabsatz) in der RF-/STAHL GB-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 45).

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 angezeigt werden kann.

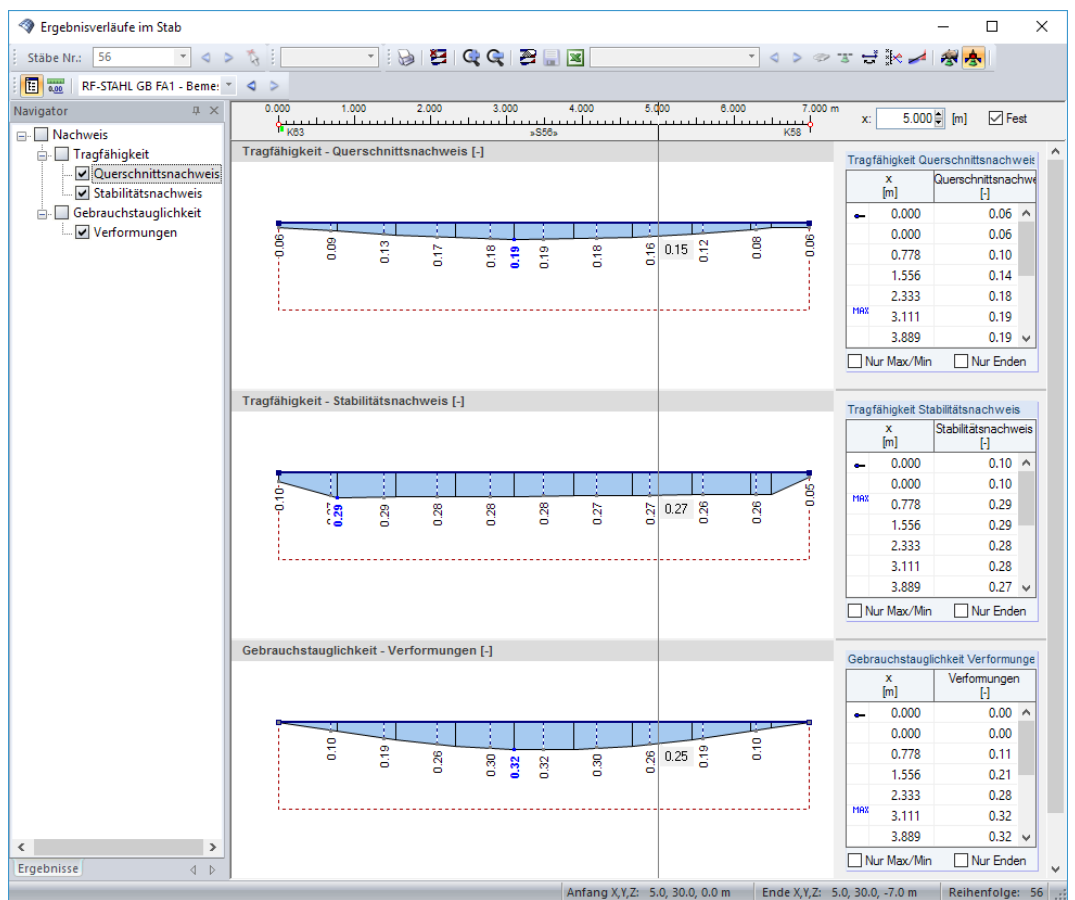
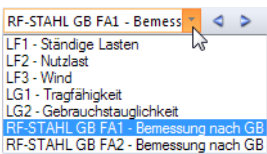


Bild 5.6: Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*

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 GB-Bemessungsfällen gewechselt werden.

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

5.3 Filter für Ergebnisse



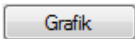
Die Gliederung der RF-/STAHL GB-Ergebnismasken bietet bereits eine Auswahl nach verschiedenen Kriterien. Zusätzlich bestehen Filtermöglichkeiten für die Tabellen (siehe Bild 5.1, Seite 45), um die numerische Ausgabe nach Ausnutzungen einzugrenzen. Diese Funktion ist auch in einem DLUBAL-Blog beschrieben: <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 GB 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.

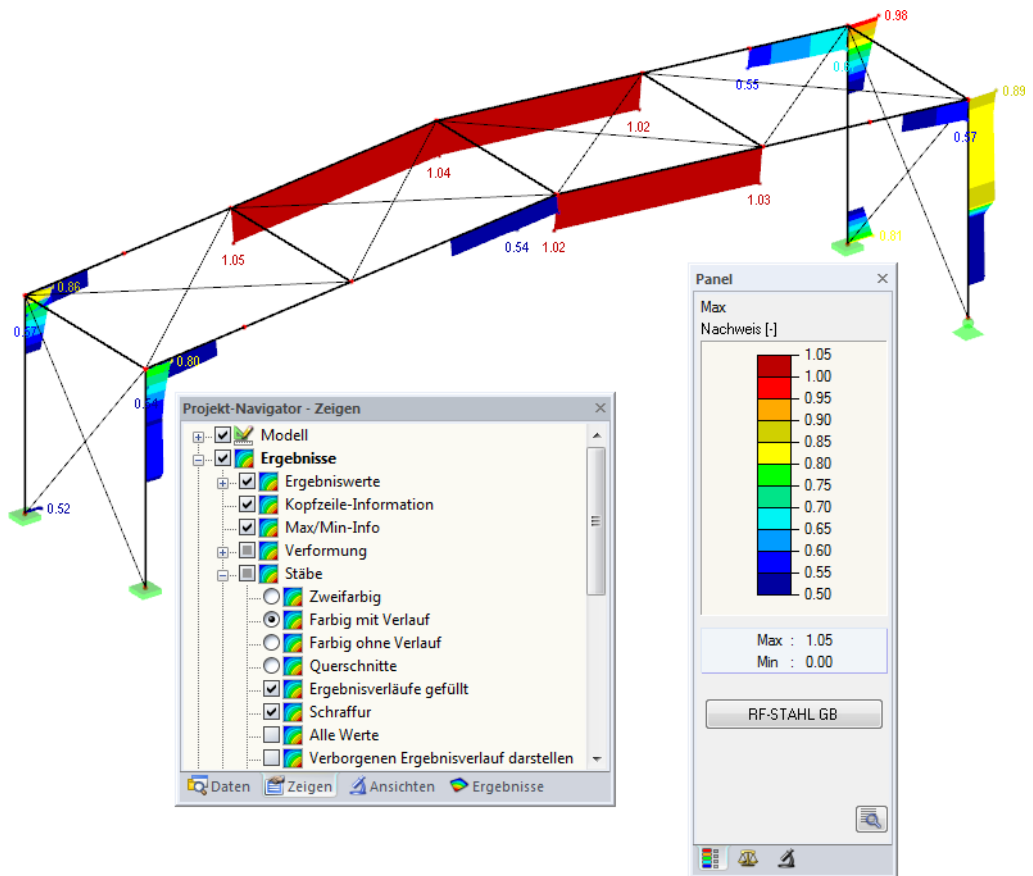


Bild 5.7: Filtern der Ausnutzungsgrade mit angepasster Farbskala

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.

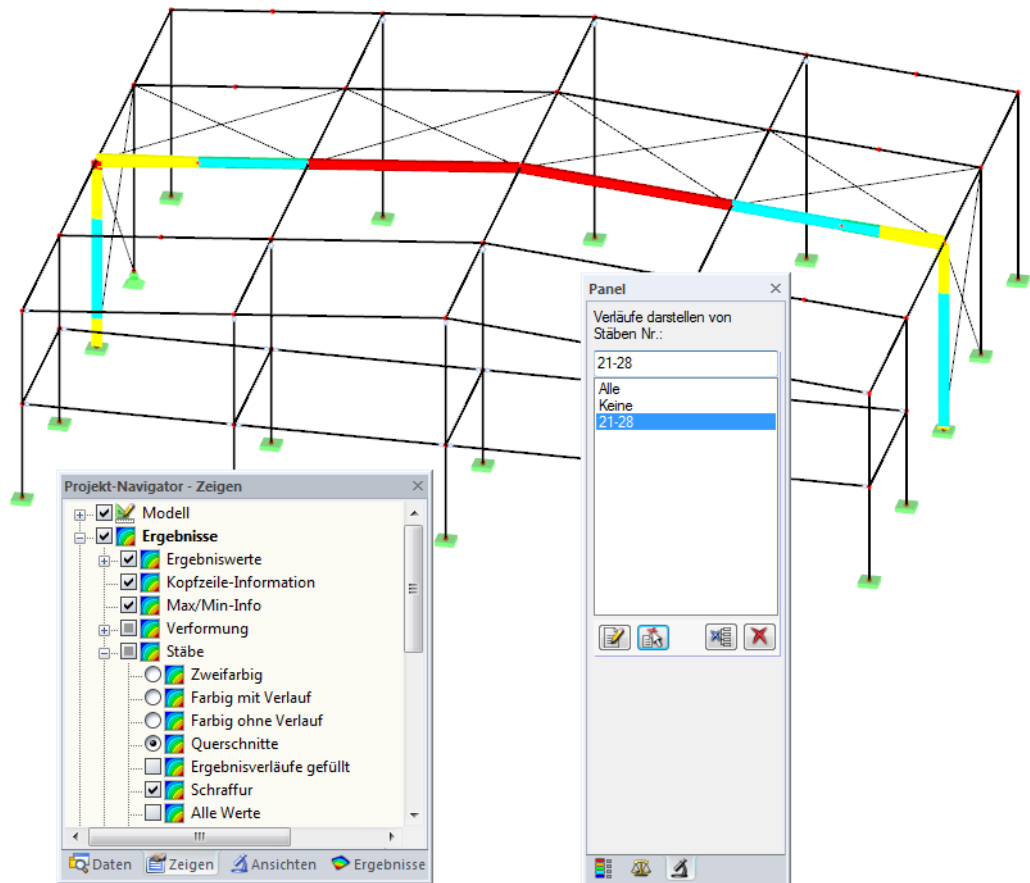


Bild 5.8: Stabfilter für Ausnutzungen eines Hallenrahmens

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 GB 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.

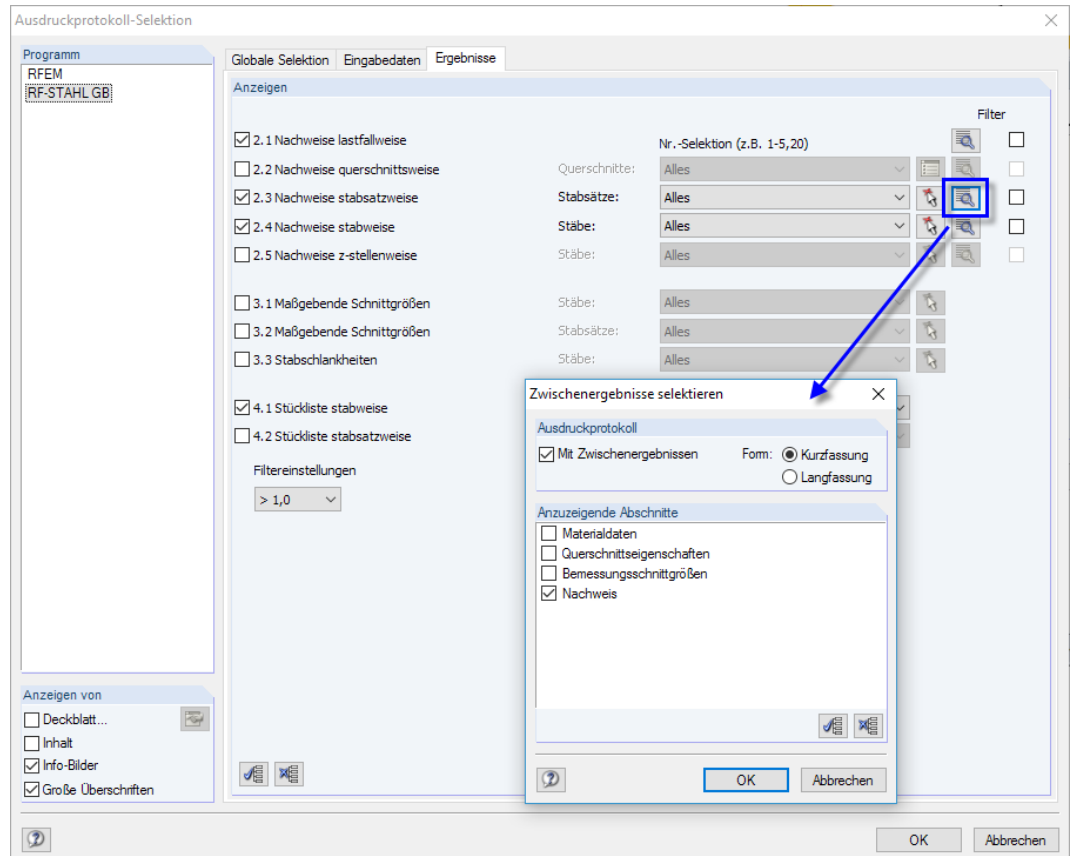


Bild 6.1: Selektion von Nachweisen und Zwischenergebnissen im Ausdruckprotokoll



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.

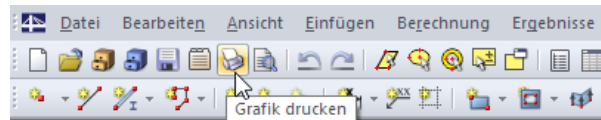


Bild 6.2: Schaltfläche *Grafik drucken* in RFEM-Symbolleiste

Ergebnisverläufe



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

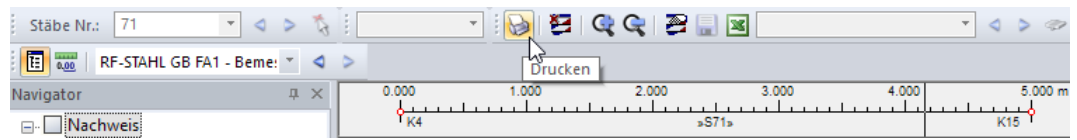


Bild 6.3: Schaltfläche *Drucken* im Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*

Es wird folgender Dialog angezeigt.

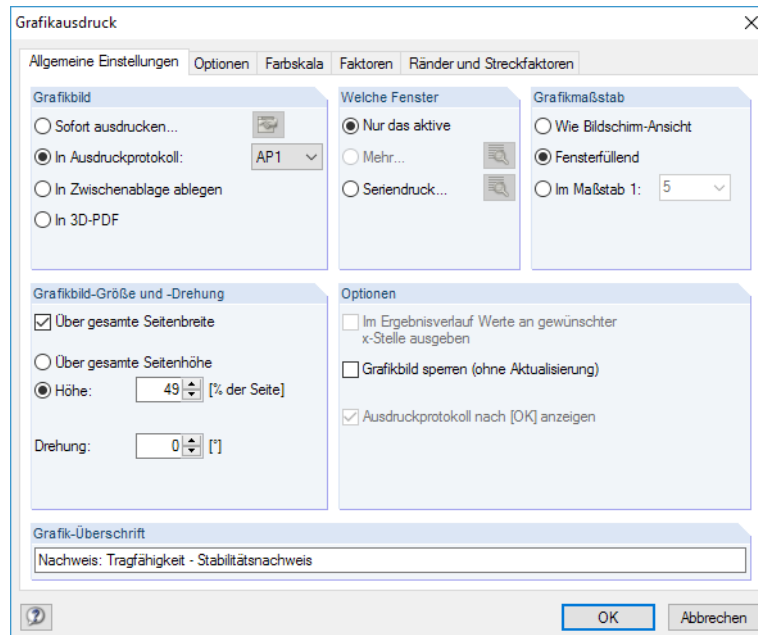


Bild 6.4: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Allgemeine Einstellungen*

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

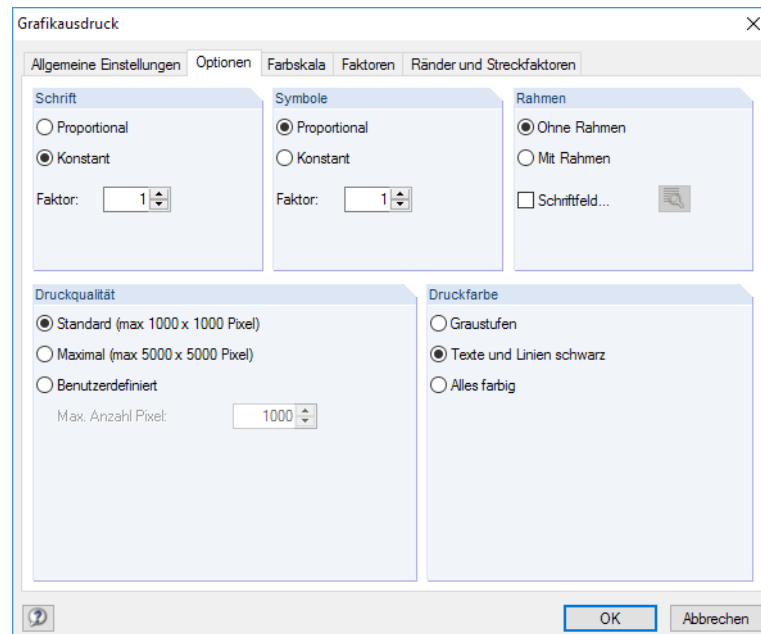
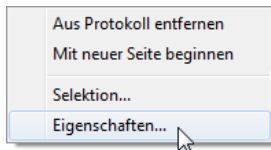


Bild 6.5: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Optionen*

7 Allgemeine Funktionen

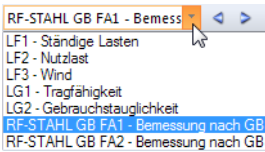
Dieses Kapitel beschreibt nützliche Menüfunktionen und stellt Exportmöglichkeiten für die Nachweise vor.

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 GB sind auch in RFEM bzw. RSTAB über die Lastfall-Liste der Symbolleiste zugänglich.



Neuen Bemessungsfall anlegen

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

Datei → Neuer Fall.

Es erscheint folgender Dialog.

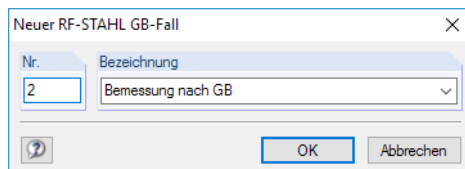


Bild 7.1: Dialog Neuer RF-STAHLE GB-Fall

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

Bemessungsfall umbenennen

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

Datei → Fall umbenennen.

Es erscheint folgender Dialog.

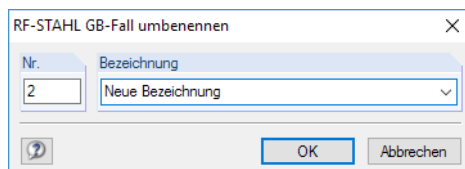


Bild 7.2: Dialog RF-STAHLE GB-Fall umbenennen

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 GB-Menü

Datei → **Fall kopieren**.

Es erscheint folgender Dialog.

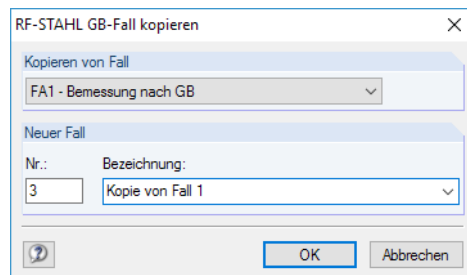


Bild 7.3: Dialog *RF-STAHl GB-Fall kopieren*

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

Bemessungsfall löschen

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

Datei → **Fall löschen**.

Es erscheint folgender Dialog.

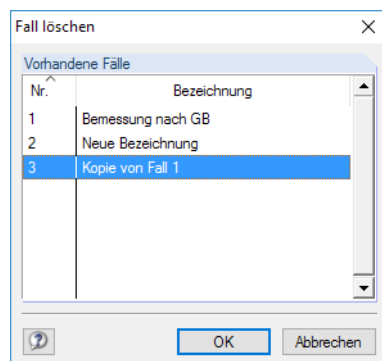
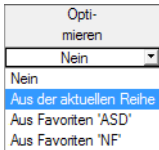


Bild 7.4: Dialog *Fall löschen*

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 2.8, Seite 12). In den Ergebnismasken kann die Optimierung über das Kontextmenü eingeleitet werden.

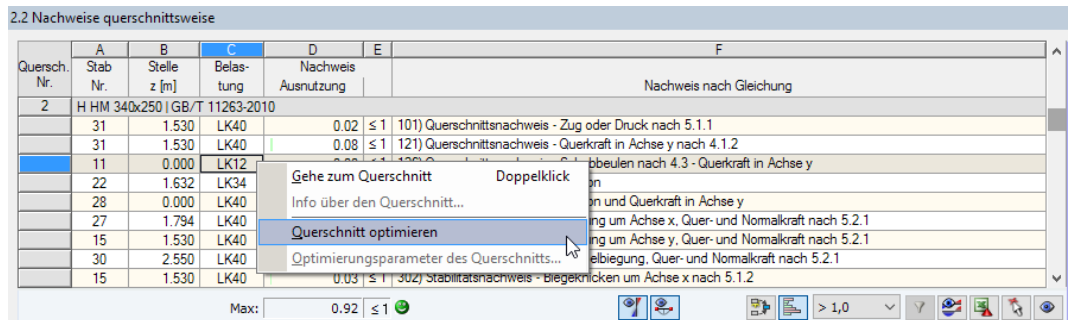
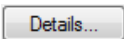


Bild 7.5: Kontextmenü zur Querschnittsoptimierung



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 3.6, Seite 31). 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).

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

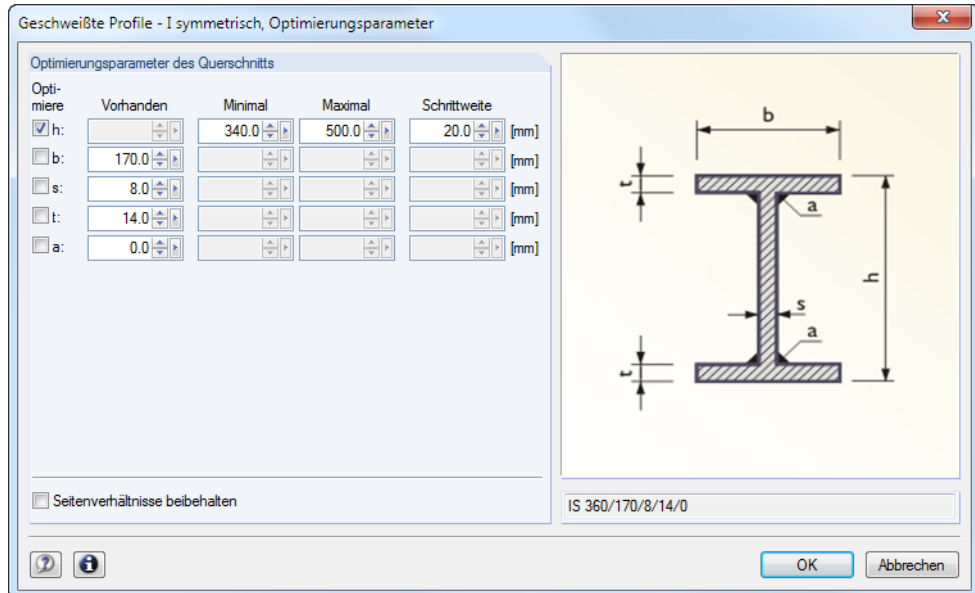


Bild 7.6: Dialog *Geschweißte Profile - I-symmetrisch, Optimierungsparameter*

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	H HW 492x465 GB/T 11	I-Profil gewalzt	0.19	Nein		
2	2	H HM 340x250 GB/T 11263-2010	I-Profil gewalzt	0.83	Nein	1)	
3	2	H HM 440x300 GB/T 11263-2010	I-Profil gewalzt				
5	2	H HW 200x200 GB/T 11263-2010	I-Profil gewalzt				
6	2	H HW 300x300 GB/T 11263-2010	I-Profil gewalzt				
7	2	QRO 80x5 GB/T 6728					
8	1	RD 25					

Querschnittswerte - H HM 340x250 GB/T 11263-2010	
Querschnittstyp	I-Profil gewalzt
Querschnittshöhe	h 340.0 mm
Querschnittsbreite	b 250.0 mm
Stegdicke	t _w 9.0 mm
Flanshdicke	t _f 14.0 mm
Ausrundungsradius	r 13.0 mm
Querschnittsfläche	A 99.53 cm ²
Wirksame Schubfläche	A _{v,x} 71.98 cm ²
Wirksame Schubfläche	A _{v,y} 34.43 cm ²
Flächenträgheitsmoment	I _x 21200.00 cm ⁴
Flächenträgheitsmoment	I _y 3650.00 cm ⁴
Torsionsträgheitsmoment	I _t 52.04 cm ⁴
Trägheitsradius	i _x 146.0 mm
Trägheitsradius	i _y 60.5 mm
Elastisches Widerstandsmoment	W _{el,x} 1250.00 cm ³
Elastisches Widerstandsmoment	W _{el,y} 292.00 cm ³
Plastisches Widerstandsmoment	W _{pl,x} 1382.23 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-STAHl GB
Hinweis Nr. 46663

Sollen die im Modul geänderten Querschnitte in RFEM übernommen werden?
Die Ergebnisse von RFEM und RF-STAHl GB 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 GB 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 GB voreingestellt.

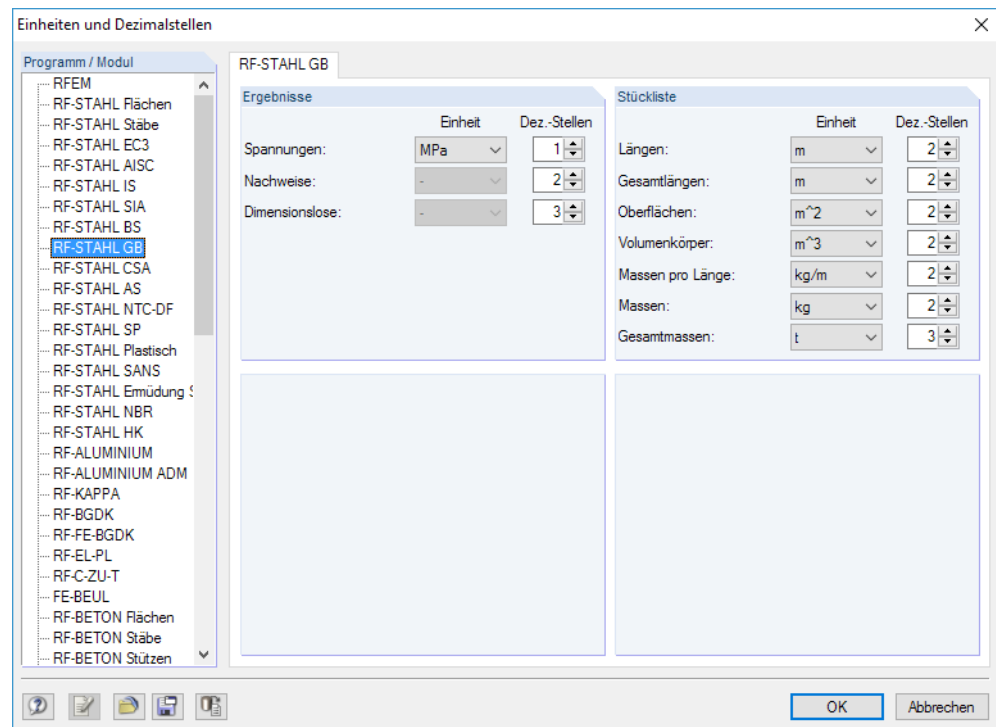


Bild 7.9: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*



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 GB 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.

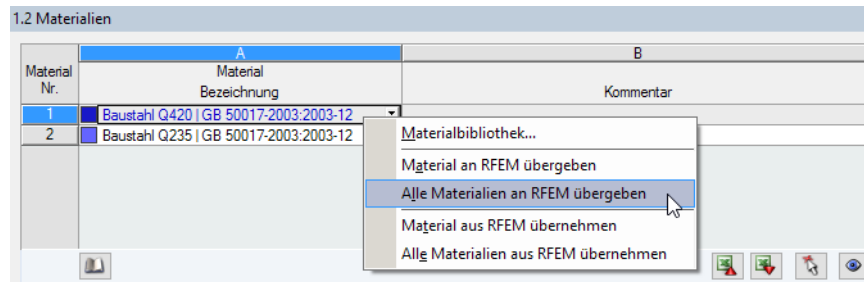


Bild 7.10: Kontextmenü der Maske *1.2 Materialien*

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 GB 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 GB 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 GB können in das Ausdruckprotokoll gedruckt (siehe Kapitel 6.1, Seite 52) 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 GB 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.

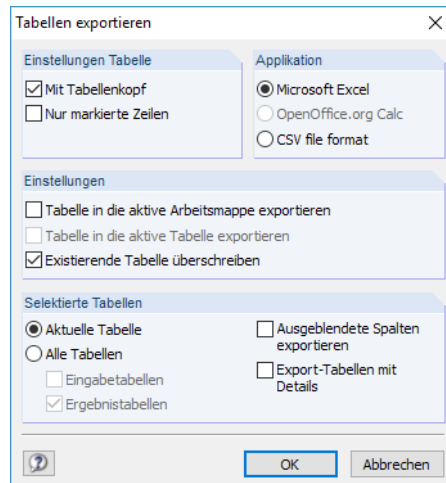


Bild 7.11: Dialog *Tabellen exportieren*

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.

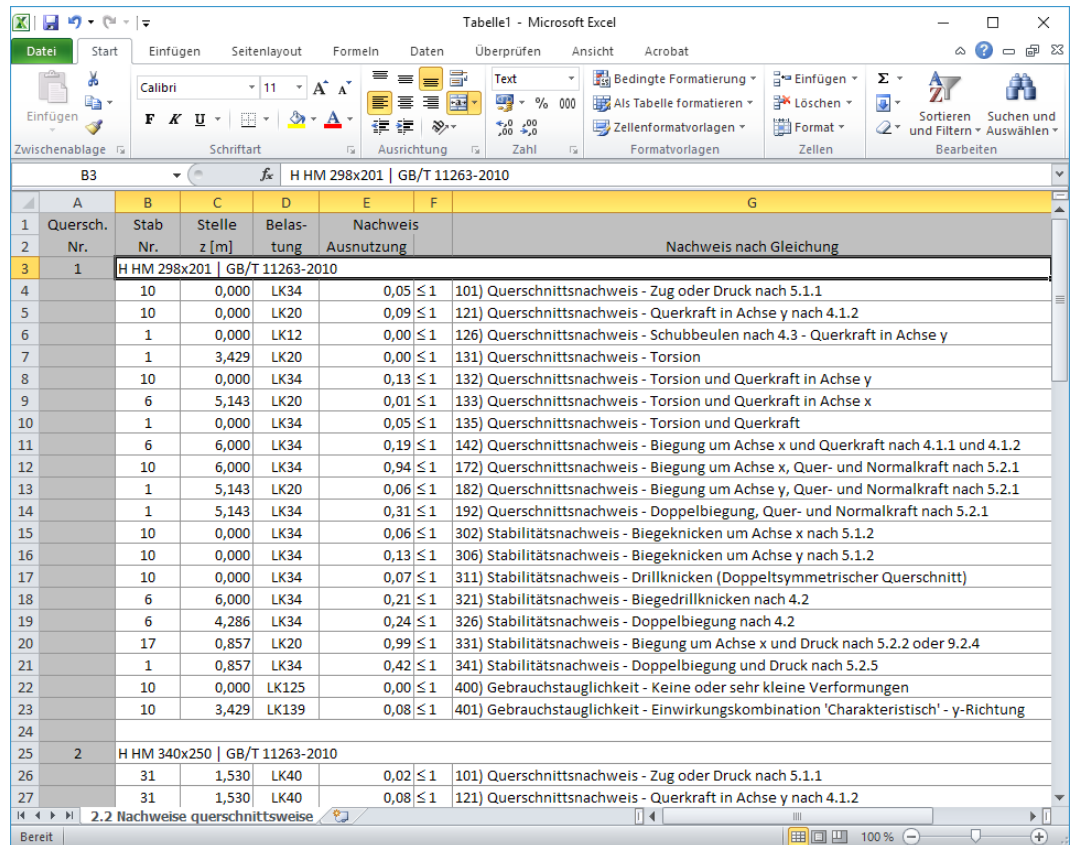


Bild 7.12: Ergebnis in Excel

8 Beispiel

Stütze mit Druck und Doppelbiegung

Für eine Stütze mit Druck und zweiachsiger Biegung werden der Tragsicherheitsnachweis und die maßgebenden Stabilitätsuntersuchungen im Hinblick auf Biegeknicken und Biegedrillknicken mit den Interaktionsbedingungen sowie der Gebrauchstauglichkeitsnachweis geführt.

8.1 Bemessungswerte

System und Belastung

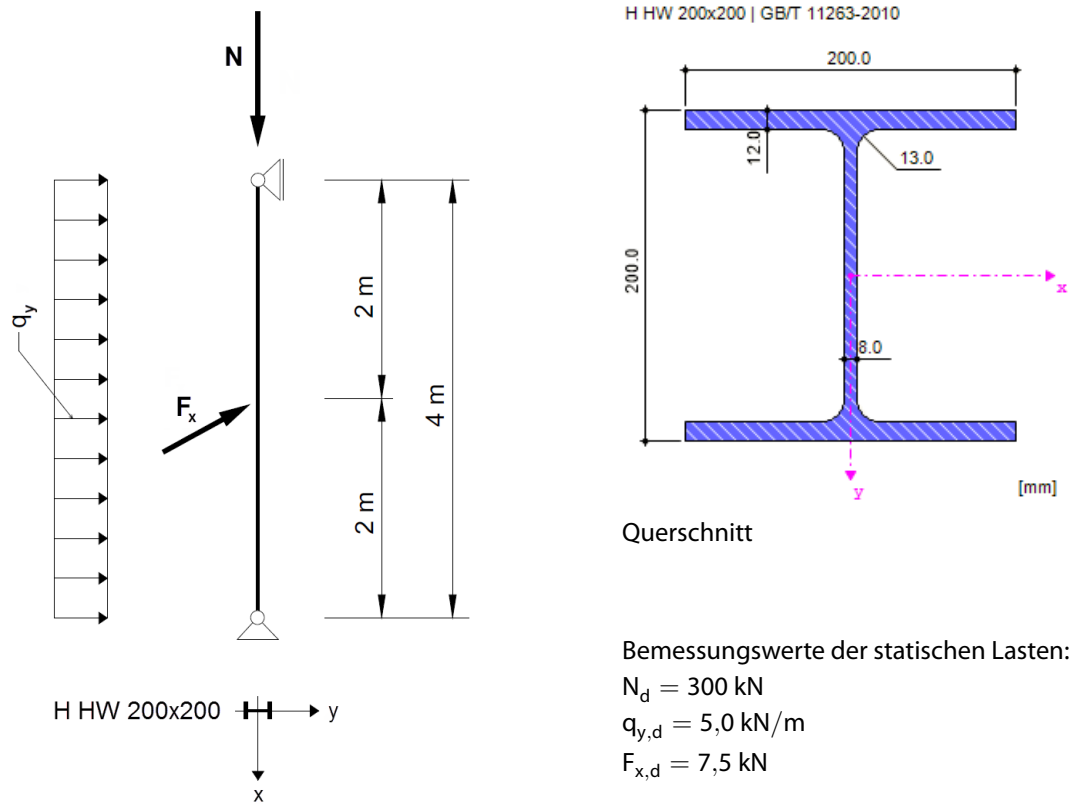


Bild 8.1: Statisches System und Belastung

Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung

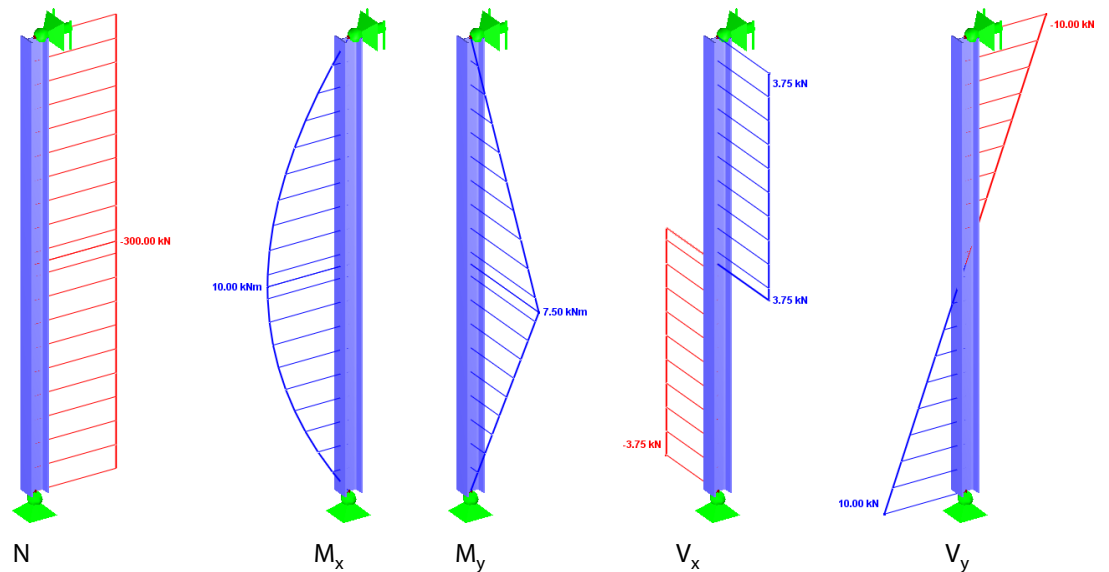
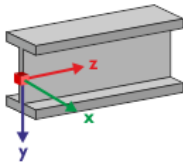


Bild 8.2: Schnittgrößen

Nachweisstelle



In RF-/STAHL GB erfolgt der Nachweis an den *z-Stellen* des Ersatzstabes. Diese entsprechen den *x-Stellen* im Koordinatensystem von RFEM bzw. RSTAB. Die maßgebende Stelle befindet sich in Stabmitte bei $z = 2,00$ m mit folgenden Schnittgrößen:

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

Querschnittswerte H HW 200x200, Stahl Q 235

Querschnittsgröße	Symbol	Wert	Einheit
Querschnittsfläche	A	63,53	cm ²
Trägheitsmoment	I_x	4 720,00	cm ⁴
Trägheitsmoment	I_y	1 600,00	cm ⁴
Trägheitsradius	i_x	86,10	mm
Trägheitsradius	i_y	50,20	mm
Polarer Trägheitsradius	i_p	99,70	mm
Trägheitsradius des Gurtquerschnitts	$i_{p,M}$	53,90	mm
Querschnittsgewicht	G	49,90	kg/m
Torsionsträgheitsmoment	I_T	25,38	cm ⁴
Wölbwiderstand	I_ω	141 376,00	cm ⁶
Widerstandsmoment	W_x	472,00	cm ³
Widerstandsmoment	W_y	160,00	cm ³
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,x}$	525,50	cm ³
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,y}$	243,82	cm ³
Knicklinie nach GB 50017, Tab. 5.1.2-1	KL_x	b	
Knicklinie nach GB 50017, Tab. 5.1.2-1	KL_y	b	

8.2 Tragsicherheitsnachweis

Normalspannung

$$\sigma = \frac{N}{A_n} + \frac{M_x}{\gamma_x W_{nx}} + \frac{M_y}{\gamma_y W_{ny}} = \frac{300}{63,53} + \frac{1\,000}{1,05 \cdot 472} + \frac{750}{1,20 \cdot 160} = 10,65 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma}{f} = \frac{10,65 \text{ kN/cm}^2}{21,5 \text{ kN/cm}^2} = 0,495 < 1,0$$

⇒ Nachweis erfüllt [1] 5.2.1

Berechnung mit RF-/STAHL GB

☐ Nachweis					
— Normalkraft	N	-300.00	kN		
— Moment	M _x	10.00	kNm		
— Moment	M _y	7.50	kNm		
— Querkraft	V _x	3.75	kN		
— Querkraft	V _y	0.00	kN		
— Bemessungswert der Stahlfestigkeit	f	21.50	kN/cm ²		3.4.1
— Bemessungswert der Schubfestigkeit	f _v	12.50	kN/cm ²		3.4.1
— Nettoquerschnittsfläche	A _n	63.53	cm ²		Gl. (5.1.1)
— Maßgebender Spannungspunkt	SP-Nr.	3			
— Wanddicke	t	12.0	mm		
— Statisches Moment	S _x	112.72	cm ³		
— Statisches Moment	S _y	60.09	cm ³		
— Flächenträgheitsmoment	I _x	4720.00	cm ⁴		
— Flächenträgheitsmoment	I _y	1600.00	cm ⁴		
— Elastisches Widerstandsmoment	W _{n,x}	472.00	cm ³		
— Elastisches Widerstandsmoment	W _{n,y}	160.00	cm ³		
— Plastischer Querschnittsanpassungsfaktor	γ _x	1.050			Tab. 5.2.1
— Plastischer Querschnittsanpassungsfaktor	γ _y	1.200			Tab. 5.2.1
— Schubspannung	τ _{v,x}	0.12	kN/cm ²		Gl. (4.1.2)
— Schubspannung	τ _{v,y}	0.00	kN/cm ²		Gl. (4.1.2)
— Schubspannung	τ _v	0.12	kN/cm ²		
— Nachweis Komponente für M _x	η _{Mx}	0.09			Gl. (4.1.1)
— Nachweis Komponente für M _y	η _{My}	0.18			Gl. (4.1.1)
— Nachweis Komponente für V _y	η _{Vy}	0.01			Gl. (4.1.2)
— Nachweis Komponente für V _x	η _{Vx}	0.00			Gl. (4.1.2)
— Nachweis Komponente	η _V	0.00			Gl. (4.1.2)
— Nachweis	η	0.50		≤ 1	Gl. (5.2.1)

Bild 8.3: Normalspannungsnachweis für z = 2,00 m

Schubspannung

$$\tau_{v,y} = \frac{V_y \cdot S_x}{I_x \cdot t_w} = \frac{10 \cdot 262,75}{4720 \cdot 0,8} = 0,696 < 12,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{v,x} = \frac{V_x \cdot S_y}{I_y \cdot t_f} = \frac{3,75 \cdot 60}{1600 \cdot 1,2} = 0,117 < 12,50 \text{ kN/cm}^2$$

⇒ Nachweis erfüllt [1] 4.1.2

Berechnung mit RF-/STAHL GB

☐ Nachweis					
— Maßgebender Spannungspunkt	SP-Nr.	13			
— Querkraft	V _x	3.75	kN		
— Querkraft	V _y	10.00	kN		
— Bemessungswert der Schubfestigkeit	f _v	12.50	kN/cm ²		3.4.1
— Statisches Moment	S _x	262.75	cm ³		
— Statisches Moment	S _y	0.00	cm ³		
— Flächenträgheitsmoment	I _x	4720.00	cm ⁴		
— Flächenträgheitsmoment	I _y	1600.00	cm ⁴		
— Wanddicke	t	8.0	mm		
— Schubspannung	τ _{v,x}	0.00	kN/cm ²		Gl. (4.1.2)
— Schubspannung	τ _{v,y}	0.70	kN/cm ²		Gl. (4.1.2)
— Schubspannung	τ _v	0.70	kN/cm ²		
— Nachweis	η	0.06		≤ 1	Gl. (4.1.2)

Bild 8.4: Schubspannungsnachweis für z = 0,00 m

8.3 Stabilitätsnachweis

Untersucht werden die Anteile für Biegeknicken und Biegedrillknicken an der maßgebenden Stelle $z = 0,40 \text{ m}$.

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

Schlankheitsgrad

$$L_x = 400 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{L_x}{i_x} = \frac{400}{8,62} = 46,4 < [\lambda] = 150$$

Knicklinie

$$\text{Profilgeometrie: } b/h = 200/200 = 1,0 > 0,8$$

[1] Tab. 5.1.2-1

$$\text{Knicklinie: } b$$

$$\Rightarrow \varphi_x = 0,872$$

[1] Tab. C-2

Eulersche kritische Normalkraft

$$N_{\text{Ex}} = \frac{\pi^2 EA}{1,1 \cdot \lambda_x^2} = \frac{3,14^2 \cdot 20\,600 \cdot 63,53}{1,1 \cdot 46,4^2} = 5\,453,2 \text{ kN}$$

Momentenbeiwert für Biegeknicken und Biegedrillknicken

- um x-Achse, ohne Endmoment, mit Stablasten

$$\beta_{\text{mx}} = 1,0$$

[1] 5.2.2-1

$$\beta_{\text{ty}} = 1,0$$

[1] 5.2.2-2

$$\varphi_{\text{by}} = 1,0$$

[1] 5.2.5

Biegeknicknachweis

[1] 5.2.5-1

$$\frac{N}{\varphi_x \cdot A} + \frac{\beta_{\text{mx}} \cdot M_x}{\gamma_x \cdot W_x \cdot \left(1 - 0,8 \frac{N}{N_{\text{Ex}}}\right)} + \eta \cdot \frac{\beta_{\text{ty}} \cdot M_y}{\varphi_{\text{by}} \cdot W_y}$$

$$= \frac{300}{0,872 \cdot 63,53} + \frac{1,0 \cdot 10 \cdot 10^2}{1,05 \cdot 472 \cdot \left(1 - 0,8 \frac{300}{5\,453,2}\right)} + 1,0 \frac{1,0 \cdot 7,5 \cdot 10^2}{1,0 \cdot 160}$$

$$= 12,21 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma}{f} = \frac{12,21 \text{ kN/cm}^2}{21,5 \text{ kN/cm}^2} = 0,568 < 1,0$$

$$\Rightarrow \text{Nachweis erfüllt}$$

[1] 5.2.5-1

Biegedrillknicken um schwache Achse (\perp zur y-y Achse)

Schlankheitsgrad

$$L_y = 400 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_y}{i_y} = \frac{400}{5,02} = 79,7 < [\lambda] = 150$$

Knicklinie

$$\text{Profilgeometrie: } b/h = 200/200 = 1,0 > 0,8$$

[1] Tab. 5.1.2-1

$$\text{Knicklinie: } b$$

$$\Rightarrow \varphi_y = 0,693$$

[1] Tab. C-2

Eulersche kritische Normalkraft

$$N_{Ey} = \frac{\pi^2 EA}{1,1 \cdot \lambda_y^2} = \frac{3,14^2 \cdot 20\,600 \cdot 63,53}{1,1 \cdot 79,7^2} = 1\,849,7 \text{ kN}$$

Momentenbeiwert für Biegeknicken und Biegedrillknicken

- um y-Achse, ohne Endmoment, mit Einzellast auf Stabmitte

$$\beta_{my} = 1,0$$

[1] 5.2.2-1

$$\beta_{tx} = 1,0$$

[1] 5.2.2-2

Vereinfachtes Nachweisverfahren für φ_{bx}

$$\lambda_y < 120$$

[1] B.5)

Nach Anhang B.5 darf das vereinfachte Nachweisverfahren verwendet werden:

[1] B.5)

$$\varphi_{tx} = 1,07 - \frac{\lambda_y^2}{44\,000} = 1,07 - \frac{79,7^2}{44\,000} = 0,926$$

Biegedrillknicknachweis

[1] 5.2.5-2

$$\frac{N}{\varphi_y \cdot A} + \eta \cdot \frac{\beta_{tx} \cdot M_x}{\varphi_{bx} \cdot W_x} + \frac{\beta_{my} \cdot M_y}{\gamma_y \cdot W_y \cdot \left(1 - 0,8 \frac{N}{N_{Ey}}\right)}$$

$$= \frac{300}{0,693 \cdot 63,53} + 1,0 \cdot \frac{1,0 \cdot 10 \cdot 10^2}{0,926 \cdot 472} + \frac{1,0 \cdot 7,5 \cdot 10^2}{1,20 \cdot 160 \cdot \left(1 - 0,8 \frac{300}{1\,849,7}\right)} = 13,59 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma = \frac{13,59 \text{ kN/cm}^2}{f} = \frac{13,59 \text{ kN/cm}^2}{21,5 \text{ kN/cm}^2} = 0,632 < 1,0$$

\Rightarrow Nachweis erfüllt

[1] 5.2.5-2

Allgemeines Nachweisverfahren für φ_{bx}

[1] Tab. B.1

$$\xi = \frac{l_1 \cdot t_1}{b_1 \cdot h} = \frac{400 \cdot 1,2}{20 \cdot 20} = 1,2$$

[1] Tab. B.1

$$\beta_b = 0,69 + 0,13 \cdot \xi = 0,69 + 0,13 \cdot 1,2 = 0,846$$

$$\eta_b = 0$$

[1] B.1-1

$$\varphi_b = \beta_b \cdot \frac{4320}{\lambda_y^2} \cdot \frac{A \cdot h}{W_x} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{\lambda_y \cdot t_1}{4,4 \cdot h} \right)^2} + \eta_b \right] \cdot \frac{235}{f_y}$$

$$= 0,846 \cdot 43207,7^2 \cdot \frac{63,54 \cdot 20}{472} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{79,7 \cdot 1,2}{4,4 \cdot 20} \right)^2} + 0 \right] \cdot \frac{235}{235} = 2,288$$

[1] B.1-2

$$\varphi'_b = 1,07 - \frac{0,282}{\varphi_b} = 1,07 - \frac{0,282}{2,288} = 0,947$$

Biegedrillknicknachweis

[1] 5.2.5-2

$$\frac{N}{\varphi_y \cdot A} + \eta \cdot \frac{\beta_{tx} \cdot M_x}{\varphi_{bx} \cdot W_x} + \frac{\beta_{my} \cdot M_y}{\gamma_y \cdot W_y \cdot \left(1 - 0,8 \frac{N}{N_{Ey}} \right)}$$

$$= \frac{300}{0,693 \cdot 63,53} + 1,0 \frac{1,0 \cdot 10 \cdot 10^2}{0,947 \cdot 472} + \frac{1,0 \cdot 7,5 \cdot 10^2}{1,20 \cdot 160 \cdot \left(1 - 0,8 \frac{300}{1849,7} \right)} = 13,54 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma}{f} = \frac{13,54 \text{ kN/cm}^2}{21,5 \text{ kN/cm}^2} = 0,630 < 1,0$$

⇒ Nachweis erfüllt

[1] 5.2.5-2

Berechnung mit RF-/STAHL GB

☐ Nachweis				
— Normaldruckkraft	N _e	300.00	kN	
— Moment	M _x	10.00	kNm	
— Moment	M _y	7.50	kNm	
— Charakteristische Werte der Festigkeit	f _y	23.50	kN/cm ²	3.4.1
— Bemessungswert der Stahlfestigkeit	f	21.50	kN/cm ²	3.4.1
— Elastizitätsmodul	E	20600.00	kN/cm ²	Tab. 3.4.3
— Querschnittsfläche	A	63.53	cm ²	
— Trägertyp	TT _x	Träger		
— Trägertyp	TT _y	Träger		
— Belastungstyp	BT _x	Einzellast		
— Belastungstyp	BT _y	gleichmäßig		
— Anhang für BGDK-Beiwert	Anhang	B.1		
— Seitliche Stützung	SE	keine Zwisc		
— Druckflanschbreite	b _f	200.0	mm	
— Druckflanschdicke	t _f	12.0	mm	
— Querschnittshöhe	h	200.0	mm	
— Querschnitt unsymmetrisch Beiwert	η _b	0.000		Anhang B.1
— Länge des Druckflansches	l _f	4.000	m	
— Beiwert des Biegestabes	ξ	1.200		Anhang B.1
— Gesamtstabilitätsbeiwert	β _b	0.846		Tab. B.1
— Effektive Länge für Knicken	l _{0x}	4.000	m	
— Effektive Länge für Knicken	l _{0y}	4.000	m	
— Trägheitsradius	i _x	86.2	mm	
— Trägheitsradius	i _y	50.2	mm	
— Schlankheitsgrad	λ _x	46.406		
— Schlankheitsgrad	λ _y	79.706		
— Eulersche kritische Normalkraft	N _{Ex}	5452.51	kN	
— Eulersche kritische Normalkraft	N _{Ey}	1848.31	kN	
— Bezogener Schlankheitsgrad	λ _{n,x}	0.499		Anhang C
— Bezogener Schlankheitsgrad	λ _{n,y}	0.857		Anhang C
— Knicklinie	KL _x	b		Tab. 5.1.2
— Knicklinie	KL _y	b		Tab. 5.1.2
— Stabilitätsbeiwert	φ _x	0.872		Tab. C1-C4
— Stabilitätsbeiwert	φ _y	0.690		Tab. C1-C4
— Elastisches Widerstandsmoment	W _x	472.00	cm ³	
— Elastisches Widerstandsmoment	W _y	160.00	cm ³	
— Plastischer Querschnittsanpassungsfaktor	γ _x	1.050		Tab. 5.2.1
— Plastischer Querschnittsanpassungsfaktor	γ _y	1.200		Tab. 5.2.1
— Querschnittseinflussfaktor	η	1.000		Gl. (5.2.2-3)
— Äquivalenter Momentenbeiwert	β _{mx}	0.850		Gl. (5.2.2-1)
— Äquivalenter Momentenbeiwert	β _{my}	0.850		Gl. (5.2.2-1)
— Äquivalenter Momentenbeiwert	β _{tx}	0.850		Gl. (5.2.2-3)
— Äquivalenter Momentenbeiwert	β _{ty}	0.850		Gl. (5.2.2-3)
— Gesamtstabilitätsbeiwert	φ _b	0.947		Anhang B.1-2
— Stabilitätsbeiwert des Biegeträgers	φ _{by}	1.000		Gl. (5.2.5)
— Nachweis 1	η ₁	0.52	≤ 1	Gl. (5.2.5-1)
— Nachweis 2	η ₂	0.58	≤ 1	Gl. (5.2.5-2)
— Nachweis	η	0.58	≤ 1	Gl. (5.2.5)

Bild 8.5: Stabilitätsnachweis für z = 0,40 m

8.4 Gebrauchstauglichkeitsnachweis

Durchbiegung in x-Richtung (Biegung um y-y Achse):

$$v_{T,x} = \frac{F L^3}{48 EI} = \frac{7,5 \cdot 400^3}{48 \cdot 20\,600 \cdot 1\,600} = 0,303 \text{ cm} < \frac{L}{400} = 1,0 \text{ cm}$$

Durchbiegung in y-Richtung (Biegung um x-x Achse):

$$v_{T,y} = \frac{5 q L^4}{384 EI} = \frac{5 \cdot 0,05 \cdot 400^4}{384 \cdot 20\,600 \cdot 4\,720} = 0,171 \text{ cm} < \frac{L}{400} = 1,0 \text{ cm}$$

Berechnung mit RF-/STAHL GB

☐ Nachweis				
— Durchbiegung	v _{T,x}	-3.1	mm	
— Bezugslänge	l	4.000	m	
— Grenzwertkriterium	max. l / v _{T,x}	400.00		Tab. A.1.1
— Grenzwert der Verformung	max. v _{T,x}	10.0	mm	Tab. A.1.1
— Nachweis	η	0.31	≤ 1	Tab. A.1.1
— Durchbiegung	v _{T,y}	1.8	mm	
— Bezugslänge	l	4.000	m	
— Grenzwertkriterium	max. l / v _{T,y}	400.00		Tab. A.1.1
— Grenzwert der Verformung	max. v _{T,y}	10.0	mm	Tab. A.1.1
— Nachweis	η	0.18	≤ 1	Tab. A.1.1

Bild 8.6: Gebrauchstauglichkeitsnachweis für z = 2,00 m

8.5 Plastische Berechnung

Details...

Für die plastische Analyse wird mit dem Menü **Datei** → **Neuer Fall** ein neuer Fall angelegt. Im Dialog *Details*, Register *Tragfähigkeit* kann dann die **Plastische Bemessung nach 9.1.1 - 9.3.3** für den neuen Bemessungsfall aktiviert werden.

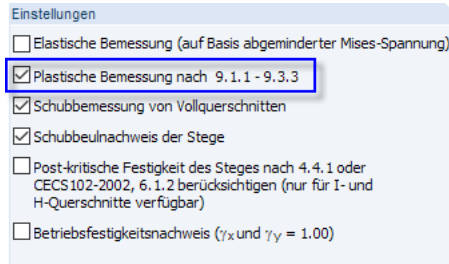


Bild 8.7: Aktivieren der plastischen Bemessung im Dialog *Details*

Kriterien für plastische Berechnung

1. Verhältnis der Materialfestigkeit:

[1] 9.1.3

$$\frac{f_u}{f_y} = \frac{37,0}{23,5} = 1,574 > 1,20$$

2. Verhältnis der Flanschschlankheit:

[1] 9.1.4

$$\frac{b}{t} = \frac{83,0}{12,0} = 6,92 < 9,0 \cdot \sqrt{\frac{235}{235}}$$

3. Verhältnis der Stegsschlankheit:

[1] 9.1.4

$$\frac{N}{A_n f} = \frac{300}{63,53 \cdot 21,5} = 0,22 < 0,37$$

$$\frac{h_0}{t_w} = \frac{150}{8,0} = 18,75 < (72 - 100 \cdot 0,22) \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 50,0$$

[1] 9.1.4

⇒ Nachweis nach plastischer Berechnung ist möglich

[1] 9.1

Berechnung mit RF-/STAHL GB

<input type="checkbox"/> Lokale Stabilität und Kriterien der plastischen Bemessung					
<input type="checkbox"/> Lokale Stabilität unter Druck und Biegung					
<input type="checkbox"/> Kriterien der plastischen Bemessung					
Materialkennwerte					
- Charakteristische Streckgrenze	f_y	23.50	kN/cm ²		3.4.1
- Grenzfestigkeit	f_u	32.50	kN/cm ²		3.4.1
- Materialbeiwert	ϵ	1.000			
- Verhältnis der Materialfestigkeit	f_u/f_y	1.383		> 1.2	9.1.3
Flansch					
- Knicklänge	$b_{0,f}$	83.0	mm		
- Dicke	t_f	12.0	mm		
- Schlankheitsverhältnis	b_0/t_f	6.917			9.1.4
- Max. Schlankheitsverhältnis	$\max. b_0/t_f$	9.000			9.1.4
Steg					
- Spannung	σ_N	-4.72	kN/cm ²	< 0	Druck
- Bemessungsfestigkeit	f_w	21.50	kN/cm ²		3.4.1
- Normalspannungsausnutzung des Steges	$\sigma_w, N/f_w$	0.220		≤ 0.37	9.1.4
- Statische Nutzhöhe	h_0	150.0	mm		
- Dicke	t_w	8.0	mm		
- Schlankheitsverhältnis	h_0/t_w	18.750			9.1.4
- Max. Schlankheitsverhältnis	$\max. h_0/t_w$	50.036			9.1.4
Voraussetzungen nach 9.1.4 erfüllt.					

Bild 8.8: Überprüfung der Kriterien für plastische Berechnung

Tragsicherheitsnachweis

Normalspannung

[1] 9.2.3

$$\frac{N}{A_n f} = \frac{300}{63,53 \cdot 21,5} = 0,22 > 0,13$$

$$\Rightarrow \frac{M_x}{1,15 \left(1 - \frac{N}{A_n f}\right) W_{pl,x} f} + \frac{M_y}{1,15 \left(1 - \frac{N}{A_n f}\right) W_{pl,y} f}$$

$$= \frac{10 \cdot 10^2}{1,15 \cdot (1 - 0,22) \cdot 525,5 \cdot 21,5} + \frac{7,5 \cdot 10^2}{1,15 \cdot (1 - 0,22) \cdot 243,82 \cdot 21,5} = 0,26 < 1,0$$

⇒ Nachweis erfüllt

[1] 9.2.3-2

Schubspannung

[1] 9.2.3

$$\frac{N}{A_n f} = \frac{300}{63,53 \cdot 21,5} = 0,22 < 0,60$$

$$\Rightarrow \frac{V_y}{h_w t_w f_v} = \frac{0}{17,6 \cdot 0,8 \cdot 12,5} = 0 < 1,0$$

$$\Rightarrow \frac{V_y}{(A_n - h_w t_w) f_v} = \frac{3,75}{49,46 \cdot 12,5} = 0,006 < 1,0$$

⇒ Nachweis erfüllt

[1] 9.2.2

Berechnung mit RF-/STAHL GB

☐ Nachweis					
— Normalkraft	N	-300.00	kN		
— Moment	M _x	10.00	kNm		
— Moment	M _y	7.50	kNm		
— Querkraft	V _x	3.75	kN		
— Querkraft	V _y	0.00	kN		
— Bemessungswert der Stahlfestigkeit	f	21.50	kN/cm ²		3.4.1
— Bemessungsschubfestigkeit am Steg	f _{v,w}	12.50	kN/cm ²		3.4.1
— Bemessungsschubfestigkeit am Flansch	f _{v,f}	12.50	kN/cm ²		3.4.1
— Flanschbreite	b	200.0	mm		
— Flanschdicke	t _f	12.0	mm		
— Stegblechhöhe	h _w	176.0	mm		
— Stegdicke	t _w	8.0	mm		
— Nettoquerschnittsfläche	A _n	63.53	cm ²		Gl. (5.1.1)
— Wirksame Schubfläche	A _{v,x}	49.45	cm ²		
— Wirksame Schubfläche	A _{v,y}	14.08	cm ²		
— Normalkraftbeanspruchbarkeit	N _{net,Rd}	1365.90	kN		
— Verhältnis N / N _{net,Rd}	n	0.220			
— Abminderungsbeiwert	ρ _N	0.897			Gl. 9.2.3
— Plastisches Widerstandsmoment	W _{pl,x}	525.50	cm ³		
— Plastisches Widerstandsmoment	W _{pl,y}	243.82	cm ³		
— Nachweis 1	η ₁	0.26		≤ 1	9.2.3
— Nachweis 2	η ₂	0.00		≤ 1	9.2.2
— Nachweis 3	η ₃	0.01		≤ 1	9.2.2
— Nachweis	η	0.26		≤ 1	

Bild 8.9: Plastischer Querschnittsnachweis für z = 2,00 m

Stabilitätsnachweis

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

[1] 5.2.5-1, 9.2.4

$$\frac{N}{\varphi_x A} + \frac{\beta_{mx} M_x}{W_{pl,x} \left(1 - 0,8 \frac{N}{N_{ex}}\right)} + \eta \frac{\beta_{ty} M_y}{\varphi_{by} W_{pl,y}}$$

$$= \frac{300}{0,872 \cdot 63,54} + \frac{1,0 \cdot 10 \cdot 10^2}{525,5 \cdot \left(1 - 0,8 \cdot \frac{300}{5453,2}\right)} + 1,0 \cdot \frac{1,0 \cdot 7,5 \cdot 10^2}{1,0 \cdot 243,82} = 10,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma}{\bar{f}} = \frac{10,48 \text{ kN/cm}^2}{21,5 \text{ kN/cm}^2} = 0,488 < 1,0$$

⇒ Nachweis erfüllt

[1] 5.2.5-1, 9.2.4

Biegedrillknicken

[1] 5.2.5-2, 9.2.4

$$\frac{N}{\varphi_y A} + \eta \frac{\beta_{tx} M_x}{\varphi_{tx} W_{pl,x}} + \frac{\beta_{my} M_y}{W_{pl,y} \left(1 - 0,8 \frac{N}{N_{ey}}\right)}$$

$$= \frac{300}{0,690 \cdot 63,54} + 1,0 \cdot \frac{1,0 \cdot 10 \cdot 10^2}{0,947 \cdot 525,5} + \frac{1,0 \cdot 7,5 \cdot 10^2}{243,82 \cdot \left(1 - 0,8 \cdot \frac{300}{1849,7}\right)} = 12,39 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma}{\bar{f}} = \frac{12,39 \text{ kN/cm}^2}{21,5 \text{ kN/cm}^2} = 0,576 < 1,0$$

⇒ Nachweis erfüllt

[1] 5.2.5-2, 9.2.4

Berechnung mit RF-/STAHL GB

Folgende Tabelle zeigt einen Teil der Zwischenwerte, die sich bei der Analyse mit RF-/STAHL GB ergeben. Die übrigen Zwischenwerte sind im [Bild 8.5](#) auf [Seite 68](#) dargestellt.

☐ Nachweis					
—	Normaldruckkraft	N_c	300.00	kN	
—	Moment	M_x	10.00	kNm	
—	Moment	M_y	7.50	kNm	
—	Charakteristische Werte der Festigkeit	f_y	23.50	kN/cm ²	3.4.1
—	Bemessungswert der Stahlfestigkeit	f	21.50	kN/cm ²	3.4.1
—	Elastizitätsmodul	E	20600.00	kN/cm ²	Tab. 3.4.3
—	Querschnittsfläche	A	63.53	cm ²	
—	Trägertyp	TT_x	Träger		
—	Trägertyp	TT_y	Träger		
—	Belastungstyp	BT_x	Einzellast		
—	Belastungstyp	BT_y	gleichmäßig		
—	Anhang für BGDK-Beiwert	Anhang	B.1		
—	Seitliche Stützung	SE	keine Zwisc		
—	Druckflanschbreite	b_1	200.0	mm	
—	Druckflanschdicke	t_1	12.0	mm	
—	Querschnittshöhe	h	200.0	mm	
—	Querschnitt unsymmetrisch Beiwert	η_b	0.000		Anhang B.1
—	Länge des Druckflansches	l_1	4.000	m	
—	Beiwert des Biegestabes	ξ	1.200		Anhang B.1
—	Gesamtstabilitätsbeiwert	β_b	0.846		Tab. B.1
—	Effektive Länge für Knicken	l_{0x}	4.000	m	
—	Effektive Länge für Knicken	l_{0y}	4.000	m	
—	Trägheitsradius	i_x	86.2	mm	
—	Trägheitsradius	i_y	50.2	mm	
—	Schlankheitsgrad	λ_x	46.406		
—	Schlankheitsgrad	λ_y	79.706		
—	Eulersche kritische Normalkraft	N'_{Ex}	5452.51	kN	
—	Eulersche kritische Normalkraft	N'_{Ey}	1848.31	kN	
—	Bezogener Schlankheitsgrad	$\lambda_{n,x}$	0.499		Anhang C
—	Bezogener Schlankheitsgrad	$\lambda_{n,y}$	0.857		Anhang C
—	Knicklinie	KL_x	b		Tab. 5.1.2
—	Knicklinie	KL_y	b		Tab. 5.1.2
—	Stabilitätsbeiwert	φ_x	0.872		Tab. C1-C4
—	Stabilitätsbeiwert	φ_y	0.690		Tab. C1-C4
—	Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,x}$	525.50	cm ³	
—	Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,y}$	243.82	cm ³	
—	Querschnittseinflussfaktor	η	1.000		Gl. (5.2.2-3)
—	Äquivalenter Momentenbeiwert	β_{mx}	0.850		Gl. (5.2.2-1)
—	Äquivalenter Momentenbeiwert	β_{my}	0.850		Gl. (5.2.2-1)
—	Äquivalenter Momentenbeiwert	β_{tx}	0.850		Gl. (5.2.2-3)
—	Äquivalenter Momentenbeiwert	β_{ty}	0.850		Gl. (5.2.2-3)
—	Gesamtstabilitätsbeiwert	φ_b	0.947		Anhang B.1-2
—	Stabilitätsbeiwert des Biegeträgers	φ_{by}	1.000		Gl. (5.2.5)
—	Nachweis 1	η_1	0.45		≤ 1 Gl. (5.2.5-1)
—	Nachweis 2	η_2	0.54		≤ 1 Gl. (5.2.5-2)
—	Nachweis	η	0.54		≤ 1 Gl. (5.2.5)

Bild 8.10: Plastischer Stabilitätsnachweis für $z = 0,40$ m

Literatur

- [1] GB 50017-2003, *Code for design of steel structures.*, 2003.
- [2] GB 50009-2012, *Load code for the design of building structures.*, 2012.
- [3] GB 50068-2001: *Unified standard for reliability design of building structures.*, 2001.
- [4] JGJ 99-98: *Technical specification for steel structure of tall buildings.*, 1998.
- [5] GB 50011-2010: *Code for seismic design of buildings.*, 2010.
- [6] Shaofan Chen. *Guide to Stability Design of Steel Structures.*, 2. Auflage, 2004.
- [7] CECS 102: *Technical specification for steel structure of light-weight Buildings with gabled frames.*, 2002.
- [8] Ji Chen. *Stability of Steel Structures Theory and Design.*, 2008.
- [9] *Kritische Axiallast für Drillknicken und Biegedrillknicken, NCCI Dokument, SN001a-DE.*
- [10] CECS 200, *Technical code for fire safety of steel structure in Buildings.*, 2006.
- [11] EN 1993-1-1:2005: *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.* CEN, Brüssel, Mai 2005.
- [12] EN 1993-1-4: *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-4: Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2006.
- [13] Shaofan Chen. *Steel Construction, Fachzeitschrift, 1-3/1992,1993,1994.*
- [14] Stephen Timoshenko und James Monroe Gere. *Theory of elastic stability.* McGraw-Hill, New York, 2. Auflage, 1961.
- [15] *Tragwerke aus Stahl nach Eurocode 3.* Werner Verlag, Düsseldorf, 1. Auflage, 1996.
- [16] N.S. Trahair, M.A. Bradford, D.A. Nethercot und L. Gardner. *The Behaviour and Design of Steel Structures to GB.* Taylor & Francis Ltd, London / New York, 4. Auflage, 2007.
- [17] *Rules for Member Stability in EN 1993-1-1.* ECCS Technical Committee 8 – Stability, Brussels, 2006.
- [18] Johannes Naumes, Isabell Strohmam, Dieter Ungermann und Gerhard Sedlacek. Die neuen Stabilitätsnachweise im Stahlbau nach Eurocode 3. *Stahlbau, 77*, 2008.
- [19] Johannes Naumes, Markus Feldmann und Gerhard Sedlacek. *Biegeknicken und Biegedrillknicken von Stäben auf einheitlicher Grundlage*, Band 70. Shaker Verlag, 2010.

Index

A		Export	60
Achse	18	Export Material	60
Anmerkung	14	Export Querschnitt	58
Ansichtsmodus	45, 46	F	
Arbeitsfenster	46, 50	Farbskala	50
Ausdruckprotokoll	52, 54	Favorit	57
Außergewöhnlich	8	Filter	45, 50, 51
Ausnutzung	14, 35, 36	Filtern von Stäben	51
B		G	
Basisangaben	6	Gabellager	16
Beenden von RF-/STAHL GB	6	Gebrauchstauglichkeit	22, 30, 45
Bemessen	7	Grafik	47, 49
Bemessungsdetails	23	Grafikausdruck	53, 54
Bemessungsfall	47, 55, 56	Grenzwerte	9, 29
Bemessungssituation	8, 9, 36	H	
Benutzerprofil	59	Häufig	9
Berechnung starten	33	Hintergrundgrafik	46
Betriebsfestigkeitsnachweis	25	I	
Bezugslänge	9	Installation	4
Biegedrillknicken	16, 19	Interaktion	25
Biegedrillknicklänge	20	K	
Biegeknicke	16, 18	Knicken	18
Blättern in Masken	6	Knickklasse	28
C		Knicklänge	17, 18
Charakteristisch	9	Kommentar	8, 20
D		Koordinatensystem	3
Detaileinstellungen	23	Kragträger	20, 22
Dezimalstellen	10, 59	Kritische Last	36
Drucken	53	L	
Durchbiegung	9	Länge	17, 43
DUENQ-Profil	13	Lastfall	7, 8, 9, 40
E		Lastkombination	8
Effektive Länge	17, 21	Lokale Stabilität	27, 36
Eingabedaten	6	M	
Einheiten	10, 59	Masken	6
Elastische Bemessung	23	Masse	44
Ergebnisauswertung	45	Material	10, 60
Ergebnisdarstellung	47	Materialbezeichnung	10
Ergebnisdiagramm	49	Materialbibliothek	11
Ergebniskombination	8, 9, 31, 45	Materialkennwerte	3, 10, 11
Ergebnismasken	34		
Ergebnisverläufe	49, 53		
Ergebniswerte	47		
Ersatzstablänge	17		
Excel	60		

N		Stabähnliche Eingabe	28
Nachweis	34, 35, 36, 37	Stabilitätsnachweis	18, 27, 37
Nachweis farbig	50	Stabsatz	7, 21, 22, 28, 41, 44
Navigator	6	Stabschlankheiten	32, 42
Nichtrostender Stahl	12	Stabtyp	20
O		Stäbe	7
Oberfläche	44	Ständig	8
OpenOffice	60	Starten von RF-/STAHL GB	5
Optimierung	14, 31, 57	Stelle z	35
P		Steuerpanel	50
Panel	48, 50	Strukturtyp	28
Parametrischer Querschnitt	57	Stückliste	43, 44
Plastische Bemessung	24	Summe	44
Position	43	T	
Postkritische Festigkeit	25	Torsion	29
Programmaufruf	5	Träger	20
Q		Trägertyp	22
Quasi-ständig	9	Tragfähigkeit	23, 45
Querschnitt	12, 57	U	
Querschnittsbibliothek	12	Überhöhung	22
Querschnittsinfo	15	Unverformtes System	30
Querschnittsoptimierung	31, 57	V	
Querschnittstyp	14	Verborgener Ergebnisverlauf	51
R		Verformungsnachweis	9, 22
Relationsbalken	45	Vergleichsspannung	24
Relativ	16	Verschobene Stabenden	30
Rendering	50	Verstärkungsbeiwert	26
RF-STABIL	18	Volumen	44
RFEM-Grafik	53	Vorkrümmung	30
RSKNICK	18	Vorübergehend	8
S		Voüte	14, 29, 37, 59
Schaltflächen	45	W	
Schlankheit	42	Wichtigkeitsfaktor	3, 25
Schnittgrößen	40, 58	Z	
Schubbemessung	24	z-Stelle	35, 40
Schubbeulnachweis	25	Zeigen-Navigator	47, 50, 51
Seitliche Stützung	16	Zwischenablage	60
Sichtbarkeiten	50	Zwischenabstützungen	16
Sonderfälle	29		