

**Fassung
Juli 2011**

Zusatzmodul

RF-STAHL GB

**Tragfähigkeits-, Gebrauchstauglich-
keits- und Stabilitätsnachweise
gemäß GB 50017 - 2003**

Programm- Beschreibung

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

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

© Ingenieur-Software Dlubal GmbH
Am Zellweg 2 D-93464 Tiefenbach

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

Inhalt

	Inhalt	Seite		Inhalt	Seite
1.	Einleitung	4	5.3	Filter für Ergebnisse	49
1.1	Zusatzmodul RF-STAHl GB	4	6.	Ausdruck	51
1.2	RF-STAHl GB - Team	5	6.1	Ausdruckprotokoll	51
1.3	Gebrauch des Handbuchs	6	6.2	RF-STAHl GB-Grafikausdruck	51
1.4	Aufruf des Moduls RF-STAHl GB	7	7.	Allgemeine Funktionen	53
2.	Eingabedaten	9	7.1	RF-STAHl GB-Bemessungsfälle	53
2.1	Basisangaben	9	7.2	Querschnittsoptimierung	55
2.1.1	Tragfähigkeit	9	7.3	Materialexport nach RFEM	57
2.1.2	Gebrauchstauglichkeit	11	7.4	Einheiten und Dezimalstellen	58
2.2	Materialien	12	7.5	Export der Ergebnisse	58
2.3	Querschnitte	14	8.	Beispiele	60
2.4	Seitliche Zwischenlager	18	8.1	Bemessungswerte	60
2.5	Effektive Längen - Stäbe	19	8.2	Tragsicherheitsnachweis	61
2.6	Effektive Längen - Stabsätze	23	8.3	Stabilitätsnachweis	62
2.7	Gebrauchstauglichkeitsparameter	24	8.4	Gebrauchstauglichkeitsnachweis	65
3.	Berechnung	25	8.5	Plastische Berechnung	66
3.1	Details	25	A	Literatur	70
3.1.1	Tragfähigkeit	25	B	Index	71
3.1.2	Stabilität	29			
3.1.3	Gebrauchstauglichkeit	32			
3.1.4	Diverse	33			
3.2	Start der Berechnung	34			
4.	Ergebnisse	36			
4.1	Nachweise lastfallweise	36			
4.2	Nachweise querschnittsweise	38			
4.3	Nachweise stabsatzweise	39			
4.4	Nachweise stabweise	40			
4.5	Nachweise x-stellenweise	40			
4.6	Maßgebende Schnittgrößen stabweise	41			
4.7	Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise	42			
4.8	Stabschlankheiten	42			
4.9	Stückliste stabweise	43			
4.10	Stückliste stabsatzweise	44			
5.	Ergebnisauswertung	45			
5.1	Ergebnisse am RFEM-Modell	46			
5.2	Ergebnisverläufe	48			

1. Einleitung

1.1 Zusatzmodul RF-STAHL GB

Der chinesische nationale Standard GB 50017-2003 regelt den Entwurf, die Bemessung und die Konstruktion von Stahlbauten in China. Das RFEM-Zusatzmodul RF-STAHL GB ist 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 50009-2001: Load code for the design of building structures
- GB 50068-2001: Unified standard for reliability design of building structures
- JGJ 99-98: Technical specification for steel structure of tall buildings
- GB 50011-2001: Code for seismic design of buildings

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.

Die chinesischen Stahlbaunormen und die Normen für Stahlbauprofile basieren auf einem von RFEM abweichenden **Koordinatensystem**. Bei der Ausgabe der Ergebnisse und der Zwischenwerte im Modul RF-STAHL GB wird das gleiche Koordinatensystem wie in der chinesischen Stahlbaunorm verwendet, damit Widersprüche auszuschließen. Das RFEM-Koordinatensystem wird nicht berücksichtigt. Nähere Hinweise zum Koordinatensystem des Moduls RF-STAHL GB finden Sie im Kapitel 2.3.

Ein anderer wichtiger Unterschied zum Eurocode 3 oder zur DIN 18800 besteht darin, dass alle in GB 50017-2003 verwendeten **Material-Kennwerte** keine charakteristischen Werte darstellen, sondern Bemessungswerte. Der Nachweis erfolgt somit unter Berücksichtigung des Teilsicherheitsbeiwerts γ_M .

Der **Wichtigkeitsbeiwert** 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 auf Seite 37 erläutert.

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 von RF-STAHL GB automatisch ermittelt. Für den Biegedrillknicknachweis kann der Anwender die 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 ggf. 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, Lastfallgruppen und -kombinationen 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.

Der Brandschutznachweis nach der chinesischen Norm CECS 200:2006 [6] ist derzeit noch nicht in RF-STAHl GB implementiert.

Wie die übrigen Zusatzmodule ist RF-STAHl GB vollständig in RFEM integriert. Das Zusatzmodul präsentiert sich somit nicht nur optisch als fester Bestandteil von RFEM. 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 zur Verfügung.

Separate Bemessungsfälle erlauben eine flexible Untersuchung einzelner Bauteile von großen Strukturen.

Wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg mit dem Modul RF-STAHl GB.

Ihr Team von ING.-SOFTWARE DLUBAL GMBH

1.2 RF-STAHl GB - Team

An der Entwicklung von RF-STAHl GB waren beteiligt:

Programmkoordinierung

Dipl.-Ing. Georg Dlubal
Ing. Pavol Červeňák

Dipl.-Ing. (FH) Younes El Frem
M.Sc. Dipl.-Ing.(FH) Shaobin Ding

Programmierung

Ing. Zdeněk Kosáček
Dipl.-Ing. Georg Dlubal
Dr.-Ing. Jaroslav Lain
Ing. Martin Budáč
Ing. Martin Čudejko, Ph.D.

Mgr. Petr Oulehle
Ing. Roman Svoboda
Zbyněk Zámečník
DiS. Jiří Šmerák
M.Sc. Dipl.-Ing.(FH) Shaobin Ding

Querschnitts- und Materialdatenbank

Ing. Ph.D. Jan Rybín

Jan Brnušák

Programmdesign, Dialogbilder und Icons

Dipl.-Ing. Georg Dlubal
MgA. Robert Kolouch

Ing. Jan Milář

Programmkontrolle

Ing. Martin Čudejko, Ph.D.
Dipl.-Ing. (FH) René Flori

M.Sc. Dipl.-Ing.(FH) Shaobin Ding

Handbuch, Hilfesystem und Übersetzungen

M.Sc. Dipl.-Ing.(FH) Shaobin Ding
Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl
Mgr. Hana Macková
Mgr. Petra Pokorná

Mgr. Michaela Kryšková
Dipl.-Ü. Gundel Pietzcker
Jan Jeřábek

Technische Unterstützung und Endkontrolle

Dipl.-Ing. (BA) Markus Baumgärtel
Dipl.-Ing. (BA) Sandy Baumgärtel
Dipl.-Ing. (FH) Steffen Clauß
M.Sc. Dipl.-Ing.(FH) Shaobin Ding
Dipl.-Ing. (FH) Matthias Entenmann
Dipl.-Ing. Frank Faulstich
Dipl.-Ing. (FH) René Flori
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Frenzel
Dipl.-Ing. (FH) Walter Fröhlich

Dipl.-Ing. (FH) Bastian Kuhn
M.Sc. Dipl.-Ing. Frank Lobisch
Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer
M.Eng. Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier
M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler
M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Frank Sonntag
Dipl.-Ing. (FH) Christian Stautner
Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

1.3 Gebrauch des Handbuchs

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



Dieses Handbuch orientiert sich an der Reihenfolge und am Aufbau der Eingabe- und Ergebnismasken. Im Text sind die beschriebenen **Schaltflächen** (Buttons) in eckige Klammern gesetzt, z. B. [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 www.dlubal.de nutzen, um in der umfangreichen Liste aller *Fragen und Antworten* das Problem nach bestimmten Kriterien einzugrenzen.

1.4 Aufruf des Moduls RF-STAHL GB

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

Menü

Der Programmaufruf kann erfolgen über das RFEM-Menü

Zusatzmodule → Stahlbau → RF-STAHL GB.

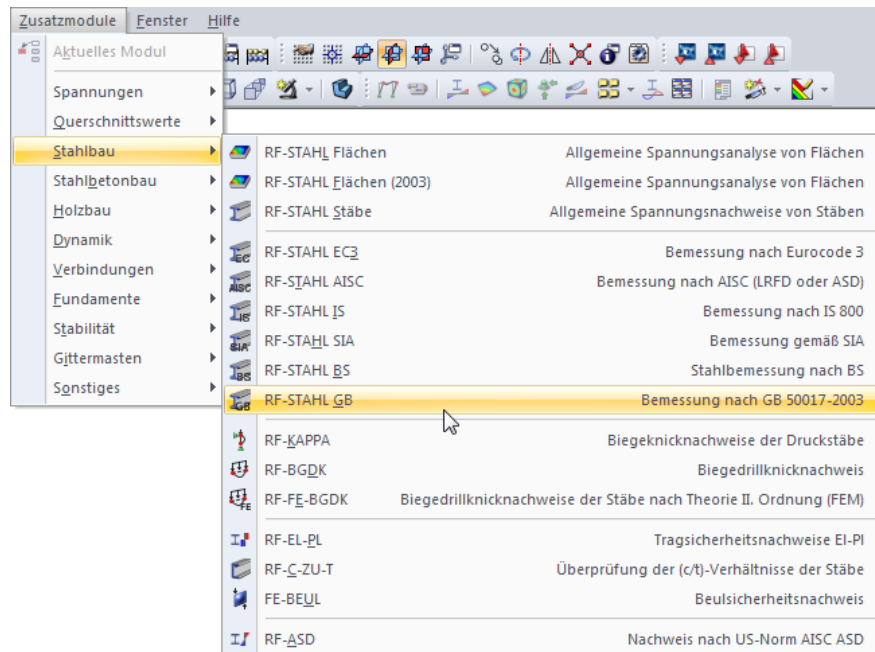


Bild 1.1: Menü: Zusatzmodule → Stahlbau → RF-STAHL GB

Navigator

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

Zusatzmodule → RF-STAHL GB.

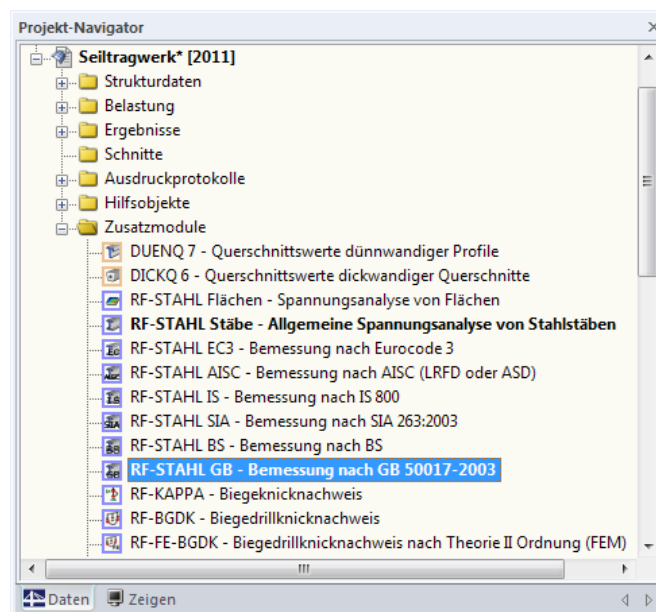
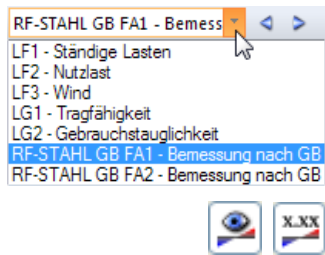


Bild 1.2: Daten-Navigator: Zusatzmodule → RF-STAHL GB



RF-STAHL GB

Panel

Falls in der RFEM-Position bereits Ergebnisse für RF-STAHL GB vorliegen, so stellen Sie den relevanten RF-STAHL GB-Bemessungsfall in der Lastfallliste der Menüleiste ein. Über die Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] kann dann das Nachweiskriterium an den Stäben grafisch angezeigt werden.

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

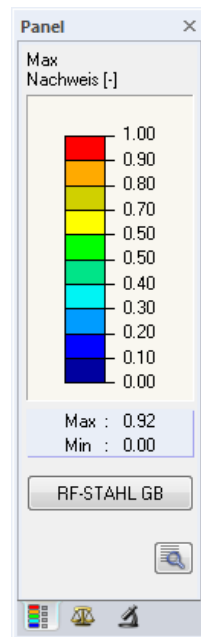


Bild 1.3: Panel-Schaltfläche [RF-STAHL GB]

2. Eingabedaten



Die Bemessungsfälle sind in mehreren Eingabemasken zu definieren. Für Stäbe und Stabsätze wird unterstützend die [Pick]-Funktion zur grafischen Auswahl angeboten.

Nach dem Aufruf von RF-STAHl GB wird in einem neuen Fenster links ein Navigator angezeigt, der alle aktuell verfügbaren Masken verwaltet. Darüber befindet sich eine Pulldown-liste mit den eventuell bereits vorhandenen Bemessungsfällen (siehe Kapitel 7.1, Seite 53).

Wird RF-STAHl GB zum ersten Mal in einer RFEM-Position aufgerufen, liest das Zusatzmodul folgende bemessungsrelevante Daten automatisch ein:

- Stäbe und Stabsätze
- Lastfälle, Lastfallgruppen und -kombinationen
- Materialien
- Querschnitte
- Schnittgrößen (im Hintergrund – sofern berechnet)



Die Ansteuerung der Masken erfolgt entweder durch Anklicken eines bestimmten Eintrags im RF-STAHl GB-Navigator oder durch Blättern mit den beiden links dargestellten Schaltflächen. Die Funktionstasten [F2] und [F3] blättern ebenso eine Maske vorwärts oder zurück.

Mit [OK] werden die getroffenen Eingaben gesichert und das Modul RF-STAHl GB verlassen. [Abbrechen] beendet das Zusatzmodul, ohne die Daten zu speichern.

OK

Abbrechen

2.1 Basisangaben

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

2.1.1 Tragfähigkeit

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

Bemessen



Die Bemessung kann sowohl für *Stäbe* als auch für *Stabsätze* erfolgen. Falls nur bestimmte Objekte bemessen werden sollen, ist das Kontrollfeld *Alle* zu deaktivieren. Damit werden die beiden Eingabefelder zugänglich, in die die Nummern der relevanten Stäbe oder Stabsätze eingetragen werden können. Über die Schaltfläche [Pick] ist auch die grafische Auswahl im RFEM-Arbeitsfenster möglich. Die Liste der voreingestellten Stabnummern kann schnell per Doppelklick selektiert und dann durch manuelle Eingaben überschrieben werden.



Falls in RFEM kein Stabsatz definiert wurde, kann dieser mit der Schaltfläche [Neu] auch in RF-STAHl GB angelegt werden. Es erscheint der aus RFEM bekannte Dialog zur Eingabe eines neuen Stabsatzes, in dem die weiteren Angaben zu treffen sind.

Bei der Bemessung eines Stabsatzes werden die Extremwerte der Nachweise aller im Stabsatz enthaltenen Stäbe ermittelt sowie die Randbedingungen anschließender Stäbe für Stabilitätsuntersuchungen berücksichtigt. Nach der Berechnung erscheinen die zusätzlichen Ergebnismasken 2.3 *Nachweise stabsatzweise*, 3.2 *Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise* und 4.2 *Stückliste stabsatzweise*.

Vorhandene Lastfälle / Lastfallgruppen und -kombinationen



In diesen beiden Abschnitten werden alle in RFEM definierten Lastfälle, LF-Gruppen und LF-Kombinationen aufgelistet, die für die Bemessung infrage kommen. Mit der Schaltfläche [►] lassen sich selektierte Lastfälle, LF-Gruppen oder LF-Kombinationen in die Liste *Zu Bemessen* nach rechts übertragen. Die Übergabe kann auch per Doppelklick erfolgen. Die Schaltfläche [►►] übergibt die komplette Liste nach rechts.

Falls Lastfälle oder Lastfallkombinationen mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet sind wie beispielsweise LF 2 im Bild 2.1, so können diese nicht bemessen werden. Dies sind Lastfälle ohne Belastungsdaten (wie im Beispiel) oder reine Imperfektionslastfälle.



Bitte beachten Sie, dass nur Lastfallkombinationen zur Bemessung zugelassen sind, für die eindeutige Minima und Maxima ermittelt werden können (d. h. Alternativkombinationen mit dem Überlagerungskriterium *Ständig*). Diese Einschränkung ist notwendig, da zur Bestimmung des idealen Biegedrillknickmoments eine eindeutige Zuordnung der Momentenverläufe benötigt wird. Wird eine unzulässige Lastfallkombination ausgewählt, erscheint folgende Fehlermeldung:

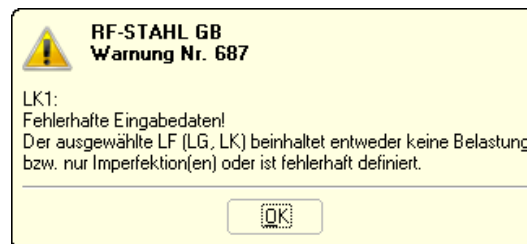


Bild 2.2: Warnhinweis bei Auswahl einer *ungültigen* Lastfallkombination

Eine Mehrfachauswahl von Lastfällen ist über die bekannte Windows-Funktion mit gedrückter [Strg]-Taste möglich. Dadurch lassen sich mehrere Lastfälle gleichzeitig übergeben.

Zu bemessen



In der rechten Spalte werden die zur Bemessung ausgewählten Einwirkungen aufgelistet. Mit der Schaltfläche [◄] lassen sich selektierte Einträge wieder aus der Liste entfernen. Auch hier kann die Auswahl per Doppelklick erfolgen. Die Schaltfläche [◄◄] leert die ganze Liste.

Bemessungskombination

Die einzelnen Lastfälle, LF-Gruppen und -Kombinationen können unterschiedlichen Bemessungssituationen zugewiesen werden: Zunächst ist die relevante Einwirkung in der Tabelle *Zu bemessen* zu selektieren. Mit einem Klick auf den blauen Haken [✓] wird dann die gewählte Bemessungskombination zugewiesen. Folgende Kriterien nach GB 50009-2001 [2] stehen zur Wahl:

- Grundkombination (GV), gesteuert aus veränderliche Lasten – Abschnitt 3.2.3-1
- Grundkombination (GS), gesteuert aus ständigen Lasten – Abschnitt 3.2.3-2
- Außergewöhnliche Kombination (AU) – Abschnitt 3.2.6

Die jeweiligen Sicherheitsbeiwerte sind in GB 50009-2001 [2], Abschnitt 3.2 geregelt.

Die Bemessung einer einhüllenden *Oder*-Lastfallkombination verläuft schneller als die aller pauschal übernommenen Lastfälle oder Lastfallgruppen. Dabei ist jedoch die oben erwähnte Einschränkung zu beachten: Um ein eindeutiges Maximum oder Minimum bestimmen zu können, darf die *Oder*-LK ausschließlich mit dem Kriterium *Ständig* überlagerte Lastfälle, LF-Gruppen oder LF-Kombinationen enthalten. Ferner ist zu bedenken, dass bei der Bemessung einer LF-Kombination der Einfluss der enthaltenen Einwirkungen nur schwer erkennbar ist.

2.1.2 Gebrauchstauglichkeit

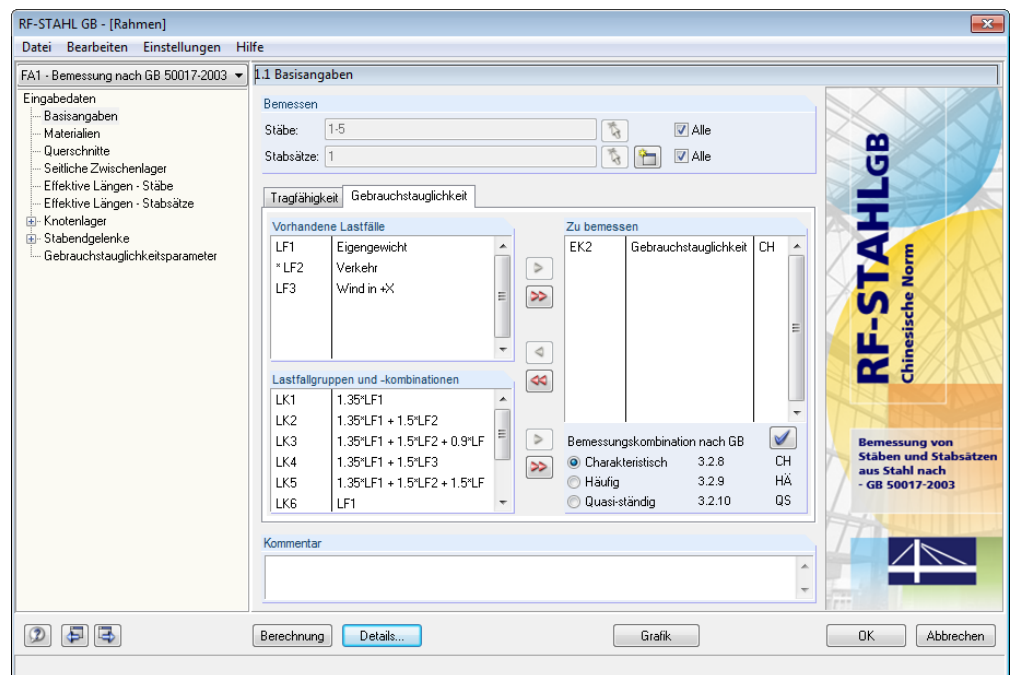


Bild 2.3: Maske 1.1 *Basisangaben*, Register *Gebrauchstauglichkeit*

Vorhandene Lastfälle / Lastfallgruppen und -kombinationen

In diesen beiden Abschnitten sind alle Lastfälle, Lastfallgruppen und Lastfallkombinationen aufgelistet, die in RFEM angelegt wurden.

Zu bemessen

Das Hinzufügen oder Entfernen von Lastfällen, LF-Gruppen und LF-Kombinationen erfolgt wie im vorherigen Kapitel 2.1.1 beschrieben.



Bemessungskombination nach GB

Den einzelnen Lastfällen, LF-Gruppen und -Kombinationen können unterschiedliche Grenzwerte für die Durchbiegung zugewiesen werden. Zunächst ist die relevante Einwirkung in Tabelle *Zu bemessen* zu selektieren. Mit einem Klick auf den blauen Haken  wird dann die gewählte Bemessungskombination zugewiesen. Folgende Kriterien nach GB 50009-2001 [2] stehen zur Wahl:

- Charakteristisch (CH)
- Häufig (HÄ)
- Quasi-ständig (QS)

Die Grenzwerte der Verformungen sind im Nationalen Standard GB 50017-2003, Anhang A.1 geregelt und können im Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit* (siehe Bild 3.4, Seite 32) für die unterschiedlichen Bemessungssituationen angepasst werden.

Die für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit maßgebenden Bezugslängen werden in Maske 1.8 verwaltet (siehe Kapitel 2.7, Seite 24).

Kommentar

Dieses Eingabefeld steht für eine benutzerdefinierte Anmerkung zur Verfügung, um beispielsweise die Einwirkungskombinationen des aktuellen Bemessungsfalls zu erläutern.

2.2 Materialien

Diese Maske ist zweigeteilt. Im oberen Abschnitt sind die zur Bemessung vorgesehenen Materialien aufgelistet. Im Abschnitt *Materialkennwerte* unterhalb werden die Eigenschaften des aktuellen Materials angezeigt, d. h. des Materials, dessen Zeile im oberen Abschnitt selektiert ist.

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

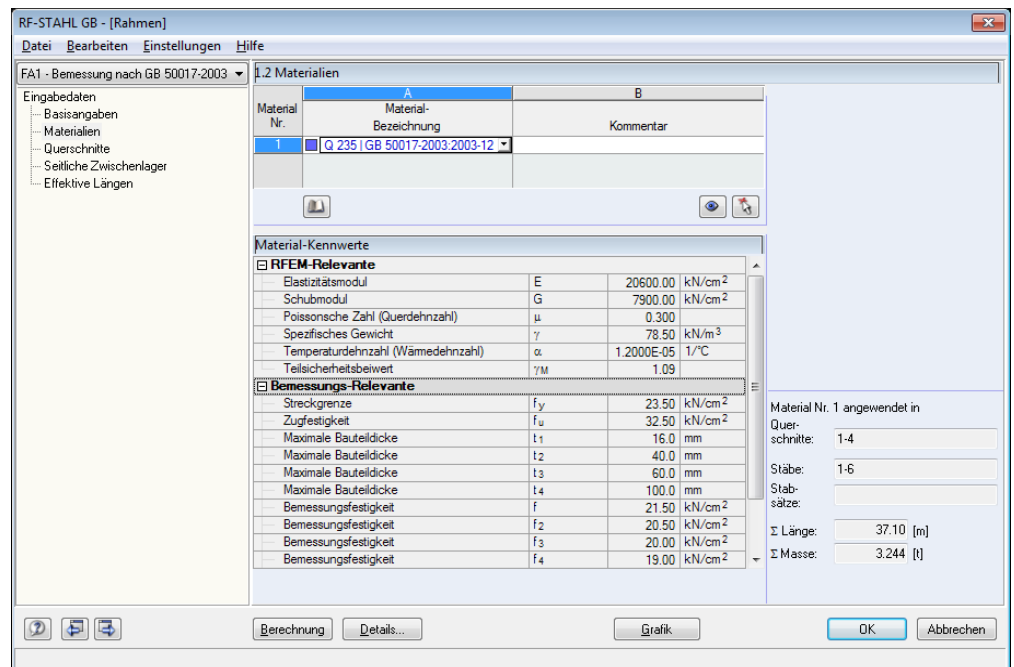


Bild 2.4: Maske 1.2 *Materialien*

Die zur Schnittgrößenermittlung in RFEM benötigten Materialkennwerte sind im Kapitel 5.3 des RFEM-Handbuchs ausführlich beschrieben. Die bemessungsrelevanten Materialeigen-

schaften werden in der globalen Materialbibliothek mit gespeichert und sie sind automatisch voreingestellt.

Die Einheiten und Nachkommastellen der Materialkennwerte und Spannungen lassen sich über Menü **Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen** ändern (siehe Kapitel 7.4, Seite 58).

Materialbezeichnung

Die in RFEM definierten Materialien sind voreingestellt. Wenn die *Materialbezeichnung* geändert wird und der manuelle Eintrag in der Materialbibliothek verzeichnet ist, liest RF-STAHl GB die Materialkennwerte ein.

Ein Material kann über die Liste geändert werden: Platzieren Sie den Cursor in Spalte A und klicken dann auf die Schaltfläche [▼] oder betätigen die Funktionstaste [F7], um die links dargestellte Liste zu öffnen. Nach der Übernahme werden die bemessungsrelevanten Kennwerte aktualisiert.

Die Liste enthält gemäß Bemessungskonzept der Norm GB 50017-2003 nur Materialien der Kategorie **Stahl**. Die Übernahme von Materialien aus der Bibliothek ist unten beschrieben.

Die Materialeigenschaften sind in RF-STAHl GB grundsätzlich nicht editierbar.

Materialbibliothek

Eine Vielzahl von Materialien ist in einer Bibliothek hinterlegt. Sie wird aufgerufen über Menü

Bearbeiten → **Materialbibliothek**

oder die links dargestellte Schaltfläche.

A	Material- Bezeichnung
▼	Baustahl Q 235 GB 50017-2003:2003-12
	Baustahl Q235 D GB/T 700-20
	Baustahl Q345 A GB/T 1591-9
	Baustahl Q345 B GB/T 1591-9
	Baustahl Q345 C GB/T 1591-9
	Baustahl Q345 D GB/T 1591-9
	Baustahl Q235 B (ALSTOM Power) GB/T 700-20
	Baustahl Q 235 GB 50017-20
	Baustahl Q 345 GB 50017-20
	Baustahl Q 390 GB 50017-20
	Baustahl Q 420 GB 50017-20



Material-Kategorie:

Stahl

Norm-Gruppe:

GB/T

Norm:

Alle

Anzeigen:

☐ Materialien von 'alten' Normen
☐ Nur Favoriten...

Material zum Übernehmen

Baustahl Q235 A	GB/T 700-2006:2006
Baustahl Q235 B	GB/T 700-2006:2006
Baustahl Q235 C	GB/T 700-2006:2006
Baustahl Q235 D	GB/T 700-2006:2006
Baustahl Q345 A	GB/T 1591-94:1994
Baustahl Q345 B	GB/T 1591-94:1994
Baustahl Q345 C	GB/T 1591-94:1994
Baustahl Q345 D	GB/T 1591-94:1994
Baustahl Q235 B (ALSTOM Power)	GB/T 700-2006:2006
Baustahl Q 235	GB 50017-2003:2003-12
Baustahl Q 345	GB 50017-2003:2003-12

Materialkennwerte

Baustahl Q 235 | GB 50017-2003:2003-12

RFEM-Relevante

Elastizitätsmodul	E	20600.00	kN/cm ²
Schubmodul	G	7900.00	kN/cm ²
Poissonsche Zahl (Querdehnzahl)	μ	0.300	
Spezifisches Gewicht	γ	78.50	kN/m ³
Temperaturdehnzahl (Wärmedehnzahl)	α	1.2000E-05	1/°C
Teilsicherheitsbeiwert	γ_M	1.09	

Bemessungs-Relevante

Streckgrenze	f_y	23.50	kN/cm ²
Zugfestigkeit	f_u	32.50	kN/cm ²
Maximale Bauteildicke	t_1	16.0	mm
Maximale Bauteildicke	t_2	40.0	mm
Maximale Bauteildicke	t_3	60.0	mm
Maximale Bauteildicke	t_4	100.0	mm
Bemessungsfestigkeit	f	21.50	kN/cm ²

Bild 2.5: Dialog *Material aus Bibliothek übernehmen*

OK

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.

Mit [OK] oder [↵] wird das gewählte Material in die RF-STAHl GB-Maske 1.2 übernommen.

Im Kapitel 5.3 des RFEM-Handbuchs ist ausführlich beschrieben, wie Materialien gefiltert, ergänzt oder neu sortiert werden können.

In der Bibliothek lassen sich auch Materialien der Kategorien *Gusseisen* und *Nichtrostender Stahl* auswählen. Für die Bemessung sollte jedoch überprüft werden, ob diese Materialien vom Bemessungskonzept der Norm GB 50017-2003 Kapitel 3.4, 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

In dieser Maske werden die für die Bemessung infrage kommenden Querschnitte verwaltet. Des Weiteren können hier Optimierungsparameter festgelegt werden.

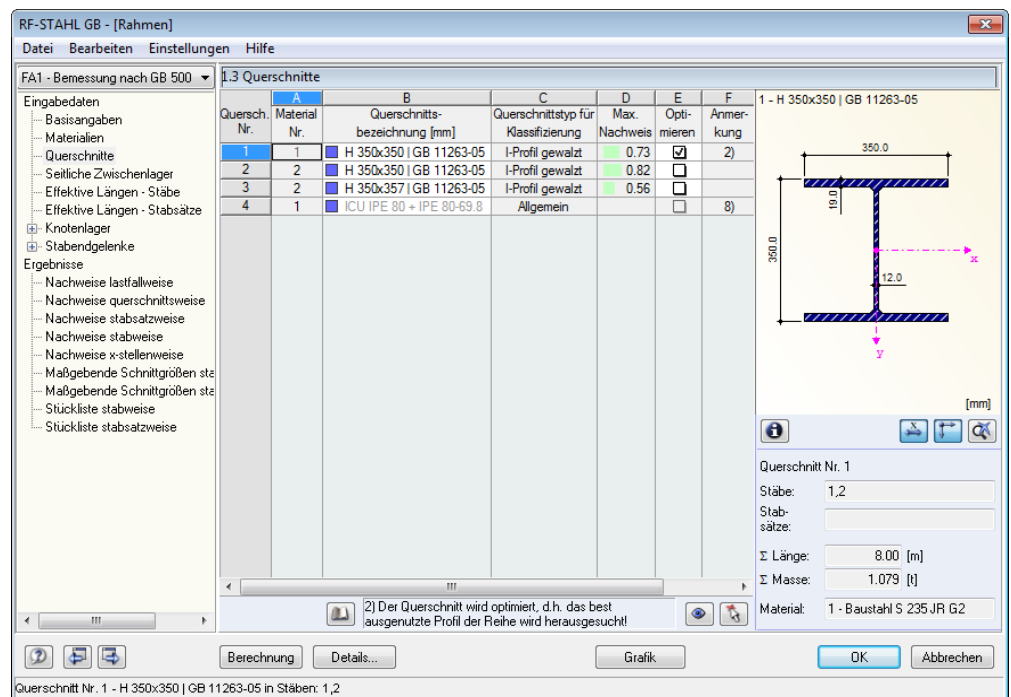


Bild 2.6: Maske 1.3 Querschnitte

Querschnittsbezeichnung

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

Die Querschnitte können für die Bemessung jederzeit abgeändert werden. Die Bezeichnung eines modifizierten Querschnitts wird in dieser Spalte mit blauer Schrift hervorgehoben. Ein unzulässiges Profil (z. B. massiver Querschnitt) wird in roter Schrift dargestellt.

Um ein Profil zu ändern, ist die neue Querschnittsbezeichnung in die entsprechende Zeile einzutragen oder das Profil in der Bibliothek auszuwählen. Die Bibliothek lässt sich wie aus RFEM gewohnt mit der Schaltfläche [Querschnittsbibliothek] aufrufen. Sie können auch den Cursor in die relevante Zeile setzen und dann [...] oder die Funktionstaste [F7] drücken. Es erscheint die RFEM-Querschnittsbibliothek bzw. die Profilvereihe des Eingabefeldes.

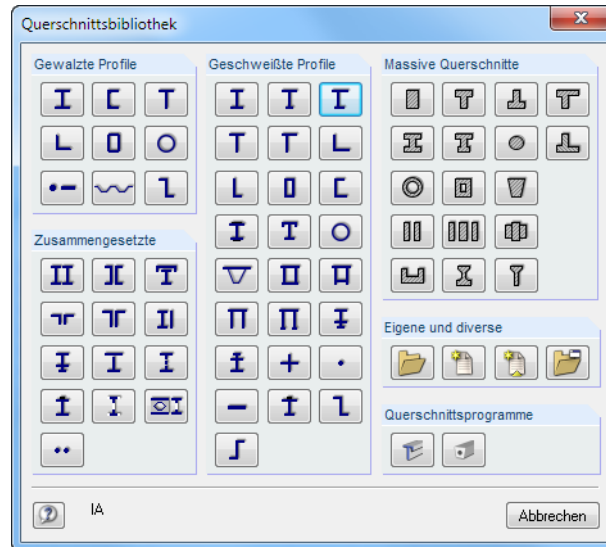
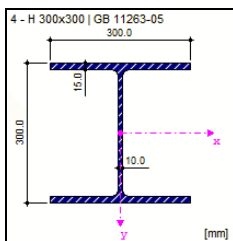
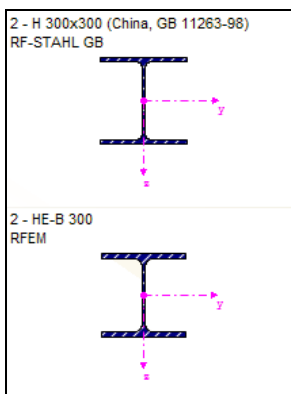


Bild 2.7: Querschnittsbibliothek

Die Auswahl von Querschnitten aus der Bibliothek ist im Kapitel 5.3 des RFEM-Handbuchs ausführlich beschrieben.

RF-STABL GB führt auch die Nachweis für DUENQ-Profile durch. Dabei werden für jedes Element des DUENQ-Querschnitts sechs Spannungspunkte untersucht.

Liegen unterschiedliche Querschnitte in RF-STABL GB und RFEM vor, zeigt die Grafik rechts in der Maske beide Profile an. Die Nachweise erfolgen mit den RFEM-Schnittgrößen für das in RF-STABL GB gewählte Profil.

Lokales Koordinatensystem

Die Achsen des lokalen Querschnittskordinatensystems nach GB 50017-2003 unterscheiden sich von den üblichen RFEM-Konventionen, denn die Längsrichtung des Stabes ist in dieser Norm als z-Achse festgelegt. In der Querschnittsgrafik werden die Achsen x und y wie links dargestellt angezeigt.

Das Koordinatensystem in RFEM wird von dieser Regelung nicht berührt (siehe Bild 2.12).

Bei den Nachweisen werden die Ergebnisse nach dem Querschnittskordinatensystem gemäß GB 50017-2003 ausgegeben.

Stab mit Voutenquerschnitt

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

RF-STABL GB führt auch die Bemessung von Voutenstäben durch, sofern die gleiche Anzahl an Spannungspunkten für den Anfangs- und Endquerschnitt vorliegt: Die Normalspannungen beispielsweise werden aus den Trägheitsmomenten und den Schwerpunktabständen der Spannungspunkte ermittelt.

Liegt für den Anfangs- und Endquerschnitt eines Voutenstabes eine unterschiedliche Anzahl an Spannungspunkten vor, kann RF-STABL GB die Zwischenwerte nicht interpolieren. Eine Berechnung ist weder in RFEM noch in RF-STABL GB möglich; es wird eine entsprechende Fehlermeldung eingeblendet (siehe Bild 2.8).

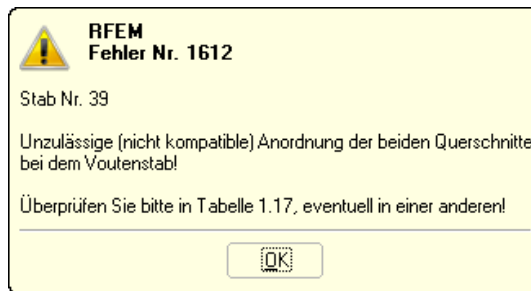


Bild 2.8: Fehlermeldung bei inkompatiblen Voutenquerschnitten



Die Profil-Spannungspunkte mitsamt Nummerierung lassen sich grafisch überprüfen: Selektieren Sie in Maske 1.3 den gewünschten Querschnitt und drücken dann die Schaltfläche [Info]. Es öffnet sich der im Bild 2.9 gezeigte Dialog *Info über Querschnitt*.

Info über Querschnitt

In diesem Dialog besteht die Möglichkeit, Spannungspunkte und Querschnittsteile für den (c/t)-Nachweis – in RF-STAHl GB als (b/t) oder (h/t) bezeichnet – anzuzeigen.

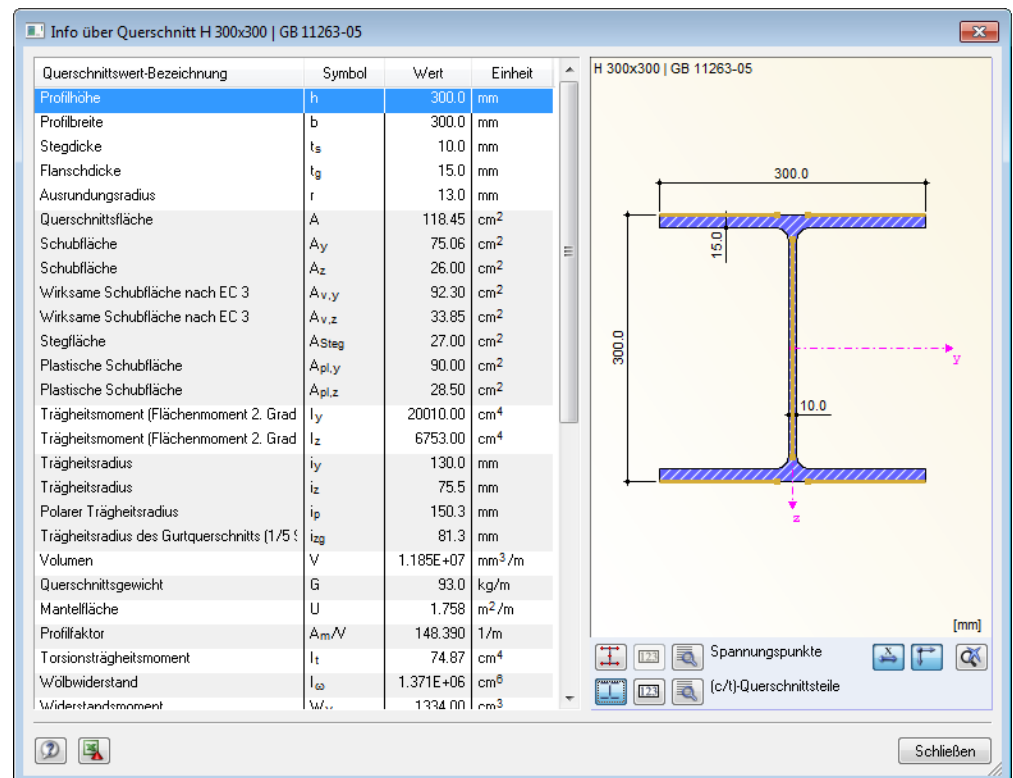


Bild 2.9: Dialog *Info über Querschnitt*

Im linken Abschnitt werden die Kennwerte des aktuellen Querschnitts aufgelistet.

Die Schaltflächen rechts unterhalb der Grafik sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Funktion
	Die Spannungspunkte werden angezeigt oder ausgeblendet.
	Die (c/t)-Querschnittsteile werden angezeigt oder ausgeblendet.
	Die Nummerierung der Spannungspunkte bzw. (c/t)-Querschnittsteile wird ein- oder ausgeblendet.
	Die Details der Spannungspunkte bzw. (c/t)-Querschnittsteile wird ein- oder ausgeblendet.
	Die Bemaßung des Querschnitts wird ein- oder ausgeblendet.
	Die Hauptachsen des Profils werden ein- oder ausgeschaltet.
	Die Gesamtansicht des Querschnitts wird wiederhergestellt.

Tabelle 2.1: Schaltflächen der Querschnittsgrafik

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

Jedes Profil der Bibliothek kann einem Optimierungsprozess unterworfen werden. Dabei wird mit den RFEM-Schnittgrößen das Profil der gleichen Querschnittsreihe ermittelt, das der maximalen Ausnutzung am nächsten kommt, die im Register *Diverse* des Dialogs *Details* vorgegeben ist (siehe Bild 3.5, Seite 33).

Um einen Querschnitt zu optimieren, ist das entsprechende Kontrollfeld in Spalte D bzw. E zu aktivieren. Empfehlungen zur Profilloptimierung finden Sie im Kapitel 7.2 auf Seite 55.

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 Querschnitt vor, der nicht in der Profildatenbank registriert ist. Dabei kann es sich um einen eigendefinierten oder nicht berechneten DUENQ-Querschnitt handeln. Über die Schaltfläche [...] in Spalte B *Querschnittsbezeichnung* kann dann ein geeignetes Profil für die Bemessung eingestellt werden (siehe Bild 2.7).

Details...



2.4 Seitliche Zwischenlager

In Maske 1.4 können seitliche Zwischenlager für Stäbe definiert werden. Diese Lagerung nimmt das Programm immer senkrecht zur schwachen Achse z des Querschnitts an (siehe Bild 2.9). Dadurch lassen sich die effektiven Längen des Stabes beeinflussen, die für die Stabilitätsuntersuchungen auf Biegeknicken und Biegedrillknicken von Bedeutung sind.

Die seitlichen Zwischenlager werden bei der Berechnung stets als Gabelagerungen berücksichtigt.

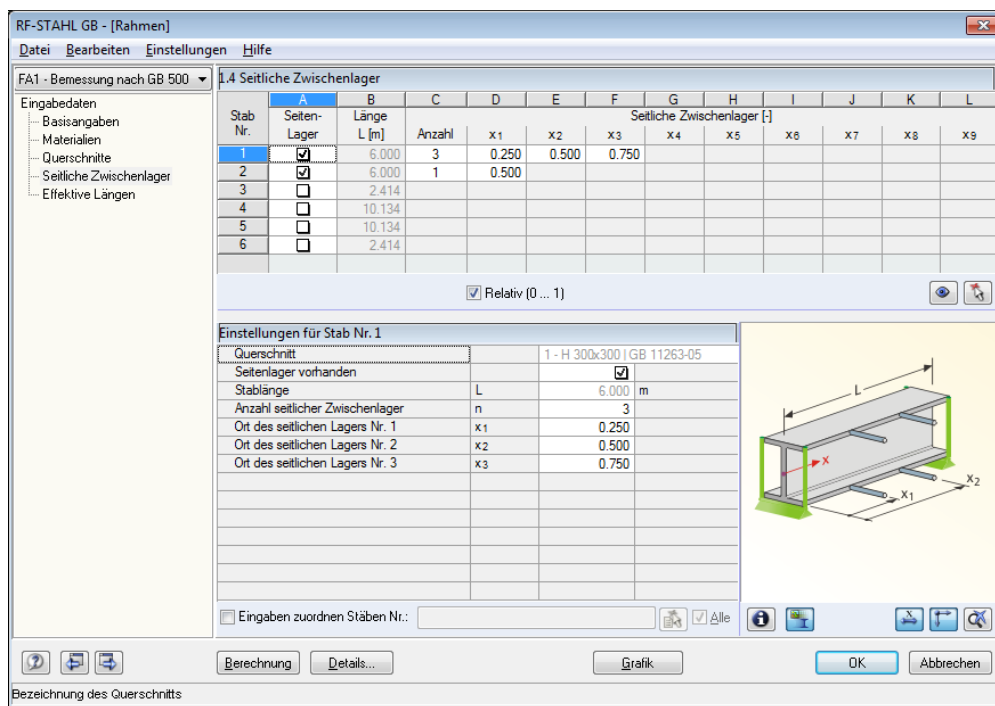
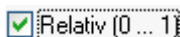



Bild 2.10: Maske 1.4 *Seitliche Zwischenlager*

Im oberen Teil der Maske besteht die Möglichkeit, bis zu neun seitliche Zwischenlager je Stab zu erzeugen. Der untere Teil bietet eine Zusammenfassung der Eingaben für den Stab, der oben selektiert ist.

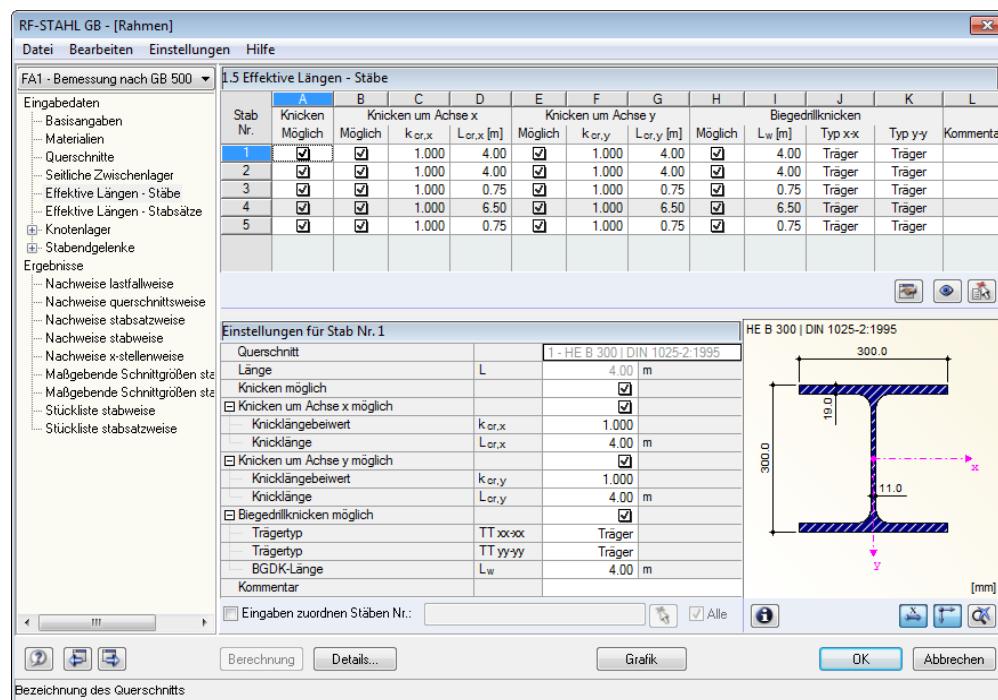


Die seitlichen Zwischenlager können entweder direkt durch die Eingabe der Abstände oder über eine Relativeingabe der Lagerpunkte definiert werden. Für letztgenannte Option ist das Kontrollfeld *Relativ (0 ... 1)* anzuhaken. Die Position des Lagers wird dann aus der Stablänge und den angegebenen Intervallen ermittelt.

Wird für gerade Stabsätze die *Stabähnliche Eingabe* verwendet (siehe Dialog *Details*, Register *Stabilität* wie im Bild 3.3 auf Seite 29 dargestellt), können seitliche Zwischenlager an jeden Zwischenknoten eines jeden Stabsatzes angeordnet werden. Ist dies nicht der Fall, lassen sich keine seitlichen Zwischenlager direkt an den Knoten platzieren.

2.5 Effektive Längen - Stäbe

Die Maske 1.5 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit zweigeteilt: Die Tabelle im oberen Teil enthält zusammenfassende Angaben zu den Knick- und Biegedrillknicklängenbeiwerten sowie den Ersatzstablängen der zu bemessenden Stäbe. Im unteren Teil der Maske werden detaillierte Informationen zu dem Stab angezeigt, der in der oberen Tabelle selektiert ist.



1.5 Effektive Längen - Stäbe

Stab Nr.	Knicken Möglich	Knicken um Achse x Möglich	$k_{or,x}$	$L_{or,x}$ [m]	Knicken um Achse y Möglich	$k_{or,y}$	$L_{or,y}$ [m]	Biegedrillknicken Möglich	L_w [m]	Typ x-x	Typ y-y	Kommenta
1	☒	☒	1.000	4.00	☒	1.000	4.00	☒	4.00	Träger	Träger	
2	☒	☒	1.000	4.00	☒	1.000	4.00	☒	4.00	Träger	Träger	
3	☒	☒	1.000	0.75	☒	1.000	0.75	☒	0.75	Träger	Träger	
4	☒	☒	1.000	6.50	☒	1.000	6.50	☒	6.50	Träger	Träger	
5	☒	☒	1.000	0.75	☒	1.000	0.75	☒	0.75	Träger	Träger	

Einstellungen für Stab Nr. 1

Querschnitt: 1 - HE B 300 | DIN 1025-2:1995

Länge: L 4.00 m

Knicken möglich: ☒

Knicken um Achse x möglich: ☒

Knicklängenbeiwert: $k_{or,x}$ 1.000

Knicklänge: $L_{or,x}$ 4.00 m

Knicken um Achse y möglich: ☒

Knicklängenbeiwert: $k_{or,y}$ 1.000

Knicklänge: $L_{or,y}$ 4.00 m

Biegedrillknicken möglich: ☒

Trägertyp: TT xx-xx Träger

Trägertyp: TT yy-yy Träger

BGDK-Länge: L_w 4.00 m

Kommentar:

☐ Eingaben zuordnen Stäben Nr.: ☐ Alle

Buttons: Berechnung, Details..., Grafik, OK, Abbrechen

Bezeichnung des Querschnitts: HE B 300 | DIN 1025-2:1995

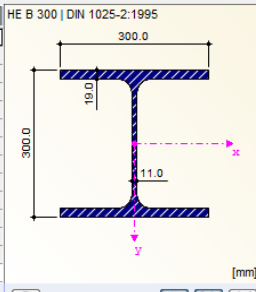


Bild 2.11: Maske 1.5 Effektive Längen - Stäbe

Die effektiven Stablängen für das Knicken senkrecht zur starken Achse werden automatisch mit den Eingaben in Maske 1.4 abgeglichen. Teilen seitliche Zwischenlager den Stab in unterschiedlich lange Abschnitte, wird in den entsprechenden Spalten G und L der Maske 1.5 kein Wert angegeben.

Änderungen der Knicklängenbeiwerte können sowohl in der zusammenfassenden Tabelle oben als auch in den Detailsinstellungen unten vorgenommen werden. Die entsprechende Angabe im anderen Bereich der Maske wird dabei automatisch aktualisiert. Die Knicklänge eines Stabes lässt sich auch grafisch über die [Pick]-Funktion festlegen.

Die Baumstruktur des unteren Maskenbereichs *Einstellungen* enthält folgende Parameter:

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

Es besteht die Möglichkeit, den *Knicklängenbeiwert* einer jeden Richtung sowie die *BGDK-Länge* anzupassen und anzugeben, ob generell ein Knick- oder Biegedrillknicknachweis geführt werden soll. Bei einer Änderung des Knicklängenbeiwerts wird die Ersatzstablänge automatisch angepasst.

Knicken möglich

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

Die Spalte *Knicken möglich* bietet eine Steuerungsmöglichkeit, Stäbe als Druckstäbe zu klassifiziert bzw. vom Nachweis auszuklammern. Die Kontrollfelder in Spalte A und in der Tabelle *Einstellungen für Stab* regeln somit für jeden Stab, ob die Eingabefelder zur Definition der Knicklängenparameter zugänglich sind.

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 2.6). Im RFEM-Arbeitsfenster, das über die Schaltfläche [Grafik] zugänglich ist, können die lokalen Stabachsen über den Zeigen-Navigator eingeblendet werden.

Grafik

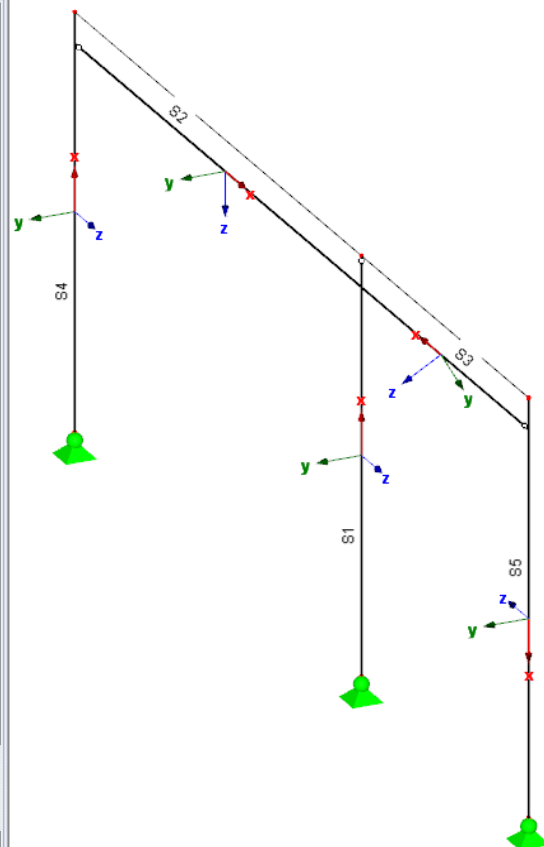
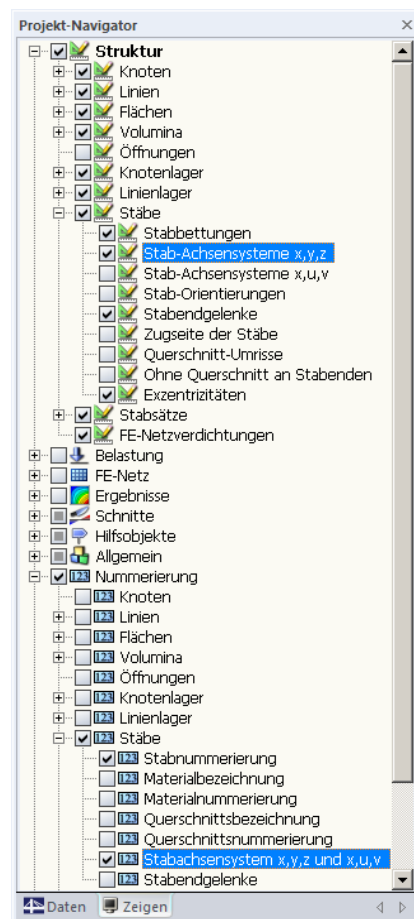


Bild 2.12: Aktivieren der lokalen Stabachsensysteme im Zeigen-Navigator von RFEM



Bitte beachten Sie, dass sich die Achsen des lokalen Querschnittskoordinatensystems nach GB50017-2003 von den RFEM-Achsen unterscheiden: Die Längsrichtung des Stabes stellt in dieser Norm nicht die x-, sondern die z-Achse dar! Bild 2.13 zeigt die Querschnittsachsen, die für die Eingabe der Knicklängenbeiwerte in RF-STAHl GB bedeutsam sind.

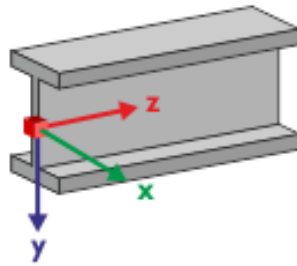


Bild 2.13: Querschnittsachsen zur Lagerdefinition mit $k_{cr,x}$ und $k_{cr,y}$

Ist das Knicken um eine oder beide Achsen möglich, können die Knicklängenbeiwerte und Knicklängen in die Spalten C und D bzw. F und G oder in Tabelle *Einstellungen für Stab* eingegeben werden.

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

Um die Knicklänge zu definieren, kann über die Schaltfläche [...] am Ende der L_{cr} -Eingabefelder der Abstand von zwei Knoten grafisch im RFEM-Arbeitsfenster bestimmt werden.

Die Knicklänge eines Stabes lässt sich auch in einem speziellen Dialog festlegen, der über die links dargestellte Schaltfläche aufgerufen wird. Diese befindet sich am Ende der oberen Tabelle.

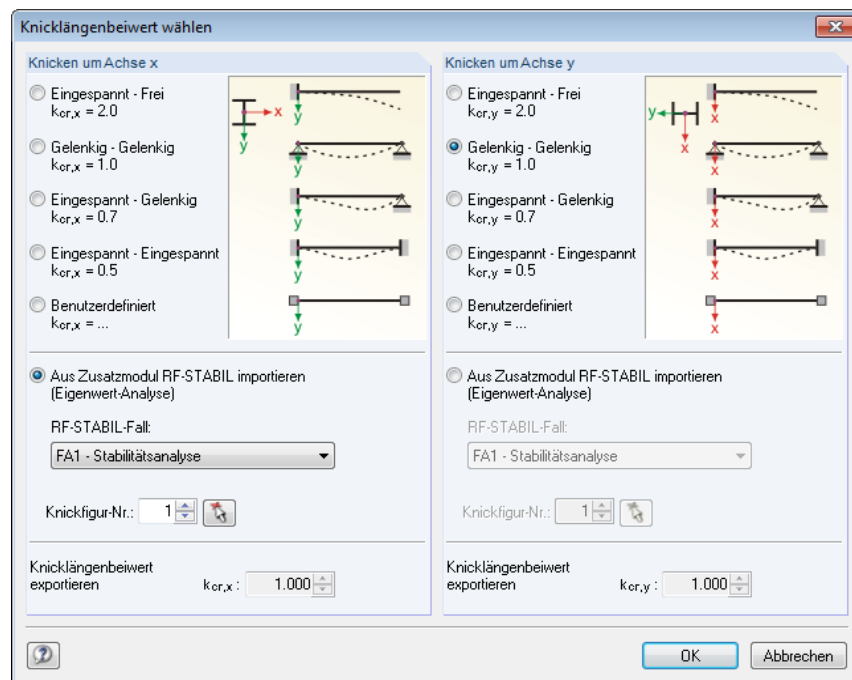


Bild 2.14: Dialog *Knicklängenbeiwert wählen*

Die vorgegebenen Beiwerte für *Knicken um Achse x* bzw. *y* basieren auf den Eulerfällen:



- | | |
|--------------------|---|
| $k_{cr,x/y} = 2,0$ | Eine Seite eingespannt und andere Seite freies Stabende |
| $k_{cr,x/y} = 1,0$ | Gabellagerung an beiden Stabenden |
| $k_{cr,x/y} = 0,7$ | Eine Seite eingespannt und andere Seite Gabellagerung |
| $k_{cr,x/y} = 0,5$ | Einspannung an beiden Stabenden |

Die Knicklängen können auch aus dem Zusatzmodul RF-STABIL importiert werden.

Eine Gabellagerung mit $k_{cr,x}=1,0$ ergibt ein Lager mit einer Festhaltung in Richtung der y-Achse (RFEM 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.



Da sich die Definitionen von $k_{cr,x}$ und $k_{cr,y}$ immer auf Stabanfang und Stabende beziehen, ist bei der Berücksichtigung von Zwischenlagern besondere Aufmerksamkeit geboten. Diese teilen den Stab für die Berechnung in einzelne Segmente. Folglich sind Zwischenlager bei Kragträgern zu vermeiden, denn hier würden einseitig gabelgelagerte Segmente entstehen, die statisch unterbestimmt sind (Gabellagerung jeweils nur an einem Ende).

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 GB 50017-2003, 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 Pick-Funktion [...] ermöglicht es hier ebenfalls, die Bemessungslänge grafisch festzulegen.

Typ x-x bzw. y-y

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 Anhang B.1 oder B.4 angewandt.



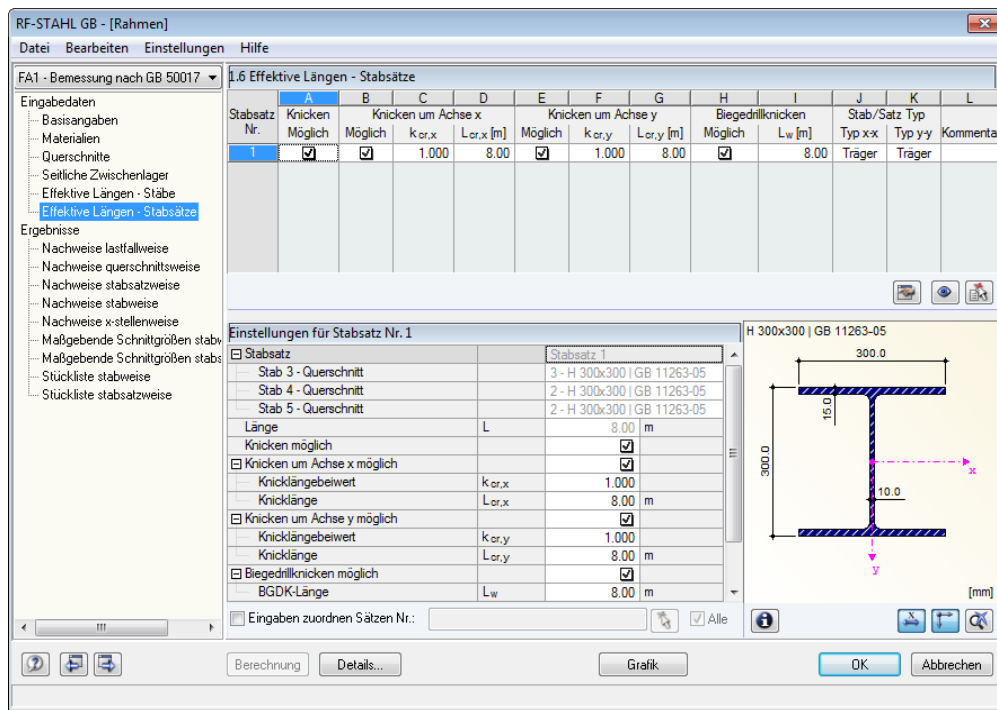
Unterhalb der *Einstellungen*-Tabelle steht das Kontrollfeld *Eingaben zuordnen Stäben Nr.* zur Verfügung. Ist dieses aktiviert, gelten die anschließend getroffenen Einstellungen für ausgewählte – manueller Eintrag der Stabnummern oder grafische Auswahl über [Pick] – bzw. *Alle* Stäbe. Diese Option ist hilfreich, um mehreren Stäben die gleichen Randbedingungen zuzuweisen. Bitte beachten Sie, dass sich bereits getroffene Einstellungen mit dieser Funktion nicht nachträglich ändern lassen.

Kommentar

In der letzten Spalte können für jeden Stab benutzerdefinierte Anmerkungen erfolgen, um beispielsweise die gewählten Ersatzstablängen näher zu erläutern.

2.6 Effektive Längen - Stabsätze

Die Maske 1.6 verwaltet die effektiven Längen von Stabsätzen. Sie wird angezeigt, wenn in Maske 1.1 *Basisangaben* mindestens ein Stabsatz zur Bemessung ausgewählt wurde.



1.6 Effektive Längen - Stabsätze

Stabsatz Nr.	Knicken	Knicken um Achse x		Knicken um Achse y		Biegedrillknicken		Stab/Satz Typ	Typ xx	Typ yy	Kommenta
	Möglich	Möglich	$k_{or,x}$	$L_{or,x}$ [m]	Möglich	$k_{or,y}$	$L_{or,y}$ [m]	Möglich	L_w [m]		
1	☒	☒	1.000	8.00	☒	1.000	8.00	☒	8.00	Träger	Träger

Einstellungen für Stabsatz Nr. 1

☒ Stabsatz	Stabsatz 1
Stab 3 - Querschnitt	3 - H 300x300 GB 11263-05
Stab 4 - Querschnitt	2 - H 300x300 GB 11263-05
Stab 5 - Querschnitt	2 - H 300x300 GB 11263-05
Länge	L 8.00 m
☒ Knicken möglich	
☒ Knicken um Achse x möglich	
Knicklängebeiwert	$k_{or,x}$ 1.000
Knicklänge	$L_{or,x}$ 8.00 m
☒ Knicken um Achse y möglich	
Knicklängebeiwert	$k_{or,y}$ 1.000
Knicklänge	$L_{or,y}$ 8.00 m
☒ Biegedrillknicken möglich	
BGDK-Länge	L_w 8.00 m

☐ Eingaben zuordnen Sätzen Nr.: ☒ Alle

Berechnung Details... Grafik OK Abbrechen

Diagramm: H 300x300 | GB 11263-05

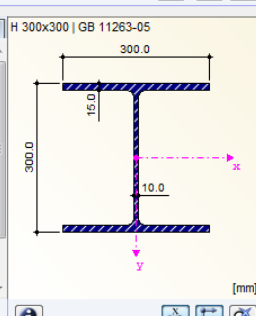


Bild 2.15: Maske 1.6 *Effektive Längen - Stabsätze*

Diese Maske ist wie die vorherige Maske 1.5 konzipiert. Die effektiven Längen für das Knicken um die beiden Hauptachsen des Stabsatzes sind wie beschrieben einzugeben.



In gleicher Weise können die Parameter L_w für den Biegedrillknicknachweis angegeben oder grafisch festgelegt werden.

2.7 Gebrauchstauglichkeitsparameter

Diese Eingabemaske steuert verschiedene Vorgaben für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit. Sie steht nur dann zur Verfügung, wenn im Register *Gebrauchstauglichkeit* der Maske 1.1 entsprechende Eingaben vorgenommen wurden (siehe Kapitel 2.1.2, Seite 11).

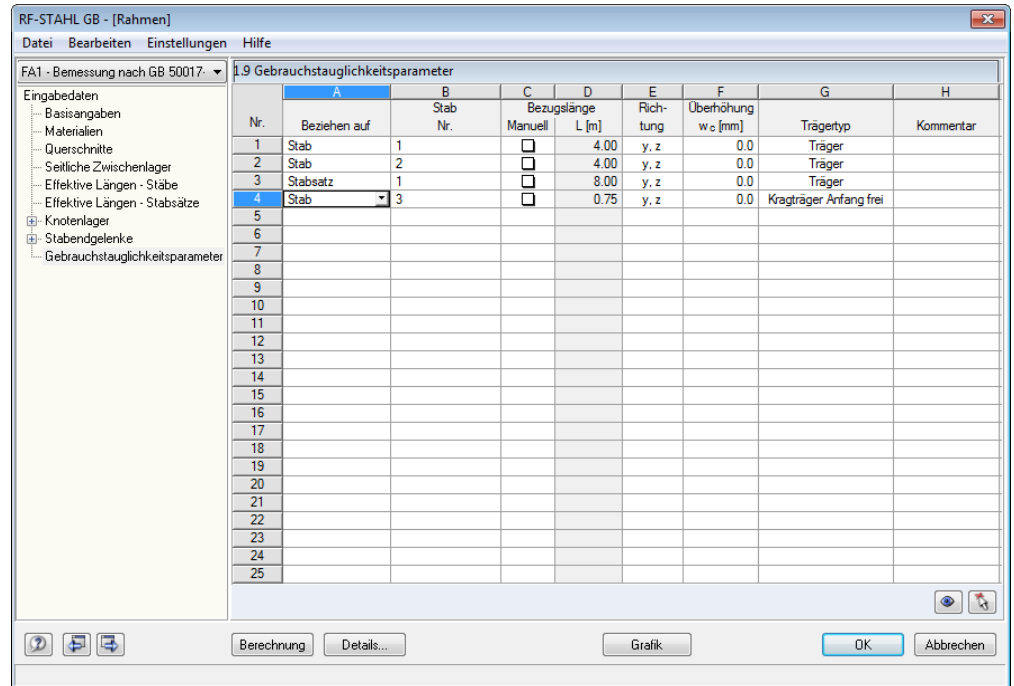


Bild 2.16: Maske 1.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter

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

In Spalte B sind die Nummern der nachzuweisenden Stäbe oder Stabsätze einzutragen bzw. über die [Pick]-Funktion im RFEM-Arbeitsfenster grafisch auszuwählen. Die entsprechende *Bezugslänge* wird dann automatisch in Spalte D eingetragen. Voreingestellt sind in dieser Spalte die Längen der Stäbe, Stabsätze bzw. Stablisten. Bei Bedarf können diese Werte nach Ankreuzen der Spalte C *Manuell* angepasst werden.

In Spalte E wird die maßgebende *Richtung* für den Verformungsnachweis festgelegt. Über Spalte F lässt sich ggf. eine *Überhöhung* w_c berücksichtigen.

Für den richtigen Ansatz der Grenzverformungen ist der *Trägertyp* von entscheidender Bedeutung. In Spalte G kann ausgewählt werden, ob ein Träger oder ein Kragträger vorliegt.

Die Vorgabe im Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit* steuert, ob die Verformungen auf das unverformte Ausgangssystem oder die verschobenen Stab- bzw. Stabsatzenden bezogen werden (siehe Bild 3.4, Seite 32).

Details...

3. Berechnung

3.1 Details

Berechnung

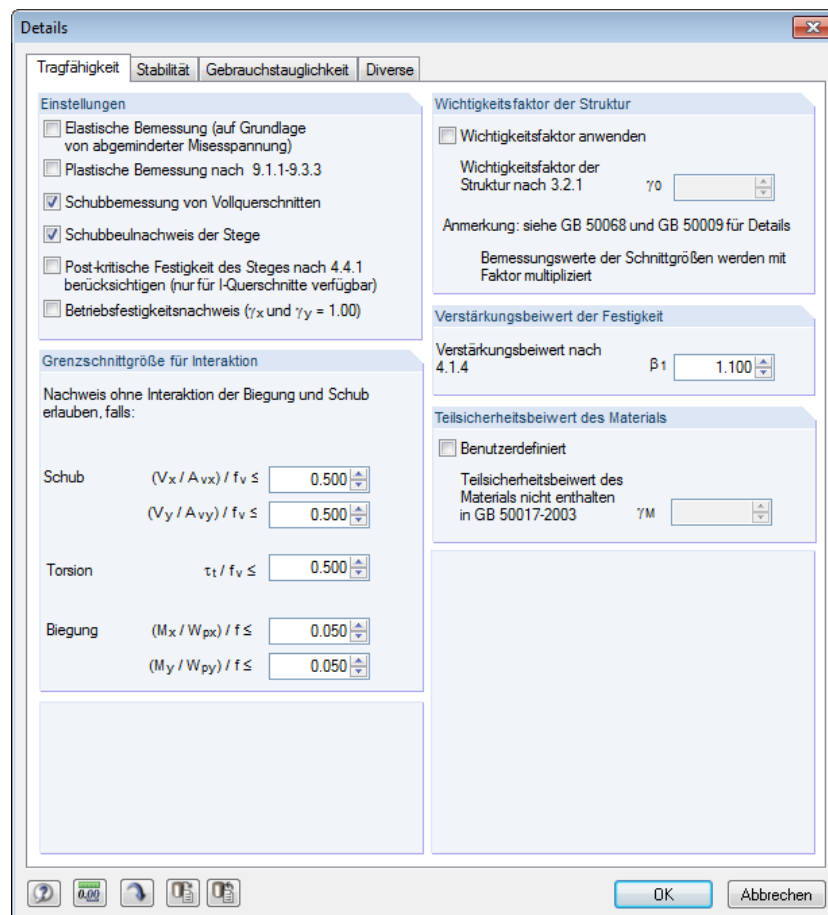
Details...

Die einzelnen Nachweise erfolgen mit den in RFEM 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
- Diverse

3.1.1 Tragfähigkeit



Details

Tragfähigkeit | Stabilität | Gebrauchstauglichkeit | Diverse

Einstellungen

- ☐ Elastische Bemessung (auf Grundlage von abgeminderter Misesspannung)
- ☐ Plastische Bemessung nach 9.1.1-9.3.3
- ☒ Schubbemessung von Vollquerschnitten
- ☒ Schubbeulnachweis der Stege
- ☐ Post-kritische Festigkeit des Steges nach 4.4.1 berücksichtigen (nur für I-Querschnitte verfügbar)
- ☐ Betriebsfestigkeitsnachweis (γ_x und $\gamma_y = 1.00$)

Grenzschnittgröße für Interaktion

Nachweis ohne Interaktion der Biegung und Schub erlauben, falls:

Schub $(V_x / A_{vx}) / f_v \leq 0.500$
 $(V_y / A_{vy}) / f_v \leq 0.500$
 Torsion $\tau_t / f_v \leq 0.500$
 Biegung $(M_x / W_{px}) / f \leq 0.050$
 $(M_y / W_{py}) / f \leq 0.050$

Wichtigkeitsfaktor der Struktur

- ☐ Wichtigkeitsfaktor anwenden
- Wichtigkeitsfaktor der Struktur nach 3.2.1 γ_0
- Anmerkung: siehe GB 50068 und GB 50009 für Details
- Bemessungswerte der Schnittgrößen werden mit Faktor multipliziert

Verstärkungsbeiwert der Festigkeit

Verstärkungsbeiwert nach 4.1.4 β_1

Teilsicherheitsbeiwert des Materials

- ☐ Benutzerdefiniert
- Teilsicherheitsbeiwert des Materials nicht enthalten in GB 50017-2003 γ_M

OK Abbrechen

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 begrenzten plastische Entwicklung des Querschnittes nicht mehr berücksichtigen 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 Krafteinleitungen sollte nach [1] Abschnitt 4.1.4 theoretisch mit berücksichtigt werden. Sie wird jedoch im Modul 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 in der Tabelle 9.1.4 erfüllt sind.

Bei den Zwischenwerte sind alle Nachweise nach [1] Abschnitt 9.1 angezeigt (siehe auch Bild 4.2, Seite 37). 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 können hier nach Theorie I. Ordnung 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, so unterbleibt der Schubbeulnachweis des Steges.

Postkritische Festigkeit des Steges berücksichtigen

Für unverteifte I- und H-Profile ist ein lokaler Nachweis des Plattenbeulens (*Post-Buckling* Nachweis nach [1]) erforderlich, 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 dieser Nachweis automatisch deaktiviert.

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 Querschnittsanpassungsfaktor γ nach [1] Abschnitt 5.2.1 abgemindert und zu 1,0 gesetzt.

GrenzschnittgröÙe

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.

GrenzschnittgröÙe

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

Schub	$(V_x / A_{vx}) / f_v \leq$	0.500
	$(V_y / A_{vy}) / f_v \leq$	0.500
Torsion	$\tau_t / f_v \leq$	0.500
Biegung	$(M_x / W_{px}) / f \leq$	0.200
	$(M_y / W_{py}) / f \leq$	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 [2] 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

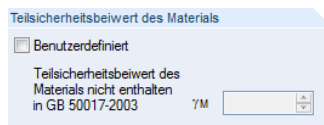
Tabelle 3.1: Wichtigkeitsfaktor γ_0

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 γ_M

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 nicht aus GB 50017-2003 zur Bemessung gewählt ist, muss dieser Teilsicherheitsbeiwert benutzerdefiniert angegeben werden; anderenfalls setzt das Programm γ_M mit 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.

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.

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

Im Kapitel 8 auf Seite 60 wird ein Rechenbeispiel für Stäbe mit Beanspruchung von Druck und Doppelbiegung vorgestellt.

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 Lastangriffspunkts berechnet werden. Die genaue Definition der Lastangriffsstelle am Profilflansch ist im Kommentar zu Tabelle B.1 Absatz 5 erläutert.

Festigkeitsabminderung

Gemäß *Guide to Stability Design of Steel Structures* [12] 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 drei Verfahren untersucht werden:

- *Keine Stabähnliche Eingabe*
Ein Biegedrillknicknachweis ist nicht möglich, die Spalten H bis I in Maske 1.6 sind nicht zugänglich. Die in Maske 1.4 für die Stäbe definierten seitlichen Zwischenlager gelten auch für den Stabsatz. Liegen unterschiedliche Stablängen im Stabsatz vor, so wird die Stabknicklänge $L_{cr,y}$ nicht angezeigt.
- *Nur für gerade Stabsätze verwenden*
Der Biegedrillknicknachweis ist nur möglich, wenn ein gerader Stabsatz vorliegt. Die Spalten H bis I in Maske 1.6 sind nicht zugänglich. Die übrigen Bemessungsvorgaben entsprechen denen der ersten Option. Es ist darauf zu achten, dass alle Stäbe des Stabsatzes den gleichen Querschnitt aufweisen.
- *Nur für gerade Stabsätze ohne seitliche Zwischenlager verwenden*
Ein Biegedrillknicknachweis ist nur für gerade Stabsätze möglich, die keine seitlichen Stützungen in Form von Zwischenlagern besitzen. Es werden somit nur Stabsätze berücksichtigt, die RFEM-Lager an den Enden besitzen. Die Spalten H bis I in Maske 1.6 sind nicht zugänglich. Die übrigen Bemessungsvorgaben entsprechen denen der ersten Option.

Klassifizierung geschweißter Querschnitte

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.

Grenzbeanspruchungen 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 $(M_y / W_y) / f$ 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.

3.1.3 Gebrauchstauglichkeit



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

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.

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.

3.1.4 Diverse

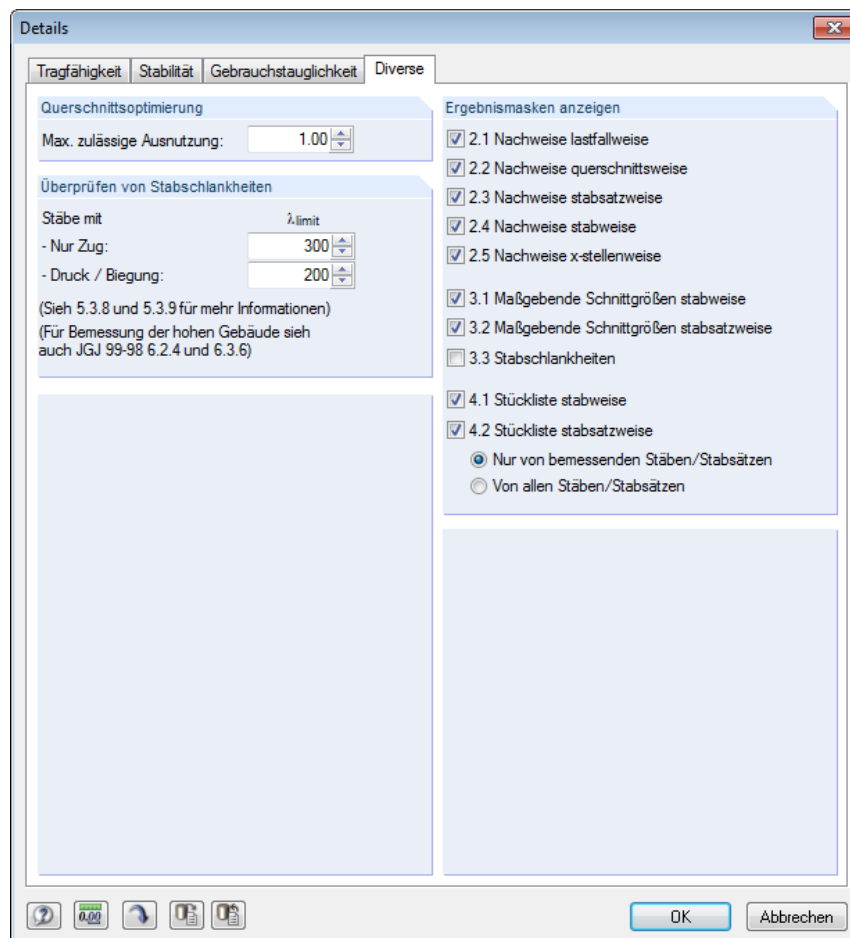


Bild 3.5: Dialog *Details*, Register *Diverse*

Querschnittsoptimierung

Falls die Optimierung nicht auf eine maximale Ausnutzung von 100 % abzielt, so kann in diesem Eingabefeld ein anderer Grenzwert vorgegeben werden.

Überprüfung der Stabschlankheiten

In den beiden Eingabefeldern können Grenzwerte λ_{grenz} zur Kontrolle der Stabschlankheiten festgelegt werden. 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 *Ergebnistabellen 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, Lastfallgruppen und -kombinationen. Werden diese nicht gefunden, startet zunächst die RFEM-Berechnung zur Ermittlung der bemessungsrelevanten Schnittgrößen. Dabei wird auf die vorgegebenen Berechnungsparameter von RFEM zurückgegriffen.

Falls eine Optimierung der Querschnitte (siehe Kapitel 7.2, Seite 55) erfolgen soll, werden die erforderlichen Profile ermittelt und die entsprechenden Nachweise geführt.

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

Berechnung → Zu berechnen.

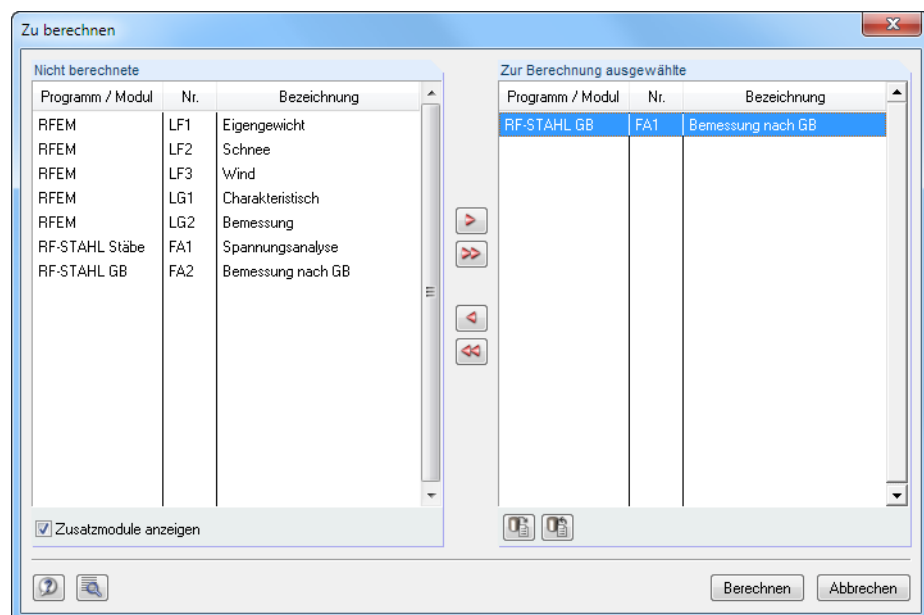


Bild 3.6: Dialog *Zu berechnen*

Falls die RF-STAHL GB-Bemessungsfälle in der Liste *Nicht berechnet* fehlen, muss das Kontrollfeld *Zusatzmodule anzeigen* aktiviert werden.

Mit der Schaltfläche [►] werden die selektierten RF-STAHL GB-Fälle in die rechte Liste übergeben. Die Berechnung wird dann mit der entsprechenden Schaltfläche gestartet.



Berechnen



Ein Bemessungsfall kann auch über die Liste der Symbolleiste direkt berechnet werden: Stellen Sie den RF-STAHL GB FA1 - Bemessur an und klicken dann die Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] an.

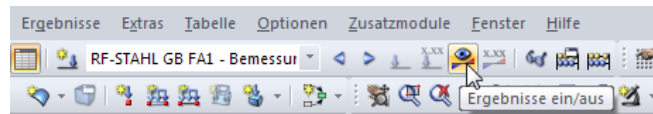


Bild 3.7: Direkte Berechnung eines RF-STAHL GB-Falls in RFEM

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

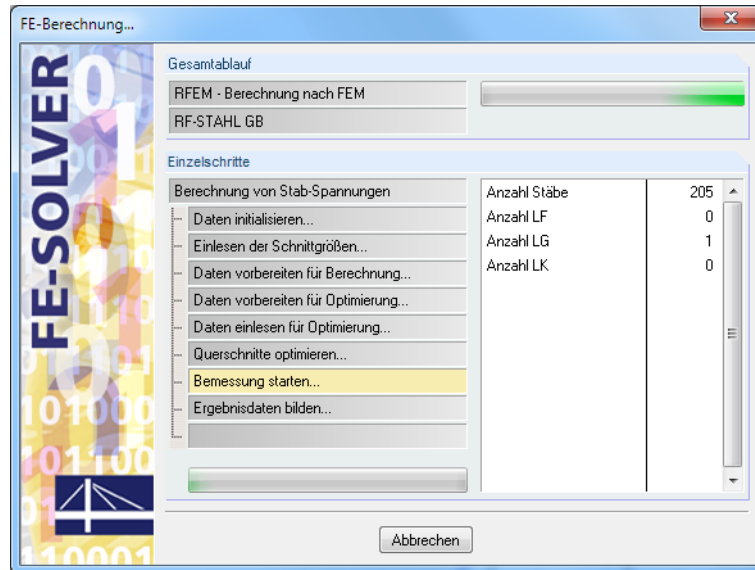


Bild 3.8: RF-STAHL GB-Berechnung

4. Ergebnisse

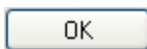
Unmittelbar nach der Berechnung erscheint die Maske 2.1 *Nachweise lastfallweise*. Der obere Teil dieser Ergebnismaske bietet eine Zusammenfassung der Nachweise für die einzelnen Lastfälle, Lastfallgruppen und Lastfallkombinationen. Der untere Teil enthält detaillierte Angaben zu Querschnittskenngößen, Bemessungsschnittgrößen und geführten Nachweisen einschließlich lokaler Stabilität für den Lastfall, der oben markiert ist.

In den Ergebnismasken 2.1 bis 2.5 werden die Nachweise nach diversen Kriterien geordnet ausgegeben. Die daran anschließenden Masken 3.1 und 3.2 beinhalten die maßgebenden Schnittgrößen, Maske 3.3 gibt Aufschluss über die Stabschlankheiten. In den letzten beiden Ergebnismasken 4.1 und 4.2 werden Stücklisten stab- oder stabsatzbezogen angezeigt.

Jede Ergebnismaske lässt sich über den RF-STAHl GB-Navigator direkt ansteuern. Alternativ werden die beiden links dargestellten Schaltflächen oder die Funktionstasten [F2] und [F3] benutzt, um eine Maske vor- oder zurückzublättern.

[OK] sichert die Ergebnisse. Das Modul RF-STAHl GB wird verlassen und man gelangt zurück in das RFEM-Arbeitsfenster.

Das Kapitel 4 *Ergebnisse* stellt die Ergebnismasken der Reihe nach vor. Die Auswertung und Überprüfung der Resultate ist im folgenden Kapitel 5 *Ergebnisauswertung* ab Seite 45 beschrieben.



4.1 Nachweise lastfallweise

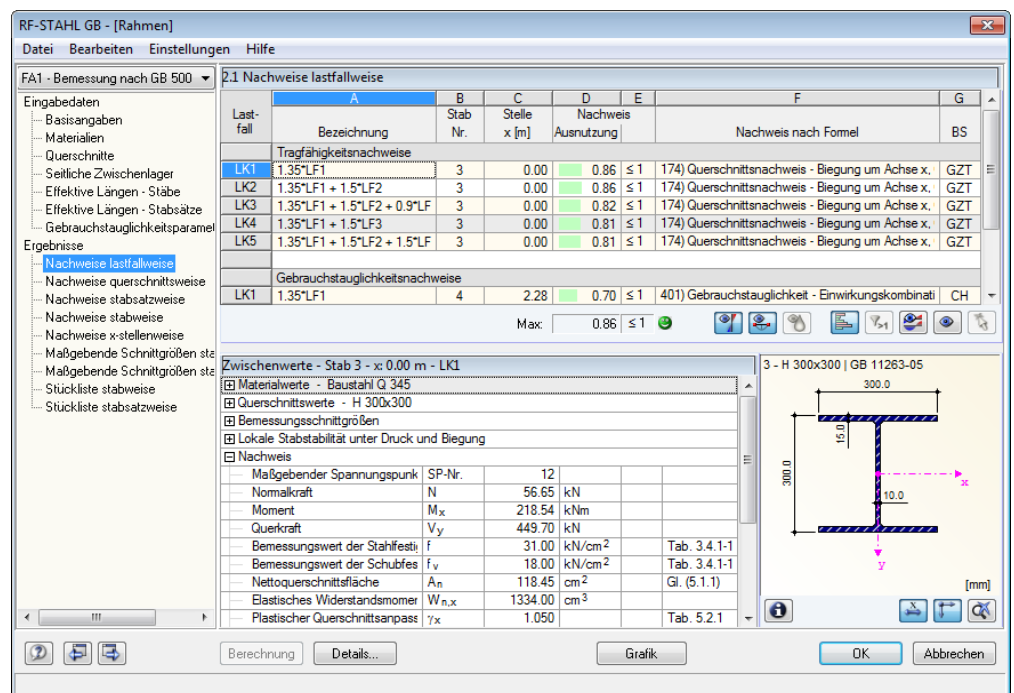


Bild 4.1: Maske 2.1 *Nachweise lastfallweise*

Bezeichnung

In dieser Spalte werden zur Information die Bezeichnungen der Lastfälle, LF-Gruppen und LF-Kombinationen angegeben, die für die jeweiligen Nachweise maßgebend sind.

Stab Nr.

Für jeden bemessenen Lastfall bzw. jede bemessene LF-Gruppe oder LF-Kombination wird die Nummer des Stabes angegeben, der die höchste Ausnutzung aufweist.

Stelle x

Es wird jeweils die x-Stelle im Stab angegeben, für die die höchste Ausnutzung ermittelt wurde. Zur tabellarischen Ausgabe werden folgende RFEM-Stabstellen x herangezogen:

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

Nachweis

Max: 0.92 ≤ 1 

Für jede Nachweisart und für jeden Lastfall bzw. jede LF-Gruppe oder LF-Kombination werden jeweils die Nachweiskriterien gemäß GB 50017-2003 ausgegeben.

Die farbigen Balken veranschaulichen die Ausnutzungen infolge der einzelnen Lastfälle.

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 jeweils nachweisrelevante Bemessungssituation gemäß GB 50017-2003 und GB 50009-2001: *GV*, *GS*, *AU* für Tragfähigkeit (siehe Bild 2.1, Seite 9) oder eine der drei Bemessungssituationen *CH*, *HÄ*, *QS* für Gebrauchstauglichkeit (siehe Bild 2.3, Seite 11) gemäß Vorgabe in Maske 1.1 *Basisangaben*.

Anmerkungen zur Berechnung

In der letzten Spalte der Zwischenwerte-Tabelle finden sich Hinweise zu den Abschnitten, Gleichungen und Tabellen der Norm.

Für die Auswertung sind zudem folgende Punkte von Interesse.



Lokaler Stabilitätsnachweis

Wie in 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 4.3).

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 2.000 m - LF1
☐ Materialwerte - Baustahl Q 235
☐ Querschnittswerte - H 300x300
☐ Bemessungsschnittgrößen
☒ Lokale Stabstabilität unter Druck und Biegung
☐ Nachweis

Bild 4.2: Zwischenwerte – Nachweis der lokalen Stabilität

Die lokale Stabilität des Querschnitts wird nach [1] Abschnitt 4.3 (bei Biegebeanspruchungen) bzw. Abschnitt 5.4 (bei Druckbeanspruchung mit oder ohne Biegebeanspruchungen) nachgewiesen.

Bei diesem Nachweis 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 im Modul RF-STAHl GB das Spannungs-Dehnungsverhältnis α_0 ermittelt, um die (h/t)-Verhältnisse gemäß GB 50017-2003 korrekt 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* [10] 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.

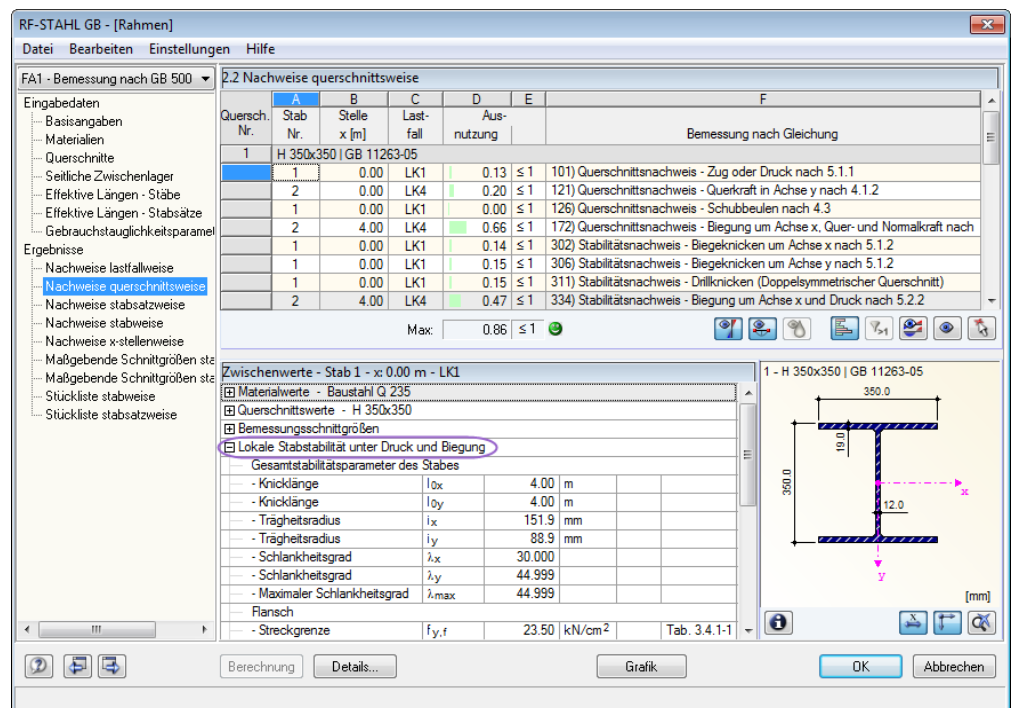
Bei Stäben mit zentrischem Druck oder Zugbeanspruchung kann in bestimmten Fällen – besonders bei offenen Profilen – jedoch die kritische Last für Drillknicken oder Biegedrillknicken kleiner sein als die kritische Last für Biegeknicken.

Dieses Nachweisverfahren schließt auch prismatisch Stäbe ein, deren Lagerungsbedingungen an beiden Enden folgende Mindestvoraussetzungen erfüllen [13]:

- Seitliche Bewegung behindert
- Verdrehung um Längsachse behindert

Mit der ideellen kritischen 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



RF-STABL GB - [Rahmen]

FA1 - Bemessung nach GB 500

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	Stab Nr.	Stelle x [m]	Last- fall	Aus- nutzung	Bemessung nach Gleichung
1	H 350x350 GB 11263-05	0.00	LK1	0.13 ≤ 1	101) Querschnittsnachweis - Zug oder Druck nach 5.1.1
2	0.00	LK4	0.20 ≤ 1	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse y nach 4.1.2	
1	0.00	LK1	0.00 ≤ 1	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.3	
2	4.00	LK4	0.66 ≤ 1	172) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, Quer- und Normalkraft nach	
1	0.00	LK1	0.14 ≤ 1	302) Stabilitätsnachweis - Biegeknicken um Achse x nach 5.1.2	
1	0.00	LK1	0.15 ≤ 1	306) Stabilitätsnachweis - Biegeknicken um Achse y nach 5.1.2	
1	0.00	LK1	0.15 ≤ 1	311) Stabilitätsnachweis - Drillknicken (Doppelsymmetrischer Querschnitt)	
2	4.00	LK4	0.47 ≤ 1	334) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach 5.2.2	

Max: 0.86 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 0.00 m - LK1

- Materialwerte - Baustahl Q 235
- Querschnittswerte - H 350x350
- Bemessungsschnittgrößen
- Lokale Stabilität unter Druck und Biegung
 - Gesamtstabilitätsparameter des Stabes
 - Knicklänge l_{0x} 4.00 m
 - Knicklänge l_{0y} 4.00 m
 - Trägheitsradius i_x 151.9 mm
 - Trägheitsradius i_y 88.9 mm
 - Schlankheitsgrad λ_{xk} 30.000
 - Schlankheitsgrad λ_{yk} 44.999
 - Maximaler Schlankheitsgrad λ_{max} 44.999
 - Flansch
 - Streckgrenze $f_{y,f}$ 23.50 kN/cm² Tab. 3.4.1-1

1 - H 350x350 | GB 11263-05

350.0

10.0

350.0

12.0

[mm]

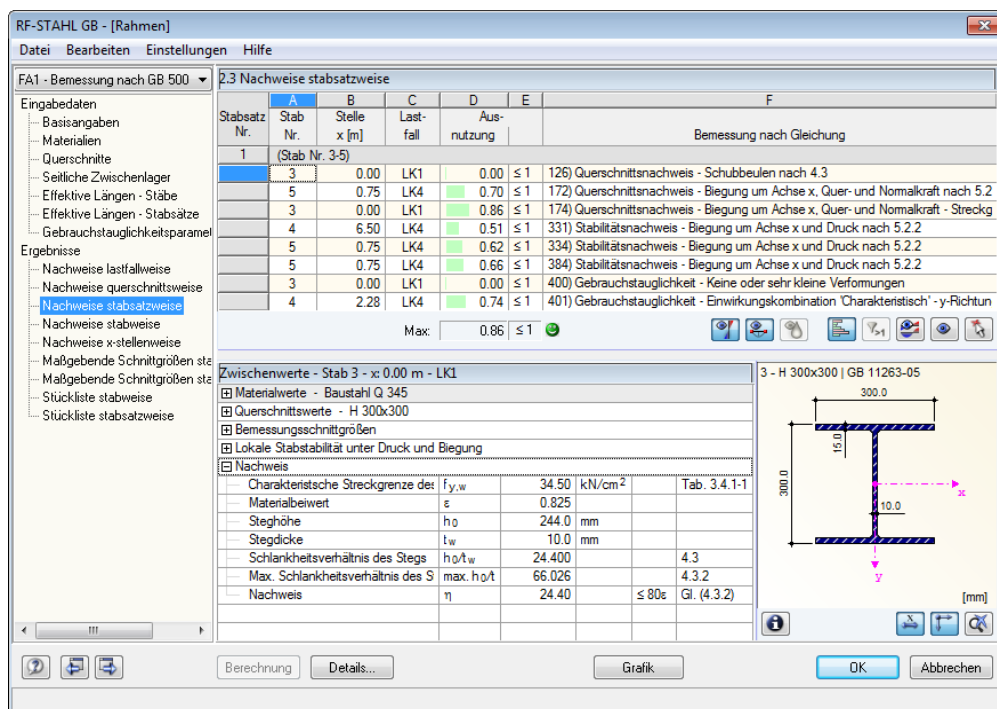
Berechnung Details... Grafik OK Abbrechen

Bild 4.3: Maske 2.2 *Nachweise querschnittsweise* mit Zwischenwerten für lokale Stabilität

Die Maske weist die maximalen Ausnutzungen aller zur Bemessung gewählten Stäbe und Einwirkungen nach Querschnitten geordnet aus.

Liegt eine Voute vor, werden beide Querschnittsbezeichnungen in der Zeile neben der Querschnittsnummer angegeben.

4.3 Nachweise stabsatzweise



RF-STABL GB - [Rahmen]

Datei Bearbeiten Einstellungen Hilfe

FA1 - Bemessung nach GB 500

2.3 Nachweise stabsatzweise

Stabsatz Nr.	Stab Nr.	Stelle x [m]	Lastfall	Ausnutzung	Bemessung nach Gleichung
1	(Stab Nr. 3-5)				
	3	0.00	LK1	0.00 ≤ 1	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.3
	5	0.75	LK4	0.70 ≤ 1	172) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, Quer- und Normalkraft nach 5.2
	3	0.00	LK1	0.86 ≤ 1	174) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, Quer- und Normalkraft - Streckg
	4	6.50	LK4	0.51 ≤ 1	331) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach 5.2.2
	5	0.75	LK4	0.62 ≤ 1	334) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach 5.2.2
	5	0.75	LK4	0.66 ≤ 1	384) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach 5.2.2
	3	0.00	LK1	0.00 ≤ 1	400) Gebrauchstauglichkeit - Keine oder sehr kleine Verformungen
	4	2.28	LK4	0.74 ≤ 1	401) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination 'Charakteristisch' - y-Richtung

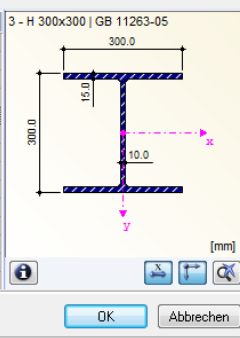
Max: 0.86 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 3 - x: 0.00 m - LK1

- Materialwerte - Baustahl Q 345
- Querschnittswerte - H 300x300
- Bemessungsschnittgrößen
- Lokale Stabilität unter Druck und Biegung
- Nachweis

	Charakteristische Streckgrenze des	$f_{y,w}$	34.50	kN/cm ²	Tab. 3.4.1-1
Materialbeiwert	γ	0.825			
Steghöhe	h_0	244.0	mm		
Stegdicke	t_w	10.0	mm		
Schlankheitsverhältnis des Stlegs	h_0/t_w	24.400			4.3
Max. Schlankheitsverhältnis des S	$\max. h_0/t$	66.026			4.3.2
Nachweis	η	24.40		≤ 80ε	Gl. (4.3.2)

3 - H 300x300 | GB 11263-05



Berechnung Details... Grafik OK Abbrechen

Bild 4.4: Maske 2.3 Nachweise stabsatzweise

Diese Ergebnismaske wird angezeigt, wenn mindestens ein Stabsatz zur Bemessung ausgewählt wurde. Die maximalen Ausnutzungen werden nach Stabsätzen geordnet aufgelistet. In Spalte *Stab Nr.* wird die Nummer des Stabes im Stabsatz angegeben, der die höchste Ausnutzung aufweist.

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

Die einzelnen Spalten sind bei der Beschreibung des Kapitels 4.1 ab Seite 36 näher erläutert.

4.4 Nachweise stabweise

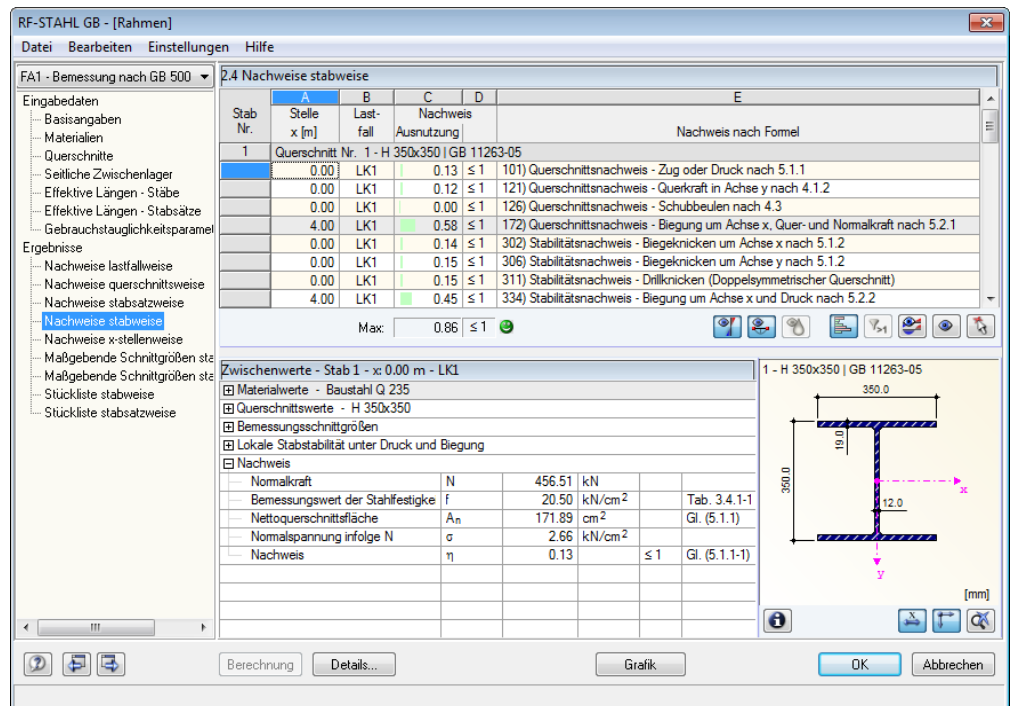


Bild 4.5: Maske 2.4 Nachweise stabweise

Diese Ergebnismaske präsentiert die maximalen Ausnutzungen nach Stabnummern geordnet. Die einzelnen Spalten sind im Kapitel 4.1 ab Seite 36 erläutert.

4.5 Nachweise x-stellenweise

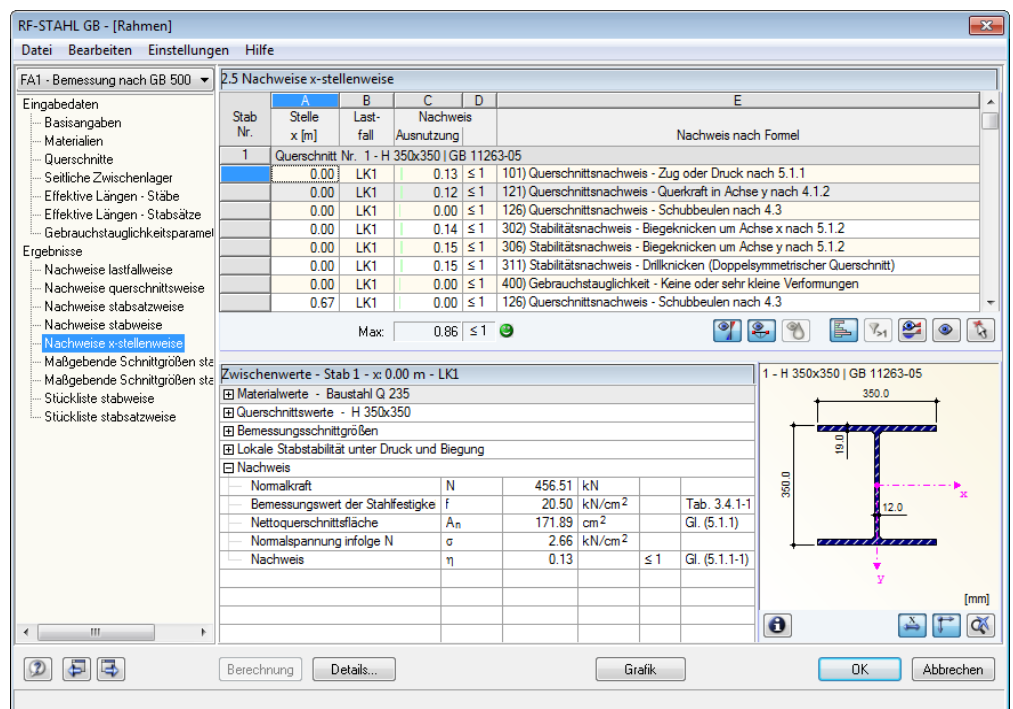


Bild 4.6: Maske 2.5 Nachweise x-stellenweise

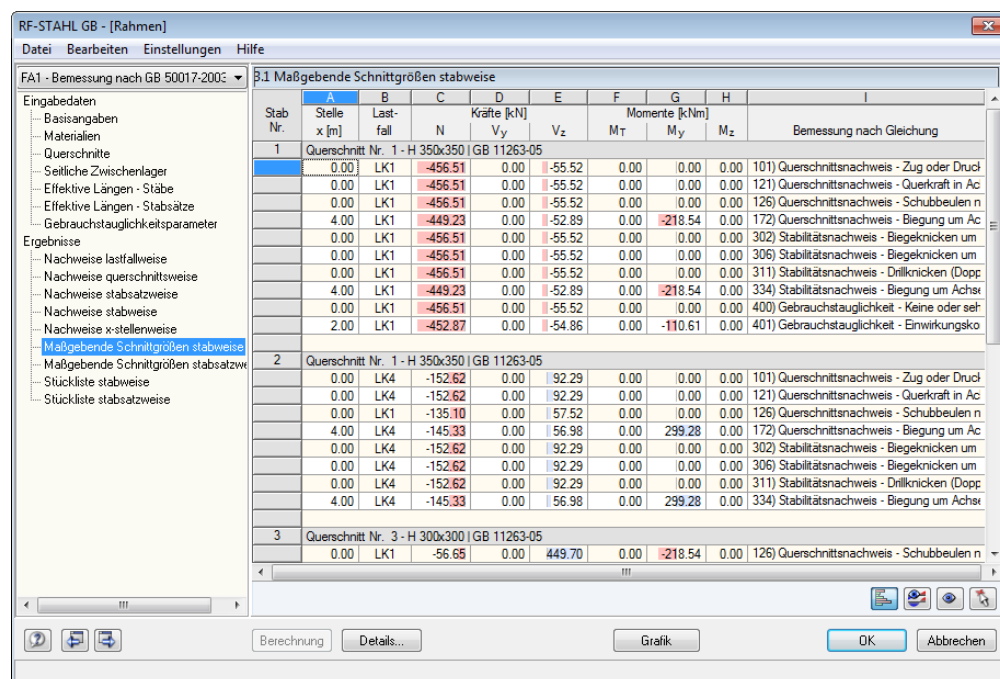
Diese Ergebnismaske listet die Maxima für jeden Stab an den Stellen x auf, die sich aus den Teilungen von RFEM ergeben:

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

Die einzelnen Spalten sind im Kapitel 4.1 ab Seite 36 erläutert.

4.6 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

Diese Maske weist für jeden Stab die maßgebenden Schnittgrößen aus. Hier handelt es sich um die Schnittgrößen, die zur maximalen Ausnutzung führen.



Stab Nr.	Stelle x [m]	Lastfall	N	V_y	V_z	M_T	M_y	M_z	Bemessung nach Gleichung
1	0.00	LK1	-456.51	0.00	-55.52	0.00	0.00	0.00	101) Querschnittsnachweis - Zug oder Druck
1	0.00	LK1	-456.51	0.00	-55.52	0.00	0.00	0.00	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse
1	0.00	LK1	-456.51	0.00	-55.52	0.00	0.00	0.00	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen
1	4.00	LK1	-449.23	0.00	-52.89	0.00	-218.54	0.00	172) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse
1	0.00	LK1	-456.51	0.00	-55.52	0.00	0.00	0.00	302) Stabilitätsnachweis - Biegeknicken um
1	0.00	LK1	-456.51	0.00	-55.52	0.00	0.00	0.00	306) Stabilitätsnachweis - Biegeknicken um
1	0.00	LK1	-456.51	0.00	-55.52	0.00	0.00	0.00	311) Stabilitätsnachweis - Drilknicken (Dopp)
1	4.00	LK1	-449.23	0.00	-52.89	0.00	-218.54	0.00	334) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse
1	0.00	LK1	-456.51	0.00	-55.52	0.00	0.00	0.00	400) Gebrauchstauglichkeit - Keine oder sehr
1	2.00	LK1	-452.87	0.00	-54.86	0.00	-110.61	0.00	401) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungsk
2	0.00	LK4	-152.62	0.00	92.29	0.00	0.00	0.00	101) Querschnittsnachweis - Zug oder Druck
2	0.00	LK4	-152.62	0.00	92.29	0.00	0.00	0.00	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse
2	0.00	LK4	-135.10	0.00	57.52	0.00	0.00	0.00	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen
2	4.00	LK4	-145.33	0.00	56.98	0.00	299.28	0.00	172) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse
2	0.00	LK4	-152.62	0.00	92.29	0.00	0.00	0.00	302) Stabilitätsnachweis - Biegeknicken um
2	0.00	LK4	-152.62	0.00	92.29	0.00	0.00	0.00	306) Stabilitätsnachweis - Biegeknicken um
2	0.00	LK4	-152.62	0.00	92.29	0.00	0.00	0.00	311) Stabilitätsnachweis - Drilknicken (Dopp)
2	4.00	LK4	-145.33	0.00	56.98	0.00	299.28	0.00	334) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse
3	0.00	LK1	-56.65	0.00	449.70	0.00	-218.54	0.00	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen

Bild 4.7: Maske 3.1 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

Stelle x

Es wird jeweils die x -Stelle im Stab angegeben, an der die maximale Ausnutzung vorliegt.

Lastfall

In dieser Spalte erscheinen die Nummern des Lastfalls bzw. der Lastfallgruppe oder Lastfallkombination, deren Schnittgrößen am Stab zur maximalen Ausnutzung führen.

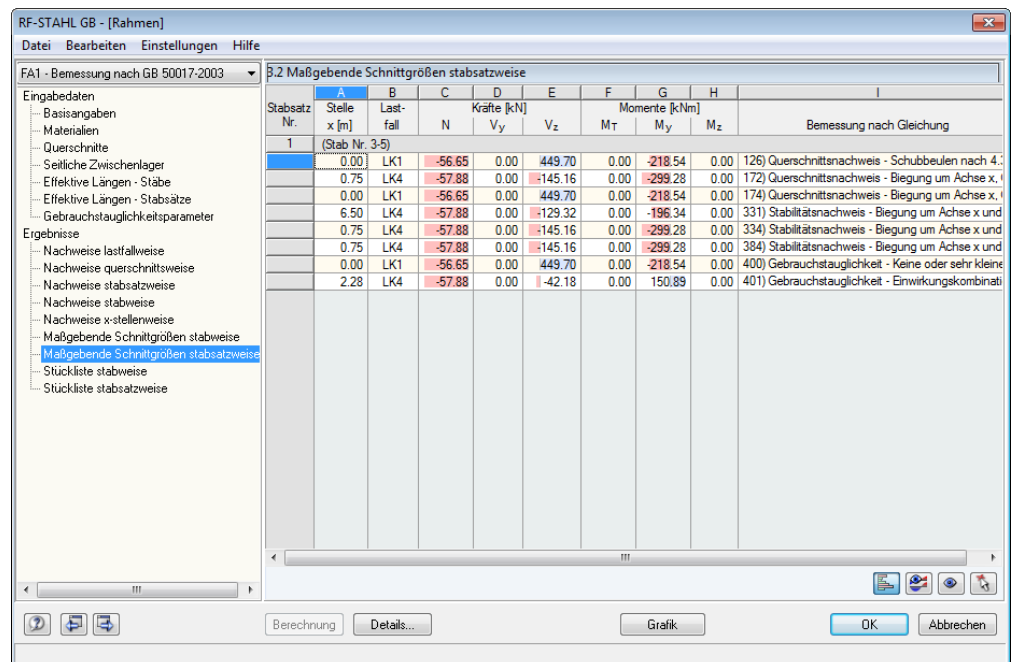
Kräfte / Momente

Es werden für jeden Stab die maßgebenden Normal- und Querkkräfte sowie Torsions- und Biegemomente ausgegeben.

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

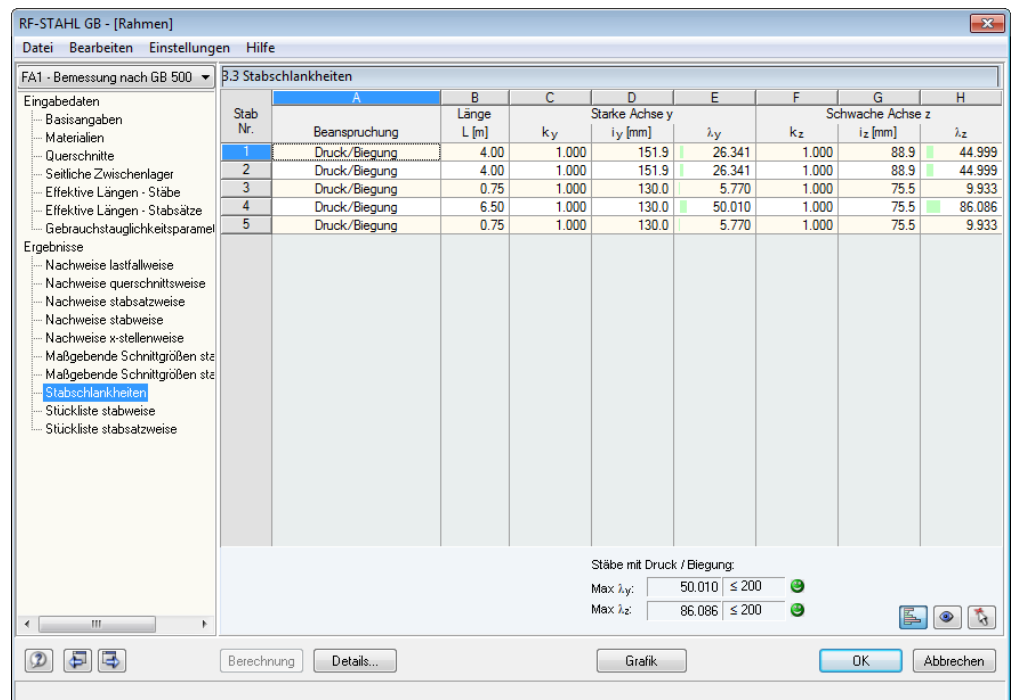


Stabsatz Nr.	Stelle x [m]	Lastfall	N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z	Bemessung nach Gleichung
1	(Stab Nr. 3-5)								
	0.00	LK1	-56.65	0.00	449.70	0.00	-218.54	0.00	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.1
	0.75	LK4	-57.88	0.00	145.16	0.00	-299.28	0.00	172) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, i
	0.00	LK1	-56.65	0.00	449.70	0.00	-218.54	0.00	174) Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, i
	6.50	LK4	-57.88	0.00	129.32	0.00	-196.34	0.00	331) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und
	0.75	LK4	-57.88	0.00	145.16	0.00	-299.28	0.00	334) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und
	0.75	LK4	-57.88	0.00	145.16	0.00	-299.28	0.00	384) Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und
	0.00	LK1	-56.65	0.00	449.70	0.00	-218.54	0.00	400) Gebrauchstauglichkeit - Keine oder sehr kleine
	2.28	LK4	-57.88	0.00	42.18	0.00	150.89	0.00	401) Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombinati

Bild 4.8: Maske 3.2 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

Diese Maske weist die maßgebenden Schnittgrößen aus, die in jedem Stabsatz zu den höchsten Ausnutzungen führen.

4.8 Stabschlankheiten



Stab Nr.	Beanspruchung	Länge L [m]	k _y	Starke Achse y i _y [mm]	λ _y	Schwache Achse z i _z [mm]	λ _z
1	Druck/Biegung	4.00	1.000	151.9	26.341	88.9	44.999
2	Druck/Biegung	4.00	1.000	151.9	26.341	88.9	44.999
3	Druck/Biegung	0.75	1.000	130.0	5.770	75.5	9.933
4	Druck/Biegung	6.50	1.000	130.0	50.010	75.5	86.086
5	Druck/Biegung	0.75	1.000	130.0	5.770	75.5	9.933

Stäbe mit Druck / Biegung:
 Max λ_y: 50.010 ≤ 200
 Max λ_z: 86.086 ≤ 200

Bild 4.9: Maske 3.3 Stabschlankheiten

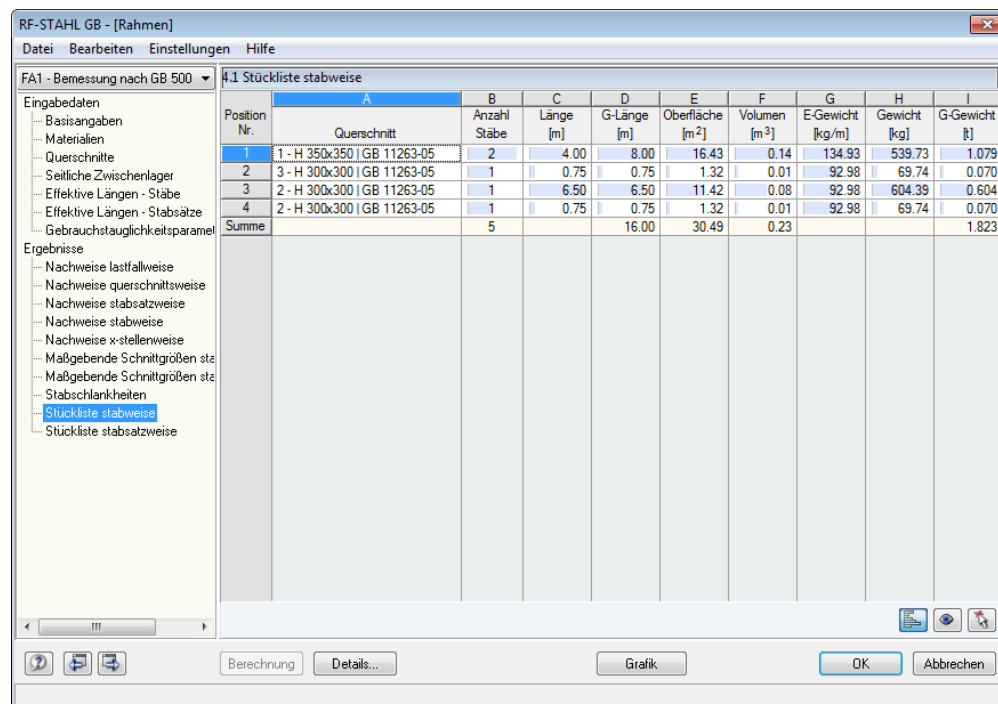
Details...

Die Tabelle listet die effektiven Schlankheitsgrade der bemessenen Stäbe für beide Hauptrichtungen in Abhängigkeit von der Lastart auf und vergleicht sie mit den Werten, die im Dialog *Details* festgelegt wurden (siehe Kapitel 3.1.4, Seite 33). Die Tabelle dient nur der Information, denn es ist keine Stabilitätsbemessung der Schlankheiten vorgesehen.

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

4.9 Stückliste stabweise

Abschließend erscheint eine Bilanz der im Bemessungsfall behandelten Querschnitte.



Position Nr.	Querschnitt	Anzahl Stäbe	Länge [m]	G-Länge [m]	Oberfläche [m²]	Volumen [m³]	E-Gewicht [kg/m]	Gewicht [kg]	G-Gewicht [t]
1	1 - H 350x350 GB 11263-05	2	4.00	8.00	16.43	0.14	134.93	539.73	1.079
2	3 - H 300x300 GB 11263-05	1	0.75	0.75	1.32	0.01	92.98	69.74	0.070
3	2 - H 300x300 GB 11263-05	1	6.50	6.50	11.42	0.08	92.98	604.39	0.604
4	2 - H 300x300 GB 11263-05	1	0.75	0.75	1.32	0.01	92.98	69.74	0.070
Summe		5		16.00	30.49	0.23			1.823

Bild 4.10: Maske 4.1 *Stückliste stabweise*

Details...

Als Standard werden in der Liste nur die bemessenen Stäbe erfasst. Wird eine Stückliste für alle Stäbe der Struktur gewünscht, so kann dies im Register *Diverse* des Dialogs *Details* eingestellt werden (siehe Bild 3.5, Seite 33). Der Dialog wird über die gleichnamige Schaltfläche aufgerufen.

Position Nr.

Es werden automatisch Positionsnummern für gleichartige Stäbe vergeben.

Querschnitt

In dieser Spalte werden die Querschnittsnummern und -bezeichnungen aufgelistet.

Anzahl Stäbe

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

Länge

In dieser Spalte wird die Länge eines einzelnen Stabes ausgewiesen.

Gesamtlänge

Diese Spalte stellt das Produkt aus den beiden vorherigen Spalten dar.



Oberfläche

Es wird die auf die Gesamtlänge bezogene Oberfläche der jeweiligen Positionen angegeben, die aus der *Mantelfläche* der Profile ermittelt wird. Diese wird in den Masken 1.3 bis 1.6 sowie 2.1 bis 2.5 bei den Querschnittsinformationen angegeben (siehe Bild 2.9, Seite 16).

Volumen

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

E-Gewicht

Das *Einheitsgewicht* des Querschnitts stellt die auf den Meter Länge bezogene Masse dar. Bei Voutenquerschnitten erfolgt eine Mittelung der beiden Profilkennwerte.

Gewicht

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

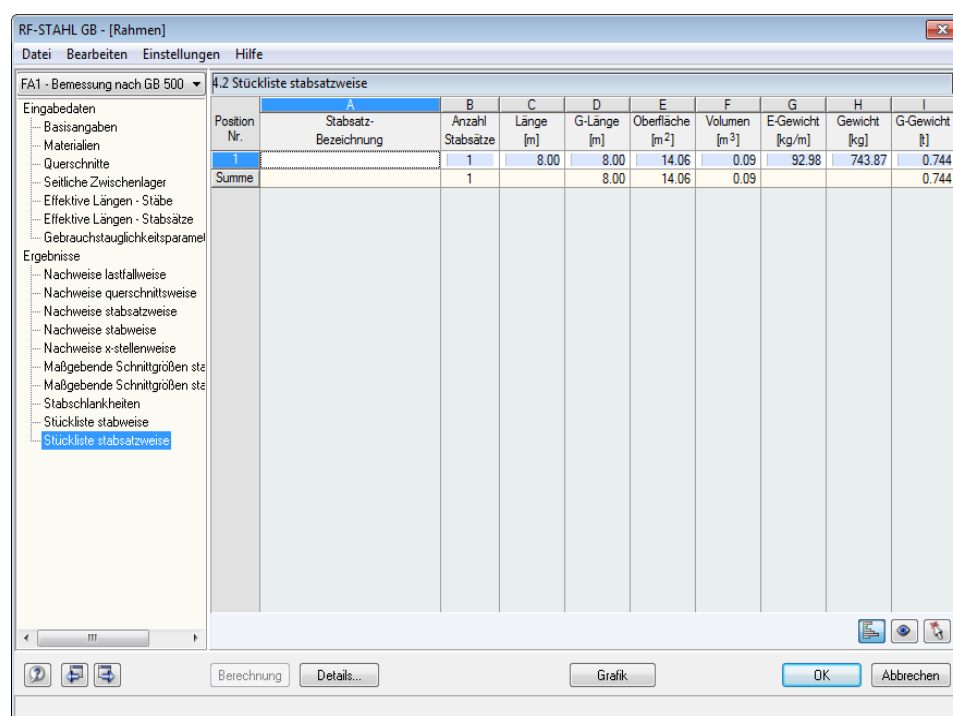
G-Gewicht

In der letzten Spalte wird das Gesamtgewicht der jeweiligen Position angegeben.

Summe

Am unteren Ende der Liste findet sich eine Bilanz mit den Summen der Spalten B, D, E, F und I. Das Feld *G-Gewicht* gibt Aufschluss über die insgesamt benötigte Stahlmasse.

4.10 Stückliste stabsatzweise



Position Nr.	A Stabsatz- Bezeichnung	B Anzahl Stabsätze	C Länge [m]	D G-Länge [m]	E Oberfläche [m²]	F Volumen [m³]	G E-Gewicht [kg/m]	H Gewicht [kg]	I G-Gewicht [t]
1		1	8.00	8.00	14.06	0.09	92.98	743.87	0.744
Summe		1		8.00	14.06	0.09			0.744

Bild 4.11: Maske 4.2 *Stückliste stabsatzweise*

Die letzte RF-STAHl GB-Maske wird angezeigt, wenn mindestens ein Stabsatz zur Bemessung ausgewählt wurde. Sie bietet eine zusammenfassende Stückliste für eine ganze Baugruppe, (z. B. einen Riegel).

Die einzelnen Spalten sind im vorherigen Kapitel 4.9 erläutert. Bei unterschiedlichen Querschnitten im Stabsatz werden Oberfläche, Volumen und Einheitsgewicht gemittelt.

5. Ergebnisauswertung

Nach der Bemessung bestehen verschiedene Möglichkeiten, die Ergebnisse auszuwerten. Hierfür erweisen sich die Schaltflächen am Ende der oberen Tabelle hilfreich.

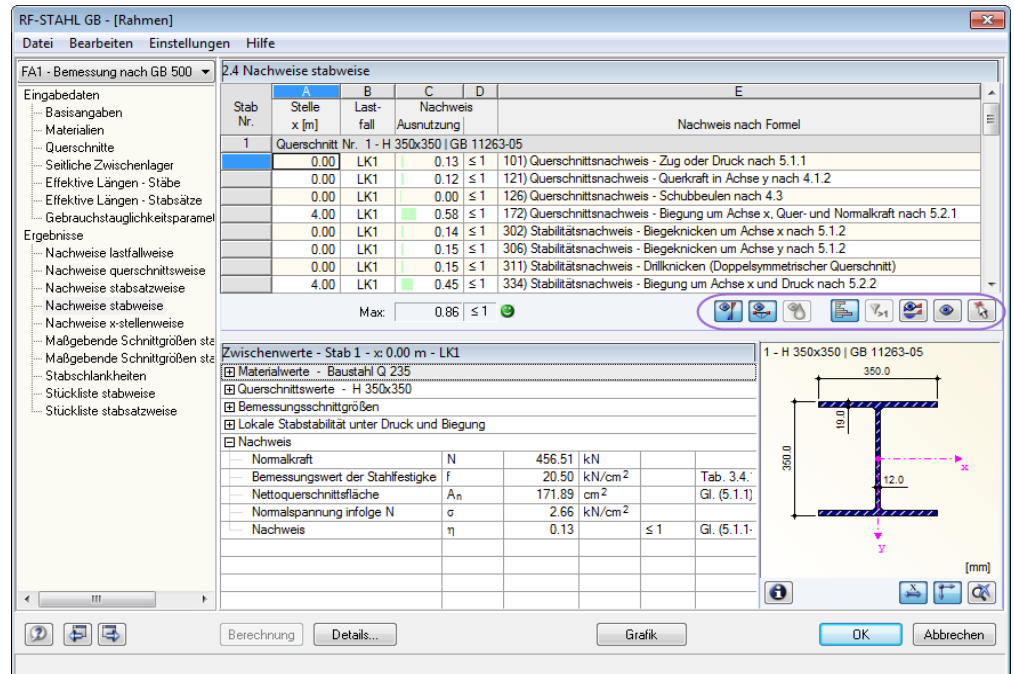


Bild 5.1: Schaltflächen zur Ergebnisauswertung

Die Schaltflächen sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Bezeichnung	Funktion
	Tragfähigkeitsnachweis	Blendet die Ergebnisse der Tragfähigkeitsnachweise ein und aus
	Gebrauchstauglichkeitsnachweis	Blendet die Ergebnisse der Gebrauchstauglichkeitsnachweise ein und aus
	Relationsbalken	Blendet die farbigen Bezugsskalen in den Ergebnismasken ein und aus
	Überschreitung	Stellt nur Zeilen dar, in denen die Ausnutzung größer als 1 und damit der Nachweis nicht erfüllt ist
	Ergebnisverläufe	Öffnet das Diagramm <i>Ergebnisverläufe im Stab</i> → Kapitel 5.2, Seite 48
	Sichtmodus	Ermöglicht den Sprung in das RFEM-Arbeitsfenster, um die Ansicht zu ändern
	Stabauswahl	Ermöglicht die Auswahl eines Stabes im RFEM-Fenster, um dessen Ergebnisse in der Tabelle anzuzeigen

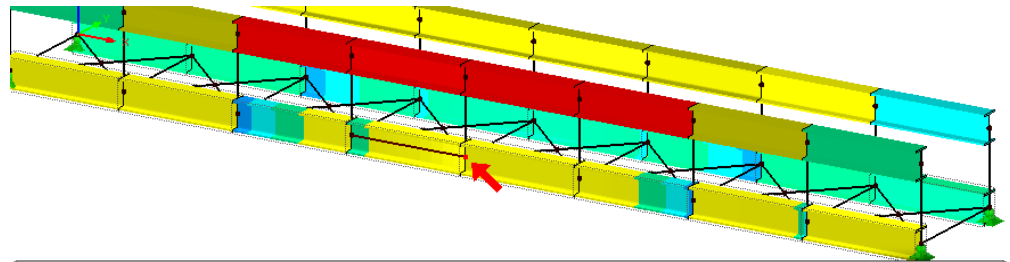
Tabelle 5.1: Schaltflächen in den Ergebnismasken 2.1 bis 2.5

5.1 Ergebnisse am RFEM-Modell

Zur Auswertung der Nachweise kann auch das RFEM-Arbeitsfenster genutzt werden.

RFEM-Hintergrundgrafik und Sichtmodus

Die RFEM-Grafik im Hintergrund kann hilfreich sein, um die Lage eines bestimmten Stabes im Modell zu kontrollieren. Der in der Ergebnismaske von RF-STAHl GB selektierte Stab wird in der RFEM-Hintergrundgrafik farbig hervorgehoben. Ein Pfeil kennzeichnet zusätzlich die x-Stelle am Stab, die in der aktuellen Tabellenzeile als maßgebend ausgewiesen ist.



RF-STAHl GB - [Brücke]

Datei Bearbeiten Einstellungen Hilfe

FA1 - Bemessung nach GB 500

2.4 Nachweise stabweise

Stab Nr.	A	B	C	D	E
	Stelle x [m]	Lastfall	Nachweis		
109	Querschnitt Nr. 1 - HE B 500 DIN 1025-2:1995				Nachweis nach Formel
	0.000	LF1	0.00	≤ 1	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.3
	0.000	LF1	0.04	≤ 1	132) Querschnittsnachweis - Torsion und Querkraft
	2.000	LF1	0.26	≤ 1	192) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Normalkraft nach 5.2.1
	2.000	LF1	0.25	≤ 1	341) Stabilitätsnachweis - Doppelbiegung und Druck nach 5.2.5
110	Querschnitt Nr. 1 - HE B 500 DIN 1025-2:1995				
	0.000	LF1	0.00	≤ 1	126) Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.3
	2.000	LF1	0.03	≤ 1	132) Querschnittsnachweis - Torsion und Querkraft

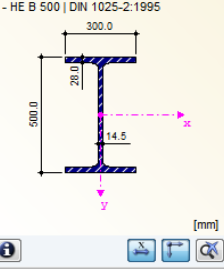
Max: 0.98 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 109 - x: 2.000 m - LF1

- Materialwerte - Baustahl S 235
- Querschnittswerte - HE B 500
- Bemessungsschnittgrößen
- Lokale Stabilität unter Druck und Biegung
- Nachweis

	N	M _x	M _y	f	A _n	W _{n,x}	W _{n,y}	γ _x	γ _y
Normalkraft	568.71								
Moment		139.65	2.39						
Bemessungswert der Stahlfestigkeits		21.82		Tab. 3.4.1-1					
Nettoquerschnittsfläche		239.00		Gl. (5.1.1)					
Elastisches Widerstandsmoment		4290.00							
Elastisches Widerstandsmoment		842.00							
Plastischer Querschnittsanpass		1.050		Tab. 5.2.1					
Plastischer Querschnittsanpass		1.200		Tab. 5.2.1					

1 - HE B 500 | DIN 1025-2:1995



Berechnung Details... Grafik OK Abbrechen

Materialwerte - Baustahl S 235 ...

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

Falls sich eine ungünstige Ansicht durch das Verschieben des Modulfensters nicht beheben lässt, kann über die Schaltfläche [Ansicht ändern] der so genannte *Sichtmodus* aktiviert werden: Das RF-STAHl GB-Fenster wird ausgeblendet und in der RFEM-Oberfläche kann nun die Ansicht angepasst werden. Im Sichtmodus stehen nur die Funktionen des Menüs *Ansicht* zur Verfügung, z. B. Zoomen, Verschieben oder Drehen der Ansicht.

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

RFEM-Arbeitsfenster

Die Ausnutzungsgrade lassen sich auch direkt am Strukturmodell visualisieren: Klicken Sie die Schaltfläche [Grafik] an, um das Modul RF-STAHl GB verlassen. Im RFEM-Arbeitsfenster werden nun die Auslastungen wie die Schnittgrößen eines Lastfalls dargestellt.

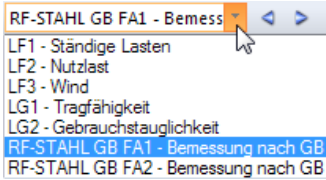


Information

Sie befinden sich im Sichtmodus.

Zurück

Grafik



Wie bei den RFEM-Schnittgrößen blendet die Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] die Darstellung der Bemessungsergebnisse ein oder aus. Die rechts davon angeordnete Schaltfläche [Ergebnisse mit Werten anzeigen] steuert die Anzeige der Ergebniswerte in der Grafik.

Da die RFEM-Tabellen für die Auswertung der RF-STAHL GB-Ergebnisse keine Funktion haben, können sie ggf. deaktiviert werden.

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

Die Darstellung der Ergebnisse kann im Zeigen-Navigator über den Eintrag *Ergebnisse* → *Stäbe* gesteuert werden. Standardmäßig werden die Ausnutzungen zweifarbig angezeigt.

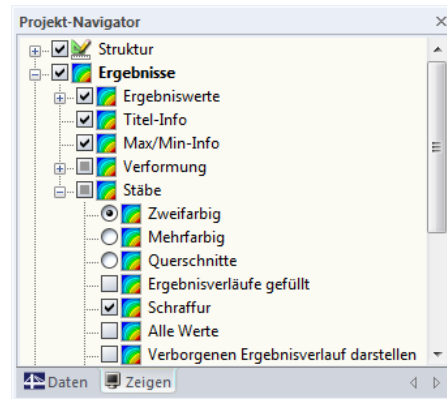


Bild 5.3: Zeigen-Navigator: Ergebnisse → Stäbe



Bei einer mehrfarbigen Darstellung (Optionen *Querschnitte farbig* oder *Mehrfarbig*) steht das Farbpanel mit den üblichen Steuerungsmöglichkeiten zur Verfügung. Die Funktionen sind im RFEM-Handbuch, Kapitel 4.4.6 ab Seite 77 ausführlich beschrieben.

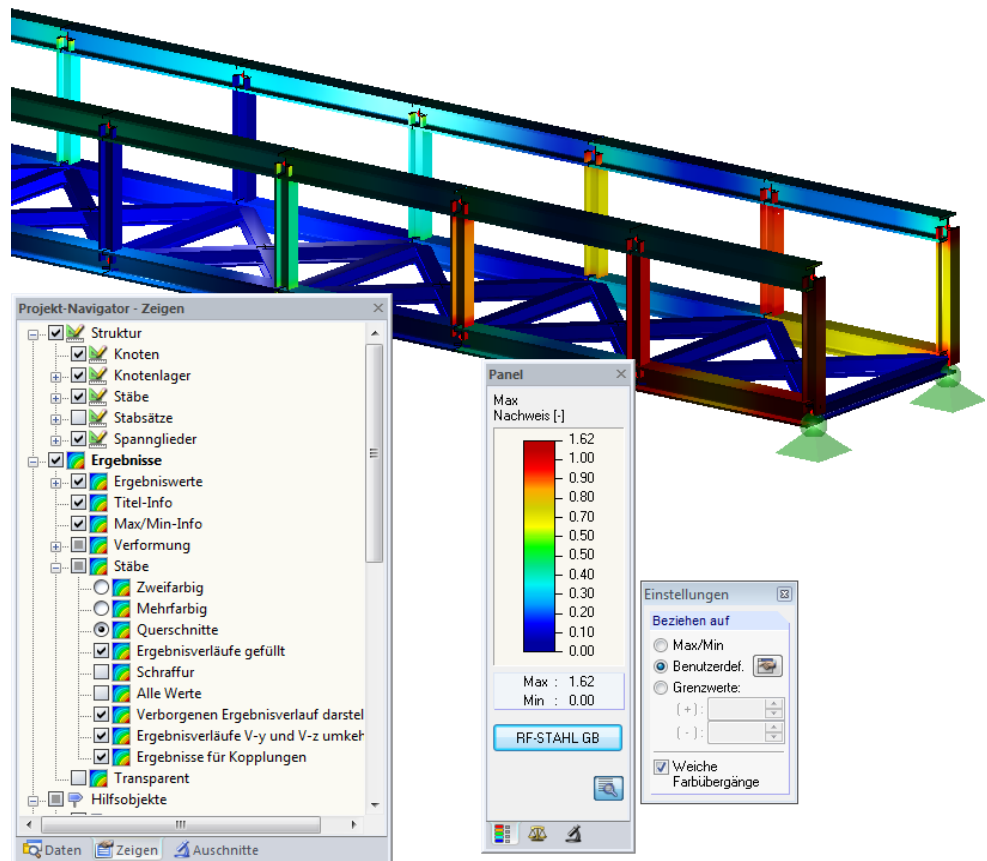


Bild 5.4: Ausnutzungsgrade mit Darstellungsoption *Querschnitte*



RF-STAHL GB

Wie bei den Stabschnittgrößen kann im Register *Faktoren* eine Skalierung der Bemessungsergebnisse vorgenommen werden. Gibt man dort im Eingabefeld *Stabverläufe* den Faktor 0 vor, erfolgt die Darstellung der Ergebnisse ohne Überhöhung in einer stärkeren Liniendicke.

Die Grafiken lassen sich wie RFEM-Grafiken in das Ausdruckprotokoll übertragen (siehe Kapitel 6.2, Seite 51).

Über die Schaltfläche [RF-STAHL GB] im Panel erfolgt die Rückkehr in das Zusatzmodul.

5.2 Ergebnisverläufe



Das Ergebnisdiagramm ist nützlich, um für einen Stab den Ergebnisverlauf grafisch abzulesen. Selektieren Sie den Stab (oder Stabsatz) in der RF-STAHL GB-Ergebnismaske, indem Sie den Cursor in die Tabellenzeile des Stabes setzen und rufen das Ergebnisdiagramm über die links gezeigte Schaltfläche auf. Sie befindet sich am Ende der oberen Ergebnistabelle (siehe Bild 5.1, Seite 45).

In der RFEM-Grafik sind die Ergebnisverläufe zugänglich über Menü

Ergebnisse → Ergebnisverläufe an selektierten Stäben

oder die entsprechende Schaltfläche in der RFEM-Symboleiste.

Es öffnet sich ein Fenster, das den Verlauf der Ausnutzungen am gewählten Stab oder Stabsatz anzeigt.

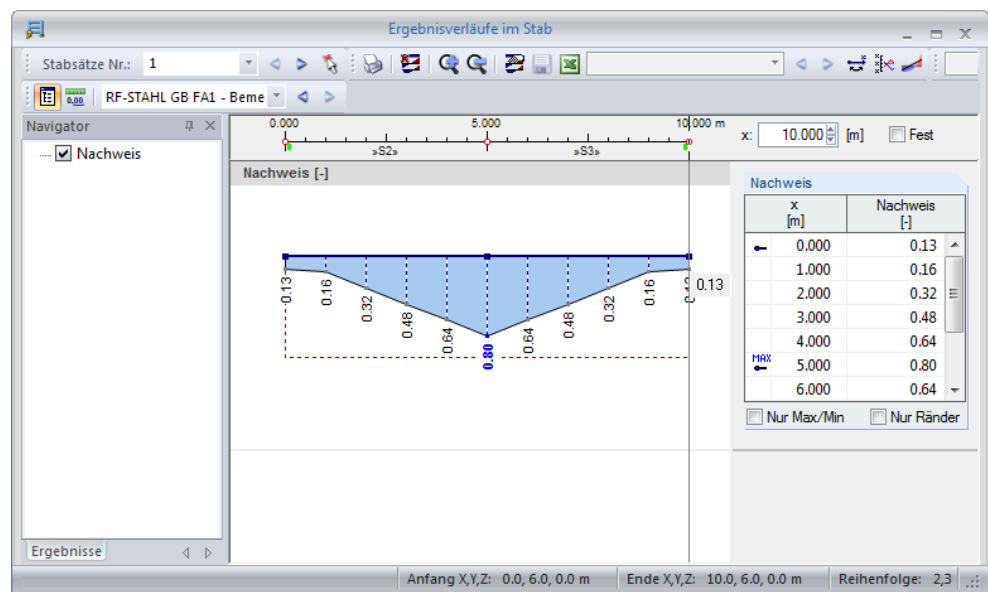
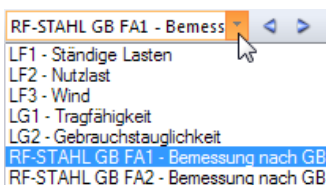


Bild 5.5: Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*



Über die Liste in der Symboleiste kann zwischen den RF-STAHL GB-Bemessungsfällen gewechselt werden.

Eine ausführliche Beschreibung des Dialogs *Ergebnisverläufe* finden Sie im Kapitel 10.5 des RFEM-Handbuchs ab Seite 312.

5.3 Filter für Ergebnisse

Neben den RF-STAHl GB-Ergebnismasken, die durch ihre Struktur bereits eine Auswahl nach bestimmten Kriterien erlauben, stehen die im RFEM-Handbuch beschriebenen Filtermöglichkeiten zur Verfügung, um die RF-STAHl GB-Bemessungsergebnisse grafisch auszuwerten.

Generell können bereits definierte Ausschnitte genutzt werden (siehe RFEM-Handbuch, Kapitel 10.9 ab Seite 322), die die Objekte in geeigneter Weise gruppieren.

Filtern von Nachweisen

Die Ausnutzungen lassen sich gut als Filterkriterium im RFEM-Arbeitsfenster nutzen. Hierzu muss das Panel angezeigt werden. Sollte es nicht aktiv sein, kann es eingeblendet werden über das RFEM-Menü

Ansicht → Steuerpanel

oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

Das Panel ist im Kapitel 4.4.6 des RFEM-Handbuchs ab Seite 77 beschrieben. Die Filtereinstellungen für die Ergebnisse sind im Panel-Register *Farbskala* vorzunehmen. Da dieses Register bei der zweifarbigen Ergebnisanzeige nicht angeboten wird, muss im *Zeigen-Navigator* auf die Darstellungsarten *Mehrfarbig* oder *Querschnitte* umgeschaltet werden.

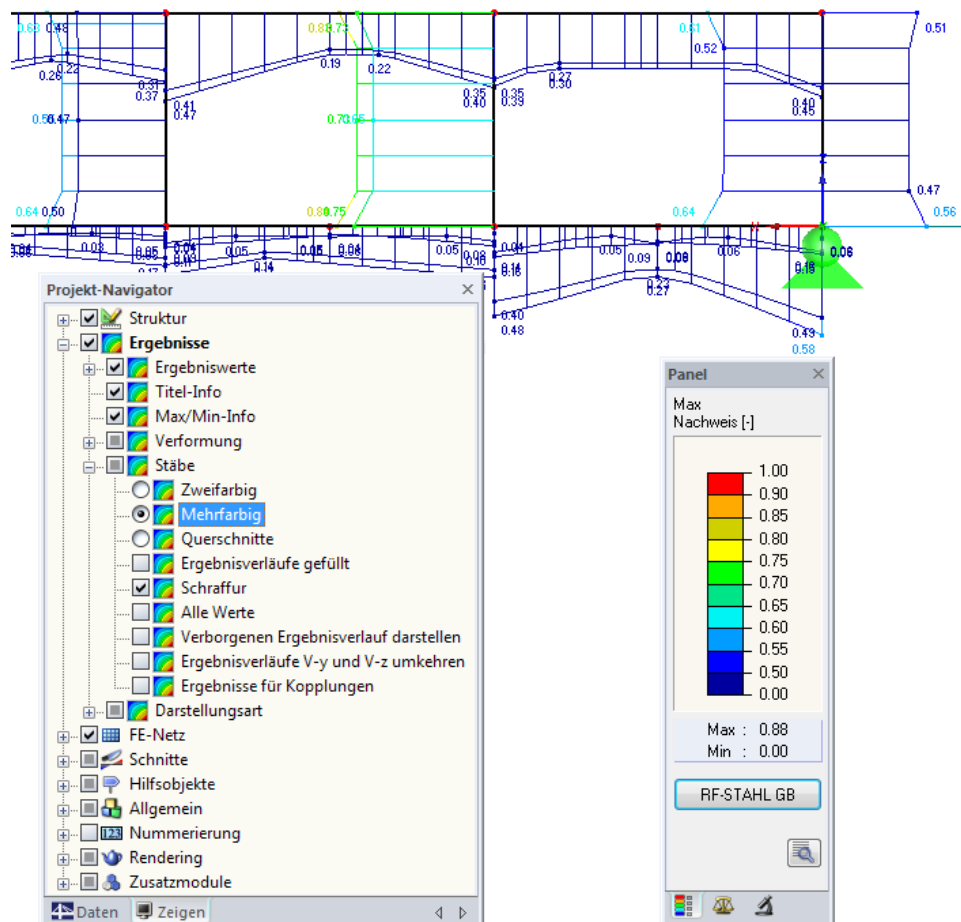


Bild 5.6: Filtern der Ausnutzungsgrade mit angepasster Farbskala

Bei einer mehrfarbigen Ergebnisanzeige kann im Panel beispielsweise eingestellt werden, dass nur Ausnutzungsgrade größer als 0,50 angezeigt werden. Die Farbskala lässt sich zudem wie im Bild oben dargestellt so bearbeiten, dass ein Farbbereich jeweils einen Ausnutzungsgrad von 0,05 abdeckt.

Über die Option *Verborgenen Ergebnisverlauf darstellen* (im Zeigen-Navigator unter dem Eintrag *Ergebnisse* → *Stäbe*) lassen sich auch alle Ausnutzungsverläufe einblenden, die diese Bedingungen nicht erfüllen. Diese Verläufe werden dann strichlinienhaft dargestellt.

Filtern von Stäben



Im Register *Filter* des Steuerpanels können die Nummern der Stäbe festgelegt werden, deren Ergebnisse exklusiv, d.h. gefiltert angezeigt werden sollen. Diese Funktion ist im Kapitel 10.9 des RFEM-Handbuchs auf Seite 327 beschrieben.

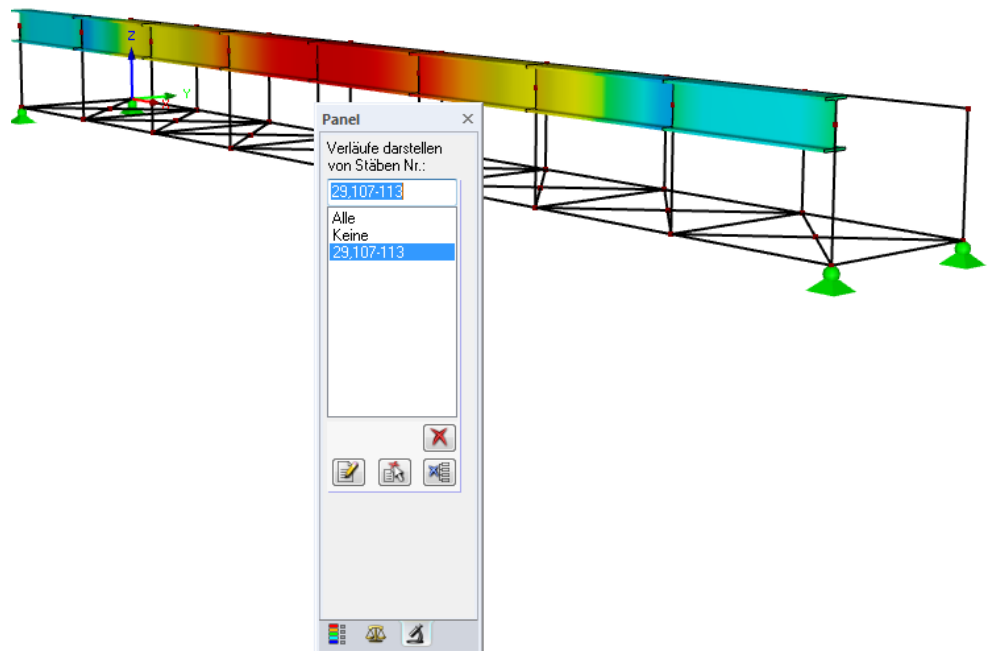


Bild 5.7: Stabfilter für Ausnutzungen des Druckgurts

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

6. Ausdruck

6.1 Ausdruckprotokoll

Für die RF-STAHl GB-Daten wird wie in RFEM zunächst ein Ausdruckprotokoll generiert, das mit Grafiken und Erläuterungen ergänzt werden kann. Dort kann auch festgelegt werden, welche Eingabe- und Ergebnismasken letztendlich im Ausdruck erscheinen.

Das Ausdruckprotokoll ist im RFEM-Handbuch ausführlich beschrieben. Insbesondere das Kapitel 11.1.3.4 *Selektion der Zusatzmodul-Daten* auf Seite 339 behandelt die Auswahl der Ein- und Ausgabedaten in den Zusatzmodulen.

Bei großen Systemen mit vielen Bemessungsfällen erhöht die Aufteilung der Daten in mehrere kleine Protokolle die Übersichtlichkeit und ermöglicht ein schnelleres Arbeiten.

6.2 RF-STAHl GB-Grafikausdruck

In RFEM kann jedes Bild, das im Grafikfenster des Hauptprogramms angezeigt wird, in das Ausdruckprotokoll übernommen werden. Damit können auch die am RFEM-Modell gezeigten Ausnutzungen für den Ausdruck aufbereitet werden. Diese Grafiken lassen sich in das globale Ausdruckprotokoll einbinden oder direkt auf den Drucker leiten. Im Kapitel 11.2 des RFEM-Handbuchs wird das Drucken von Grafiken ausführlich erläutert.

Nachweise am RFEM-Modell



Die aktuelle Ergebnisgrafik im RFEM-Arbeitsfenster kann gedruckt werden über Menü

Datei → Drucken

oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

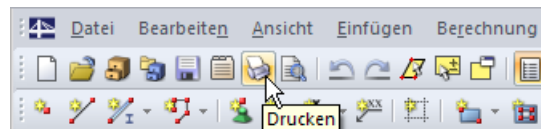


Bild 6.1: Schaltfläche *Drucken* in der Symbolleiste des Hauptfensters

Ergebnisverläufe



In gleicher Weise lassen sich auch die Stab-Ergebnisverläufe mit der [Drucken]-Schaltfläche in das Protokoll übergeben oder direkt ausdrucken.

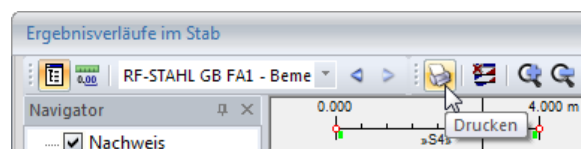


Bild 6.2: Schaltfläche *Drucken* in der Symbolleiste des Ergebnisverläufe-Fensters

Es wird folgender Dialog angezeigt.

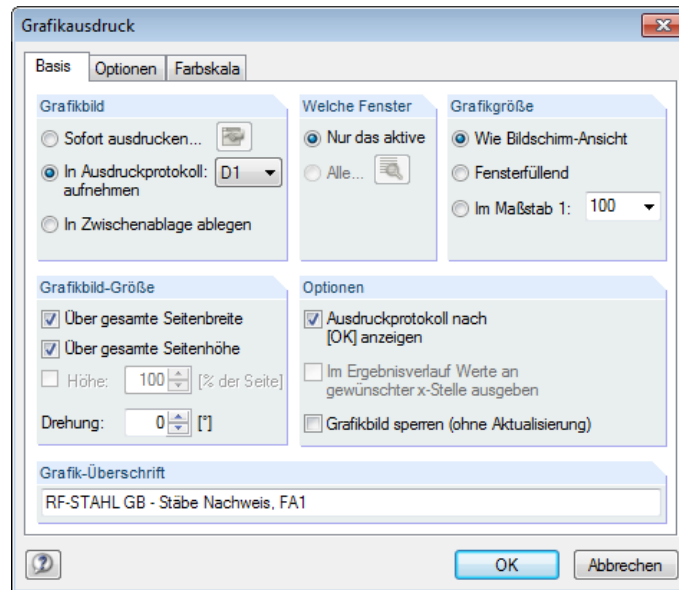


Bild 6.3: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Basis*

Dieser Dialog ist im Kapitel 11.2 des RFEM-Handbuchs ab Seite 356 ausführlich beschrieben. Dort sind auch die übrigen Register *Optionen* und *Farbskala* erläutert.

Eine RF-STAHl GB-Ergebnisgrafik kann im Ausdruckprotokoll wie gewohnt per Drag & Drop an eine andere Stelle verschoben werden. Zudem besteht die Möglichkeit, eingefügte Grafiken nachträglich anzupassen: Klicken Sie den entsprechenden Eintrag im Protokoll-Navigator mit der rechten Maustaste an und wählen im Kontextmenü die Option *Eigenschaften...*. Es erscheint erneut der Dialog *Grafikausdruck* mit verschiedenen Anpassungsmöglichkeiten.

Aus Protokoll entfernen Mit neuer Seite beginnen
Selektion...
Eigenschaften...

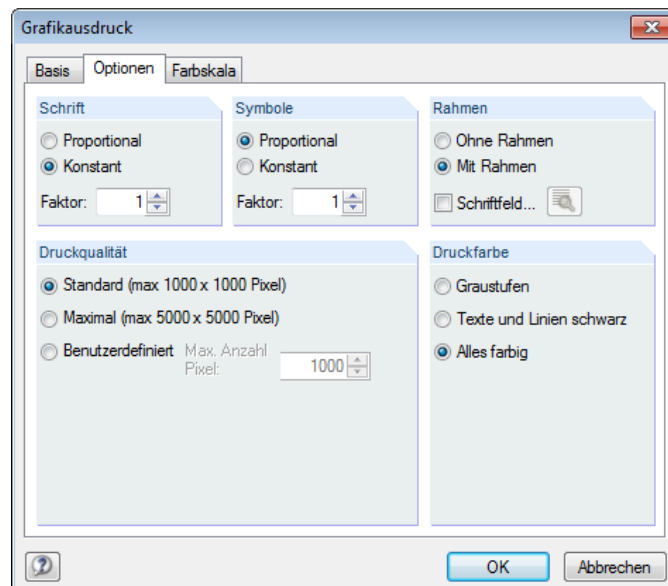


Bild 6.4: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Optionen*

7. Allgemeine Funktionen

Dieses Kapitel stellt einige Menüfunktionen sowie Exportmöglichkeiten der Bemessungsergebnisse vor.

7.1 RF-STAHL GB-Bemessungsfälle

Stäbe lassen sich in separaten Bemessungsfällen gruppieren. Damit können Bauteilgruppen zusammengefasst oder Stäbe mit spezifischen Bemessungsvorgaben (z. B. geänderte Materialien, Teilsicherheitsbeiwerte, Optimierung) untersucht werden.

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

Die RF-STAHL GB-Fälle sind im RFEM-Arbeitsfenster wie ein Lastfall oder eine Lastfallgruppe in der Liste der Symbolleiste zugänglich.

Neuen RF-STAHL GB-Fall anlegen

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

Datei → Neuer Fall.

Es erscheint der folgende Dialog.

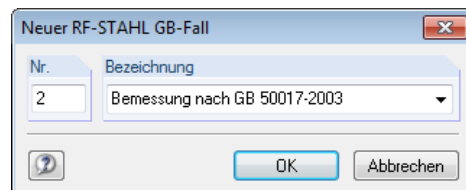


Bild 7.1: Dialog *Neuer RF-STAHL GB-Fall*

In diesem Dialog sind eine (noch nicht belegte) *Nummer* sowie eine *Bezeichnung* für den neuen Bemessungsfall anzugeben. Nach [OK] erscheint die RF-STAHL GB-Maske 1.1 *Basisangaben* zur Eingabe der neuen Bemessungsdaten.

RF-STAHL GB-Fall umbenennen

Die Bezeichnung eines Bemessungsfalls kann geändert werden über das RF-STAHL GB-Menü

Datei → Fall umbenennen.

Es erscheint der Dialog *RF-STAHL GB-Fall umbenennen*.

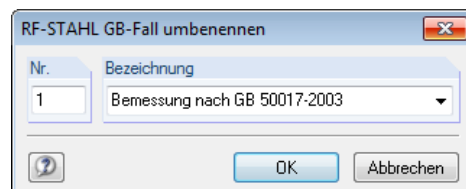
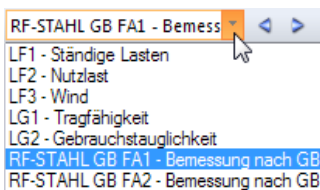


Bild 7.2: Dialog *RF-STAHL GB-Fall umbenennen*



RF-STAHL GB-Fall kopieren

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

Datei → Fall kopieren.

Es erscheint der Dialog *RF-STAHL GB-Fall kopieren*, in dem die Nummer und Bezeichnung des neuen Falls festzulegen sind.

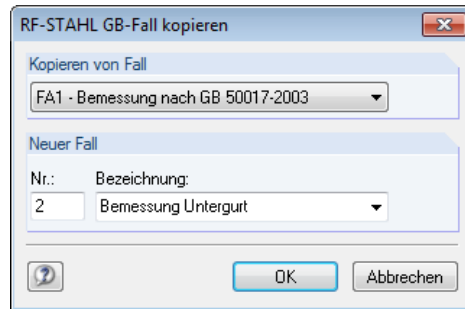


Bild 7.3: Dialog *RF-STAHL GB-Fall kopieren*

RF-STAHL GB-Fall löschen

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

Datei → Fall löschen.

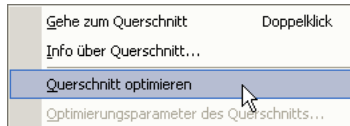
Im Dialog *Fall löschen* kann der Bemessungsfall in der Liste *Vorhandene Fälle* ausgewählt werden. Der Löschvorgang erfolgt mit [OK].



Bild 7.4: Dialog *Fall löschen*

7.2 Querschnittsoptimierung

Wie in Kapitel 2.3 erwähnt, bietet RF-STAHL GB die Möglichkeit einer querschnittsweisen Optimierung an. Hierzu ist in der Spalte D bzw. E der Maske 1.3 *Querschnitte* das betreffende Profil durch Anhängen auszuwählen, was am einfachsten über einen Klick in das Kästchen erfolgt (siehe Bild 2.6, Seite 14).



Auch in den Ergebnismasken kann die Querschnittsoptimierung über das Kontextmenü eingeleitet werden.

Im Zuge der Optimierung untersucht RF-STAHL GB, welches Profil aus der gleichen Querschnittsreihe den Nachweis „optimal“ erfüllt, d. h. der maximal möglichen Ausnutzung am nächsten kommt, die im Dialog *Details* festgelegt ist (siehe Bild 3.5, Seite 33). Dabei werden mit den RFEM-Schnittgrößen die erforderlichen Querschnittskennwerte ermittelt. Erweist sich ein anderer Querschnitt als günstiger, so wird dieser Querschnitt für den Nachweis benutzt. In Maske 1.3 werden dann wie im Bild 7.6 gezeigt rechts zwei Profile dargestellt – der ursprüngliche Querschnitt aus RFEM und der optimierte Querschnitt.

Bei den parametrisierten Profilen der Querschnittsbibliothek erscheint beim Anhängen des Optimierungskästchens ein Dialog für detaillierte Vorgaben.

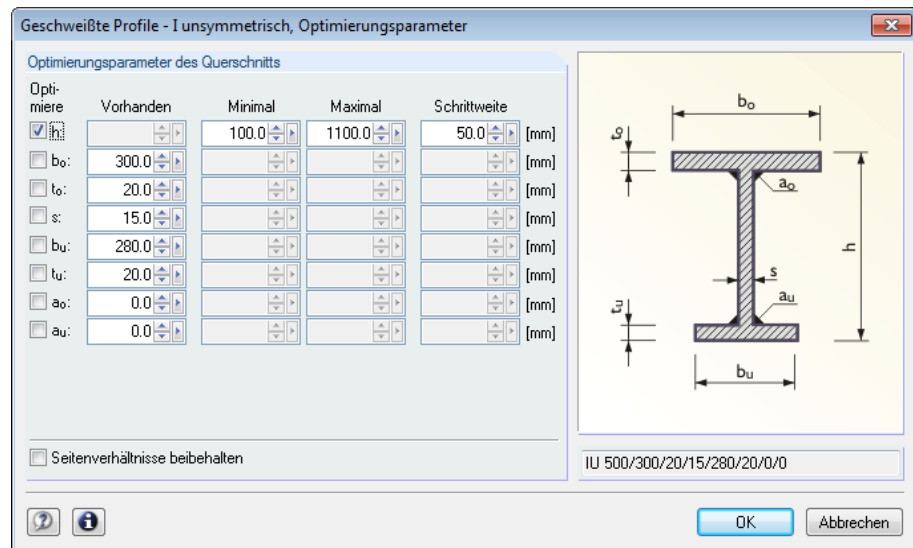


Bild 7.5: Dialog Geschweißte Profile - I-symmetrisch, Optimierungsparameter

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

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

Querschnitte, die aus Walzprofilen zusammengesetzt sind, können nicht optimiert werden.

Bei der Optimierung ist zu beachten, dass die Schnittgrößen nicht automatisch neu mit den geänderten Querschnitten berechnet werden. Der Anwender kann frei entscheiden, welche Profile für eine Neuberechnung nach RFEM übergeben werden sollen. Wegen der geänderten Steifigkeiten im System können die Schnittgrößen, die sich mit den optimierten Querschnitten ergeben, erheblich differieren. Es empfiehlt sich, nach einer ersten Optimierung die Schnittgrößen neu zu berechnen und anschließend die Profile nochmals zu optimieren.



Die Übergabe der geänderten Profile nach RFEM braucht nicht manuell erfolgen. Stellen Sie die Maske 1.3 *Querschnitte* ein und wählen dann das Menü

Bearbeiten → **Alle Querschnitte in RFEM übernehmen**.

Das Kontextmenü der Maske 1.3 enthält ebenfalls Möglichkeiten zum Export optimierter Profile nach RFEM.

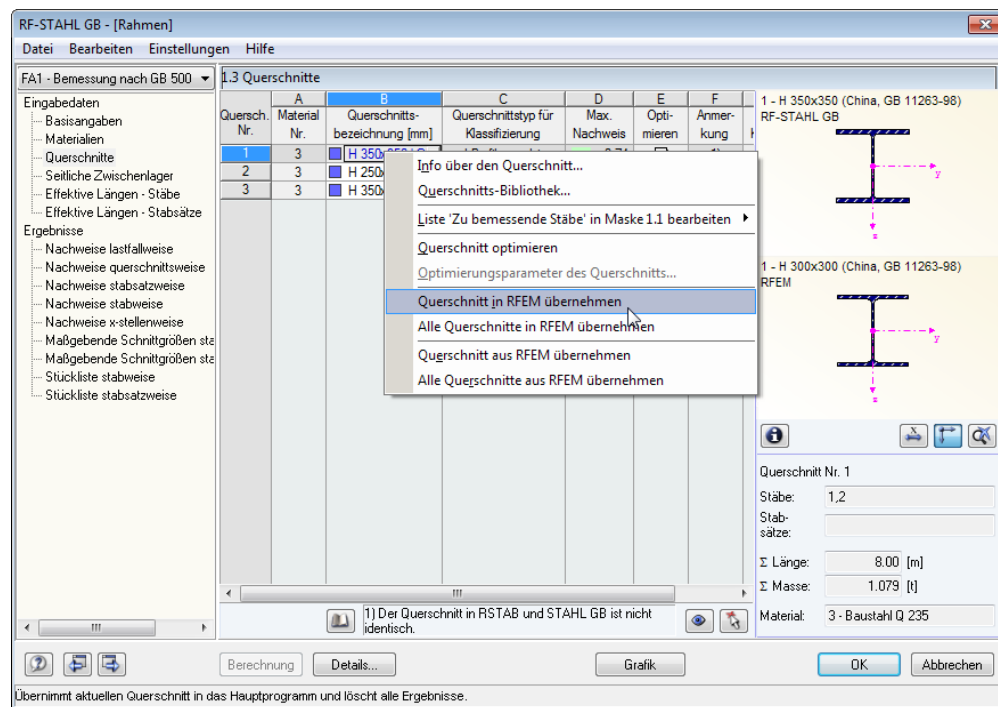


Bild 7.6: Kontextmenü der Maske 1.3 *Querschnitte*

Berechnung

Vor der Übergabe erfolgt eine Sicherheitsabfrage, da diese Maßnahme mit dem Löschen der Ergebnisse verbunden ist. Wird in RF-STAHl GB dann die [Berechnung] gestartet, vollzieht sich die Ermittlung von RFEM-Schnittgrößen und RF-STAHl GB-Nachweisen in einem einzigen Berechnungsablauf.

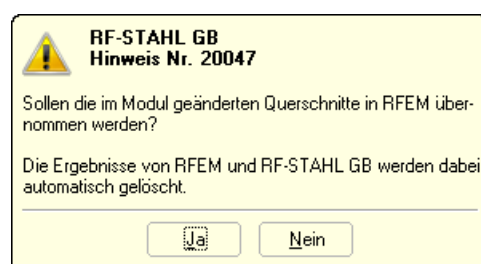


Bild 7.7: Abfrage vor Übergabe geänderter Querschnitte nach RFEM

Analog können über die oben beschriebenen Menüfunktionen wieder die RFEM-Originalquerschnitte in RF-STAHl GB eingelesen werden. Bitte beachten Sie, dass auch diese Möglichkeit nur in der Maske 1.3 *Querschnitte* besteht.



Liegt ein Voutenstab zur Optimierung vor, 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 diesem Fall empfiehlt es sich, die Voute in einzelne Stäbe aufzuteilen, deren Anfangs- und Endquerschnitte geringere Profilunterschiede aufweisen.

7.3 Materialexport nach RFEM

Werden in der RF-STAHL GB-Maske 1.2 die Materialien geändert, können – wie bei den Querschnitten – die geänderten Materialien nach RFEM exportiert oder auch die ursprünglich verwendeten Materialien wieder aus RFEM eingelesen werden. Die im Modul geänderten Materialien werden blau dargestellt.

Es ist nicht erforderlich, die geänderten Materialien manuell nach RFEM zu übergeben. Stellen Sie die Maske 1.2 *Materialien* ein und wählen dann das Menü

Bearbeiten → Alle Materialien in RFEM exportieren.

Das Kontextmenü der Maske 1.2 enthält ebenfalls Möglichkeiten zur Übergabe modifizierter Materialien nach RFEM.

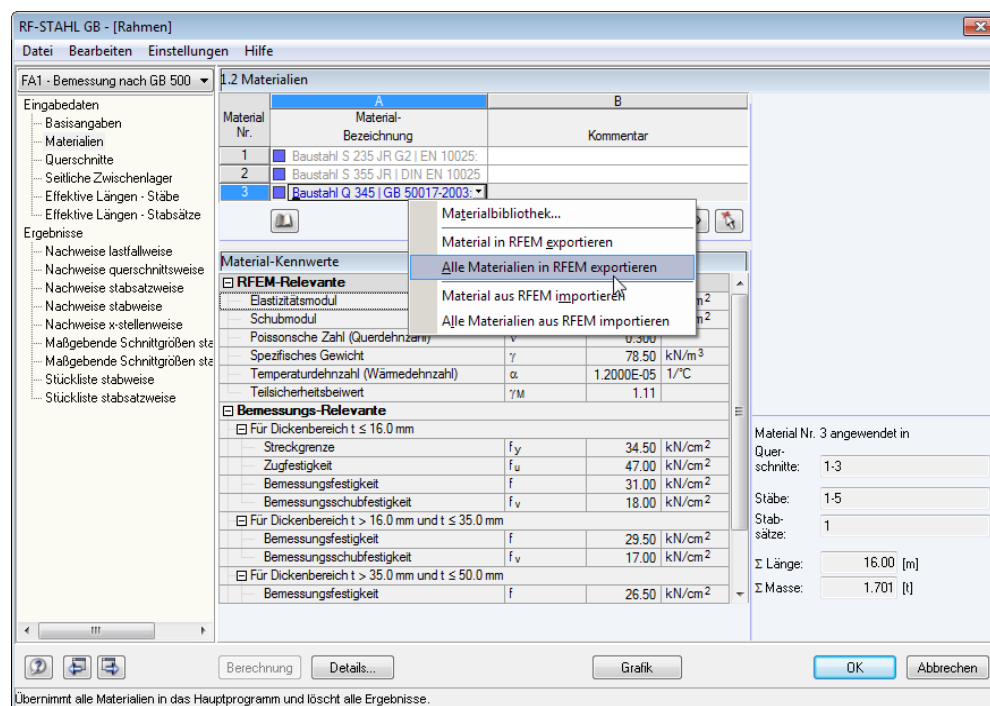


Bild 7.8: Kontextmenü der Maske 1.2 *Materialien*

Berechnung

Vor der Übergabe erfolgt eine Sicherheitsabfrage, da diese Maßnahme mit dem Löschen der Ergebnisse verbunden ist. Wird in RF-STAHL GB dann die [Berechnung] gestartet, vollzieht sich die Ermittlung von RFEM-Schnittgrößen und RF-STAHL GB-Nachweisen in einem einzigen Berechnungsablauf.

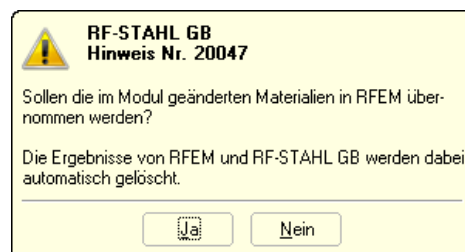


Bild 7.9: Abfrage vor Übergabe geänderter Materialien nach RFEM

7.4 Einheiten und Dezimalstellen

Die Einheiten und Nachkommastellen werden für RFEM sowie für sämtliche Zusatzmodule zentral verwaltet. In RF-STAHl GB ist der Dialog zum Einstellen der Einheiten zugänglich über das Menü

Einstellungen → Einheiten und Dezimalstellen.

Es wird der aus RFEM bekannte Dialog aufgerufen. Das Modul RF-STAHl GB ist voreingestellt.

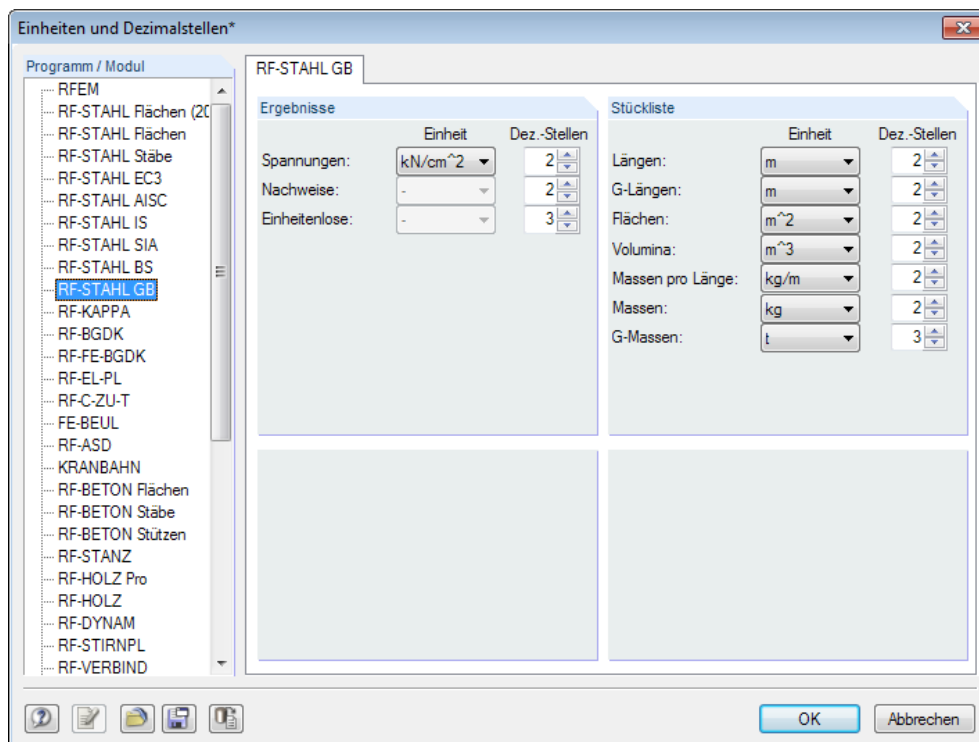


Bild 7.10: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*



Die Einstellungen können als Benutzerprofil gespeichert und in anderen Positionen wieder verwendet werden. Die Beschreibung dieser Funktionen finden Sie im Kapitel 11.6.2 des RFEM-Handbuchs auf Seite 334.

7.5 Export der Ergebnisse

Die Nachweise können anderen Programmen auf verschiedene Weise bereitgestellt werden.

Zwischenablage

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

Ausdruckprotokoll

Die Daten des RF-STAHl GB-Moduls lassen sich in das zentrale Ausdruckprotokoll drucken (siehe Kapitel 6.1, Seite 51) und können dort dann exportiert werden über Menü

Datei → Export in RTF-Datei bzw. BauText.

Diese Funktion ist im Kapitel 11.1.11 des RFEM-Handbuchs auf Seite 351 beschrieben.

Excel / OpenOffice

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

Datei → Tabellen exportieren.

Es öffnet sich folgender Exportdialog.

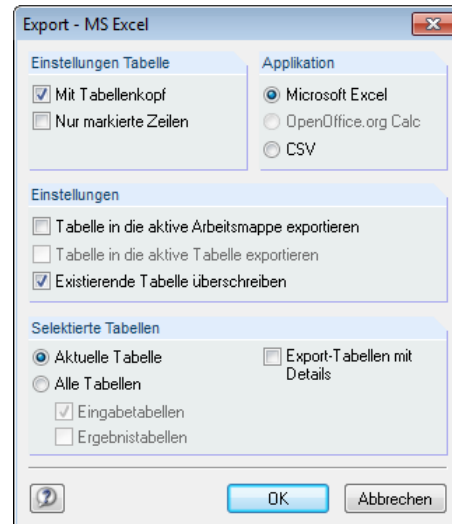


Bild 7.11: Dialog *Export - MS Excel*

Sind die gewünschten Parameter ausgewählt, kann der Export mit [OK] gestartet werden. Excel bzw. OpenOffice werden automatisch aufgerufen. Die Programme brauchen nicht im Hintergrund geöffnet sein.

	A	B	C	D	E	F
1	Stab	Stelle	Last-	Nachweis		
2	Nr.	x [m]	fall	Ausnutzung		Nachweis nach Formel
3	1	Querschnitt Nr. 1 - H 350x350 GB 11263-05				
4		0,00	LF1	0,12 ≤ 1	101)	Querschnittsnachweis - Zug oder Druck nach 5.1.1
5		0,00	LF1	0,09 ≤ 1	121)	Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse y nach 4.1.2
6		0,00	LF1	0,00 ≤ 1	126)	Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.3
7		4,00	LF1	0,46 ≤ 1	172)	Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, Quer- und Normalkraft nach 5.2.1
8		0,00	LF1	0,12 ≤ 1	302)	Stabilitätsnachweis - Biegeknicken um Achse x nach 5.1.2
9		0,00	LF1	0,14 ≤ 1	306)	Stabilitätsnachweis - Biegeknicken um Achse y nach 5.1.2
10		0,00	LF1	0,14 ≤ 1	311)	Stabilitätsnachweis - Drillknicken (Doppelsymmetrischer Querschnitt)
11		4,00	LF1	0,38 ≤ 1	334)	Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach 5.2.2
12						
13	2	Querschnitt Nr. 1 - H 350x350 GB 11263-05				
14		0,00	LF1	0,02 ≤ 1	101)	Querschnittsnachweis - Zug oder Druck nach 5.1.1
15		0,00	LF1	0,09 ≤ 1	121)	Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse y nach 4.1.2
16		0,00	LF1	0,00 ≤ 1	126)	Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.3
17		4,00	LF1	0,37 ≤ 1	172)	Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, Quer- und Normalkraft nach 5.2.1
18		0,00	LF1	0,03 ≤ 1	302)	Stabilitätsnachweis - Biegeknicken um Achse x nach 5.1.2
19		0,00	LF1	0,03 ≤ 1	306)	Stabilitätsnachweis - Biegeknicken um Achse y nach 5.1.2
20		0,00	LF1	0,03 ≤ 1	311)	Stabilitätsnachweis - Drillknicken (Doppelsymmetrischer Querschnitt)
21		4,00	LF1	0,27 ≤ 1	334)	Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach 5.2.2
22						
23	3	Querschnitt Nr. 3 - H 350x350 GB 11263-05				
24		0,00	LF1	0,00 ≤ 1	126)	Querschnittsnachweis - Schubbeulen nach 4.3
25		0,00	LF1	0,82 ≤ 1	174)	Querschnittsnachweis - Biegung um Achse x, Quer- und Normalkraft nach 4.1.4
26		0,00	LF1	0,25 ≤ 1	334)	Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach 5.2.2
27		0,00	LF1	0,34 ≤ 1	384)	Stabilitätsnachweis - Biegung um Achse x und Druck nach 5.2.2
28						

Bild 7.12: Ergebnis in MS Excel: Tabelle 2.4 *Nachweise stabweise*

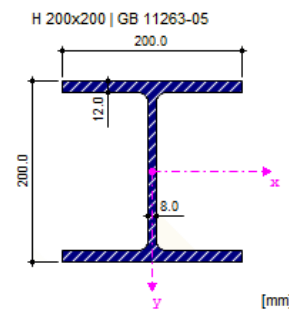
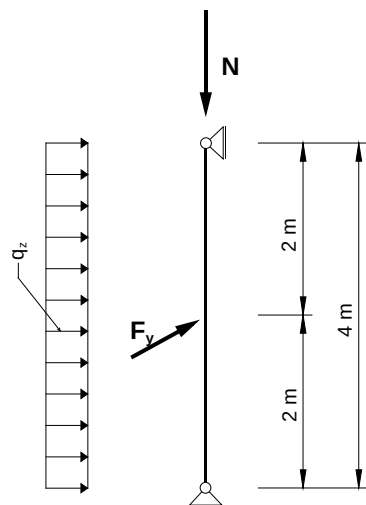
8. Beispiele

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



Stahlprofil nach GB

Bemessungswerte der statischen Lasten:

$$\begin{aligned} N_d &= 300 \text{ kN} \\ q_{y,d} &= 5.0 \text{ kN/m} \\ F_{x,d} &= 7.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

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

Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung

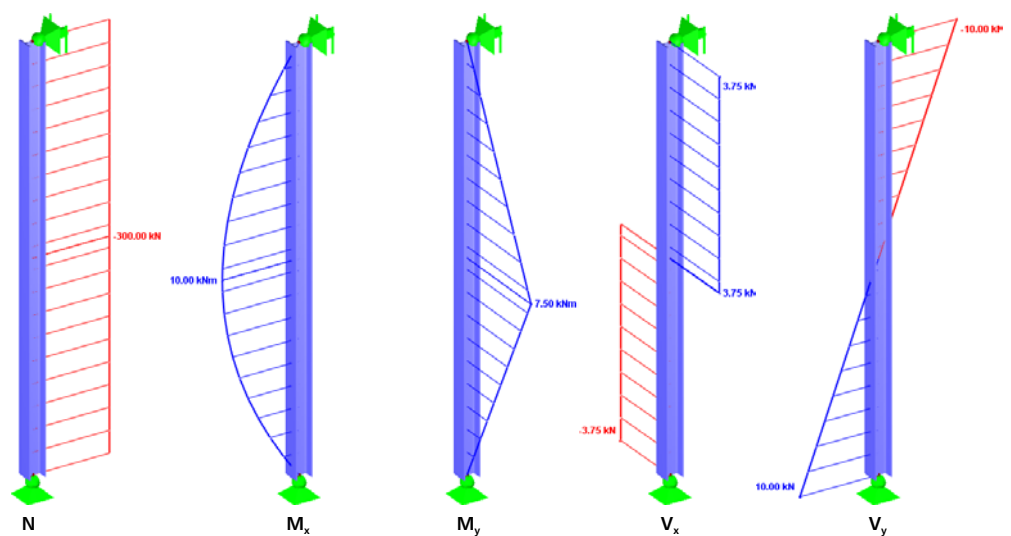


Bild 8.2: Schnittgrößen

Nachweisstelle (maßgebende x-Stelle im RFEM-Koordinatensystem)

Der Nachweis erfolgt x-stellenweise, d. h. an den definierten x-Stellen des Ersatzstabes. Die maßgebende Stelle ist bei $x = 2,00$ m mit folgenden RFEM-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 200x200, Q 235

Querschnittsgröße	Symbol	Wert	Einheit
Querschnittsfläche	A	63,540	cm ²
Trägheitsmoment	I_x	4717,000	cm ⁴
Trägheitsmoment	I_y	1601,000	cm ⁴
Trägheitsradius	i_x	86,200	mm
Trägheitsradius	i_y	50,200	mm
Polarer Trägheitsradius	i_p	99,800	mm
Trägheitsradius des Gurtquerschnitts	$i_{p,M}$	53,900	mm
Querschnittsgewicht	G	49,900	kg/m
Torsionsträgheitsmoment	I_T	25,380	cm ⁴
Wölbwiderstand	I_ω	141376,000	cm ⁶
Widerstandsmoment	W_x	472,000	cm ³
Widerstandsmoment	W_y	160,000	cm ³
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,x}$	525,500	cm ³
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,y}$	243,820	cm ³
Knickspannungslinie	KSL_x	b	
Knickspannungslinie	KSL_y	b	

8.2 Tragsicherheitsnachweis

Normalspannung

$$\sigma = \frac{N}{A_n} + \frac{M_x}{\gamma_x W_{nx}} + \frac{M_y}{\gamma_y W_{ny}} = \frac{300}{63,54} + \frac{1000}{1,05 \cdot 472} + \frac{750}{1,20 \cdot 160} = 10,65 \text{ kN/cm}^2$$

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

$\Rightarrow$ Nachweis erfüllt!

(GB 50017-2003, 5.2.1)

Berechnung mit RF-STAHl GB

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 2.000 m - LF1					
Materialwerte - Baustahl Q 235					
Querschnittswerte - H 200x200					
Bemessungsschnittgrößen					
Lokale Stabilität unter Druck und Biegung					
Nachweis					
Normalkraft	N	300.00	kN		
Moment	M_x	10.00	kNm		
Moment	M_y	7.50	kNm		
Bemessungswert der Stahlfestigkeit	f	21.50	kN/cm ²		Tab. 3.4.1-1
Nettoquerschnittsfläche	A_n	63.54	cm ²		Gl. (5.1.1)
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
Nachweis	η	0.50		≤ 1	Gl. (5.2.1)

Bild 8.3: Normalspannungsnachweis mit RF-STAHl GB

Schubspannung

$$\tau_{v,y} = \frac{V_y \cdot S_x}{I_x \cdot t_w} = \frac{10 \cdot 262,75}{4717 \cdot 0,8} = 0,696 < 12,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{v,x} = \frac{V_x \cdot S_y}{I_y \cdot t_f} = \frac{3,75 \cdot 60}{1601 \cdot 1,2} = 0,117 < 12,50 \text{ kN/cm}^2$$

⇒ Nachweis erfüllt!

(GB 50017-2003, 4.1.2)

Berechnung mit RF-STAHl GB

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 0.000 m - LF1					
☑ Materialwerte - Baustahl Q 235					
☑ Querschnittswerte - H 200x200					
☑ Bemessungsschnittgrößen					
☑ Lokale Stabilität unter Druck und Biegung					
☑ Nachweis					
Maßgebender Spannungspunkt	SP-Nr.	13			
Querkraft	V _x	3.75	kN		
Querkraft	V _y	10.00	kN		
Bemessungswert der Schubfest	f _v	12.50	kN/cm ²		Tab. 3.4.1-1
Statisches Moment	S _x	261.73	cm ³		
Statisches Moment	S _y	0.00	cm ³		
Flächenträgheitsmoment	I _x	4717.00	cm ⁴		
Flächenträgheitsmoment	I _y	1601.00	cm ⁴		
Wanddicke	t	8.0	mm		
Schubspannung	τ _{v,x}	0.00	kN/cm ²		Gl. (4.1.2)
Schubspannung	τ _{v,y}	0.69	kN/cm ²		Gl. (4.1.2)
Schubspannung	τ _v	0.69	kN/cm ²		
Nachweis	η	0.06		≤ 1	Gl. (4.1.2)

Bild 8.4: Schubspannungsnachweis mit RF-STAHl GB

8.3 Stabilitätsnachweis

Biegeknicken um starke Achse (⊥ zur x-x Achse)

1) Schlankheitsgrad

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

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

2) Knickspannungslinie

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

(GB 50017-2003, Tab. 5.1.2-1)

$$\text{Knicksprungslinie: } b$$

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

(GB 50017-2003, Tab. C-2)

3) Eulersche kritische Normalkraft

$$N_{Ex} = \frac{\pi^2 \cdot EA}{1,1 \cdot \lambda_x^2} = \frac{3,14^2 \cdot 20600 \cdot 63,54^2}{1,1 \cdot 46,4^2} = 5449,3 \text{ kN}$$

4) Momentenbeiwert für Biegeknicken und Biegedrillknicken

um x-Achse, ohne Endmoment, mit Stablasten

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

(GB 50017-2003, 5.2.2-1)

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

(GB 50017-2003, 5.2.2-2)

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

(GB 50017-2003, 5.2.5)

5) Biegeknicksicherheitsnachweis

$$\frac{N}{\varphi_x \cdot A} + \frac{\beta_{mx} \cdot M_x}{\gamma_x \cdot W_x \cdot \left(1 - 0,8 \frac{N}{N_{Ex}}\right)} + \eta \cdot \frac{\beta_{ty} \cdot M_y}{\varphi_{by} \cdot W_y} \quad (\text{GB 50017-2003, 5.2.5-1})$$

$$= \frac{300}{0,872 \cdot 63,54} + \frac{1,0 \cdot 10 \cdot 10^2}{1,05 \cdot 472 \cdot \left(1 - 0,8 \frac{300}{5449,3}\right)} + 1,0 \cdot \frac{1,0 \cdot 7,5 \cdot 10^2}{1,0 \cdot 160}$$

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

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

$$\Rightarrow \text{Nachweis erfüllt!} \quad (\text{GB 50017-2003, 5.2.5-1})$$

Biegedrillknicken um schwache Achse ($\perp$ zur y-y Achse)**1) Schlankheitsgrad**

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

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

2) Knickspannungslinie

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

(GB 50017-2003, Tab. 5.1.2-1)

$$\text{Knicksprungslinie: } b$$

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

(GB 50017-2003, Tab. C-2)

3) Eulersche kritische Normalkraft

$$N_{Ey} = \frac{\pi^2 \cdot EA}{1,1 \cdot \lambda_y^2} = \frac{3,14^2 \cdot 20600 \cdot 63,54^2}{1,1 \cdot 79,7^2} = 1847 \text{ kN}$$

4) Momentenbeiwert für Biegeknicken und Biegedrillknicken

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

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

(GB 50017-2003, 5.2.2-1)

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

(GB 50017-2003, 5.2.2-2)

5) Vereinfachtes Nachweisverfahren für φ_{bx}

$$\lambda_y < 120$$

(GB 50017-2003, B.5)

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

$$\varphi_{bx} = 1,07 - \frac{\lambda_y^2}{44000} = 1,07 - \frac{79,7^2}{44000} = 0,926 \quad (\text{GB 50017-2003, 5.2.5, B.5})$$

Biegedrillknicksicherheitsnachweis

$$\frac{N}{\varphi_y \cdot A} + \eta \cdot \frac{\beta_{tx} \cdot M_x}{\varphi_{bx} \cdot W_x} + \frac{\beta_{my} \cdot M_y}{\gamma_y \cdot W_y \cdot \left(1 - 0,8 \frac{N}{N_{Ey}}\right)} \quad (\text{GB 50017-2003, 5.2.5-2})$$

$$= \frac{300}{0,693 \cdot 63,54} + 1,0 \cdot \frac{1,0 \cdot 10 \cdot 10^2}{0,926 \cdot 472} + \frac{1,0 \cdot 7,5 \cdot 10^2}{1,20 \cdot 160 \cdot \left(1 - 0,8 \frac{300}{1847}\right)}$$

$$= 13,59 \text{ kN/cm}^2$$

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

$$\Rightarrow \text{Nachweis erfüllt!} \quad (\text{GB 50017-2003, 5.2.5-2})$$

6) Allgemeines Nachweisverfahren für φ_{bx}

$$\xi = \frac{l_1 \cdot t_1}{b_1 \cdot h} = \frac{400 \cdot 1,2}{20 \cdot 20} = 1,2 \quad (\text{GB 50017-2003, Tab. B.1})$$

$$\beta_b = 0,69 + 0,13 \cdot \xi = 0,69 + 0,13 \cdot 1,2 = 0,846 \quad (\text{GB 50017-2003, Tab. B.1})$$

$$\eta_b = 0$$

$$\varphi_b = \beta_b \cdot \frac{4320}{\lambda_y^2} \cdot \frac{A \cdot h}{W_x} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{\lambda_y \cdot t_1}{4,4 \cdot h} \right)^2} + \eta_b \right] \cdot \frac{235}{f_y} \quad (\text{GB 50017-2003, B.1-1})$$

$$= 0,846 \cdot \frac{4320}{79,7^2} \cdot \frac{63,54 \cdot 20}{472} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{79,7 \cdot 1,2}{4,4 \cdot 20} \right)^2} + 0 \right] \cdot \frac{235}{235}$$

$$= 2,288$$

$$\varphi'_b = 1,07 - \frac{0,282}{\varphi_b} = 1,07 - \frac{0,282}{2,288} = 0,947 \quad (\text{GB 50017-2003, B.1-2})$$

Biegedrillknicksicherheitsnachweis

$$\frac{N}{\varphi_y \cdot A} + \eta \cdot \frac{\beta_{tx} \cdot M_x}{\varphi_{bx} \cdot W_x} + \frac{\beta_{my} \cdot M_y}{\gamma_y \cdot W_y \cdot \left(1 - 0,8 \frac{N}{N_{Ey}} \right)} \quad (\text{GB 50017-2003, 5.2.5-2})$$

$$= \frac{300}{0,693 \cdot 63,54} + 1,0 \cdot \frac{1,0 \cdot 10 \cdot 10^2}{0,947 \cdot 472} + \frac{1,0 \cdot 7,5 \cdot 10^2}{1,20 \cdot 160 \cdot \left(1 - 0,8 \frac{300}{1847} \right)}$$

$$= 13,54 \text{ kN/cm}^2$$

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

⇒ Nachweis erfüllt!

(GB 50017-2003, 5.2.5-2)

Berechnung mit RF-STAHl GB

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 2.000 m - LF1					
☐ Nachweis					
— Normalkraft	N	300.00	kN		
— Moment	M _x	10.00	kNm		
— Moment	M _y	7.50	kNm		
— Charakteristische Werte der Fe	f _y	23.50	kN/cm ²		Tab. 3.4.1-1
— Bemessungswert der Stahlfestigkeit	f	21.50	kN/cm ²		Tab. 3.4.1-1
— Elastizitätsmodul	E	20600.00	kN/cm ²		Tab. 3.4.3
— Querschnittsfläche	A	63.54	cm ²		
— Trägertyp	TT _x	Träger			
— Trägertyp	TT _y	Träger			
— Belastungstyp	BT _x	Einzellast			
— Belastungstyp	BT _y	Gleichlast			
— Anhang für BGDK-Beiwert	Anhang	B.1			
— Seitenstützung	SE	keine seitlich			
— Querschnitt unsymmetrisch Bei	η _b	0.000			Anhang B.1
— Beiwert des Biegestabes	ξ	1.200			Anhang B.1
— Gesamtstabilitätsbeiwert	β _b	0.846			Tab. B.1
— Länge des Druckflansches	l ₁	4.000	m		
— 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	46.425			
— Schlankheitsgrad	λ _y	79.687			
— Eulersche kritische Normalkraft	N' _{Ex}	5449.04	kN		
— Eulersche kritische Normalkraft	N' _{Ey}	1849.46	kN		
— Bezogener Schlankheitsgrad	λ _{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
— Elastisches Widerstandsmoment	W_x	472.00	cm ³	
— Elastisches Widerstandsmoment	W_y	160.00	cm ³	
— Plastischer Querschnittsanpass	γ_x	1.050		Tab. 5.2.1
— Plastischer Querschnittsanpass	γ_y	1.200		Tab. 5.2.1
— Querschnittseinflussfaktor	η	1.000		Gl. (5.2.2-3)
— Gesamtstabilitätsbeiwert	β_{mx}	1.000		Gl. (5.2.2-1)
— Gesamtstabilitätsbeiwert	β_{my}	1.000		Gl. (5.2.2-1)
— Gesamtstabilitätsbeiwert	β_{tx}	1.000		Gl. (5.2.2-3)
— Gesamtstabilitätsbeiwert	β_{ty}	1.000		Gl. (5.2.2-3)
— Gesamtstabilitätsbeiwert	φ'_b	0.947		Anhang B.1-2
— Stabilitätsbeiwert des Biegeträg	φ_{by}	1.000		Gl. (5.2.5)
— Nachweis 1	η_1	0.57	≤ 1	Gl. (5.2.5-1)
— Nachweis 2	η_2	0.63	≤ 1	Gl. (5.2.5-2)
— Nachweis	η	0.63	≤ 1	Gl. (5.2.5)

Bild 8.5: Biegeknicknachweis mit RF-STAHl GB

8.4 Gebrauchstauglichkeitsnachweis

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

$$v_{T,x} = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{7,5 \cdot 400^3}{48 \cdot 20600 \cdot 1601} = 0,303 \text{ cm} < \frac{l}{400} = 1,0 \text{ cm}$$

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

$$v_{T,y} = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 0,05 \cdot 400^4}{384 \cdot 20600 \cdot 4717} = 0,172 \text{ cm} < \frac{l}{400} = 1,0 \text{ cm}$$

Berechnung mit RF-STAHl GB

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 2.000 m - LF1				
☐ Materialwerte - Baustahl Q 235				
☐ Querschnittswerte - H 200x200				
☐ Durchbiegungen				
☐ Lokale Stabilität unter Druck und Biegung				
☐ Nachweis				
— Durchbiegung	$v_{T,x}$	-3.0	mm	
— Bezugslänge	l	4.000	m	
— Grenzwertkriterium	$\max. l / v$	400.00		Tab. A.1.1
— Grenzwert der Verformung	$\max. v_{T,x}$	10.0	mm	Tab. A.1.1
— Nachweis	η	0.30	≤ 1	Tab. A.1.1
☐ Nachweis				
— Durchbiegung	$v_{T,y}$	1.7	mm	
— Bezugslänge	l	4.000	m	
— Grenzwertkriterium	$\max. l / v$	400.00		Tab. A.1.1
— Grenzwert der Verformung	$\max. v_{T,y}$	10.0	mm	Tab. A.1.1
— Nachweis	η	0.17	≤ 1	Tab. A.1.1

Bild 8.6: Gebrauchstauglichkeitsnachweis mit RF-STAHl GB

8.5 Plastische Berechnung

Kriterium für plastische Berechnung

1) Materialfestigkeit Verhältnis:

$$\frac{f_u}{f_y} = \frac{37,0}{23,5} = 1,574 > 1,20 \quad (\text{GB 50017-2003, 9.1.3})$$

2) Flansch Schlankheit Verhältnis:

$$\frac{b}{t} = \frac{83,0}{12,0} = 6,92 < 9,0 \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 9,0 \quad (\text{GB 50017-2003, 9.1.4})$$

3) Steg Schlankheit Verhältnis:

$$\frac{N}{A_n \cdot f} = \frac{300}{63,54 \cdot 21,5} = 0,22 < 0,37 \quad (\text{GB 50017-2003, 9.1.4})$$

$$\Rightarrow \frac{h_0}{t_w} = \frac{150}{8,0} = 18,75 < (72 - 100 \cdot 0,22) \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 50,0 \quad (\text{GB 50017-2003, 9.1.4})$$

$\Rightarrow$ Nachweis nach plastischer Berechnung ist möglich! (GB 50017-2003, 9.1)

Berechnung mit RF-STAHL GB

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 2.000 m - LF1					
☑ Materialwerte - Baustahl Q 235					
☑ Querschnittswerte - H 200x200					
☑ Bemessungsschnittgrößen					
☑ Lokale Stabilität und Kriterien der plastischen Bemessung					
☑ Lokale Stabilität unter Druck und Biegung					
☑ Kriterien der plastischen Bemessung					
Material-Kennwerte					
- Charakteristische Streckgrenze	f_y	23.50	kN/cm ²		Tab. 3.4.1-1
- Grenzfestigkeit	f_u	37.00	kN/cm ²		Tab. 3.4.1-1
- Materialbeiwert	ε	1.000			
- Verhältnis der Materialfestigk.	f_u/f_y	1.574		> 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	9.000			9.1.4
Steg					
- Spannung	σ_N	-4.72	kN/cm ²	< 0	Druck
- Bemessungsfestigkeit	f_w	21.50	kN/cm ²		Tab. 3.4.1-1
- Normalspannungsausnutzung	$\sigma_{w,N}/f_w$	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	50.040			9.1.4
Voraussetzungen nach 9.1.4 erfüllt.					
☑ Nachweis					

Bild 8.7: Kriterium für plastische Berechnung mit RF-STAHL GB

Tragsicherheitsnachweis

1) Normalspannung

$$\frac{N}{A_n \cdot f} = \frac{300}{63,54 \cdot 21,5} = 0,22 > 0,13 \quad (\text{GB 50017-2003, 9.2.3})$$

$$\Rightarrow \frac{M_x}{1,15 \cdot \left(1 - \frac{N}{A_n \cdot f}\right) \cdot W_{pnx} \cdot f} + \frac{M_y}{1,15 \cdot \left(1 - \frac{N}{A_n \cdot f}\right) \cdot W_{pny} \cdot f}$$

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

$$= 0,26 < 1,0$$

⇒ Nachweis erfüllt! (GB 50017-2003, 9.2.3-2)

2) Schubspannung

$$\frac{N}{A_n \cdot f} = \frac{300}{63,54 \cdot 21,5} = 0,22 < 0,60 \quad (\text{GB 50017-2003, 9.2.3})$$

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

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

⇒ Nachweis erfüllt! (GB 50017-2003, 9.2.2)

Berechnung mit RF-STAHl GB

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 2.000 m - LF1					
Materialwerte - Baustahl Q 235					
Querschnittswerte - H 200x200					
Bemessungsschnittgrößen					
Lokale Stabilität unter Druck und Biegung					
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 Stahlfestig	f	21.50	kN/cm ²		Tab. 3.4.1-1
Bemessungsschubfestigkeit am	f _{v,f}	12.50	kN/cm ²		Tab. 3.4.1-1
Bemessungsschubfestigkeit am	f _{v,f}	12.50	kN/cm ²		Tab. 3.4.1-1
Bemessungsschubfestigkeit am	f _{v,w}	12.50	kN/cm ²		Tab. 3.4.1-1
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	63.54	cm ²		Gl. (5.1.1)
Wirksame Schubfläche	A _{v,x}	49.46	cm ²		
Wirksame Schubfläche	A _{v,y}	14.08	cm ²		
Normalkraftbeanspruchbarkeit	N _{net,Rd}	1366.11	kN		
Verhältnis N / N _{net,Rd}	n	0.220			Gl. 9.2.3
Abminderungsbeiwert	p _N	0.897			Gl. 9.2.3
Plastisches Widerstandsmoment	W _{pn,x}	525.50	cm ³		
Plastisches Widerstandsmoment	W _{pn,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 8.8: Plastischer Tragsicherheitsnachweis mit RF-STAHl GB

Stabilitätsnachweis

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

$$\frac{N}{\varphi_x \cdot A} + \frac{\beta_{mx} \cdot M_x}{W_{px} \cdot \left(1 - 0,8 \frac{N}{N_{Ex}}\right)} + \eta \cdot \frac{\beta_{ty} \cdot M_y}{\varphi_{by} \cdot W_{py}} \quad (\text{GB 50017-2003, 5.2.5-1, 9.2.4})$$

$$= \frac{300}{0,872 \cdot 63,54} + \frac{1,0 \cdot 10 \cdot 10^2}{525,5 \cdot \left(1 - 0,8 \frac{300}{5449,3}\right)} + 1,0 \cdot \frac{1,0 \cdot 7,5 \cdot 10^2}{1,0 \cdot 243,82}$$

$$= 10,48 \text{ kN/cm}^2$$

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

$\Rightarrow$ Nachweis erfüllt!

(GB 50017-2003, 5.2.5-1, 9.2.4)

2) Biegedrillknicken

$$\frac{N}{\varphi_y \cdot A} + \eta \cdot \frac{\beta_{tx} \cdot M_x}{\varphi_{bx} \cdot W_{px}} + \frac{\beta_{my} \cdot M_y}{W_{py} \cdot \left(1 - 0,8 \frac{N}{N_{Ey}}\right)} \quad (\text{GB 50017-2003, 5.2.5-2, 9.2.4})$$

$$= \frac{300}{0,690 \cdot 63,54} + 1,0 \cdot \frac{1,0 \cdot 10 \cdot 10^2}{0,947 \cdot 525,5} + \frac{1,0 \cdot 7,5 \cdot 10^2}{243,82 \cdot \left(1 - 0,8 \frac{300}{1849,46}\right)}$$

$$= 12,39 \text{ kN/cm}^2$$

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

$\Rightarrow$ Nachweis erfüllt!

(GB 50017-2003, 5.2.5-2, 9.2.4)

Berechnung mit RF-STAHL GB

Folgende Tabelle zeigt einen Teil der Zwischenwerte der RF-STAHL GB-Berechnung. Die übrigen Zwischenwerte werden in Kapitel 8.3, Bild 8.5 dargestellt.

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 2.000 m - LF1					
☐ Nachweis					
— Normalkraft	N	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		Tab. 3.4.1-1
— Bemessungswert der Stahlfestigkeit	f	21.50	kN/cm ²		Tab. 3.4.1-1
— Elastizitätsmodul	E	20600.00	kN/cm ²		Tab. 3.4.3
— Querschnittsfläche	A	63.54	cm ²		
— Trägertyp	TT _x	Träger			
— Trägertyp	TT _y	Träger			
— Belastungstyp	BT _x	Einzellast			
— Belastungstyp	BT _y	Gleichlast			
— Anhang für BGDK-Beiwert	Anhang	B.1			
— Seitenstützung	SE	keine seitlich			
— 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	46.425			
— Schlankheitsgrad	λ_y	79.687			
— Eulersche kritische Normalkraft	N'Ex	5449.04	kN		
— Eulersche kritische Normalkraft	N'Ey	1849.46	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 _{p,x}	525.50	cm ³		
— Plastisches Widerstandsmoment	W _{p,y}	243.82	cm ³		
— Querschnittseinflussfaktor	η	1.000			Gl. (5.2.2-3)
— Gesamtstabilitätsbeiwert	β_{mx}	1.000			Gl. (5.2.2-1)
— Gesamtstabilitätsbeiwert	β_{my}	1.000			Gl. (5.2.2-1)
— Gesamtstabilitätsbeiwert	β_{tx}	1.000			Gl. (5.2.2-3)
— Gesamtstabilitätsbeiwert	β_{ty}	1.000			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	0.49		≤ 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 8.9: Plastischer Stabilitätsnachweis mit RF-STAHL GB

A Literatur

Normen

- [1] GB 50017-2003, Code for design of steel structures, 2003
- [2] GB 50009-2001, Load code for the design of building structures, 2001
- [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 50011-2001, Code for seismic design of buildings, 2001
- [6] CECS 200, Technical code for fire safety of steel structure in Buildings, 2006
- [7] CECS 102, Technical specification for steel structure of light-weight Buildings with gabled frames, 2002
- [8] DIN EN1993-1-1: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, 2005
- [9] DIN EN1993-1-4: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen, 2006

Literatur

- [10] Stability of Steel Structures Theory and Design, Chen, Ji, 2008
- [11] Steel Construction, Fachzeitschrift, Chen, Shaofan, 1-3/1992, 1993, 1994
- [12] Guide to Stability Design of Steel Structures, 2nd Edition, Chen, Shaofan, 2004
- [13] Kritische Axiallast für Drillknicken und Biegedrillknicken, NCCI Dokument, SN001a-DE
- [14] Theory of elastic stability, Timoshenko, 2nd Edition, 1961
- [15] Tragwerke aus Stahl nach Eurocode 3, Werner, 1. Auflage 1996
- [16] The Behaviour and Design of Steel Structures to GB, N.S. Trahair, M.A. Bradford, D.A. Nethercot, L. Gardner, Taylor & Francis Ltd 2007
- [17] Rules for Member Stability in EN 1993-1-1, ECCS Technical Committee 8 – Stability
- [18] Die neuen Stabilitätsnachweise im Stahlbau nach Eurocode 3, Naumes J., Strohmman I., Ungermann D., Sedlacek G., Stahlbau 77 (2008) Heft 10, Ernst & Sohn
- [19] Biegeknicken und Biegedrillknicken von Stäben auf einheitlicher Grundlage, Naumes J., Feldmann M., Sedlacek G., Stahlbau 70 (2010)

B Index

A

Anmerkung	17
Ausdruckprotokoll	51, 52
Ausnutzung	17, 37
Ausschnitt	49

B

Basisangaben	9
Beenden von RF-STAHl GB	9
Beiwert k_{cr}	21
Bemessen	10
Bemessungsfall	47, 53, 54
Bemessungssituation	37
Benutzerprofil	58
Berechnung	25
Berechnung starten	34
Berechnungsdetails	25
Betriebsfestigkeitsnachweis	27
Bezugslänge	12
Biegedrillknicken	18, 22
Biegeknicken	18, 20
Blättern in Masken	9

C

Charakteristisch	11, 12
------------------------	--------

D

Detaileinstellungen	25
Dezimalstellen	13, 58
Drucken	51
Druckstab	20
DUENQ-Profil	15
Durchbiegung	12

E

Effektive Länge	19
E-Gewicht	44
Einheiten	13, 58
Einwirkungskombination	11, 12
Elastische Bemessung	25
Ergebnisauswertung	45
Ergebnisdiagramm	48
Ergebnismasken	36
Ergebnispräsentation	47

Ergebnisverläufe	48, 51
Ergebniswerte	47
Ersatzstablänge	19
Excel	59
Export	53, 58
Export Materialien	57
Export Querschnitte	56

F

Farbskala	49
Filter	49
Filtern von Stäben	50

G

Gabellager	18
Gabellagerung	21
Gebrauchstauglichkeit	11, 24, 32, 45
Gewicht	44
Grafik	46
Grafik drucken	51
Grenzbeanspruchung	31
Grenzwerte	12

H

Häufig	11, 12
Hintergrundgrafik	46

I

Installation	6
--------------------	---

K

Kipplänge	22
Knicken	20
Knicklänge	19, 20
Knicklängenbeiwert	21
Kommentar	12
Koordinatensystem	4
Kragträger	22

L

Länge	19, 43
Lastfall	10, 11, 41
Lastfallkombination	10, 11
Lokale Stabilität	29, 37

M

Masken	9
--------------	---

Material	12	Sonderfälle	31
Materialbezeichnung	13	Spannungspunkt	17
Materialbibliothek	13	Stabachse	20
Materialkennwerte	4, 12	Stabähnliche Eingabe	30
N		Stäbe	10
Nachweis	36, 37, 38	Stabilitätsnachweis	18, 29
Nachweis mehrfarbig	49	Stabliste	24
Navigator	9	Stabsatz	10, 23, 24, 30, 39, 42, 44
Nichtrostender Stahl	14	Stabschlankheit	43
O		Stabschlankheiten	33
Oberfläche	44	Stabverläufe	48
OpenOffice	59	Starten von RF-STAHl GB	7
Optimierung	17, 33, 55	Stelle x	37
P		Steuerpanel	49
Panel	8, 47, 49	Stückliste	43, 44
Parametrisiertes Profil	55	Summe	44
Plastische Bemessung	26	T	
Position	43	Torsion	31
Postkritische Festigkeit	27	Träger	22
Programmaufruf	7	Trägertyp	24
Q		Tragfähigkeit	10, 25, 45
Quasi-ständig	12	U	
Querschnitt	14	Überhöhung	24
Querschnittsbibliothek	15	Unverformtes System	32
Querschnittsinfo	16	V	
Querschnittsoptimierung	55	Verborgener Ergebnisverlauf	50
R		Verformungsnachweis	24
Relationsbalken	45	Vergleichsspannung	26
Relativ	18	Verschobene Stabenden	32
Rendering	49	Verstärkungsbeiwert	27
RFEM-Arbeitsfenster	46	Visualisierung	46
RFEM-Grafik	51	Volumen	44
RF-STABIL	21	Voute	15, 31, 38, 56
S		W	
Schaltflächen	45	Wichtigkeitsbeiwert	4
Schnittgrößen	41, 55	Wichtigkeitsfaktor	27
Schubbemessung	26	X	
Schubbeulnachweis	26	x-Stelle	37, 41
Seitliche Zwischenlager	18	Z	
Sichtmodus	45, 46	Zeigen-Navigator	47, 49
Skalierung	48	Zwischenlager	18