

**Fassung  
Januar 2014**

**Zusatzmodul**

# **STAHL Plastisch**

**Plastische Bemessung nach  
Teilschnittgrößenverfahren**

## **Programm- Beschreibung**

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**  
**Am Zellweg 2 D-93464 Tiefenbach**

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



# Inhalt

	Inhalt	Seite		Inhalt	Seite
<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>	<b>7.</b>	<b>Allgemeine Funktionen</b>	<b>38</b>
1.1	Zusatzmodul STAHL Plastisch	4	7.1	Bemessungsfälle	38
1.2	STAHL Plastisch - Team	5	7.2	Querschnittsoptimierung	40
1.3	Gebrauch des Handbuchs	6	7.3	Einheiten und Dezimalstellen	42
1.4	Aufruf des STAHL Plastisch - Moduls	6	7.4	Datenaustausch	43
<b>2.</b>	<b>Eingabedaten</b>	<b>8</b>	7.4.1	Materialexport nach RSTAB	43
2.1	Basisangaben	8	7.4.2	Export der Ergebnisse	43
2.2	Materialien	10	<b>8.</b>	<b>Beispiele</b>	<b>45</b>
2.3	Querschnitte	12	8.1	Doppelsymmetrisches I-Profil	45
<b>3.</b>	<b>Berechnung</b>	<b>16</b>	8.1.1	Nachweis des zulässigen Biegemoments im Obergurt	47
3.1	Detaileinstellungen	16	8.1.2	Nachweis der zulässigen Normalkraft	48
3.1.1	Einstellungen	16	8.1.3	Nachweis des zulässigen Biegemoments	49
3.1.2	Allgemein	17	8.2	Einfachsymmetrisches I-Profil	50
3.2	Bemessungsverfahren	18	8.2.1	Schnittgrößentransformation	52
3.3	Start der Berechnung	20	8.2.2	Schubwiderstand im Obergurt	53
<b>4.</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>21</b>	8.2.3	Schubwiderstand im Steg	54
4.1	Nachweise lastfallweise	22	8.2.4	Schubwiderstand im Untergurt	56
4.2	Nachweise querschnittsweise	23	8.2.5	Nachweis des zulässigen Biegemoments im Obergurt	58
4.3	Nachweise stabsatzweise	24	8.2.6	Nachweis des zulässigen Biegemoments im Untergurt	59
4.4	Nachweise stabweise	25	8.2.7	Nachweis des zulässigen Biegemoments	60
4.5	Nachweise x-stellenweise	25	8.3	Kreisförmiges Hohlprofil	62
4.6	Maßgebende Schnittgrößen stabweise	26	8.3.1	Nachweis des Schubwiderstands	63
4.7	Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise	27	8.3.2	Interaktion der Normal- und Biegespannungen	65
4.8	Stückliste stabweise	28	8.4	Rechteckiges Hohlprofil	66
4.9	Stückliste stabsatzweise	29	8.4.1	Schubwiderstand in den Gurten	67
<b>5.</b>	<b>Ergebnisauswertung</b>	<b>30</b>	8.4.2	Schubwiderstand im Steg	69
5.1	Ergebnisse am RSTAB-Modell	31	8.4.3	Interaktion der Normal- und Biegespannungen	70
5.2	Ergebnisverläufe	33	<b>A</b>	<b>Literatur</b>	<b>71</b>
5.3	Filter für Ergebnisse	34	<b>B</b>	<b>Index</b>	<b>72</b>
<b>6.</b>	<b>Ausdruck</b>	<b>36</b>			
6.1	Ausdruckprotokoll	36			
6.2	Grafikausdruck	36			

# 1. Einleitung

## 1.1 Zusatzmodul STAHL Plastisch

Eine gängige Möglichkeit für die Querschnittsbemessung ist das Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch. Dabei wird für die Berechnung der Beanspruchungen  $S_d$  linearelastisches Werkstoffverhalten, für die Berechnung der Beanspruchbarkeiten  $R_d$  linearelastisch-idealplastisches Werkstoffverhalten angenommen. So werden die Reserven des Querschnitts genutzt, jedoch die möglicherweise vorhandenen plastischen Reserven des Systems nicht berücksichtigt.

Beim Erreichen der Grenzschnittgrößen im vollplastischen Zustand stellt sich der Grenzzustand der Tragfähigkeit ein. Es ist nachzuweisen, dass die Beanspruchungen unter Beachtung der Interaktion zu keiner Überschreitung der Grenzschnittgrößen im vollplastischen Zustand führen.

Im Modul STAHL Plastisch stehen folgende Bemessungsverfahren zur Verfügung:

- Drei- bzw. Zweiblechquerschnitte (I-, C-, U-, Z-, L-, T-Querschnitte), Flachstahl, Rohre und Hohlprofile nach dem Teilschnittgrößenverfahren mit Umlagerung von KINDMANN/FRICKEL
- Elliptische Querschnitte mit analytischem nichtlinearem Optimierungsverfahren
- Simplex-Methode für allgemeine Querschnitte

Bei diesen Bemessungsverfahren werden sämtliche Schnittgrößenkombinationen berücksichtigt. Der Nachweisquotient jedes Profils erscheint in den übersichtlichen Tabellen und in der RSTAB-Grafik, sodass die Auslastung bestimmter Stäbe auf einen Blick erkennbar ist. Für jeden Bemessungsschnitt werden detaillierte Informationen zur Interaktion angezeigt (z. B. die plastischen Schnittgrößen).

Das Modul führt bei Bedarf eine Optimierung der Querschnitte durch und exportiert die geänderten Profile nach RSTAB. Über Bemessungsfälle ist es möglich, Bauteile von großen Systemen separat nachzuweisen oder Varianten zu untersuchen.

STAHL Plastisch ist als Zusatzmodul in die RSTAB-Umgebung integriert. So sind die bemessungsrelevanten Eingabedaten nach dem Aufruf des Moduls voreingestellt. Nach der Bemessung kann die grafische Oberfläche von RSTAB zur Auswertung der Ergebnisse genutzt werden. Nicht zuletzt lassen sich die Nachweise von der Schnittgrößenermittlung bis zur Bemessung im zentralen Ausdruckprotokoll von RSTAB dokumentieren.

Wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg mit STAHL Plastisch.

Ihr DLUBAL-Team

## 1.2 STAHL Plastisch - Team

An der Entwicklung von STAHL Plastisch waren beteiligt:

### Programmkoordinierung

Dipl.-Ing. Georg Dlubal

Dipl.-Ing. (FH) Younes El Frem

### Programmierung

Ing. Zdeněk Kosáček

Mgr. Petr Oulehle

Dipl.-Ing. Georg Dlubal

Zbyněk Zámečník

Dr.-Ing. Jaroslav Lain

DiS. Jiří Šmerák

Ing. Martin Budáč

### Querschnitts- und Materialdatenbank

Ing. Ph.D. Jan Rybín

Ing. Jiří Kubiček

Mgr. Petr Oulehle

### Programmdesign, Dialogbilder und Icons

Dipl.-Ing. Georg Dlubal

Ing. Jan Milář

MgA. Robert Kolouch

### Programmkontrolle

Dipl.-Ing. (FH) Steffen Clauß

Ing. Martin Hlavačka

### Lokalisierung, Handbuch

Ing. Fabio Borriello

Ing. Roberto Lombino

Ing. Dmitry Bystrov

Eng.º Nilton Lopes

Eng.º Rafael Duarte

Mgr. Ing. Hana Macková

Ing. Jana Duníková

Ing. Téc. Ind. José Martínez

Dipl.-Ing. (FH) René Flori

MA SKT Anton Mitleider

Ing. Lara Freyer

Dipl.-Ü. Gundel Pietzcker

Alessandra Grosso

Mgr. Petra Pokorná

Bc. Chelsea Jennings

Ing. Michaela Prokopová

Jan Jeřábek

Ing. Marcela Svitáková

Ing. Ladislav Kábrt

Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

Ing. Aleksandra Kociołek

Ing. Marcin Wardyn

### Technische Unterstützung und Endkontrolle

M.Eng. Cosme Asseya

Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Lex

Dipl.-Ing. (BA) Markus Baumgärtel

Dipl.-Ing. (BA) Sandy Matula

Dipl.-Ing. Moritz Bertram

Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer

Dipl.-Ing. (FH) Steffen Clauß

M.Eng. Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier

Dipl.-Ing. Frank Faulstich

M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler

Dipl.-Ing. (FH) René Flori

M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Frank Sonntag

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Frenzel

Dipl.-Ing. (FH) Christian Stautner

Dipl.-Ing. (FH) Walter Fröhlich

Dipl.-Ing. (FH) Lukas Sühnel

Dipl.-Ing. (FH) Bastian Kuhn

Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

## 1.3 Gebrauch des Handbuchs

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



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

Am Ende des Handbuchs befindet sich ein Stichwortverzeichnis. Sollten Sie dennoch nicht fündig werden, so können Sie die Suchfunktion auf unserer Website [www.dlubal.de](http://www.dlubal.de) nutzen, um in der umfangreichen Liste aller *Fragen und Antworten* das Problem nach bestimmten Kriterien einzugrenzen.

## 1.4 Aufruf des STAHL Plastisch - Moduls

Es bestehen in RSTAB folgende Möglichkeiten, das Zusatzmodul STAHL Plastisch zu starten.

### Menü

Sie können das Zusatzmodul aufrufen mit dem RSTAB-Menü

**Zusatzmodule → Stahlbau → STAHL Plastisch.**

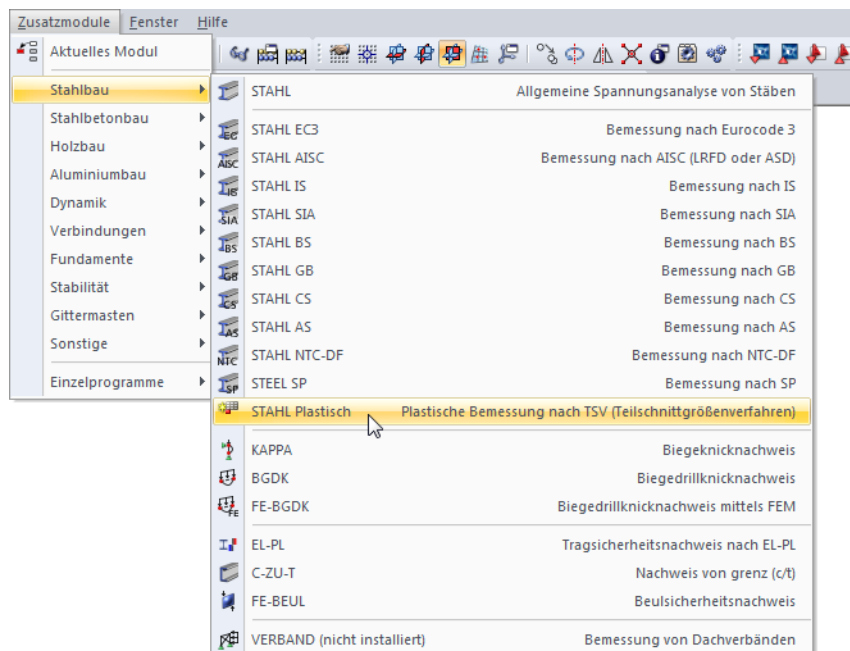


Bild 1.1: Menü: *Zusatzmodule* → *Stahlbau* → *STAHL Plastisch*

## Navigator

Alternativ rufen Sie das Zusatzmodul im *Daten*-Navigator auf durch Anklicken des Eintrags **Zusatzmodule** → **STAHL Plastisch**.

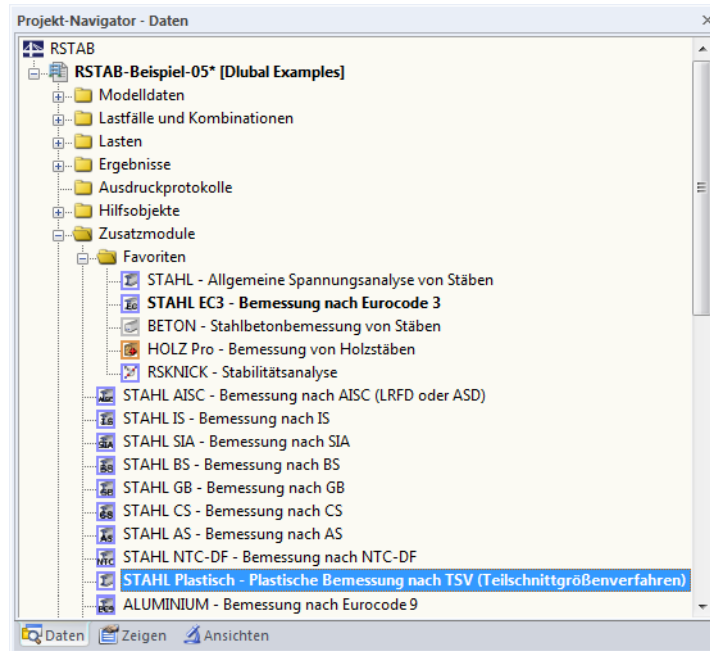


Bild 1.2: Daten-Navigator: Zusatzmodule → STAHL Plastisch

## Panel

Wenn im RSTAB-Modell schon Ergebnisse von STAHL Plastisch vorliegen, können Sie das Bemessungsmodul auch über das Panel starten:

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

Im Panel können Sie nun die Schaltfläche [STAHL Plastisch] zum Aufruf des Moduls benutzen.

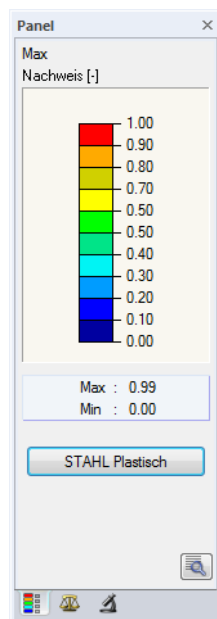
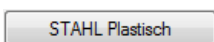
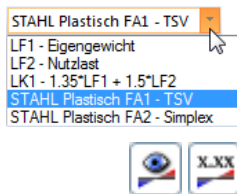


Bild 1.3: Panel-Schaltfläche [STAHL Plastisch]

## 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 38).

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

- Stäbe und Stabsätze
- Lastfälle, Last-, Ergebnis- und Superkombinationen
- Materialien
- Querschnitte
- 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. STAHL Plastisch 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. Die Register verwalten die Lastfälle, Last-, Ergebnis- und Superkombinationen für die unterschiedlichen Nachweise.

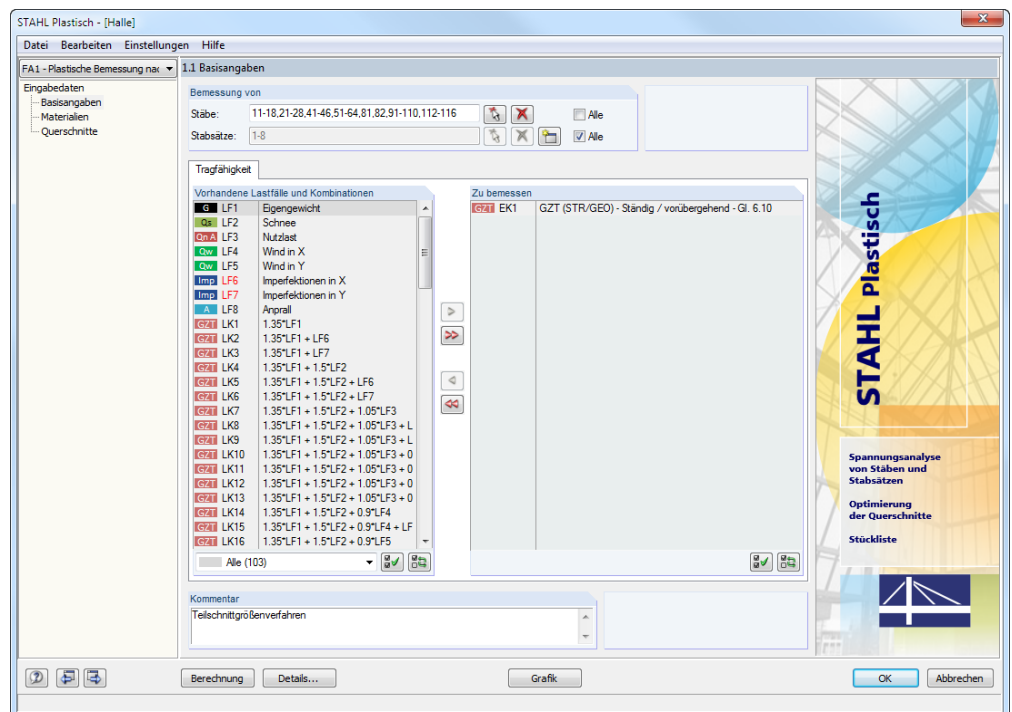


Bild 2.1: Maske 1.1 *Basisangaben*



### Bemessung von

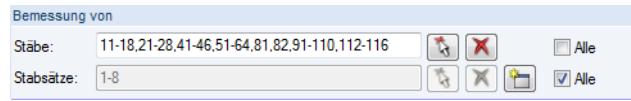


Bild 2.2: Bemessung von Stäben und Stabsätzen



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 Liste der voreingestellten Nummern kann per Doppelklick selektiert und dann durch manuelle Eingaben überschrieben werden. Über die Schaltfläche [↖] lassen sich die Objekte auch grafisch im RSTAB-Arbeitsfenster auswählen.



Bei der Bemessung eines Stabsatzes werden die Extremwerte aller im Stabsatz enthaltenen Stäbe ermittelt. 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 RSTAB bekannte Dialog zur Eingabe der Stabsatz-Parameter.

### Tragfähigkeit - Vorhandene Lastfälle und Kombinationen

In dieser Spalte sind alle Lastfälle, Last-, Ergebnis- und Superkombinationen aufgelistet, die in RSTAB angelegt wurden.



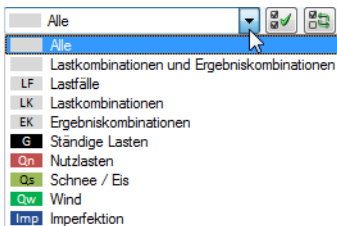
Mit der Schaltfläche [▶] lassen sich selektierte Einträge in die Liste *Zu Bemessen* nach rechts übertragen. Die Übergabe kann auch per Doppelklick erfolgen. Die Schaltfläche [▶▶] übergibt die komplette Liste nach rechts.



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

Falls ein Lastfall rot gekennzeichnet ist wie z. B. LF 6 im Bild 2.1, so kann dieser nicht bemessen werden: Hier handelt es sich um einen Lastfall ohne Lastdaten oder um einen Imperfektionslastfall. Bei der Übergabe erscheint eine entsprechende Warnung.

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



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

Tabelle 2.1: Schaltflächen im Register *Tragfähigkeit*

### Tragfähigkeit - Zu bemessen

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

Die Bemessung einer einhüllenden Max/Min-Ergebniskombination verläuft schneller als die aller enthaltenen Lastfälle und Lastkombinationen. Dabei ist aber nur schwer erkennbar, welchen Einfluss die enthaltenen Lastfälle und Lastkombinationen ausüben.

### Kommentar

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



## 2.2 Materialien

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

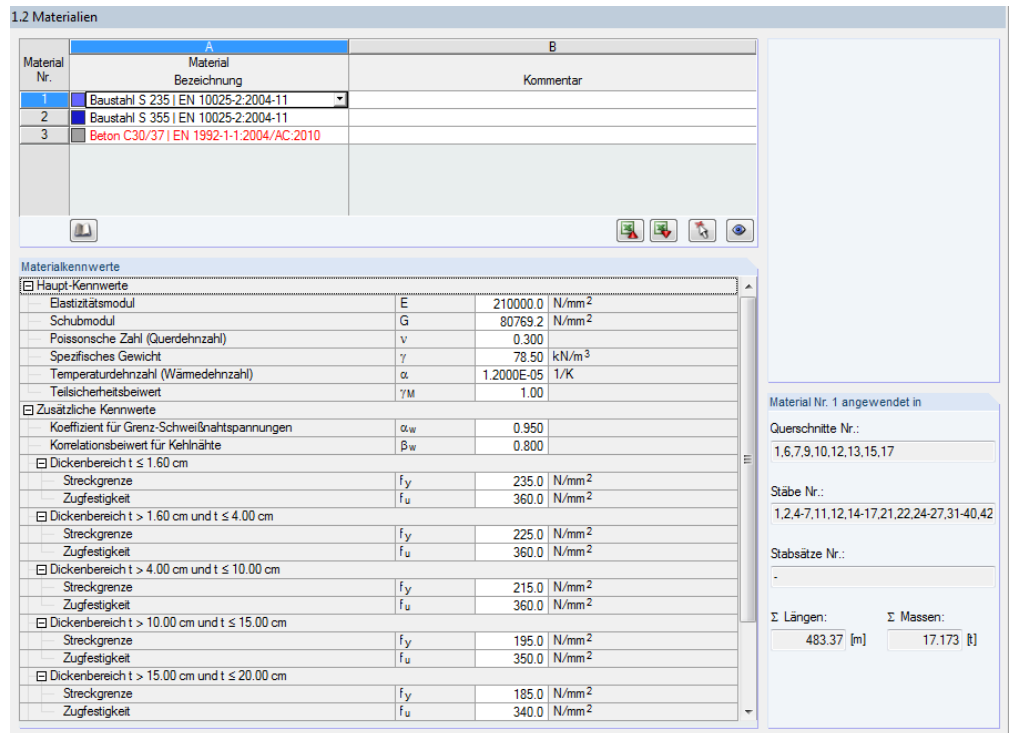


Bild 2.3: Maske 1.2 *Materialien*

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 4.2 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 Menü **Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen** anpassen (siehe Kapitel 7.3, Seite 42).

### Materialbezeichnung

Die in 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.

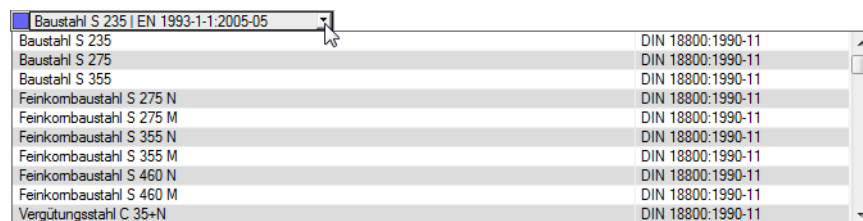


Bild 2.4: Liste der Materialien

Es sind nur Materialien der Kategorie „Stahl“ wählbar.

Nach der Übernahme werden die bemessungsrelevanten *Materialkennwerte* aktualisiert.

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

Die Materialeigenschaften sind im Modul STAHL Plastisch grundsätzlich nicht editierbar.

### Materialbibliothek

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

**Bearbeiten** → **Materialbibliothek**

oder die links dargestellte Schaltfläche.

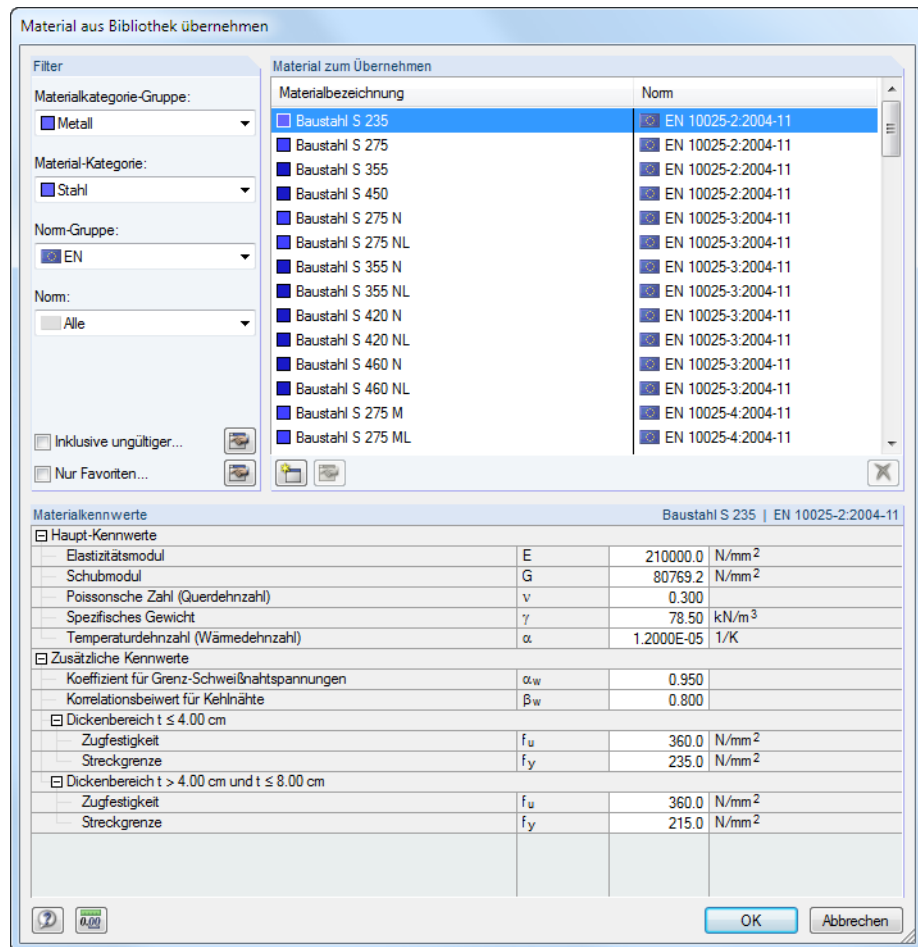
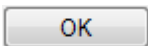


Bild 2.5: Dialog *Material aus Bibliothek übernehmen*

Im Abschnitt *Filter* ist die Materialkategorie *Stahl* voreingestellt. Die gewünschte Materialgüte 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 STAHL Plastisch übergeben.

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



## 2.3 Querschnitte

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

1.3 Querschnitte

Quersch. Nr.	A Material Nr.	B Querschnittsbezeichnung	C Querschnittstyp	D Optimieren	E Anmerkung	F Kommentar
1	1	HE A 400   DIN 1025-3:1994	I-Profil	Aus der aktuellen Reihe	2)	
2	2	IS 360/170/8/14/0	I-Profil	Nein		
3	2	IS 500/170/8/14/0	I-Profil	Nein		
6	1	HE A 160   DIN 1025-3:1994	I-Profil	Nein		
7	1	HE A 120   DIN 1025-3:1994	I-Profil	Nein		
9	1	IPE 360   DIN 1025-5:1994	I-Profil	Nein		
10	1	HE A 140   DIN 1025-3:1994	I-Profil	Nein		
12	1	QRO 80x4   DIN 59410:1974	Hohlprofil gewalzt	Nein		
13	1	RD 24   DIN 1013-1	Kreisstabstahl	Nein	5)	
15	1	HE A 200   DIN 1025-3:1994	I-Profil	Nein		
16	3	Rechteck 200/200	Unzulässig	Nein	6)	
17	1	IPE 360   DIN 1025-5:1994	I-Profil	Nein		

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

Querschnittswerte - HE A 400 | DIN 1025-3:1994

Querschnittsklasse	I-Profil		
Querschnittsfläche	A	159.00	cm <sup>2</sup>
Wirksame Schubfläche	A <sub>v,y</sub>	95.00	cm <sup>2</sup>
Wirksame Schubfläche	A <sub>v,z</sub>	38.63	cm <sup>2</sup>
Flächenträgheitsmoment	I <sub>y</sub>	45070.00	cm <sup>4</sup>
Flächenträgheitsmoment	I <sub>z</sub>	8560.00	cm <sup>4</sup>
Torsionsträgheitsmoment	I <sub>t</sub>	190.00	cm <sup>4</sup>
Trägheitsradius	i <sub>y</sub>	168.0	mm
Trägheitsradius	i <sub>z</sub>	73.4	mm
Elastisches Widerstandsmoment	W <sub>el,y</sub>	2310.00	cm <sup>3</sup>
Elastisches Widerstandsmoment	W <sub>el,z</sub>	571.00	cm <sup>3</sup>
Plastisches Widerstandsmoment	W <sub>pl,y</sub>	2560.00	cm <sup>3</sup>
Plastisches Widerstandsmoment	W <sub>pl,z</sub>	872.96	cm <sup>3</sup>
Wölbwiderstand	I <sub>w</sub>	2942000.00	cm <sup>6</sup>
Statisches Moment	S <sub>y</sub>	1280.00	cm <sup>3</sup>
Statisches Moment	S <sub>z</sub>	213.75	cm <sup>3</sup>

Querschnitt Nr. 1 angewendet in

Stäbe Nr.:  
1,2,11,12,21,22,31,32,39,40

Stabsätze Nr.:  
3,4,8

Σ Längen: 48.00 [m]      Σ Massen: 5.991 [t]

Material:  
1 - Baustahl S 235

Bild 2.6: Maske 1.3 Querschnitte

### Querschnittsbezeichnung

Die in 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 Profilliste des aktuellen Eingabefeldes auf (siehe folgendes Bild).

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

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

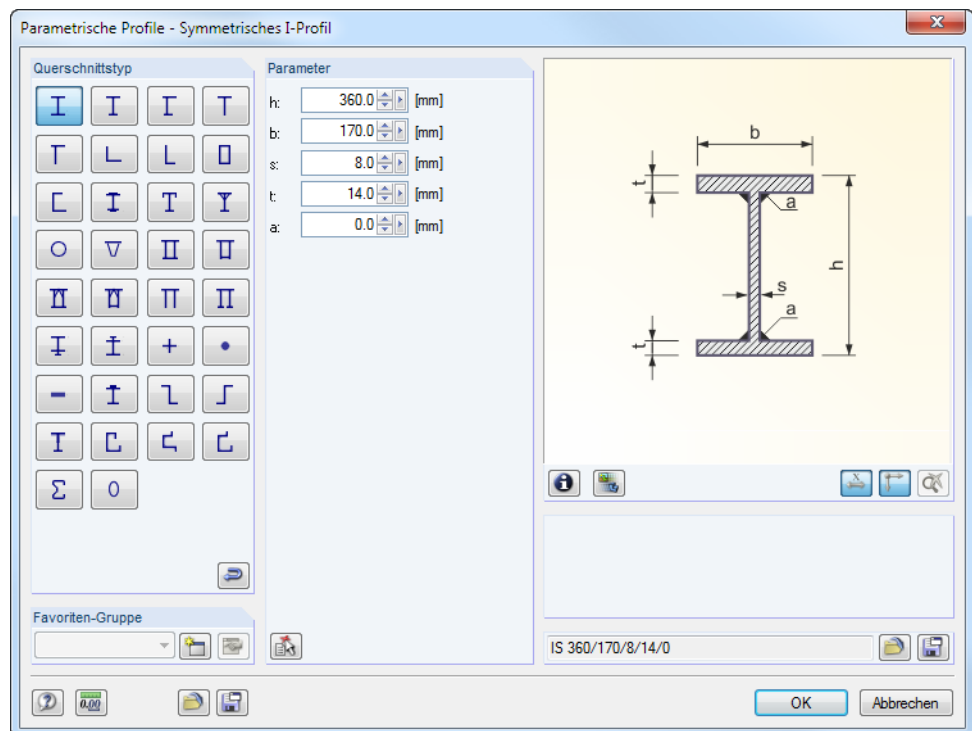
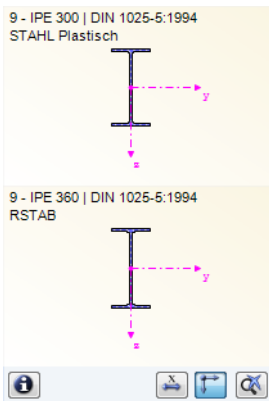


Bild 2.7: IS-Profilreihe der Querschnittsbibliothek



Die neue Querschnittsbezeichnung kann auch direkt in das Eingabefeld eingetragen werden. Wenn der Eintrag in der Datenbank verzeichnet ist, liest STAHL Plastisch ebenfalls die Querschnittskennwerte ein.

Ein geänderter Querschnitt wird mit blauer Schrift gekennzeichnet.

Falls unterschiedliche Querschnitte in STAHL Plastisch und in RSTAB vorliegen, zeigt die Grafik rechts in der Maske beide Profile an. Die Nachweise erfolgen mit den RSTAB-Schnittgrößen für das in STAHL Plastisch gewählte Profil.

### Querschnittstyp

Der Querschnittstyp steuert das Bemessungsverfahren (siehe Kapitel 3.2, Seite 18):

- Drei- und Zweiblechquerschnitte (I-, C-, U-, Z-, L-, T-Querschnitte), Flachstahl, Rohre und Hohlprofile: Teilschnittgrößenverfahren mit Umlagerung von KINDMANN/FRICKEL
- Elliptische Querschnitte: Analytisches nichtlineares Optimierungsverfahren
- Allgemeine Querschnitte: Simplex-Methode

### Max. Ausnutzung

Diese Spalte wird erst nach der Berechnung angezeigt. Sie stellt eine Entscheidungshilfe zur Optimierung dar: Anhand der Nachweisquotienten und der farbigen Relationsbalken wird deutlich, welche Profile kaum ausgenutzt und somit überdimensioniert bzw. überlastet und damit unterdimensioniert sind.

### Optimieren

Jeder zulässige Querschnitt kann einen Optimierungsprozess durchlaufen: Es wird für die RSTAB-Schnittgrößen das Profil gesucht, das einer benutzerdefinierten Höchstauslastung am nächsten kommt. Diese kann im Register *Allgemein* des *Details*-Dialogs festgelegt werden (siehe Bild 3.2, Seite 17).

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 40.

### 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 2.6).

### Stab mit Voutenquerschnitt

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

STAHL Plastisch 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 RSTAB noch in STAHL Plastisch möglich.

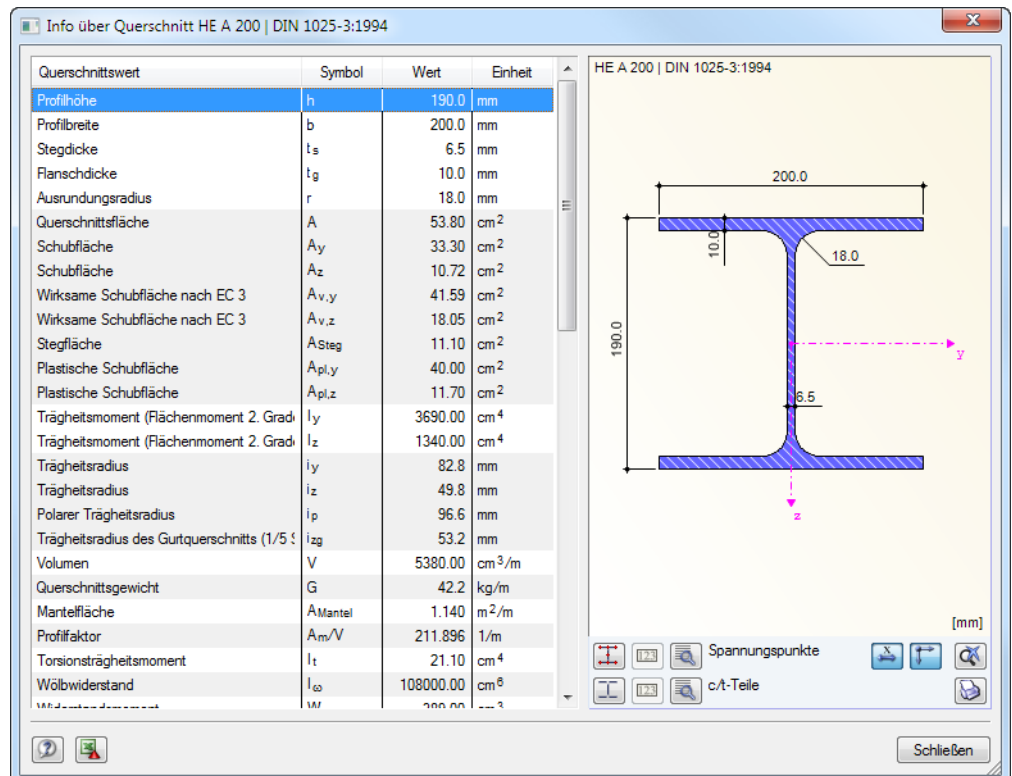


Die Profil-Spannungspunkte mitsamt Nummerierung lassen sich grafisch überprüfen: Selektieren Sie in Maske 1.3 den Querschnitt und drücken dann die Schaltfläche [Info]. Es öffnet sich der im Bild 2.8 gezeigte Dialog.

### Info über Querschnitt



Im Dialog *Info über Querschnitt* können die Querschnittskennwerte, Spannungspunkte und c/t-Querschnittsteile eingesehen werden.



Querschnittswert	Symbol	Wert	Einheit
Profilhöhe	h	190.0	mm
Profilbreite	b	200.0	mm
Stegdicke	t <sub>s</sub>	6.5	mm
Flanschdicke	t <sub>g</sub>	10.0	mm
Ausrundungsradius	r	18.0	mm
Querschnittsfläche	A	53.80	cm <sup>2</sup>
Schubfläche	A <sub>y</sub>	33.30	cm <sup>2</sup>
Schubfläche	A <sub>z</sub>	10.72	cm <sup>2</sup>
Wirksame Schubfläche nach EC 3	A <sub>v,y</sub>	41.59	cm <sup>2</sup>
Wirksame Schubfläche nach EC 3	A <sub>v,z</sub>	18.05	cm <sup>2</sup>
Stegfläche	A <sub>Steg</sub>	11.10	cm <sup>2</sup>
Plastische Schubfläche	A <sub>pl,y</sub>	40.00	cm <sup>2</sup>
Plastische Schubfläche	A <sub>pl,z</sub>	11.70	cm <sup>2</sup>
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grad)	I <sub>y</sub>	3690.00	cm <sup>4</sup>
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grad)	I <sub>z</sub>	1340.00	cm <sup>4</sup>
Trägheitsradius	i <sub>y</sub>	82.8	mm
Trägheitsradius	i <sub>z</sub>	49.8	mm
Polarer Trägheitsradius	i <sub>p</sub>	96.6	mm
Trägheitsradius des Gurtquerschnitts (1/5)	i <sub>zg</sub>	53.2	mm
Volumen	V	5380.00	cm <sup>3</sup> /m
Querschnittsgewicht	G	42.2	kg/m
Mantelfläche	A <sub>Mantel</sub>	1.140	m <sup>2</sup> /m
Profilfaktor	A <sub>m</sub> /V	211.896	1/m
Torsionsträgheitsmoment	I <sub>t</sub>	21.10	cm <sup>4</sup>
Wölbwiderstand	I <sub>ω</sub>	108000.00	cm <sup>6</sup>
Wölbwiderstand	I <sub>ω</sub>	108000.00	cm <sup>6</sup>

The graphical part of the dialog shows the HE A 200 profile with dimensions: height 190.0 mm, width 200.0 mm, flange thickness 10.0 mm, web thickness 6.5 mm, and fillet radius 18.0 mm. It also displays the coordinate system with y and z axes.

Bild 2.8: Dialog *Info über Querschnitt*

Im rechten Dialogbereich wird der aktuelle Querschnitt dargestellt.

Die Schaltflächen unterhalb der Grafik sind mit folgenden Funktionen belegt:








Schaltfläche	Funktion
	Blendet die Spannungspunkte ein oder aus
	Blendet die c/t-Querschnittsteile ein oder aus
	Blendet die Nummern der Spannungspunkte bzw. c/t-Teile ein oder aus
	Zeigt die Details der Spannungspunkte bzw. c/t-Teile an (siehe Bild 2.9)
	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

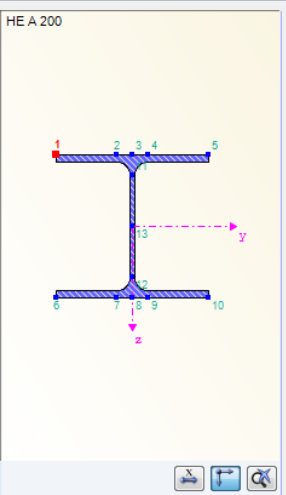



Über die [Details]-Schaltflächen können spezifische Informationen zu den Spannungspunkten (Schwerpunktabstände, statische Momente, Wölbordinaten etc.) und c/t-Teilen abgerufen werden.

Spannungspunkte von HE A 200 | DIN 1025-3:1994

Spann Nr.	Koordinaten		Statische Momente		Dicke t [mm]	Wölbung	
	y [mm]	z [mm]	S <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	S <sub>z</sub> [cm <sup>3</sup> ]		ω [cm <sup>2</sup> ]	S <sub>ω</sub> [cm <sup>4</sup> ]
1	-100.0	-95.0	0.00	0.00	10.0	90.00	0.00
2	-21.3	-95.0	-70.69	-47.72	10.0	19.13	-429.68
3	0.0	-95.0	-91.89	-50.30	10.0	0.00	-450.00
4	21.3	-95.0	-70.69	47.72	10.0	-19.13	429.68
5	100.0	-95.0	0.00	0.00	10.0	-90.00	0.00
6	-100.0	95.0	0.00	0.00	10.0	-90.00	0.00
7	-21.3	95.0	-70.88	47.74	10.0	-19.13	-429.68
8	0.0	95.0	-91.89	50.30	10.0	0.00	-450.00
9	21.3	95.0	-70.88	-47.74	10.0	19.13	429.68
10	100.0	95.0	0.00	0.00	10.0	90.00	0.00
11	0.0	-67.0	-199.60	0.00	6.5	0.00	0.00
12	0.0	67.0	-200.06	0.00	6.5	0.00	0.00
13	0.0	0.0	-214.19	0.00	6.5	0.00	0.00

HE A 200





Schließen

Bild 2.9: Dialog Spannungspunkte von HE A 200

## 3. Berechnung

### 3.1 Detailsinstellungen

Berechnung

Details...

Vor dem Start der [Berechnung] sollten die Bemessungsdetails überprüft werden. Der entsprechende Dialog ist in jeder Maske des Zusatzmoduls über die Schaltfläche [Details] zugänglich.

Der Dialog *Details* gliedert sich in folgende Register:

- Einstellungen
- Allgemein
- Verwendete Literatur

#### 3.1.1 Einstellungen

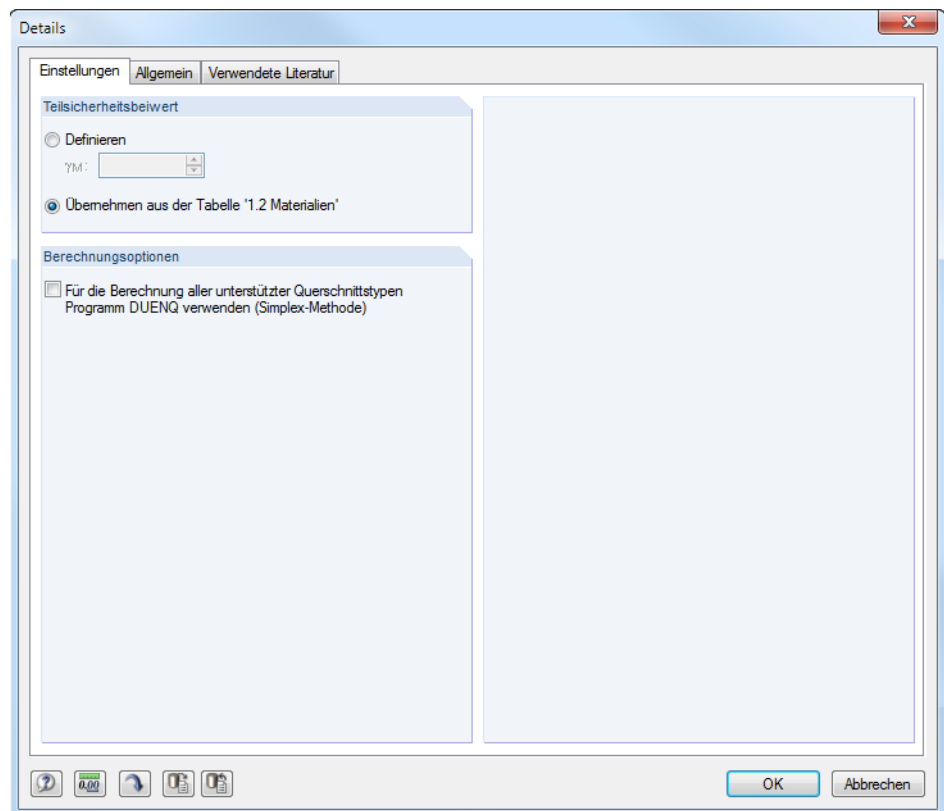


Bild 3.1: Dialog *Details*, Register *Einstellungen*

#### Teilsicherheitsbeiwert

Für die Ermittlung der Beanspruchbarkeiten  $R_d$  ist in der Regel der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  des Materials zu berücksichtigen. Beim manuellen *Definieren* gilt dieser Faktor global für alle Materialien des Bemessungsfalls. Als Voreinstellung jedoch werden die Teilsicherheitsbeiwerte für jedes Material separat von den Kennwerten übernommen, wie sie in der Tabelle 1.2 *Materialien* festgelegt sind.

#### Berechnungsoptionen

Drei- und Zweiblechquerschnitte werden nach dem Teilschnittgrößenverfahren mit Umlagerung [1] berechnet, elliptische Querschnitte nach einem nichtlinearen Optimierungsverfahren. Das Kontrollfeld ermöglicht es, diese Querschnittstypen auch nach der Simplex-Methode zu berechnen (siehe Kapitel 3.2), die sonst nur für allgemeine Querschnitte verwendet wird.



### 3.1.2 Allgemein

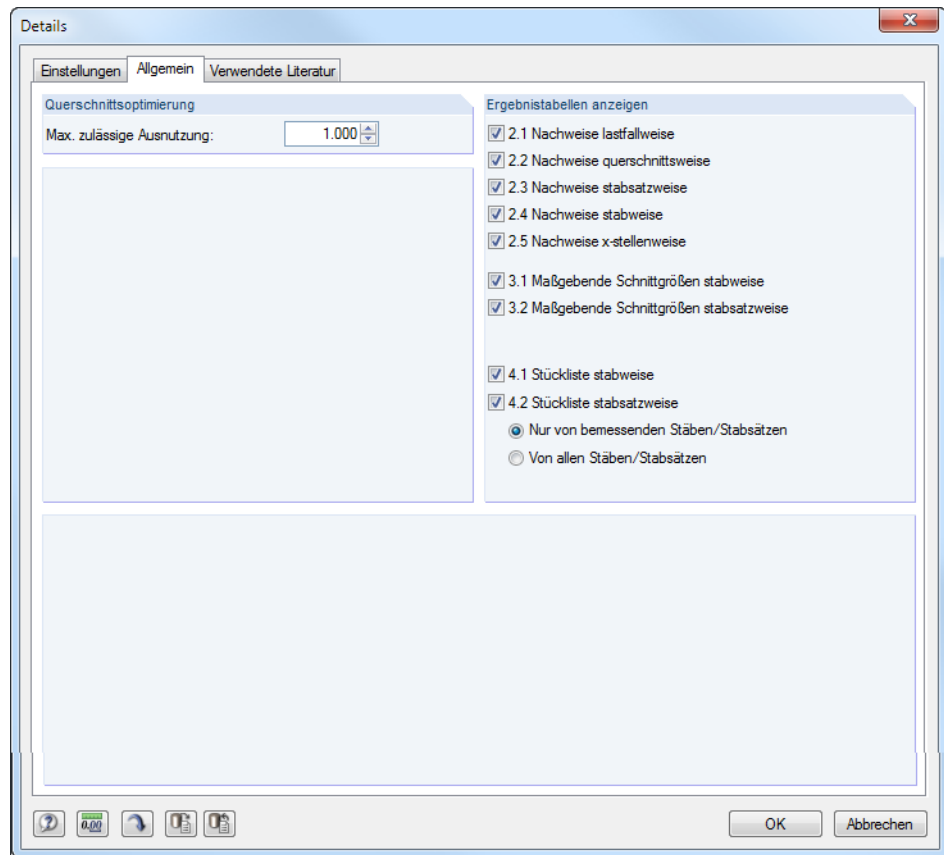


Bild 3.2: Dialog *Details*, Register *Allgemein*

#### Querschnittsoptimierung

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

#### Ergebnistabellen anzeigen

Hier kann ausgewählt werden, welche Ergebnismasken einschließlich Stückliste angezeigt werden sollen. Die Masken sind im Kapitel 4 *Ergebnisse* beschrieben.

## 3.2 Bemessungsverfahren

Je nach Querschnittstyp findet eines der folgenden Verfahren Anwendung.

### Teilschnittgrößenverfahren

Nach dem Teilschnittgrößenverfahren mit Umlagerung von KINDMANN/FRICKEL [1] lassen sich Querschnitte bemessen, die aus zwei oder drei Blechen bestehen: Obergurt, Steg und ggf. Untergurt. Die Gurte müssen horizontal, der Steg vertikal angeordnet sein. Damit werden die im Stahlbau am häufigsten verwendeten Querschnitte erfasst.

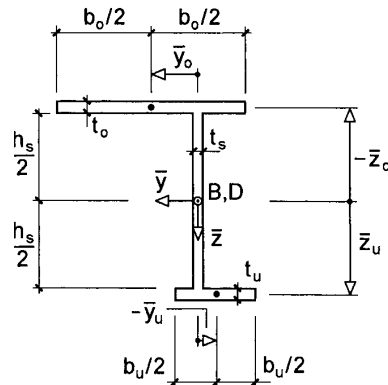


Bild 3.3: Allgemeiner Dreiblechquerschnitt (Horizontal-Vertikal-Horizontal)

Wird der Ober- oder der Untergurt weggelassen, können auch Zweiblechquerschnitte wie T- oder L-Profile mit dem Teilschnittgrößenverfahren erfasst werden.

Mit dem Verfahren von KINDMANN/FRICKEL lassen sich zudem Flachstahlprofile, Rohre und Hohlprofile bemessen. Die Berechnungsmethoden sind jeweils in [1] Kapitel 10 beschrieben.



Im Kapitel 8 dieses Handbuchs finden Sie Beispielrechnungen für verschiedene Querschnitte, die nach dem Teilschnittgrößenverfahren ausgeführt sind.

### Plastische Interaktionsbeziehungen für elliptische Querschnitte

Die plastischen Interaktionsbeziehungen für elliptische Querschnitte nach dem Verfahren von NOWZARTASH/MOHAREB sind in [2] beschrieben. Es wird ein analytisches nichtlineares Optimierungsverfahren benutzt, um die plastische Tragfähigkeit elliptischer Hohlprofile nachzuweisen.

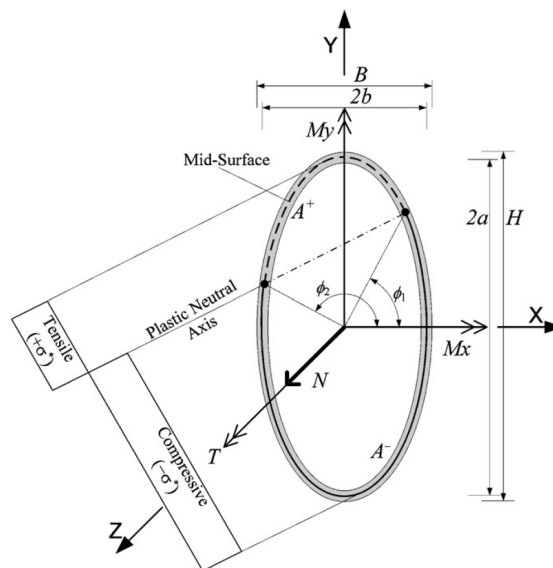


Bild 3.4: Elliptisches Hohlprofil mit Interaktion aus Normalkraft, Torsion und zweiachsiger Biegung nach [2]

### Simplex-Methode

Der Querschnitt wird im Rahmen einer linearen Optimierungsaufgabe in eine endliche Anzahl möglichst kleiner Flächenteilchen diskretisiert. Werden alle Schnittgrößen einer  $x$ -Stelle einheitlich mit einem Faktor multipliziert, stellt sich bei einem bestimmten Wert die plastische Tragfähigkeit ein. Eine Schnittgrößenkombination kann durch den folgenden Vektor beschrieben werden:

$$F = \{N, M_u, M_v, V_u, V_v, M_T\}$$

Bei der Berechnung der plastischen Tragfähigkeit wird in diesem Vektor ein konstantes Verhältnis der Komponenten angenommen, sodass der Faktor den Schnittkraftvektor  $F$  bis zur Fließfläche verlängert. Der Faktor ermittelt sich als Maximum einer linearen Optimierungsaufgabe unter Verwendung eines Revised-Simplex-Algorithmus. Mit den Fließbedingungen nach VON MISES ergibt sich in der Koordinatenebene von Normal- und Schubspannungen eine Ellipse, die durch ein eingeschriebenes Achteck angenähert wird.

Fließbedingung von v. Mises

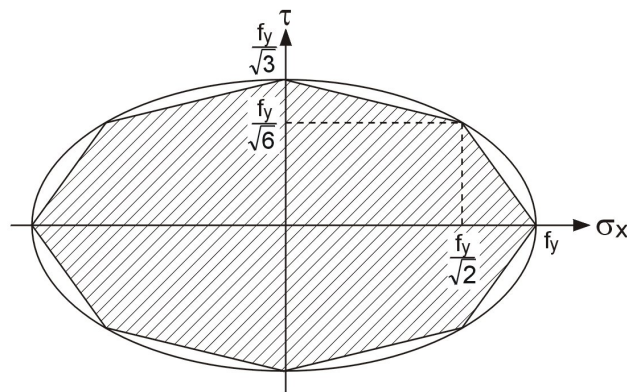


Bild 3.5: Lineare Annäherung der Fließbedingungen

Mit dieser Methode lassen sich allgemeine Querschnitte mit dünnwandigen Elementdicken untersuchen. Sie wird auch im Querschnittsprogramm DUENQ benutzt (siehe [3]).

Details...

Der Dialog [Details] ermöglicht es, auch Zwei- und Dreiblechquerschnitte sowie elliptische Hohlprofile nach der Simplex-Methode berechnen zu lassen (siehe Bild 3.1, Seite 16).

### 3.3 Start der Berechnung

Berechnung

In jeder Eingabemaske des Moduls STAHL Plastisch kann die [Berechnung] über die gleichnamige Schaltfläche gestartet werden.

STAHL Plastisch sucht nach den Ergebnissen der zu bemessenden Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen. Werden diese nicht gefunden, startet zunächst die RSTAB-Berechnung zur Ermittlung der bemessungsrelevanten Schnittgrößen.

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

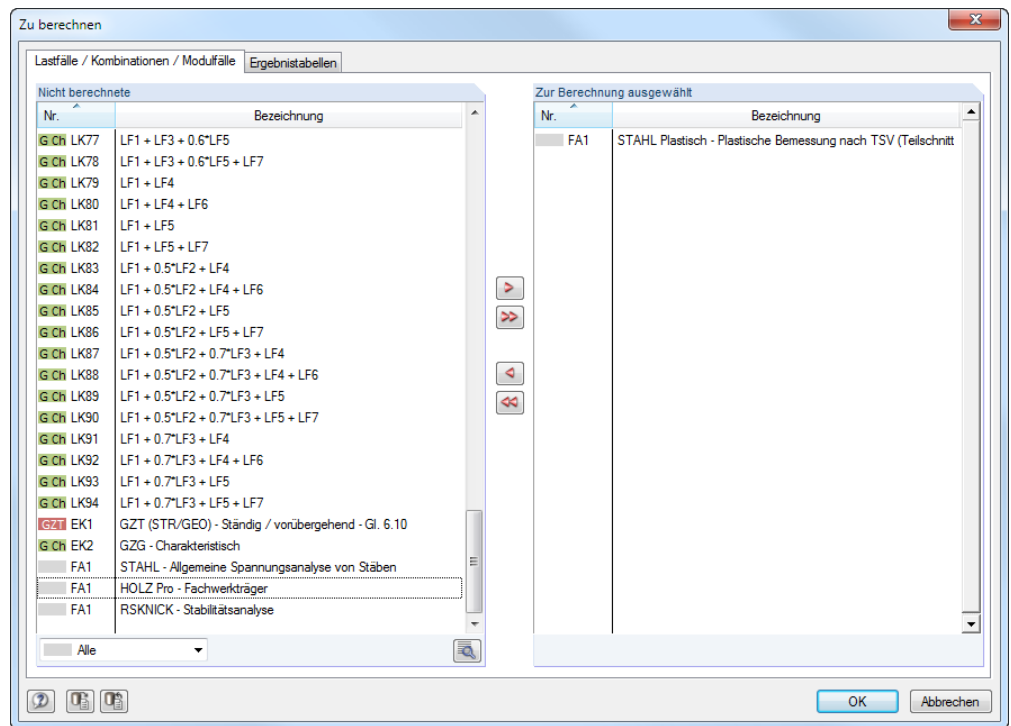


Bild 3.6: Dialog *Zu berechnen*

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

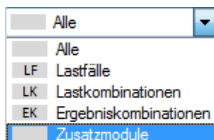
Mit der Schaltfläche [▶] werden die selektierten STAHL Plastisch-Fälle in die rechte Liste übergeben. [OK] startet dann die Berechnung.

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



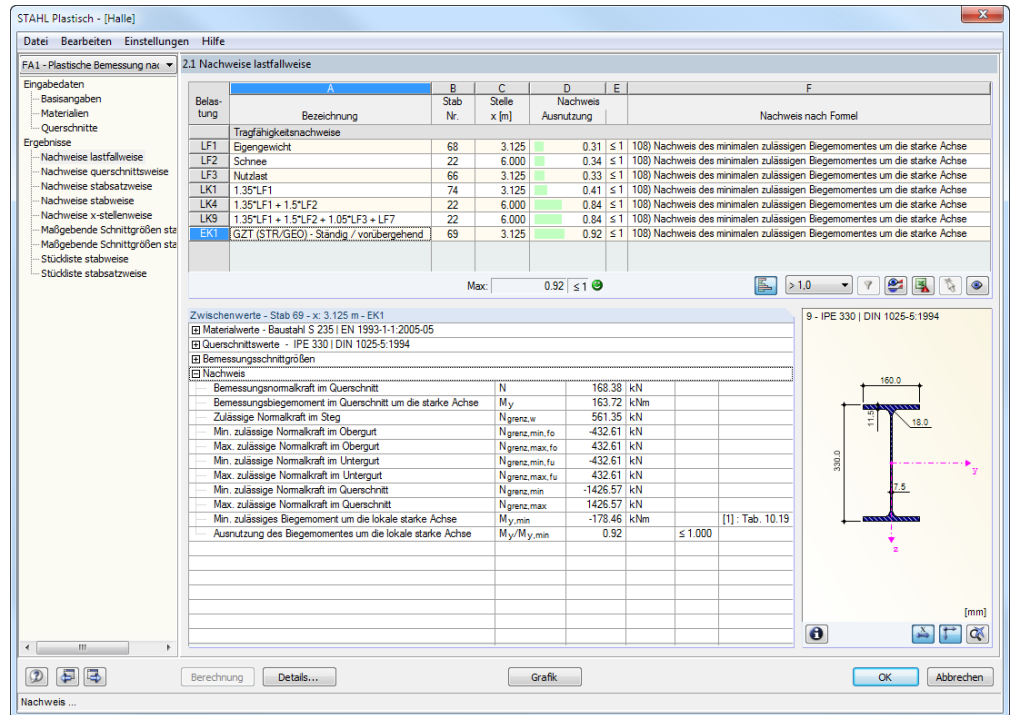
Bild 3.7: Direkte Berechnung eines STAHL Plastisch - Bemessungsfalls in RSTAB

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



# 4. Ergebnisse

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



Belastung	Bezeichnung	Stab Nr.	Stelle x [m]	Nachweis Ausnutzung	Nachweis nach Formel
	Tragfähigkeitsnachweise				
LF1	Eingengewicht	68	3.125	0.31	≤ 1 108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
LF2	Schnee	22	6.000	0.34	≤ 1 108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
LF3	Nutzlast	66	3.125	0.33	≤ 1 108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
LK1	1.35*LF1	74	3.125	0.41	≤ 1 108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
LK4	1.35*LF1 + 1.5*LF2	22	6.000	0.84	≤ 1 108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
LK9	1.35*LF1 + 1.5*LF2 + 1.05*LF3 + LF7	22	6.000	0.84	≤ 1 108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
EK1	GZT (STR./GEO.) - Ständig / vorübergehend	69	3.125	0.92	≤ 1 108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse

Zwischenwerte - Stab 69 - x: 3.125 m - EK1			
Materialwerte - Baustahl S 235   EN 1993-1-1:2005-05			
Querschnittswerte - IPE 330   DIN 1025-5:1994			
Bemessungsschnittgrößen			
Nachweis			
Bemessungsnormalkraft im Querschnitt	N	168.38	kN
Bemessungsbiegemoment im Querschnitt um die starke Achse	M <sub>y</sub>	163.72	kNm
Zulässige Normalkraft im Steg	N <sub>grenz.w</sub>	561.35	kN
Min. zulässige Normalkraft im Obergut	N <sub>grenz.min.fo</sub>	-432.61	kN
Max. zulässige Normalkraft im Obergut	N <sub>grenz.max.fo</sub>	432.61	kN
Min. zulässige Normalkraft im Untergut	N <sub>grenz.min.fu</sub>	-432.61	kN
Max. zulässige Normalkraft im Untergut	N <sub>grenz.max.fu</sub>	432.61	kN
Min. zulässige Normalkraft im Querschnitt	N <sub>grenz.min</sub>	-1426.57	kN
Max. zulässige Normalkraft im Querschnitt	N <sub>grenz.max</sub>	1426.57	kN
Min. zulässige Biegemoment um die lokale starke Achse	M <sub>y,min</sub>	-178.46	kNm
Ausnutzung des Biegemomentes um die lokale starke Achse	M <sub>y</sub> /M <sub>y,min</sub>	0.92	≤ 1.000

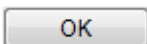
Bild 4.1: Ergebnismaske mit Nachweisen und Zwischenwerten

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. 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. STAHL Plastisch wird beendet und es erfolgt die Rückkehr in das Hauptprogramm.

Das Kapitel 4 *Ergebnisse* stellt die Ergebnismasken der Reihe nach vor. Die Auswertung und Überprüfung der Resultate ist im Kapitel 5 *Ergebnisauswertung* ab Seite 30 beschrieben.

## 4.1 Nachweise lastfallweise

Der obere Teil der Maske bietet eine nach Lastfällen, Last- und Ergebniskombinationen geordnete Zusammenfassung der maßgebenden Nachweise.

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

2.1 Nachweise lastfallweise

Belastung	A Bezeichnung	B Stab Nr.	C Stelle x [m]	D Nachweis Ausnutzung	E	F Nachweis nach Formel
Tragfähigkeitsnachweise						
LF1	Eigengewicht	68	3.125	0.31	≤ 1	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
LF2	Schnee	22	6.000	0.34	≤ 1	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
LF3	Nutzlast	66	3.125	0.33	≤ 1	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
LK1	1.35*LF1	74	3.125	0.41	≤ 1	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
LK4	1.35*LF1 + 1.5*LF2	22	6.000	0.84	≤ 1	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
LK9	1.35*LF1 + 1.5*LF2 + 1.05*LF3 + LF7	22	6.000	0.84	≤ 1	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
EK1	GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend	69	3.125	0.92	≤ 1	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse

Max: 0.92 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 69 - x: 3.125 m - EK1

- Materialwerte - Baustahl S 235 | EN 1993-1-1:2005-05
- Querschnittswerte - IPE 330 | DIN 1025-5:1994
- Bemessungsschnittgrößen
- Nachweis

	N	M <sub>y</sub>	
Bemessungsnormalkraft im Querschnitt	168.38	163.72	kN
Bemessungsbiegemoment im Querschnitt um die starke Achse	561.35	432.61	kNm
Zulässige Normalkraft im Steg	-432.61	432.61	kN
Min. zulässige Normalkraft im Obergurt	-432.61	432.61	kN
Max. zulässige Normalkraft im Obergurt	-432.61	432.61	kN
Min. zulässige Normalkraft im Untergurt	-432.61	432.61	kN
Max. zulässige Normalkraft im Untergurt	-1426.57	1426.57	kN
Min. zulässige Normalkraft im Querschnitt	-1426.57	1426.57	kN
Max. zulässige Normalkraft im Querschnitt	-178.46	178.46	kN
Min. zulässiges Biegemoment um die lokale starke Achse	0.92	≤ 1.000	[1]: Tab. 10.19
Ausnutzung des Biegemomentes um die lokale starke Achse			

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

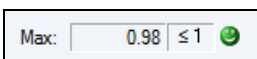
An dieser x-Stelle des Stabes liegt jeweils die maximale Ausnutzung vor. Für die tabellarische Ausgabe werden folgende Stabstellen x verwertet:

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

### Nachweis

In den Spalten D und E werden die Nachweisbedingungen ausgegeben.

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



## Nachweis nach Formel

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

## 4.2 Nachweise querschnittsweise

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A Stab Nr.	B Stelle x [m]	C Lastfall	D Nachweis Ausnutzung	E	F Nachweis nach Formel
1	IPE 500   DIN 1025-5:1994					
	18	6.000	LK7	0.02	≤ 1	101) Nachweis des Schubflusses im Obergurt
	18	0.000	LK53	0.09	≤ 1	102) Nachweis des Schubflusses im Steg
	18	6.000	LK7	0.02	≤ 1	103) Nachweis des Schubflusses im Untergurt
	6	3.000	LK33	0.16	≤ 1	104) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
	6	3.000	LK33	0.16	≤ 1	105) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
	34	0.000	LK75	0.04	≤ 1	106) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden minimalen zulässigen Normalkraft
	34	0.000	LK75	0.04	≤ 1	107) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden maximalen zulässigen Normalkraft
	34	6.000	LK75	0.62	≤ 1	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
	34	6.000	LK75	0.62	≤ 1	109) Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse

Max: 0.75 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 18 - x: 6.000 m - LK7

- Materialwerte - Baustahl S 235 JR | DIN EN 10025-2:2005-04
- Querschnittswerte - IPE 500 | DIN 1025-5:1994
- Bemessungsschnittgrößen
- Nachweis

Streckgrenze des Obergurtes	$f_{y,fo}$	213.6	N/mm <sup>2</sup>
Streckgrenze des Obergurtes unter Querkraftbeanspruchung	$f_{y,t,fo}$	123.3	N/mm <sup>2</sup>
Widerstandsmoment des Obergurtes	$I_{t,fo}$	25.93	cm <sup>4</sup>
Primäres Torsionsmoment bezogen auf die Mitte des Stegs	$T_{prim}$	0.25	kNm
Sekundäres Torsionsmoment bezogen auf die Mitte des Stegs	$T_{sec}$	0.00	kNm
Querkraft des Obergurtes in der lokalen y-Richtung	$V_{y,fo}$	0.66	kN
Plastische Querkrafttragfähigkeit des Obergurtes in der lokalen y-Richtung	$V_{pl,y,fo}$	394.70	kN
Primäres Torsionsmoment im Obergurt	$T_{prim,fo}$	0.07	kNm
Plastische Torsionstragfähigkeit des Obergurtes	$T_{pl,fo}$	3.03	kNm
Schubspannung im Obergurt	$\tau_{fo}$	3.0	N/mm <sup>2</sup>
Ausnutzung der Schubspannung im Obergurt	$\tau_{fo}/f_{y,t,fo}$	0.02	≤ 1.000

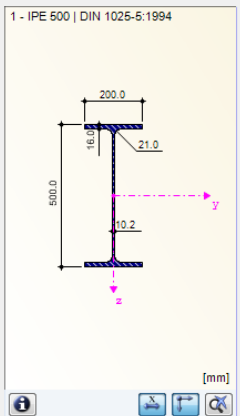


Bild 4.3: Maske 2.2 Nachweise querschnittsweise

Diese Maske listet die maximalen Ausnutzungen aller zur Bemessung gewählten Stäbe und Einwirkungen nach Querschnitten sortiert auf.

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

### 4.3 Nachweise stabsatzweise

2.3 Nachweise stabsatzweise

Stabsatz Nr.	A Stab Nr.	B Stelle x [m]	C Lastfall	D Nachweis Ausnutzung	E	F Nachweis nach Formel
	5	4.844	LK55	0.02	≤ 1	101) Nachweis des Schubflusses im Obergurt
	2	0.000	LK55	0.09	≤ 1	102) Nachweis des Schubflusses im Steg
	5	4.844	LK55	0.02	≤ 1	103) Nachweis des Schubflusses im Untergurt
	2	0.000	LK55	0.01	≤ 1	104) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
	2	0.000	LK55	0.01	≤ 1	105) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
	4	0.000	LK75	0.05	≤ 1	106) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden minimalen zulässigen Normalkraft
	4	0.000	LK75	0.05	≤ 1	107) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden maximalen zulässigen Normalkraft
	2	0.000	LK55	0.48	≤ 1	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
	2	0.000	LK55	0.48	≤ 1	109) Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse

Max: 0.75 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 2 - x: 0.000 m - LK55

Materialwerte - Baustahl S 235 JR | DIN EN 10025-2:2005-04

Querschnittswerte - IPE 300 | DIN 1025-5:1994

Bemessungsschnittgrößen

Normalkraft	N	-8.84	kN
Querkraft	V <sub>y</sub>	-0.06	kN
Querkraft	V <sub>z</sub>	21.79	kN
Torsionsmoment	M <sub>t</sub>	-0.06	kNm
Moment	M <sub>y</sub>	-63.30	kNm
Moment	M <sub>z</sub>	-0.21	kNm

Nachweis

Bemessungsnormalkraft im Querschnitt	N	-8.84	kN
Bemessungsbiegemoment im Querschnitt um die starke Achse	M <sub>y</sub>	-63.30	kNm
Zulässige Normalkraft im Steg	N <sub>grenz,w</sub>	436.98	kN
Min. zulässige Normalkraft im Obergurt	N <sub>grenz,min,fo</sub>	-344.27	kN
Max. zulässige Normalkraft im Obergurt	N <sub>grenz,max,fo</sub>	344.27	kN
Min. zulässige Normalkraft im Untergurt	N <sub>grenz,min,fu</sub>	-344.27	kN
Max. zulässige Normalkraft im Untergurt	N <sub>grenz,max,fu</sub>	344.27	kN
Min. zulässige Normalkraft im Querschnitt	N <sub>grenz,min</sub>	-1125.51	kN
Max. zulässige Normalkraft im Querschnitt	N <sub>grenz,max</sub>	1125.51	kN
Min. zulässiges Biegemoment um die lokale starke Achse	M <sub>y,min</sub>	-131.19	kNm
Ausnutzung des Biegemomentes um die lokale starke Achse	M <sub>y</sub> /M <sub>y,min</sub>	0.48	≤ 1.000

6 - IPE 300 | DIN 1025-5:1994

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 Stelle x [m]	B Last- fall	C Nachweis Ausnutzung	D	E Nachweis nach Formel
1	Querschnitt Nr. 1 - IPE 500   DIN 1025-5:1994				
	3.000	LK11	0.16 ≤ 1	104	Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
	3.000	LK11	0.16 ≤ 1	105	Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
2	Querschnitt Nr. 6 - IPE 300   DIN 1025-5:1994				
	0.000	LK55	0.48 ≤ 1	108	Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
	0.000	LK55	0.48 ≤ 1	109	Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
3	Querschnitt Nr. 6 - IPE 300   DIN 1025-5:1994				
	0.000	LK226	0.12 ≤ 1	108	Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
Max:			0.75 ≤ 1		

Zwischenwerte - Stab 2 - x: 0.000 m - LK55

Materialwerte - Baustahl S 235 JR | DIN EN 10025-2:2005-04

Querschnittswerte - IPE 300 | DIN 1025-5:1994

Bemessungsschnittgrößen

Normalkraft	N	-8.84	kN	
Querkraft	V <sub>y</sub>	-0.06	kN	
Querkraft	V <sub>z</sub>	21.79	kN	
Torsionsmoment	M <sub>t</sub>	-0.06	kNm	
Moment	M <sub>y</sub>	-63.30	kNm	
Moment	M <sub>z</sub>	-0.21	kNm	

Nachweis

Bemessungsnormalkraft im Querschnitt	N	-8.84	kN	
Bemessungsbiegemoment im Querschnitt um die starke Achse	M <sub>y</sub>	-63.30	kNm	
Zulässige Normalkraft im Steg	N <sub>grenz,w</sub>	436.98	kN	
Min. zulässige Normalkraft im Obergurt	N <sub>grenz,min,fo</sub>	-344.27	kN	
Max. zulässige Normalkraft im Obergurt	N <sub>grenz,max,fo</sub>	344.27	kN	
Min. zulässige Normalkraft im Untergurt	N <sub>grenz,min,fu</sub>	-344.27	kN	
Max. zulässige Normalkraft im Untergurt	N <sub>grenz,max,fu</sub>	344.27	kN	
Min. zulässige Normalkraft im Querschnitt	N <sub>grenz,min</sub>	-1125.51	kN	
Max. zulässige Normalkraft im Querschnitt	N <sub>grenz,max</sub>	1125.51	kN	
Min. zulässiges Biegemoment um die lokale starke Achse	M <sub>y,min</sub>	-131.19	kNm	[1]: Tab. 10.19
Ausnutzung des Biegemomentes um die lokale starke Achse	M <sub>y</sub> /M <sub>y,min</sub>	0.48		≤ 1.000

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 22 erläutert.

## 4.5 Nachweise x-stellenweise

2.5 Nachweise x-stellenweise

Stab Nr.	A Stelle x [m]	B Last- fall	C Nachweis Ausnutzung	D	E Nachweis nach Formel
11	Querschnitt Nr. 3 - IPE 450   DIN 1025-5:1994 ... 2 - IPE 360   DIN 1025-5:1994				
	0.000	LK53	0.56 ≤ 1	108	Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
	0.000	LK53	0.56 ≤ 1	109	Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
	0.179	LK53	0.56 ≤ 1	108	Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
	0.179	LK53	0.56 ≤ 1	109	Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
	0.359	LK53	0.55 ≤ 1	108	Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
	0.359	LK53	0.55 ≤ 1	109	Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
	0.538	LK53	0.55 ≤ 1	108	Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
	0.538	LK53	0.55 ≤ 1	109	Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
	0.718	LK53	0.54 ≤ 1	108	Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
Max:			0.75 ≤ 1		

Zwischenwerte - Stab 11 - x: 0.000 m - LK53

Materialwerte - Baustahl S 235 JR | DIN EN 10025-2:2005-04

Querschnittswerte - IPE 450 | DIN 1025-5:1994

Bemessungsschnittgrößen

Nachweis

Bemessungsnormalkraft im Querschnitt	N	-79.96	kN	
Bemessungsbiegemoment im Querschnitt um die starke Achse	M <sub>y</sub>	-198.59	kNm	
Zulässige Normalkraft im Steg	N <sub>grenz,w</sub>	867.23	kN	
Min. zulässige Normalkraft im Obergurt	N <sub>grenz,min,fo</sub>	-593.36	kN	
Max. zulässige Normalkraft im Obergurt	N <sub>grenz,max,fo</sub>	593.36	kN	
Min. zulässige Normalkraft im Untergurt	N <sub>grenz,min,fu</sub>	-593.36	kN	
Max. zulässige Normalkraft im Untergurt	N <sub>grenz,max,fu</sub>	593.36	kN	
Min. zulässige Normalkraft im Querschnitt	N <sub>grenz,min</sub>	-2053.95	kN	
Max. zulässige Normalkraft im Querschnitt	N <sub>grenz,max</sub>	2053.95	kN	
Min. zulässiges Biegemoment um die lokale starke Achse	M <sub>y,min</sub>	-351.94	kNm	[1]: Tab. 10.19
Ausnutzung des Biegemomentes um die lokale starke Achse	M <sub>y</sub> /M <sub>y,min</sub>	0.56		≤ 1.000

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 RSTAB ergeben:

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

## 4.6 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

3.1 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

Stab 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 Querschnitt Nr. 1 - IPE 500   DIN 1025-5:1994									
	6.000	LK55	-23.83	-5.29	-4.40	0.22	-68.87	-0.10	101) Nachweis des Schubflusses im Obergurt
	0.000	LK55	-47.62	5.39	18.57	-0.02	0.00	0.00	102) Nachweis des Schubflusses im Steg
	6.000	LK55	-23.83	-5.29	-4.40	0.22	-68.87	-0.10	103) Nachweis des Schubflusses im Untergurt
	3.000	LK11	-22.26	0.00	1.82	0.03	13.05	10.78	104) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
	3.000	LK11	-22.26	0.00	1.82	0.03	13.05	10.78	105) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
	0.000	LK77	-63.53	-2.88	-9.79	0.01	0.00	0.00	106) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden minimalen z
	0.000	LK77	-63.53	-2.88	-9.79	0.01	0.00	0.00	107) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden maximalen z
	6.000	LK55	-23.83	-5.29	-4.40	0.22	-68.87	-0.10	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um d
	6.000	LK55	-23.83	-5.29	-4.40	0.22	-68.87	-0.10	109) Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um c
2 Querschnitt Nr. 6 - IPE 300   DIN 1025-5:1994									
	0.000	LK55	-8.84	-0.06	21.79	-0.06	-63.30	-0.21	101) Nachweis des Schubflusses im Obergurt
	0.000	LK55	-8.84	-0.06	21.79	-0.06	-63.30	-0.21	102) Nachweis des Schubflusses im Steg
	0.000	LK55	-8.84	-0.06	21.79	-0.06	-63.30	-0.21	103) Nachweis des Schubflusses im Untergurt
	0.000	LK55	-8.84	-0.06	21.79	-0.06	-63.30	-0.21	104) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
	0.000	LK55	-8.84	-0.06	21.79	-0.06	-63.30	-0.21	105) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
	0.000	LK226	-17.68	-0.02	12.47	-0.03	-54.98	-0.17	106) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden minimalen z
	0.000	LK226	-17.68	-0.02	12.47	-0.03	-54.98	-0.17	107) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden maximalen z
	0.000	LK55	-8.84	-0.06	21.79	-0.06	-63.30	-0.21	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um d
	0.000	LK55	-8.84	-0.06	21.79	-0.06	-63.30	-0.21	109) Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um c
3 Querschnitt Nr. 6 - IPE 300   DIN 1025-5:1994									
	1.530	LK55	14.24	0.00	0.06	0.02	11.81	-0.07	101) Nachweis des Schubflusses im Obergurt
	0.000	LK163	32.19	0.05	12.17	-0.01	14.72	0.10	102) Nachweis des Schubflusses im Steg
	1.530	LK55	14.24	0.00	0.06	0.02	11.81	-0.07	103) Nachweis des Schubflusses im Untergurt
	0.000	LK77	38.25	0.04	5.81	0.00	1.09	0.13	104) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
	0.000	LK77	38.25	0.04	5.81	0.00	1.09	0.13	105) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
	5.099	LK75	50.63	0.00	10.78	0.00	-7.71	0.01	106) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden minimalen z
	5.099	LK75	50.63	0.00	10.78	0.00	-7.71	0.01	107) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden maximalen z
	0.000	LK226	-16.64	0.00	-4.65	0.01	15.90	-0.08	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um d
	0.000	LK226	-16.64	0.00	-4.65	0.01	15.90	-0.08	109) Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um c
4 Querschnitt Nr. 6 - IPE 300   DIN 1025-5:1994									

Bild 4.7: Maske 3.1 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

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

### Stelle $x$

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

### Lastfall

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

### Kräfte / Momente

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

### Bemessung nach Gleichung

Die letzte Spalte gibt Auskunft über die Nachweisarten und Gleichungen, mit denen die Nachweise nach [1], [2] oder [3] geführt wurden.

## 4.7 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

3.2 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

Stabsatz Nr.	Stelle x [m]	Belastung	N	Kräfte [kN] V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>T</sub>	Momente [kNm] M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	Bemessung nach Gleichung
1 Obergurt (Stab Nr. 2-5)									
	4.844	LK55	4.14	-0.04	8.57	-0.07	54.41	0.19	101) Nachweis des Schubflusses im Obergurt
	0.000	LK55	-8.84	-0.06	21.79	-0.06	-63.30	-0.21	102) Nachweis des Schubflusses im Steg
	4.844	LK55	4.14	-0.04	8.57	-0.07	54.41	0.19	103) Nachweis des Schubflusses im Untergurt
	0.000	LK55	-8.84	-0.06	21.79	-0.06	-63.30	-0.21	104) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
	0.000	LK55	-8.84	-0.06	21.79	-0.06	-63.30	-0.21	105) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
	0.000	LK75	51.64	0.00	8.99	0.00	-7.71	0.01	106) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden minimalen z
	0.000	LK75	51.64	0.00	8.99	0.00	-7.71	0.01	107) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden maximalen z
	0.000	LK55	-8.84	-0.06	21.79	-0.06	-63.30	-0.21	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um d
	0.000	LK55	-8.84	-0.06	21.79	-0.06	-63.30	-0.21	109) Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um c
2 Obergurt (Stab Nr. 11-16)									
	0.000	LK55	-49.24	0.00	47.40	-0.16	-177.63	-0.08	101) Nachweis des Schubflusses im Obergurt
	0.000	LK53	-74.98	-0.01	48.63	-0.06	-101.28	-0.01	102) Nachweis des Schubflusses im Steg
	0.000	LK55	-49.24	0.00	47.40	-0.16	-177.63	-0.08	103) Nachweis des Schubflusses im Untergurt
	0.000	LK77	-61.87	0.03	-8.40	0.01	37.21	0.23	104) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
	0.000	LK77	-61.87	0.03	-8.40	0.01	37.21	0.23	105) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
	0.000	LK75	-121.91	0.03	19.47	0.01	21.99	0.17	106) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden minimalen z
	0.000	LK75	-121.91	0.03	19.47	0.01	21.99	0.17	107) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden maximalen z
	0.000	LK53	-79.96	-0.05	61.81	-0.13	-198.59	-0.15	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um d
	0.000	LK53	-79.96	-0.05	61.81	-0.13	-198.59	-0.15	109) Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um c
3 Obergurt (Stab Nr. 19-24)									
	0.000	LK55	-40.67	0.01	54.23	-0.18	-216.47	-0.07	101) Nachweis des Schubflusses im Obergurt
	0.000	LK53	-52.56	-0.01	60.24	-0.08	-142.77	-0.07	102) Nachweis des Schubflusses im Steg
	0.000	LK55	-40.67	0.01	54.23	-0.18	-216.47	-0.07	103) Nachweis des Schubflusses im Untergurt
	0.000	LK53	-38.59	0.03	11.37	-0.05	90.99	-0.25	104) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
	0.000	LK53	-38.59	0.03	11.37	-0.05	90.99	-0.25	105) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
	0.000	LK9	-58.35	0.01	-56.33	0.01	-123.33	0.03	106) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden minimalen z
	0.000	LK9	-58.35	0.01	-56.33	0.01	-123.33	0.03	107) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden maximalen z
	0.000	LK53	-58.03	-0.05	73.99	-0.15	-261.93	-0.21	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um d
	0.000	LK53	-58.03	-0.05	73.99	-0.15	-261.93	-0.21	109) Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um c
4 Obergurt (Stab Nr. 27-32)									

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 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 <sup>2</sup> ]	F Volumen [m <sup>3</sup> ]	G Quers.-Masse [kg/m]	H Masse [kg]	Gesamtmasse [t]
1	1 - IPE 500   DIN 1025-5:1994	14	6.00	84.00	146.50	0.97	91.06	546.36	7.649
2	6 - IPE 300   DIN 1025-5:1994	4	4.84	19.38	22.46	0.10	42.23	204.58	0.818
3	6 - IPE 300   DIN 1025-5:1994	4	5.10	20.40	23.64	0.11	42.23	215.35	0.861
4	5 - HE A 200   DIN 1025-3:1994	4	7.00	28.00	31.92	0.15	42.23	295.63	1.183
5	5 - HE A 200   DIN 1025-3:1994	2	8.00	16.00	18.24	0.09	42.23	337.86	0.676
6	2 - IPE 360   DIN 1025-5:1994 ... 3 - IPE 450	10	1.79	17.94	26.54	0.15	67.31	120.77	1.208
7	2 - IPE 360   DIN 1025-5:1994	10	3.06	30.59	41.39	0.22	57.07	174.60	1.746
8	2 - IPE 360   DIN 1025-5:1994	10	5.10	50.99	68.99	0.37	57.07	291.00	2.910
9	7 - GRO 80x5   DIN 59410:1974	30	5.00	150.00	46.65	0.22	11.62	58.09	1.743
<b>Summe</b>		<b>88</b>		<b>417.30</b>	<b>426.32</b>	<b>2.39</b>			<b>18.793</b>

Bild 4.9: 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 3.2, Seite 17).

### 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 2.8, 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 Profildgewicht 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.

## 4.9 Stückliste stabsatzweise

4.2 Stückliste stabsatzweise

Position Nr.	A Stabsatz- Bezeichnung	B Anzahl Stabsätze	C Länge [m]	D Gesamtlänge [m]	E Oberfläche [m <sup>2</sup> ]	F Volumen [m <sup>3</sup> ]	G Quers.-Masse [kg/m]	H Masse [kg]	I Gesamtmasse [t]
1	Obergurt	2	19.89	39.77	46.10	0.21	42.23	839.85	1.680
2	Obergurt	5	19.91	99.53	136.92	0.75	58.92	1172.74	5.864
<b>Summe</b>		7		139.30	183.02	0.96			7.543

Bild 4.10: Maske 4.2 Stückliste stabsatzweise

Die letzte Ergebnismaske wird angezeigt, wenn mindestens ein Stabsatz zur Bemessung ausgewählt wurden. Sie fasst eine ganze Baugruppe (z. B. einen Riegel) in einer Stückliste zusammen.

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 am Ende der oberen Tabelle hilfreich.

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	Stab Nr.	Stelle x [m]	Lastfall	Nachweis Ausnutzung	E	F
1 IPE 500   DIN 1025-5:1994						
	18	6.000	LK7	0.02	≤ 1	101) Nachweis des Schubflusses im Obergurt
	18	0.000	LK53	0.09	≤ 1	102) Nachweis des Schubflusses im Steg
	18	6.000	LK7	0.02	≤ 1	103) Nachweis des Schubflusses im Untergurt
	6	3.000	LK33	0.16	≤ 1	104) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
	6	3.000	LK33	0.16	≤ 1	105) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
	34	0.000	LK75	0.04	≤ 1	106) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden minimalen zulässigen Normalkraft
	34	0.000	LK75	0.04	≤ 1	107) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden maximalen zulässigen Normalkraft
	34	6.000	LK75	0.62	≤ 1	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
	34	6.000	LK75	0.62	≤ 1	109) Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse

Max: 1.10 > 1

Zwischenwerte - Stab 18 - x: 6.000 m - LK7

- Materialwerte - Baustahl S 235 JR | DIN EN 10025-2:2005-04
- Querschnittswerte - IPE 500 | DIN 1025-5:1994
- Bemessungsschnittgrößen
- Nachweis

Streckgrenze des Obergurt	$f_{y,fo}$	213.6	N/mm <sup>2</sup>
Streckgrenze des Obergurt und Querkraftbeanspruchung	$f_{y,\tau,fo}$	123.3	N/mm <sup>2</sup>
Widerstandsmoment des Obergurt	$I_{t,fo}$	25.93	cm <sup>4</sup>
Primäres Torsionsmoment bezogen auf die Mitte des Stegs	$T_{prim}$	0.25	kNm
Sekundäres Torsionsmoment bezogen auf die Mitte des Stegs	$T_{sec}$	0.00	kNm
Querkraft des Obergurt in der lokalen y-Richtung	$V_{y,fo}$	0.66	kN
Plastische Querkrafttragfähigkeit des Obergurt in der lokalen y-Richtung	$V_{pl,y,fo}$	394.70	kN
Primäres Torsionsmoment im Obergurt	$T_{prim,fo}$	0.07	kNm
Plastische Torsionstragfähigkeit des Obergurt	$T_{pl,fo}$	3.03	kNm
Schubspannung im Obergurt	$\tau_{fo}$	3.0	N/mm <sup>2</sup>
Ausnutzung der Schubspannung im Obergurt	$\tau_{fo}/f_{y,\tau,fo}$	0.02	≤ 1.000

Bild 5.1: Schaltflächen zur Ergebnisauswertung

Die Schaltflächen sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Bezeichnung	Funktion
	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 als 1, Maximalwert oder benutzerdefinierte Schranke
	Filter anwenden	Stellt nur Zeilen dar, für die die Filterparameter gelten (Ausnutzung > 1, Maximum, benutzerdefinierter Wert)
	Ergebnisverläufe	Öffnet das Diagramm <i>Ergebnisverläufe im Stab</i> → Kapitel 5.2, Seite 33
	Excel-Export	Exportiert die Tabelle nach MS Excel / OpenOffice → Kapitel 7.4.2, Seite 44
	Stabauswahl	Ermöglicht die grafische Auswahl eines Stabes, um dessen Ergebnisse in der Tabelle anzuzeigen
	Sichtmodus	Ermöglicht den Wechsel in das RSTAB-Arbeitsfenster, um die Ansicht zu ändern

Tabelle 5.1: Schaltflächen in den Ergebnismasken 2.1 bis 2.5

## 5.1 Ergebnisse am RSTAB-Modell

Für die Auswertung kann auch das RSTAB-Arbeitsfenster genutzt werden.

### RSTAB-Hintergrundgrafik und Sichtmodus

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

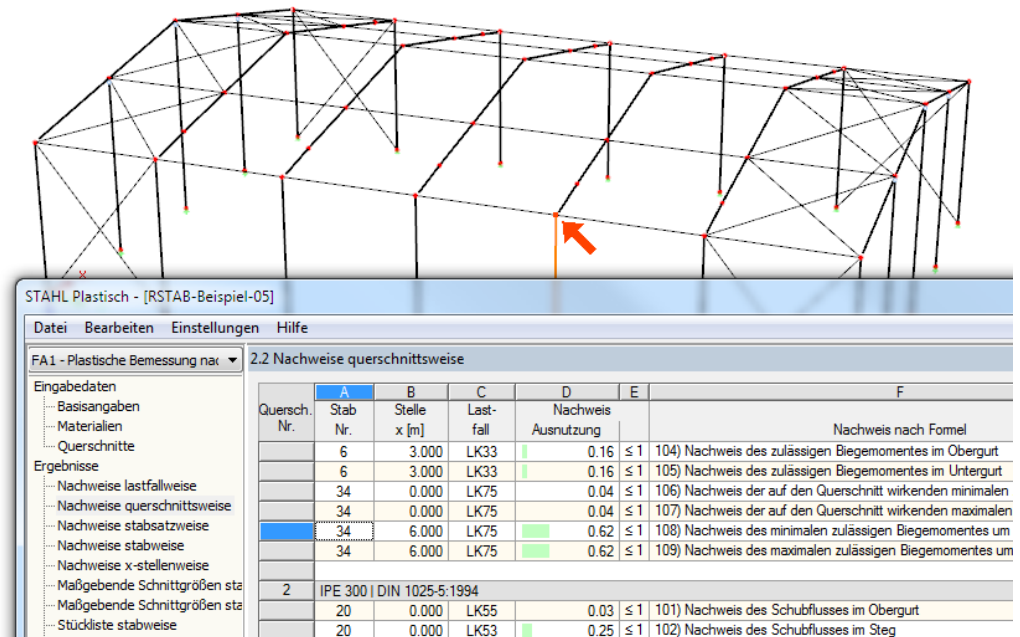


Bild 5.2: Kennzeichnung des Stabes und der aktuellen Stelle x im RSTAB-Modell

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

Mit [Zurück] erfolgt die Rückkehr in das Modul STAHL Plastisch.

### RSTAB-Arbeitsfenster

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

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 RSTAB-Tabellen sind für die Auswertung der Bemessungsergebnisse bedeutungslos.

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



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

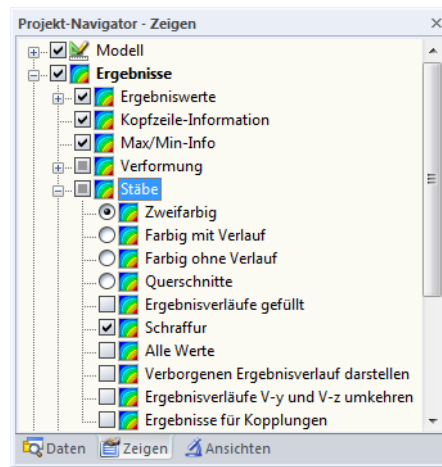


Bild 5.3: *Zeigen*-Navigator: Ergebnisse → Stäbe



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 RSTAB-Handbuchs beschrieben.

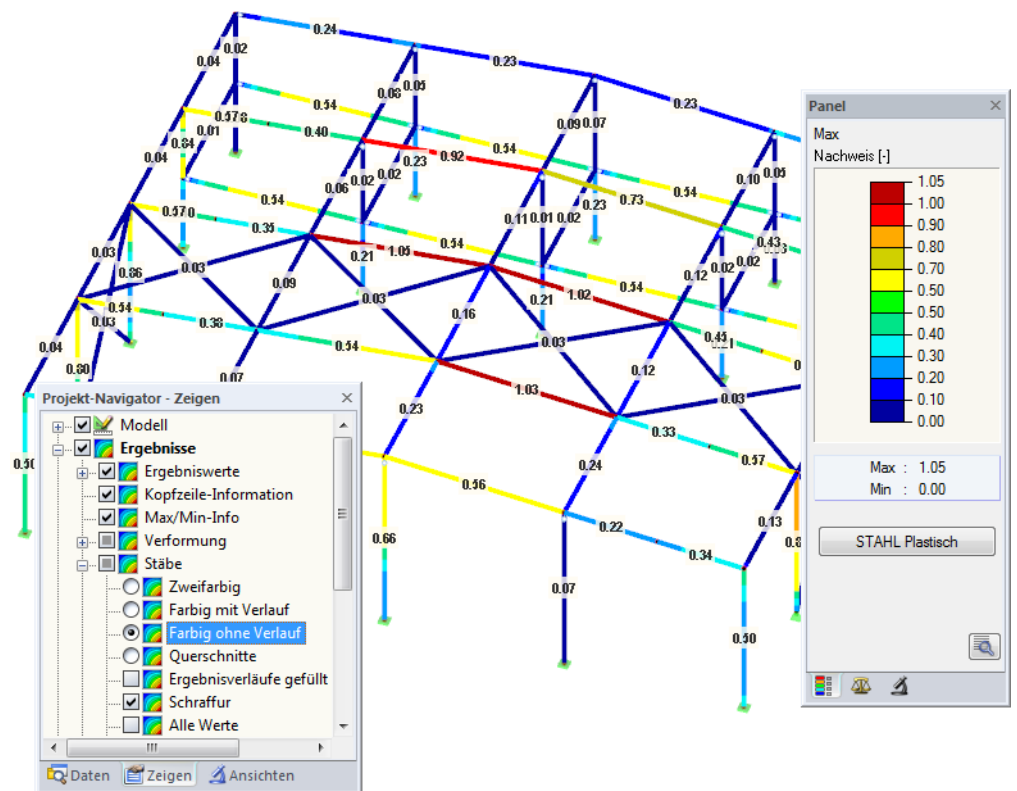
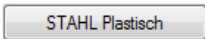


Bild 5.4: Ausnutzungsgrade mit Anzeigeoption *Farbig ohne Verlauf*

Die Grafiken der Bemessungsergebnisse können in das Ausdruckprotokoll übergeben werden (siehe Kapitel 6.2, Seite 36).

Die Rückkehr zum Zusatzmodul ist über die Panel-Schaltfläche [STAHL Plastisch] möglich.





## 5.2 Ergebnisverläufe

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



Selektieren Sie den Stab (oder Stabsatz) in der STAHL Plastisch-Ergebnismaske, indem Sie in die Tabellenzeile des Stabes klicken. Rufen Sie dann den Dialog *Ergebnisverläufe im Stab* über die links gezeigte Schaltfläche auf. Sie befindet sich am Ende der oberen Ergebnistabelle (siehe Bild 5.1, Seite 30).



In der RSTAB-Grafik sind die Ergebnisverläufe zugänglich über Menü

**Ergebnisse** → **Ergebnisverläufe an selektierten Stäben**

oder die entsprechende Schaltfläche in der RSTAB-Symboleiste.

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

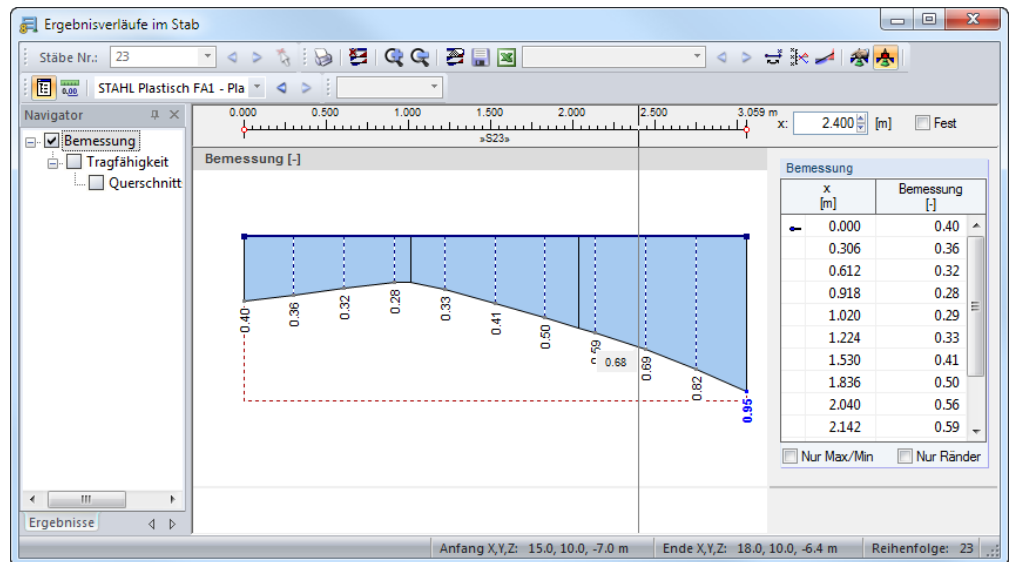
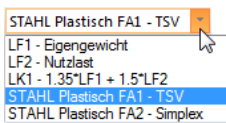


Bild 5.5: Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*



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

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

## 5.3 Filter für Ergebnisse

Die STAHL Plastisch-Ergebnismasken ermöglichen eine Auswahl nach verschiedenen Kriterien. Zusätzlich stehen die im Kapitel 9.7 des RSTAB-Handbuchs beschriebenen Filtermöglichkeiten zur Verfügung, mit denen sich die Bemessungsergebnisse grafisch auswerten lassen.

Auch für STAHL Plastisch können die Möglichkeiten der *Sichtbarkeiten* genutzt werden (siehe 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 RSTAB-Arbeitsfenster 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 RSTAB-Menü

#### Ansicht → Steuerpanel

oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

Das Panel ist im Kapitel 3.4.6 des 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.

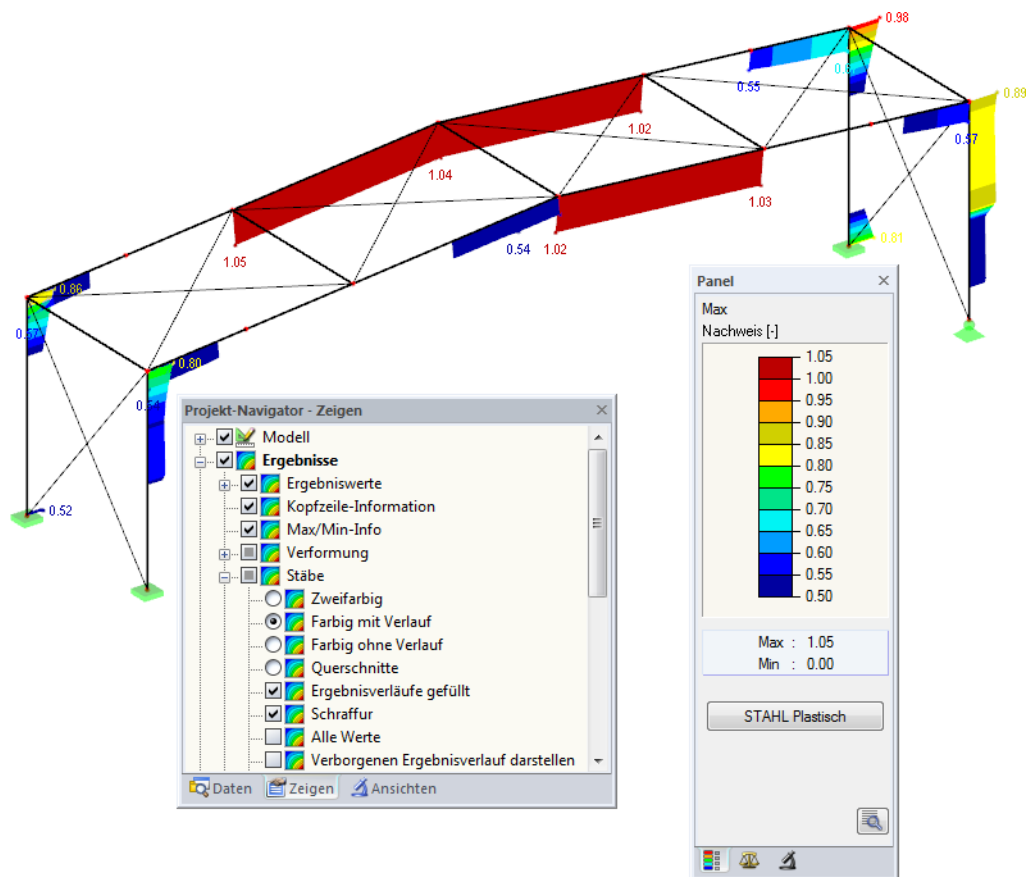


Bild 5.6: Filtern der Ausnutzungsgrade mit angepasster Farbskala

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

Mit der Option *Verborgenen Ergebnisverlauf darstellen* im *Zeigen-Navigator* (*Ergebnisse* → *Stäbe*) lassen sich alle Ausnutzungsverläufe einblenden, die nicht von der Werteskala abgedeckt sind. 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 9.7.3 des RSTAB-Handbuchs beschrieben.

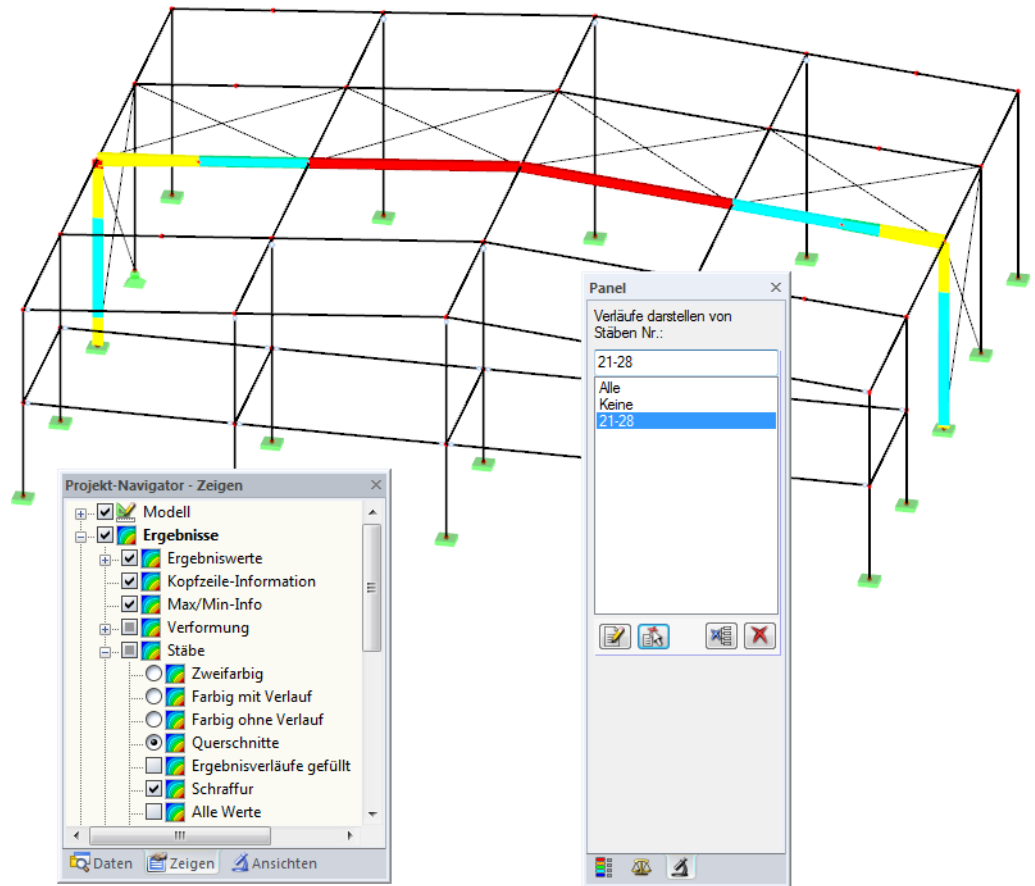


Bild 5.7: Stabfilter für Ausnutzungen eines Hallenrahmens

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 STAHL Plastisch wird – wie in 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 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.

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

### 6.2 Grafikausdruck

In 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 RSTAB-Modell gezeigten Ausnutzungen für den Ausdruck aufbereiten.



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

#### Nachweise am RSTAB-Modell

Die aktuelle Grafik der Ausnutzungsgrade kann gedruckt werden über Menü



##### Datei → Drucken

oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

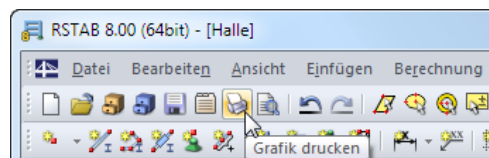


Bild 6.1: Schaltfläche *Drucken* in RSTAB-Symbolleiste

#### Ergebnisverläufe



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

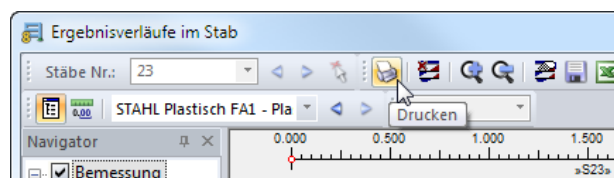


Bild 6.2: Schaltfläche *Drucken* im Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*

Es erscheint der auf folgender Seite dargestellte Dialog.

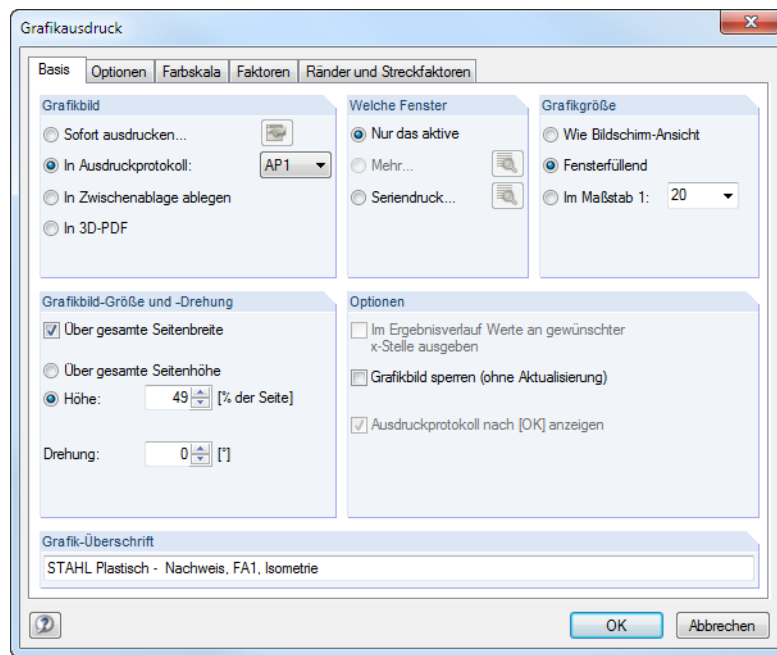


Bild 6.3: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Basis*

Dieser Dialog ist im Kapitel 10.2 des RSTAB-Handbuchs beschrieben. Dort sind auch die übrigen Register *Optionen* und *Farbskala* 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.

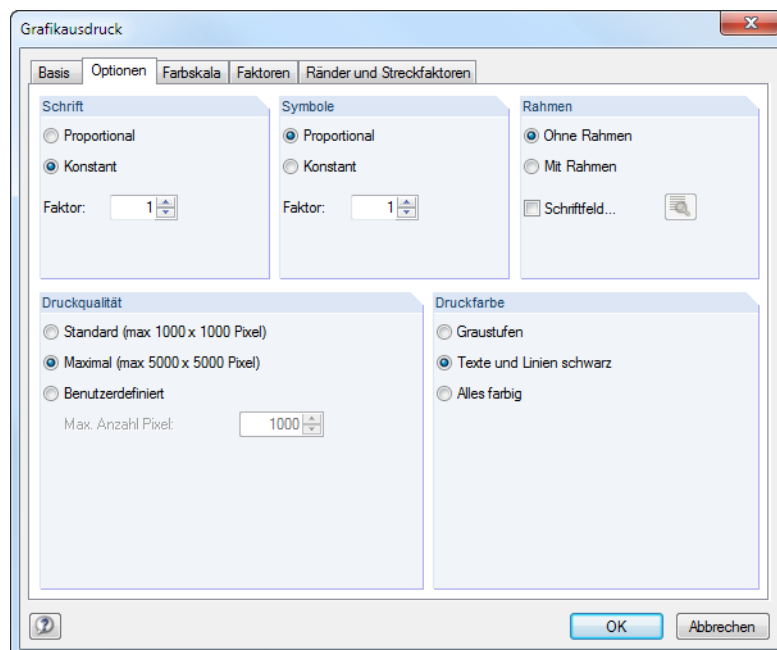
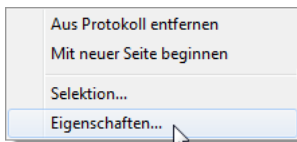


Bild 6.4: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Optionen*

# 7. Allgemeine Funktionen

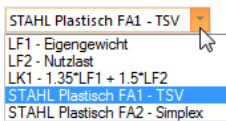
Dieses Kapitel beschreibt nützliche Menüfunktionen und stellt Exportmöglichkeiten für die Nachweise vor.

## 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 STAHL Plastisch sind auch in RSTAB über die Lastfall-Liste der Symbolleiste zugänglich.



### Neuen Bemessungsfall anlegen

Ein Bemessungsfall wird angelegt über das STAHL Plastisch-Menü

**Datei → Neuer Fall.**

Es erscheint folgender Dialog.

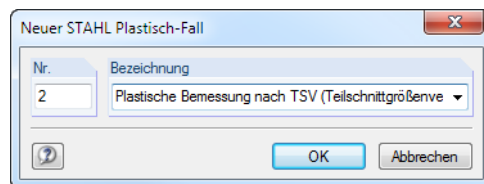


Bild 7.1: Dialog *Neuer STAHL Plastisch-Fall*

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 STAHL Plastisch-Maske 1.1 *Basisangaben* zur Eingabe der Bemessungsdaten.

### Bemessungsfall umbenennen

Die Bezeichnung eines Bemessungsfalls wird geändert über das STAHL Plastisch-Menü

**Datei → Fall umbenennen.**

Es erscheint folgender Dialog.

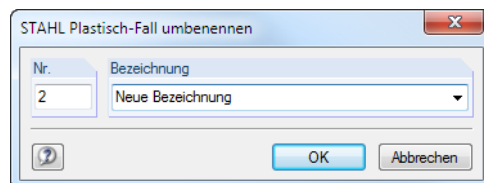


Bild 7.2: Dialog *STAHL Plastisch-Fall umbenennen*

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 STAHL Plastisch-Menü

**Datei** → **Fall kopieren**.

Es erscheint folgender Dialog.

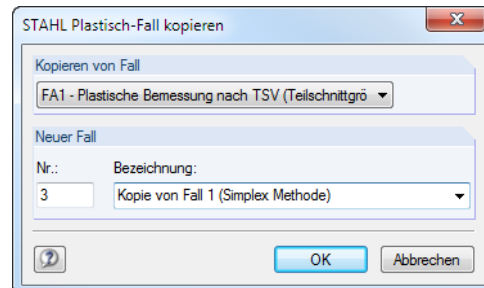


Bild 7.3: Dialog *STAHL Plastisch-Fall kopieren*

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

### Bemessungsfall löschen

Bemessungsfälle lassen sich wieder löschen über das STAHL Plastisch-Menü

**Datei** → **Fall löschen**.

Es erscheint folgender Dialog.

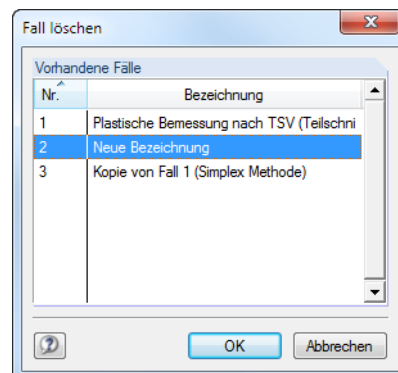
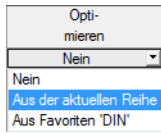


Bild 7.4: Dialog *Fall löschen*

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

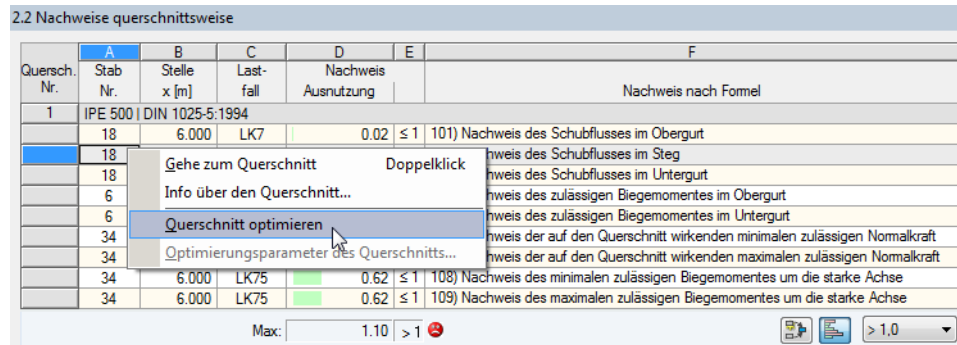


Bild 7.5: Kontextmenü zur Querschnittsoptimierung

Bei der Optimierung wird untersucht, welches Profil den Nachweis „optimal“ erfüllt, d. h. der maximal zulässigen Ausnutzung am nächsten kommt, die im Dialog *Details* festgelegt ist (siehe Bild 3.2, Seite 17). Die erforderlichen Querschnittswerte werden dabei mit den Schnittgrößen ermittelt, wie sie von 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 – der ursprüngliche Querschnitt von RSTAB und der optimierte Querschnitt (siehe Bild 7.7).

Bei einem parametrischen Profil erscheint beim Anhängen von *Optimieren* folgender Dialog.

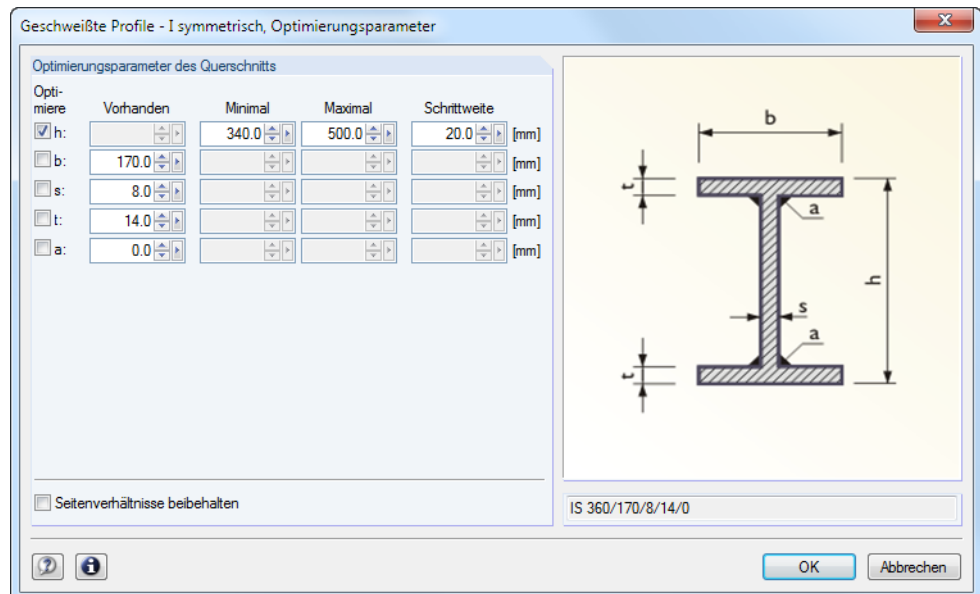


Bild 7.6: Dialog *Geschweißte Profile - I-symmetrisch, Optimierungsparameter*

In der Spalte *Optimiere* ist durch Anhängen festzulegen, welcher (oder welche) Parameter geändert werden soll. Damit werden die Spalten *Minimal* und *Maximal* zugänglich, in denen die Unter- und Obergrenzen des Parameters 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 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 RSTAB exportiert werden: Stellen Sie die Maske 1.3 *Querschnitte* ein und wählen dann das Menü

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

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

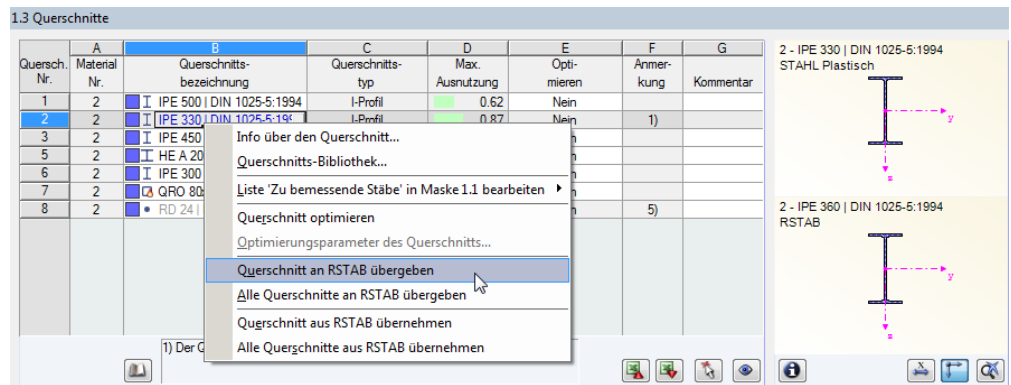


Bild 7.7: Kontextmenü der Maske 1.3 *Querschnitte*

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

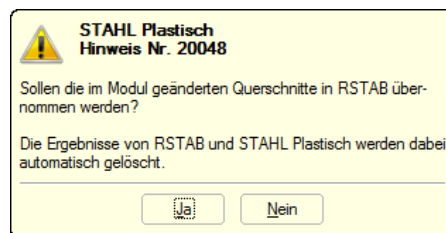


Bild 7.8: Abfrage vor Übergabe geänderter Querschnitte nach RSTAB

Berechnung

Nach dem Start der [Berechnung] in STAHL Plastisch werden die RSTAB-Schnittgrößen und die Nachweise in einem Rechenlauf ermittelt.

Wurden die geänderten Querschnitte noch nicht nach 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 RSTAB und für die Zusatzmodule gemeinsam verwaltet. In STAHL Plastisch ist der Dialog zum Anpassen der Einheiten zugänglich über Menü

**Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen**.

Es erscheint der aus RSTAB bekannte Dialog. In der Liste *Programm / Modul* ist STAHL Plastisch voreingestellt.

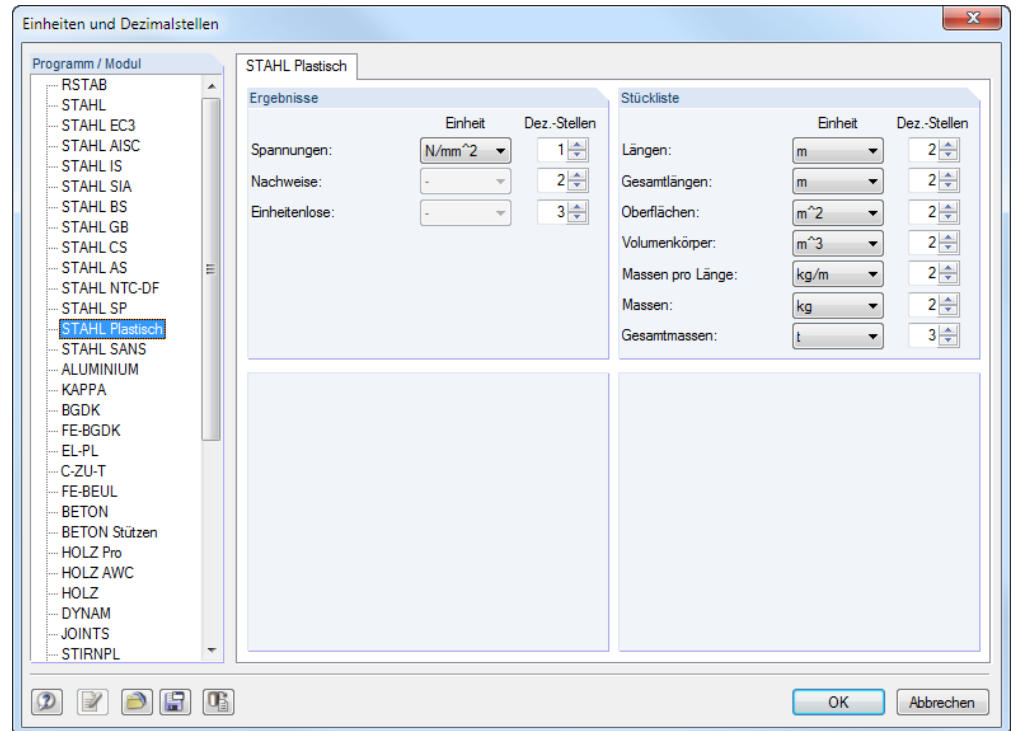


Bild 7.9: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*



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

## 7.4 Datenaustausch

### 7.4.1 Materialexport nach RSTAB

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

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

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

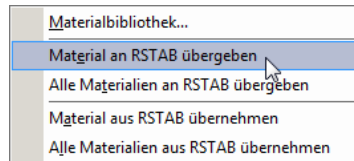


Bild 7.10: Kontextmenü der Maske 1.2 *Materialien*

Berechnung

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

Wurden die geänderten Materialien noch nicht nach 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 STAHL Plastisch 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 STAHL Plastisch können in das Ausdruckprotokoll gedruckt (siehe Kapitel 6.1, Seite 36) und dort exportiert werden über Menü

**Datei** → **Export in RTF.**

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

#### Excel / OpenOffice

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

**Datei** → **Tabellen exportieren.**

Es öffnet sich folgender Exportdialog.

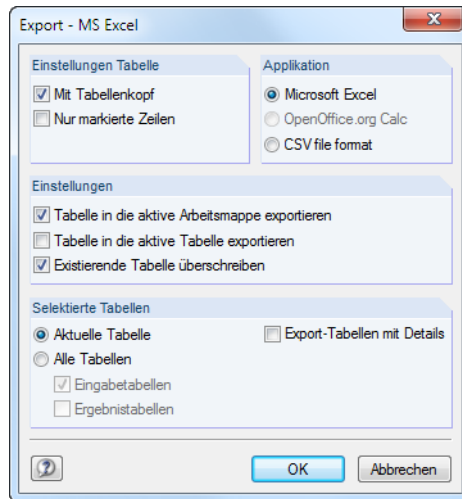


Bild 7.11: Dialog *Export - MS Excel*

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.

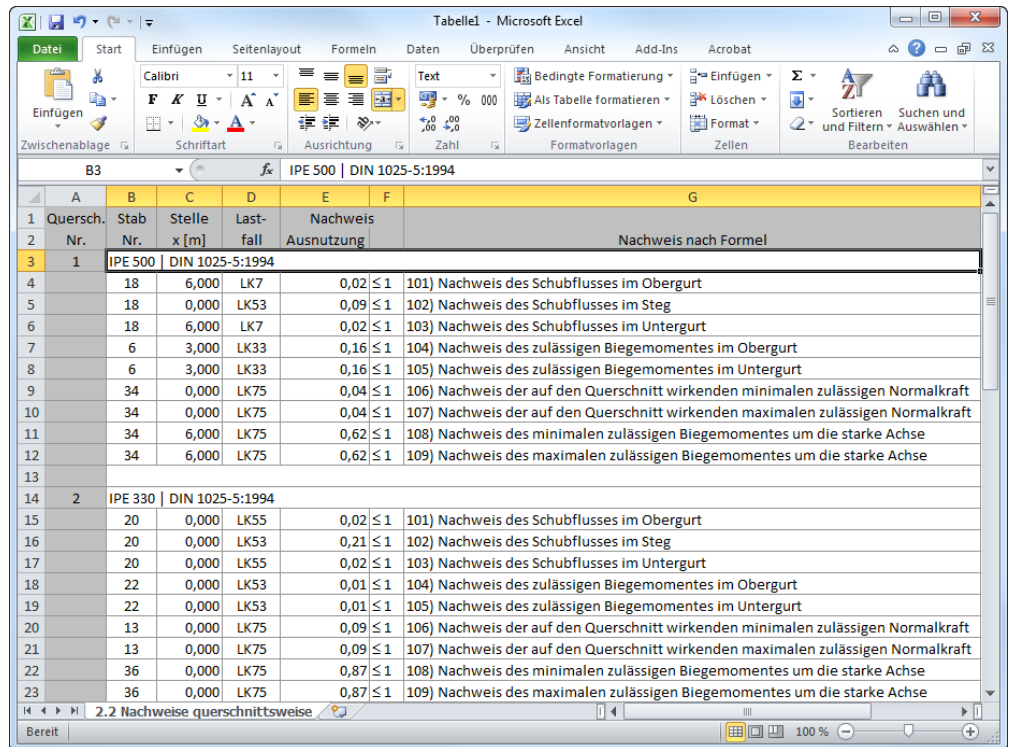


Bild 7.12: Ergebnis in *Excel*

## 8. Beispiele

### 8.1 Doppelsymmetrisches I-Profil

Das folgende Beispiel ist in [1] auf Seite 431 vorgestellt. Es wird die Interaktion aus Normalkraft und zweiachsiger Biegung ohne Verwölbung nach dem TSV untersucht.

#### Querschnitt

Doppelsymmetrisches I-Profil HE B 200

Baustahl S 235

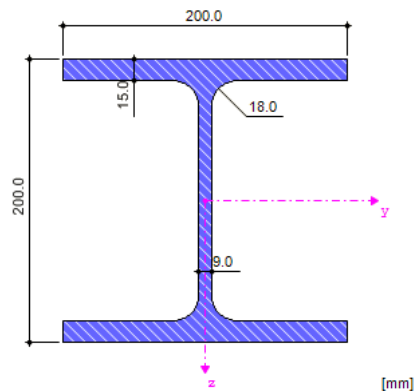


Bild 8.1: Doppelsymmetrisches I-Profil HE B 200

#### Querschnittswerte

Querschnittswert	Symbol	Wert	Einheit
Profilhöhe	$h$	200,00	mm
Profilbreite	$b$	200,00	mm
Stegdicke	$t_s$	9,00	mm
Flanschdicke	$t_g$	15,00	mm
Ausrundungsradius	$r$	18,00	mm
Innere Höhe zwischen Flanschen	$h_i$	170,00	mm
Höhe des geraden Stegteils	$d$	134,00	mm
Querschnittsfläche	$A$	78,08	cm <sup>2</sup>
Schubfläche	$A_y$	50,03	cm <sup>2</sup>
Schubfläche	$A_z$	15,32	cm <sup>2</sup>
Wirksame Schubfläche nach EC 3	$A_{v,y}$	62,43	cm <sup>2</sup>
Wirksame Schubfläche nach EC 3	$A_{v,z}$	24,83	cm <sup>2</sup>
Plastische Schubfläche	$A_{pl,y}$	60,00	cm <sup>2</sup>
Plastische Schubfläche	$A_{pl,z}$	16,65	cm <sup>2</sup>
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grades)	$I_y$	5696,00	cm <sup>4</sup>
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grades)	$I_z$	2003,00	cm <sup>4</sup>
Trägheitsradius	$i_y$	85,40	mm
Trägheitsradius	$i_z$	50,70	mm
Polarer Trägheitsradius	$i_p$	99,30	mm
Trägheitsradius des Gurtquerschnitts ( $1/5$ Steghöhe)	$i_{zg}$	53,90	mm

Volumen	V	7808,00	cm <sup>3</sup> /m
Querschnittsgewicht	G	61,30	kg/m
Mantelfläche	A <sub>Mantel</sub>	1,15	m <sup>2</sup> /m
Profilfaktor	A <sub>net</sub> /V	147,285	1/m
Torsionsträgheitsmoment	I <sub>t</sub>	59,28	cm <sup>4</sup>
Wölbwiderstand	I <sub>ω</sub>	171100,00	cm <sup>6</sup>
Widerstandsmoment	W <sub>y</sub>	569,60	cm <sup>3</sup>
Widerstandsmoment	W <sub>z</sub>	200,30	cm <sup>3</sup>
Wölbwiderstandsmoment	W <sub>ω</sub>	1849,73	cm <sup>4</sup>
Statisches Moment	S <sub>y,max</sub>	321,25	cm <sup>3</sup>
Statisches Moment	S <sub>z,max</sub>	75,00	cm <sup>3</sup>
Wölbordinate	ω <sub>max</sub>	92,50	cm <sup>2</sup>
Wölbfläche (Flächenmoment 1. Grades mit ω)	S <sub>ω,max</sub>	693,75	cm <sup>4</sup>
Plastisches Widerstandsmoment	W <sub>pl,y</sub>	642,50	cm <sup>3</sup>
Plastisches Widerstandsmoment	W <sub>pl,z</sub>	305,80	cm <sup>3</sup>
Plastisches Wölbwiderstandsmoment	W <sub>pl,ω</sub>	2775,00	cm <sup>4</sup>
Plastischer Formbeiwert	α <sub>pl,y</sub>	1,128	
Plastischer Formbeiwert	α <sub>pl,z</sub>	1,527	
Plastischer Formbeiwert	α <sub>pl,ω</sub>	1,500	

Tabelle 8.1: Querschnittswerte HE B 200

### Belastung

Normalkraft  $N_{Ed} = 1000,00 \text{ kN}$

Moment  $M_{z,Ed} = 26,20 \text{ kNm}$

Moment  $M_{y,Ed} = 34,50 \text{ kNm}$

### 8.1.1 Nachweis des zulässigen Biegemoments im Obergurt

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A Stab Nr.	B Stelle x [m]	C Lastfall	D Nachweis Ausnutzung	E	F
1	HEB 200					Nachweis nach Formel
1	1	0.000	LF1	0.00 ≤ 1	101	Nachweis des Schubflusses im Obergurt
1	1	0.000	LF1	0.00 ≤ 1	102	Nachweis des Schubflusses im Steg
1	1	0.000	LF1	0.00 ≤ 1	103	Nachweis des Schubflusses im Untergurt
1	1	0.000	LF1	0.40 ≤ 1	104	Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
1	1	0.000	LF1	0.40 ≤ 1	105	Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
1	1	0.000	LF1	0.73 ≤ 1	106	Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden minimalen zulässigen Normalkraft
1	1	0.000	LF1	0.73 ≤ 1	107	Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden maximalen zulässigen Normalkraft
1	1	0.000	LF1	0.99 ≤ 1	108	Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
1	1	0.000	LF1	0.99 ≤ 1	109	Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse

Max: 0.99 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 0.000 m - LF1

Materialwerte - Baustahl S 235 | DIN 18800:1990-11

Querschnittswerte - HEB 200

Bemessungsschnittgrößen

Nachweis

Biegemoment des Obergurtes um die lokale z-Achse	$M_{z,fo}$	13.10	kNm
Reduzierte Streckgrenze des Obergurtes (Infolge Querkraft und Torsion)	$f_{y,\tau,fo}$	21.82	kN/cm <sup>2</sup>
Plastische axiale Tragfähigkeit des Obergurtes	$N_{pl,z,fo}$	654.55	kN
Plastische Biegetragfähigkeit des Obergurtes um die lokale z-Achse	$M_{pl,z,fo}$	32.73	kNm
Ausnutzung des Biegemomentes im Obergurte	$M_{z,fo}/M_p$	0.40	≤ 1.000

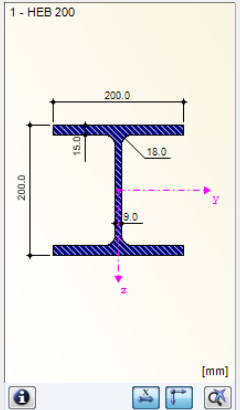


Bild 8.2: Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt

#### Materialkennwerte

$$f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = \frac{24.00}{1.1} = \underline{\underline{21.82 \text{ kN} / \text{cm}^2}}$$

$$\tau_{Rd} = \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}} = \frac{21.82}{\sqrt{3}} = \underline{\underline{12.60 \text{ kN} / \text{cm}^2}}$$

#### Teilschnittgrößen in den Querschnittsteilen nach Tabelle 10.9

$$M_o = M_u = \frac{M_z}{2} - \frac{M_\omega}{a_g}$$

$$M_o = M_u = \frac{26,20}{2} - \frac{0}{(20,0 - 1,50)}$$

$$M_o = M_u = \underline{\underline{13,10 \text{ kNm}}}$$

#### Plastische Grenzschnittgrößen nach [1], Tabelle 10.9

$$M_{pl,i,\tau} = \frac{t_g \cdot b^2}{4} \cdot f_{y,d} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\tau_i}{\tau_{Rd}}\right)^2}$$

$$M_{pl,i,\tau} = \frac{1,50 \cdot 20,0^2}{4} \cdot 21,32 \cdot \sqrt{1 - (0)}$$

$$M_{pl,i,\tau} = \underline{\underline{3272,72 \text{ kNcm} = 32,73 \text{ kNm}}}$$

mit  $i = o, u$

## Nachweis nach [1], Tabelle 10.9

$$\frac{M_i}{M_{pl,i,\tau}} \leq 1,00$$

$$\frac{13,10}{32,73} = 0,40 \leq 1,00$$

## 8.1.2 Nachweis der zulässigen Normalkraft

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A Stab Nr.	B Stelle x [m]	C Lastfall	D Nachweis Ausnutzung	E	F
1	HEB 200					Nachweis nach Formel
1	1	0,000	LF1	0,00	≤ 1	101) Nachweis des Schubflusses im Obergurt
1	1	0,000	LF1	0,00	≤ 1	102) Nachweis des Schubflusses im Steg
1	1	0,000	LF1	0,00	≤ 1	103) Nachweis des Schubflusses im Untergurt
1	1	0,000	LF1	0,40	≤ 1	104) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
1	1	0,000	LF1	0,40	≤ 1	105) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
1	1	0,000	LF1	0,73	≤ 1	106) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden minimalen zulässigen Normalkraft
1	1	0,000	LF1	0,73	≤ 1	107) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden maximalen zulässigen Normalkraft
1	1	0,000	LF1	0,99	≤ 1	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
1	1	0,000	LF1	0,99	≤ 1	109) Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse

Max: 0,99 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 0,000 m - LF1

- Materialwerte - Baustahl S 235 | DIN 18800:1990-11
- Querschnittswerte - HEB 200
- Bemessungsquerschnittsgrößen
- Nachweis

Bemessungsgröße	Einheit	Wert	Limit
Bemessungsnormalkraft im Querschnitt	N	-1000,00	kN
Biegemoment des Obergutes um die lokale z-Achse	M <sub>z,fo</sub>	13,10	kNm
Biegemoment des Untergutes um lokale z-Achse	M <sub>z,fu</sub>	13,10	kNm
Plastische Biegetragfähigkeit des Obergutes um die lokale z-Achse	M <sub>pl,z,fo</sub>	32,73	kNm
Plastische Biegetragfähigkeit des Untergutes um die lokale z-Achse	M <sub>pl,z,fu</sub>	32,73	kNm
Plastische axiale Tragfähigkeit des Obergutes	N <sub>pl,fo</sub>	654,55	kN
Plastische axiale Tragfähigkeit des Untergutes	N <sub>pl,fu</sub>	654,55	kN
Zulässige Normalkraft im Steg	N <sub>grenz,w</sub>	363,27	kN
Min. zulässige Normalkraft im Obergurt	N <sub>grenz,mi</sub>	-506,89	kN
Min. zulässige Normalkraft im Untergurt	N <sub>grenz,mi</sub>	-506,89	kN
Min. zulässige Normalkraft im Querschnitt	N <sub>grenz,mi</sub>	-1377,06	kN
Ausnutzung der Normalkraft	N / N <sub>grenz</sub>	0,73	≤ 1,000

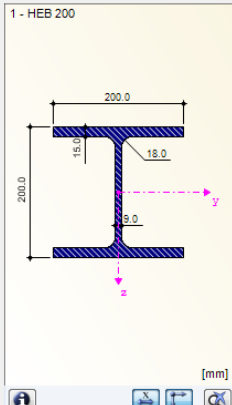


Bild 8.3: Nachweis der zulässigen Normalkraft

## Plastische Grenzschnittgrößen nach [1], Tabelle 10.8

$$N_{gr,i} = t_g \cdot b \cdot f_{y,d} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\tau_i}{\tau_{Rd}}\right)} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{M_i}{M_{pl,i,\tau}}\right)}$$

$$N_{gr,i} = 1,50 \cdot 20,0 \cdot 21,32 \cdot \sqrt{1 - 0} \cdot \sqrt{1 - 0,40}$$

$$N_{gr,i} = \underline{\underline{506,89 \text{ kN}}}$$

mit  $i = o, u$

$$N_{gr,s} = t_s \cdot h_s \cdot f_{y,d} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\tau_s}{\tau_{Rd}}\right)^2}$$

$$N_{gr,s} = 0,9 \cdot (20,0 - 1,5) \cdot 21,32 \cdot \sqrt{1 - 0^2}$$

$$N_{gr,s} = \underline{\underline{363,27 \text{ kN}}}$$

$$N_{gr} = N_{gr,o} + N_{gr,u} + N_{gr,s}$$

$$N_{gr} = 506,89 + 506,89 + 363,27$$

$$N_{gr} = \underline{\underline{1377,06 \text{ kN}}}$$



## Nachweis

$$\frac{N}{N_{gr}} \leq 1,00$$

$$\frac{1000}{1377,06} = 0,73 \leq 1,00$$

## 8.1.3 Nachweis des zulässigen Biegemoments

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A Stab Nr.	B Stelle x [m]	C Lastfall	D Nachweis Ausnutzung	E	F
1	HEB 200					Nachweis nach Formel
1	1	0.000	LF1	0.00	≤ 1	101) Nachweis des Schubflusses im Obergurt
1	1	0.000	LF1	0.00	≤ 1	102) Nachweis des Schubflusses im Steg
1	1	0.000	LF1	0.00	≤ 1	103) Nachweis des Schubflusses im Untergurt
1	1	0.000	LF1	0.40	≤ 1	104) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
1	1	0.000	LF1	0.40	≤ 1	105) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
1	1	0.000	LF1	0.73	≤ 1	106) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden minimalen zulässigen Normalkraft
1	1	0.000	LF1	0.73	≤ 1	107) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden maximalen zulässigen Normalkraft
1	1	0.000	LF1	0.99	≤ 1	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
1	1	0.000	LF1	0.99	≤ 1	109) Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
Max:					0.99	≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 0.000 m - LF1

- Materialwerte - Baustahl S 235 | DIN 18800:1990-11
- Querschnittswerte - HEB 200
- Bemessungsquerschnittsgrößen
- Nachweis
 

Bemessungsnormalkraft im Querschnitt	N	-1000.00	kN
Bemessungsbiegemoment im Querschnitt um die starke Achse	M <sub>y</sub>	34.50	kNm
Zulässige Normalkraft im Steg	N <sub>grenz,w</sub>	363.27	kN
Min. zulässige Normalkraft im Obergurt	N <sub>grenz,mi</sub>	-506.89	kN
Max. zulässige Normalkraft im Obergurt	N <sub>grenz,ms</sub>	506.89	kN
Min. zulässige Normalkraft im Untergurt	N <sub>grenz,mi</sub>	-506.89	kN
Max. zulässige Normalkraft im Untergurt	N <sub>grenz,ms</sub>	506.89	kN
Min. zulässige Normalkraft im Querschnitt	N <sub>grenz,mi</sub>	-1377.06	kN
Max. zulässige Normalkraft im Querschnitt	N <sub>grenz,ms</sub>	1377.06	kN
Min. zulässiges Biegemoment um die lokale starke Achse	M <sub>y,min</sub>	-34.88	kNm
Ausnutzung des Biegemomentes um die starke Achse	M <sub>y</sub> /M <sub>y,n</sub>	0.99	≤ 1.000

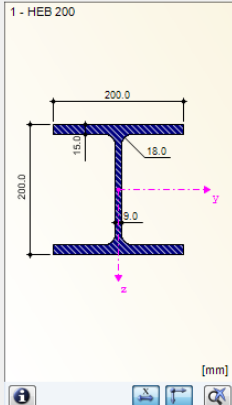


Bild 8.4: Nachweis des zulässigen Biegemomentes um die starke Achse

### Maßgebender Fall nach [1], Tabelle 10.8

Fall 3:

$$N_{gr} - 2 \cdot N_{gr,u} \leq N \leq N_{gr}$$

$$1377,06 - 2 \cdot 506,89 \leq 1000,00 \leq 1377,06$$

$$363,28 \leq 1000,00 \leq 1377,06 \Rightarrow \text{erfüllt}$$

### Plastische Grenzschnittsgrößen nach [1], Tabelle 10.8

$$\max M_y = (2 \cdot N_{gr,u} + N_{gr,s} - N) \cdot \frac{a_g}{2}$$

$$\max M_y = (2 \cdot 506,89 + 363,27 - 1000,00) \cdot \frac{0,20 - 0,015}{2}$$

$$\max M_y = \underline{\underline{34,877 \text{ kNm}}}$$

### Nachweis nach [1], Tabelle 10.8

$$\frac{M_y}{\max M_y} \leq 1,00$$

$$\frac{34,50}{34,88} = 0,99 \leq 1,00$$

## 8.2 Einachs-symmetrisches I-Profil

Das folgende Beispiel ist in [1] auf Seite 190 f. vorgestellt. Es wird die Interaktion aus zweiachsiger Biegung mit Querkraft, aber ohne Berücksichtigung des Wölbmoments  $M_w$  untersucht.

### Querschnitt

Einachs-symmetrisches I-Profil IU 432/300/20/12/180/12

Baustahl S 235

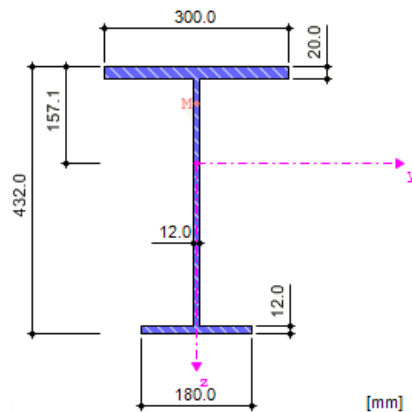


Bild 8.5: Einachs-symmetrisches I-Profil IU 432/300/20/12/180/12

### Querschnittswerte

Querschnittswert	Symbol	Wert	Einheit
Höhe	$h$	432,000	mm
Obere Flanscbreite	$b_o$	300,000	mm
Obere Flanshdicke	$t_o$	20,000	mm
Stegdicke	$s$	12,000	mm
Untere Flanscbreite	$b_u$	180,000	mm
Untere Flanshdicke	$t_u$	12,000	mm
Obere Kehlnahtdicke	$a_o$	6,000	mm
Untere Kehlnahtdicke	$a_u$	6,000	mm
Querschnittsfläche	$A$	129,600	cm <sup>2</sup>
Schubfläche	$A_y$	81,600	cm <sup>2</sup>
Schubfläche	$A_z$	48,000	cm <sup>2</sup>
Schwerpunktstand	$e_z$	157,100	mm
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grades)	$I_y$	36923,100	cm <sup>4</sup>
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grades)	$I_z$	5088,960	cm <sup>4</sup>
Polares Trägheitsmoment	$I_p$	42012,000	cm <sup>4</sup>
Polares Trägheitsmoment	$I_{p,M}$	54783,600	cm <sup>4</sup>
Trägheitsmoment bezogen auf kleineren Flansch	$I_{y,SF}$	37271,600	cm <sup>4</sup>
Trägheitsradius	$i_y$	168,800	mm
Trägheitsradius	$i_z$	62,700	mm
Polarer Trägheitsradius	$i_p$	180,000	mm
Polarer Trägheitsradius	$i_{p,M}$	205,700	mm
Querschnittsgewicht	$G$	101,700	kg/m

Mantelfläche	$A_{\text{Mantel}}$	1,800	$\text{m}^2/\text{m}$
Torsionsträgheitsmoment	$I_t$	110,530	$\text{cm}^4$
Schubmittelpunkt-Lage bezogen auf S	$z_M$	-99,300	mm
Wölbwiderstand bezogen auf M	$I_\omega$	893470,000	$\text{cm}^6$
Abklingfaktor	$\lambda$	0,001	1/mm
Widerstandsmoment	$W_{y,\text{max}}$	1343,200	$\text{cm}^3$
Widerstandsmoment	$W_{y,\text{min}}$	-2350,120	$\text{cm}^3$
Widerstandsmoment	$W_z$	339,260	$\text{cm}^3$
Wölbwiderstandsmoment	$W_\omega$	2696,510	$\text{cm}^4$
Statisches Moment	$S_{y,\text{max}}$	995,460	$\text{cm}^3$
Statisches Moment	$S_{z,\text{max}}$	224,910	$\text{cm}^3$
Wölbordinate	$\omega_{\text{max}}$	331,340	$\text{cm}^2$
Wölbfläche (Flächenmoment 1. Grades mit $\varpi$ )	$S_{\omega,\text{max}}$	1789,250	$\text{cm}^4$
Kindem'sche Querschnittsstrecke	$r_{y,\text{Kindem}}$	87,000	mm
Querschnittsstrecke	$r_{M,z}$	285,500	mm
Lage der Flächenhalbierenden bez. auf S	$f_z$	-97,100	mm
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{p,y,\text{max}}$	1877,760	$\text{cm}^3$

Tabelle 8.2: Querschnittswerte IU 432/300/20/12/180/12

### Materialkennwerte

$$f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = \frac{24,00}{1,1} = \underline{\underline{21,82 \text{ kN} / \text{cm}^2}}$$

$$\tau_{Rd} = \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}} = \frac{21,82}{\sqrt{3}} = \underline{\underline{12,60 \text{ kN} / \text{cm}^2}}$$

### Belastung

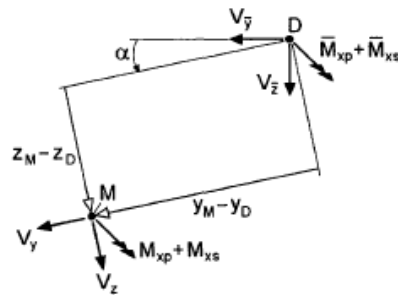
Querkraft  $V_{z,\text{Ed}} = 121,67 \text{ kN}$

Querkraft  $V_{y,\text{Ed}} = 28,28 \text{ kN}$

Moment  $M_{z,\text{Ed}} = -62,45 \text{ kNm}$

Moment  $M_{y,\text{Ed}} = 271,59 \text{ kNm}$

## 8.2.1 Schnittgrößentransformation

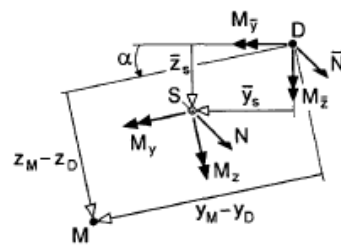
 $\tau$ -Schnittgrößen:

$$\overline{M}_{xp} = M_{xp}$$

$$V_{\bar{y}} = V_y \cdot \cos \alpha - V_z \cdot \sin \alpha$$

$$V_{\bar{z}} = V_z \cdot \cos \alpha + V_y \cdot \sin \alpha$$

$$\overline{M}_{xs} = M_{xs} - V_y \cdot (z_M - z_D) + V_z \cdot (y_M - y_D)$$

 $\sigma$ -Schnittgrößen:

$$\overline{N} = N$$

$$M_{\bar{y}} = M_y \cdot \cos \alpha - M_z \cdot \sin \alpha + N \cdot \bar{z}_s$$

$$M_{\bar{z}} = M_z \cdot \cos \alpha + M_y \cdot \sin \alpha - N \cdot \bar{y}_s$$

$$M_{\bar{\omega}} = M_{\omega} + M_y \cdot (y_M - y_D) + M_z \cdot (z_M - z_D) + N \cdot \bar{\omega}_k$$

zusätzlich:  $M_{\omega}$  in M und  $M_{\bar{\omega}}$  in D

Bild 8.6: Schnittgrößentransformation in Bezugskordinatensystem nach [1], Tabelle 10.16

$$V_{\bar{y}} = V_y \cdot \cos \alpha - V_z \cdot \sin \alpha$$

$$V_{\bar{y}} = 28,28 \cdot \cos 0^\circ - 121,67 \cdot \sin 0^\circ$$

$$V_{\bar{y}} = \underline{\underline{28,28 \text{ kN}}}$$

$$V_{\bar{z}} = V_z \cdot \cos \alpha + V_y \cdot \sin \alpha$$

$$V_{\bar{z}} = 121,67 \cdot \cos 0^\circ + 28,28 \cdot \sin 0^\circ$$

$$V_{\bar{z}} = \underline{\underline{121,67 \text{ kN}}}$$

$$\overline{M}_{xs} = M_{xs} - V_y \cdot (z_M - z_D) + V_z \cdot (y_M - y_D)$$

$$\overline{M}_{xs} = 0,00 - 28,28 \cdot (-16,23 - 0) + 121,67 \cdot (0 - 0)$$

$$\overline{M}_{xs} = \underline{\underline{458,90 \text{ kNcm} = 4,589 \text{ kNm}}}$$

$$M_{\bar{y}} = M_y \cdot \cos \alpha - M_z \cdot \sin \alpha + N \cdot \bar{z}_s$$

$$M_{\bar{y}} = 271,59 \cdot \cos 0^\circ - (-62,45) \cdot \sin 0^\circ + 0$$

$$M_{\bar{y}} = \underline{\underline{271,59 \text{ kNm}}}$$

$$M_{\bar{z}} = M_z \cdot \cos \alpha + M_y \cdot \sin \alpha - N \cdot \bar{y}_s$$

$$M_{\bar{z}} = -62,45 \cdot \cos 0^\circ - 271,59 \cdot \sin 0^\circ + 0$$

$$M_{\bar{z}} = \underline{\underline{-62,45 \text{ kNm}}}$$

$$M_{\bar{\omega}} = M_{\omega} + M_y \cdot (y_M - y_D) + M_z \cdot (z_M - z_D) + N \cdot \bar{\omega}_k$$

$$M_{\bar{\omega}} = 0,00 + 271,59 \cdot (0,0 - 0,0) + (-62,45) \cdot (-16,23 - 0,0) + 0$$

$$M_{\bar{\omega}} = \underline{\underline{101339 \text{ kNcm}^2}}$$

### 8.2.2 Schubwiderstand im Obergurt

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A Stab Nr.	B Stelle x [m]	C Lastfall	D Nachweis Ausnutzung	E	F
1	IU 432/300/20/12/180/12/6/6					Nachweis nach Formel
1	1	0.000	LF1	0.03	≤ 1	[101] Nachweis des Schubflusses im Obergurt
1	1	0.000	LF1	0.20	≤ 1	102) Nachweis des Schubflusses im Steg
1	1	0.000	LF1	0.01	≤ 1	103) Nachweis des Schubflusses im Untergurt
1	1	0.001	LF1	0.56	≤ 1	104) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
1	1	0.001	LF1	0.34	≤ 1	105) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
1	1	0.000	LF1	0.00	≤ 1	106) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden minimalen zulässigen Normalkraft
1	1	0.000	LF1	0.00	≤ 1	107) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden maximalen zulässigen Normalkraft
1	1	0.001	LF1	0.80	≤ 1	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
1	1	0.001	LF1	0.80	≤ 1	109) Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse

Max: 0.80 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 0.000 m - LF1

- Materialwerte - Baustahl S 235 | DIN 18800:1990-11
- Querschnittswerte - IU 432/300/20/12/180/12/6/6
- Bemessungsschnittgrößen
- Nachweis

Streckgrenze des Obergurtes	$f_{y,fo}$	21.82	kN/cm <sup>2</sup>
Streckgrenze des Obergurtes unter Querkraftbeanspruchung	$f_{y,t,fo}$	12.60	kN/cm <sup>2</sup>
Widerstandsmoment des Obergurtes	$I_{t,fo}$	76.64	cm <sup>4</sup>
Primäres Torsionsmoment bezogen auf die Mitte des Stegs	$T_{prim}$	0.00	kNcm
Sekundäres Torsionsmoment bezogen auf die Mitte des Stegs	$T_{sec}$	458.59	kNcm
Querkraft des Obergurtes in der lokalen y-Richtung	$V_{y,fo}$	25.03	kN
Plastische Querkrafttragfähigkeit des Obergurtes in der lokalen y-Richtung	$V_{pl,y,fo}$	755.80	kN
Primäres Torsionsmoment im Obergurt	$T_{prim,fo}$	0.00	kNcm
Plastische Torsionstragfähigkeit des Obergurtes	$T_{pl,fo}$	730.61	kNcm
Schubspannung im Obergurt	$\tau_{fo}$	0.42	kN/cm <sup>2</sup>
Ausnutzung der Schubspannung im Obergurt	$\tau_{fo}/f_{y,t,fo}$	0.03	≤ 1.000

Bild 8.7: Nachweis des Schubwiderstandes im Obergurt

#### Teilschnittgrößen in den Querschnittsteilen nach [1], Tabelle 10.17

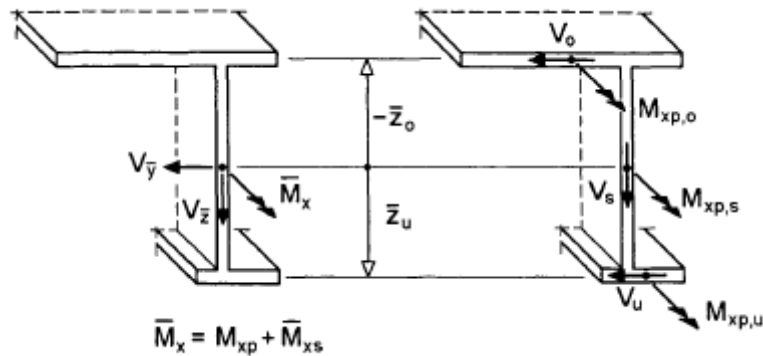


Bild 8.8: Teilschnittgrößen  $\tau$  im Dreiblechquerschnitt nach Bild 10.40 [1]

$$V_o = \frac{(V_y \cdot \bar{z}_u + \bar{M}_{xs})}{(\bar{z}_u - \bar{z}_o)}$$

$$V_o = \frac{(28,28 \cdot 0,206 + 4,589)}{(0,206 + 0,21)}$$

$$V_o = \underline{\underline{25,04 \text{ kN}}}$$

## Plastische Grenzschnittgrößen nach [1], Tabelle 10.17

$$V_{pl,o} = \tau_{Rd} \cdot b_o \cdot t_o$$

$$V_{pl,o} = 12,60 \cdot 30,0 \cdot 2,0$$

$$V_{pl,o} = \underline{\underline{755,80 \text{ kN}}}$$

$$M_{xp,o} = M_{xp} \cdot \frac{I_{T,o}}{I_T}$$

$$M_{xp,o} = \underline{\underline{0,00 \text{ kNm}}}$$

$$M_{pl,xp,o} = \frac{\tau_{Rd} \cdot t_o^2 \cdot (2 \cdot b_o - t_o)}{4}$$

$$M_{pl,xp,o} = \frac{12,60 \cdot 2,0^2 \cdot (2 \cdot 30,0 - 2,0)}{4}$$

$$M_{pl,xp,o} = \underline{\underline{730,61 \text{ kNcm}}}$$

## Nachweis nach [1], Tabelle 10.17

$$\tau_o = \frac{|M_{xp,o}|}{2 \cdot M_{pl,xp,o}} + \sqrt{\left(\frac{M_{xp,o}}{2 \cdot M_{pl,xp,o}}\right)^2 + \left(\frac{V_o}{V_{pl,o}}\right)^2} \cdot \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}}$$

$$\tau_o = \frac{|0,00|}{2 \cdot 730,61} + \sqrt{\left(\frac{0,00}{2 \cdot 730,61}\right)^2 + \left(\frac{25,04}{755,80}\right)^2} \cdot \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}} = \underline{\underline{0,417 \text{ kN/cm}^2}}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_o}{\tau_{Rd}} = \underline{\underline{0,03}} \leq 1,00$$

## 8.2.3 Schubwiderstand im Steg

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A Stab Nr.	B Stelle x [m]	C Lastfall	D Nachweis Ausnutzung	E	F
1	IU 432/300/20/12/180/12/6/6					Nachweis nach Formel
1	1	0,000	LF1	0,033	≤ 1	101) Nachweis des Schubflusses im Obergurt
1	1	0,000	LF1	0,201	≤ 1	102) Nachweis des Schubflusses im Steg
1	1	0,000	LF1	0,012	≤ 1	103) Nachweis des Schubflusses im Untergurt
1	1	0,001	LF1	0,563	≤ 1	104) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
1	1	0,001	LF1	0,339	≤ 1	105) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
1	1	0,000	LF1	0,000	≤ 1	106) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden minimalen zulässigen Normalkraft
1	1	0,000	LF1	0,000	≤ 1	107) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden maximalen zulässigen Normalkraft
1	1	0,001	LF1	0,797	≤ 1	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
1	1	0,001	LF1	0,797	≤ 1	109) Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse

Max: 0,797 ≤ 1

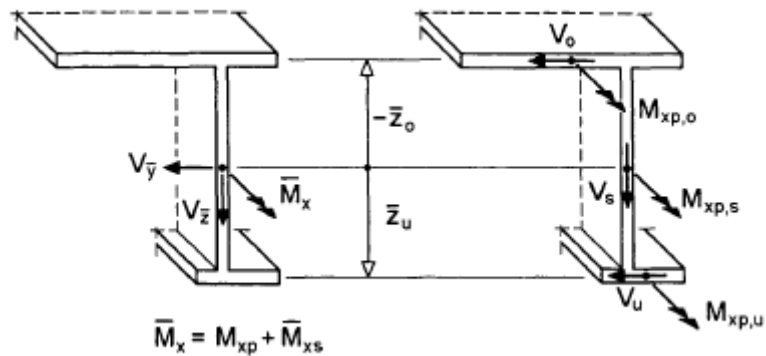
Zwischenwerte - Stab 1 - x: 0,000 m - LF1

- Materialwerte - Baustahl S 235 | DIN 18800:1990-11
- Querschnittswerte - IU 432/300/20/12/180/12/6/6
- Bemessungsschnittgrößen
- Nachweis

Streckgrenze des Stegs	$f_{y,w}$	21.818	kN/cm <sup>2</sup>
Streckgrenze des Stegs unter Querkraftbeanspruchung	$f_{y,\tau,w}$	12.597	kN/cm <sup>2</sup>
Widerstandsmoment des Stegs	$I_{T,w}$	22,60	cm <sup>4</sup>
Primäres Torsionsmoment bezogen auf die Mitte des Stegs	$T_{prim}$	0,00	kNcm
Sekundäres Torsionsmoment bezogen auf die Mitte des Stegs	$T_{sec}$	458,59	kNcm
Querkraftbeanspruchung des Stegs in der lokalen z-Richtung	$V_{z,w}$	121,67	kN
Plastische Querkrafttragfähigkeit des Stegs in der lokalen z-Richtung	$V_{pl,z,w}$	604,64	kN
Primäres Torsionsmoment im Steg	$T_{prim,w}$	0,00	kNcm
Plastische Torsionstragfähigkeit des Stegs	$T_{pl,w}$	357,34	kNcm
Schubspannung im Steg	$\tau_w$	2,535	kN/cm <sup>2</sup>
Ausnutzung der Schubspannung im Steg	$\tau_w/f_{y,\tau,w}$	0,201	≤ 1,000

Bild 8.9: Nachweis des Schubwiderstandes im Steg

## Teilschnittgrößen in den Querschnittsteilen nach [1], Tabelle 10.17

Bild 8.10: Teilschnittgrößen  $\tau$  im Dreiblechquerschnitt nach Bild 10.40 [1]

$$V_s = V_z^-$$

$$V_s = \underline{\underline{121,67 \text{ kN}}}$$

## Plastische Grenzschnittgrößen nach [1], Tabelle 10.17

$$V_{pl,s} = \tau_{Rd} \cdot h_s \cdot t_s$$

$$V_{pl,s} = 12,60 \cdot 40,0 \cdot 1,2$$

$$V_{pl,s} = \underline{\underline{604,64 \text{ kN}}}$$

$$M_{xp,s} = M_{xp} \cdot \frac{I_{T,s}}{I_T}$$

$$M_{xp,s} = \underline{\underline{0,00 \text{ kNm}}}$$

$$M_{pl, xp, s} = \frac{\tau_{Rd} \cdot t_s^2 \cdot (2 \cdot h_s - t_s)}{4}$$

$$M_{pl, xp, s} = \frac{12,60 \cdot 1,2^2 \cdot (2 \cdot 40,0 - 1,2)}{4}$$

$$M_{pl, xp, s} = \underline{\underline{357,34 \text{ kNcm}}}$$

## Nachweis nach [1], Tabelle 10.17

$$\tau_s = \frac{|M_{xp,s}|}{2 \cdot M_{pl, xp, s}} + \sqrt{\left(\frac{M_{xp,s}}{2 \cdot M_{pl, xp, s}}\right)^2 + \left(\frac{V_s}{V_{pl,s}}\right)^2} \cdot \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}}$$

$$\tau_s = \frac{|0,00|}{2 \cdot 357,34} + \sqrt{\left(\frac{0,00}{2 \cdot 357,34}\right)^2 + \left(\frac{121,67}{604,64}\right)^2} \cdot \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}} = \underline{\underline{2,54 \text{ kN/cm}^2}}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_s}{\tau_{Rd}} = \underline{\underline{0,20}} \leq 1,00$$

### 8.2.4 Schubwiderstand im Untergurt

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A Stab Nr.	B Stelle x [m]	C Lastfall	D Nachweis Ausnutzung	E	F
1	IU 432/300/20/12/180/12/6/6					Nachweis nach Formel
1	1	0.000	LF1	0.033	≤ 1	101) Nachweis des Schubflusses im Obergurt
1	1	0.000	LF1	0.201	≤ 1	102) Nachweis des Schubflusses im Steg
1	1	0.000	LF1	0.012	≤ 1	103) Nachweis des Schubflusses im Untergurt
1	1	0.001	LF1	0.563	≤ 1	104) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
1	1	0.001	LF1	0.339	≤ 1	105) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
1	1	0.000	LF1	0.000	≤ 1	106) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden minimalen zulässigen Normalkraft
1	1	0.000	LF1	0.000	≤ 1	107) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden maximalen zulässigen Normalkraft
1	1	0.001	LF1	0.797	≤ 1	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
1	1	0.001	LF1	0.797	≤ 1	109) Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse

Max: 0.797 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 0.000 m - LF1

Materialwerte - Baustahl S 235 | DIN 18800:1990-11

Querschnittswerte - IU 432/300/20/12/180/12/6/6

Bemessungsgrößen

Nachweis

Streckgrenze des Untergurtes	$f_{y, fu}$	21.818	kN/cm <sup>2</sup>
Streckgrenze des Untergurtes unter Querkraftbeanspruchung	$f_{y, t, fu}$	12.597	kN/cm <sup>2</sup>
Widerstandsmoment des Untergurtes	$I_{T, fu}$	9.93	cm <sup>4</sup>
Primäres Torsionsmoment bezogen auf die Mitte des Stegs	$T_{prim}$	0.00	kNcm
Sekundäres Torsionsmoment bezogen auf die Mitte des Stegs	$T_{sec}$	458.59	kNcm
Querkraft des unteren Flansches in der lokalen y-Richtung	$V_{y, fu}$	3.25	kN
Plastische Querkrafttragfähigkeit des Untergurtes in y-Richtung	$V_{pl, y, fu}$	272.09	kN
Primäres Torsionsmoment im Obergurt	$T_{prim, fu}$	0.00	kNcm
Plastische Torsionstragfähigkeit des Untergurtes	$T_{pl, fu}$	157.81	kNcm
Schubspannung im Obergurt	$\tau_{fu}$	0.151	kN/cm <sup>2</sup>
Ausnutzung der Schubspannung im Untergurt	$\tau_{fu} / f_{y, t, fu}$	0.012	≤ 1.000

Bild 8.11: Nachweis des Schubwiderstandes im Obergurt

#### Teilschnittgrößen in den Querschnittsteilen nach [1], Tabelle 10.17

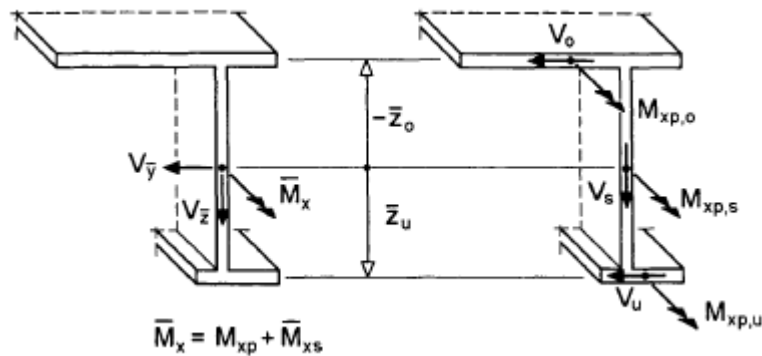


Bild 8.12: Teilschnittgrößen  $\tau$  im Dreiblechquerschnitt nach Bild 10.40 [1]

$$V_U = \frac{-(V_y \cdot \bar{z}_o + \bar{M}_{xs})}{(\bar{z}_u - \bar{z}_o)}$$

$$V_U = \frac{-(28,28 \cdot 0,21 + 4,589)}{(0,206 + 0,21)}$$

$$V_U = \underline{\underline{3,24 \text{ kN}}}$$



**Plastische Grenzschnittgrößen nach [1], Tabelle 10.17**

$$\begin{aligned}
 V_{pl,u} &= \tau_{Rd} \cdot b_u \cdot t_u & M_{xp,u} &= M_{xp} \cdot \frac{I_{T,u}}{I_T} \\
 V_{pl,u} &= 12,60 \cdot 18,0 \cdot 1,2 & M_{xp,u} &= 0,00 \text{ kNm} \\
 V_{pl,u} &= \underline{\underline{272,09 \text{ kN}}} & &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pl, xp, u} &= \frac{\tau_{Rd} \cdot t_u^2 \cdot (2 \cdot b_u - t_u)}{4} \\
 M_{pl, xp, u} &= \frac{12,60 \cdot 1,2^2 \cdot (2 \cdot 18,0 - 1,2)}{4} \\
 M_{pl, xp, u} &= \underline{\underline{157,81 \text{ kNcm}}}
 \end{aligned}$$

**Nachweis nach [1], Tabelle 10.17**

$$\begin{aligned}
 \tau_u &= \frac{|M_{xp,u}|}{2 \cdot M_{pl, xp, u}} + \sqrt{\left(\frac{M_{xp,u}}{2 \cdot M_{pl, xp, u}}\right)^2 + \left(\frac{V_o}{V_{pl,u}}\right)^2} \cdot \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}} \\
 \tau_u &= \frac{|0,00|}{2 \cdot 157,81} + \sqrt{\left(\frac{0,00}{2 \cdot 157,81}\right)^2 + \left(\frac{3,24}{272,09}\right)^2} \cdot \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}} = \underline{\underline{0,151 \text{ kN} / \text{cm}^2}} \\
 \Rightarrow \frac{\tau_u}{\tau_{Rd}} &= \underline{\underline{0,012}} \leq 1,00
 \end{aligned}$$

## 8.2.5 Nachweis des zulässigen Biegemoments im Obergurt

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A Stab Nr.	B Stelle x [m]	C Lastfall	D Nachweis Ausnutzung	E	F Nachweis nach Formel
1	IU 432/300/20/12/180/12/6/6					
	1	0.000	LF1	0.033	≤ 1	101) Nachweis des Schubflusses im Obergurt
	1	0.000	LF1	0.201	≤ 1	102) Nachweis des Schubflusses im Steg
	1	0.000	LF1	0.012	≤ 1	103) Nachweis des Schubflusses im Untergurt
	1	0.001	LF1	0.563	≤ 1	104) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
	1	0.001	LF1	0.339	≤ 1	105) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
	1	0.000	LF1	0.000	≤ 1	106) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden minimalen zulässigen Normalkraft
	1	0.000	LF1	0.000	≤ 1	107) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden maximalen zulässigen Normalkraft
	1	0.001	LF1	0.797	≤ 1	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
	1	0.001	LF1	0.797	≤ 1	109) Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse

Max: 0.797 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 0.001 m - LF1

- Materialwerte - Baustahl S 235 | DIN 18800:1990-11
- Querschnittswerte - IU 432/300/20/12/180/12/6/6
- Bemessungsschnittgrößen
- Nachweis

Nachweis	Wert	Einheit	Limit
Biegemoment des Obergurtes um die lokale z-Achse	M <sub>z,fo</sub>	-5526.81	kNm
Reduzierte Streckgrenze des Obergurtes (infolge Querkraft und Tors)	f <sub>y,τ,fo</sub>	21.806	kN/cm <sup>2</sup>
Plastische axiale Tragfähigkeit des Obergurtes	N <sub>pl,fo</sub>	1308.37	kN
Plastische Biegetragfähigkeit des Obergurtes um die lokale z-Achse	M <sub>pl,z,fo</sub>	9812.80	kNm
Ausnutzung des Biegemomentes im Obergurte	M <sub>z,fo</sub> /M <sub>pl,z,fo</sub>	0.563	≤ 1.000

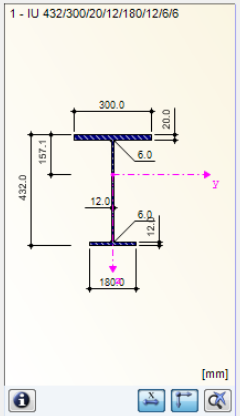


Bild 8.13: Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt

### Teilschnittgrößen in den Querschnittsteilen nach [1], Tabelle 10.20

$$M_{Sa,o} = \frac{(M_z \cdot \bar{z}_u - M_w)}{(\bar{z}_u - \bar{z}_o)}$$

$$M_{Sa,o} = \frac{(-6245 \cdot 0,206 - 101339)}{(0,206 + 0,21)}$$

$$M_{Sa,o} = \underline{\underline{-5528,50 \text{ kNm}}}$$

$$N_{pl,o,\tau} = b_o \cdot t_o \cdot f_{y,d} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\tau_o}{\tau_{Rd}}\right)^2}$$

$$N_{pl,o,\tau} = 30,0 \cdot 2,0 \cdot 21,82 \cdot \sqrt{1 - (0,033)^2}$$

$$N_{pl,o,\tau} = \underline{\underline{1308,37 \text{ kN}}}$$

### Plastische Grenzschnittgrößen nach [1], Tabelle 10.20

$$M_{pl,o,\tau} = \frac{N_{pl,o,\tau} \cdot b_o}{4}$$

$$M_{pl,o,\tau} = \frac{1308,37 \cdot 30,0}{4}$$

$$M_{pl,o,\tau} = \underline{\underline{9813,65 \text{ kNm} = 98,14 \text{ kNm}}}$$

### Nachweis nach [1], Tabelle 10.9

$$\frac{|M_{Sa,o}|}{M_{pl,o,\tau}} \leq 1 + \delta_o^2 \Rightarrow \delta_o = 2 \cdot \bar{y}_o / b_o = \underline{\underline{0,0 \text{ cm}}}$$

$$\frac{|-5528,50|}{9813,65} = 0,563 \leq 1,00$$

### 8.2.6 Nachweis des zulässigen Biegemoments im Untergurt

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A Stab Nr.	B Stelle x [m]	C Lastfall	D Nachweis Ausnutzung	E	F
1	IU 432/300/20/12/180/12/6/6					Nachweis nach Formel
1	1	0.000	LF1	0.033	≤ 1	101) Nachweis des Schubflusses im Obergurt
1	1	0.000	LF1	0.201	≤ 1	102) Nachweis des Schubflusses im Steg
1	1	0.000	LF1	0.012	≤ 1	103) Nachweis des Schubflusses im Untergurt
1	1	0.001	LF1	0.563	≤ 1	104) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
1	1	0.001	LF1	0.339	≤ 1	105) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
1	1	0.000	LF1	0.000	≤ 1	106) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden minimalen zulässigen Normalkraft
1	1	0.000	LF1	0.000	≤ 1	107) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden maximalen zulässigen Normalkraft
1	1	0.001	LF1	0.797	≤ 1	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
1	1	0.001	LF1	0.797	≤ 1	109) Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse

Max: 0.797 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 0.001 m - LF1

Materialwerte - Baustahl S 235 | DIN 18800:1990-11

Querschnittswerte - IU 432/300/20/12/180/12/6/6

Bemessungsquerschnittsgrößen

Nachweis

Biegemoment des Untergurtes um lokale z-Achse	M <sub>z,fu</sub>	-718.19	kNm
Reduzierte Streckgrenze des Untergurtes (infolge Querkraft und Torsion)	f <sub>y,τ,fu</sub>	21.817	kN/cm <sup>2</sup>
Plastische axiale Tragfähigkeit des Untergurtes	N <sub>pl,fu</sub>	471.24	kN
Plastische Biegetragfähigkeit des Untergurtes um die lokale z-Achse	M <sub>pl,z,fu</sub>	2120.58	kNm
Ausnutzung des Biegemomentes im Untergurt	M <sub>z,fu</sub> /M <sub>pl,z,f</sub>	0.339	≤ 1.000

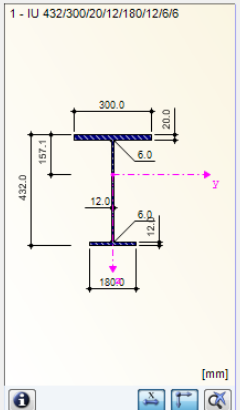


Bild 8.14: Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt

#### Teilschnittgrößen in den Querschnittsteilen nach [1], Tabelle 10.20

$$M_{Sa,u} = \frac{(-M_z \cdot \bar{z}_o + M_{\omega})}{(z_u - \bar{z}_o)}$$

$$M_{Sa,u} = \frac{(6245 \cdot (-21,0) + 101339)}{(20,6 + 21,0)}$$

$$M_{Sa,u} = -716,49 \text{ kNcm}$$

$$N_{pl,u,\tau} = b_u \cdot t_u \cdot f_{y,d} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\tau_u}{\tau_{Rd}}\right)^2}$$

$$N_{pl,u,\tau} = 18,0 \cdot 12 \cdot 21,82 \cdot \sqrt{1 - (0,012)^2}$$

$$N_{pl,u,\tau} = 471,24 \text{ kN}$$

#### Plastische Grenzschnittgrößen nach [1], Tabelle 10.20

$$M_{pl,u,\tau} = \frac{N_{pl,u,\tau} \cdot b_u}{4}$$

$$M_{pl,u,\tau} = \frac{471,24 \cdot 18,0}{4}$$

$$M_{pl,u,\tau} = 2120,58 \text{ kNcm} = 21,21 \text{ kNm}$$

#### Nachweis nach [1], Tabelle 10.9

$$\frac{|M_{Sa,u}|}{M_{pl,u,\tau}} \leq 1 + \delta_u^2 \Rightarrow \delta_u = 2 \cdot \bar{y}_u / b_u = 0,0 \text{ cm}$$

$$\frac{|-716,49|}{2120,58} = 0,338 \leq 1,00$$

### 8.2.7 Nachweis des zulässigen Biegemoments

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A Stab Nr.	B Stelle x [m]	C Lastfall	D Nachweis Ausnutzung	E	F
1	IU 432/300/20/12/180/12/6/6					Nachweis nach Formel
1	1	0.000	LF1	0.033	≤ 1	101) Nachweis des Schubflusses im Obergurt
1	1	0.000	LF1	0.201	≤ 1	102) Nachweis des Schubflusses im Steg
1	1	0.000	LF1	0.012	≤ 1	103) Nachweis des Schubflusses im Untergurt
1	1	0.001	LF1	0.563	≤ 1	104) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Obergurt
1	1	0.001	LF1	0.339	≤ 1	105) Nachweis des zulässigen Biegemomentes im Untergurt
1	1	0.000	LF1	0.000	≤ 1	106) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden minimalen zulässigen Normalkraft
1	1	0.000	LF1	0.000	≤ 1	107) Nachweis der auf den Querschnitt wirkenden maximalen zulässigen Normalkraft
1	1	0.001	LF1	0.798	≤ 1	108) Nachweis des minimalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse
1	1	0.001	LF1	0.798	≤ 1	109) Nachweis des maximalen zulässigen Biegemomentes um die starke Achse

Max: 0.798 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 0.001 m - LF1

Materialwerte - Baustahl S 235 | DIN 18800:1990-11

Querschnittswerte - IU 432/300/20/12/180/12/6/6

Bemessungsquerschnittswerte

Nachweis	Wert	Einheit	Limit
Bemessungsnormalkraft im Querschnitt	0.00	kN	
Bemessungsbiegemoment im Querschnitt um die starke Achse	27159.00	kNm	
Zulässige Normalkraft im Steg	1025.85	kN	
Min. zulässige Normalkraft im Obergurt	-864.69	kN	
Max. zulässige Normalkraft im Obergurt	864.69	kN	
Min. zulässige Normalkraft im Untergurt	-383.22	kN	
Max. zulässige Normalkraft im Untergurt	383.22	kN	
Min. zulässige Normalkraft im Querschnitt	-2273.76	kN	
Max. zulässige Normalkraft im Querschnitt	2273.76	kN	
Min. zulässiges Biegemoment um die lokale starke Achse	-34051.60	kNm	
Ausnutzung des Biegemomentes um die lokale starke Achse	0.798		≤ 1.000 [1]: Tab. 10.1

Bild 8.15: Nachweis des zulässigen Biegemomentes um die starke Achse

#### Grenznormalkräfte in den Gurten nach [1], Tabelle 10.18

$$\frac{M_{Sa,o}}{M_{pl,o,\tau}} = 0,563 \geq 2 \cdot \delta_o = 0,0$$

$$N_{gr,o,min} = N_{pl,o,\tau} \cdot \left( -\delta_o - \sqrt{\delta_o^2 + 1 - \left( \frac{M_{Sa,o}}{M_{pl,o,\tau}} \right)} \right)$$

$$N_{gr,o,min} = 1308,87 \cdot \left( -0,0 - \sqrt{0,0^2 + 1 - 0,563} \right)$$

$$N_{gr,o,min} = -864,52 \text{ kN} \Rightarrow N_{gr,o,max} = 864,52 \text{ kN}$$

$$\frac{M_{Sa,u}}{M_{pl,u,\tau}} = 0,339 \geq 2 \cdot \delta_u = 0,0$$

$$N_{gr,u,min} = N_{pl,u,\tau} \cdot \left( -\delta_u - \sqrt{\delta_u^2 + 1 - \left( \frac{M_{Sa,u}}{M_{pl,u,\tau}} \right)} \right)$$

$$N_{gr,u,min} = 471,24 \cdot \left( -0,0 - \sqrt{0,0^2 + 1 - 0,339} \right)$$

$$N_{gr,u,min} = -383,45 \text{ kN} \Rightarrow N_{gr,u,max} = 383,45 \text{ kN}$$

#### Grenznormalkraft im Steg nach [1], Tabelle 10.20

$$N_{gr,s,max} = h_s \cdot t_s \cdot f_{y,d} \cdot \sqrt{1 - \left( \frac{\tau_s}{\tau_{Rd}} \right)^2}$$

$$N_{gr,s,max} = 40,0 \cdot 1,2 \cdot 21,82 \cdot \sqrt{1 - 0,201^2}$$

$$N_{gr,s,max} = 1025,85 \text{ kN}$$

**Maßgebender Fall nach [1], Tabelle 10.19**

Da  $N = 0$  ist, sind alle möglichen Fälle zur Ermittlung von  $\max M_y$  erfüllt. Daher werden die Grenzbiegemomente für alle drei Fälle ermittelt. Der Minimalwert wird maßgebend.

• **Fall 1:**

$$\begin{aligned} \min M_y &= N_{gr,u,min} \cdot (\bar{z}_u - \bar{z}_o) + (N + N_{gr,s}) \cdot \bar{z}_o \\ \min M_y &= -383,45 \cdot (0,206 - (-0,21)) + (0,00 + 1025,85) \cdot (-0,21) \\ \min M_y &= \underline{\underline{-374,94 \text{ kNm}}} \end{aligned}$$

• **Fall 2:**

$$\begin{aligned} N_s &= N - N_{gr,o,max} - N_{gr,u,min} \\ N_s &= 0,00 - 864,52 - (-383,45) \\ N_s &= \underline{\underline{-481,07 \text{ kN}}} \\ \min M_y &= N_{gr,u,min} \cdot \bar{z}_u + N_{gr,o,max} \cdot \bar{z}_o - \frac{(N_{gr,s}^2 - N_{s}^2) \cdot h_s}{(4 \cdot N_{gr,s})} \\ \min M_y &= -383,45 \cdot 0,206 + 864,52 \cdot (-0,21) - \frac{(1025,85^2 - 481,07^2) \cdot 0,40}{(4 \cdot 1025,85)} \\ \min M_y &= \underline{\underline{-340,57 \text{ kNm}}} \Rightarrow \text{massgebend} \end{aligned}$$

• **Fall 3:**

$$\begin{aligned} \min M_y &= -N_{gr,o,max} \cdot (\bar{z}_u - \bar{z}_o) + (N - N_{gr,s}) \cdot \bar{z}_u \\ \min M_y &= -864,52 \cdot (0,206 - (-0,21)) + (0,00 - 1025,85) \cdot (0,206) \\ \min M_y &= \underline{\underline{-570,97 \text{ kNm}}} \end{aligned}$$

**Nachweis nach [1], Tabelle 10.19**

$$\begin{aligned} \frac{M_y}{\min M_y} &\leq 1,00 \\ \frac{27159,00}{34057,00} &= \underline{\underline{0,797}} \leq 1,00 \end{aligned}$$

## 8.3 Kreisförmiges Hohlprofil

Das folgende Beispiel ist in [1] auf Seite 446 vorgestellt.

### Querschnitt

Kreisquerschnitt Rohr 273/8

Baustahl S 235

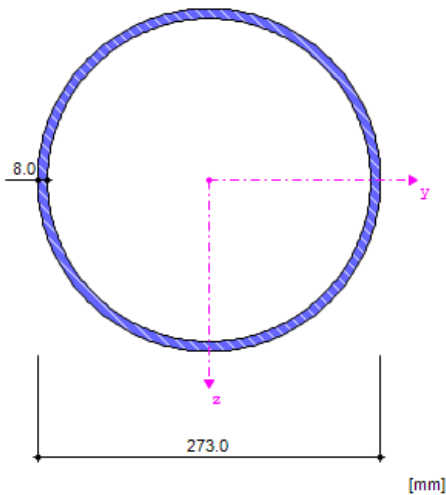


Bild 8.16: Kreisquerschnitt Rohr 273/8

### Querschnittswerte

Querschnittswert	Symbol	Wert	Einheit
Außendurchmesser	D	273,000	mm
Wanddicke	s	8,000	mm
Querschnittsfläche	A	66,600	cm <sup>2</sup>
Schubfläche	A <sub>y</sub>	33,040	cm <sup>2</sup>
Kernfläche	A <sub>k</sub>	551,550	cm <sup>2</sup>
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grades)	I <sub>y</sub>	5851,710	cm <sup>4</sup>
Polares Trägheitsmoment	I <sub>p</sub>	8275,570	cm <sup>4</sup>
Trägheitsradius	i <sub>y</sub>	93,700	mm
Polarer Trägheitsradius	i <sub>p</sub>	132,600	mm
Querschnittsgewicht	G	52,300	kg/m
Mantelfläche	A <sub>Mantel</sub>	0,858	m <sup>2</sup> /m
Torsionsträgheitsmoment	I <sub>t</sub>	11692,800	cm <sup>4</sup>
Widerstandsmoment für Torsion	W <sub>t</sub>	856,610	cm <sup>3</sup>
Widerstandsmoment	W <sub>y</sub>	428,700	cm <sup>3</sup>
Statisches Moment	S <sub>y,max</sub>	140,490	cm <sup>3</sup>
Plastisches Widerstandsmoment	W <sub>pl,y,max</sub>	561,970	cm <sup>3</sup>

Tabelle 8.3: Querschnittswerte Rohr 273/8

## Belastung

Querkraft  $V_{Ed} = 116,00 \text{ kN}$   
 Moment  $M_{T,Ed} = 40,00 \text{ kNm}$   
 Moment  $M_{y,Ed} = 100,00 \text{ kNm}$

### 8.3.1 Nachweis des Schubwiderstands

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A Stab Nr.	B Stelle x [m]	C Lastfall	D Nachweis Ausnutzung	E	F
2	Rohr 273/8					Nachweis nach Formel
	1	0.000	LF1	0.50	≤ 1	110) Nachweis des Schubwiderstandes
	1	0.010	LF1	0.79	≤ 1	111) Interaktionsnachweis der Normal- und Biegespannungen

Max: 0.79 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 0.000 m - LF1

- Materialwerte - Baustahl S 235 | DIN 18800:1990-11
- Querschnittswerte - Rohr 273/8
- Bemessungsschnittgrößen
- Nachweis

Streckgrenze	$f_y$	21.82	kN/cm <sup>2</sup>
Streckgrenze unter Querkraftbeanspruchung	$f_{y,\tau}$	12.60	kN/cm <sup>2</sup>
Bemessungsquerkraft in der lokalen y-Achse des Querschnitts	$V_y$	0.00	kN
Bemessungsquerkraft in der lokalen z-Achse des Querschnitts	$V_z$	116.00	kN
Plastische Querkrafttragfähigkeit des kreisförmigen Querschnitts	$V_{pl,y,z}$	534.10	kN
Bemessungstorsionsmoment	$T$	40.00	kNm
Plastische Torsionstragfähigkeit des Querschnitts	$T_{pl}$	111.16	kNm
Ausnutzung der Querkraft	$V_{Res}/V_{pl}$	0.22	
Ausnutzung des Torsionsmomentes	$T/T_{pl}$	0.36	
Schubspannung in der Querschnittswand (infolge Torsion und Querkraft)	$\tau_s$	6.33	kN/cm <sup>2</sup>
Ausnutzung der Schubspannung in der Querschnittswand	$\tau_s/f_{y,\tau}$	0.50	≤ 1.000

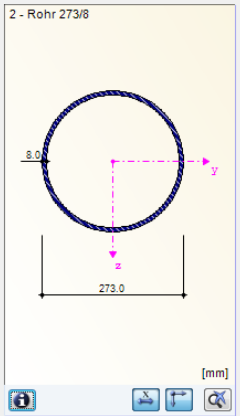


Bild 8.17: Nachweis des Schubwiderstandes

#### Materialkennwerte

$$f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = \frac{24.00}{1.1} = \underline{\underline{21.82 \text{ kN/cm}^2}}$$

$$\tau_{Rd} = \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}} = \frac{21.82}{\sqrt{3}} = \underline{\underline{12.60 \text{ kN/cm}^2}}$$

#### Plastische Grenzschnittgrößen nach [1], Tabelle 10.10

$$V_{pl,y,z} = 2 \cdot \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}} \cdot t \cdot (d - t)$$

$$V_{pl,y,z} = 2 \cdot \frac{21.82}{\sqrt{3}} \cdot 0.8 \cdot (27.30 - 0.8)$$

$$V_{pl,y,z} = \underline{\underline{534.10 \text{ kN}}}$$

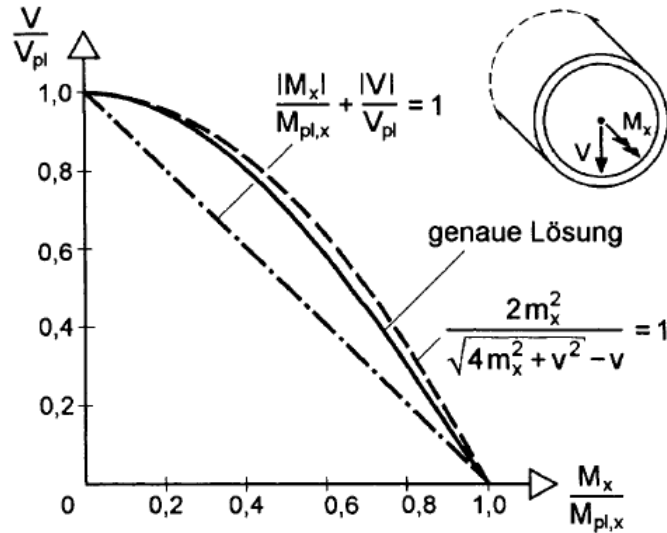
$$M_{pl,x} = \pi \cdot \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}} \cdot t \cdot (d - t)^2 / 2$$

$$M_{pl,x} = \pi \cdot \frac{21.82}{\sqrt{3}} \cdot 0.8 \cdot (27.30 - 0.8)^2 / 2$$

$$M_{pl,x} = 11116.28 \text{ kNcm} = \underline{\underline{111.16 \text{ kNm}}}$$

**Nachweis nach [1], Tabelle 10.10**

Die Nachweisbedingungen der Tabelle 10.10 gelten für die lineare Interaktion. Im Modul STAHL Plastisch ist jedoch die iterative Methode der genauen Lösung implementiert. Dadurch ergeben sich für dieses Beispiel höhere Tragfähigkeiten als in [1] angegeben.

Bild 8.18:  $M_x$ - $V$ -Interaktion (genaue Lösung und Näherungen)**Lineare Interaktion**

$$\tau = \frac{|V|}{V_{pl}} + \frac{|M_x|}{M_{pl,x}} \cdot \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}}$$

$$\tau = \frac{|116|}{534.10} + \frac{|40|}{116.16} \cdot \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}} = 7.25 \text{ kN/cm}^2$$

$$\Rightarrow \frac{\tau}{\tau_{Rd}} = \underline{\underline{0.57 \leq 1.00}}$$

**Genauere Lösung**

$$\tau = 6.33 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \frac{\tau}{\tau_{Rd}} = \underline{\underline{0.50 \leq 1.00}}$$



## 8.3.2 Interaktion der Normal- und Biegespannungen

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A Stab Nr.	B Stelle x [m]	C Lastfall	D Nachweis Ausnutzung	E	F
2	Rohr 273/8					Nachweis nach Formel
	1	0.000	LF1	0.50	≤ 1	110) Nachweis des Schubwiderstandes
	1	0.010	LF1	0.79	≤ 1	111) Interaktionsnachweis der Normal- und Biegespannungen

Max: 0.79 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 0.010 m - LF1

Materialwerte - Baustahl S 235 | DIN 18800:1990-11

Querschnittswerte - Rohr 273/8

Bemessungsschnittgrößen

Nachweis

Streckgrenze	$f_y$	21.82	kN/cm <sup>2</sup>
Streckgrenze unter Querkraftbeanspruchung	$f_{y,\tau}$	12.60	kN/cm <sup>2</sup>
Abminderungsbeiwert der Streckgrenze	$\chi_y$	0.86	
Streckgrenze reduziert infolge Querkraft und Torsion	$f_{y,\tau,red}$	18.86	kN/cm <sup>2</sup>
Bemessungsnormalkraft	N	0.00	kN
Plastische axiale Tragfähigkeit des Querschnitts (reduziert infolge Torsion)	$N_{pl,\tau}$	1256.09	kN
Verhältnis der Bemessungsnormalkraft zu der reduzierten plastischen axia	$N/N_{pl,\tau}$	0.00	
Bemessungsbiegemoment um die starke Achse	$M_y$	100.00	kNm
Bemessungswert des Biegemomentes um die schwache Achse	$M_z$	0.00	kNm
Plastische Biegetragfähigkeit des Querschnitts (reduziert infolge Torsion)	$M_{pl,\tau}$	105.95	kNm
Verhältnis des Bemessungsbiegemomentes um die starke Achse zu der r	$M_y/M_{pl,\tau}$	0.94	
Ausnutzung des Biegemomentes um die schwache Achse	$M_z/M_{pl,\tau}$	0.00	
Ausnutzung des Biegemomentes	$M_{Res}/M_{pl}$	0.94	
Plastischer Zustand infolge Interaktionsbeziehungen	$\eta$	0.79	≤ 1.00

M<sub>Res,Ed</sub>=√(M

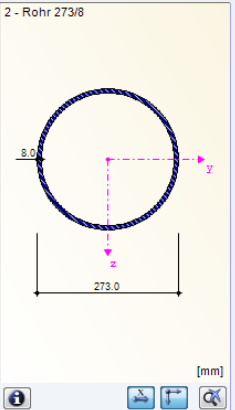


Bild 8.19: Interaktionsnachweis der Normal- und Biegespannungen

## Abminderungsbeiwert der Streckgrenze

$$\chi_y = \sqrt{1 - \left(\frac{\tau}{\tau_R}\right)^2} = \sqrt{1 - 0.504^2} = \underline{\underline{0.864}}$$

$$red f_y = f_y \cdot \chi_y = 21.82 \cdot 0.864 = \underline{\underline{18.86 \text{ kN/cm}^2}}$$

## Plastische Grenzschnittgrößen nach [1], Tabelle 10.10

$$N_{pl,\tau} = \pi \cdot t \cdot (d - t) \cdot red f_y$$

$$N_{pl,\tau} = \pi \cdot 0.8 \cdot (27.30 - 0.8) \cdot 18.86$$

$$N_{pl,\tau} = \underline{\underline{1256.09 \text{ kN}}}$$

$$M_{pl,\tau} = t \cdot (d - t)^2 \cdot red f_y$$

$$M_{pl,\tau} = 0.8 \cdot (27.30 - 0.8)^2 \cdot 18.86$$

$$M_{pl,\tau} = 10595.55 \text{ kNcm} = \underline{\underline{105.96 \text{ kNm}}}$$

## Nachweis nach [1], Tabelle 10.10

$$\frac{N}{N_{pl,\tau}} + \frac{2}{\pi} \cdot \arcsin\left(\frac{|M|}{M_{pl,\tau}}\right) \leq 1.00$$

$$\frac{0.00}{1256.09} + \frac{2}{\pi} \cdot \arcsin\left(\frac{|100|}{105.96}\right) \leq 1.00$$

$$\underline{\underline{0.79 \leq 1.00}}$$

## 8.4 Rechteckiges Hohlprofil

Das folgende Beispiel ist in [1] auf Seite 458 vorgestellt.

### Querschnitt

Kastenquerschnitt TO 300/200/8

Baustahl S 355

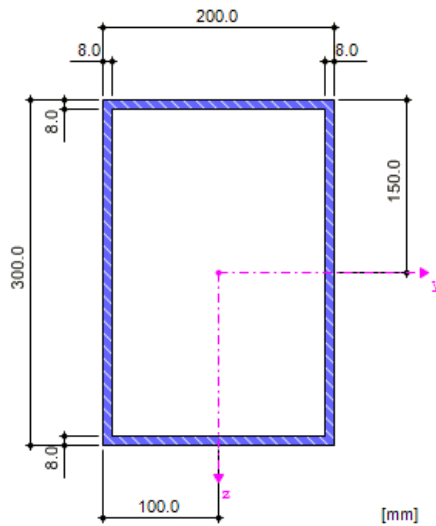


Bild 8.20: Kastenquerschnitt TO 300/200/8

### Querschnittswerte

Querschnittswert	Symbol	Wert	Einheit
Höhe	$a$	300,000	mm
Breite	$b$	200,000	mm
Linke Wanddicke	$t_{al}$	8,000	mm
Rechte Wanddicke	$t_{ar}$	8,000	mm
Obere Wanddicke	$t_{bo}$	8,000	mm
Untere Wanddicke	$t_{bu}$	8,000	mm
Querschnittsfläche	$A$	77,440	cm <sup>2</sup>
Schubfläche	$A_y$	22,840	cm <sup>2</sup>
Schubfläche	$A_z$	41,800	cm <sup>2</sup>
Kernfläche	$A_k$	560,640	cm <sup>2</sup>
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grades)	$I_y$	9877,000	cm <sup>4</sup>
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grades)	$I_z$	5256,840	cm <sup>4</sup>
Polares Trägheitsmoment	$I_p$	15133,800	cm <sup>4</sup>
Trägheitsradius	$i_y$	112,900	mm
Trägheitsradius	$i_z$	82,400	mm
Polarer Trägheitsradius	$i_p$	139,800	mm
Querschnittsgewicht	$G$	60,800	kg/m
Mantelfläche	$A_{Mantel}$	1,000	m <sup>2</sup> /m
Torsionsträgheitsmoment	$I_t$	10407,200	cm <sup>4</sup>
Wölbwiderstand bezogen auf M	$I_\omega$	21647,200	cm <sup>6</sup>

Widerstandsmoment	$W_y$	658,470	cm <sup>3</sup>
Widerstandsmoment	$W_z$	525,680	cm <sup>3</sup>
Wölbwiderstandsmoment	$W_\omega$	747,520	cm <sup>4</sup>
Statisches Moment	$S_{y,max}$	197,460	cm <sup>3</sup>
Statisches Moment	$S_{z,max}$	149,060	cm <sup>3</sup>
Wölbordinate	$\omega_{max}$	28,960	cm <sup>2</sup>
Wölbfläche (Flächenmoment 1. Grades mit $\varpi$ )	$S_{\omega,max}$	149,810	cm <sup>4</sup>
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,y,max}$	789,820	cm <sup>3</sup>
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,z,max}$	596,220	cm <sup>3</sup>
Plastischer Formbeiwert	$\alpha_{pl,y,max}$	1,199	
Plastischer Formbeiwert	$\alpha_{pl,z,max}$	1,134	

Tabelle 8.4: Querschnittswerte TO 300/200/8

## Belastung

Querkraft  $V_{Ed} = 48,00 \text{ kN}$   
 Moment  $M_{T,Ed} = 24,00 \text{ kNm}$   
 Moment  $M_{y,Ed} = 240,00 \text{ kNm}$

## 8.4.1 Schubwiderstand in den Gurten

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A Stab Nr.	B Stelle x [m]	C Lastfall	D Nachweis Ausnutzung	E	F
1	TO 300/200/8/8/8/8					Nachweis nach Formel
	1	0.000	LF1	0.14	≤ 1	114) Nachweis des Schubwiderstandes in Gurten
	1	0.000	LF1	0.20	≤ 1	115) Nachweis des Schubwiderstandes im Steg
	1	0.000	LF1	0.94	≤ 1	116) Interaktionsnachweis der Normal- und Biegespannungen

Max: 0.94 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 0.000 m - LF1

- Materialwerte - Baustahl S 355 | DIN 18900:1990-11
- Querschnittswerte - TO 300/200/8/8/8/8
- Bemessungsquerschnittsgrößen
- Nachweis
  - Idealisierte Steghöhe  $h_w$  292.0 mm
  - Idealisierte Stegdicke  $t_w$  8.0 mm
  - Idealisierte Gurtbreite  $b_f$  192.0 mm
  - Idealisierte Gurtdicke  $t_f$  8.0 mm
  - Streckgrenze des unteren und oberen Gurtes  $f_{y,t,f}$  32.73 kN/cm<sup>2</sup>
  - Streckgrenze des Unter- und Obergurtes unter Querkraftbeanspruchung  $f_{y,t,f}$  18.90 kN/cm<sup>2</sup>
  - Bemessungsquerkraft in der lokalen y-Achse des Querschnitts  $V_y$  0.00 kN
  - Bemessungstorsionsmoment  $T$  24.00 kNm
  - Gurtquerkraft infolge interner Verteilung  $V_{y,f}$  41.10 kNm
  - Plastische Querkrafttragfähigkeit des Ober- und Untergurtes in z-Richtung  $V_{pl,z,f}$  290.23 kNm
  - Schubspannung im Ober- und Untergurt  $\tau_f$  1.34 kN/cm<sup>2</sup>
  - Verhältnis der Schubspannung im Gurt zu der Streckgrenze des Gurtes  $\tau_f/f_{y,t,f}$  0.14 ≤ 1.000

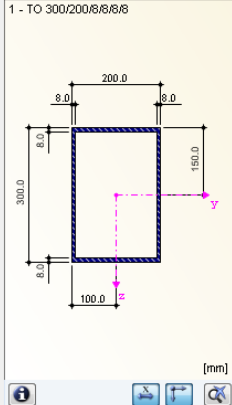


Bild 8.21: Nachweis des Schubwiderstandes in den Gurten

## Materialkennwerte

$$f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = \frac{36.00}{1.1} = \underline{\underline{32.73 \text{ kN/cm}^2}}$$

$$\tau_{Rd} = \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}} = \frac{32.73}{\sqrt{3}} = \underline{\underline{18.90 \text{ kN/cm}^2}}$$

**Plastische Grenzschnittgrößen nach [1], Tabelle 10.14**

$$\begin{aligned}
 V_{pl,Gurt} &= 2 \cdot b \cdot t_G \cdot \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}} & V_{pl,Steg} &= 2 \cdot h_s \cdot t_s \cdot \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}} \\
 V_{pl,Gurt} &= 2 \cdot 19,20 \cdot 0,80 \cdot \frac{32,73}{\sqrt{3}} & V_{pl,Steg} &= 2 \cdot 29,20 \cdot 0,80 \cdot \frac{32,73}{\sqrt{3}} \\
 V_{pl,Gurt} &= \underline{\underline{580,46 \text{ kN}}} & V_{pl,Steg} &= \underline{\underline{883,00 \text{ kN}}}
 \end{aligned}$$

**Teilschnittgrößen in den Querschnittsteilen**

$$\begin{aligned}
 V_{Gurt} &= \frac{|V_y|}{2} + \frac{|M_x| \cdot b}{2 \cdot a_g \cdot a_s} & V_{Steg} &= \frac{|V_z|}{2} + \frac{|M_x| \cdot h_s}{2 \cdot a_g \cdot a_s} \\
 V_{Gurt} &= \frac{|0,00|}{2} + \frac{|24| \cdot 0,192}{2 \cdot 0,292 \cdot 0,192} & V_{Steg} &= \frac{|48,00|}{2} + \frac{|24| \cdot 0,292}{2 \cdot 0,292 \cdot 0,192} \\
 V_{Gurt} &= \underline{\underline{41,10 \text{ kN}}} & V_{Steg} &= \underline{\underline{86,50 \text{ kN}}}
 \end{aligned}$$

**Nachweis nach [1], Tabelle 10.14**

$$\begin{aligned}
 \tau_G &= \left( V_y + \frac{M_x \cdot b}{a_g \cdot a_s} \right) \cdot \frac{1}{V_{pl,y}} \cdot \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}} \\
 \tau_G &= \left( 0,00 + \frac{24,00 \cdot 0,192}{0,292 \cdot 0,192} \right) \cdot \frac{1}{580,46} \cdot 18,90 = 2,68 \text{ kN} / \text{cm}^2 \\
 \Rightarrow \frac{\tau_G}{\tau_{Rd}} &= \underline{\underline{0,14}} \leq 1,00
 \end{aligned}$$

### 8.4.2 Schubwiderstand im Steg

2.2 Nachweise querschnittsweise

Quersch. Nr.	A Stab Nr.	B Stelle x [m]	C Lastfall	D Nachweis Ausnutzung	E	F
1	TO 300/200/8/8/8/8					Nachweis nach Formel
1		0.000	LF1	0.14	≤ 1	114) Nachweis des Schubwiderstandes in Gurten
1		0.000	LF1	0.20	≤ 1	115) Nachweis des Schubwiderstandes im Steg
1		0.000	LF1	0.94	≤ 1	116) Interaktionsnachweis der Normal- und Biegespannungen

Max: 0.94 ≤ 1

Zwischenwerte - Stab 1 - x: 0.000 m - LF1

- Materialwerte - Baustahl S 355 | DIN 18800:1990-11
- Querschnittswerte - TO 300/200/8/8/8/8
- Bemessungsschnittgrößen
- Nachweis

Idealisierte Steghöhe	h <sub>w</sub>	292.0	mm
Idealisierte Stegdicke	t <sub>w</sub>	8.0	mm
Idealisierte Gurtbreite	b <sub>f</sub>	192.0	mm
Idealisierte Gurticke	t <sub>f</sub>	8.0	mm
Streckgrenze des Stegs	f <sub>y,w</sub>	32.73	kN/cm <sup>2</sup>
Streckgrenze des Stegs unter Querkraftbeanspruchung	f <sub>y,z,w</sub>	18.90	kN/cm <sup>2</sup>
Bemessungsquerkraft in der lokalen z-Achse des Querschnitts	V <sub>z</sub>	48.00	kN
Bemessungstorsionsmoment	T	24.00	kNm
Stegquerkraft infolge interner Verteilung	V <sub>z,w</sub>	86.50	kNm
Plastische Querkrafttragfähigkeit des Stegs in der lokalen z-Richtung	V <sub>pl,z,w</sub>	441.39	kNm
Schubspannung im Steg	τ <sub>w</sub>	1.85	kN/cm <sup>2</sup>
Schubspannung im Steg zu der Streckgrenze des Stegs unter Querkraft	τ <sub>w</sub> /f <sub>y,z,w</sub>	0.20	≤ 1.000

Bild 8.22: Nachweis des Schubwiderstandes im Steg

#### Nachweis nach [1], Tabelle 10.14

$$\tau_S = \left( V_z + \frac{M_x \cdot h_s}{a_g \cdot a_s} \right) \cdot \frac{1}{V_{pl,z}} \cdot \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}}$$

$$\tau_S = \left( 48,00 + \frac{24,00 \cdot 0,292}{0,292 \cdot 0,192} \right) \cdot \frac{1}{883,00} \cdot 18,90 = 3,70 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_S}{\tau_{Rd}} = \underline{\underline{0.20}} \leq 1.00$$

### 8.4.3 Interaktion der Normal- und Biegespannungen

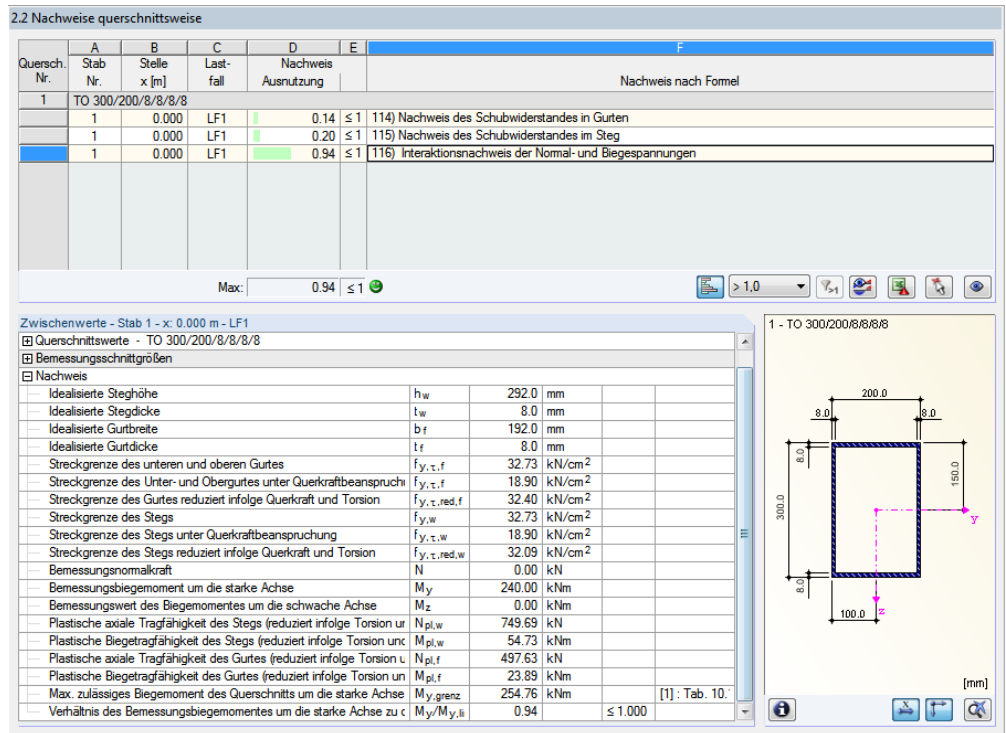


Bild 8.23: Interaktionsnachweis der Normal- und Biegespannungen

#### Abminderungsbeiwerte der Streckgrenze nach [1], Tabelle 10.15

$$red f_{y,g} = f_{y,g} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\tau_G}{\tau_{Rd}}\right)^2} = 32,73 \cdot \sqrt{1 - 0,14^2} = \underline{\underline{32,40 \text{ kN/cm}^2}}$$

$$red f_{y,s} = f_{y,s} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\tau_S}{\tau_{Rd}}\right)^2} = 32,73 \cdot \sqrt{1 - 0,20^2} = \underline{\underline{32,09 \text{ kN/cm}^2}}$$

#### Plastische Grenzschnittgrößen nach [1], Tabelle 10.15

$$N_{pl,g} = red f_y \cdot b \cdot t_g \quad N_{pl,s} = red f_y \cdot h_s \cdot t_g$$

$$N_{pl,g} = 32,40 \cdot 19,2 \cdot 0,8 \quad N_{pl,s} = 32,09 \cdot 29,2 \cdot 0,8$$

$$N_{pl,g} = \underline{\underline{497,66 \text{ kN}}} \quad N_{pl,s} = \underline{\underline{749,62 \text{ kN}}}$$

#### Nachweis nach [1], Tabelle 10.15 – Fall 1a

$$M_{pl,y} = N_{pl,g} \cdot a_g + \frac{h_s}{2 \cdot N_{pl,s}} \cdot \left[ N_{pl,s}^2 - \frac{N^2}{4} - \left(\frac{M_z}{a_g}\right)^2 \right]$$

$$M_{pl,y} = 497,66 \cdot 0,292 + \frac{0,292}{2 \cdot 749,62} \cdot \left[ 749,62^2 - \frac{0^2}{4} - \left(\frac{0}{0,192}\right)^2 \right]$$

$$M_{pl,y} = 254,76 \text{ kNm} \geq 240,00 \text{ kNm}$$

Auslastung :  $\underline{\underline{0.94 \leq 1.00}}$

# **A Literatur**

- [1] Rolf KINDMANN, Jörg FRICKEL: Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit Grundlagen, Methoden, Berechnungsverfahren, Ernst & Sohn, Berlin, 2002
- [2] Plastic interaction relations for elliptical hollow sections, Farhood NOWZARTASH, Magdi MOHAREB, Thin-Walled Structures, 47 (2009), S. 681-691
- [3] DUENQ 7 Programmbeschreibung, Dlubal Software GmbH, Januar 2013.

# B Index

<b>A</b>		<b>G</b>	
Allgemein.....	17	Grafik.....	31
Anmerkung .....	14	Grafikausdruck.....	36
Ausdruckprotokoll.....	36, 37	<b>H</b>	
Ausnutzung.....	13, 22	Hintergrundgrafik.....	31
<b>B</b>		<b>I</b>	
Basisangaben .....	8	Installation .....	6
Beenden von STAHL Plastisch .....	8	<b>K</b>	
Bemessen.....	9	Kommentar .....	9
Bemessungsfall .....	31, 38, 39	<b>L</b>	
Bemessungsverfahren.....	13, 18	Länge .....	28
Benutzerprofil.....	42	Lastfall.....	9, 26
Berechnung.....	16	Lastkombination .....	9
Berechnung starten.....	20	<b>M</b>	
Berechnungsoptionen .....	16	Masken .....	8
Blättern in Masken .....	8	Masse .....	29
<b>D</b>		Material .....	10, 43
Detaileinstellungen .....	16	Materialbezeichnung .....	10
Dezimalstellen.....	10, 42	Materialbibliothek.....	11
Drucken .....	36	Materialkennwerte .....	10
<b>E</b>		<b>N</b>	
Einheiten .....	10, 42	Nachweis .....	21, 22, 23
Einstellungen.....	16	Nachweis farbig.....	34
Elliptischer Querschnitt.....	18	Navigator .....	8
Ergebnisauswertung.....	30	<b>O</b>	
Ergebnisdarstellung.....	32	Oberfläche.....	28
Ergebnisdiagramm .....	33	OpenOffice.....	43
Ergebniskombination .....	9, 30	Optimierung.....	13, 17, 40, 41
Ergebnismasken .....	21	<b>P</b>	
Ergebnistabellen .....	17	Panel.....	7, 32, 34
Ergebnisverläufe.....	33, 36	Parametrisches Profil .....	40
Ergebniswerte .....	31	Position .....	28
Excel.....	43	Programmaufruf .....	6
Export.....	43	<b>Q</b>	
Export Material.....	43	Querschnitt .....	12, 40
Export Querschnitt .....	41	Querschnittsbibliothek.....	12
<b>F</b>		Querschnittsinfo .....	14
Farbskala .....	34	Querschnittsoptimierung.....	40
Favorit .....	40	Querschnittstyp.....	13
Filter.....	30, 34		
Filtern von Stäben.....	35		



**R**

Relationsbalken .....	30
Rendering .....	34
RSTAB-Arbeitsfenster.....	31
RSTAB-Grafik.....	36

**S**

Schaltflächen .....	30
Schnittgrößen .....	26, 41
Sichtbarkeiten .....	34
Sichtmodus .....	30, 31
Simplex-Methode .....	16, 19
Spannungspunkt.....	15
Stäbe.....	9
Stabsatz .....	9, 24, 27, 29
Starten von STAHL Plastisch.....	6
Stelle x.....	22

Steuerpanel .....	34
Stückliste .....	28, 29
Summe .....	29

**T**

Teilschnittgrößenverfahren .....	4, 13, 18
Teilsicherheitsbeiwert.....	16
Tragfähigkeit .....	9

**V**

Verborgener Ergebnisverlauf .....	34
Volumen .....	29
Voute.....	14, 23, 41

**X**

x-Stelle.....	22, 26
---------------	--------

**Z**

Zeigen-Navigator.....	32, 34
Zwischenablage .....	43