



Fassung
Dezember 2016

Zusatzmodul

RF-/STAHL SIA

Nachweis der Tragsicherheit und der
Gebrauchstauglichkeit nach SIA 263

Programmbeschreibung

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

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



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

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



Inhalt

	Inhalt	Seite
1.	Einleitung	3
1.1	Zusatzmodul RF-/STAHL SIA	3
1.2	Gebrauch des Handbuchs	4
1.3	Aufruf des Moduls RF-/STAHL SIA	4
2.	Eingabedaten	6
2.1	Basisangaben	6
2.1.1	Tragfähigkeit	8
2.1.2	Gebrauchstauglichkeit	9
2.2	Materialien	10
2.3	Querschnitte	12
2.4	Zwischenabstützungen	16
2.5	Effektive Längen - Stäbe	17
2.6	Effektive Längen - Stabsätze	20
2.7	Knotenlager	21
2.8	Stabendgelenke	24
2.9	Gebrauchstauglichkeitsparameter	25
3.	Berechnung	26
3.1	Detaileinstellungen	26
3.1.1	Tragsicherheit	26
3.1.2	Stabilität	27
3.1.3	Gebrauchstauglichkeit	29
3.1.4	Allgemein	30
3.2	Start der Berechnung	31
4.	Ergebnisse	33
4.1	Nachweise lastfallweise	34
4.2	Nachweise querschnittsweise	35
4.3	Nachweise stabsatzweise	36
4.4	Nachweise stabweise	37
4.5	Nachweise x-stellenweise	37
4.6	Maßgebende Schnittgrößen stabweise	38
4.7	Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise	39
4.8	Stabschlankheiten	40
4.9	Stückliste stabweise	41
4.10	Stückliste stabsatzweise	42
5.	Ergebnisauswertung	43
5.1	Ergebnisse am RFEM/RSTAB-Modell	44
5.2	Ergebnisverläufe	47
5.3	Filter für Ergebnisse	48
6.	Ausdruck	50
6.1	Ausdruckprotokoll	50
6.2	Grafikausdruck	51
7.	Allgemeine Funktionen	53
7.1	Bemessungsfälle	53
7.2	Querschnittsoptimierung	55
7.3	Einheiten und Dezimalstellen	57
7.4	Datenaustausch	58



7.4.1	Materialexport nach RFEM/RSTAB	58
7.4.2	Export der Ergebnisse	58
8.	Beispiel	60
8.1	Bemessungswerte	60
8.2	Querschnittswerte HE-B 160, S 235	61
8.3	Knicken um schwache Achse (\perp zur z-z Achse)	61
8.4	Knicken um starke Achse (\perp zur y-y Achse)	62
8.5	Kippen	63
8.6	Stabilität von Einzelstäben mit Druck und Biegung	64
A.	Literatur	67
B.	Index	68

1 Einleitung

1.1 Zusatzmodul RF-/STAHL SIA

Die Zusatzmodule RF-STAHl SIA (für RFEM) und STAHL SIA (für RSTAB) sind leistungsstarke Werkzeuge zur Bemessung von Stahltragwerken nach den Schweizer Normen SIA 263:2013 [1] sowie SIA 263:2003 [2]. Es werden alle typischen Nachweise der Tragsicherheit, Stabilität und Verformung geführt. Beim Tragsicherheitsnachweis berücksichtigen die Module die Wirkung verschiedener Beanspruchungen. Dabei besteht die Möglichkeit, unter den in der Norm angebotenen Interaktionsnachweisen zu wählen.



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

Eine wesentliche Komponente der Nachweisführung nach SIA 263 ist die Einteilung der nachzuweisenden Querschnitte in die Klassen 1 bis 4. Dadurch wird die Begrenzung der Beanspruchbarkeit und Rotationskapazität durch lokales Beulen von Querschnittsteilen überprüft. RF-/STAHL SIA ermittelt die c/t -Verhältnisse der druckbeanspruchten Querschnittsteile und nimmt die Klassifizierung automatisch vor.

Für die Stabilitätsnachweise kann für jeden Stab oder Stabsatz gesondert festgelegt werden, ob Biegeknicken in y - und/oder z -Richtung möglich ist. Es können auch zusätzliche seitliche Halterungen definiert werden, um das Modell realitätsnah abzubilden. RF-/STAHL SIA ermittelt aus den Randbedingungen die Schlankheitsgrade und ideellen Verzweigungslasten. Das für den Kippnachweis benötigte ideale Kippmoment kann automatisch ermittelt oder manuell vorgegeben werden. Dabei wird der Lastangriffspunkt von Querlasten berücksichtigt, der sich entscheidend auf die Drillbeanspruchung auswirkt. Eine eventuelle Torsionsinstabilität (Biegedrillknicken) von Druckstäben wird jedoch nicht untersucht.

Der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist bei Bauteilen mit schlanken Querschnitten ein wichtiger Nachweis. Hierfür können den diversen Bemessungssituationen Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen einzeln zugewiesen werden. Die Grenzverformungen sind gemäß SIA 260 [3] Anhang A voreingestellt; sie können bei Bedarf angepasst werden. Zudem ist es möglich, Bezugsängen und Überhöhungen vorzugeben, die im Nachweis entsprechend berücksichtigt werden.

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

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

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

Ihr DLUBAL-Team

1.2 Gebrauch des Handbuchs

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



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

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

1.3 Aufruf des Moduls RF-/STAHL SIA

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

Menü

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

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

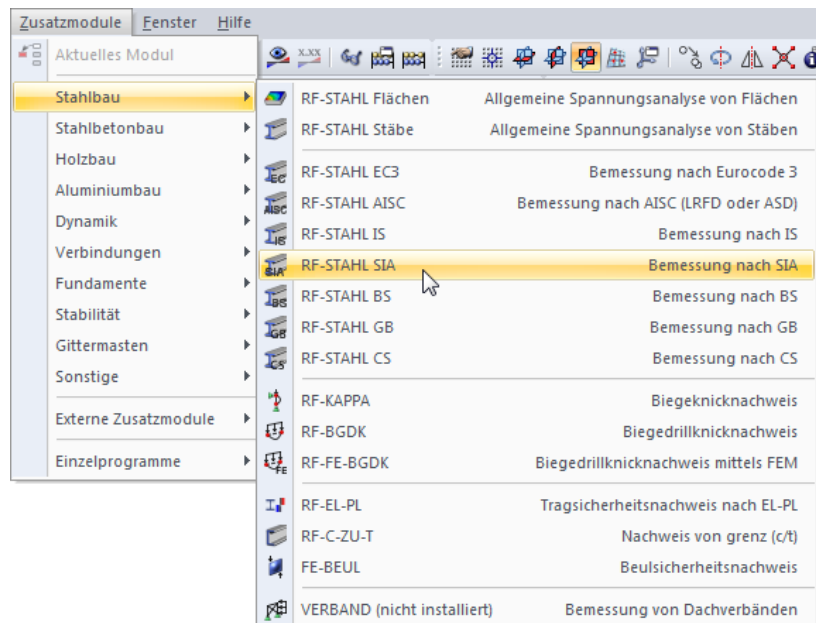


Bild 1.1: Menü *Zusatzmodule* → *Stahlbau* → *RF-STAHl SIA*

Navigator

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

Zusatzmodule → **RF-/STAHL SIA**.

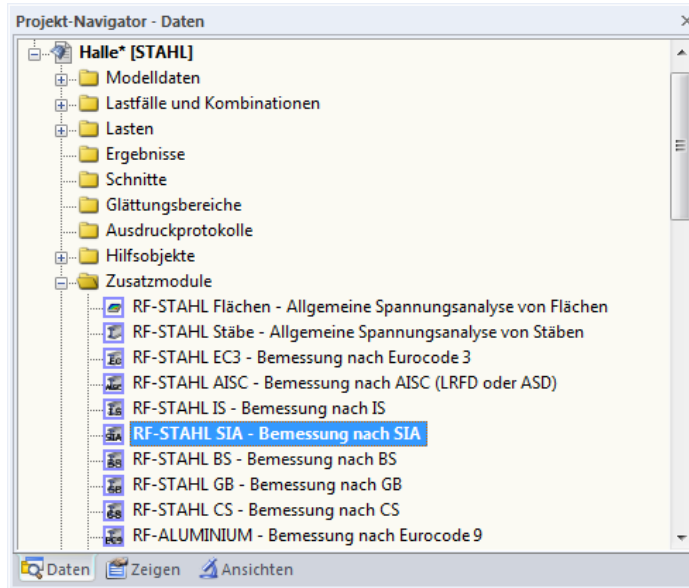
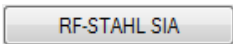
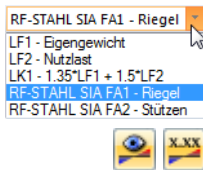


Bild 1.2: *Daten-Navigator: Zusatzmodule* → *RF-/STAHL SIA*



Panel

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

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

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

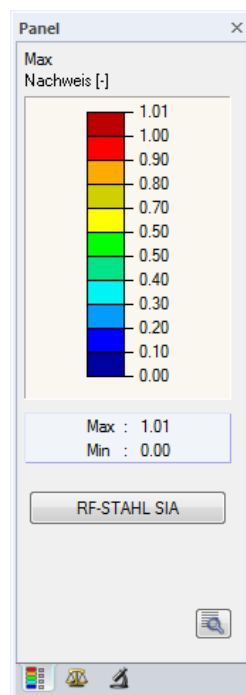


Bild 1.3: *Panel-Schaltfläche [RF-/STAHL SIA]*

2 Eingabedaten

Nach dem Aufruf des Zusatzmoduls erscheint ein neues Fenster. Links wird ein Navigator angezeigt, der die verfügbaren Masken verwaltet. Darüber befindet sich eine Pulldownliste mit den Bemessungsfällen (siehe [Kapitel 7.1, Seite 53](#)).

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

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



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



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

2.1 Basisangaben

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

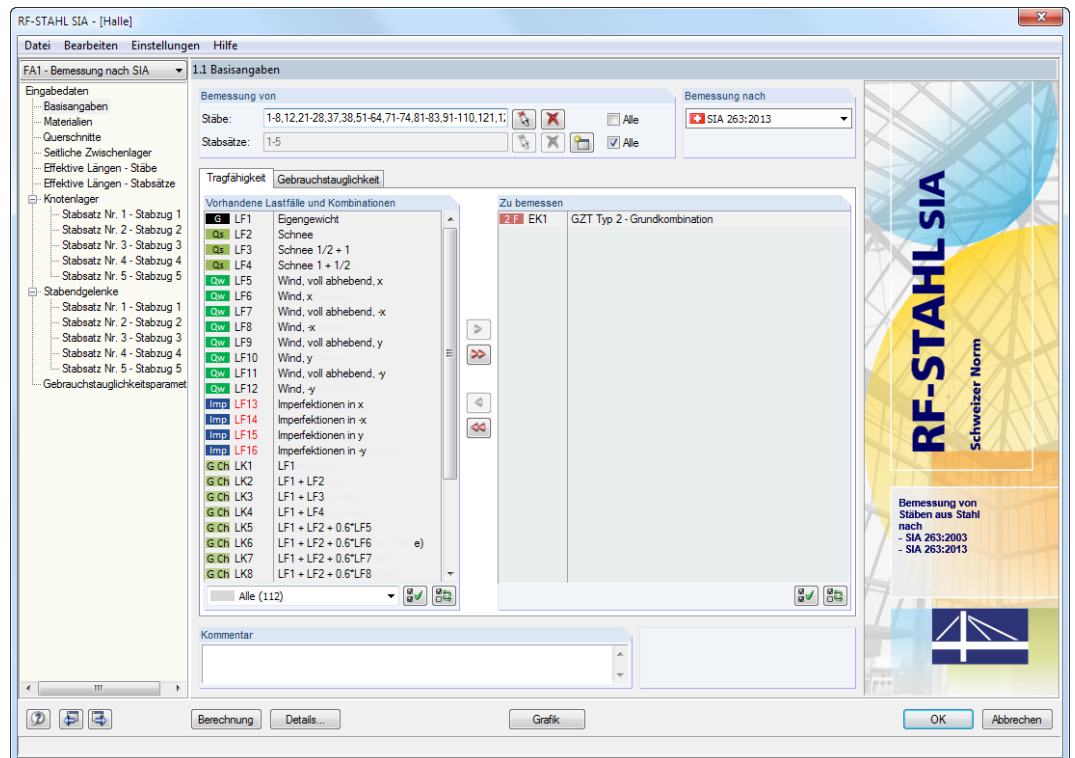


Bild 2.1: Maske 1.1 Basisangaben

Bemessung von

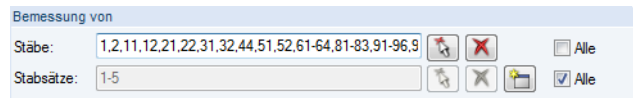


Bild 2.2: Bemessung von Stäben und Stabsätzen



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

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



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

Bemessung nach

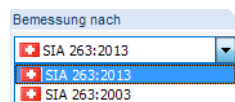


Bild 2.3: Auswahl der Norm

Das Auswahlfeld steuert, ob die Bemessung nach SIA 263:2013 [1] oder SIA 263:2003 [2] erfolgt.

Kommentar

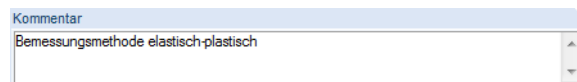


Bild 2.4: Benutzerdefinierter Kommentar

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

2.1.1 Tragfähigkeit

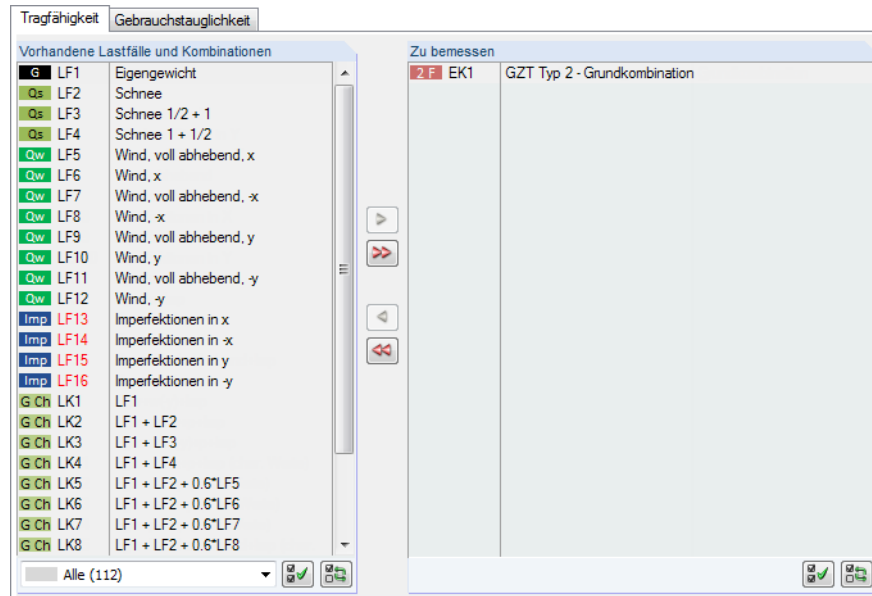


Bild 2.5: Maske 1.1 Basisangaben, Register *Tragfähigkeit*

Vorhandene Lastfälle und Kombinationen

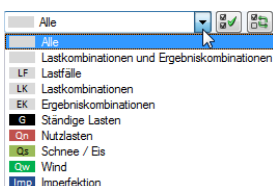
In der Spalte *Vorhandene Lastfälle und Kombinationen* sind alle Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen aufgelistet, die in RFEM bzw. RSTAB angelegt wurden.

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

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

Falls die Nummer eines Lastfalls rot dargestellt ist, kann dieser nicht bemessen werden. Hier handelt es sich um einen Lastfall ohne Lastdaten oder um einen Imperfektionslastfall. Bei der Übergabe erscheint eine entsprechende Warnung.

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



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

Tabelle 2.1: Schaltflächen im Register *Tragfähigkeit*

Zu bemessen

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



Bemessung einer Ergebniskombination

Die Bemessung einer einhüllenden Max/Min-Ergebniskombination verläuft schneller als die aller enthaltenen Lastfälle und Lastkombinationen, aber der Nachweis einer Ergebniskombination birgt auch Nachteile: Zum einen ist nur schwer erkennbar, welchen Einfluss die enthaltenen Einwirkungen ausüben. Zum anderen wird für die Ermittlung des ideellen Kippmoments M_{cr} die Einhüllende

der Momentenverläufe untersucht, von denen dann der ungünstigere Verlauf (Max oder Min) angesetzt wird. Dieser Verlauf spiegelt aber nur selten den Momentenverlauf wider, der in den einzelnen Lastkombinationen vorliegt. Bei einer EK-Bemessung sind daher ungünstigere Werte für M_{cr} zu erwarten, die zu höheren Ausnutzungen führen

Ergebniskombinationen sollten nur für dynamische Kombinationen zur Bemessung ausgewählt werden. Bei „normalen“ Kombinationen sind Lastkombinationen zu empfehlen.

Details...

Im Dialog *Details*, Register *Allgemein* kann festgelegt werden, wie Ergebniskombinationen des Typs ‚oder‘ bei der Bemessung behandelt werden sollen (siehe [Kapitel 3.1.4, Seite 30](#)).

2.1.2 Gebrauchstauglichkeit

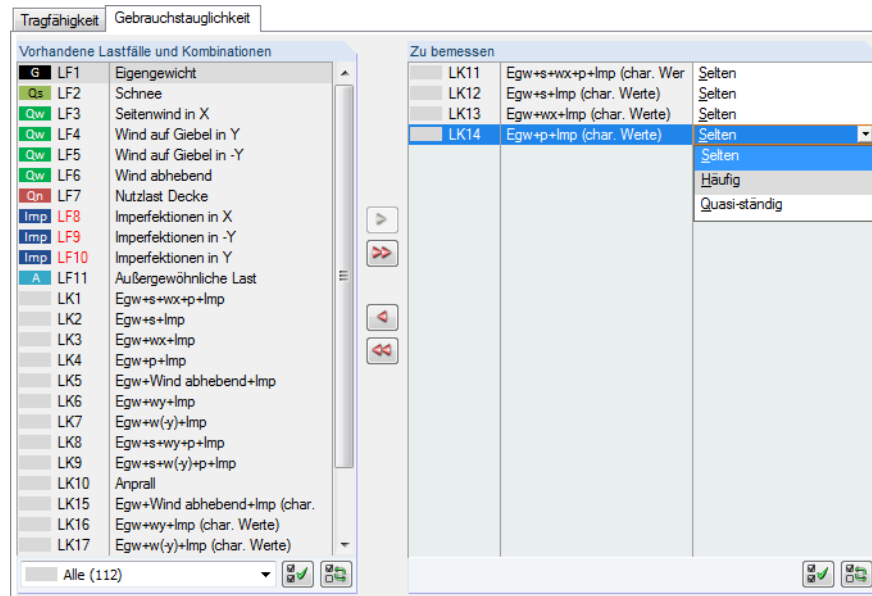


Bild 2.6: Maske 1.1 Basisangaben, Register Gebrauchstauglichkeit

Vorhandene Lastfälle und Kombinationen

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

Zu bemessen



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



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

- *Selten*
- *Häufig*
- *Quasi-ständig*

Der Lastfalltyp kann über die Liste geändert werden, die mit der Schaltfläche am Ende des Eingabefeldes zugänglich ist (siehe [Bild 2.6](#)).



Die Verformungs-Grenzwerte gemäß SIA 260 [3] sind im Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit* geregelt (siehe [Bild 3.3, Seite 29](#)) und können dort für die Lastfalltypen angepasst werden.

In Maske 1.9 *Gebrauchstauglichkeitsparameter* werden die für den Verformungsnachweis maßgebenden Bezugslängen verwaltet (siehe [Kapitel 2.9, Seite 25](#)).

2.2 Materialien

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

1.2 Materialien

Material Nr.	A Material Bezeichnung	B Kommentar
1	Baustahl S 235 SA EN 1993-1-1	
2	Baustahl S 355 SA EN 1993-1-1	
3	Beton C30/37 SIA 262:2003	

Materialkennwerte

<input checked="" type="checkbox"/> Haupt-Kennwerte			
Elastizitätsmodul	E	210000.0	N/mm ²
Schubmodul	G	80769.2	N/mm ²
Poissonsche Zahl (Querdehnzahl)	ν	0.300	
Spezifisches Gewicht	γ	78.50	kN/m ³
Temperaturdehnzahl (Wärmedehnzahl)	α	1.2000E-05	1/K
Teilsicherheitsbeiwert	γ_M	1.00	
<input type="checkbox"/> Zusätzliche Kennwerte			
Koeffizient für Grenz-Schweißnahtspannungen	α_w	0.950	
Korrelationsbeiwert für Kehlnähte	β_w	0.800	
<input type="checkbox"/> Dickenbereich $t \leq 4.00$ cm			
Zugfestigkeit	f_u	360.0	N/mm ²
Streckgrenze	f_y	235.0	N/mm ²
<input type="checkbox"/> Dickenbereich $t > 4.00$ cm und $t \leq 8.00$ cm			
Zugfestigkeit	f_u	360.0	N/mm ²
Streckgrenze	f_y	215.0	N/mm ²

Material Nr. 1 angewendet in

Querschnitte Nr.:
1-3,6,7,9,10,13,15,16

Stäbe Nr.:
1-8,12-15,21-28,33-38,41-43,51-64,71-74,

Stabsätze Nr.:
1-5

Σ Längen: 251.80 [m] Σ Massen: 9.759 [t]

Bild 2.7: Maske 1.2 Materialien

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

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

Die Einheiten und Nachkommastellen der Kennwerte und Spannungen lassen sich über das Menü **Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen** anpassen (siehe [Kapitel 7.3, Seite 57](#)).

Materialbezeichnung

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

Material	Standard
Baustahl S 235	SA EN 1993-1-1
Baustahl S 275	SA EN 1993-1-1
Baustahl S 355	SA EN 1993-1-1
Baustahl S 450	SA EN 1993-1-1
Baustahl S 275 N	SA EN 1993-1-1
Baustahl S 275 NL	SA EN 1993-1-1
Baustahl S 355 N	SA EN 1993-1-1
Baustahl S 355 NL	SA EN 1993-1-1
Baustahl S 420 N	SA EN 1993-1-1
Baustahl S 420 NL	SA EN 1993-1-1

Bild 2.8: Liste der Materialien

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

Nach der Übernahme werden die bemessungsrelevanten *Materialkennwerte* aktualisiert.

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

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

Materialbibliothek

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

Bearbeiten → **Materialbibliothek**



oder die links dargestellte Schaltfläche.

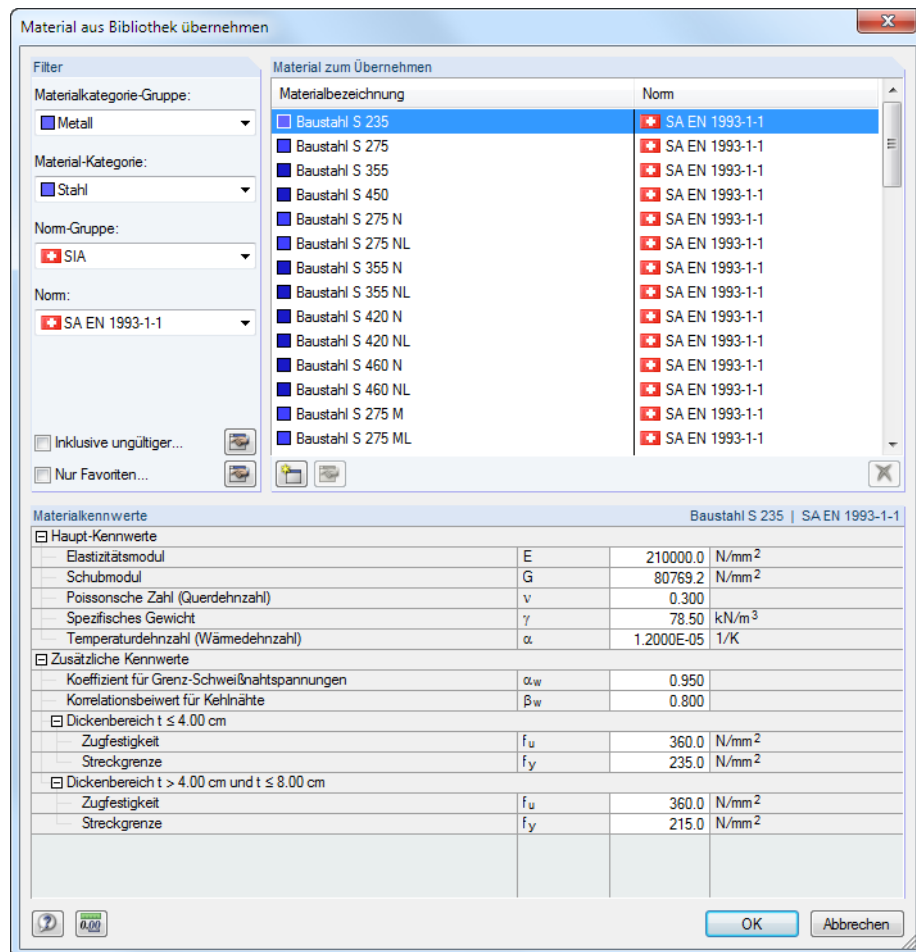
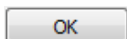


Bild 2.9: Dialog *Material aus Bibliothek übernehmen*

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



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

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

In der Bibliothek lassen sich auch Materialien der Kategorien *Gusseisen* und *Nichtrostender Stahl* auswählen. Für die Bemessung sollte überprüft werden, ob diese Materialien vom Bemessungskonzept der Norm [1] abgedeckt sind.

2.3 Querschnitte

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

1.3 Querschnitte

Quersch. Nr.	Material Nr.	Querschnittsbezeichnung	Querschnittstyp	Optimieren	Anmerkung	Kommentar
1	1	<input checked="" type="checkbox"/> I IPE 300 DIN 1025-5:1994	I-Profil gewalzt	Aus der aktuellen Reihe ▾	2)	
2	1	<input checked="" type="checkbox"/> I IS 340/150/8/12/0	I-Profil geschweißt IS	Nein		
3	1	<input checked="" type="checkbox"/> I IPE 400 DIN 1025-5:1994	I-Profil gewalzt	Nein		
6	1	<input checked="" type="checkbox"/> I HE A 160 DIN 1025-3:1994	I-Profil gewalzt	Nein	5)	
7	1	<input checked="" type="checkbox"/> I HE A 120 DIN 1025-3:1994	I-Profil gewalzt	Nein		
9	1	<input checked="" type="checkbox"/> I IPE 360 DIN 1025-5:1994	I-Profil gewalzt	Nein		
10	1	<input checked="" type="checkbox"/> I HE A 140 DIN 1025-3:1994	I-Profil gewalzt	Nein		
12	1	<input checked="" type="checkbox"/> QRO 80x4 DIN 59410:1974	Hohlprofil gewalzt	Nein		
13	1	<input checked="" type="checkbox"/> RD 24 DIN 1013-1	Allgemein	Nein		
15	1	<input checked="" type="checkbox"/> I HE A 200 DIN 1025-3:1994	I-Profil gewalzt	Nein	5)	
16	1	<input checked="" type="checkbox"/> Rechteck 200/200	Allgemein	Nein	5)	

1 - IPE 300 | DIN 1025-5:1994

Querschnitt Nr. 1 angewendet in

Stabe Nr.: 1,2,11,12,22

Stabsätze Nr.: -

Σ Längen: 30.00 [m] Σ Massen: 1.267 [t]

Material: 1 - Baustahl S 235 JR

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

Bild 2.10: Maske 1.3 Querschnitte

Querschnittsbezeichnung

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

Um einen Querschnitt zu ändern, klicken Sie den Eintrag in Spalte B an und setzen so das Feld aktiv. Mit der Schaltfläche [Querschnittsbibliothek] oder im Feld bzw. der Taste [F7] rufen Sie dann die Profilvereihe des aktuellen Eingabefeldes auf (siehe Bild 2.11).

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

Das Kapitel 4.13 des RFEM-Handbuchs bzw. Kapitel 4.3 des RSTAB-Handbuchs beschreibt, wie Querschnitte in der Bibliothek ausgewählt werden können.

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

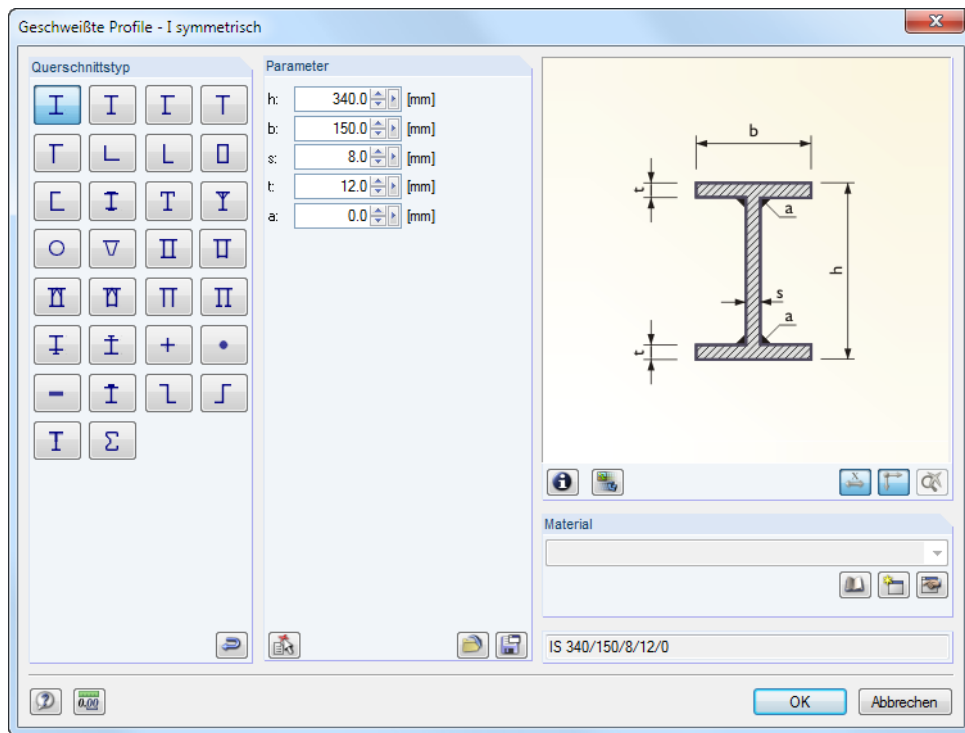
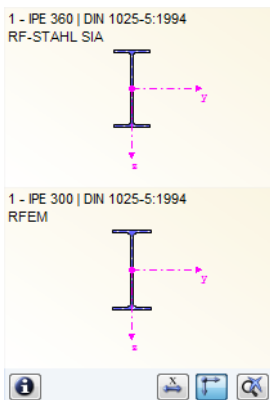


Bild 2.11: IS-Profilreihe der Querschnittsbibliothek



Ein geänderter Querschnitt wird mit blauer Schrift gekennzeichnet.

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

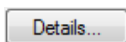
Querschnittstyp

Es wird der Querschnittstyp angegeben, der für die Klassifizierung verwendet wird. Die in [1] Tabelle 5a und 5b aufgelisteten Querschnitte können je nach Klasse plastisch oder elastisch bemessen werden. Querschnitte, die nicht von dieser Tabelle abgedeckt sind, werden als *Allgemein* eingestuft. Diese können nur elastisch bemessen werden (Klasse 3 oder 4).

Max. Nachweis

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

Optimieren



Jeder Querschnitt der Bibliothek kann einen Optimierungsprozess durchlaufen: Es wird für die RFEM- bzw. RSTAB-Schnittgrößen das Profil gesucht, das einer benutzerdefinierten Höchstauslastung am nächsten kommt. Diese kann im Register *Allgemein* des *Details*-Dialogs festgelegt werden (siehe Bild 3.4, Seite 30).

Um einen Querschnitt zu optimieren, ist die Liste in Spalte D bzw. E zu öffnen und der gewünschte Eintrag auszuwählen: *Aus der aktuellen Reihe* oder ggf. *Aus Favoriten* ‚Bezeichnung‘. Empfehlungen zur Profilloptimierung finden Sie im Kapitel 7.2 auf Seite 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 Profil vor, das nicht in der Datenbank registriert ist. Dabei kann es sich um einen eigendefinierten oder nicht berechneten DUENQ-Querschnitt handeln. Über die [Bibliothek] kann ein geeignetes Profil für die Bemessung eingestellt werden (siehe Beschreibung nach Bild 2.10).

Stab mit Voutenquerschnitt

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

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

Die Profil-Spannungspunkte mitsamt Nummerierung lassen sich grafisch überprüfen: Selektieren Sie in Maske 1.3 den Querschnitt und drücken dann die Schaltfläche . Es öffnet sich der im Bild 2.12 gezeigte Dialog.

Info über Querschnitt



Unterhalb der Querschnittsgrafik befindet sich die Schaltfläche [Info]. Sie ruft den Dialog *Info über Querschnitt* auf. Dort können die Querschnittskennwerte, Spannungspunkte und c/t -Teile eingesehen werden.

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

The diagram shows an HE B 360 profile with dimensions: height 360.0 mm, flange width 300.0 mm, flange thickness 22.5 mm, web thickness 12.5 mm, and fillet radius 27.0 mm. The y and z axes are indicated.

Bild 2.12: Dialog *Info über Querschnitt*

Die Schaltflächen unterhalb der Querschnittsgrafik sind mit folgenden Funktionen belegt:

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

Tabelle 2.2: Schaltflächen der Querschnittsgrafik



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

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

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

Schließen

Bild 2.13: Dialog *Spannungspunkte von HE B 260*

2.4 Zwischenabstützungen

In Maske 1.4 können seitliche Zwischenlager für Stäbe definiert werden. RF-/STAHL SIA nimmt diese Lagerung immer senkrecht zur schwachen Querschnittsachse z an (siehe Bild 2.12). Dadurch lassen sich die effektiven Längen der Stäbe beeinflussen, die für die Stabilitätsuntersuchungen auf Knicken und Kippen von Bedeutung sind

1.4 Zwischenabstützungen

Stab Nr.	A Seitliche Stützung	B Länge L [m]	C Anzahl	Zwischenabstützungen [-]										
				D x1	E x2	F x3	G x4	H x5	I x6	J x7	K x8	L x9		
1	<input type="checkbox"/>	6.000												
2	<input type="checkbox"/>	6.000												
11	<input checked="" type="checkbox"/>	6.000	1	0.500										
12	<input checked="" type="checkbox"/>	6.000	1	0.500										
13	<input type="checkbox"/>	3.011												
14	<input type="checkbox"/>	3.262												
15	<input type="checkbox"/>	6.274												
21	<input checked="" type="checkbox"/>	6.000	2	0.400	0.750									
22	<input checked="" type="checkbox"/>	6.000	1	0.400										
31	<input type="checkbox"/>	3.000												

Relativ (0 ... 1)

Einstellungen - Stab Nr. 21

Querschnitt	1 - IPE 300 DIN 1025-5:1994	
Seitliche Stützungen	<input checked="" type="checkbox"/>	
Stablänge	L	6.000 m
Anzahl Zwischenabstützungen	n	2
Ort der seitlichen Stützung Nr. 1	x1	0.400
Ort der seitlichen Stützung Nr. 2	x2	0.750

Eingaben zuordnen Stäben Nr.:

Alle

Bild 2.14: Maske 1.4 Zwischenabstützungen

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

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

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

Relativ (0 ... 1)

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



Zwischenabstützungen werden bei der Berechnung als Gabellagerungen berücksichtigt.

2.5 Effektive Längen - Stäbe

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

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

1.5 Effektive Längen - Stäbe

Stab Nr.	Knicken		Knicken um Achse y		Knicken um Achse z			Kippen			Kommentar
	möglich	Möglich	kk,y	Lk,y [m]	Möglich	kk,z	Lk,z [m]	Möglich	kz	k _w	
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	
11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	
12	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	
21	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	
22	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	
23	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.011	<input type="checkbox"/>	1.000	3.011	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	
24	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.262	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.262	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	
25	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.274	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.274	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	
26	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.274	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.274	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	

Einstellungen - Stab Nr. 11

Querschnitt	1 - IPE 300 DIN 1025-5:1994		
Länge	L	6.000	m
Knicken möglich	<input checked="" type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/> Knicken um Achse y möglich	<input checked="" type="checkbox"/>		
Knicklängenbeiwert	kk,y	1.000	
Knicklänge	Lk,y	6.000	m
<input checked="" type="checkbox"/> Knicken um Achse z möglich	<input checked="" type="checkbox"/>		
Knicklängenbeiwert	kk,z	1.000	
Knicklänge	Lk,z	6.000	m
<input checked="" type="checkbox"/> Kippen möglich	<input checked="" type="checkbox"/>		
Knicklängenbeiwert (Lagerungsart)	kz	1.0	
Kipplängenbeiwert (Lagerungsart)	k _w	1.0	
Kommentar			

Bild 2.15: Maske 1.5 Effektive Längen - Stäbe

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

In der Tabelle und im *Einstellungen*-Baum können die effektiven Längen manuell angegeben oder über die Schaltfläche grafisch im Arbeitsfenster festgelegt werden. Diese Schaltfläche ist zugänglich, wenn sich der Cursor im Eingabefeld befindet (siehe Bild 2.15).

Der *Einstellungen*-Baum verwaltet folgende Parameter:

- Querschnitt
- Länge des Stabes
- Knicken möglich für den Stab (entspricht Spalte A)
- Knicken um Achse y (entspricht Spalten B bis D)
- Knicken um Achse z (entspricht Spalten E bis G)
- Kippen möglich (entspricht Spalten H bis J)

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

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



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

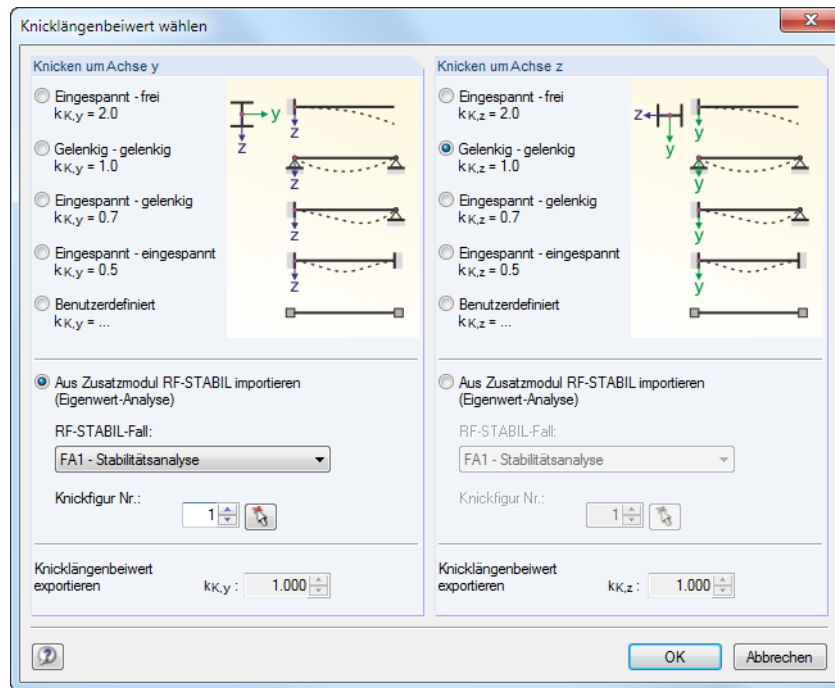


Bild 2.16: Dialog *Knicklängenbeiwert wählen*

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

Knicken möglich

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

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

Knicken um Achse y bzw. Achse z

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



Die Lage der Stabachsen kann in Maske 1.3 *Querschnitte* bei der Profilgrafik kontrolliert werden (siehe Bild 2.10, Seite 12). Über die Schaltfläche [Ansichtsmodus] ist auch das RFEM- bzw. RSTAB-Arbeitsfenster zugänglich. Dort können die lokalen Stabachsen über das Stab-Kontextmenü oder im *Zeigen*-Navigator einblendend werden.

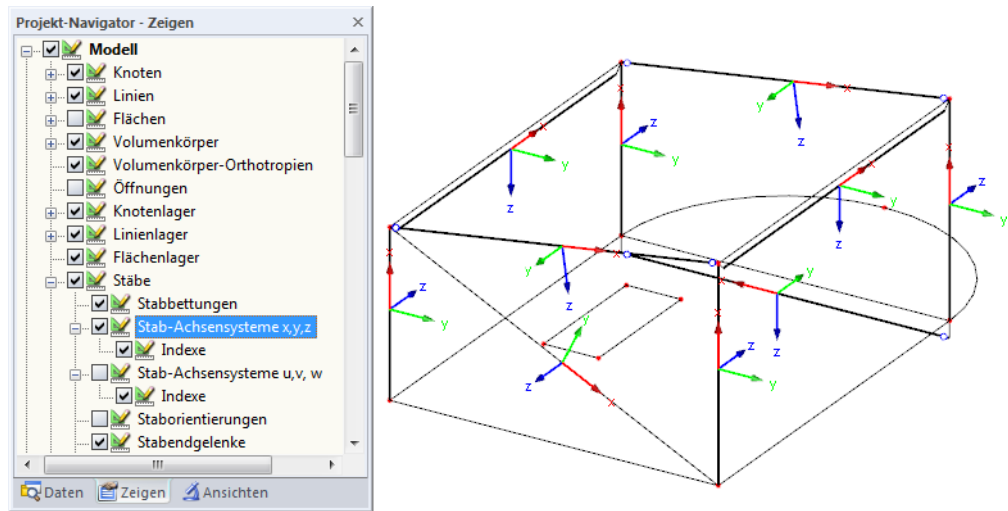


Bild 2.17: Aktivieren der Stabachsensysteme im Zeigen-Navigator von RFEM

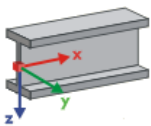
Ist das Knicken um eine oder um beide Stabachsen möglich, können die Knicklängenbeiwerte und die Knicklängen in den Spalten C und D sowie F und G oder im *Einstellungen*-Baum eingetragen werden.

Über die Schaltfläche können die Knicklängen grafisch im Arbeitsfenster festgelegt werden. Diese Schaltfläche ist zugänglich, wenn sich der Cursor in einem L_K -Eingabefeld befindet (siehe Bild 2.15).

Bei der Eingabe des Knicklängenbeiwerts k_K wird die Knicklänge L_K durch Multiplikation der Stablänge L mit dem Beiwert ermittelt. Die Eingabefelder k_K und L_K sind interaktiv.

Kippen möglich

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



Achsen für k_z und k_w

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

Knicklängenbeiwert k_z

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

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

- $k_z = 1,0$ Behinderung der seitlichen Verschiebung u_y an beiden Stabenden
- $k_z = 0,7li$ Behinderung der Verschiebung u_y an beiden Enden und Einspannung um z links
- $k_z = 0,7re$ Behinderung der Verschiebung u_y an beiden Enden und Einspannung um z rechts
- $k_z = 0,5$ Behinderung der Verschiebung u_y und Einspannung um z an beiden Stabenden
- $k_z = 2,0li$ Behinderung der Verschiebung u_y und Einspannung um z links; rechtes Ende frei
- $k_z = 2,0re$ Behinderung der Verschiebung u_y und Einspannung um z rechts; linkes Ende frei

Kipplängenbeiwert k_w

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

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

- $k_w = 1,0$ Behinderung der Verdrehung um x an beiden Stabenden; beidseits wölbfrei
- $k_w = 0,7li$ Behinderung der Verdrehung um x an beiden Enden und Wölbeinspannung links
- $k_w = 0,7re$ Behinderung der Verdrehung um x an beiden Enden und Wölbeinspannung rechts
- $k_w = 0,5$ Torsions- und Wölbeinspannung an beiden Stabenden
- $k_w = 2,0li$ Behinderung der Verdrehung um x und der Verwölbung ω links; rechtes Ende frei
- $k_w = 2,0re$ Behinderung der Verdrehung um x und der Verwölbung ω rechts; linkes Ende frei



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



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

Kommentar

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

Eingaben zuordnen Stäben Nr.

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



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

2.6 Effektive Längen - Stabsätze

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

1.6 Effektive Längen - Stabsätze

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

Einstellungen - Stabsatz Nr. 5

<input type="checkbox"/> Stabsatz	Stabsatz 5
<input type="checkbox"/> Querschnitt	10 - HE A 140 DIN 1025-3:1994
Länge	L 7,094 m
<input type="checkbox"/> Knicken möglich	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Knicken um Achse y möglich	<input checked="" type="checkbox"/>
Knicklängenbeiwert	$k_{k,y}$ 1,000
Knicklänge	$L_{k,y}$ 7,094 m
<input type="checkbox"/> Knicken um Achse z möglich	<input checked="" type="checkbox"/>
Knicklängenbeiwert	$k_{k,z}$ 1,000
Knicklänge	$L_{k,z}$ 7,094 m
<input type="checkbox"/> Kippen möglich	<input checked="" type="checkbox"/>
Kommentar	

Eingaben zuordnen den Sätzen Nr.: Alle

HE A 140 | DIN 1025-3:1994

[mm]

Bild 2.18: Maske 1.6 Effektive Längen - Stabsätze

2.7 Knotenlager

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

1.7 Knotenlager - Stabsatz Nr. 2 - Stabzug 2

Lager Nr.	A Knoten Nr.	B Lagerdrehung β [°]	C Seitenstützung u_y	D Einspannung		F Wölbeinspannung ω	G H Exzentrizität		I Kommentar
				φ_x [kNm/rad]	φ_z		e_x [mm]	e_z [mm]	
1	13	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.0	0.0	
2	15	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.0	-150.0	
3	16	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>	12.800	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.0	-150.0	
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Einstellungen - Knotenlager Nr. 16

Stabsatz	Stabzug 2
Stab 13	
Anfang	3 - IPE 400 DIN 1025-5:1994
Ende	2 - IPE 300 DIN 1025-5:1994
Stab 14 - Querschnitt	2 - IPE 300 DIN 1025-5:1994
Stab 15 - Querschnitt	2 - IPE 300 DIN 1025-5:1994
Knoten mit Lager	Nr. 16
Lagerdrehung	β 0.00 °
Seitenstützung in Y	u_y <input checked="" type="checkbox"/>
Einspannung um X	φ_x 12.800 kNm/rad
Einspannung um Z	φ_z <input type="checkbox"/>
Wölbeinspannung	ω <input type="checkbox"/>
Exzentrizität	e_x 0.0 mm
Exzentrizität	e_z -150.0 mm
Kommentar	

Eingabe setzen für Auflager Nr.:

Alle

Bild 2.19: Maske 1.7 Knotenlager



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

Die in RFEM bzw. RSTAB definierten Lagerungen (z. B. Stützungen in Z eines Durchlaufträgers) sind in dieser Maske nicht relevant: Die Momenten- und Querkraftverläufe zur Bestimmung des Vergrößerungsfaktors werden automatisch aus RFEM/RSTAB eingelesen. Hier sind vielmehr die Lagerungsbedingungen festzulegen, die das Stabilitätsversagen (Knicken, Kippen) beeinflussen.

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



Die Stabilitätsuntersuchungen für Stabsätze erfolgen nach [1] Ziffer 4.5.2. Bei diesem Nachweisverfahren muss der Vergrößerungsfaktor $\alpha_{M_{cr}}$ des gesamten Stabsatzes bekannt sein. Zur Ermittlung des Faktors wird ein ebenes Stabwerk mit vier Freiheitsgraden je Knoten gebildet.

Bei der Knotenlagerdefinition ist die Ausrichtung der Achsen im Stabsatz von Bedeutung. Das Programm prüft die Lage der Knoten und legt gemäß Bild 2.20 bis Bild 2.23 intern die Achsen der Knotenlager für Maske 1.7 fest.

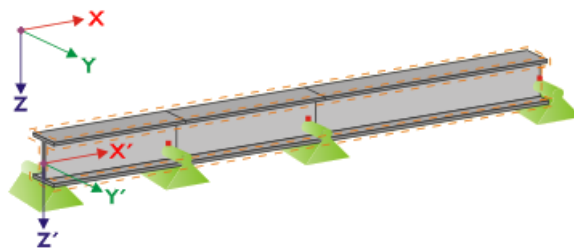


Bild 2.20: Hilfskoordinatensystem für Knotenlager – Gerader Stabsatz

Liegen alle Stäbe des Stabsatzes auf einer Geraden wie im [Bild 2.20](#) gezeigt, so entspricht das lokale Koordinatensystem des ersten Stabes im Stabsatz dem Ersatzkoordinatensystem des Stabsatzes.

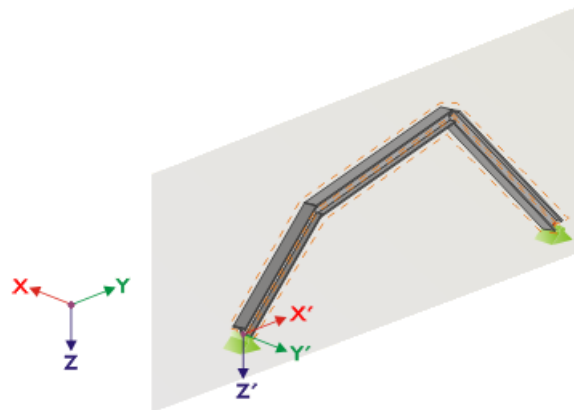


Bild 2.21: Hilfskoordinatensystem für Knotenlager – Stabsatz in vertikaler Ebene

Auch wenn Stäbe eines Stabsatzes nicht auf einer Geraden liegen, so müssen sie sich trotzdem in einer Ebene befinden. In [Bild 2.21](#) ist dies eine vertikale Ebene. In diesem Fall ist die X' -Achse horizontal und in Richtung der Ebene ausgerichtet. Die Y' -Achse ist ebenfalls horizontal und rechtwinklig zur X' -Achse definiert. Die Z' -Achse zeigt senkrecht nach unten.

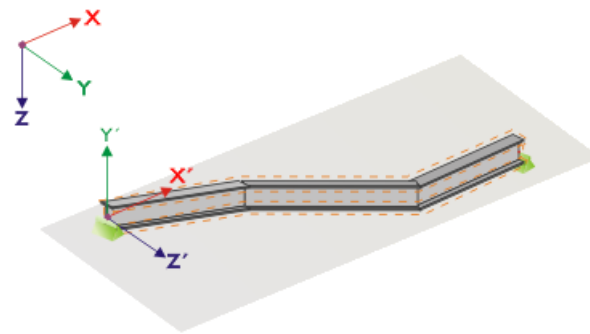


Bild 2.22: Hilfskoordinatensystem für Knotenlager – Stabsatz in horizontaler Ebene

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

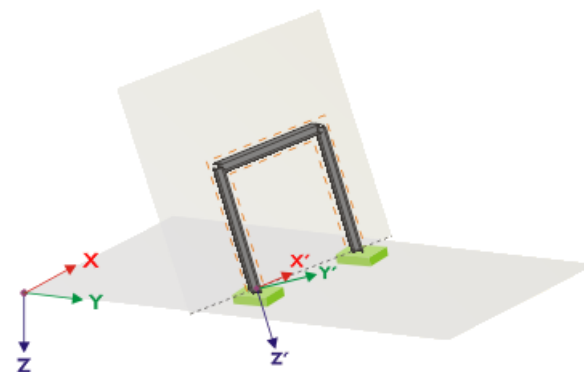


Bild 2.23: Hilfskoordinatensystem für Knotenlager – Stabsatz in geneigter Ebene

[Bild 2.23](#) zeigt den allgemeinen Fall eines geknickten Stabsatzes: Die Stäbe liegen nicht auf einer Geraden, sondern in einer geneigten Ebene. Die Definition der X' -Achse ergibt sich aus der Verschneidungslinie zwischen geneigter Ebene und horizontaler Ebene. Die Y' -Achse ist dann rechtwinklig zur X' -Achse und senkrecht zur geneigten Ebene ausgerichtet. Die Z' -Achse wird rechtwinklig zur X' - und Y' -Achse definiert.



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

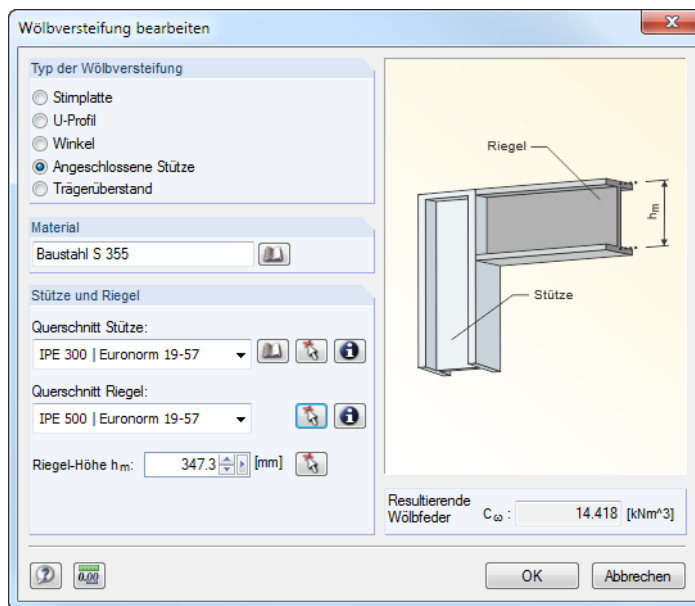



Bild 2.24: Dialog *Wölbversteifung bearbeiten*

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

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



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

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

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

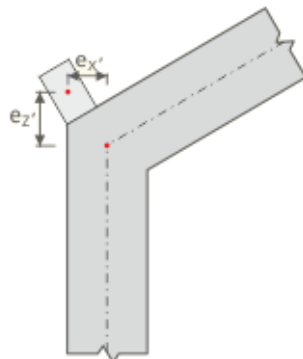


Bild 2.25: Exzentrizität der Lagerung

2.8 Stabendgelenke

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



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

1.8 Stabendgelenke - Stabsatz Nr. 2 - Stabzug 2

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

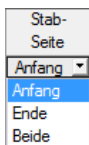
Einstellungen - Stab Nr. 13

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

Eingabe setzen für Gelenk Nr.:

Alle

Bild 2.26: Maske 1.8 Stabendgelenke



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

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

2.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter

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

1.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter

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

Bild 2.27: Maske 1.9 Gebrauchstauglichkeitsparameter

Beziehen auf

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

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

Richtung

 Details...

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

Über Spalte F kann eine *Überhöhung* w_c berücksichtigt werden. Die allgemeine Richtung der Überhöhung wird im Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit* festgelegt (siehe [Bild 3.3, Seite 29](#)). Falls die Überhöhung auf die „starke“ Hauptachse y bzw. u bezogen wird, ändert sich die Spaltenüberschrift $w_{c,z}$ in $w_{c,y}$ bzw. $w_{c,u}$.

Trägertyp

 Details...

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

Die Vorgabe im Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit* steuert, ob die Verformungen auf das unverformte Ausgangssystem oder die verschobenen Stab- bzw. Stabsatzenden bezogen werden (siehe [Bild 3.3, Seite 29](#)).

3 Berechnung

3.1 Detaileinstellungen

Details...

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

Der Dialog *Details* gliedert sich in folgende Register:

- Tragsicherheit
- Stabilität
- Gebrauchstauglichkeit
- Allgemein

3.1.1 Tragsicherheit

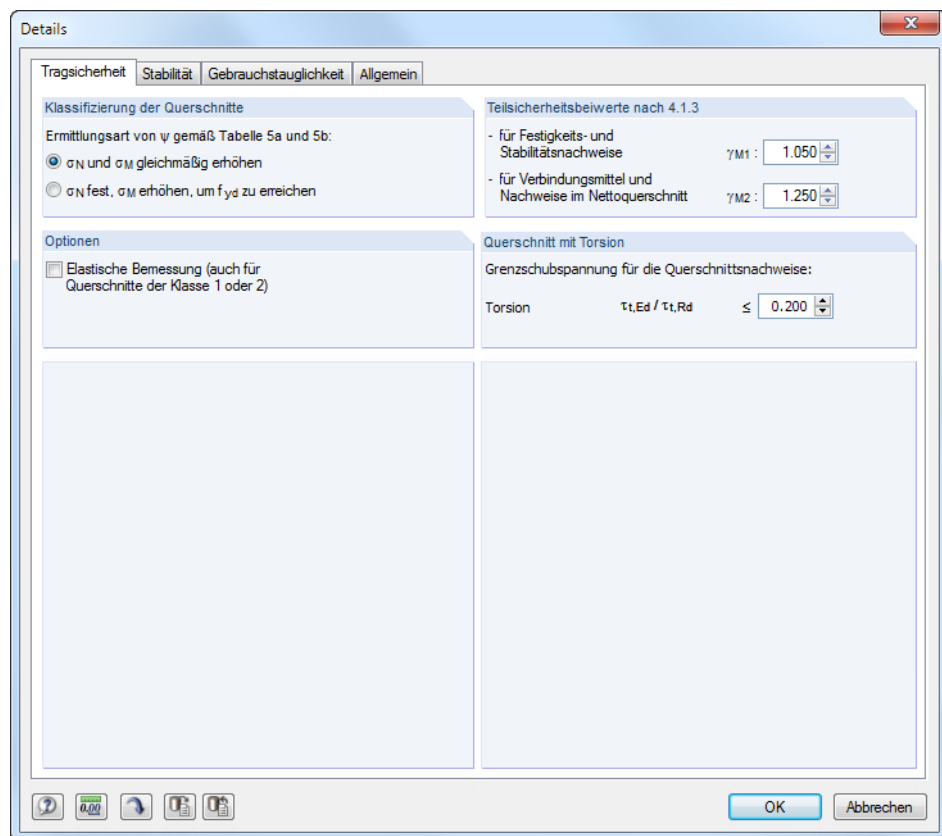


Bild 3.1: Dialog *Details*, Register *Tragsicherheit*

Klassifizierung der Querschnitte

Liegen in einem Querschnitt Spannungen aus Druck und Biegung vor, so kann das Spannungs-Dehnungsverhältnis ψ auf zwei Arten ermittelt werden (der Faktor ψ wird zur Bestimmung des b/t-Verhältnisses nach [1] Tabelle 5a und 5b benötigt):

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

Optionen

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

Teilsicherheitsbeiwerte nach 4.1.3

Die Material-Widerstandsbeiwerte können getrennt für *Festigkeits- und Stabilitätsnachweise* (γ_{M1}) und für *Verbindungsmittel und Nachweise im Nettoquerschnitt* (γ_{M2}) festgelegt werden. Es sind die in [1] Ziffer 4.1.3 empfohlenen Beiwerte voreingestellt.

Querschnitt mit Torsion

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

3.1.2 Stabilität

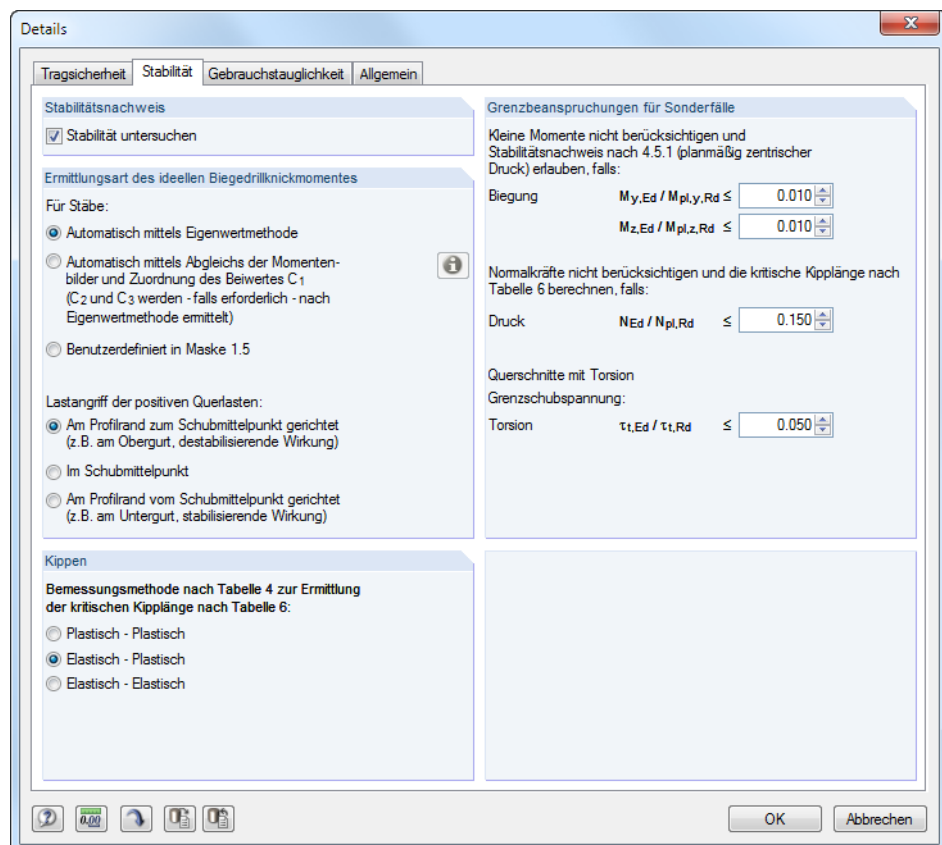


Bild 3.2: Dialog *Details*, Register *Stabilität*

Stabilitätsnachweis

Das Kontrollfeld *Stabilität untersuchen* ermöglicht es, neben den Querschnittsnachweisen auch eine Stabilitätsanalyse durchzuführen. Wird der Haken entfernt, so werden die Eingabemasken 1.4 bis 1.8 nicht angezeigt.

Ermittlungsart des ideellen Biegedrillknickmoments

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

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

Die Freiheitsgrade lassen sich über die Beiwerte k_z und k_w steuern (siehe [Kapitel 2.5, Seite 19](#)).



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

H	I	J
Möglich	Kippen k_z	M_{cr} [kNm]
<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	100.00
<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	100.00
<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	100.00
<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	100.00

M_{cr} benutzerdefiniert

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

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

Die Vorzeichen der Exzentrizitäten sind auf den Profil-Schubmittelpunkt bezogen. Folgender DLUBAL-Blog gibt weitere Hinweise zur Vorzeichenregelung für Querlasten:

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

Kippen

[1] Tabelle 6 regelt die Ermittlung der kritischen Kipplängen für den Kippnachweis, die von der Bemessungsmethode abhängen (Verfahren PP, EP oder EE). Die Nachweismethoden sind in [1] Tabelle 4 zur Querschnittsklassifizierung beschrieben.

Das Nachweisverfahren *Elastisch - Plastisch* ist voreingestellt.

Grenzwerte für Sonderfälle

Um unsymmetrische Querschnitte auf planmäßig zentrischen Druck nach [1] Ziffer 4.5.1 nachzuweisen, können durch die Einstellungen in diesem Abschnitt *Kleine Momente* um die starke und schwache Achse vernachlässigt werden.

Analog lassen sich für den reinen Nachweis auf Biegung die *Normalkräfte nicht berücksichtigen*, indem ein Grenzverhältnis von N zu N_{pl} festgelegt wird. Die Kipplänge wird in diesem Fall nach [1] Tabelle 6 bestimmt.

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



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

3.1.3 Gebrauchstauglichkeit

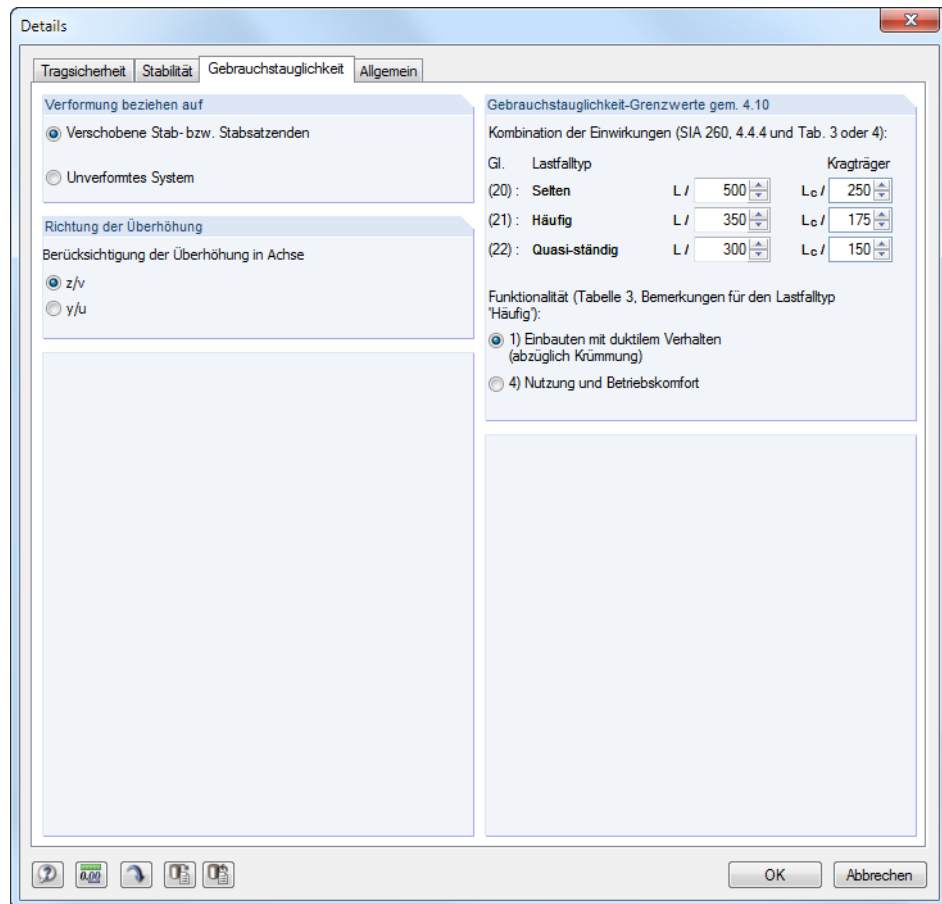


Bild 3.3: Dialog *Details*, Register *Gebrauchstauglichkeit*

Verformung beziehen auf

Die Auswahlfelder steuern, ob die maximalen Verformungen auf die verschobenen Stab- bzw. Stabsatzenden (Verbindungsline zwischen Anfangs- und Endknoten des verformten Systems) oder auf das unverformte Ausgangssystem bezogen werden. In der Regel sind die Verformungen relativ zu den Verschiebungen im Gesamtsystem nachzuweisen. Folgender DLUBAL-Blog enthält ein Beispiel für den Bezug von Verformungen: <https://www.dlubal.com/blog/17642>

Richtung der Überhöhung

Das Kontrollfeld steuert, in welche der lokalen Stabachsen ggf. eine Überhöhung („Stich“) vorliegt. Je nach Vorgabe wird in Spalte F der Maske 1.9 die Überschrift $w_{c,v}$ oder $w_{c,u}$ angegeben (siehe Bild 2.27, Seite 25).

Gebrauchstauglichkeit-Grenzwerte gemäß 4.10

Dieser Abschnitt verwaltet die Verformungen, die beim Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit einzuhalten sind. Die Grenzwerte der Verformungen sind vom Lastfalltyp abhängig (siehe [3] Ziffer 4.4.4), der in Maske 1.1 1.1 *Basisangaben*, Register *Gebrauchstauglichkeit* zugewiesen werden kann (siehe Bild 2.6, Seite 9). Für Kragträger sind gemäß [3] Tabelle 3 und Tabelle 4 größere Durchbiegungen zulässig als für Decken und Balken.

Für den Lastfalltyp *Häufig* ist die *Funktionalität* gemäß den Anmerkungen zu [3] Tabelle 3 anzugeben.

3.1.4 Allgemein

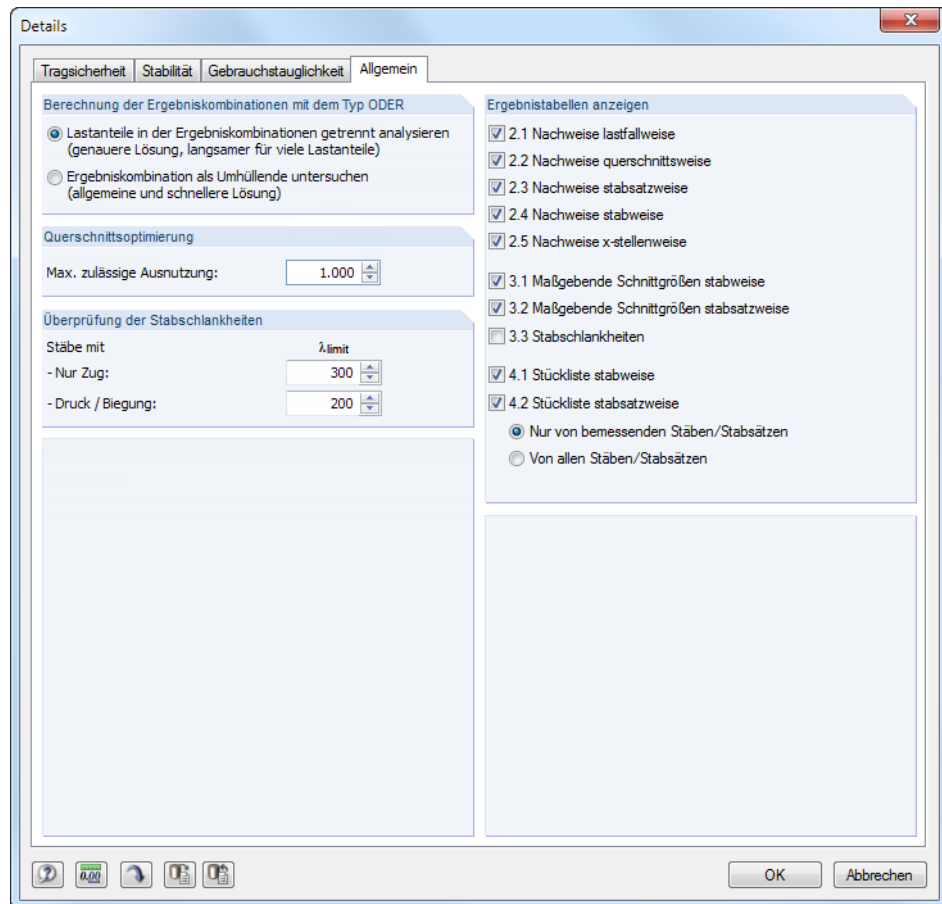


Bild 3.4: Dialog *Details*, Register *Allgemein*

Berechnung der Ergebniskombinationen mit dem Typ ODER

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

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

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

Querschnittsoptimierung

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

Überprüfung der Stabschlankheiten

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

Der Vergleich der Grenzwerte mit den tatsächlichen Stabschlankheiten erfolgt in Maske 3.3. Diese Ergebnismaske ist nach der Berechnung verfügbar (siehe [Kapitel 4.8, Seite 40](#)), wenn das entsprechende Häkchen im Abschnitt *Ergebnismasken anzeigen* gesetzt ist.

Ergebnismasken anzeigen

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

Die Maske 3.3 *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 SIA kann die [Berechnung] über die gleichnamige Schaltfläche gestartet werden.

RF-/STAHL SIA sucht nach den Ergebnissen der zu bemessenden Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen. Werden diese nicht gefunden, startet zunächst die RFEM- bzw. RSTAB-Berechnung zur Ermittlung der bemessungsrelevanten Schnittgrößen. Dabei wird auf die vorgegebenen Berechnungsparameter von RFEM/RSTAB zurückgegriffen.

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

Berechnung → **Zu berechnen**.

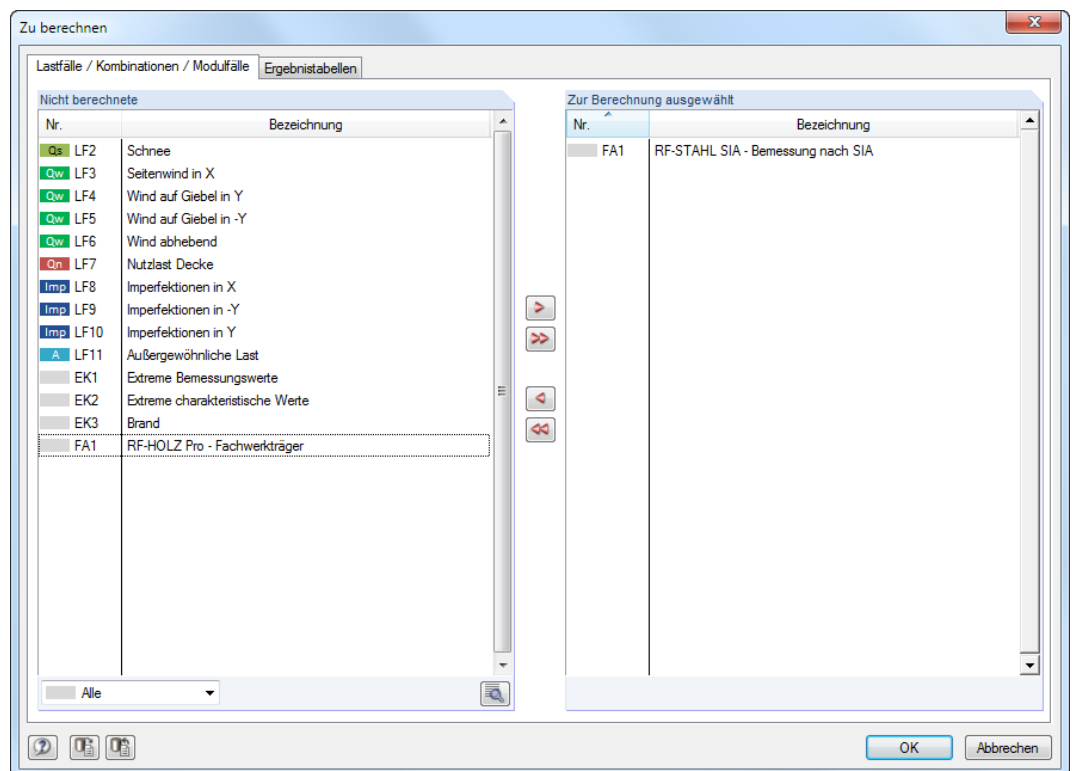
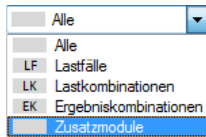



Bild 3.5: RFEM-Dialog *Zu berechnen*



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

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



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



Bild 3.6: Direkte Berechnung eines RF-/STAHL SIA-Falls in RFEM

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

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

4 Ergebnisse

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

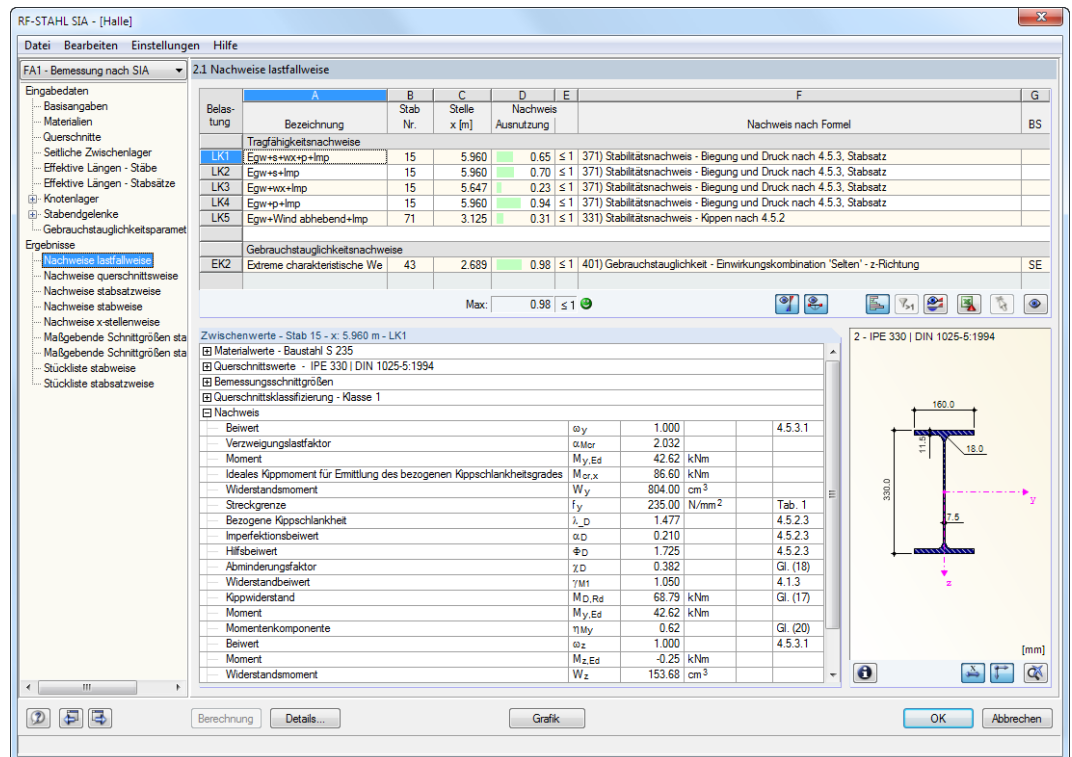


Bild 4.1: Ergebnismaske mit Nachweisen und Zwischenwerten

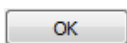
Die Nachweise sind in den Ergebnismasken 2.1 bis 2.5 nach verschiedenen Kriterien sortiert.

Die Masken 3.1 und 3.2 listen die maßgebenden Schnittgrößen auf, Maske 3.3 gibt Aufschluss über die Stabschlankheiten.

In den Ergebnismasken 4.1 und 4.2 werden die Stücklisten stab- und stabsatzbezogen ausgegeben.



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



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

Das Kapitel 4 stellt die Ergebnismasken der Reihe nach vor. Die Auswertung und Überprüfung der Resultate ist im Kapitel 5 ab Seite 43 beschrieben.

4.1 Nachweise lastfallweise



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

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

2.1 Nachweise lastfallweise

Belastung	A				B	C	D	E	F		G	
	Bezeichnung				Stab Nr.	Stelle x [m]	Nachweis Ausnutzung		Nachweis nach Formel		BS	
Tragfähigkeitsnachweise												
LK1	Egw+s+wx+p+Imp				15	5.960	0.65	≤ 1	371)	Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 4.5.3, Stabsatz		
LK2	Egw+s+Imp				15	5.960	0.70	≤ 1	371)	Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 4.5.3, Stabsatz		
LK3	Egw+wx+Imp				15	5.647	0.23	≤ 1	371)	Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 4.5.3, Stabsatz		
LK4	Egw+p+Imp				15	5.960	0.94	≤ 1	371)	Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 4.5.3, Stabsatz		
LK5	Egw+Wind abhehend+Imp				71	3.125	0.31	≤ 1	331)	Stabilitätsnachweis - Kippen nach 4.5.2		
Gebrauchstauglichkeitsnachweise												
EK2	Extreme charakteristische We				43	2.689	0.98	≤ 1	401)	Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination 'Selten' - z-Richtung		SE
							Max:	0.98	≤ 1			

Zwischenwerte - Stab 71 - x: 3.125 m - LK5

- Materialwerte - Baustahl S 235
- Querschnittswerte - IPE 450 | DIN 1025-5:1994
- Bemessungsschnittgrößen
- Querschnittsklassifizierung - Klasse 1
- Nachweis

Minimale Biegemoment	$M_{y,Ed,min}$	0.00	kNm	Tab. 6
Maximale Biegemoment	$M_{y,Ed,max}$	0.00	kNm	Tab. 6
Momentenverhältnis	ψ	0.000		Tab. 6
Trägheitsradius	i_z	41.2	mm	
Elastizitätsmodul	E	210000.00	N/mm ²	
Streckgrenze	f_y	235.00	N/mm ²	Tab. 1
Kritische Kipplänge	L_{cr}	3.328	m	Tab. 6
Kipplänge	L_D	6.250	m	> L_{cr} Tab. 6
Elastizitätsmodul	E	210000.00	N/mm ²	
Schubmodul	G	80769.20	N/mm ²	
Längenbeiwert	k_z	1.000		
Längenbeiwert	k_w	1.000		
Länge	L	6.250	m	
Flächenträgheitsmoment	I_z	1680.00	cm ⁴	
Wölbwiderstand	I_w	791000.00	cm ⁶	
Torsionsträgheitsmoment	I_t	67.10	cm ⁴	
Ideales Kippmoment	$M_{cr,0}$	292.78	kNm	

Bild 4.2: Maske 2.1 Nachweise lastfallweise

Bezeichnung

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

Stab Nr.

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

Stelle x

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

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

Nachweis

Max: 0.96 ≤ 1

In den Spalten D und E werden die Nachweisbedingungen gemäß SIA 263:2013 [1] bzw. SIA 263:2003 [2] ausgegeben.

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



Der Nachweis gegen Torsionsinstabilität (Biegedrillknicken) gemäß [1] Ziffer 4.5.1.2 wird in RF-/STAHL SIA nicht geführt.

Nachweis nach Formel

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

BS

Die letzte Spalte gibt Aufschluss über die nachweisrelevanten Bemessungssituationen (BS): Trag-sicherheit (kein Eintrag) oder eine der drei Bemessungssituationen SE, GH, GQ für Gebrauchstaug-lichkeit (siehe Bild 2.6, Seite 9) gemäß Vorgabe in Maske 1.1 Basisangaben.

4.2 Nachweise querschnittsweise

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A	B	C	D	E	F
Stab Nr.	Stelle x [m]	Lastfall	Nachweis Ausnutzung	Nachweis nach Formel		
1	IPE 450 DIN 1025-5:1994					
22	0.000	LK4	0.05	≤ 1	102) Querschnittsnachweis - Druck nach 4.4.1	
22	6.000	LK5	0.03	≤ 1	111) Querschnittsnachweis - Biegung um y nach 4.4.2 - Klasse 1 oder 2	
22	0.000	LK4	0.06	≤ 1	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 4.4.3	
12	0.000	LK4	0.04	≤ 1	122) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 4.4.3 - Klasse 3 oder 4	
22	6.000	LK5	0.03	≤ 1	141) Querschnittsnachweis - Biegung und Querkraft nach 4.4.4	
2	6.000	LK5	0.01	≤ 1	161) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung und Querkraft nach 4.4.5.2	
22	6.000	LK4	0.35	≤ 1	181) Querschnittsnachweis - Biegung und Längskraft nach 4.4.5	
2	6.000	LK4	0.04	≤ 1	221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Längskraft nach 4.4.5	
12	0.000	LK4	0.04	≤ 1	302) Stabilitätsnachweis - Knicken um y nach 4.5.1	

Max: 0.98 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 22 - x: 6.000 m - LK4

- Materialwerte - Baustahl S 235
- Querschnittswerte - IPE 450 | DIN 1025-5:1994
- Bemessungsschnittgrößen
- Querschnittsklassifizierung - Klasse 1
- Nachweis

Moment	$M_{y,Ed}$	133.83	kNm	
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,y}$	1702.00	cm ³	
Teilsicherheitsbeiwert	γ_{M1}	1.050		4.1.3
Streckgrenze	f_y	235.00	N/mm ²	Tab. 1
Biegegewidstand	$M_{y,Rd}$	380.92	kNm	Gl. (9)
Normalkraft	N_{Ed}	-39.34	kN	
Normalkraftwiderstand	N_{Rd}	2211.24	kN	Gl. (6)
Verhältnis N_{Ed} / N_{Rd}	n	0.018		5.1.4.1
Querschnittsfläche	A	98.80	cm ²	
Flanschbreite	b	190.0	mm	
Flanschdicke	t_f	14.6	mm	
Faktor	α	0.438		≤ 0.5
Faktor	ξ	1.281		5.1.4.1
Biegegewidstand	$M_{N,pl,y,R}$	380.92	kNm	Gl. (46)
Nachweis	η	0.35		≤ 1

Bild 4.3: Maske 2.2 Nachweise querschnittsweise

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

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

4.3 Nachweise stabsatzweise

2.3 Nachweise stabsatzweise

Stabsatz Nr.	A	B	C	D	E	F
Stabsatz Nr.	Stab Nr.	Stelle x [m]	Lastfall	Nachweis Ausnutzung		Nachweis nach Formel
2	Stabzug 2 (Stab Nr. 13-15)					
	15	6.274	LK5	0.00	≤ 1	101) Querschnittsnachweis - Zug nach 4.4.1
	14	0.000	LK4	0.02	≤ 1	102) Querschnittsnachweis - Druck nach 4.4.1
	13	0.000	LK5	0.05	≤ 1	111) Querschnittsnachweis - Biegung um y nach 4.4.2 - Klasse 1 oder 2
	13	2.844	LK4	0.07	≤ 1	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 4.4.3
	13	0.000	LK5	0.05	≤ 1	141) Querschnittsnachweis - Biegung und Querkraft nach 4.4.4
	13	0.000	LK4	0.38	≤ 1	181) Querschnittsnachweis - Biegung und Längskraft nach 4.4.5
	14	2.121	LK1	0.00	≤ 1	201) Querschnittsnachweis - Biegung um z, Quer- und Längskraft nach 4.4.5
	15	5.960	LK4	0.12	≤ 1	221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Längskraft nach 4.4.5
	15	5.960	LK4	0.94	≤ 1	371) Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 4.5.3, Stabsatz

Max: 0.98 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 15 - x: 5.960 m - LK4

Nachweis	Symbol	Wert	Einheit	Norm
Normalkraft	N_{Ed}	-27.30	kN	
Querschnittsfläche	A	62.60	cm ²	
Teilsicherheitsbeiwert	γ_{M1}	1.050		4.1.3
Streckgrenze	f_y	235.00	N/mm ²	Tab. 1
Normalkraftwiderstand	N_{Rd}	1401.05	kN	Gl. (6)
Moment	$M_{y,Ed}$	60.65	kNm	
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,y}$	804.00	cm ³	
Biegewiderstand	$M_{y,Rd}$	179.94	kNm	Gl. (9)
Moment	$M_{z,Ed}$	0.36	kNm	
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,z}$	153.68	cm ³	
Biegewiderstand	$M_{z,Rd}$	34.39	kNm	Gl. (9)
Verhältnis N_{Ed} / N_{Rd}	n	0.019		5.1.4.1
Querschnittsfläche	A	62.60	cm ²	
Flanschbreite	b	160.0	mm	
Flanschdicke	t _f	11.5	mm	
Faktor	a	0.412		≤ 0.5 5.1.4.1
Faktor	ξ	1.260		5.1.4.1
Biegewiderstand	$M_{N,pl,y,R}$	179.94	kNm	Gl. (46)
Kriterium	n	0.019		≤ a 5.1.4.1
Biegewiderstand	$M_{N,pl,z,R}$	34.39	kNm	Gl. (48)
Kriterium	n	0.019		≤ 0.9 5.1.4.2

Bild 4.4: Maske 2.3 Nachweise stabsatzweise

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

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

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

4.4 Nachweise stabweise

2.4 Nachweise stabweise

Stab Nr.	A	B	C	D	E
Stelle x [m]	Lastfall	Nachweis	Nachweis nach Formel		
1	Querschnitt Nr. 1 - IPE 270 DIN 1025-5:1994				
0.000	LK4	0.09	≤ 1	102	Querschnittsnachweis - Druck nach 4.4.1
0.000	LK4	0.07	≤ 1	121	Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 4.4.3
6.000	LK5	0.03	≤ 1	161	Querschnittsnachweis - Doppelbiegung und Querkraft nach 4.4.5.2
4.000	LK2	0.21	≤ 1	181	Querschnittsnachweis - Biegung und Längskraft nach 4.4.5
6.000	LK4	0.45	≤ 1	221	Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Längskraft nach 4.4.5
1.500	LK5	0.04	≤ 1	302	Stabilitätsnachweis - Knicken um y nach 4.5.1
1.500	LK5	0.20	≤ 1	312	Stabilitätsnachweis - Knicken um z nach 4.5.1
1.500	LK5	0.06	≤ 1	322	Stabilitätsnachweis - Drillknicken nach 4.5.1
6.000	LK5	0.04	≤ 1	353	Stabilitätsnachweis - Doppelbiegung nach 5.1.7

Max: 0.98 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 6.000 m - LK4

Parameter	Wert	Einheit	Formel
Streckgrenze	f_y	235.00 N/mm ²	Tab. 1
Normalkraftwiderstand	N_{Rd}	1027.29 kN	Gl. (6)
Moment	$M_{y,Ed}$	72.40 kNm	
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,y}$	484.00 cm ³	
Biegewiderstand	$M_{y,Rd}$	108.32 kNm	Gl. (9)
Moment	$M_{z,Ed}$	0.27 kNm	
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,z}$	96.95 cm ³	
Biegewiderstand	$M_{z,Rd}$	21.70 kNm	Gl. (9)
Verhältnis N_{Ed} / N_{Rd}	n	0.021	5.1.4.1
Querschnittsfläche	A	45.90 cm ²	
Flanschbreite	b	135.0 mm	
Flanschdicke	t_f	10.2 mm	
Faktor	α	0.400	≤ 0.5 5.1.4.1
Faktor	ξ	1.250	5.1.4.1
Biegewiderstand	$M_{N,pl,y,R}$	108.32 kNm	Gl. (46)
Kriterium	n	0.021	≤ α 5.1.4.1
Biegewiderstand	$M_{N,pl,z,R}$	21.70 kNm	Gl. (48)
Kriterium	n	0.021	≤ 0.9 5.1.4.2
Exponent	β	1.100	≥ 1.1 5.1.4.2
Nachweis Komponente für M_y	η_{My}	0.45	≤ 1 Gl. (49)
Nachweis Komponente für M_z	η_{Mz}	0.01	≤ 1 Gl. (49)
Nachweis	η	0.45	≤ 1 Gl. (49)

Bild 4.5: Maske 2.4 Nachweise stabweise

Diese Ergebnismaske präsentiert die maximalen Ausnutzungen für die einzelnen Nachweise nach Stabnummern geordnet. Die Spalten sind im Kapitel 4.1 auf Seite 34 erläutert.

4.5 Nachweise x-stellenweise

2.5 Nachweise x-stellenweise

Stab Nr.	A	B	C	D	E
Stelle x [m]	Lastfall	Nachweis	Nachweis nach Formel		
3.000	LK4	0.29	≤ 1	354	Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 5.1.7
4.000	LK4	0.02	≤ 1	102	Querschnittsnachweis - Druck nach 4.4.1
4.000	LK4	0.03	≤ 1	121	Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 4.4.3
4.000	LK4	0.21	≤ 1	181	Querschnittsnachweis - Biegung und Längskraft nach 4.4.5
4.000	LK4	0.32	≤ 1	354	Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 5.1.7
4.200	LK4	0.02	≤ 1	102	Querschnittsnachweis - Druck nach 4.4.1
4.200	LK4	0.03	≤ 1	121	Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 4.4.3
4.200	LK4	0.22	≤ 1	181	Querschnittsnachweis - Biegung und Längskraft nach 4.4.5
4.200	LK4	0.33	≤ 1	354	Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 5.1.7
4.500	LK4	0.02	≤ 1	102	Querschnittsnachweis - Druck nach 4.4.1

Max: 0.98 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 12 - x: 4.000 m - LK4

Parameter	Wert	Einheit	Formel
Imperfektionsbeiwert	α_D	0.210	4.5.2.3
Hilfsbeiwert	Φ_D	1.112	4.5.2.3
Abminderungsfaktor	χ_D	0.648	Gl. (18)
Widerstandsbeiwert	γ_{M1}	1.050	4.1.3
Kippwiderstand	$M_{D,Rd}$	246.84 kNm	Gl. (17)
Biegewiderstand	$M_{y,red,Rd}$	148.11 kNm	≤ $\omega_y \cdot M$ 5.1.7.2
Moment	$M_{y,Ed}$	79.01 kNm	
Momentenkomponente	η_{My}	0.53	Gl. (52)
Minimales Stabendmoment	$M_{z,Ed,min}$	0.00 kNm	5.1.7.1
Maximales Stabendmoment	$M_{z,Ed,max}$	0.07 kNm	5.1.7.1
Beiwert	ω_z	1.000	5.1.7.1
Moment	$M_{z,Ed}$	0.05 kNm	
Widerstandsmoment	W_z	276.38 cm ³	
Biegewiderstand	$M_{z,Rd}$	61.86 kNm	Gl. (9)
Biegewiderstand	$M_{z,red,Rd}$	53.90 kNm	5.1.7.2
Momentenkomponente	η_{Mz}	0.00	Gl. (52)
Flanschbreite	b	190.0 mm	
Flanschdicke	t_f	14.6 mm	
Profilhöhe	h	450.0 mm	
Normalkraftwiderstand	N_{Rd}	2211.24 kN	Gl. (6)
Exponent	β	1.000	5.1.7.2
Nachweis	η	0.32	≤ 1 Gl. (52)

Bild 4.6: Maske 2.5 Nachweise x-stellenweise

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

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

4.6 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

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

3.1 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

Stab Nr.	A Stelle x [m]	B Belas- tung	C Kräfte [kN]			D Momente [kNm]			I Bemessung nach Gleichung
			N	V_y	V_z	M_T	M_y	M_z	
1 Querschnitt Nr. 1 - IPE 450 DIN 1025-5:1994									
	0.000	LK4	-90.10	0.07	-19.32	0.00	43.53	0.17	102) Querschnittsnachweis - Druck nach 4.4.1
	0.000	LK4	-90.10	0.07	-19.32	0.00	43.53	0.17	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 4.4.3
	6.000	LK5	-1.36	0.04	-0.66	0.00	-2.95	-0.15	161) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung und Querkraft nac
	6.000	LK2	-14.16	0.03	-13.48	0.00	-49.98	-0.10	181) Querschnittsnachweis - Biegung und Längskraft nach 4.4
	6.000	LK4	-21.07	0.07	-19.32	0.00	-72.40	-0.27	221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Längsl
	0.000	LK5	-52.50	0.04	-0.66	0.00	1.03	0.07	302) Stabilitätsnachweis - Knicken um y nach 4.5.1
	0.000	LK5	-52.50	0.04	-0.66	0.00	1.03	0.07	312) Stabilitätsnachweis - Knicken um z nach 4.5.1
	0.000	LK5	-52.50	0.04	-0.66	0.00	1.03	0.07	322) Stabilitätsnachweis - Drillknicken nach 4.5.1
	6.000	LK5	-1.36	0.04	-0.66	0.00	-2.95	-0.15	353) Stabilitätsnachweis - Doppelbiegung nach 5.1.7
	6.000	LK4	-21.07	0.07	-19.32	0.00	-72.40	-0.27	354) Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 5.1.7
2 Querschnitt Nr. 1 - IPE 450 DIN 1025-5:1994									
	0.000	LK4	-90.63	0.04	21.79	0.00	-53.46	0.04	102) Querschnittsnachweis - Druck nach 4.4.1
	0.000	LK4	-90.63	0.04	21.79	0.00	-53.46	0.04	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 4.4.3
	6.000	LK5	-1.49	0.04	1.30	0.00	4.17	-0.17	161) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung und Querkraft nac
	0.000	LK4	-90.63	0.04	21.79	0.00	-53.46	0.04	181) Querschnittsnachweis - Biegung und Längskraft nach 4.4
	6.000	LK4	-21.60	0.04	21.79	0.00	77.28	-0.19	221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Längsl
	2.400	LK5	-32.17	0.04	1.30	0.00	-0.49	-0.02	302) Stabilitätsnachweis - Knicken um y nach 4.5.1
	2.400	LK5	-32.17	0.04	1.30	0.00	-0.49	-0.02	312) Stabilitätsnachweis - Knicken um z nach 4.5.1
	2.400	LK5	-32.17	0.04	1.30	0.00	-0.49	-0.02	322) Stabilitätsnachweis - Drillknicken nach 4.5.1
	6.000	LK5	-1.49	0.04	1.30	0.00	4.17	-0.17	353) Stabilitätsnachweis - Doppelbiegung nach 5.1.7
	6.000	LK4	-21.60	0.04	21.79	0.00	77.28	-0.19	354) Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 5.1.7
3 Querschnitt Nr. 3 - IPE 400 DIN 1025-5:1994 ... 2 - IPE 330 DIN 1025-5:1994									
	3.011	LK4	-20.89	-0.05	13.75	-0.03	-23.26	0.09	102) Querschnittsnachweis - Druck nach 4.4.1
	0.000	LK5	-0.88	0.01	1.07	0.01	-3.00	0.03	111) Querschnittsnachweis - Biegung um y nach 4.4.2 - Klasse
	2.844	LK4	-20.91	-0.05	14.01	-0.03	-25.58	0.09	121) Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 4.4.3
	0.000	LK5	-0.88	0.01	1.07	0.01	-3.00	0.03	141) Querschnittsnachweis - Biegung und Querkraft nach 4.4.4
	0.000	LK4	-21.34	-0.05	18.98	-0.03	-72.30	-0.05	181) Querschnittsnachweis - Biegung und Längskraft nach 4.4
	0.000	LK1	-13.93	-0.06	11.94	-0.03	-45.49	-0.13	221) Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Längsl
4 Querschnitt Nr. 2 - IPE 330 DIN 1025-5:1994									
	0.000	LK4	-20.90	-0.05	13.73	-0.03	-23.26	0.09	102) Querschnittsnachweis - Druck nach 4.4.1

Bild 4.7: Maske 3.1 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

Stelle x

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

Belastung

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

Kräfte / Momente

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

Bemessung nach Gleichung

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

4.7 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

3.2 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

Stabsatz Nr.	A Stelle x [m]	B Belastung	D Kräfte [kN]			G Momente [kNm]			I Bemessung nach Gleichung
			N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z	
1 Stabzug 1 (Stab Nr. 51-52)									
	2.700	LK3	-1.73	-0.02	0.06	0.00	-0.01	0.05	100 Keine bzw. sehr kleine Schnittgrößen
	0.000	LK4	-179.65	-0.07	0.83	0.00	-3.12	-0.03	102 Querschnittsnachweis - Druck nach 4.4.1
	3.000	LK5	0.22	-0.09	0.12	0.00	0.02	0.18	116 Querschnittsnachweis - Biegung um z nach 4.4.2 - Klasse
	0.000	LK3	-9.49	-0.02	1.07	0.00	-1.53	-0.01	121 Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 4.4.3
	3.000	LK5	0.22	-0.09	0.12	0.00	0.02	0.18	151 Querschnittsnachweis - Biegung um z und Querkraft nach
	0.000	LK4	-179.65	-0.07	0.83	0.00	-3.12	-0.03	181 Querschnittsnachweis - Biegung und Längskraft nach 4.4
	3.000	LK4	-3.42	-0.10	0.22	-0.01	-0.06	0.24	201 Querschnittsnachweis - Biegung um z, Quer- und Längskr
	3.000	LK4	-145.13	-0.07	0.83	0.00	-0.64	0.19	221 Stabilitätsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Längs
	0.000	LK4	-37.94	-0.10	0.22	-0.01	-0.72	-0.07	302 Stabilitätsnachweis - Knicken um y nach 4.5.1
	0.000	LK4	-37.94	-0.10	0.22	-0.01	-0.72	-0.07	312 Stabilitätsnachweis - Knicken um z nach 4.5.1
	0.000	LK4	-37.94	-0.10	0.22	-0.01	-0.72	-0.07	322 Stabilitätsnachweis - Drillknicken nach 4.5.1
	0.000	LK1	-44.99	0.00	0.84	0.00	-2.44	0.06	354 Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 5.1.7
	0.000	LK4	-179.65	-0.07	0.83	0.00	-3.12	-0.03	371 Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 4.5.3, Stab
	0.000	EK2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	400 Gebrauchstauglichkeit - Keine bzw. sehr kleine Verformun
	2.250	EK2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	401 Gebrauchstauglichkeit - Einwirkungskombination 'Selten'
2 Stabzug 2 (Stab Nr. 13-15)									
	6.274	LK5	4.05	-0.02	1.31	0.00	-3.11	0.10	101 Querschnittsnachweis - Zug nach 4.4.1
	0.000	LK4	-31.15	-0.02	20.92	-0.01	-41.27	0.02	102 Querschnittsnachweis - Druck nach 4.4.1
	0.000	LK5	2.60	0.01	-6.27	0.00	15.16	0.03	111 Querschnittsnachweis - Biegung um y nach 4.4.2 - Klasse
	2.844	LK4	-31.16	-0.02	21.21	-0.01	-44.80	0.01	121 Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 4.4.3
	0.000	LK5	2.60	0.01	-6.27	0.00	15.16	0.03	141 Querschnittsnachweis - Biegung und Querkraft nach 4.4.4
	0.000	LK4	-31.59	-0.02	26.18	-0.01	-111.98	-0.04	181 Querschnittsnachweis - Biegung und Längskraft nach 4.4
	2.121	LK1	-21.35	-0.04	11.99	-0.01	0.09	0.08	201 Querschnittsnachweis - Biegung um z, Quer- und Längskr
	5.960	LK4	-27.30	0.08	-0.61	0.00	60.65	-0.36	221 Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Längs
	5.960	LK4	-27.30	0.08	-0.61	0.00	60.65	-0.36	371 Stabilitätsnachweis - Biegung und Druck nach 4.5.3, Stab
3 Stabzug 3 (Stab Nr. 41-43)									
	6.274	LK5	6.89	-0.01	0.87	0.00	-1.91	0.02	101 Querschnittsnachweis - Zug nach 4.4.1
	0.000	LK4	-57.68	-0.01	20.51	0.03	-38.05	-0.04	102 Querschnittsnachweis - Druck nach 4.4.1
	0.753	LK4	-58.19	-0.01	26.66	0.03	-91.25	-0.07	121 Querschnittsnachweis - Querkraft in Achse z nach 4.4.3
	0.000	LK4	-58.38	-0.01	28.82	0.03	-112.13	-0.08	181 Querschnittsnachweis - Biegung und Längskraft nach 4.4
	5.019	LK4	-56.07	-0.17	-1.62	0.01	39.28	0.53	221 Querschnittsnachweis - Doppelbiegung, Quer- und Längs

Bild 4.8: Maske 3.2 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

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

4.8 Stabschlankheiten

3.3 Stabschlankheiten

Stab Nr.	A Beanspruchung	B Länge L [m]	C k_y [-]	D Starke Achse y		F k_z [-]		G Schwache Achse z		I
				i_y [mm]	λ_y [-]	i_z [mm]	λ_z [-]			
1	Druck / Biegung	6.000	1.000	184.8	32.468	1.000	41.2	145.504		
2	Druck / Biegung	6.000	1.000	184.8	32.468	1.000	41.2	145.504		
3	Druck / Biegung	3.011	1.000	137.1	21.961	1.000	35.5	84.876		
4	Druck / Biegung	3.262	1.000	137.1	23.793	1.000	35.5	91.954		
5	Druck / Biegung	6.274	1.000	137.1	45.755	1.000	35.5	176.835		
6	Druck / Biegung	6.274	1.000	137.1	45.755	1.000	35.5	176.835		
7	Druck / Biegung	3.262	1.000	137.1	23.793	1.000	35.5	91.954		
8	Druck / Biegung	3.011	1.000	137.1	21.961	1.000	35.5	84.876		
12	Druck / Biegung	6.000	1.000	184.8	32.468	1.000	41.2	145.504		
21	Druck / Biegung	6.000	1.000	184.8	32.468	1.000	41.2	145.504		
22	Druck / Biegung	6.000	1.000	184.8	32.468	1.000	41.2	145.504		
23	Druck / Biegung	3.011	1.000	137.1	21.961	1.000	35.5	84.876		
24	Druck / Biegung	3.262	1.000	137.1	23.793	1.000	35.5	91.954		
25	Druck / Biegung	6.274	1.000	137.1	45.755	1.000	35.5	176.835		
26	Druck / Biegung	6.274	1.000	137.1	45.755	1.000	35.5	176.835		
27	Druck / Biegung	3.262	1.000	137.1	23.793	1.000	35.5	91.954		
28	Druck / Biegung	3.011	1.000	137.1	21.961	1.000	35.5	84.876		
37	Druck / Biegung	3.000	1.000	57.3	52.380	1.000	35.2	85.234		
38	Druck / Biegung	3.546	1.000	57.3	61.913	1.000	35.2	100.746		
51	Druck / Biegung	3.000	1.000	82.8	36.224	1.000	49.9	60.112		
52	Druck / Biegung	3.000	1.000	82.8	36.224	1.000	49.9	60.112		
53	Druck / Biegung	3.000	1.000	65.6	45.728	1.000	39.8	75.292		
54	Druck / Biegung	3.546	1.000	65.6	54.050	1.000	39.8	88.995		
55	Druck / Biegung	3.000	1.000	65.6	45.728	1.000	39.8	75.292		
56	Druck / Biegung	4.094	1.000	65.6	62.403	1.000	39.8	102.748		
58	Druck / Biegung	3.546	1.000	65.6	54.050	1.000	39.8	88.995		
59	Druck / Biegung	3.000	1.000	82.8	36.224	1.000	49.9	60.112		
60	Druck / Biegung	3.000	1.000	82.8	36.224	1.000	49.9	60.112		
61	Druck / Biegung	6.274	1.000	48.9	128.190	1.000	30.2	207.628		
62	Druck / Biegung	6.274	1.000	48.9	128.194	1.000	30.2	207.633		

Stäbe mit Druck / Biegung:

Max $\lambda_{k,y}$: 161.515 ≤ 200

Max $\lambda_{k,z}$: 207.633 > 200

Bild 4.9: Maske 3.3 Stabschlankheiten

Details...

Diese Ergebnismaske wird angezeigt, wenn im Dialog *Details*, Register *Allgemein* das entsprechende Häkchen gesetzt ist (siehe Bild 3.4, Seite 30).

Details...

Die Tabelle listet die effektiven Schlankheitsgrade der bemessenen Stäbe für beide Hauptachsenrichtungen auf. Sie wurden in Abhängigkeit von der Lastart ermittelt. Am Ende der Liste findet sich ein Vergleich mit den Grenzwerten, die im Dialog *Details*, Register *Allgemein* definiert sind (siehe Bild 3.4, Seite 30).

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

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

4.9 Stückliste stabweise

Abschließend erscheint eine Bilanz der im Bemessungsfall behandelten Querschnitte.

4.1 Stückliste stabweise

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

Bild 4.10: Maske 4.1 Stückliste stabweise

Details...

In dieser Liste sind per Voreinstellung nur die bemessenen Stäbe erfasst. Wird eine Stückliste für alle Stäbe des Modells benötigt, so kann dies im Dialog *Details*, Register *Allgemein* eingestellt werden (siehe Bild 3.4, Seite 30).

Position Nr.

Das Programm vergibt Positionsnummern für gleichartige Stäbe.

Querschnitt Bezeichnung

In dieser Spalte sind die Querschnittsnummern und -bezeichnungen aufgelistet.

Anzahl Stäbe

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

Länge

Hier wird jeweils die Länge eines einzelnen Stabes ausgewiesen.

Gesamtlänge

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

Oberfläche



Es werden positionsweise die auf die Gesamtlänge bezogenen Oberflächen angegeben. Diese werden aus der *Mantelfläche* der Profile ermittelt, die in den Masken 1.3 sowie 2.1 bis 2.5 bei den Querschnittsinformationen einsehbar ist (siehe [Bild 2.12, Seite 14](#)).

Volumen

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

Quers.-Masse

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

Masse

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

Gesamtmasse

In der letzten Spalte wird das Gesamtgewicht jeder Position angegeben.

Summe

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

4.10 Stückliste stabsatzweise

4.2 Stückliste stabsatzweise

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

Bild 4.11: Maske 4.2 Stückliste stabsatzweise

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

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

5 Ergebnisauswertung

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

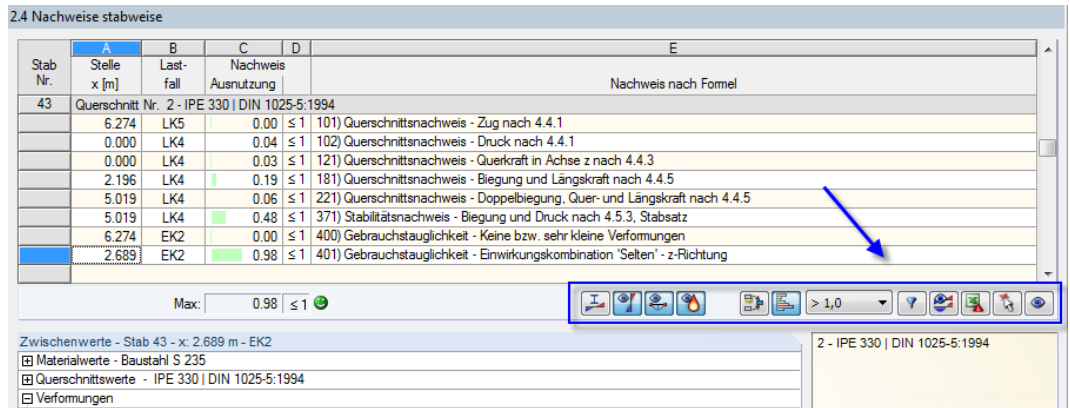


Bild 5.1: Schaltflächen zur Ergebnisauswertung

Die Schaltflächen sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Bezeichnung	Funktion
	Tragfähigkeitsnachweis	Blendet die Ergebnisse des Tragfähigkeitsnachweises ein und aus
	Gebrauchstauglichkeitsnachweis	Blendet die Ergebnisse des Gebrauchstauglichkeitsnachweises ein und aus
	Ergebniskombination	Erzeugt aus den maßgebenden Lastfällen und Lastkombinationen eine neue Ergebniskombination
	Relationsbalken	Blendet die farbigen Bezugsskalen in den Ergebnismasken ein und aus
	Filterparameter	Beschreibt das Kriterium, nach dem die Ausgabe in den Tabellen gefiltert wird: Ausnutzungen größer 1, Maximalwert oder benutzerdefinierte Schranke
	Filter anwenden	Stellt nur Zeilen dar, für die die Filterparameter gelten (Ausnutzungen > 1, Maximum, definierter Wert)
	Ergebnisverläufe	Öffnet das Fenster <i>Ergebnisverläufe im Stab</i> → Kapitel 5.2, Seite 47
	Excel-Export	Exportiert die Tabelle nach MS Excel / OpenOffice → Kapitel 7.4.2, Seite 58
	Stabauswahl	Ermöglicht die grafische Auswahl eines Stabes, um dessen Ergebnisse in der Tabelle anzuzeigen
	Ansichtsmodus	Ermöglicht den Wechsel in das Arbeitsfenster von RFEM/RSTAB, um die Ansicht zu ändern

Tabelle 5.1: Schaltflächen in den Ergebnismasken 2.1 bis 2.5

5.1 Ergebnisse am RFEM/RSTAB-Modell

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

Hintergrundgrafik und Ansichtsmodus

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

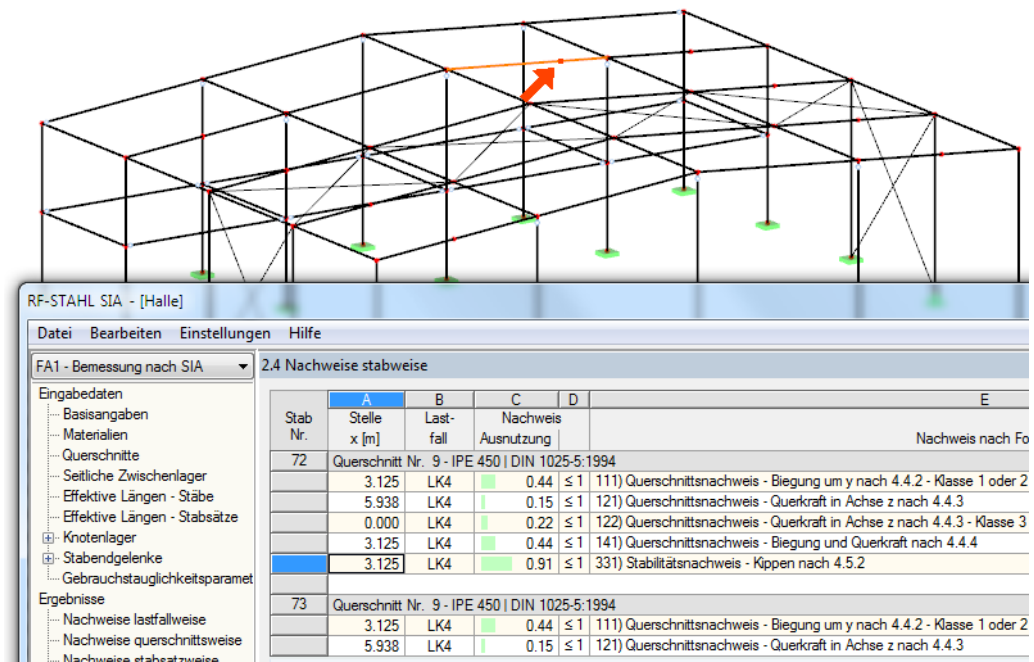


Bild 5.2: Kennzeichnung des Stabes und der aktuellen Stelle x im RFEM-Modell



Information

Sie befinden sich im Sichtmodus.

Zurück

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

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

RFEM/RSTAB-Arbeitsfenster

Grafik

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

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

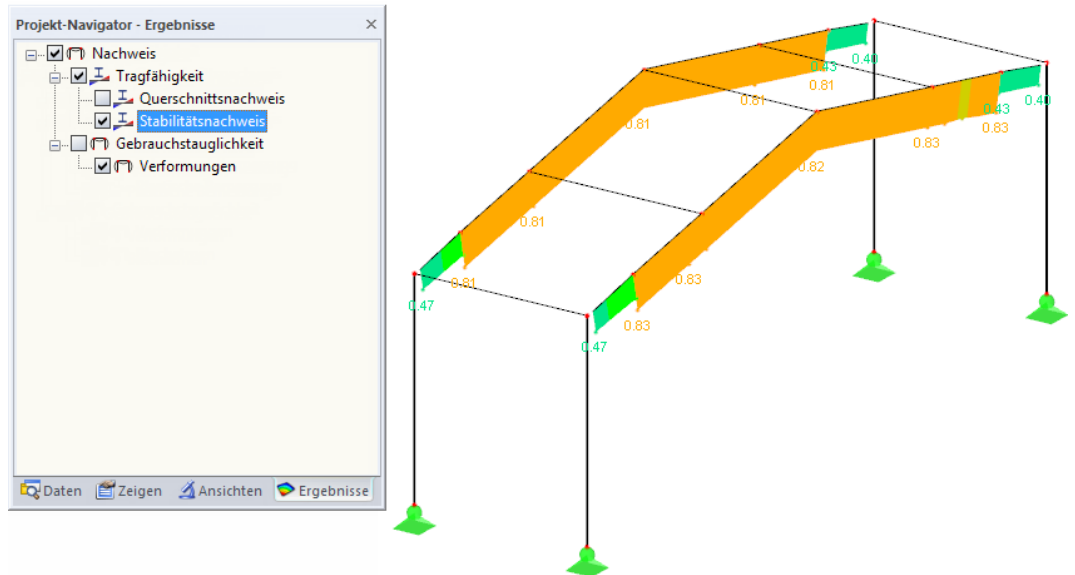


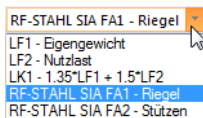
Bild 5.3: *Ergebnisse*-Navigator für RF-/STAHL SIA



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



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



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

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

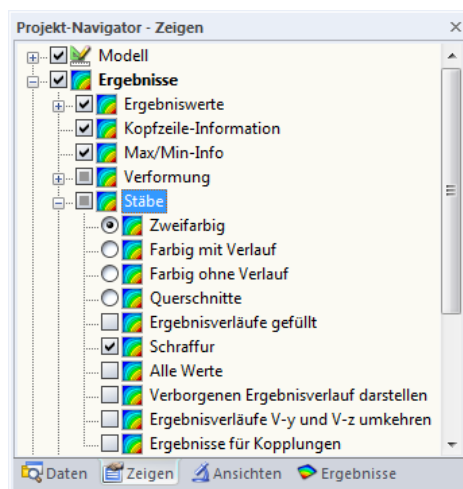


Bild 5.4: *Zeigen*-Navigator: *Ergebnisse* → *Stäbe*



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

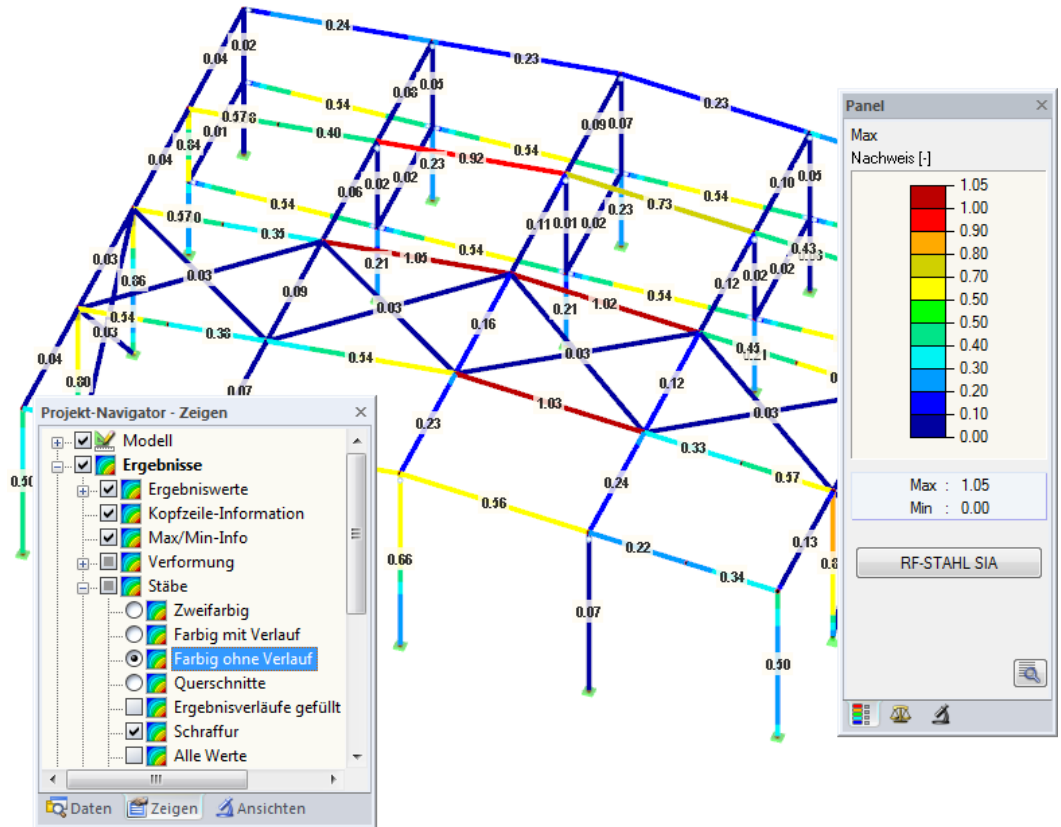


Bild 5.5: Ausnutzungsgrade mit Anzeigoption *Farbig ohne Verlauf*

Die Grafiken der Bemessungsergebnisse können in das Ausdruckprotokoll übergeben werden (siehe [Kapitel 6.2, Seite 51](#)).

RF-STAHLSIA

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

5.2 Ergebnisverläufe

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



Selektieren Sie den Stab (oder Stabsatz) in der RF-/STAHL SIA-Ergebnismaske, indem Sie mit der Maus in die Tabellenzeile des Stabes klicken. Rufen Sie dann den Dialog *Ergebnisverläufe im Stab* über die links gezeigte Schaltfläche auf. Sie befindet sich am Ende der oberen Ergebnistabelle (siehe Bild 5.1, Seite 43).

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

Ergebnisse → **Ergebnisverläufe an selektierten Stäben**



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

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

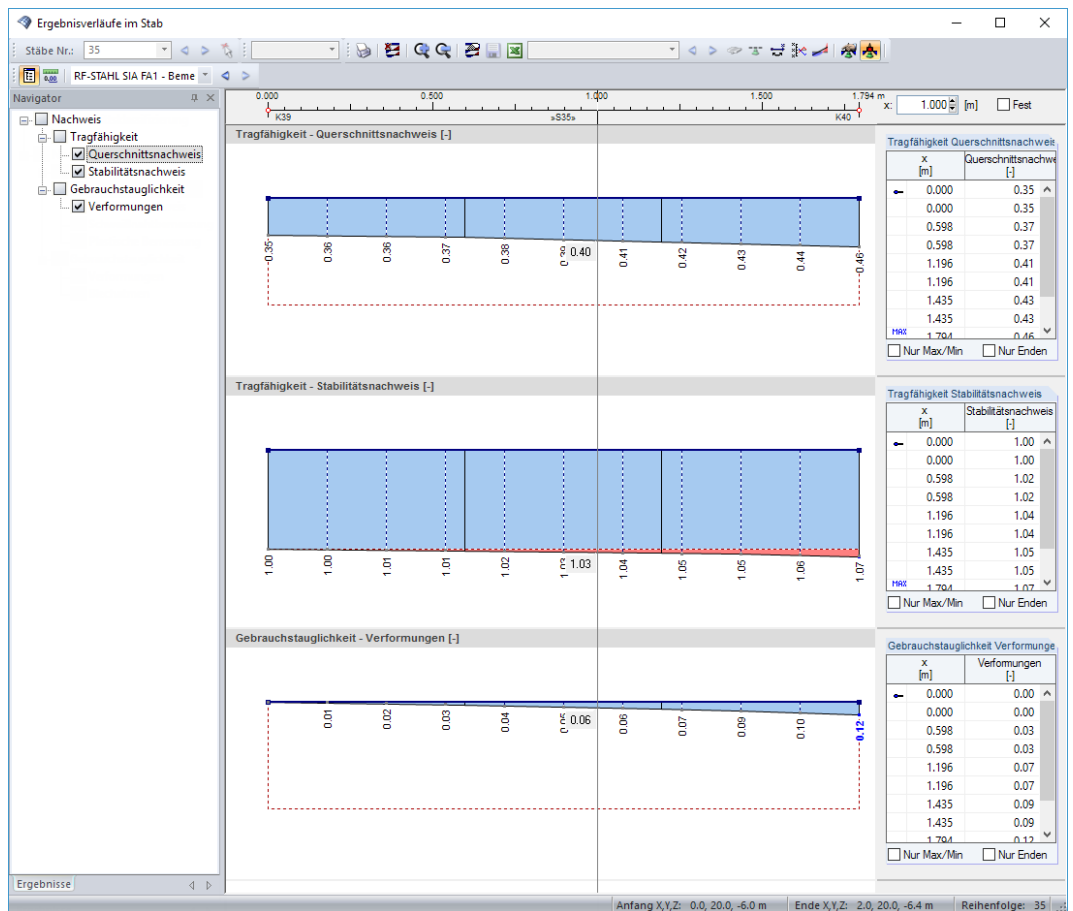
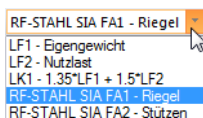


Bild 5.6: Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*

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



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

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

5.3 Filter für Ergebnisse



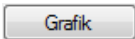
Die Gliederung der RF-/STAHL SIA-Ergebnismasken bietet bereits eine Auswahl nach verschiedenen Kriterien. Zusätzlich bestehen Filtermöglichkeiten für die Tabellen (siehe Bild 5.1, Seite 43), um die numerische Ausgabe nach Ausnutzungen einzuzugrenzen. Diese Funktion ist auch in einem DLUBAL-Blog beschrieben: <https://www.dlubal.com/blog/11214>

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



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

Filtern von Nachweisen



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

Ansicht → Steuerpanel



oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

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

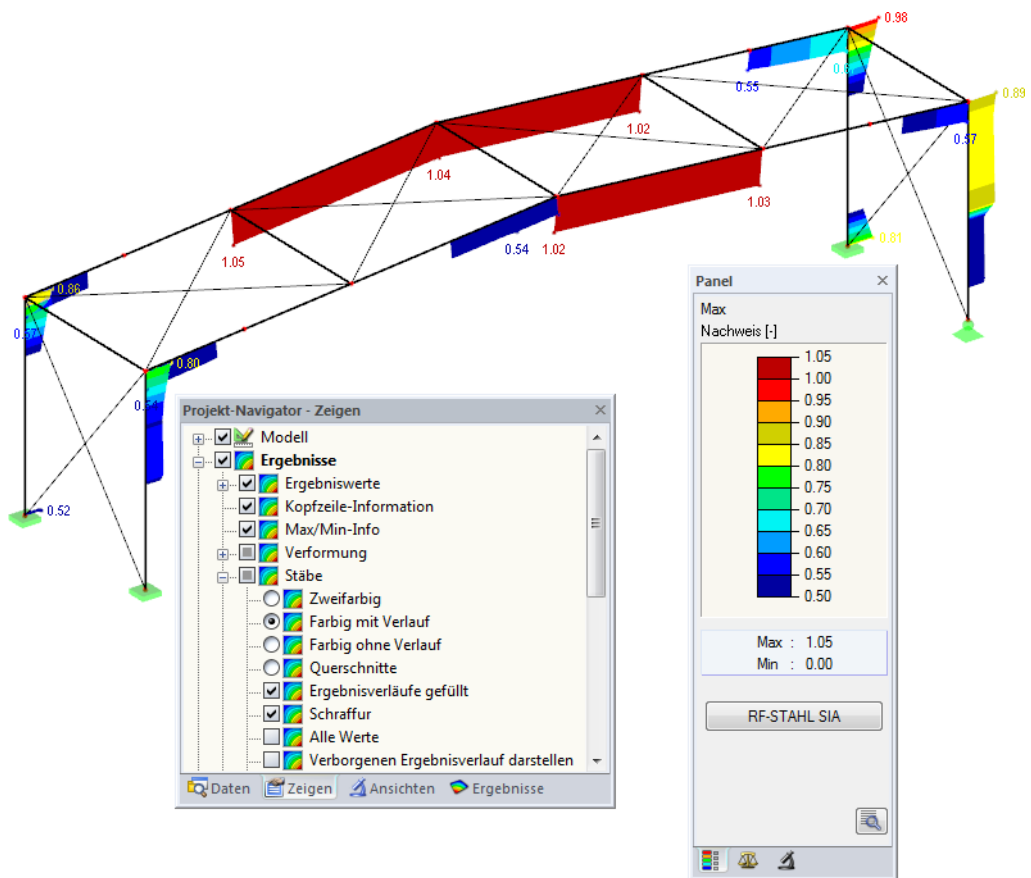


Bild 5.7: Filtern der Ausnutzungsgrade mit angepasster Farbskala

Wie das Bild 5.7 zeigt, kann die Werteskala des Panels so eingestellt werden, dass nur Ausnutzungsgrade größer als 0,50 in den Farben zwischen blau und rot dargestellt werden.

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

Filtern von Stäben



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

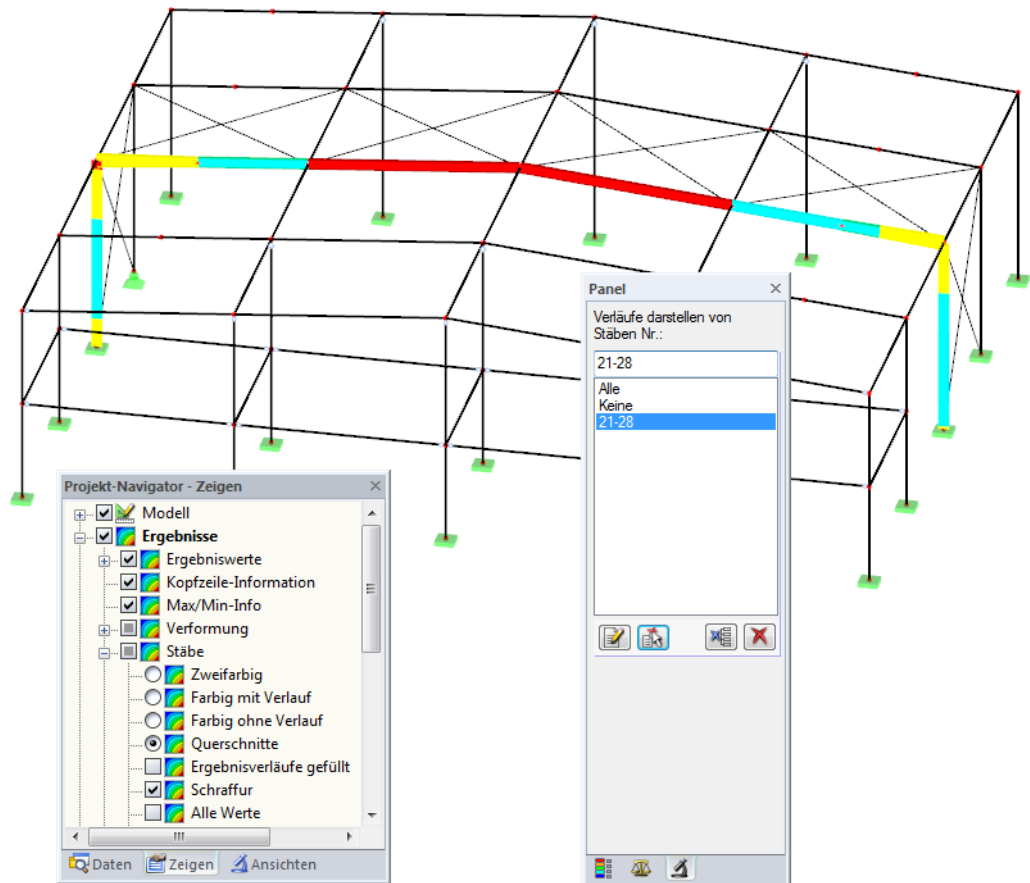


Bild 5.8: Stabfilter für Ausnutzungen eines Hallenrahmens

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

6 Ausdruck

6.1 Ausdruckprotokoll

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



Das Ausdruckprotokoll ist im RFEM- bzw. RSTAB-Handbuch beschrieben. Das Kapitel 10.1.3.5 *Selektion der Zusatzmodul-Daten* erläutert, wie die Ein- und Ausgabedaten von Zusatzmodulen für den Ausdruck aufbereitet werden können..

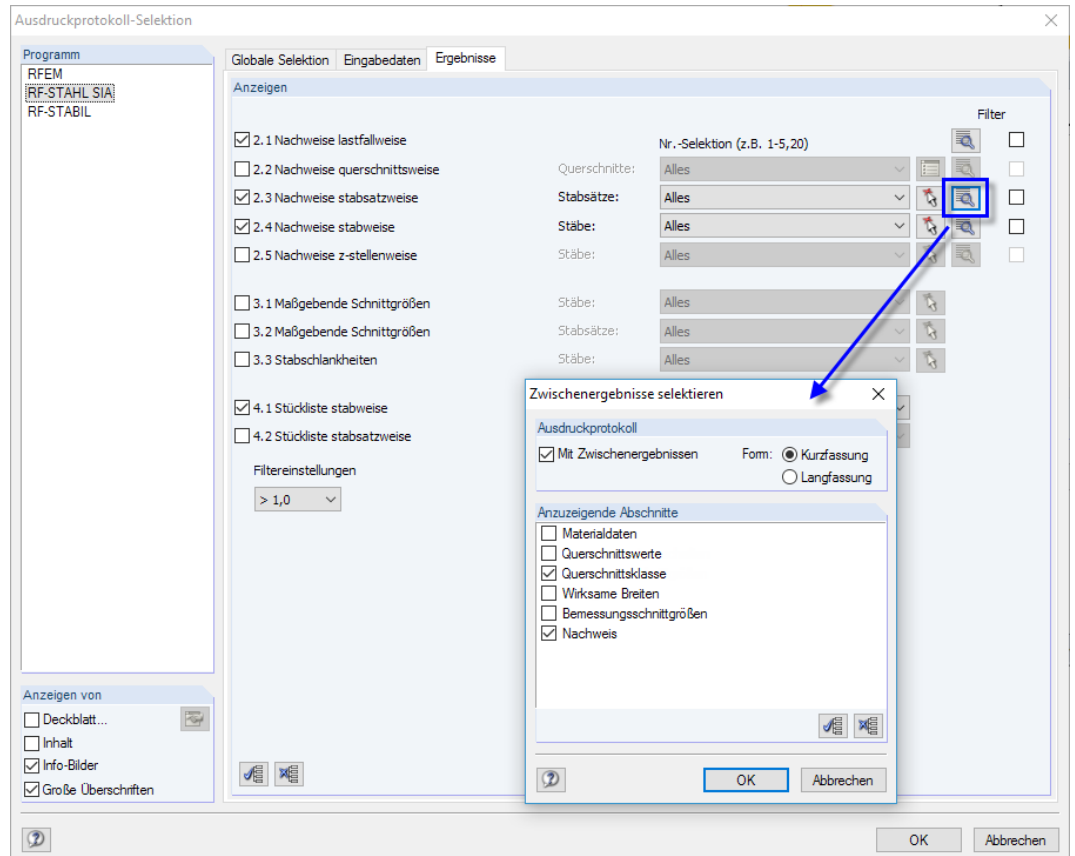


Bild 6.1: Selektion von Nachweisen und Zwischenergebnissen im Ausdruckprotokoll



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

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

6.2 Grafikausdruck

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



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

Nachweise am RFEM/RSTAB-Modell

Die aktuelle Grafik der Ausnutzungsgrade kann gedruckt werden über das Menü

Datei → Drucken



oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

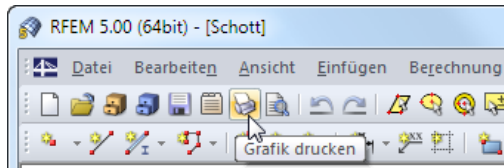


Bild 6.2: Schaltfläche *Grafik drucken* in RFEM-Symbolleiste

Ergebnisverläufe



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

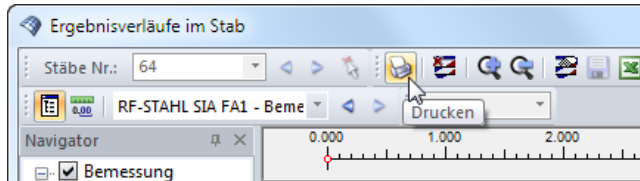


Bild 6.3: Schaltfläche *Drucken* im Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*

Es wird folgender Dialog angezeigt.

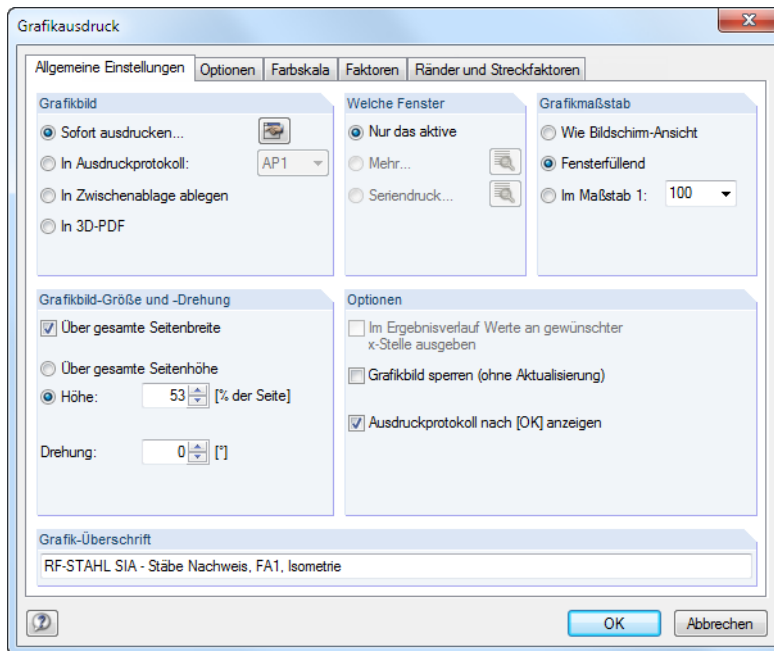


Bild 6.4: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Allgemeine Einstellungen*

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

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

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

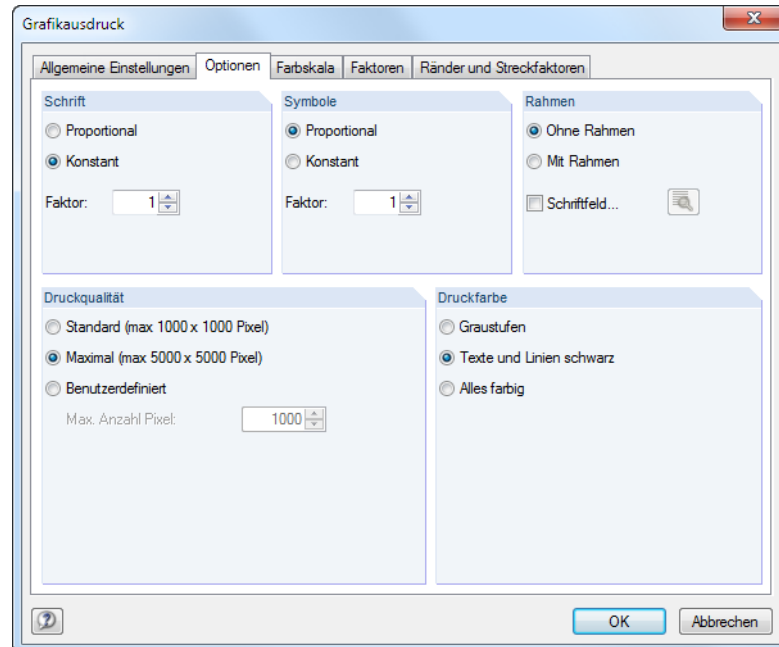
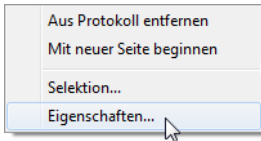


Bild 6.5: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Optionen*

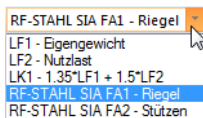
7 Allgemeine Funktionen

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

7.1 Bemessungsfälle

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

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



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

Neuen Bemessungsfall anlegen

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

Datei → Neuer Fall.

Es erscheint folgender Dialog.

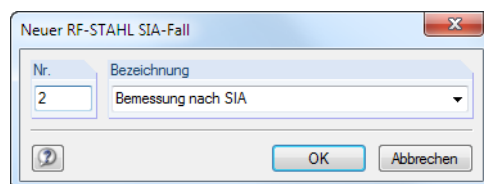


Bild 7.1: Dialog Neuer RF-STAHLSIA-Fall

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

Nach [OK] erscheint die RF-/STAHL SIA-Maske 1.1 *Basisangaben* zur Eingabe der Bemessungsdaten.

Bemessungsfall umbenennen

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

Datei → Fall umbenennen.

Es erscheint folgender Dialog.

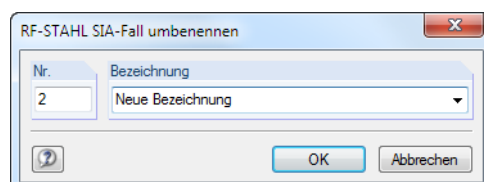


Bild 7.2: Dialog RF-STAHLSIA-Fall umbenennen

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

Bemessungsfall kopieren

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

Datei → **Fall kopieren**.

Es erscheint folgender Dialog.

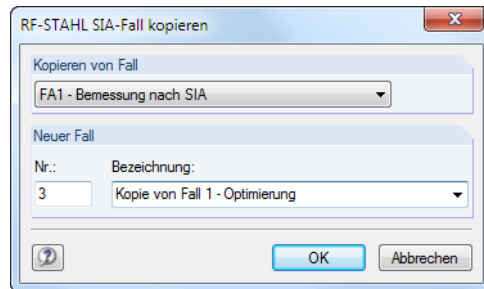


Bild 7.3: Dialog *RF-STAHl SIA-Fall kopieren*

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

Bemessungsfall löschen

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

Datei → **Fall löschen**.

Es erscheint folgender Dialog.

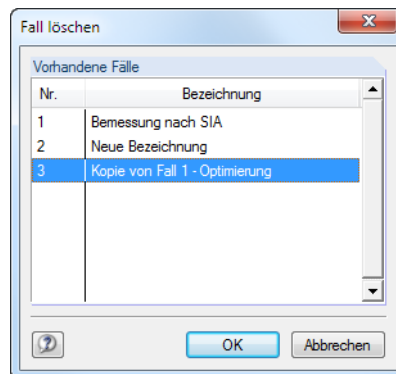
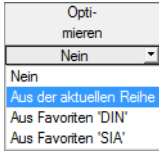


Bild 7.4: Dialog *Fall löschen*

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

7.2 Querschnittsoptimierung



Im Bemessungsmodul besteht die Möglichkeit, überlastete oder kaum ausgenutzte Querschnitte zu optimieren: Legen Sie hierzu in Maske 1.3 *Querschnitte* die relevanten Profile fest, indem Sie in Spalte D bzw. E in der Liste auswählen, ob die Querschnitte *Aus der aktuellen Reihe* oder benutzerdefinierten *Favoriten* ermittelt werden sollen (siehe Bild 2.10, Seite 12). In den Ergebnismasken kann die Optimierung über das Kontextmenü eingeleitet werden.

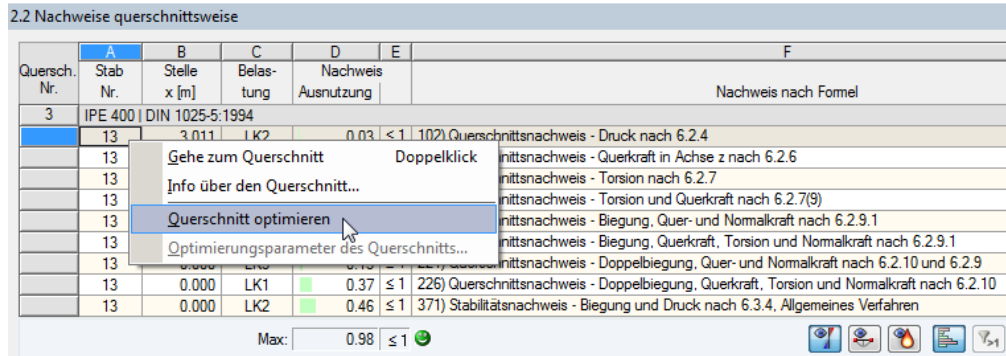


Bild 7.5: Kontextmenü zur Querschnittsoptimierung

Bei der Optimierung wird untersucht, welches Profil den *Tragsicherheitsnachweis* „optimal“ erfüllt, d. h. der maximal zulässigen Ausnutzung am nächsten kommt, die im Dialog *Details* festgelegt ist (siehe Bild 3.4, Seite 30). Die erforderlichen Querschnittswerte werden dabei mit den Schnittgrößen ermittelt, wie sie von RFEM bzw. RSTAB vorliegen. Erweist sich ein anderer Querschnitt als günstiger, so wird dieser Querschnitt für den Nachweis benutzt. In Maske 1.3 werden dann zwei Profile dargestellt – das ursprüngliche Profil von RFEM bzw. RSTAB und das optimierte Profil (siehe Bild 7.7).

Zum Optimieren eines parametrischen Querschnitts erscheint folgender Dialog:

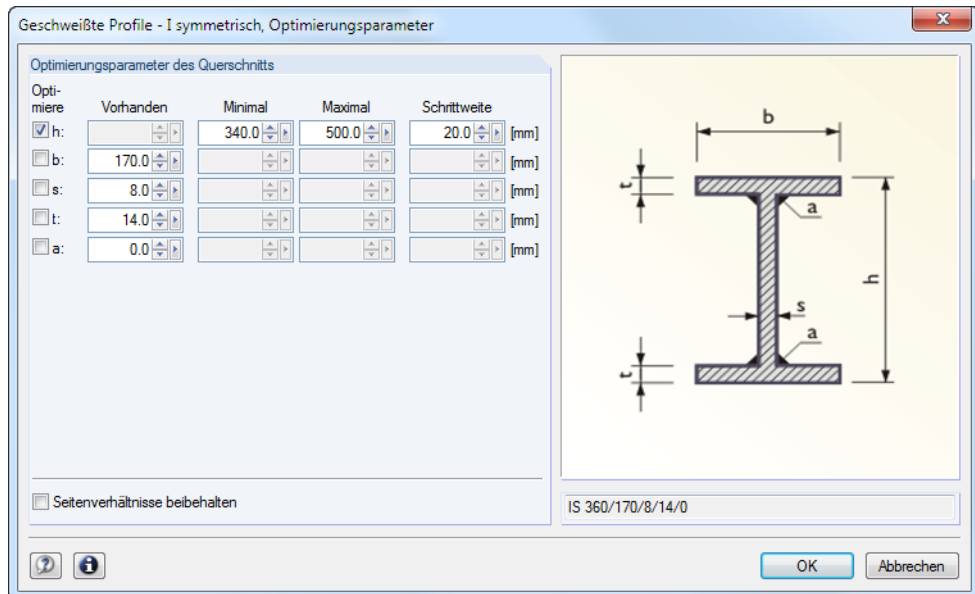


Bild 7.6: Dialog *Geschweißte Profile - I-symmetrisch, Optimierungsparameter*

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

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

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

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

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

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

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

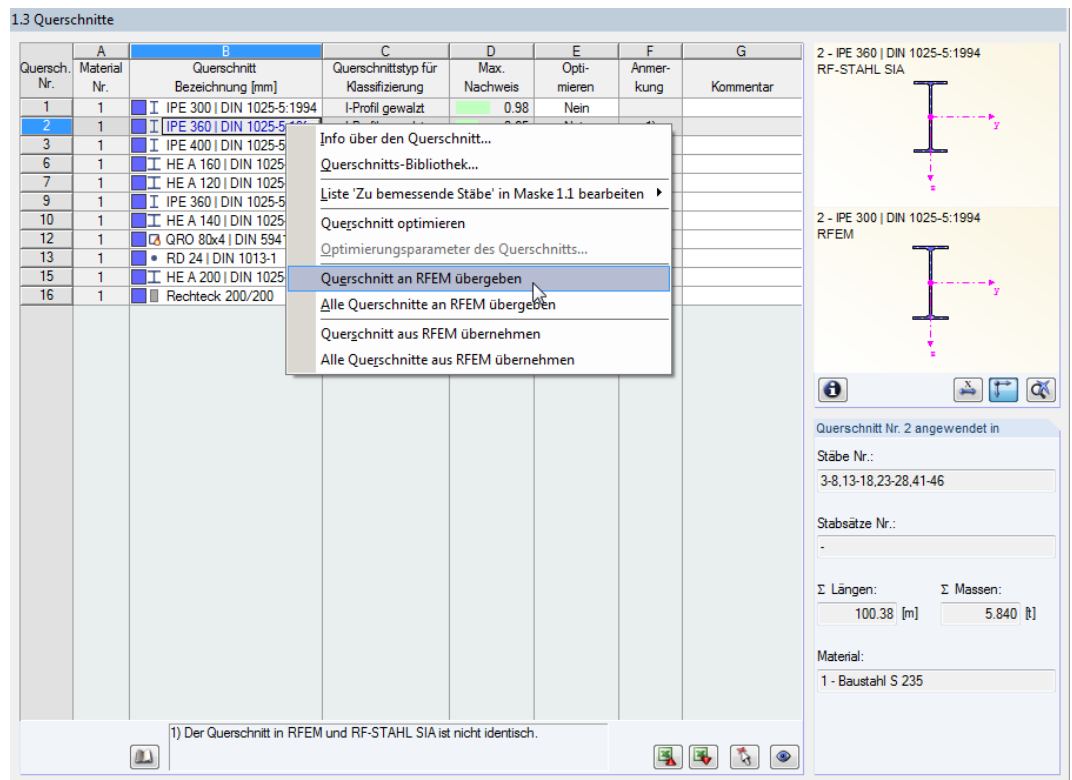


Bild 7.7: Kontextmenü der Maske 1.3 *Querschnitte*

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

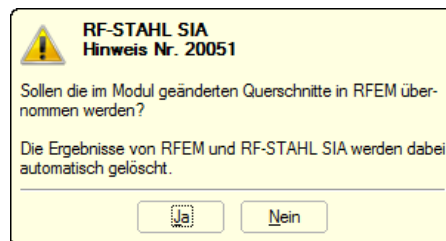


Bild 7.8: Abfrage vor Übergabe geänderter Querschnitte nach RFEM

Berechnung

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

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



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

7.3 Einheiten und Dezimalstellen

Die Einheiten und Nachkommastellen werden für RFEM bzw. RSTAB und deren Zusatzmodule gemeinsam verwaltet. In RF-/STAHL SIA ist der Dialog zum Anpassen der Einheiten zugänglich über das Menü

Einstellungen → **Einheiten und Dezimalstellen**

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

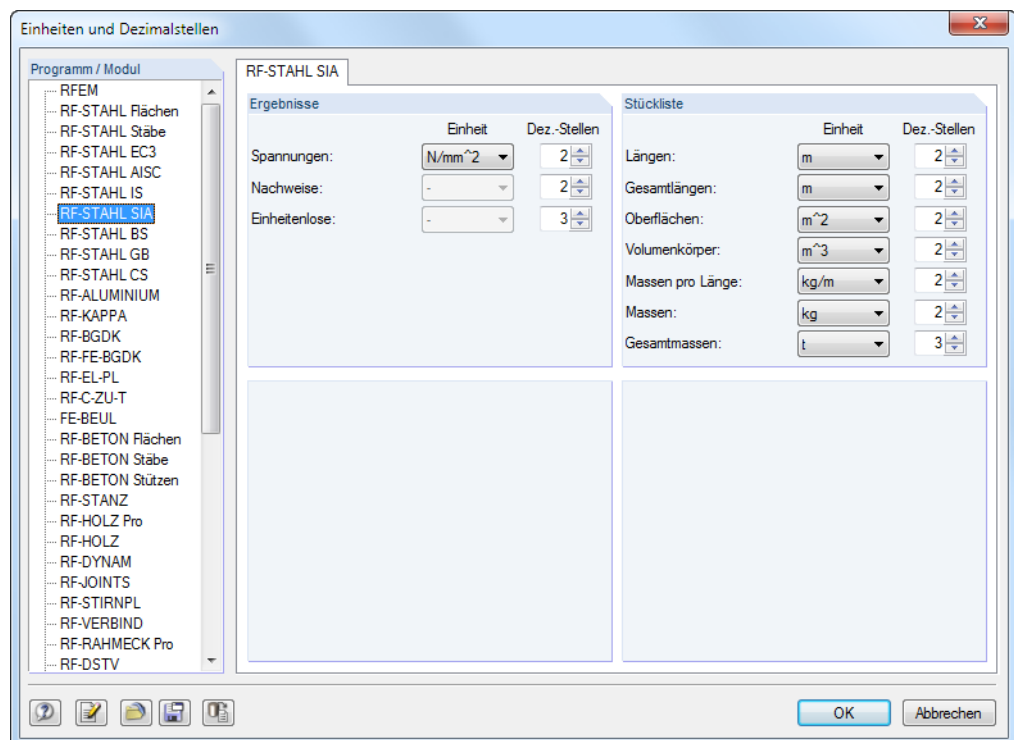


Bild 7.9: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*



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

7.4 Datenaustausch

7.4.1 Materialexport nach RFEM/RSTAB

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

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

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

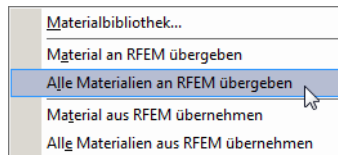


Bild 7.10: Kontextmenü der Maske *1.2 Materialien*

Berechnung

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

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

7.4.2 Export der Ergebnisse

Die Ergebnisse von RF-/STAHL SIA lassen sich auch in anderen Programmen verwenden.

Zwischenablage

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

Ausdruckprotokoll

Die Daten von RF-/STAHL SIA können in das Ausdruckprotokoll gedruckt (siehe [Kapitel 6.1, Seite 50](#)) und dort exportiert werden über das Menü

Datei → **Export in RTF.**

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

Excel / OpenOffice

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

Datei → **Tabellen exportieren.**

Es öffnet sich folgender Exportdialog.

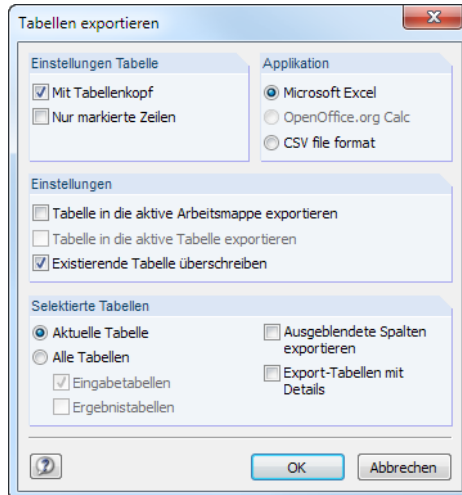


Bild 7.11: Dialog *Tabellen exportieren*

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

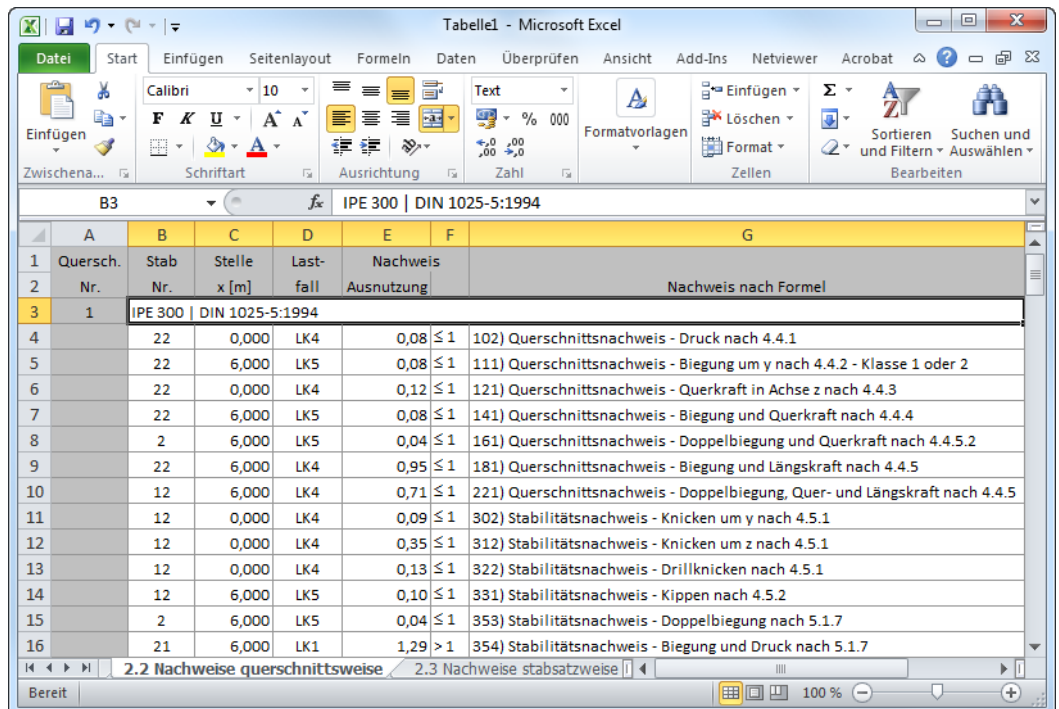


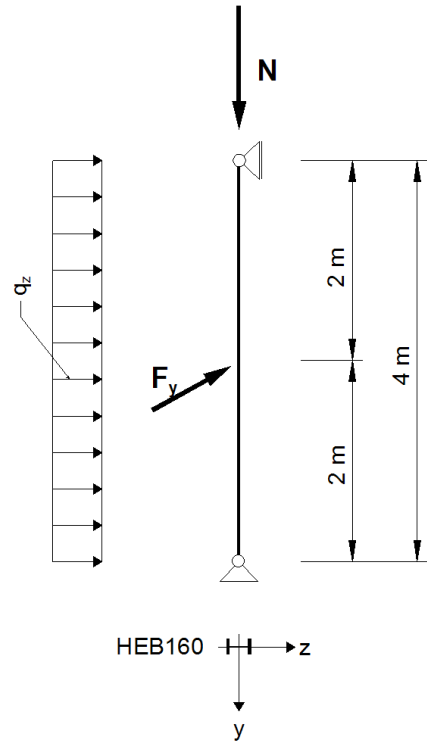
Bild 7.12: Ergebnis in Excel

8 Beispiel

Für eine Stütze mit Doppelbiegung werden Stabilitätsuntersuchungen für Knicken und Kippen mit den Interaktionsbedingungen geführt.

8.1 Bemessungswerte

System und Belastung



Bemessungswerte der statischen Lasten

- $N_d = 300 \text{ kN}$
- $q_{z,d} = 5,0 \text{ kN/m}$
- $F_{y,d} = 7,5 \text{ kN}$

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

Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung

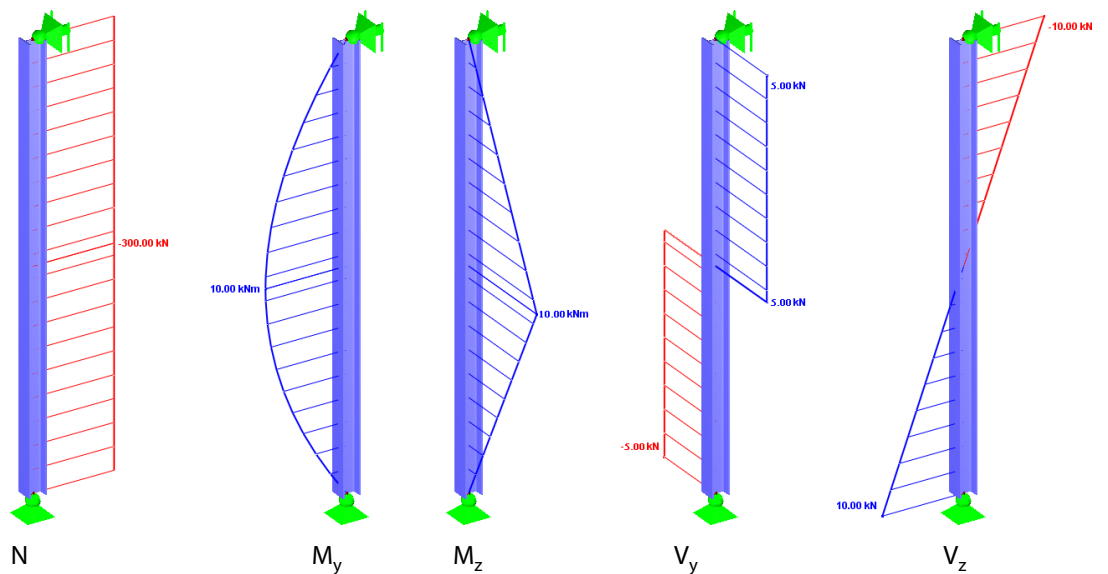


Bild 8.2: Schnittgrößen

Nachweisstelle (maßgebende x-Stelle)

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

$$N = -300,00 \text{ kN} \quad M_y = 10,00 \text{ kNm} \quad M_z = 10,00 \text{ kNm} \quad V_y = 5,00 \text{ kN} \quad V_z = 0,00 \text{ kN}$$

8.2 Querschnittswerte HE-B 160, S 235

Querschnittsgröße	Symbol	Wert	Einheit
Querschnittsfläche	A	54,30	cm ²
Trägheitsmoment	I _y	2 490,00	cm ⁴
Trägheitsmoment	I _z	889,00	cm ⁴
Trägheitsradius	i _y	6,78	cm
Trägheitsradius	i _z	4,05	cm
Polarer Trägheitsradius	i _p	7,90	cm
Querschnittsgewicht	G	42,63	kg/m
Torsionsträgheitsmoment	I _T	31,40	cm ⁴
Wölbwiderstand	I _ω	47 940,00	cm ⁶
Widerstandsmoment	W _y	311,00	cm ³
Widerstandsmoment	W _z	111,00	cm ³
Plastisches Widerstandsmoment	W _{pl,y}	354,00	cm ³
Plastisches Widerstandsmoment	W _{pl,z}	169,96	cm ³
Knickspannungslinie	KSL _y	b	
Knickspannungslinie	KSL _z	c	

8.3 Knicken um schwache Achse (⊥ zur z-z Achse)

$$N_{cr,z} = \frac{21\,000 \cdot 889,00 \cdot \pi^2}{400,00^2} = 1\,151,60 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cr,K,z} = \frac{1\,151,6}{54,30} = 21,21 \text{ kN/cm}^2$$

$$\bar{\lambda}_{K,z} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,K,z}}} = \sqrt{\frac{23,5}{21,21}} = 1,053$$

Baustahl S 235 $t \leq 100$ mm

[1] Figur 7: Knickspannungskurve c $\Rightarrow \alpha_z = 0,49$ (Tabelle 8)

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

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

$$N_{K,z,Rd} = 0,510 \cdot 54,30 \cdot \frac{23,5}{1,05} = 619,81 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{K,z,Rd}} = \frac{300}{619,81} = 0,484$$

Ergebnisse der RF-/STAHL SIA-Berechnung

Flächenträgheitsmoment	I_z	889,00	cm ⁴	
Effektive Stablänge	$L_{K,z}$	4,000	m	
Eulersche Knickspannung	$\sigma_{cr,K,z}$	21,21	kN/cm ²	
Bezogene Knickschlankheit	$\lambda_{K,z}$	1,053		
Knickspannungskurve	KL_z	c		Figur 7
Imperfektionsbeiwert	α_z	0,490		
Hilfsbeiwert	$\Phi_{K,z}$	1,263		
Abminderungsfaktor	$\chi_{K,z}$	0,510		Gl. (16)
Bemessungswert des Knickwiderstands	$N_{K,z,Rd}$	619,81	kN	Gl. (15)

8.4 Knicken um starke Achse (\perp zur y-y Achse)

$$N_{cr,y} = \frac{21\,000 \cdot 2\,490,00 \cdot \pi^2}{400,00^2} = 3\,225,51 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cr,K,y} = \frac{3\,225,51}{54,30} = 59,40 \text{ kN/cm}^2$$

$$\bar{\lambda}_{K,y} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,K,y}}} = \sqrt{\frac{23,5}{59,40}} = 0,629$$

Baustahl S 235 $t \leq 100 \text{ mm}$

[1] Figur 7: Knickspannungskurve b $\Rightarrow \alpha_y = 0,34$ (Tabelle 8)

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

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

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{K,y} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{300}{0,822 \cdot 54,30 \cdot 23,5 / 1,05} = 0,300$$

Ergebnisse der RF-/STAHL SIA-Berechnung

Flächenträgheitsmoment	I_y	2 490,00	cm ⁴	
Effektive Stablänge	$L_{K,y}$	4,000	m	
Eulersche Knickspannung	$\sigma_{cr,K,y}$	59,40	kN/cm ²	
Querschnittsfläche	A	54,30	cm ²	
Streckgrenze	f_y	23,50	kN/cm ²	Tabelle 1
Bezogene Knickschlankheit	$\lambda_{K,y}$	1,053		
Knickspannungskurve	KL_y	b		Figur 7
Imperfektionsbeiwert	α_y	0,340		
Hilfsbeiwert	$\Phi_{K,y}$	0,7713		
Abminderungsfaktor	$\chi_{K,y}$	0,822		
Bemessungswert des Knickwiderstands	$N_{K,y,Rd}$	999,27	kN	Gl. (15)

8.5 Kippen

Ideelles Kippmoment

Das ideale Kippmoment wird unter der Voraussetzung gelenkiger und wölbfreier Lagerung bestimmt.

Der Lastangriffspunkt wird im Schubmittelpunkt angenommen (der Ansatzpunkt für Querlasten kann im Dialog *Details* angepasst werden, siehe [Kapitel 3.1.2, Seite 27](#)).

$$M_{cr,0} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{I_\omega}{I_z} + \frac{\ell^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}}$$

$$M_{cr,0} = \frac{\pi^2 \cdot 21\,000 \cdot 889}{400^2} \cdot \sqrt{\frac{47\,940}{889} + \frac{400^2 \cdot 8\,100 \cdot 31,40}{\pi^2 \cdot 21\,000 \cdot 889}} = 190,90 \text{ kNm}$$

$$M_{cr} = C_1 \cdot M_{cr,0} = 1,13 \cdot 190,90 = 215,71 \text{ kNm}$$

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



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

Schlankheitsgrad für Kippen

Berechnung nach [1] Ziffer 4.5.2 für Stelle des maximalen Moments bei $x = 2,00 \text{ m}$:

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

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

Bemessungswert der Kippmomente

Berechnung gemäß [1] Ziffer 4.5.2

$$\text{HEB-160: Gewalztes Profil} \Rightarrow \alpha_D = 0,21 \text{ (entspricht Knickspannungskurve a)}$$

- $M_{D,Rd}$

$$\Phi_D = 0,5 \cdot [1 + \alpha_D \cdot (\bar{\lambda}_D - 0,2) + \bar{\lambda}_D^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,621 - 0,2) + 0,621^2] = 0,737$$

$$\chi_D = \frac{1}{\Phi_D + \sqrt{\Phi_D^2 - \bar{\lambda}_D^2}} = \frac{1}{0,737 + \sqrt{0,737^2 - 0,621^2}} = 0,882$$

$$M_{D,Rd} = \chi_D \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,882 \cdot 354,0 \cdot \frac{235}{1,05} = 69,87 \text{ kNm}$$

- $M_{D,Rd,min}$

$$\bar{\lambda}_{D,min} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr,0}}} = \sqrt{\frac{354 \cdot 23,5}{190,90}} = 0,660$$

$$\Phi_{D,min} = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,660 - 0,2) + 0,660^2] = 0,766$$

$$\chi_D = \frac{1}{0,766 + \sqrt{0,766^2 - 0,660^2}} = 0,866$$

$$M_{D,Rd,min} = 0,866 \cdot 354,0 \cdot \frac{235}{1,05} = 68,59 \text{ kNm}$$

8.6 Stabilität von Einzelstäben mit Druck und Biegung

Ermittlung gemäß [1] Ziffer 5.1.10

Beiwerte zur Berücksichtigung der Momentenverteilung: $\omega_y = \omega_z = 1,00$

$$M_{z,Rd} = W_z \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 169,96 \cdot \frac{23,5}{1,05} = 38,04 \text{ kNm}$$

$$N_{Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 54,30 \cdot \frac{23,5}{1,05} = 1\,215,29 \text{ kNm}$$

$$M_{y,red,Rd} = M_{D,Rd,min} \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{Kz,Rd}}\right) \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}\right)$$

$$M_{y,red,Rd} = 68,59 \cdot \left(1 - \frac{300}{619,81}\right) \cdot \left(1 - \frac{300}{3\,225,51}\right) = 32,10 \text{ kNm} \leq \omega_y \cdot M_{D,Rd} = 69,87 \text{ kNm}$$

$$M_{z,red,Rd} = M_{z,Rd} \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{Kz,Rd}}\right) \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)$$

$$M_{z,red,Rd} = 38,04 \cdot \left(1 - \frac{300}{619,81}\right) \cdot \left(1 - \frac{300}{1\,151,6}\right) = 14,52 \text{ kNm}$$

$$\beta = 0,4 + \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{b}{h - t_f} = 0,4 + \frac{300}{1\,215,29} + \frac{16}{16 - 1,3} = 1,735$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,red,Rd}}\right)^\beta + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,red,Rd}}\right)^\beta = \left(\frac{10}{32,10}\right)^{1,735} + \left(\frac{10}{14,52}\right)^{1,735} = \underline{\underline{0,66 < 1,00}}$$

Ergebnisse der RF-/STAHL SIA-Berechnung

Elastizitätsmodul	E	21 000,00	kN/cm ²	
Flächenträgheitsmoment	I _y	2 490,00	cm ⁴	
Effektive Stablänge	L _{K,y}	4,000	m	
Ideelle Verzweigungslast	N _{cr,y}	3 225,51	kN	
Flächenträgheitsmoment	I _z	889,00	cm ⁴	
Effektive Stablänge	L _{K,z}	4,000	m	
Querschnittsfläche	A	54,30	cm ²	
Eulersche Knickspannung	σ _{cr,K,z}	21,21	kN/cm ²	
Ideelle Verzweigungslast	N _{cr,z}	1 151,60	kN	
Streckgrenze	f _y	23,50	kN/cm ²	Tab. 1
Bezogene Knickschlankheit	λ _{K,z}	1,053		
Knicklinie	KL _z	c		Figur 7
Imperfektionsbeiwert	α _z	0,490		Tab. 8
Hilfsbeiwert	Φ _{K,z}	1,263		
Abminderungsfaktor	χ _{K,z}	0,510		Gl. (16)
Widerstandbeiwert	γ _{M1}	1,050		4.1.3
Bemessungswert Knickwiderstand	N _{K,z,Rd}	619,810	kN	Gl. (15)
Normalkraft (Druck)	N _{Ed}	300,00	kN	
Minimales Stabendmoment	M _{y,Ed,min}	0,000	kNm	5.1.7.1
Maximales Stabendmoment	M _{y,Ed,max}	0,000	kNm	5.1.7.1
Beiwert	ω _y	1,000		5.1.7.1
Elastizitätsmodul	E	21 000,00	kN/cm ²	
Schubmodul	G	8 100,00	kN/cm ²	
Längenbeiwert	k _z	1,000		
Längenbeiwert	k _w	1,000		
Länge	L	4,000	m	
Wölbwiderstand	I _ω	47 940,00	cm ⁶	
Torsionsträgheitsmoment	I _t	31,40	cm ⁴	
Ideelles Kippmoment für Ermittlung des bezogenen Kippschlankheitsgrades	M _{cr,0}	190,896	kNm	
Widerstandsmoment	W _y	354,00	cm ³	
Streckgrenze	f _y	23,50	kN/cm ²	Tab. 1
Bezogene Kippschlankheit	λ _{D,min}	0,660		4.5.2.3
Hilfsbeiwert	Φ _{D,min}	0,766		4.5.2.3
Abminderungsfaktor	χ _{D,min}	0,866		
Widerstandbeiwert	γ _{M1}	1,050		4.1.3
Kippwiderstand	M _{D,Rd,min}	68,586	kNm	Gl. (17)
Momentenverlauf	Diagr. M _y	6) Parabel		
Max. Feldmoment	M _{y,max}	10,000	kNm	
Randmoment	M _{y,A}	0,000	kNm	

Momentenverhältnis	ψ	0,000		
Momentenbeiwert	C_1	1,130		
Ideales Kippmoment	M_{cr}	215,712	kNm	
Widerstandsmoment	W_y	354,00	cm ³	
Streckgrenze	f_y	23,50	kN/cm ²	Tab. 1
Bezogene Kippschlankheit	λ_D	0,621		4.5.2.3
Imperfektionsbeiwert	α_D	0,210		4.5.2.3
Hilfsbeiwert	Φ_D	0,737		4.5.2.3
Abminderungsfaktor	χ_D	0,882		Gl. (18)
Widerstandbeiwert	γ_{M1}	1,050		4.1.3
Kippwiderstand	$M_{D,Rd}$	69,868	kNm	Gl. (17)
Biege­widerstand	$M_{y,red,Rd}$	32,098	kNm	5.1.7.2
Moment	$M_{y,Ed}$	10,000	kNm	
Momentenkomponente	η_{My}	0,31		Gl. (52)
Minimales Stabendmoment	$M_{z,Ed,min}$	0,000	kNm	5.1.7.1
Maximales Stabendmoment	$M_{z,Ed,max}$	0,000	kNm	5.1.7.1
Beiwert	ω_z	1,000		5.1.7.1
Moment	$M_{z,Ed}$	10,000	kNm	
Widerstandsmoment	W_z	169,96	cm ³	
Biege­widerstand	$M_{z,Rd}$	38,039	kNm	Gl. (9)
Biege­widerstand	$M_{z,red,Rd}$	14,515	kNm	5.1.7.2
Momentenkomponente	η_{Mz}	0,69		Gl. (52)
Flanschbreite	b	160,0	mm	
Flanschdicke	t_f	13,0	mm	
Profilhöhe	h	160,0	mm	
Normalkraftwiderstand	N_{Rd}	1 215,29	kN	Gl. (6)
Exponent	β	1,735		5.1.7.2
Nachweis	η	0,66	< 1	Gl. (52)

Literatur

- [1] *SIA 263:2013 – Stahlbau*. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2013.
- [2] *SIA 260:2003 – Stahlbau*. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2003.
- [3] *SIA 260:2013 – Grundlagen der Projektierung von Tragwerken*. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2013.
- [4] Manfred Hirt und Rolf Bez. *Stahlbau: Grundbegriffe und Bemessungsverfahren*. Ernst & Sohn, Berlin, 1998.
- [5] N.S. Trahair, M.A. Bradford, D.A. Nethercot und L. Gardner. *The Behaviour and Design of Steel Structures to EC3*. Taylor & Francis Ltd, London / New York, 4. Auflage, 2007.
- [6] *Rules for Member Stability in EN 1993-1-1*. ECCS Technical Committee 8 – Stability, Brussels, 2006.

Index

A		G	
Achse	18	Gabellagerung	16, 20
Anmerkung	14	Gebrauchstauglichkeit	9, 25, 29, 43
Ansichtsmodus	43, 44	Grafik	45, 47
Arbeitsfenster	44, 48	Grafikausdruck	51
Ausdruckprotokoll	50, 52	Grenzwerte	9, 28
Ausnutzung	13, 34, 35		
B		H	
Basisangaben	6	Häufig	9
Beenden von RF-/STAHL SIA	6	Hintergrundgrafik	44
Bemessen	7		
Bemessungsdetails	26	I	
Bemessungsfall	45, 53, 54	Installation	4
Bemessungsmethode	28		
Bemessungssituation	35	K	
Benutzerprofil	57	Kippen	16, 19, 28
Berechnung starten	31	Kipplängenbeiwert	19
Bezugslänge	9	Kippmoment	28
Biegedrillknicken	35	Klassifizierung	26
Blättern in Masken	6	Knicken	16, 18
		Knicklänge	17, 18
		Knicklängenbeiwert	19
D		Knotenlager	21
Detaileinstellungen	26	Kommentar	7
Dezimalstellen	10, 57	Kragträger	25, 29
Drucken	51		
Durchbiegung	9	L	
		Länge	17, 41
E		Lastangriff	28
Effektive Länge	17, 20	Lastfall	8, 9, 38
Einheiten	10, 57	Lastfalltyp	9
Ergebnisbewertung	43	Lastkombination	8
Ergebnisdarstellung	45		
Ergebniskombination	8, 9, 30, 43	M	
Ergebnismasken	33	Masken	6
Ergebnisverläufe	47, 51	Masse	42
Ergebniswerte	45	Material	10, 58
Ersatzstablänge	17	Materialbezeichnung	10
Excel	58	Materialbibliothek	11
Export	58	Materialkennwerte	10, 11
Export Material	58		
Export Querschnitt	56	N	
		Nachweis	33, 34, 35
F		Nachweis farbig	48
Farbskala	48	Navigator	6
Favorit	55	Nichtrostender Stahl	11
Filter	43, 48, 49		
Filtern von Stäben	49	O	
		Oberfläche	42

OpenOffice	58	Stabsatz	7, 21, 24, 25, 36, 39, 42
Optimierung	13, 30, 55, 56	Stabschlankheiten	31, 40
P			
Panel	5, 46, 48	Stäbe	7
Parametrischer Querschnitt	55	Starten von RF-/STAHL SIA	4
Position	41	Steuerpanel	48
Programmaufruf	4	Stückliste	41, 42
Q			
Quasi-ständig	9	Summe	42
Querlast	28	T	
Querschnitt	12, 55	Teilsicherheitsbeiwert	27
Querschnittsbibliothek	12	Torsion	27, 28
Querschnittsinfo	14	Trägertyp	25
Querschnittsklasse	27	Tragfähigkeit	43
Querschnittsnachweis	27	Tragsicherheit	8, 26
Querschnittsoptimierung	55	U	
Querschnittstyp	13	Überhöhung	25, 29
R			
Relationsbalken	43	Unverformtes System	29
Relativ	16	V	
Rendering	48	Verborgener Ergebnisverlauf	49
RF-STABIL	18	Verformungen	29
RFEM/RSTAB-Grafik	51	Verformungsnachweis	25
RSKNICK	18	Verschobene Stabenden	29
S			
Schaltflächen	43	Volumen	42
Schlankheit	40	Voute	14, 35, 57
Schnittgrößen	38, 56	X	
Seitliche Stützung	16	x-Stelle	34, 38
Selten	9	W	
Sichtbarkeiten	48	Wölbeinspannung	19
Sonderfälle	28	Z	
Stabilitätsnachweis	27, 28, 35	Zeigen-Navigator	45, 48, 49
		Zwischenablage	58
		Zwischenabstützungen	16