

**Fassung  
Oktober 2007**

**Zusatzmodul**

# **STAHL**

**Spannungsanalyse  
Profilloptimierung**

## **Programm- Beschreibung**

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Ingenieur-Software Dlubal GmbH ist es nicht gestattet, diese Programmbeschreibung oder Teile daraus auf jedwede Art zu vervielfältigen.

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

Tel.: +49 (0) 9673 9203-0  
Fax: +49 (0) 9673 1770  
E-Mail: [info@dlubal.com](mailto:info@dlubal.com)  
Web: [www.dlubal.de](http://www.dlubal.de)



# Inhalt

	Inhalt	Seite		Inhalt	Seite
1.	Einleitung	5	4.8	Stückliste stabsatzbezogen	32
1.1	Zusatzmodul STAHL	5	5.	Ergebnisauswertung	33
1.2	STAHL Team	6	5.1	Auswahl der Spannungen	34
1.3	Gebrauch des Handbuchs	7	5.2	Ergebnisse am Querschnitt	35
1.4	Aufruf des STAHL-Moduls	7	5.3	Ergebnisse am RSTAB-Modell	37
2.	Eingabedaten	9	5.4	Ergebnisverläufe	40
2.1	Basisangaben	9	5.5	Filter für Ergebnisse	41
2.2	Materialien	10	6.	Ausdruck	43
2.3	Querschnitte	15	6.1	Ausdruckprotokoll	43
3.	Berechnung	18	6.2	STAHL-Grafiken drucken	43
3.1	Spannungen und Ausnutzung	18	6.2.1	Ergebnisse am Querschnitt	43
3.2	Berechnungsdetails	21	6.2.2	Ergebnisse am RSTAB-Modell	45
3.3	Start der Berechnung	24	7.	Allgemeine Funktionen	47
4.	Ergebnisse	25	7.1	STAHL-Bemessungsfälle	47
4.1	Spannungen querschnittsweise	25	7.2	Profiloptimierung	48
4.2	Spannungen stabsatzweise	28	7.3	Einheiten und Dezimalstellen	51
4.3	Spannungen stabweise	28	7.4	Export der Ergebnisse	51
4.4	Spannungen x-stellenweise	29	A	Literatur	53
4.5	Spannungen in jedem Spannungspunkt	29	B	Index	54
4.6	Maßgebende Schnittgrößen	30			
4.7	Stückliste stabbezogen	31			



# 1. Einleitung

## 1.1 Zusatzmodul STAHL

STAHL stellt kein eigenständig lauffähiges Programm dar, sondern ist als Zusatzmodul fest in die Benutzeroberfläche des Hauptprogramms RSTAB integriert. Damit werden die strukturspezifischen Eingabedaten sowie die Schnittgrößen dem Nachlaufmodul automatisch zur Verfügung gestellt. Umgekehrt können die STAHL-Ergebnisse im Arbeitsfenster von RSTAB grafisch ausgewertet und auch in das globale Ausdruckprotokoll eingebunden werden.

STAHL leistet allgemeine Spannungsnachweise, indem vorhandene Spannungen berechnet und anschließend den Grenzspannungen gegenübergestellt werden. Hierzu stehen eine umfangreiche Querschnittsbibliothek und eine erweiterbare Materialbibliothek mit den norm-spezifischen Grenzspannungen zur Verfügung. Jedes Profil ist mit bemessungsrelevanten Spannungspunkten versehen, die auch für die grafische Auswertung zur Verfügung stehen.

Im Zuge der Spannungsanalyse werden auch die maximalen Spannungen von Stabsätzen ermittelt sowie die für jeden Stab maßgebenden Schnittgrößen dokumentiert. Zudem wird in STAHL eine automatische Querschnittsoptimierung mitsamt Exportmöglichkeit der geänderten Profile nach RSTAB angeboten.

Separate STAHL-Bemessungsfälle erlauben eine flexible Untersuchung der Spannungen. Die Bemessung wird durch eine Stückliste mit Massenermittlung abgerundet.

Einige Neuerungen in STAHL sind:

- Ausweisung der maximalen Ausnutzung in der Querschnittsmaske als Entscheidungshilfe zur Profilloptimierung
- Kopplung der STAHL-Masken mit dem RSTAB-Arbeitsfenster, wodurch die aktuellen Objekte in der Hintergrundgrafik selektiert werden
- Sichtmodus zur Änderung der RSTAB-Ansicht im hinterlegten Arbeitsfenster
- Farb-Relationsbalken in den Ergebnismasken
- Kurzinfo über eingehaltenen oder nicht erfüllten Spannungsnachweis
- Darstellung der STAHL-Spannungen und -Ausnutzungen als Ergebnisverläufe
- Filtermöglichkeit für die Spannungsdarstellung in der RSTAB-Grafik
- Anzeige der Spannungen und Ausnutzungen am gerenderten Modell
- Direkter Datenexport zu MS Excel

Wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg mit STAHL.

Ihr Team von ING.-SOFTWARE DLUBAL GMBH

### 1.2 STAHL Team

An der Entwicklung von STAHL waren beteiligt:

#### Programmkoordinierung

Dipl.-Ing. Georg Dlubal  
Dipl.-Ing. (FH) Younes El Frem

#### Programmierung

Ing. Zdeněk Kosáček	Ing. Roman Svoboda
Mgr. Petr Oulehle	Dis. Jiří Šmerák
David Schweiner	Lukáš Tůma

#### Querschnitts- und Materialdatenbank

Ing. Ph.D. Jan Rybín  
Jan Brnušák

#### Programmdesign, Dialogbilder und Icons

Dipl.-Ing. Georg Dlubal	Ing. Jan Milář
MgA. Robert Kolouch	

#### Programmkontrolle

Ing. Robert Michalovič	Michala Sobotková
Petr Pražák	Ing. Martin Vasek

#### Handbuch, Hilfesystem und Übersetzungen

Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl	Ing. Petr Míchal
Ing. Dmitry Bystrov	Ing. Robert Michalovič
Jan Jeřábek	Mgr. Florian Nadge
Ing. Ladislav Kábrt	Mgr. Petra Pokorná

#### Technische Unterstützung und Endkontrolle

Dipl.-Ing. (FH) Michael Bausch	Dipl.-Ing. David Röseler
Dipl.-Ing. Rafael Ceglarek	Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler
Dipl.-Ing. (FH) Matthias Entenmann	Dipl.-Ing. (FH) Christian Stautner
Dipl.-Ing. Frank Faulstich	Dipl.-Ing. (FH) Paul Stolbunski
Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier	Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

## 1.3 Gebrauch des Handbuchs

Die Themenbereiche Installation, Benutzeroberfläche, Ergebnisauswertung und Ausdruck werden im RSTAB-Handbuch ausführlich erläutert, sodass auf eine Beschreibung verzichtet werden kann. Der Schwerpunkt dieses Handbuchs liegt auf den Besonderheiten, die sich im Rahmen der Arbeit mit dem Zusatzmodul ergeben.

Das STAHL-Handbuch orientiert sich an der Reihenfolge und am Aufbau der Eingabe- und Ergebnismasken. Im Text werden die beschriebenen **Schaltflächen** (Buttons) in eckige Klammern gesetzt, z. B. [Details]. Gleichzeitig sind sie am linken Rand abgebildet. Zudem werden die **Begriffe** der Dialoge, Tabellen und Menüs durch *Kursivschrift* hervorgehoben, um das Nachvollziehen der Erläuterungen zu erleichtern.

Das Handbuch enthält auch ein Stichwortverzeichnis. Sollten Sie trotzdem nicht fündig werden, steht auf unserer Website [www.dlubal.de](http://www.dlubal.de) eine Suchfunktion zur Verfügung, mit der Sie in der Liste aller *Fragen und Antworten* nach bestimmten Kriterien filtern können.

## 1.4 Aufruf des STAHL-Moduls

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

### Menü

Der Programmaufruf kann erfolgen über das RSTAB-Menü

**Zusatzmodule → Stahlbau → STAHL.**

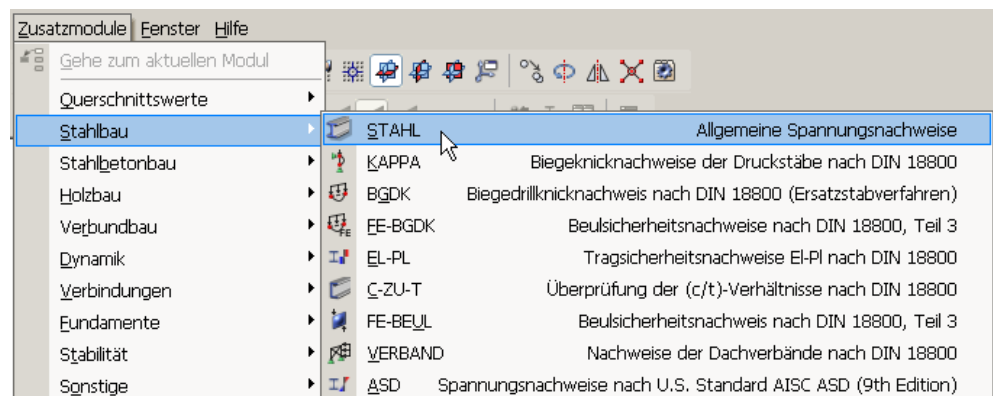


Bild 1.1: Menü: *Zusatzmodule* → *Stahlbau* → *STAHL*

## Navigator

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

**Zusatzmodule → STAHL.**

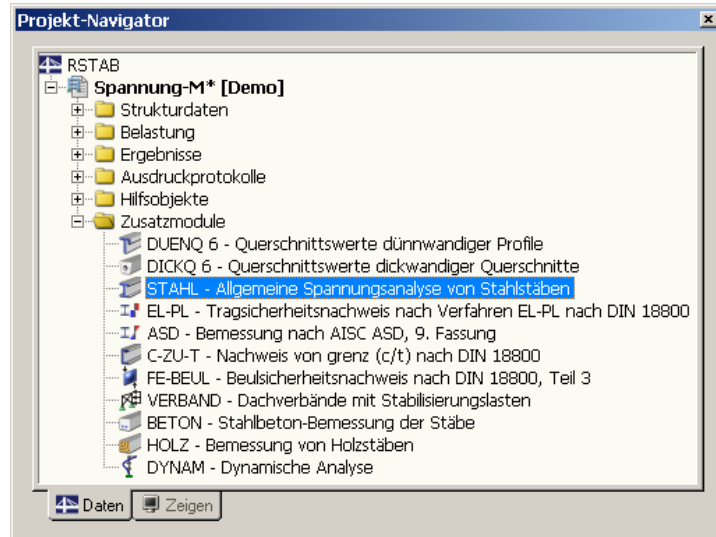


Bild 1.2: Daten-Navigator: *Zusatzmodule* → *STAHL*

## Panel

Sollten in der RSTAB-Position bereits STAHL-Ergebnisse vorliegen, kann der STAHL-Fall in der Liste der Lastfälle eingestellt werden. Mithilfe der Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] werden die Spannungen oder Ausnutzungen in der Grafik angezeigt.

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

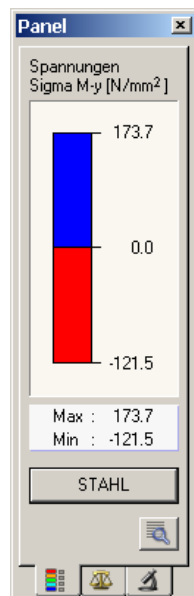
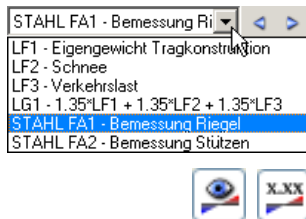


Bild 1.3: Panel: Schaltfläche [STAHL]



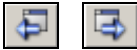
## 2. Eingabedaten

Die Eingaben zur Definition der Bemessungsfälle erfolgen in Masken. Für Stäbe und Stabsätze wird unterstützend die [Pick]-Funktion zur grafischen Auswahl angeboten.

Nach dem Aufruf von STAHL wird in einem neuen Fenster links ein Navigator angezeigt, der alle aktuell anwählbaren Masken verwaltet. Darüber befindet sich eine Pulldownliste mit den eventuell bereits vorhandenen Bemessungsfällen (siehe Kapitel 7.1, Seite 47).

Wird STAHL zum ersten Mal in einer RSTAB-Position aufgerufen, so liest das Zusatzmodul folgende bemessungsrelevante Daten automatisch ein:

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



Die Ansteuerung der Masken erfolgt entweder durch Anklicken eines bestimmten Eintrages im STAHL-Navigator oder durch Blättern mit den beiden links dargestellten Schaltflächen. Die Funktionstasten [F2] und [F3] blättern ebenfalls eine Maske vorwärts bzw. zurück.

Mit [OK] werden die getroffenen Eingaben gesichert und das STAHL-Modul verlassen, während [Abbruch] ein Beenden ohne Sicherung zur Folge hat.

### 2.1 Basisangaben

In Maske 1.1 *Basisangaben* werden die zu bemessenden Stäbe und Einwirkungen ausgewählt. Die Bemessungsnorm wird in Maske 1.2 festgelegt, da diese mit den Materialeigenschaften verknüpft ist.

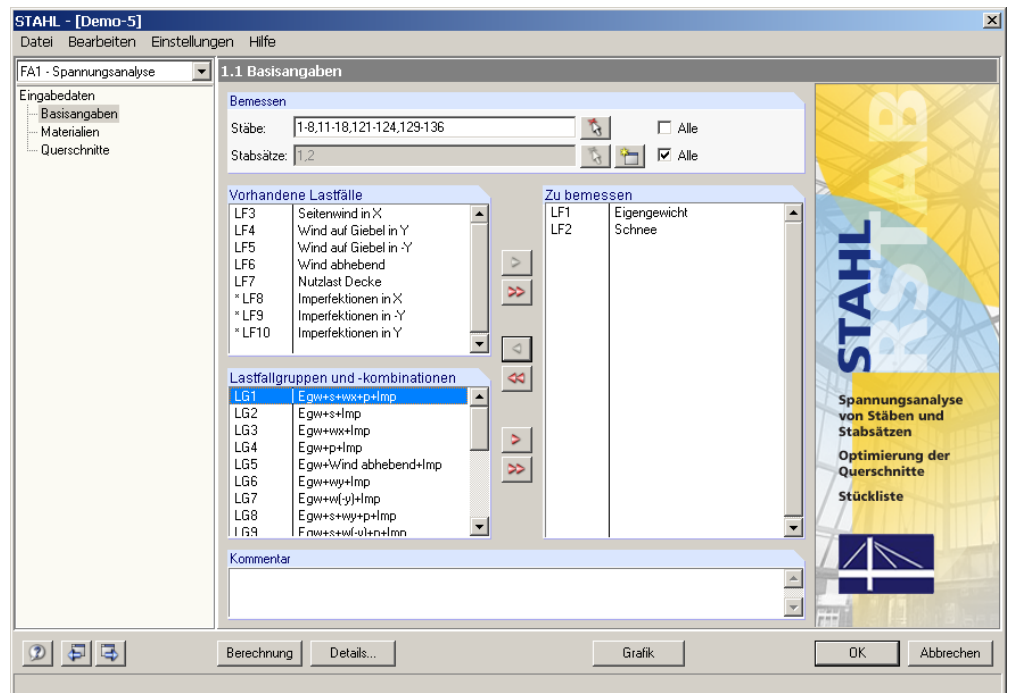


Bild 2.1: Maske 1.1 *Basisangaben*

## Bemessen



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



Falls in RSTAB noch keine Stabsätze definiert wurden, so können diese über die Schaltfläche [Neu] auch im STAHL-Modul angelegt werden. Es erscheint der bereits aus RSTAB bekannte Dialog zum Anlegen eines neuen Stabsatzes, in dem die weiteren Angaben erfolgen.

Der Vorteil einer Stabsatzbemessung liegt darin, ausgewählte Stäbe zu bemessen und die Gesamtmaxima der Spannungen und Ausnutzungen aller enthaltenen Stäbe zu ermitteln. In diesem Fall werden die Ergebnismasken 2.2 *Spannungen stabsatzweise* und 3.3 *Stückliste stabsatzbezogen* ausgewiesen.

## Vorhandene Lastfälle / Lastfallgruppen und -kombinationen



In diesen beiden Abschnitten werden alle in RSTAB definierten Lastfälle, Lastfallgruppen, Lastfallkombinationen und Superkombinationen gelistet, die für die Bemessung infrage kommen. Mit der Schaltfläche [►] können selektierte Lastfälle oder Kombinationen in die Liste *Zu Bemessen* rechts übertragen werden. Die Auswahl kann auch per Doppelklick erfolgen. Die Schaltfläche [►►] übergibt die komplette Liste nach rechts.

Sollten Lastfälle mit einem Sternchen (\*) gekennzeichnet sein wie beispielsweise Lastfall 8 bis Lastfall 10 in Bild 2.1, können diese nicht bemessen werden. Dies ist der Fall, wenn keine Lasten definiert sind oder wenn es sich wie im Beispiel um Imperfektionslastfälle handelt.

## Zu bemessen



Details...

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

Die Bemessung einer einhüllenden *Oder*-Lastfallkombination ist schneller als die pauschale Übernahme aller enthaltenen Lastfälle oder Lastfallgruppen. Andererseits ist bei der Bemessung einer Gesamt-LK der Einfluss der enthaltenen Einwirkungen wenig transparent. Es werden die max/min-Ergebnisse aus RSTAB zur Bemessung verwendet, in denen die Schnittgrößen gemäß Vorschrift überlagert sind. Es empfiehlt sich, für Lastfallkombinationen die *Berechnungsart der Spannungen* im Dialog *Details* zu kontrollieren (Kapitel 3.2, Seite 21).

## Kommentar

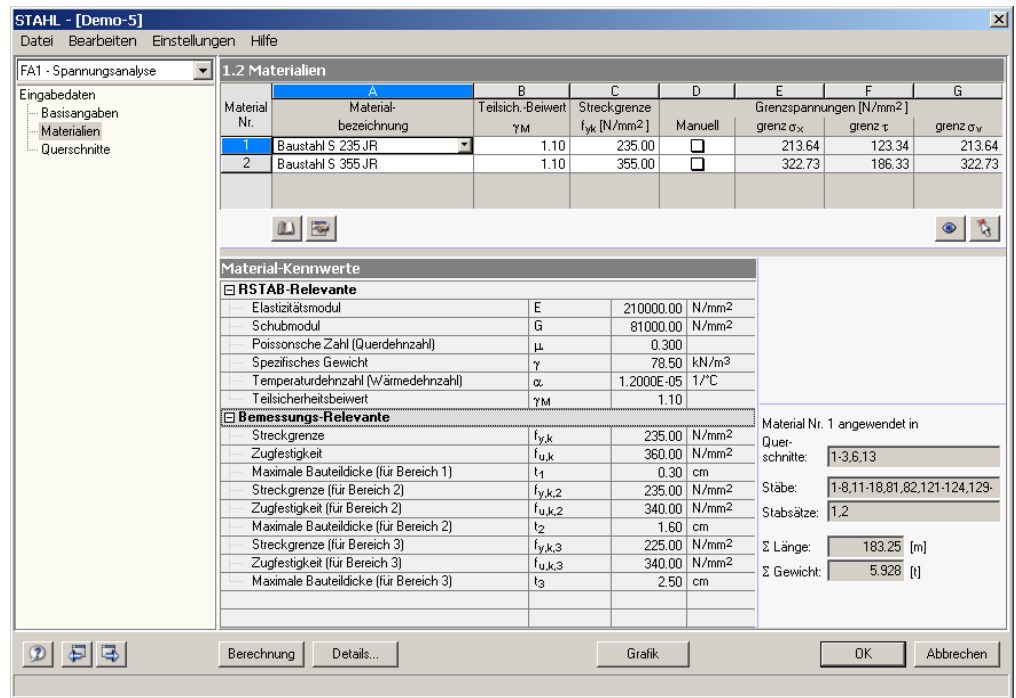
Dieses Eingabefeld steht für eine benutzerdefinierte Anmerkung zur Verfügung, die z. B. den aktuellen STAHL-Bemessungsfall erläuternd beschreibt.

## 2.2 Materialien

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

Die zur Schnittgrößenermittlung in RSTAB benötigten Materialkennwerte sind im Kapitel 5.2 des RSTAB-Handbuchs ausführlich beschrieben. Die bemessungsrelevanten Materialeigenschaften werden in der globalen Materialbibliothek mit gespeichert und sind automatisch voreingestellt. In der vorliegenden Maske können diese angepasst werden.

Die Einheiten und Nachkommastellen der Materialkennwerte und Spannungen lassen sich über Menü **Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen** ändern.



Material Nr.	Materialbezeichnung	Teilsich.-Beiwert $\gamma_M$	Streckgrenze $f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Manuell	Grenzspannungen [N/mm <sup>2</sup> ]	grenz $\sigma_x$	grenz $\tau$	grenz $\sigma_y$
1	Baustahl S 235 JR	1.10	235.00	<input type="checkbox"/>		213.64	123.34	213.64
2	Baustahl S 355 JR	1.10	355.00	<input type="checkbox"/>		322.73	186.33	322.73

Material-Kennwerte		
<b>RSTAB-Relevante</b>		
Elastizitätsmodul	E	210000.00 N/mm <sup>2</sup>
Schubmodul	G	81000.00 N/mm <sup>2</sup>
Poissonsche Zahl (Querdehnzahl)	$\mu$	0.300
Spezifisches Gewicht	$\gamma$	78.50 kN/m <sup>3</sup>
Temperaturdehnzahl (Wärmedehnzahl)	$\alpha$	1.2000E-05 1/°C
Teilsicherheitsbeiwert	$\gamma_M$	1.10
<b>Bemessungs-Relevante</b>		
Streckgrenze	$f_{yk}$	235.00 N/mm <sup>2</sup>
Zugfestigkeit	$f_{uk}$	360.00 N/mm <sup>2</sup>
Maximale Bauteildicke (für Bereich 1)	$t_1$	0.30 cm
Streckgrenze (für Bereich 2)	$f_{yk,2}$	235.00 N/mm <sup>2</sup>
Zugfestigkeit (für Bereich 2)	$f_{uk,2}$	340.00 N/mm <sup>2</sup>
Maximale Bauteildicke (für Bereich 2)	$t_2$	1.60 cm
Streckgrenze (für Bereich 3)	$f_{yk,3}$	225.00 N/mm <sup>2</sup>
Zugfestigkeit (für Bereich 3)	$f_{uk,3}$	340.00 N/mm <sup>2</sup>
Maximale Bauteildicke (für Bereich 3)	$t_3$	2.50 cm

Material Nr. 1 angewendet in

Querschnitte: 1-3,6,13

Stäbe: 1-8,11-18,81,82,121-124,129-

Stabsätze: 1,2

$\Sigma$  Länge: 183.25 [m]

$\Sigma$  Gewicht: 5.928 [t]

Bild 2.2: Maske 1.2 Materialien

## Materialbezeichnung

Die in RSTAB definierten Materialien sind voreingestellt. Wenn die *Materialbezeichnung* mit einem Eintrag der Materialbibliothek übereinstimmt, liest STAHL die zur Bemessung erforderlichen Materialkennwerte ein.

Die Auswahl eines Materials ist über die Liste möglich: Platzieren Sie den Cursor in Spalte A und klicken dann die Schaltfläche [▼] an oder betätigen die Funktionstaste [F7]. Es öffnet sich die links dargestellte Liste. Nach der Übernahme werden die bemessungsrelevanten Kennwerte in die restlichen Felder der Zeile eingetragen.

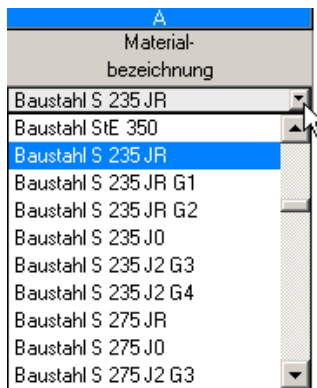
In der Liste werden nur Stahl-Materialien angeführt. Grundsätzlich ist auch die Bemessung beliebiger Materialien möglich, deren Spannungskonzept auf dem Vergleich von vorhandenen Normal-, Schub- und Vergleichsspannungen mit den jeweiligen zulässigen Spannungen beruht. Somit kann beispielsweise eine Bemessung von Aluminium- oder Edelstahl-Profilen erfolgen. Es versteht sich, dass die einschlägigen Normvorgaben ergänzend berücksichtigt werden müssen.

Liegt ein Material mit nicht definierten Grenzspannungen vor (z. B. Holz), werden die Einträge dieser Zeile rot dargestellt. Die Grenzspannungen können jedoch durch Aktivieren der Funktion **Manuell** in Spalte D benutzerdefiniert festgelegt werden. Sobald die zulässigen Spannungen in den Spalten E bis G eingetragen sind, verschwindet die rote Zeilendarstellung.

Die Übernahme von Materialien aus der Bibliothek ist weiter unten beschrieben.

## Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M$

Dieser Beiwert beschreibt den Sicherheitsfaktor zur Berechnung der Bemessungswerte der Materialfestigkeiten, weshalb der Index *M* benutzt wird. Mit dem Faktor  $\gamma_M$  wird der charakteristische Wert der Streckgrenze  $f_{yk}$  zur Ermittlung der Grenznormalspannung  $\sigma_{R,d}$  (siehe Gleichung 2.1) und der Grenzschubspannung  $\tau_{R,d}$  (Gleichung 2.2) abgemindert.





Der Faktor  $\gamma_M$  fließt somit zweifach in die Bemessung ein, wenn nach Theorie II. oder III. Ordnung berechnet wird: Zum einen muss gemäß DIN 18800 T2, El. (116) der Einfluss der Verformungen bei der Schnittgrößenermittlung durch eine um 10 % abgeminderte Steifigkeit berücksichtigt werden, zum anderen sind zusätzlich die Bemessungswerte der Festigkeiten beim Nachweis der Tragsicherheit mit dem Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  zu reduzieren.

### Streckgrenze $f_{yk}$

Die Streckgrenze beschreibt die Grenze, bis zu der das Material ohne bleibende Verformung gedehnt werden kann. Die charakteristischen Werte verschiedener Stahlgüten können z. B. DIN 18800 Teil 1, Abschnitt 4 und EC 3, Abschnitt 3 entnommen werden.

### Grenzspannungen

Bei Materialien, die in der allgemeinen Materialbibliothek verankert sind, sind die Grenzspannungen automatisch eingetragen und für Änderungen unzugänglich.

Sollen die Grenzspannungen modifiziert werden, kann man entweder die Materialeigenschaften über die Schaltfläche [Material bearbeiten] ändern (siehe unten, Seite 14) oder das Kontrollfeld *Manuell* benutzen.

#### Manuell

Ist dieses Kontrollfeld aktiviert, können die Grenzspannungen in den folgenden Spalten manuell festgelegt werden.

Modifizierte Materialien werden in der Spalte *Materialbezeichnung* mit einem Sternchen gekennzeichnet.

Material- bezeichnung
Baustahl S 235*

#### grenz $\sigma_x$

Die Grenznormalspannung stellt die zulässige Spannung für die Beanspruchung infolge Biegung und Normalkraft dar. Sie bestimmt sich gemäß DIN 18800 Teil 1, Element (746) aus dem charakteristischen Wert der Streckgrenze, der durch den Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  abgemindert wird.

$$\sigma_{x,R,d} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M}$$

Gleichung 2.1

#### grenz $\tau$

Die Grenzschubspannung gibt die zulässige Schubspannung infolge Querkraft und Torsion an. Gemäß DIN 18800 Teil 1, Element (746) fließt in die Gleichung zur Ermittlung der Grenzschubspannung ebenfalls der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  ein.

$$\tau_{R,d} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M \cdot \sqrt{3}}$$

Gleichung 2.2

#### grenz $\sigma_v$

Die Grenzvergleichsspannung stellt die zulässige Vergleichsspannung für die gleichzeitige Wirkung mehrerer Spannungen dar. Sie bestimmt sich nach DIN 18800 Teil 1, Element (746) ebenfalls gemäß Gleichung 2.1.

### Streckgrenze in Abhängigkeit der Bauteildicke

Bei einigen Materialien besteht ein Zusammenhang zwischen der charakteristischen Streckgrenze  $f_{y,k}$  und der Dicke des Bauteils  $t$ . Die *maximale Bauteildicke* der jeweiligen Bereiche wird mitsamt zugehöriger Streckgrenze im unteren Abschnitt *Materialkennwerte* ausgewiesen.

Die Streckgrenzenzuweisung ist in den Normen geregelt, z. B. Tabelle 1 der DIN 18800 T1. Über die Schaltfläche [Material bearbeiten] können die Bauteildicken und die zugeordneten Spannungen kontrolliert und ggf. angepasst werden (vgl. Seite 14).

## Materialbibliothek

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

**Bearbeiten → Materialbibliothek**

oder die links dargestellte Schaltfläche.

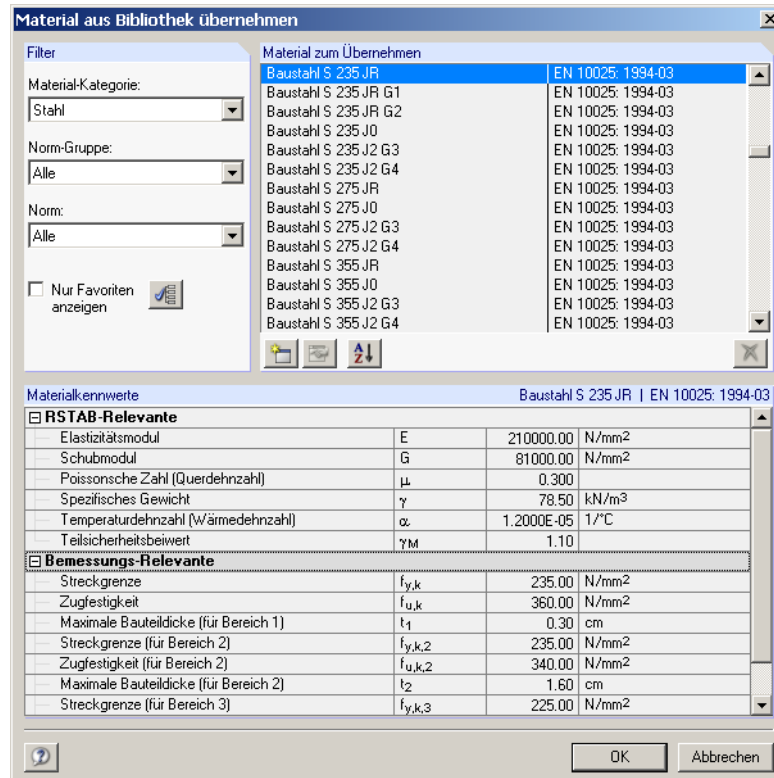


Bild 2.3: Dialog *Material aus Bibliothek übernehmen*

Im Abschnitt *Filter* ist die Materialkategorie *Stahl* voreingestellt. Aus der rechts davon befindlichen Liste *Material zum Übernehmen* können Sie ein Material auswählen und dessen Kennwerte im unteren Bereich des Dialogs kontrollieren. Mit [OK] oder [↵] wird es in die STAHL-Maske 1.2 übernommen.

Im Kapitel 5.2 des RSTAB-Handbuches ist ausführlich beschrieben, wie Materialien gefiltert, ergänzt oder neu sortiert werden können.

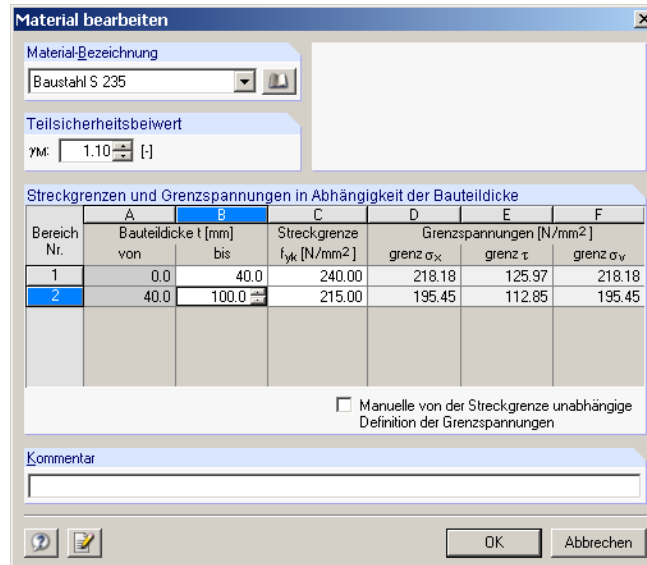
Bei der Wahl einer anderen Materialkategorie als *Stahl* ist zu beachten, dass nur Materialien bemessen werden können, deren Spannungs-konzept auf dem Vergleich von vorhandenen Normal-, Schub- und Vergleichsspannungen mit den jeweiligen zulässigen Spannungen beruht. Somit ist die Bemessung beispielsweise auch von Aluminium- oder Edelstahl-Profilen möglich.

Wird ein Material mit nicht definierten Grenzspannungen übernommen (z. B. Holz), werden die Einträge dieser Zeile in Maske 1.2 rot dargestellt. Die Grenzspannungen können jedoch durch Aktivieren der Funktion **Manuell** in Spalte D benutzerdefiniert festgelegt werden. Sobald die zulässigen Spannungen in den Spalten E bis G eingetragen sind, verschwindet die rote Zeilendarstellung. Bitte beachten Sie, dass die Spannungsnachweise für z. B. Holzprofile nur unvollständig erfolgen können, da die Norm differenzierte Kriterien vorschreibt, die im Zusatzmodul HOLZ realisiert sind.

## Material bearbeiten



Die Streckgrenzen und Grenzspannungen des aktuellen Materials können durch Anklicken der links dargestellten Schaltfläche angepasst werden. Es erscheint folgender Dialog.



Bereich Nr.	Bauteildicke t [mm]		Streckgrenze $f_{yk}$ [N/mm²]	Grenzspannungen [N/mm²]		
	von	bis		grenz $\sigma_x$	grenz $\tau$	grenz $\sigma_v$
1	0.0	40.0	240.00	218.18	125.97	218.18
2	40.0	100.0	215.00	195.45	112.85	195.45

Bild 2.4: Dialog *Material bearbeiten*

Mit dem Faktor  $\gamma_M$  im Abschnitt *Teilsicherheitsbeiwert* werden die in Spalte C im Abschnitt unterhalb definierten charakteristische Werte der Streckgrenze  $f_{yk}$  abgemindert. Die gemäß Gleichung 2.1 und Gleichung 2.2 auf Seite 12 ermittelten Grenzspannungen sind in den Spalten D bis E aufgelistet.

Im Abschnitt *Streckgrenzen und Grenzspannungen in Abhängigkeit der Bauteildicke* ist es möglich, die Bereiche der *Bauteildicke t* abzuändern. Die Anzahl der Bereiche ist normenmäßig vorgegeben, die Bereichsgrenzen jedoch können durch manuelle Einträge in Spalte B verschoben werden. Spalte A wird dabei automatisch angepasst. Jedem Bereich kann eine bestimmte *Streckgrenze  $f_{yk}$*  zugeordnet werden.

Möchte man die Grenzspannungen frei festlegen, so ist das Kontrollfeld *Manuelle von der Streckgrenze unabhängige Definition der Grenzspannungen* anzuhaken. Damit werden die Spalten D bis E für benutzerdefinierte Eingaben zugänglich.

Modifizierte Materialien werden in Maske 1.2 mit einem Sternchen gekennzeichnet.

Material-bezeichnung
Baustahl S 235*

## 2.3 Querschnitte

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

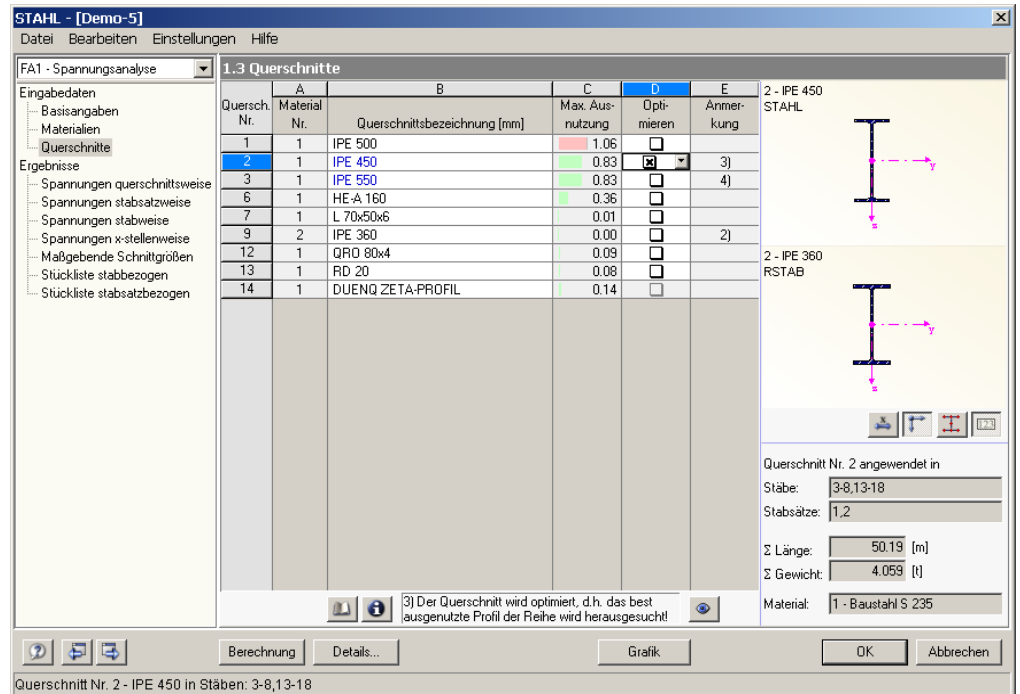


Bild 2.5: Maske 1.3 Querschnitte

### Querschnittsbezeichnung

Die in RSTAB verwendeten Querschnitte sind beim Aufruf der Maske voreingestellt, ebenso die zugeordneten Materialnummern.

Die vorgegebenen Querschnitte können für die Bemessung jederzeit abgeändert werden. Die Querschnittsbezeichnung eines modifizierten Profils wird in dieser Spalte mit blauer Schrift hervorgehoben.

Zum Ändern eines Profils wird die neue Querschnittsbezeichnung in die entsprechende Zeile eingetragen oder das neue Profil aus der Bibliothek ausgewählt. Diese können Sie wie gewohnt mit der Schaltfläche [Querschnittsbibliothek] aufrufen. Alternativ platzieren Sie den Cursor in der gewünschten Zeile und drücken dann [...] oder die Funktionstaste [F7]. Es erscheint die bereits aus RSTAB bekannte Querschnittsbibliothek.



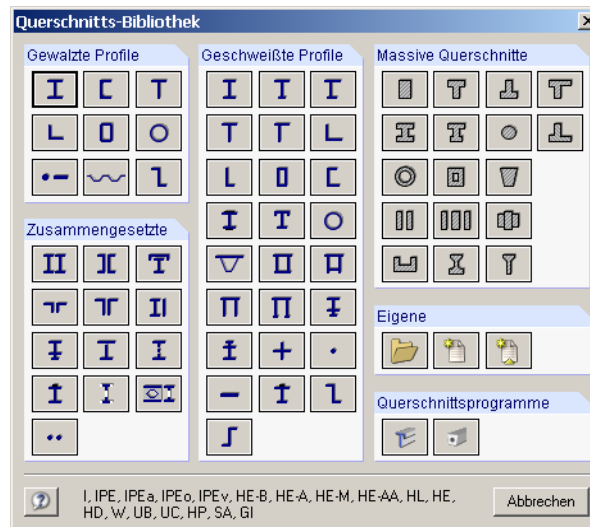


Bild 2.6: Querschnittsbibliothek

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

Liegen unterschiedliche Querschnitte in STAHL und in RSTAB vor, so zeigt die Grafik rechts in der Maske beide Profile an. Die Spannungsnachweise werden dann mit den RSTAB-Schnittgrößen für das in STAHL gewählte Profil geführt.

### Stab mit Voutenquerschnitt

Bei gevouteten Stäben mit unterschiedlichen Profilen am Stabanfang und Stabende werden die beiden Querschnittsnummern gemäß der Definition in RSTAB in zwei Zeilen angegeben. STAHL führt auch die Bemessung von Voutenstäben durch, sofern folgende Voraussetzung erfüllt ist: Es muss die gleiche Anzahl von Spannungspunkten vorliegen.

Die Normalspannungen z. B. werden aus den Trägheitsmomenten sowie den Schwerpunkt-abständen der Spannungspunkte ermittelt. Liegt nun für den Anfangs- und Endquerschnitt eines Voutenstabes eine unterschiedliche Anzahl an Spannungspunkten vor, kann STAHL die Zwischenwerte nicht interpolieren. In RSTAB werden in diesem Fall rechnerisch und für das 3D-Rendering die jeweiligen Querschnitteigenschaften bis zur Stabmitte angenommen, in STAHL hingegen ist keine Bemessung möglich. Vor der Berechnung erscheint eine Warnung.

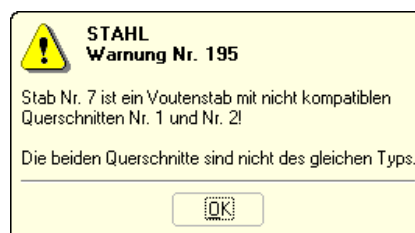


Bild 2.7: Warnung bei inkompatiblen Querschnitten



Zur Kontrolle können Sie die Spannungspunkte eines Querschnitts mitsamt Nummerierung in der Querschnittsgrafik rechts einblenden. Detaillierte Informationen zu den Spannungspunkten finden Sie Kapitel 4.1 auf Seite 26.

Für eine erfolgreiche Bemessung muss also die gleiche Anzahl an Spannungspunkten geschaffen werden. Dies wird z. B. dadurch erreicht, indem man das Profil am Ende der Voute als Kopie des Anfangsprofils modelliert und hierbei nur die Geometrieparameter modifiziert. Gegebenenfalls müssen die beiden Querschnitte als parametrisierte („Geschweißte“) Profile ausgebildet werden. Speziell für Vouten stehen dort die *IVU - Voutenprofile unten verstärkt* zur Verfügung.



## Max. Ausnutzung

Diese Spalte dient als Entscheidungshilfe für den Optimierungsprozess. Sie wird angezeigt, wenn bereits eine Bemessung durchgeführt wurde. Anhand der Ausnutzung und der Farb-Relationsbalken wird deutlich, welche Profile kaum ausgenutzt und somit überdimensioniert bzw. zu stark beansprucht und damit unterdimensioniert sind.

## Optimieren

Es besteht die Möglichkeit, jedes Profil einem Optimierungsprozess zu unterwerfen. Dabei wird mit den RSTAB-Schnittgrößen das Profil innerhalb der betreffenden Querschnittsreihe ermittelt, das der maximalen Spannungsausnutzung von 1.0 am nächsten kommt.

Soll ein bestimmter Querschnitt optimiert werden, so ist dessen Kontrollfeld in Spalte D zu aktivieren. Empfehlungen zur Profilloptimierung finden Sie im Kapitel 7.2 auf Seite 48.

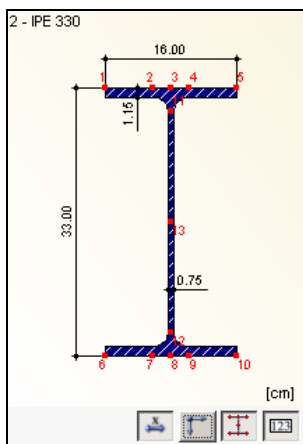
## Anmerkung

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

Sollte die Anmerkung 1) *Der Querschnitt wird nicht bemessen, da seine Querschnittsdaten nicht definiert sind!* erscheinen, so liegt ein unbekannter, d. h. nicht in der Profildatenbank registrierter Querschnitt vor. Es kann sich beispielsweise um einen eigendefinierten oder nicht berechneten DUENQ-Querschnitt handeln. In diesem Fall sollten Sie nach RSTAB wechseln und dort die erforderlichen Eingaben für z. B. die **Spannungspunkte** vornehmen (siehe Kapitel 5.3 des RSTAB-Handbuches, Abschnitt *Eigenes Profil definieren.*)

## Querschnittsgrafik

Im rechten Teil der Maske 1.3 wird der aktuelle Querschnitt grafisch dargestellt. Die Schaltfläche unterhalb sind mit folgenden Funktionen belegt:







Schaltfläche	Funktion
	Die Bemaßung des Querschnitts wird ein- oder ausgeblendet.
	Die Hauptachsen des Profils werden ein- oder ausgeschaltet.
	Die Spannungspunkte werden angezeigt oder ausgeblendet.
	Die Nummerierung der Spannungspunkte wird ein- oder ausgeblendet.

Tabelle 2.1: Schaltflächen der Querschnittsgrafik

# 3. Berechnung

Berechnung

Details...

Die Spannungsanalyse erfolgt mit den in RSTAB ermittelten Schnittgrößen. Vor dem Start der [Berechnung] über die gleichnamige Schaltfläche sollten noch die Bemessungsdetails überprüft werden. Dieser Dialog wird über die Schaltfläche [Details] aufgerufen und ist im Kapitel 3.2 auf Seite 21 ausführlich erläutert.

## 3.1 Spannungen und Ausnutzung



Standardmäßig werden in den Masken 2.1 bis 2.5 die Normalspannungen  $\sigma_{\text{gesamt}}$ ,  $\tau_{\text{gesamt}}$  und  $\sigma_v$  ausgewiesen. Die einzelnen Spannungsanteile kann man über die Schaltflächen [Auswahl der Spannungen] und [Erweiterte Anzeige der Spannungen] einblenden.

### Normalspannungen

Gemäß der üblichen Konvention werden Zugspannungen mit positivem Vorzeichen und Druckspannungen mit negativem Vorzeichen ausgegeben.



Die Analyse erfolgt für jeden einzelnen Spannungspunkt, sodass für die kombinierte Betrachtung (z. B.  $\sigma_{\text{gesamt}}$ ) in der Regel nicht die Anteile der Maximalspannungen addiert werden dürfen: Diese liegen meist an unterschiedlichen Spannungspunkten vor. Es müssen die Spannungskomponenten des jeweiligen Spannungspunkts überlagert werden.

Die Normalspannungen  $\sigma$  bedeuten im Einzelnen:

$\sigma_N$	Spannung infolge der Normalkraft N $\sigma = \frac{N}{A}$ mit A: Querschnittsfläche des Profils
$\sigma_{M-y}$	Spannung infolge des Biegemoments $M_y$ $\sigma = \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z$ mit $\alpha_{pl,y}$ : plastischer Formbeiwert gemäß DIN 18800 T1, El. (750) $I_y$ : auf die Hauptachse y bezogenes Flächenmoment 2. Grades $e_z$ : Schwerpunktabstand des Spannungspunkts in Richtung z
$\sigma_{M-z}$	Spannung infolge des Biegemoments $M_z$ $\sigma = -\frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y$ mit $\alpha_{pl,z}$ : plastischer Formbeiwert gemäß DIN 18800 T1, El. (750) $I_z$ : auf die Hauptachse z bezogenes Flächenmoment 2. Grades $e_y$ : Schwerpunktabstand des Spannungspunkts in Richtung y
$\sigma_M$	Spannung infolge der Biegemomente $M_y$ und $M_z$ $\sigma = \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z - \frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y$
$\sigma_{\text{Zug}}$	Zugspannung infolge der Normalkraft N und der Biegemomente $M_y$ und $M_z$ $\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z - \frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y$

$\sigma_{\text{Druck}}$	Druckspannung infolge der Normalkraft $N$ und der Biegemomente $M_y$ und $M_z$ $\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z - \frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y$
$\sigma_{\text{Delta}}$	Maximale Differenz zwischen den Normalspannungen der einzelnen Lastfälle, die z. B. für den Betriebsfestigkeitsnachweis benötigt wird
$\sigma_{\text{gesamt}}$	Normalspannung infolge Normalkraft $N$ sowie der Biegemomente $M_y$ und $M_z$ $\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z - \frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y$

Tabelle 3.1: Normalspannungen  $\sigma$



Das lokale Stabachsensystem beeinflusst die Vorzeichen der Schnittgrößen und Spannungen.

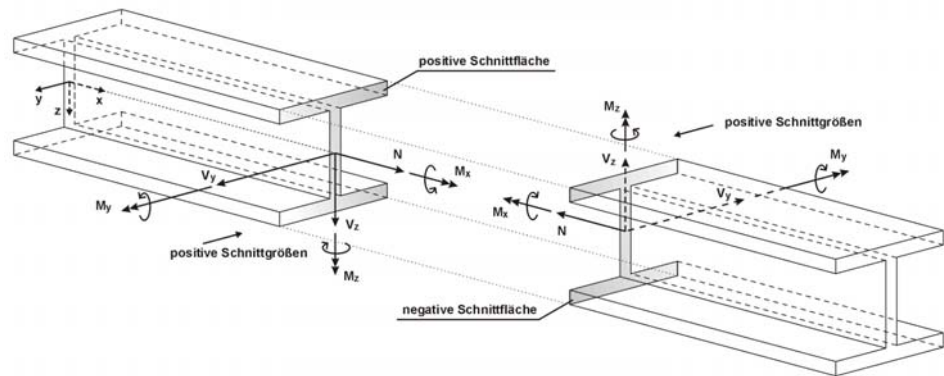


Bild 3.1: Positive Definition der Schnittgrößen

Das Biegemoment  $M_y$  ist positiv, wenn auf der positiven Stabseite (in Richtung der Achse  $z$ ) Zugspannungen entstehen.  $M_z$  ist positiv, wenn an der positiven Stabseite (in Richtung der Achse  $y$ ) Druckspannungen die Folge sind. Die Vorzeichendefinition für Torsionsmomente, Normal- und Querkkräfte entspricht den üblichen Konventionen: Diese Schnittgrößen sind positiv, wenn sie am positiven Schnitтуufer in positiver Richtung wirken.

## Schubspannungen

Die Schubspannungen  $\tau$  bedeuten im Einzelnen:

$\tau_{V-y}$	Spannung infolge der Querkraft $V_y$ $\tau = - \frac{V_y \cdot S_z}{I_z \cdot t}$ <div> mit <math>S_z</math>: auf die Hauptachse <math>z</math> bezogenes Flächenmoment 1. Grades  <math>I_z</math>: auf die Hauptachse <math>z</math> bezogenes Flächenmoment 2. Grades  <math>t</math>: maßgebende Dicke des Querschnitts </div>
$\tau_{V-z}$	Spannung infolge der Querkraft $V_z$ $\tau = - \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t}$ <div> mit <math>S_y</math>: auf die Hauptachse <math>y</math> bezogenes Flächenmoment 1. Grades  <math>I_y</math>: auf die Hauptachse <math>y</math> bezogenes Flächenmoment 2. Grades  <math>t</math>: maßgebende Dicke des Querschnitts </div>

$\tau_V$	Spannung infolge der Querkräfte $V_y$ und $V_z$ $\tau = -\frac{V_y \cdot S_z}{I_z \cdot t} - \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t}$
$\tau_{M-T, \text{ St.Venant}}$	Spannung infolge des Torsionsmoments $M_T$ bei offenem Querschnitt $\tau = \frac{M_T}{I_{T, \text{ St.V.}}} \cdot t$ mit $I_{T, \text{ St.V.}}$ : Saint Venantsches Torsionsträgheitsmoment $t$ : maßgebende Dicke des Querschnitts
$\tau_{M-T, \text{ Bredt}}$	Spannung infolge des Torsionsmoments $M_T$ bei geschlossenem Querschnitt $\tau = \frac{M_T}{2 \cdot A_m \cdot t}$ mit $A_m$ : von den Querschnittsmittellinien umschlossene Fläche $t$ : maßgebende Dicke des Querschnitts
$\tau_{M-T}$	Spannung infolge des Torsionsmoments $M_T$ $\tau = \frac{M_T}{I_{T, \text{ St.V.}}} \cdot t \quad \text{oder} \quad \tau = \frac{M_T}{2 \cdot A_m \cdot t}$
$\tau_{\text{gesamt}}$	Schubspannung infolge der Querkräfte $V_y$ und $V_z$ und Torsionsmoment $M_T$ $\tau = \tau_V + \tau_{M-T}$

Tabelle 3.2: Schubspannungen  $\tau$ 

Wie aus den Gleichungen hervorgeht, werden zur Ermittlung der Schubspannungen infolge Querkraft die statischen Momente verwendet, nicht die Schubflächen des Querschnitts.



Für die Schubspannungen infolge Torsion gilt folgendes zu beachten:

- Liegt ein teilweise offenes Profil mit einer geschlossenen Zelle im Querschnitt vor, so wird der gesamte Querschnitt als *geschlossen* eingestuft. Die Schubspannung wird in diesem Fall ausschließlich nach der Bredtschen Formel ermittelt. Es findet somit keine anteilmäßige Analyse für  $M_{T, \text{ St.Venant}}$  und  $M_{T, \text{ Bredt}}$  statt, wie sie im Querschnittsprogramm DUENQ vollzogen wird.
- Der Einfluss der Wölbkrafttorsion wird in STAHL nicht erfasst. Die Bemessung ist – wie die Schnittgrößenermittlung in RSTAB – ausschließlich auf das primäre Torsionsmoment beschränkt. Können die Wölbspannungen infolge sekundärem Torsionsmoment bzw. Wölbbimoment nicht vernachlässigt werden, so empfiehlt sich eine Analyse mit dem Zusatzmodul FE-BGDK.

### Vergleichsspannung

Die Vergleichsspannung  $\sigma_v$  z. B. gemäß DIN 18800 T1, El. (748) ermittelt sich wie folgt:

$\sigma_v$	Vergleichsspannung aus den Normalspannungen $\sigma$ und Schubspannungen $\tau$ $\sigma_v = \sqrt{f_1 \cdot \sigma_{\text{gesamt}}^2 + f_2 \cdot \tau_{\text{gesamt}}^2}$ mit $f_1$ : Faktor für Normalspannungen $f_2$ : Faktor für Schubspannungen
------------	---

Tabelle 3.3: Vergleichsspannung  $\sigma_v$


Details...

Die Faktoren  $f_1$  und  $f_2$  können im Dialog *Details* festgelegt werden. Es sind dort die Faktoren  $f_1 = 1.0$  und  $f_2 = 3.0$  gemäß DIN 18800 T1, El. (748) voreingestellt.

### Ausnutzung

Bei den Spannungsnachweisen wird – wie z. B. in DIN 18800 T1, El. (747) dargestellt – der Quotient aus vorhandener Spannung und Grenzspannung ermittelt.

Die Ausnutzung des Profils am jeweiligen Spannungspunkt kann für jeden Schnittgrößenanteil abgelesen werden (vgl. Kapitel 5.1, Seite 34). Als Standard sind die Ausnutzungen infolge Normal-, Schub- und Vergleichsspannung für die Tabellenausgabe vorgegeben. Wird die Grenzspannung nicht überschritten, so ist die Ausnutzung kleiner oder gleich 1.00 und der Spannungsnachweis gilt als erfüllt.

 Max: 0.92 ≤ 1 

$$\frac{\sigma}{\sigma_{R,d}} \leq 1$$

Gleichung 3.1: Nachweisbedingung für Normalspannungen

$$\frac{\tau}{\tau_{R,d}} \leq 1$$

Gleichung 3.2: Nachweisbedingung für Schubspannungen

$$\frac{\sigma_v}{\sigma_{R,d}} \leq 1$$

Gleichung 3.3: Nachweisbedingung für Vergleichsspannungen

## 3.2 Berechnungsdetails

Details...

Der Dialog zur Kontrolle diverser Berechnungsparameter kann mit der Schaltfläche [Details] aus jeder STAHL-Maske aufgerufen werden.

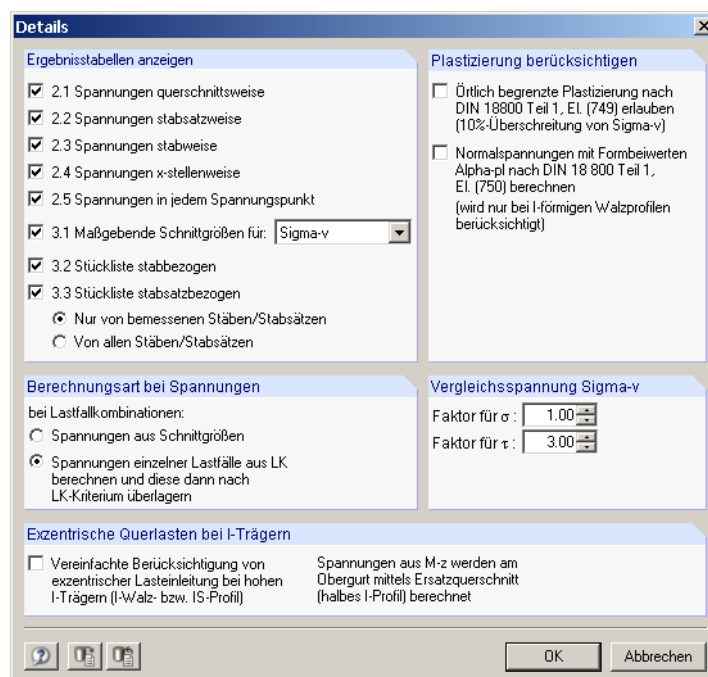


Bild 3.2: Dialog *Details*

## Ergebnistabellen anzeigen

Dieser Abschnitt steuert die Anzeige der Ergebnismasken.

Die Maske 2.5 *Spannungen in jedem Spannungspunkt* ist standardmäßig deaktiviert, da die Spannungsgrafik ebenfalls einen Zugang zu den Ergebnissen in den Spannungspunkten bietet. Für die detaillierte tabellarische Überprüfung der Spannungen kann es jedoch hilfreich sein, die Anzeige dieser Maske zu aktivieren.

Die in Maske 3.1 *Maßgebende Schnittgrößen* ausgewiesenen Werte sind üblicherweise auf die Vergleichsspannung  $\sigma_v$  bezogen. In der Liste kann hier eine andere Spannungsart eingestellt werden.

## Plastizierung berücksichtigen

### Örtlich begrenzte Plastizierung

Optional kann eine *Örtlich begrenzte Plastizierung* gemäß DIN 18800 T1, El. (749) für die Bemessung zugelassen werden. Dabei darf die Vergleichsspannung  $\sigma_v$  in kleinen Bereichen die zulässige Grenzspannung um 10 % überschreiten. STAHL untersucht, ob die beiden in El. (749) genannten Bedingungen für die Annahme „kleiner Bereiche“ erfüllt sind.

$$|\sigma_N + \sigma_{M_y}| \leq 0.8 \cdot \sigma_{R,d}$$

Gleichung 3.4

$$|\sigma_N + \sigma_{M_z}| \leq 0.8 \cdot \sigma_{R,d}$$

Gleichung 3.5

Ist dies der Fall, wird die Grenzspannung für den Nachweis von  $\sigma_v$  entsprechend erhöht.

### Formbeiwerte $\alpha_{pl}$

Es besteht die Möglichkeit, die Spannungen durch die in DIN 18800 T1, El. (750) genannten *Formbeiwerte*  $\alpha_{pl}$  abzumindern. Diese Option bezieht sich auf die Normalspannungen  $\sigma_M$  infolge der Biegemomente  $M_y$  und  $M_z$ .

$$\sigma_M = \left| \pm \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z \pm \frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y \right|$$

Gleichung 3.6

Wird diese Möglichkeit der Plastizierung genutzt, so setzt STAHL die in der Norm vorgeschlagenen Formbeiwerte  $\alpha_{pl,y} = 1.14$  und  $\alpha_{pl,z} = 1.25$  an. Die Erlaubnis örtlich begrenzter Plastizierung erstreckt sich ausschließlich auf Walzprofile mit I-förmigen Querschnitt.

## Berechnungsart bei Spannungen

Bei zweiachsiger Beanspruchung kann es u. U. vorkommen, dass die kombinierten Stabschnittgrößen nicht zu den maximalen Spannungen führen. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn in einem Lastfall mit Vertikallast Momente  $M_y$  und keine Momente  $M_z$ , in einem anderen Lastfall mit Horizontallast Momente  $M_z$  und keine Momente  $M_y$  auftreten. Die beiden Lastfälle werden mit dem Kriterium „eventuell“ in einer Lastfallkombination überlagert. In RSTAB-Tabelle 3.1 *Schnittgrößen* wird das Moment  $M_z$  als nicht zugehörig zum maximalen Moment  $M_y$  eingestuft, da die Horizontallast keinen Beitrag zur Erhöhung des Moments infolge Vertikallast leistet. Erfolgt die Bemessung dieser Schnittgrößen getrennt nach den Maximalmomenten  $M_y$  und  $M_z$ , würde der gleichzeitige Einfluss der beiden Schnittgrößen für die kombinierte Betrachtung der Biegespannungen nicht erfasst werden.

### Spannungen aus Schnittgrößen

Die Berechnungsart *Spannungen aus Schnittgrößen* verwertet die Ergebniszeilen der RSTAB-Tabelle 3.1 *Schnittgrößen*. Die max/min-Resultate werden zeilenweise abgearbeitet und somit die Spannungen für jeden Extremwert mitsamt zugehörigen Schnittgrößen ermittelt.

Der Vorteil dieser Bemessungsvariante besteht darin, dass die Ergebnisse der Lastfallkombinationen direkt verwertet werden können, was sich positiv auf die Berechnungsdauer auswirkt. Zudem werden die bemessenen Schnittgrößen transparent, denn in der STAHL-Maske 3.1 *Maßgebende Schnittgrößen* finden sich die Ergebniszeilen der RSTAB-Ergebnistabelle 3.1 *Schnittgrößen* wieder.

### Spannungen einzelner Lastfälle berechnen und dann überlagern

Zur Spannungsanalyse von Lastfallkombinationen ist diese Berechnungsart voreingestellt. Es werden dabei die Normal- und Schubspannungen der enthaltenen Lastfälle ermittelt und anschließend gemäß dem LK-Kombinationskriterium überlagert. Damit wird gewährleistet, dass die eingangs beschriebenen Effekte bei ausschließlich einachsiger Biegebeanspruchung keine zu geringen Spannungsausnutzungen zur Folge haben.

Es findet eine spannungspunktwise Untersuchung statt. Die in den Einzellastfällen vorliegenden Druck-, Zug- und Schubspannungen werden entsprechend addiert und dann in den Ergebnismasken ausgewiesen. Eine Ausnahme besteht bei der Vergleichsspannung  $\sigma_v$ : Diese wird mit den Anteilen von  $\sigma_{\text{gesamt}}$  und  $\tau_{\text{gesamt}}$  ermittelt. Die Überlagerung der Vergleichsspannungen aus den Einzellastfällen wäre nicht korrekt und würde zu hohe Auslastungen nach sich ziehen.

Diese Berechnungsart ist mit einem etwas höheren Rechenaufwand verbunden. Zudem sind die in Maske 3.1 *Maßgebende Schnittgrößen* ausgewiesenen Werte schwieriger nachzuvollziehen, sofern sie sich auf die Vergleichsspannungen beziehen.

Da bei komplexeren räumlichen System meist keine reine einachsige Biegung auftritt, sollten beide Berechnungsarten i. d. R. zu den gleichen Spannungsausnutzungen führen.

### Vergleichsspannung Sigma-v

In diesem Dialogabschnitt können die Faktoren für die Ermittlung der Vergleichsspannung angepasst werden.

$$\sigma_v = \sqrt{f_1 \cdot \sigma_{\text{gesamt}}^2 + f_2 \cdot \tau_{\text{gesamt}}^2}$$

mit  $f_1$ : Faktor für Normalspannungen  
 $f_2$ : Faktor für Schubspannungen

Gleichung 3.7

Die in DIN 18800 T1, El. (748) genannten Faktoren  $f_1 = 1.0$  und  $f_2 = 3.0$  sind voreingestellt.

### Exzentrische Querlasten bei hohen I-Trägern

Werden Querlasten am Obergurt von Trägern eingeleitet, wirken sich diese mit zunehmender Querschnittshöhe immer weniger auf die Biegespannung im Untergurt aus. Aus diesem Grund besteht für hohe I-Profile die Möglichkeit, exzentrisch wirkende Querlasten mit einem vereinfachten Ansatz zu berücksichtigen: Bei jedem(!) gewalzten oder geschweißten symmetrischen I-Profil, das im aktuellen STAHL-Fall zur Bemessung vorgesehen ist, wird die Spannung infolge des Biegemoments  $M_z$  nur am Obergurt berechnet. Es wird dabei ein Ersatzquerschnitt mit dem halbierten Trägheitsmoment  $I_z$  verwendet.

Diese Option bietet den Vorteil, dass die Lasten im RSTAB-Modell schwerachsenbezogen eingegeben werden können, um Torsion zu vermeiden. Da sich dieses Kontrollfeld auf sämtliche symmetrischen I-Profile des Bemessungsfalls auswirkt, sollte man die hohen I-Träger in einem separaten STAHL-Fall bemessen.

### 3.3 Start der Berechnung

Berechnung

In jeder der drei Eingabemasken des STAHL-Moduls kann die [Berechnung] über die gleichnamige Schaltfläche gestartet werden.

STAHL sucht nach den Ergebnissen der zu analysierenden Lastfälle, Lastfallgruppen, Lastfallkombinationen und Superkombinationen. Werden diese nicht gefunden, startet STAHL zunächst die RSTAB-Berechnung zur Ermittlung der bemessungsrelevanten Schnittgrößen. Dabei wird auf die vorgegebenen RSTAB-Berechnungsparameter zurückgegriffen.

Wenn eine Optimierung der Querschnitte (vgl. Kapitel 7.2, Seite 48) erfolgen soll, werden zunächst die erforderlichen Profile ermittelt und dann deren Spannungen berechnet.

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

**Berechnung → Zu berechnen.**

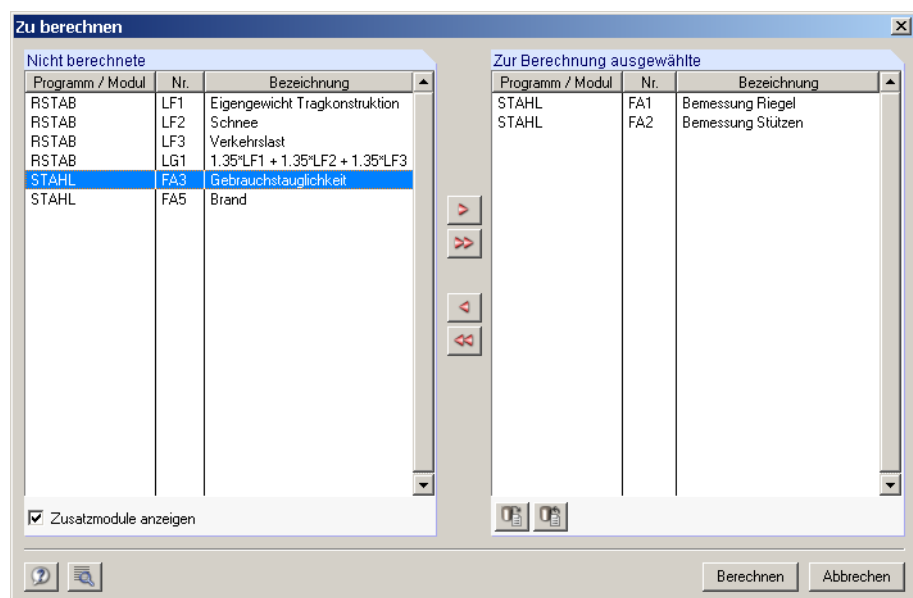


Bild 3.3: Dialog *Zu berechnen*

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

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

Auch über die Liste der Symbolleiste kann ein bestimmter STAHL-Fall direkt berechnet werden. Stellen Sie den gewünschten Bemessungsfall ein und klicken dann auf die Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus].

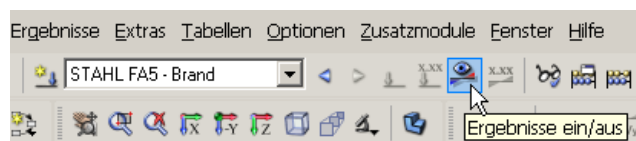


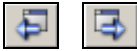
Bild 3.4: Direkte Berechnung eines STAHL-Bemessungsfalls in RSTAB

Berechnen





## 4. Ergebnisse



Unmittelbar nach der Berechnung erscheint die Maske 2.1 *Spannungen querschnittsweise*. In den Ergebnismasken 2.1 bis 2.5 werden die Spannungen und Ausnutzung detailliert aufgelistet, die anschließenden Masken 3.1 bis 3.3 beinhalten die maßgebenden Schnittgrößen sowie die Stückliste. Die Ergebnismasken sind über den STAHL-Navigator zugänglich. Alternativ benutzt man die beiden links dargestellten Schaltflächen oder die Funktionstasten [F2] und [F3], um eine Maske vor- oder zurückzublättern.

Mit [OK] werden die Ergebnisse gesichert und das STAHL-Modul verlassen.

In diesem Handbuchkapitel werden die einzelnen Masken der Reihe nach vorgestellt. Die Auswertung und Kontrolle der Resultate ist im folgenden Kapitel 5 *Ergebnisauswertung* beschrieben.

### 4.1 Spannungen querschnittsweise

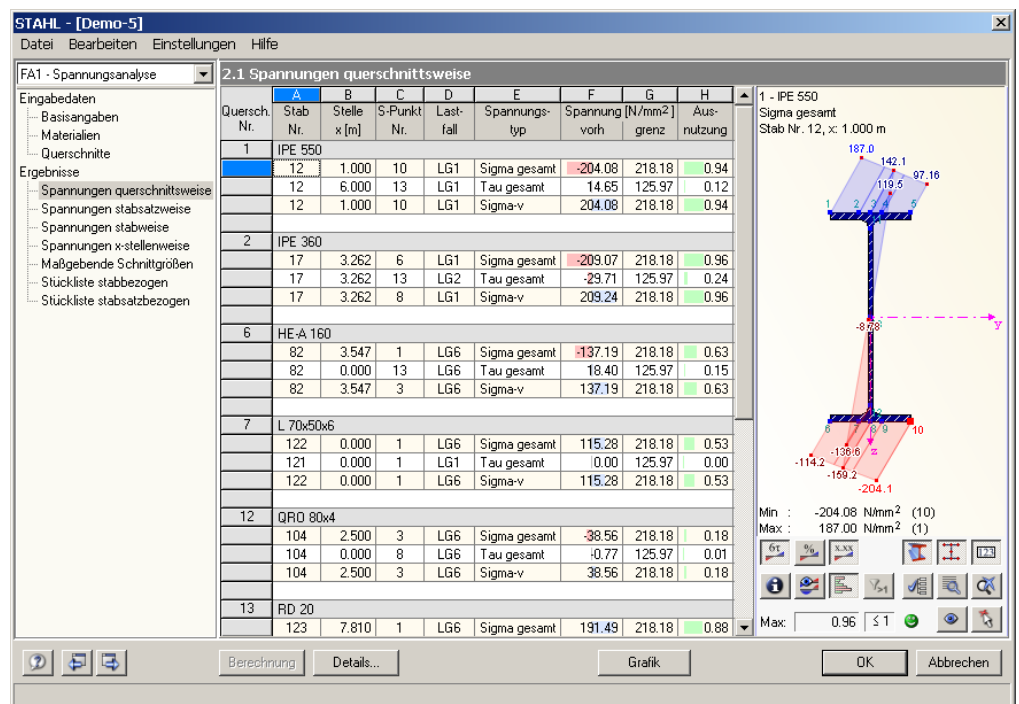


Bild 4.1: Maske 2.1 *Spannungen querschnittsweise*

In dieser Maske werden für alle zur Bemessung gewählten Stäbe die maximalen Spannungen ausgegeben, die infolge der Lastfälle, Lastfallgruppen und -kombinationen ermittelt wurden. Die Auflistung erfolgt nach Querschnitten geordnet. Liegt eine Voute vor, werden beide Querschnittsbezeichnungen in der Zeile neben der Querschnittsnummer angegeben.



Die in Spalte E *Spannungstyp* angezeigten Spannungskomponenten orientieren sich an den Einstellungen, die im Dialog *Spannungen - Filter* vorgegeben sind (siehe Bild 5.3, Seite 34). Dieser Dialog ist über die links dargestellte Schaltfläche zugänglich.

#### Stab Nr.

Für jeden Querschnitt und jede Spannungsart wird die Nummer des Stabes angegeben, der jeweils die größte Spannungsausnutzung aufweist.

## Stelle x

Es wird jeweils die x-Stelle im Stab angegeben, für die der Maximalwert der Spannung ermittelt wurde. Zur tabellarischen Ausgabe werden diese RSTAB-Stabstellen x herangezogen:

- Anfangs- und Endknoten
- Teilungspunkte gemäß eventuell vorgegebener Stabteilung
- Extremwerte der Schnittgrößen

## S-Punkt Nr.

Die Bemessung erfolgt an so genannten Spannungspunkten des Profils. Hier handelt es sich um Stellen im Querschnitt, die durch die Schwerpunktabstände, statischen Momente und Profildicken definiert sind. Anhand dieser Profileigenschaften wird die Bemessung nach den Gleichungen der Tabelle 3.1 und der Tabelle 3.2 möglich.

Sämtliche Standardprofile der Bibliothek sowie die DUENQ- und DICKQ-Querschnitte sind bereits mit Spannungspunkten an den bemessungsrelevanten Querschnittsstellen versehen. Für eigendefinierte Profile müssen die Parameter manuell definiert bzw. importiert werden.

In der Grafik rechts können die Spannungspunkte mitsamt Nummerierung eingeblendet werden. Der aktuelle Spannungspunkt (d. h. der Spannungspunkt der Zeile, in der sich der Cursor befindet) wird rot hervorgehoben.

Über die Schaltfläche [Querschnitt-Info] können die dem Spannungspunkt zugeordneten Kennwerte kontrolliert werden. Es öffnet sich zunächst der Dialog *Info über Querschnitt* mit der Auflistung sämtlicher Profilwerte. In diesem Dialog wird rechts unterhalb der Grafik die Schaltfläche [Details der Spannungspunkte] angeboten, die schließlich den Zugang zu den Spannungspunkteinformationen eröffnet.

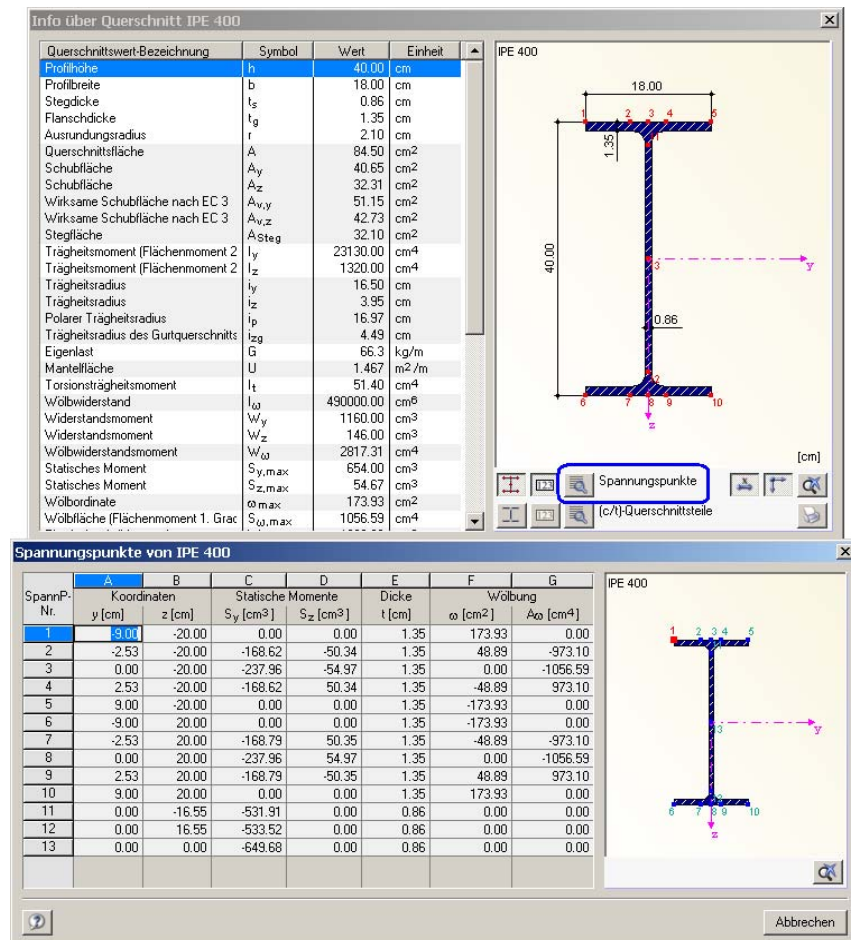


Bild 4.2: Info über Querschnitt: Spannungspunkte

In den Spalten *Koordinaten*  $y$  und  $z$  sind die Schwerpunktabstände  $e_y$  bzw.  $e_z$  aufgelistet, in den Spalten *Statische Momente*  $S_y$  und  $S_z$  die auf die Hauptachse  $y$  bzw.  $z$  bezogenen Flächenmomente 1. Grades. Die *Dicke*  $t$  repräsentiert die Bauteildicke am jeweiligen Spannungspunkt. Die in den Spalten *Wölbung* enthaltenen Werte sind für die Bemessung in STAHL nicht relevant.



Die Spannungsanalyse erfolgt für jeden einzelnen Spannungspunkt, sodass für die kombinierte Betrachtung (z. B.  $\sigma_v$ ) in der Regel nicht die Anteile der Maximalspannungen addiert werden dürfen: Diese liegen meist an unterschiedlichen Spannungspunkten vor. Es müssen die Spannungskomponenten überlagert werden, die an den gleichen Spannungspunkten vorliegen. Die Auswertung der spannungspunktweisen Ergebnisse kann z. B. in Maske 2.5 (siehe Kapitel 4.5, Seite 29) oder im Fenster *Querschnittswerte und Spannungsverlauf* (siehe Bild 5.5, Seite 36) erfolgen.

### Lastfall

In Spalte C wird der Lastfall bzw. die Lastfallgruppe, Lastfallkombination oder Superkombination ausgewiesen, deren Schnittgrößen die jeweiligen Maximalspannungen verursachen.

### Spannungstyp

Als Standard werden die Normalspannungen  $\sigma_{\text{gesamt}}$ , die Schubspannungen  $\tau_{\text{gesamt}}$  und die Vergleichsspannungen  $\sigma_v$  aufgelistet. Die Ermittlung dieser Spannungen ist in Tabelle 3.1, Tabelle 3.2 und Tabelle 3.3 auf den Seiten 19 bis 20 dargestellt.



Zur Kontrolle lassen sich die in die Gesamtspannungen einfließenden Spannungsanteile wie im folgenden Bild 4.3 gezeigt einblenden. Die einzelnen Spannungskomponenten werden im Dialog *Spannungen - Filter* ausgewählt (vgl. Bild 5.3, Seite 34), der über die links dargestellte Schaltfläche zugänglich ist.

### Spannung vorh

In dieser Spalte werden die Extremwerte der vorhandenen Spannungen ausgewiesen, die gemäß den auf den Seiten 19 bis 20 vorgestellten Gleichungen der Tabelle 3.1, Tabelle 3.2 und Tabelle 3.3 ermittelt wurden.


### Spannung grenz

Hier finden sich die Grenzspannungen der Maske 1.2 wieder (siehe Kapitel 2.2, Seite 10). Im Einzelnen handelt es sich um folgende Beanspruchbarkeiten:

- Grenznormalspannung  $\sigma_x$  als die zulässige Spannung für die Beanspruchung infolge Biegung und Normalkraft
- Grenzscherbspannung  $\tau$  als die zulässige Schubspannung infolge Querkraft und Torsion
- Grenzvergleichsspannung  $\sigma_v$  als die zulässige Vergleichsspannung für die gleichzeitige Wirkung mehrerer Spannungen

### Ausnutzung

Für jede Spannungskomponente wird der Quotient aus vorhandener Spannung und Grenzspannung ermittelt. Wird die Grenzspannung nicht überschritten, so ist die Ausnutzung kleiner oder gleich 1.00 und der Spannungsnachweis gilt als erfüllt.

Max:	0.92	≤ 1	
------	------	-----	---

## 4.2 Spannungen stabsatzweise

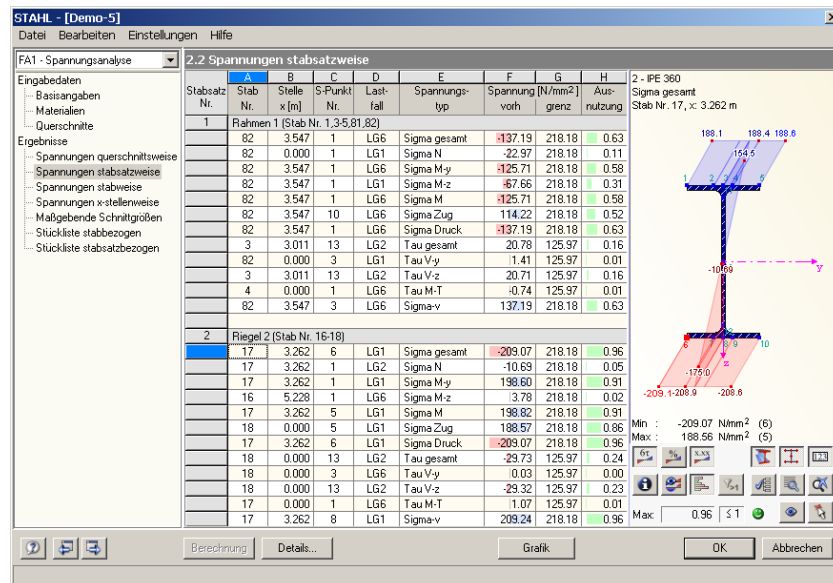


Bild 4.3: Maske 2.2 Spannungen stabsatzweise

Diese Ergebnismaske wird angezeigt, wenn ein oder mehrere Stabsätze zur Bemessung ausgewählt wurden. Die Auflistung der maximalen Spannungen erfolgt nach Stabsätzen geordnet.

Die stabsatzweise Ausgabe bietet den Vorteil, dass für eine ganze Baugruppe (z. B. ein Rahmen) der Spannungsnachweis übersichtlich in einer einzigen Ergebnismaske vorliegt.

Die einzelnen Spalten sind im vorherigen Kapitel 4.1 erläutert. Zusätzlich wird die Spalte *Stab Nr.* angezeigt, die die Nummer desjenigen Stabes im Stabsatz angibt, der die höchste Ausnutzung aufweist.

## 4.3 Spannungen stabweise

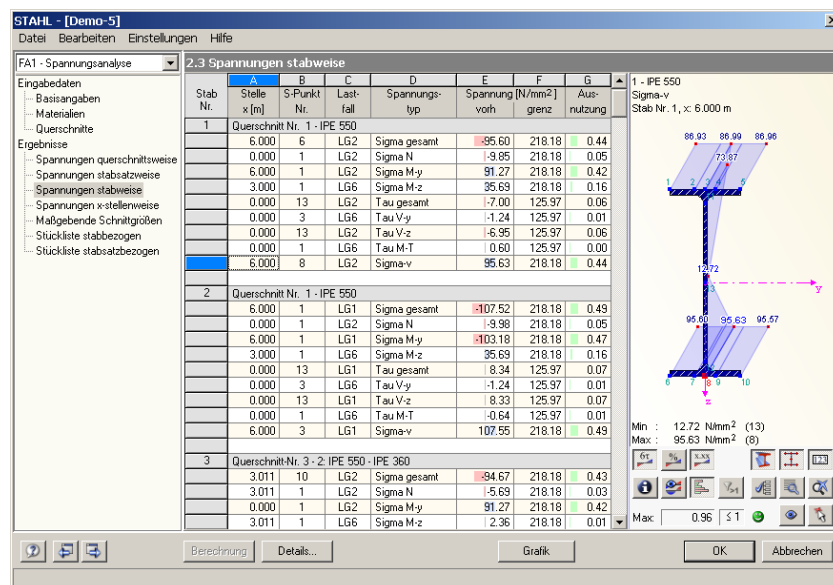


Bild 4.4: Maske 2.3 Spannungen stabweise

Diese Ergebnismaske präsentiert die maximalen Spannungen nach Stabnummern geordnet. Für jeden Stab wird die *Stelle x* angegeben, an der das Maximum auftritt.

Die einzelnen Spalten sind im Kapitel 4.1 auf Seite 25 erläutert.

## 4.4 Spannungen x-stellenweise

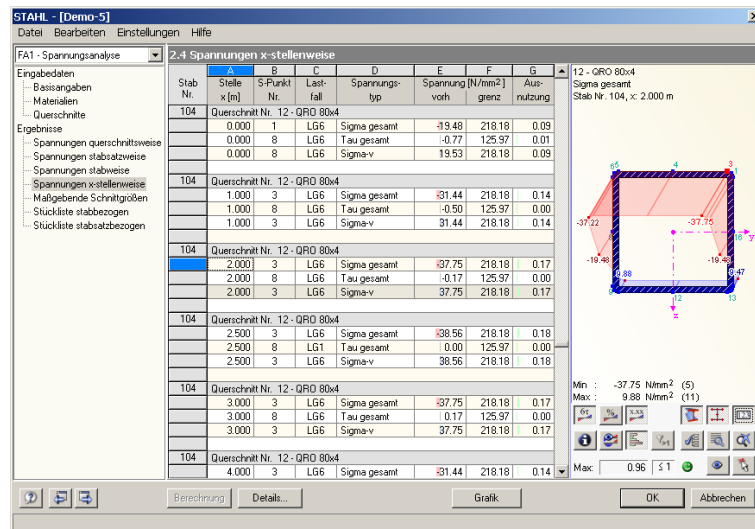


Bild 4.5: Maske 2.4 Spannungen x-stellenweise

Diese Ergebnismaske listet die Maximalspannungen jeden Stabes an den Stellen x der sich aus RSTAB ergebenden Teilungen auf:

- Anfangs- und Endknoten
- Teilungspunkte gemäß eventuell vorgegebener Stabteilung
- Vorgabe der Stabteilung für Stabergebnisse im Register *Optionen* des RSTAB-Dialogs *Berechnungsparameter*
- Extremwerte der Schnittgrößen

## 4.5 Spannungen in jedem Spannungspunkt

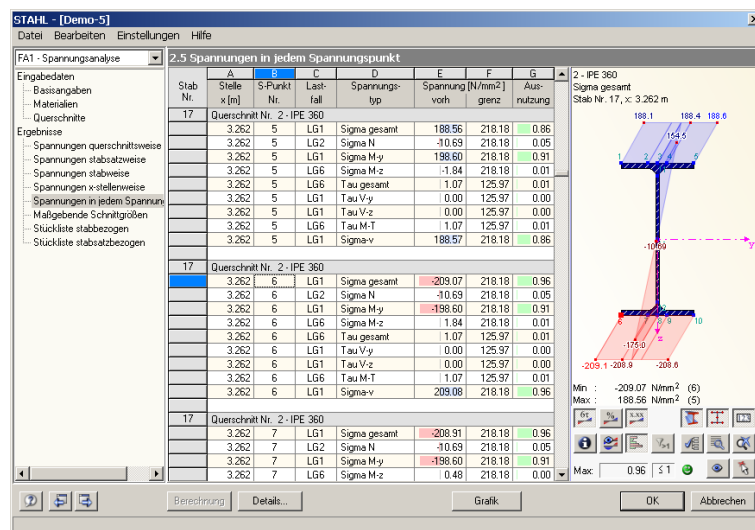


Bild 4.6: Maske 2.5 Spannungen in jedem Spannungspunkt

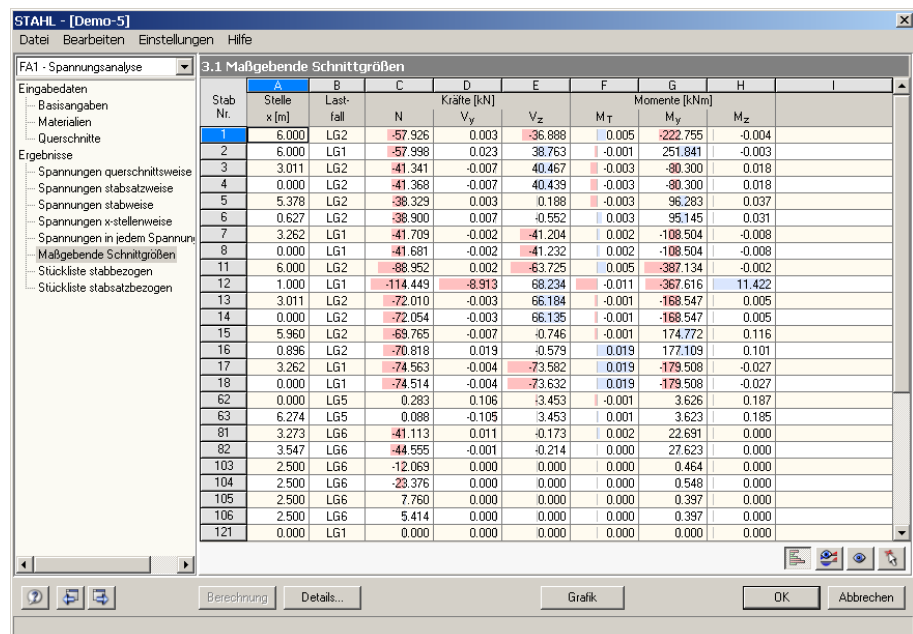
Details...

Da die spannungspunktwise Auswertung meist nicht erforderlich ist, wird diese Ergebnis-  
maske standardmäßig nicht angezeigt. Sie können diese jedoch im Dialog *Details* aktivieren  
(siehe Bild 3.2, Seite 21), der sich über die gleichnamige Schaltfläche aus jeder Maske aufrufen lässt.

Die Präsentation dieser Maske ist mit einer großen Datenmenge verbunden. Da die größten Spannungen und somit die maßgebenden Spannungspunkte von STAHL automatisch ermittelt werden, kann in den meisten Fällen auf die Anzeige der Maske 2.5 verzichtet werden. Zudem steht eine gezielte Auswertungsmöglichkeit in den bereits beschriebenen Masken zur Verfügung, die Sie über die Schaltfläche [Querschnittswerte und Spannungsverlauf] nutzen können. Im Dialog *Querschnittswerte und Spannungsverlauf* (vgl. Bild 5.5, Seite 36) lassen sich die Bemessungsergebnisse für jeden einzelnen Spannungspunkt grafisch und numerisch auswerten.

Die Auflistung der Spannungen wird für jeden Stab nach *Stellen x* und *Spannungspunkten* geordnet. Im Kapitel 4.1 auf Seite 25 finden Sie die einzelnen Spalten der Maske erläutert.

## 4.6 Maßgebende Schnittgrößen



Stab Nr.	Stelle x [m]	Lastfall	N	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
1	6.000	LG2	-57.926	0.003	-36.888	0.005	-222.755	-0.004	
2	6.000	LG1	-57.998	0.023	38.763	-0.001	251.841	-0.003	
3	3.011	LG2	-41.341	-0.007	40.467	-0.003	-80.300	0.018	
4	0.000	LG2	-41.368	-0.007	40.439	-0.003	-80.300	0.018	
5	5.378	LG2	-38.329	0.003	0.188	-0.003	96.283	0.037	
6	0.627	LG2	-38.900	0.007	-0.552	0.003	95.145	0.031	
7	3.262	LG1	-41.709	-0.002	-41.204	0.002	-108.504	-0.008	
8	0.000	LG1	-41.681	-0.002	-41.232	0.002	-108.504	-0.008	
11	6.000	LG2	-88.952	0.002	-63.725	0.005	-387.134	-0.002	
12	1.000	LG1	-114.449	-8.913	68.234	-0.011	-367.616	11.422	
13	3.011	LG2	-72.010	-0.003	66.184	-0.001	-168.547	0.005	
14	0.000	LG2	-72.054	-0.003	66.135	-0.001	-168.547	0.005	
15	5.960	LG2	-69.765	-0.007	-0.746	-0.001	174.772	0.116	
16	0.896	LG2	-70.818	0.019	-0.579	0.019	177.109	0.101	
17	3.262	LG1	-74.563	-0.004	-73.582	0.019	-179.508	-0.027	
18	0.000	LG1	-74.514	-0.004	-73.632	0.019	-179.508	-0.027	
62	0.000	LG5	0.283	0.106	-3.453	-0.001	3.626	0.187	
63	6.274	LG5	0.088	-0.105	-3.453	0.001	3.623	0.185	
81	3.273	LG6	-41.113	0.011	-0.173	0.002	22.691	0.000	
82	3.547	LG6	-44.555	-0.001	-0.214	0.000	27.623	0.000	
103	2.500	LG6	-12.069	0.000	0.000	0.000	0.464	0.000	
104	2.500	LG6	-23.376	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	
105	2.500	LG6	7.760	0.000	0.000	0.000	0.397	0.000	
106	2.500	LG6	5.414	0.000	0.000	0.000	0.397	0.000	
121	0.000	LG1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

Bild 4.7: Maske 3.1 Maßgebende Schnittgrößen

Details...

Diese Maske weist für jeden Stab die maßgebenden Schnittgrößen aus, die zur maximalen Ausnutzung führen. Als Standard ist der Bezug auf die Vergleichsspannung  $\sigma_v$  vorgegeben. Sie können jedoch im Dialog *Details* (siehe Bild 3.2, Seite 21), der über die gleichnamige Schaltfläche aufgerufen wird, den Bezug auf eine andere Spannungs-komponente festlegen.

Mit der Bemessungsvariante *Spannungen einzelner Lastfälle aus LK berechnen und diese dann nach LK-Kriterium überlagern* besteht keine Möglichkeit, die Ergebniszeilen der RSTAB-Ergebnistabelle 3.1 *Schnittgrößen* direkt zu verwerten. Die in den Einzellastfällen vorliegenden Druck-, Zug- und Schubspannungen werden entsprechend addiert und dann in den STAHL-Ergebnismasken ausgewiesen. Die Vergleichsspannung  $\sigma_v$  hingegen wird mit den Anteilen von  $\sigma_{\text{gesamt}}$  und  $\tau_{\text{gesamt}}$  ermittelt, wodurch die in der vorliegenden Maske 3.1 ausgewiesenen Werte nicht unmittelbar transparent sind.

### Stelle x

Es wird für jeden Stab die x-Stelle im Stab angegeben, für die die maximale Ausnutzung ermittelt wurde.

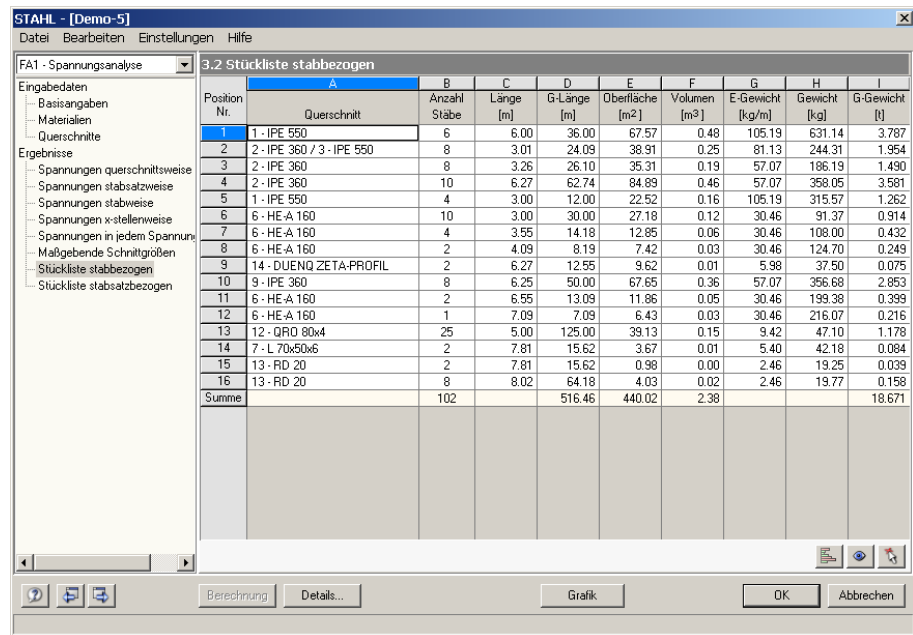
## Lastfall

In dieser Spalte erscheinen die Nummern des Lastfalls bzw. der Lastfallgruppe, Lastfallkombination oder Superkombination, deren Schnittgrößen am Stab die maximale Spannung zur Folge haben.

## Kräfte / Momente

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

## 4.7 Stückliste stabbezogen



Position Nr.	Querschnitt	Anzahl Stäbe	Länge [m]	G-Länge [m]	Oberfläche [m²]	Volumen [m³]	E-Gewicht [kg/m]	Gewicht [kg]	G-Gewicht [t]
1	1 - IPE 550	6	6.00	36.00	67.57	0.48	105.19	631.14	3.787
2	2 - IPE 360 / 3 - IPE 550	8	3.01	24.09	38.91	0.25	81.13	244.31	1.954
3	2 - IPE 360	8	3.26	26.10	35.31	0.19	57.07	186.19	1.490
4	2 - IPE 360	10	6.27	62.74	84.89	0.46	57.07	358.05	3.581
5	1 - IPE 550	4	3.00	12.00	22.52	0.16	105.19	315.57	1.262
6	6 - HE-A 160	10	3.00	30.00	27.18	0.12	30.46	91.37	0.914
7	6 - HE-A 160	4	3.55	14.18	12.85	0.06	30.46	108.00	0.432
8	6 - HE-A 160	2	4.09	8.19	7.42	0.03	30.46	124.70	0.249
9	14 - DUENQ ZETA-PROFIL	2	6.27	12.55	9.62	0.01	5.98	37.50	0.075
10	9 - IPE 360	8	6.25	50.00	67.65	0.36	57.07	356.68	2.853
11	6 - HE-A 160	2	6.55	13.09	11.86	0.05	30.46	199.38	0.399
12	6 - HE-A 160	1	7.09	7.09	6.43	0.03	30.46	216.07	0.216
13	12 - QRD 80x4	25	5.00	125.00	39.13	0.15	9.42	47.10	1.178
14	7 - L 70x50x6	2	7.81	15.62	3.67	0.01	5.40	42.18	0.084
15	13 - RD 20	2	7.81	15.62	0.98	0.00	2.46	19.25	0.039
16	13 - RD 20	8	8.02	64.18	4.03	0.02	2.46	19.77	0.158
Summe		102		516.46	440.02	2.38			18.671

Bild 4.8: Maske 3.2 Stückliste stabbezogen

Details...

Abschließend wird eine Zusammenfassung der im Bemessungsfall behandelten Profile ausgegeben. Als Standard werden nur die bemessenen Stäbe in dieser Liste erfasst. Wird eine Stückliste von allen Stäben der Struktur gewünscht, lässt sich dies im Dialog *Details* einstellen (vgl. Bild 3.2, Seite 21). Der Dialog wird über die gleichnamige Schaltfläche aufgerufen.

### Position Nr.

Es werden automatisch Positionsnummern für gleichartige Stäbe vergeben.

### Querschnitt

In dieser Spalte werden die Querschnittsbezeichnungen aufgelistet.

### Anzahl Stäbe

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

### Länge

In dieser Spalte wird die Länge eines einzelnen Stabes ausgewiesen.

### Gesamtlänge

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





## Oberfläche

Es wird die auf die Gesamtlänge bezogene Oberfläche der jeweiligen Positionen angegeben, die aus der *Mantelfläche* der Profile ermittelt wird. Diese kann in den Masken 1.3 bis 2.4 bei den Querschnittsinformationen kontrolliert werden.

## Volumen

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

## E-Gewicht

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

## Gewicht

Diese Spalte ermittelt sich aus dem Produkt der Spalten C und G.

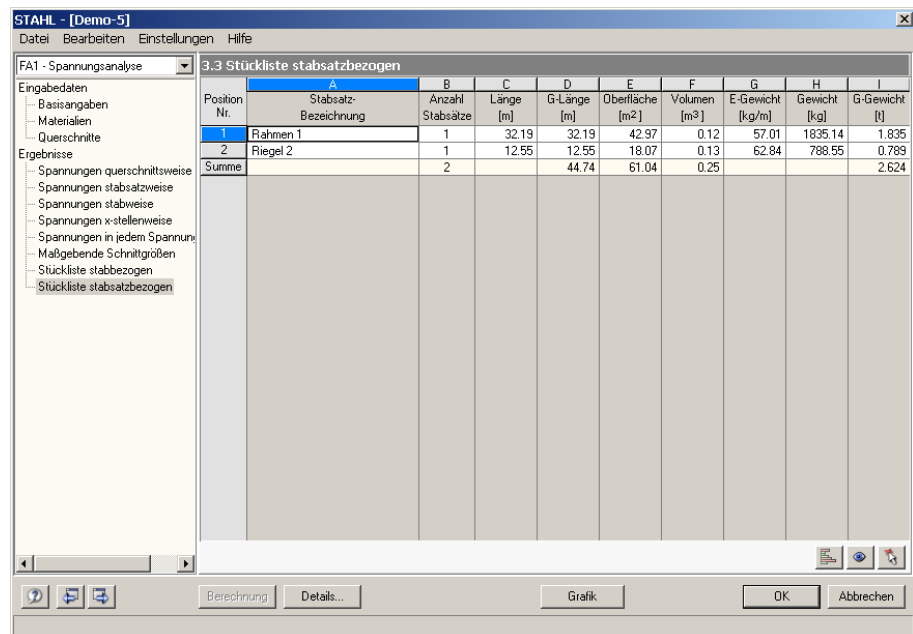
## Gesamtgewicht

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

## Summe

Den unteren Abschluss der Auflistung bildet die Angabe der jeweiligen Spaltensummen. Im Feld *Gesamtgewicht* kann die benötigte Stahlmenge abgelesen werden.

## 4.8 Stückliste stabsatzbezogen



Position Nr.	Stabsatz-Bezeichnung	Anzahl Stabsätze	Länge [m]	G-Länge [m]	Oberfläche [m²]	Volumen [m³]	E-Gewicht [kg/m]	Gewicht [kg]	G-Gewicht [t]
1	Rahmen 1	1	32.19	32.19	42.97	0.12	57.01	1835.14	1.835
2	Riegel 2	1	12.55	12.55	18.07	0.13	62.84	788.55	0.789
	Summe	2		44.74	61.04	0.25			2.624

Bild 4.9: Maske 3.3 Stückliste stabsatzbezogen

Die letzte STAHL-Maske steht nur dann zur Verfügung, wenn ein oder mehrere Stabsätze zur Bemessung ausgewählt wurden. Die stabsatzweise Ausgabe bietet den Vorteil einer zusammenfassenden Stückliste für eine ganze Baugruppe (z. B. einen Rahmen).

Die einzelnen Spalten sind im vorherigen Kapitel 4.7 erläutert. Bei unterschiedlichen Profilen im Stabsatz werden Oberfläche, Volumen und Einheitsgewicht gemittelt.



# 5. Ergebnisauswertung

Nach der Bemessung bestehen verschiedene Möglichkeiten, die Ergebnisse auszuwerten. Hierfür erweisen sich die rechts unterhalb der Grafik angebotenen Schaltflächen hilfreich.

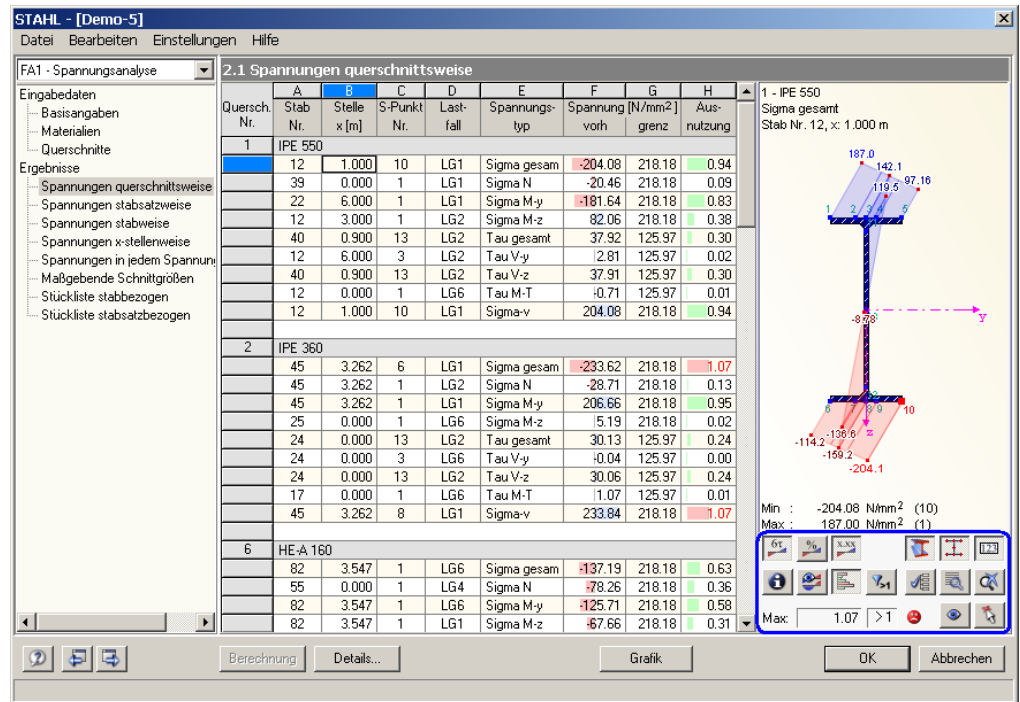










Bild 5.1: Schaltflächen zur Ergebnisauswertung

Die Schaltflächen sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Bezeichnung	Funktion
	Spannungsverlauf	Blendet die grafische Darstellung der Spannungen am Querschnitt ein und aus
	Ausnutzung	Blendet alternativ zum Spannungsverlauf die grafische Darstellung der Ausnutzung ein und aus
	Werte	Schaltet die Werteangaben in der Spannungs- oder Ausnutzungsgrafik ein und aus
	Querschnittskontur	Steuert die Anzeige des Profilumrisses in der Querschnittsgrafik
	Spannungspunkte	Blendet die Anzeige der Spannungspunkte in der Querschnittsgrafik ein und aus
	Nummerierung	Schaltet die Nummerierung der Spannungspunkte ein und aus
	Querschnittsinfo	Ruft den Dialog <i>Info über Querschnitt</i> mit den Kennwerten des aktuellen Profils auf
	Ergebnisverläufe	Öffnet das Diagramm <i>Ergebnisverläufe im Stab</i> → Kapitel 5.4, Seite 40








	Relationsbalken	Blendet in den Ergebnismasken die farbigen Bezugsskalen ein und aus
	Überschreitung	Stellt nur Zeilen dar, in denen die Ausnutzung größer als 1 und damit der Nachweis nicht erfüllt ist
	Spannungsauswahl	Öffnet den Dialog <i>Spannungen - Filter</i> → Kapitel 5.1, Seite 34
	Erweiterte Anzeige	Öffnet den Dialog <i>Querschnittswerte und Spannungsverlauf</i> → Kapitel 5.2, Seite 35
	Gesamtansicht	Stellt die Spannungsgrafik wieder vollständig dar (Zoomen mit Scrollrad, Verschieben per Drag&Drop)
	Sichtmodus	Ermöglicht den Sprung in das RSTAB-Arbeitsfenster, um dort eine andere Ansicht einzustellen
	Stabauswahl	Ein Stab kann im RSTAB-Fenster angeklickt werden, dessen Spannungen dann in der Tabelle erscheinen.

Tabelle 5.1: Schaltflächen in den Ergebnismasken 2.1 bis 2.5

## 5.1 Auswahl der Spannungen

Nach der Bemessung sind diese Spannungsarten zur Anzeige voreingestellt:

- Normalspannung  $\sigma_{\text{gesamt}}$
- Schubspannung  $\tau_{\text{gesamt}}$
- Vergleichsspannung  $\sigma_v$

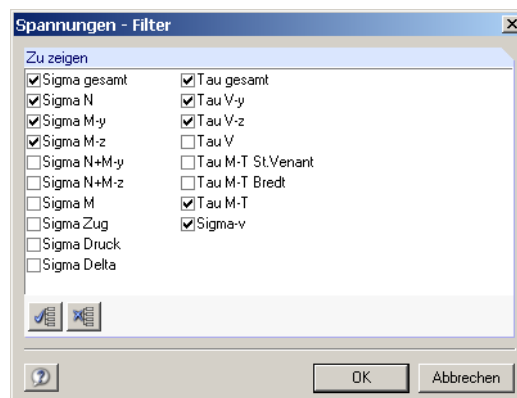


Über der Schaltfläche [Auswahl der anzuzeigenden Spannungen] besteht die Möglichkeit, weitere Spannungskomponenten in die Ergebnismasken einzublenden. Damit können die in die Gesamtspannung einfließenden Spannungsanteile überprüft werden.



Bild 5.2: Schaltfläche [Auswahl der anzuzeigenden Spannungen]

Es erscheint folgender Dialog:

Bild 5.3: Dialog *Ergebnisse - Filter*

In diesem Dialog können die gewünschten Spannungskomponenten ausgewählt werden. Die Spannungen sind in Tabelle 3.1 und Tabelle 3.2 auf den Seiten 19 und 20 erläutert.

Die beiden Schaltflächen erleichtern die Auswahl. Sie sind mit folgenden Funktionen belegt:



Schaltfläche	Bezeichnung	Funktion
	Alles selektieren	Es werden alle Spannungskomponenten ausgewählt.
	Alles deselektieren	Sämtliche Spannungen werden deaktiviert.

Tabelle 5.2: Schaltflächen im Dialog



Die Analyse erfolgt für jeden einzelnen Spannungspunkt, sodass für die kombinierte Betrachtung (z. B.  $\sigma_{\text{gesamt}}$ ) in der Regel nicht die Anteile der Maximalspannungen addiert werden dürfen: Diese liegen meist an unterschiedlichen Spannungspunkten vor. Es müssen die Spannungskomponenten des jeweiligen Spannungspunkts überlagert werden.

## 5.2 Ergebnisse am Querschnitt

Die tabellarische Auflistung der Spannungen wird in den Ergebnismasken rechts durch eine Spannungsgrafik ergänzt. Diese Grafik ist dynamisch, denn sie zeigt den Spannungsverlauf der aktuellen x-Stelle bzw. des aktuellen Spannungspunktes an, der durch die Cursorposition in der Tabelle links festgelegt ist. Der aktuelle Spannungspunkt wird in der Grafik rot hervorgehoben.

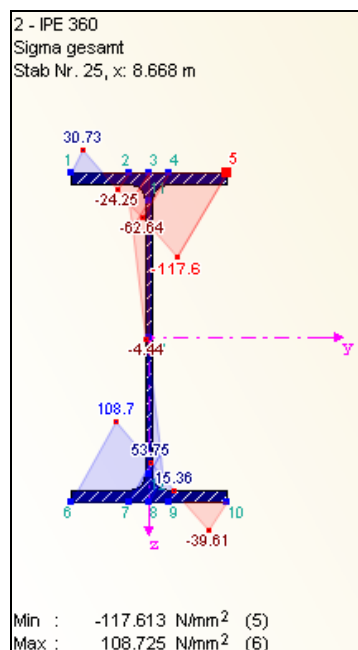


Bild 5.4: Verlauf der Normalspannungen am Querschnitt

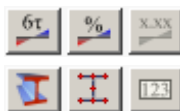


Mit dem Scrollrad kann die Anzeige vergrößert bzw. verkleinert werden, per Drag&Drop kann man die Spannungsgrafik an eine andere Stelle verschieben. Die links dargestellte Schaltfläche stellt die Gesamtansicht wieder her.

Die Bedeutung und Funktion der Schaltflächen unterhalb der Grafik ist in Tabelle 5.1 auf Seite 34 erläutert. Mit diesen kann gesteuert werden, ob in der Grafik

- der Spannungs- oder Ausnutzungsverlauf mitsamt Werten,
- die Querschnittskontur,
- die Spannungspunkte und deren Nummerierung

zur Anzeige kommen sollen.





Mithilfe der Schaltfläche [Querschnittswerte und Spannungen erweitert anzeigen] ist eine gezielte Auswertung der Spannungen für jeden Spannungspunkt möglich. Diese ruft den Dialog *Querschnittswerte und Spannungsverlauf* auf.

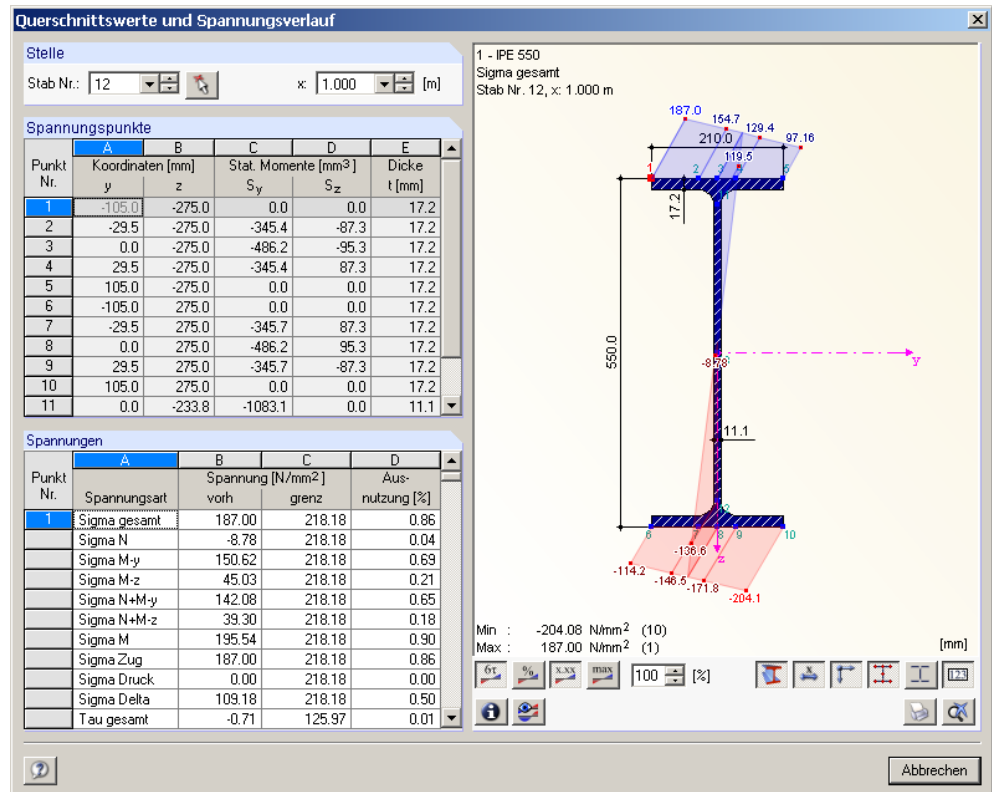


Bild 5.5: Dialog *Querschnittswerte und Spannungsverlauf*

Im Abschnitt *Stelle* erscheinen die aktuelle *Stabnummer* und *Stelle x* am Stab voreingestellt. Aus der Liste können jedoch auch andere Stäbe oder *x*-Stellen ausgewählt werden.

Der Abschnitt *Spannungspunkte* listet alle Spannungspunkte des Querschnitts auf. In den Spalten *Koordinaten* werden die jeweiligen Schwerpunktabstände  $e_y$  und  $e_z$  angegeben, in den Spalten *Statische Momente* die jeweiligen Flächenmomente 1. Grades  $S_y$  und  $S_z$ . Die letzte Spalte weist die für die Schubspannungsermittlung relevante *Dicke t* des Bauteils aus.

Im Abschnitt *Spannungen* unterhalb werden die einzelnen Spannungsanteile am aktuellen – im Abschnitt oben aktiven – Spannungspunkt aufgelistet. Auch hier ist möglich, bestimmte Spannungsanteile durch Anklicken zu selektieren, die dann dynamisch in der Grafik rechts visualisiert werden.



Die Schaltflächen unterhalb der Grafik sind zum Großteil denen der Tabelle 5.1 auf Seite 34 identisch. Sie werden auch durch *Quick-Infos* erläutert. Eine besondere Bedeutung kommt der Schaltfläche [Drucken] zu, die das Ausdrucken der aktuellen Spannungsgrafik am Querschnitt ermöglicht. Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel 6.2.1 auf Seite 43.

## 5.3 Ergebnisse am RSTAB-Modell

Zur Auswertung der Bemessungsergebnisse kann auch das RSTAB-Arbeitsfenster genutzt werden. Zum einen ist die RSTAB-Grafik im Hintergrund hilfreich, wenn man die Lage eines bestimmten Stabes im Modell kontrollieren möchte: Der in der STAHL-Ergebnismaske selektierte Stab wird in der Hintergrundgrafik von RSTAB in der Selektionsfarbe hervorgehoben. Ein Pfeil kennzeichnet zusätzlich die x-Stelle am Stab, die in der aktuellen Zeile der STAHL-Maske als maßgebend ausgewiesen ist.

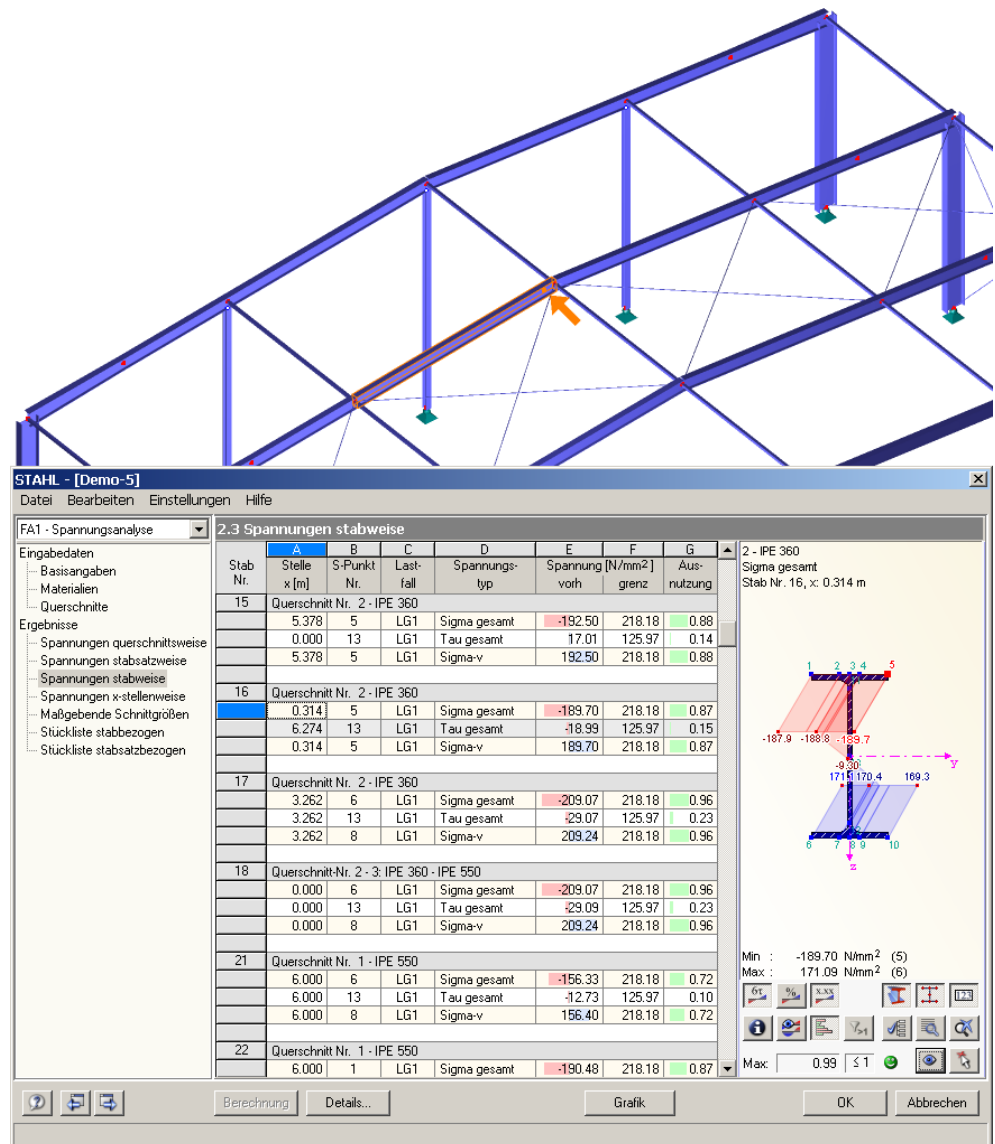


Bild 5.6: Kennzeichnung des Stabes und der aktuellen Stelle x im RSTAB-Modell



Sollte sich eine ungünstige Ansicht auch durch das Verschieben des STAHL-Fensters nicht beheben lassen, kann man über die Schaltfläche [Ansicht ändern] in den so genannten *Sichtmodus* wechseln: Das STAHL-Fenster wird ausgeblendet und in der RSTAB-Oberfläche kann nun die Anzeige geändert werden. In diesem Modus stehen nur die Funktionen des Menüs *Ansicht* zur Verfügung, z. B. Zoomen, Verschieben oder Drehen der Ansicht.

Grafik

Zum anderen lassen sich sowohl die Spannungen als auch die Ausnutzungsgrade direkt am Strukturmodell visualisieren. Mit der Schaltfläche [Grafik] wird das STAHL-Modul verlassen.

Im RSTAB-Arbeitsfenster werden die Bemessungsergebnisse wie die Schnittgrößen eines Lastfalls grafisch präsentiert.

Der *Ergebnisse*-Navigator ist an die Ergebnisse der STAHL-Bemessung angepasst. Es stehen die einzelnen Spannungskomponenten sowie die Ausnutzungen bezogen auf die jeweiligen Spannungsanteile zur Auswahl.

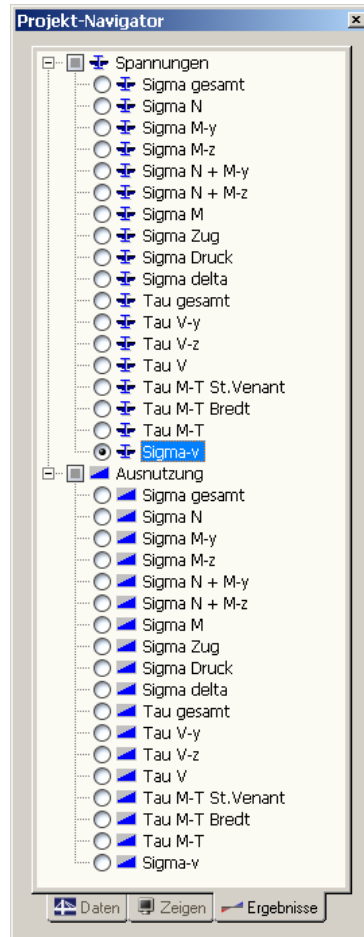
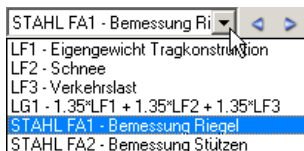


Bild 5.7: *Ergebnisse*-Navigator



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

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

Die Auswahl der Bemessungsfälle erfolgt wie gewohnt über die Liste in der RSTAB-Menüleiste.

Die Steuerung der Ergebnispräsentation kann zudem im *Zeigen*-Navigator unter dem Eintrag *Ergebnisse* → *Stäbe* erfolgen. Standardmäßig werden die Spannungen und Ausnutzungen *zweifarb* dargestellt.

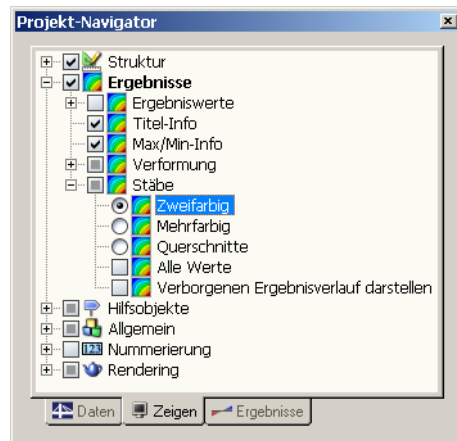


Bild 5.8: Zeigen-Navigator: Ergebnisse → Stäbe

Die Spannungen werden auch in zweifarbiger Darstellung vorzeichenkonform dargestellt. Positive Spannungen werden in Richtung der positiven Stabachse  $z$  blau, negative Spannungen in entgegengesetzter Richtung der Spannungsverlauf am Stab das Vorzeichen und damit die Farbe und die Seite wechselt.



Bei einer mehrfarbigen Darstellung steht das farbige Panel mit den üblichen Steuerungsmöglichkeiten zur Verfügung. Dessen Funktionen sind im RSTAB-Handbuch, Kapitel 4.4.6 ab Seite 64 ausführlich beschrieben. Wie bei den Stabschnittgrößen kann im Register *Filter* eine Skalierung der Bemessungsergebnisse vorgenommen werden. Gibt man dort im Eingabefeld *Stabverläufe* den Faktor *0* vor, erfolgt die Darstellung der Spannungen und Ausnutzungen automatisch mit einer stärkeren Liniendicke.

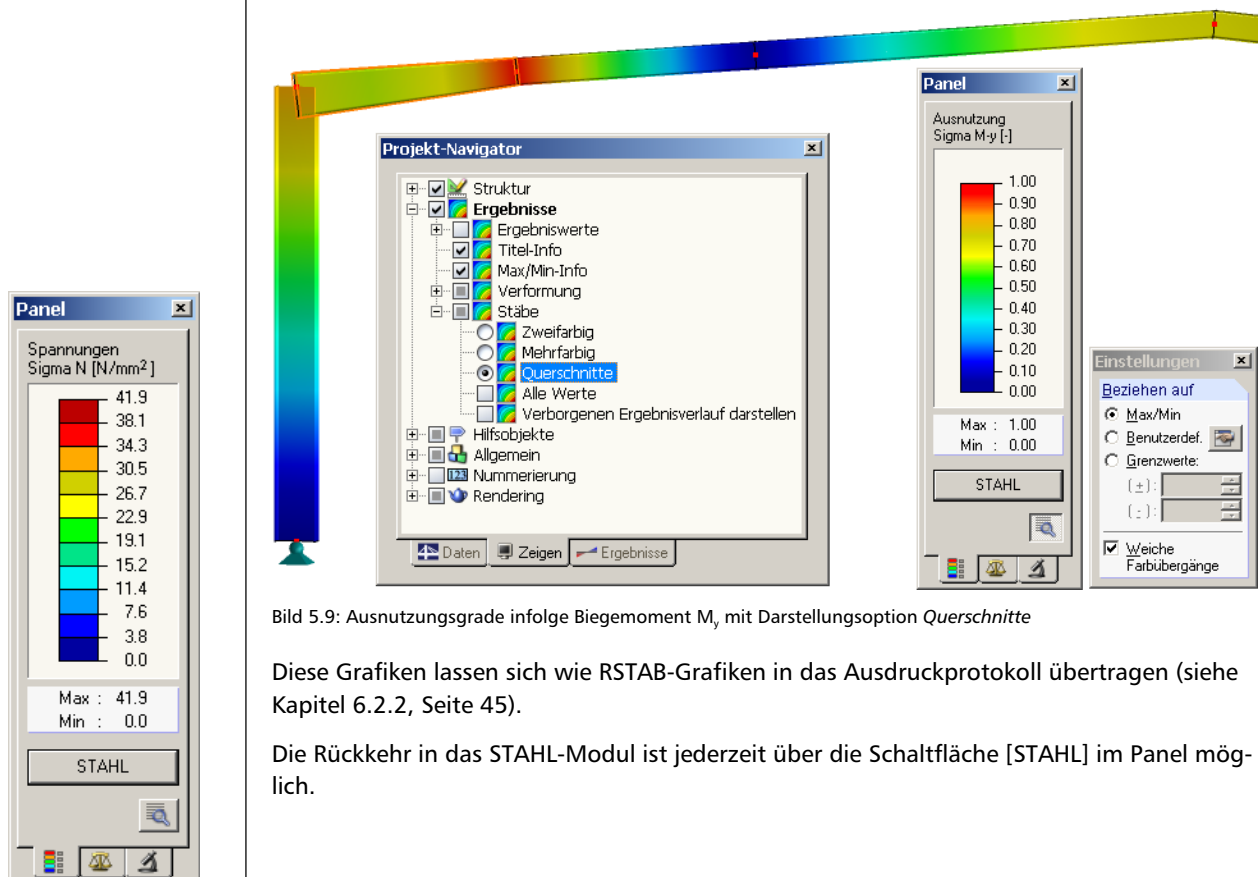


Bild 5.9: Ausnutzungsgrade infolge Biegemoment  $M_y$  mit Darstellungsoption *Querschnitte*

Diese Grafiken lassen sich wie RSTAB-Grafiken in das Ausdruckprotokoll übertragen (siehe Kapitel 6.2.2, Seite 45).

Die Rückkehr in das STAHL-Modul ist jederzeit über die Schaltfläche [STAHL] im Panel möglich.

## 5.4 Ergebnisverläufe



Möchte man für einen bestimmten Stab den Ergebnisverlauf ablesen, bietet sich auch das Ergebnisdiagramm an. Selektieren Sie den Stab bzw. Stabsatz in der STAHL-Ergebnismaske und aktivieren das Ergebnisdiagramm dann über die links dargestellte Schaltfläche. Diese befindet sich unterhalb der Spannungsgrafik.

In der RSTAB-Grafik sind die Ergebnisverläufe zugänglich über Menü

**Ergebnisse → Ergebnisverläufe an selektierten Stäben**



oder die entsprechende Schaltfläche in der RSTAB-Symbolleiste.

Es öffnet sich ein Fenster, das die Ergebnisverläufe am gewählten Stab bzw. Stabsatz anzeigt.

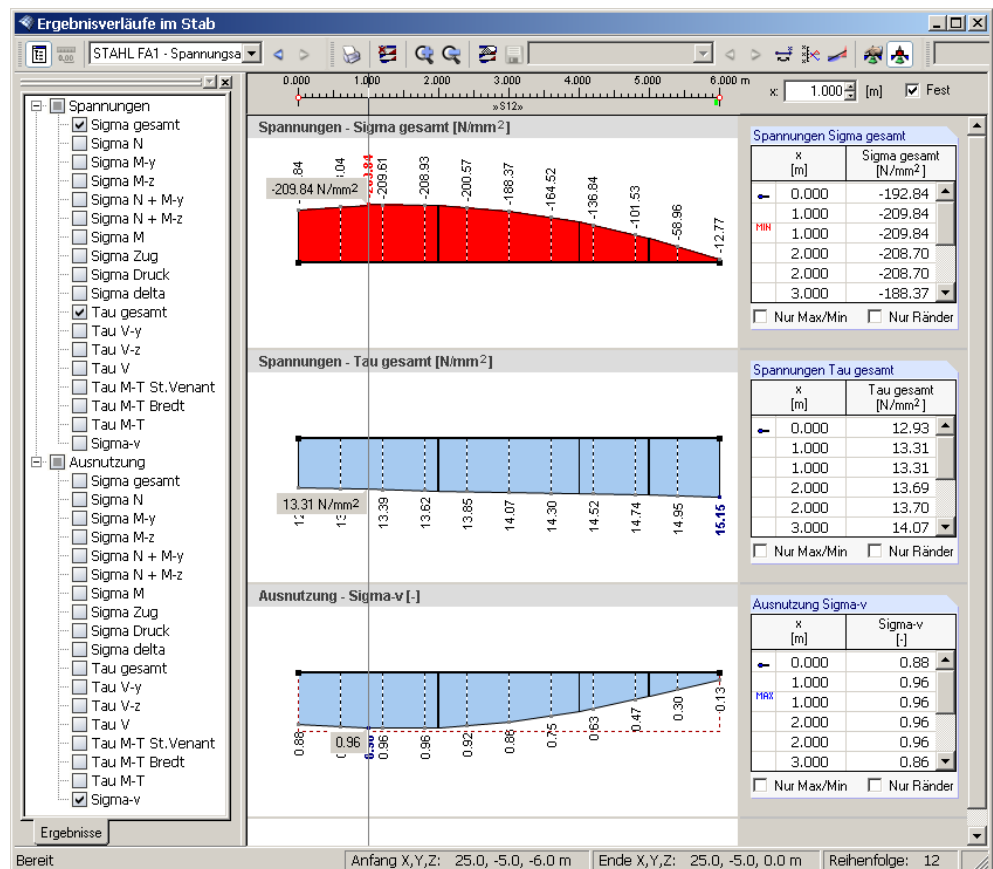


Bild 5.10: Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*



Im Navigator links werden die Spannungen und Ausnutzungen festgelegt, die im Ergebnisdiagramm zur Anzeige kommen sollen. Über die Liste in der Symbolleiste kann zwischen den STAHL-Bemessungsfällen gewechselt werden.

Eine ausführliche Beschreibung des Dialogs *Ergebnisverläufe* finden Sie im Kapitel 9.8.4 des RSTAB-Handbuchs ab Seite 207.



## 5.5 Filter für Ergebnisse

Neben den STAHL-Ergebnismasken, die durch ihre Strukturierung bereits eine Auswahl nach bestimmten Kriterien erlauben, stehen die im RSTAB-Handbuch beschriebenen Filtermöglichkeiten zur grafischen Auswertung der STAHL-Bemessungsergebnisse zur Verfügung.

Zum einen kann auf bereits definierte Ausschnitte zurückgegriffen werden (vgl. RSTAB-Handbuch, Kapitel 9.8.6 ab Seite 210), die Objekte in geeigneter Weise gruppieren.

Zum anderen ist es möglich, die Spannungen und Ausnutzungen als Filterkriterium in der RSTAB-Arbeitsfläche zu benutzen. Hierfür muss das Panel angezeigt werden. Sollte es nicht aktiv sein, kann es einblendet werden über Menü

### Ansicht → Steuerpanel

oder die entsprechende Schaltfläche in der *Ergebnisse*-Symbolleiste.

Das Panel ist im Kapitel 4.4.6 des RSTAB-Handbuchs ab Seite 64 beschrieben. Die Filtereinstellungen für die Ergebnisse werden im Register *Farbskala* vorgenommen. Da dieses bei der zweifarbigen Schnittgrößenanzeige nicht zur Verfügung steht, muss im *Zeigen*-Navigator auf die Darstellungsarten *Mehrfarbig* oder *Querschnitte* umgeschaltet werden.

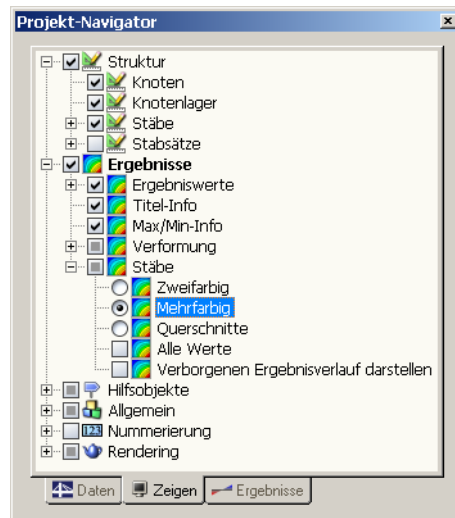


Bild 5.11: *Zeigen*-Navigator: Ergebnisse → Stäbe → Mehrfarbig

Bei einer mehrfarbigen Ergebnisanzeige kann im Panel beispielsweise eingestellt werden, dass nur Vergleichsspannungen größer als 100 N/mm<sup>2</sup> angezeigt werden. Die Farbskala ist so bearbeitet, dass ein Farbbereich jeweils 10 N/mm<sup>2</sup> abdeckt (siehe Bild 5.12 auf der folgenden Seite).

Über die Option *Verborgenen Ergebnisverlauf darstellen* (im *Zeigen*-Navigator unter dem Eintrag Ergebnisse → Stäbe) ließen sich alle Spannungsverläufe einblenden, die diese Bedingung nicht erfüllen. Sie würden dann strichlinienhaft dargestellt werden.

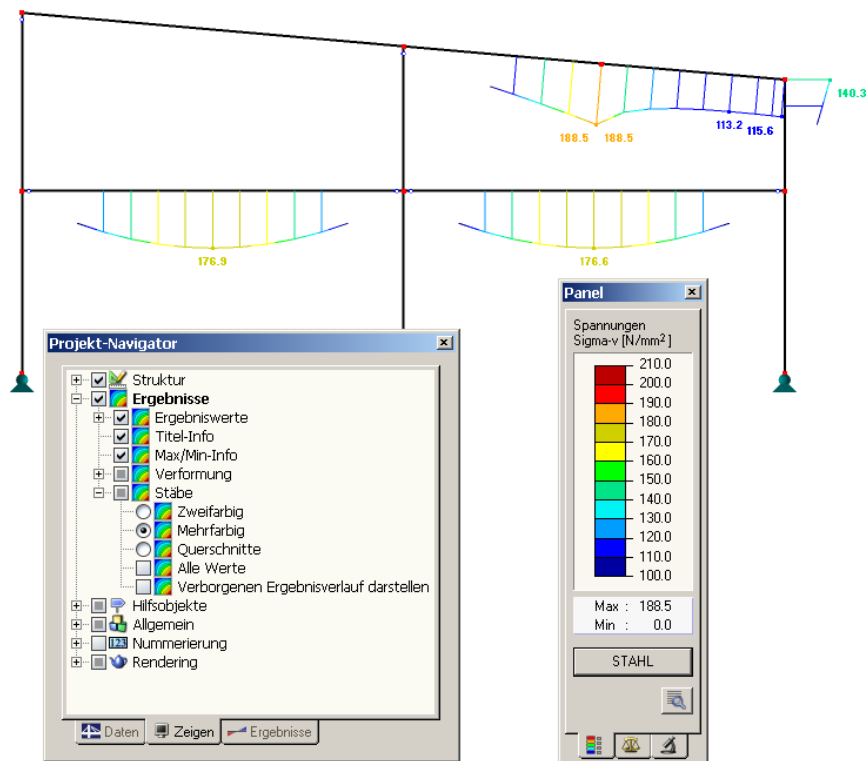


Bild 5.12: Filtern der Vergleichsspannungen mit angepasster Farbskala

## Filtern von Stäben



Im Register *Filter* des Steuerpanels können die Nummern der Stäbe bestimmt werden, deren Ergebnisverläufe in der Grafik gefiltert zur Anzeige kommen sollen. Die Beschreibung dieser Funktion finden Sie im Kapitel 9.8.6 des RSTAB-Handbuchs auf Seite 215.

Im Unterschied zur Ausschnittfunktion wird die Struktur vollständig mit angezeigt. Das folgende Bild zeigt die Normalspannungen im innenliegenden Rahmen einer Struktur. Die übrigen Stäbe werden im Modell dargestellt, sind in der Anzeige jedoch ohne Spannungen.

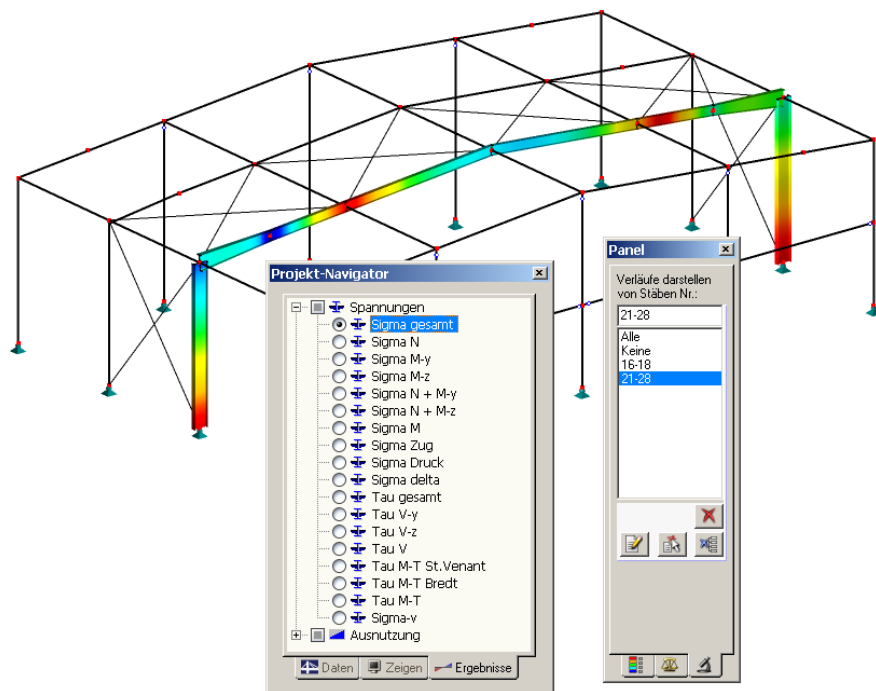


Bild 5.13: Filtern von Stäben: Normalspannungen eines Rahmens

## 6. Ausdruck

### 6.1 Ausdruckprotokoll

Auch für die STAHL-Bemessungsergebnisse wird zunächst ein Ausdruckprotokoll generiert, das mit Grafiken und Erläuterungen ergänzt werden kann. Dort wird auch festgelegt, welche STAHL-Ergebnismasken im Ausdruck erscheinen sollen.

Das Ausdruckprotokoll ist im RSTAB-Handbuch ausführlich beschrieben. Insbesondere das Kapitel 10.1.3.4 *Selektion der Zusatzmodul-Daten* auf Seite 226 behandelt die Auswahl der Ein- und Ausgabedaten in den Zusatzmodulen.

Bei sehr großen Strukturen ist es ratsam, anstelle eines einzigen, umfangreichen Protokolls die Daten auf mehrere kleine Protokolle aufzuteilen. Legt man ein separates Protokoll nur für die STAHL-Daten eines Bemessungsfalls an, kann dieses Ausdruckprotokoll relativ schnell aufgebaut werden.



Im Ausdruckprotokoll werden die Spannungsanteile ausgewiesen, die im STAHL-Bemessungsfall für die Ergebnismasken aktiv sind. Sollen z. B. die Spannungen infolge Normalkraft im Ausdruck erscheinen, so sind im STAHL-Modul die Spannungen  $\sigma_N$  zu aktivieren. Diese Funktion finden Sie im Kapitel 5.1 *Auswahl der Spannungen* auf Seite 34 beschrieben.

### 6.2 STAHL-Grafiken drucken

Wie bei der grafischen Ergebnisauswertung können die Spannungen und Ausnutzungen sowohl am Querschnitt als auch am RSTAB-Modell für den Ausdruck aufbereitet werden. Die Grafiken lassen sich in das Ausdruckprotokoll einbinden oder direkt auf den Drucker leiten. Im Kapitel 10.2 des RSTAB-Handbuchs wird das Drucken von Grafiken ausführlich erläutert.

#### 6.2.1 Ergebnisse am Querschnitt



Die Druckfunktion ist indirekt über den Dialog *Querschnittswerte und Spannungsverlauf* zugänglich (siehe Bild 5.5, Seite 36). Dieser Dialog kann in den Ergebnismasken über die Schaltfläche [Querschnittswerte und Spannungen] aufgerufen werden.

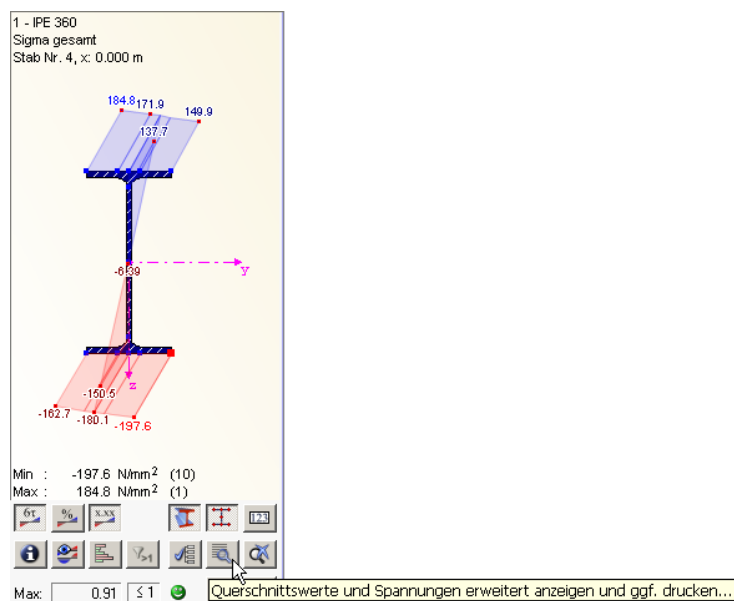


Bild 6.1: Schaltfläche *Querschnittswerte und Spannungen* in der Grafik der Ergebnismasken



Im Dialog *Querschnittswerte und Spannungsverlauf* werden der gewünschte Stab, die relevante Stelle x sowie die Spannungsart eingestellt, deren Verlauf man drucken möchte. Über die Schaltfläche [Drucken] im Dialog rechts unten wird dann der Druckdialog aufgerufen.

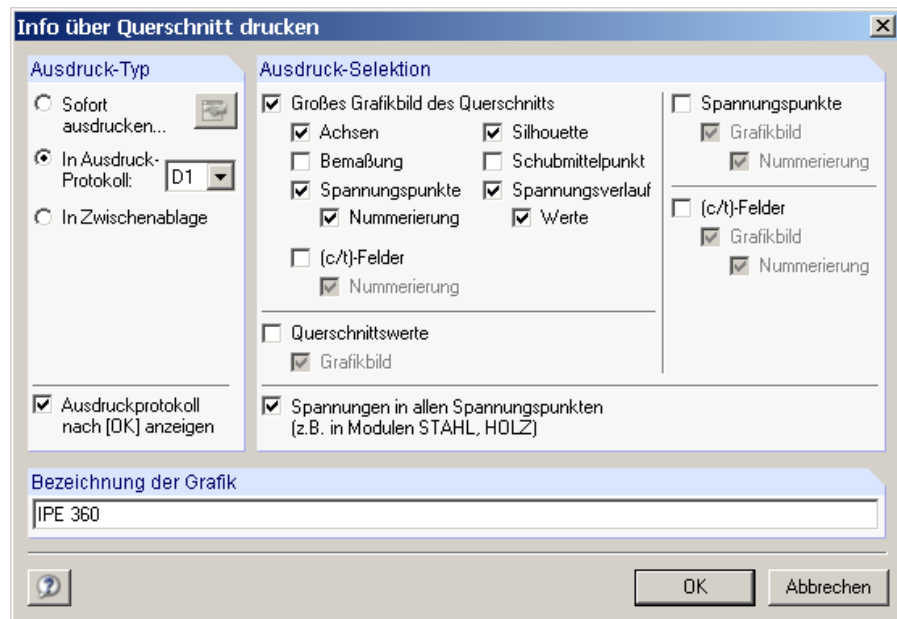


Bild 6.2: Dialog *Info über Querschnitt drucken*

Im Abschnitt *Ausdruck-Typ* stehen die bekannten Optionen zur Auswahl:

- *Sofort ausdrucken* leitet die aktuelle Grafik auf den Drucker.
- *In Ausdruckprotokoll* fügt die Grafik in ein Ausdruckprotokoll ein.
- *In Zwischenablage* stellt die Grafik für andere Anwendungen zur Verfügung.

Sollten mehrere Ausdruckprotokolle existieren, kann in der Liste neben dem Auswahlfeld die Nummer des Ziel-Protokolls gewählt werden.

Der Abschnitt *Ausdruck-Selektion* steuert, welche Elemente im Druckbild und in einer Ausgabetabelle erscheinen. Die unter *Großes Grafikbild des Querschnitts* angegebenen Objekte bedürfen keiner weiteren Erklärung. Ist die Option *Querschnittswerte* aktiv, werden die Profilkennwerte als Tabelle gedruckt, optional ergänzt durch ein symbolisierendes *Grafikbild* am Rand. In gleicher Weise können die Kennwerte der *Spannungspunkte* und *(c/t)-Felder* sowie die *Spannungen in allen Spannungspunkten* in den Ausdruck aufgenommen werden.

Wird der Dialog mit [OK] geschlossen, öffnet sich normalerweise das Ausdruckprotokoll. Möchte man mehrere Grafiken hintereinander in das Protokoll drucken, sollte das Kontrollfeld *Ausdruckprotokoll nach [OK] anzeigen* deaktiviert werden.



**Ingenieurbüro Frank Mustermann**  
Musterstraße 111, 98765 MUSTERSTADT  
Tel: 09673/1770 - Fax: 09673/1770

Seite: 78/179  
Blatt: 1

**STAHL**

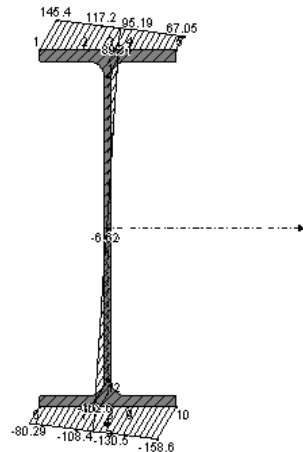
Projekt: **Demo**

Position: **Demo-5**

Datum: 23.05.2007

#### ■ IPE 550

1 - IPE 550  
Sigma gesamt  
Stab Nr. 12, x: 1.286 m



Min : -158.6 N/mm<sup>2</sup> (10)  
Max : 145.4 N/mm<sup>2</sup> (1)

Bild 6.3: Spannungsgrafik im Ausdruckprotokoll

## 6.2.2 Ergebnisse am RSTAB-Modell



Wie in RSTAB kann jedes Bild, das im Grafikfenster des Hauptprogramms angezeigt wird, in das Ausdruckprotokoll übernommen werden. In gleicher Weise lassen sich auch die Stab-Ergebnisverläufe mit der [Drucken]-Schaltfläche in das Protokoll aufnehmen.

Die aktuelle STAHL-Grafik im RSTAB-Arbeitsfenster kann gedruckt werden über Menü

**Datei → Drucken**

oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

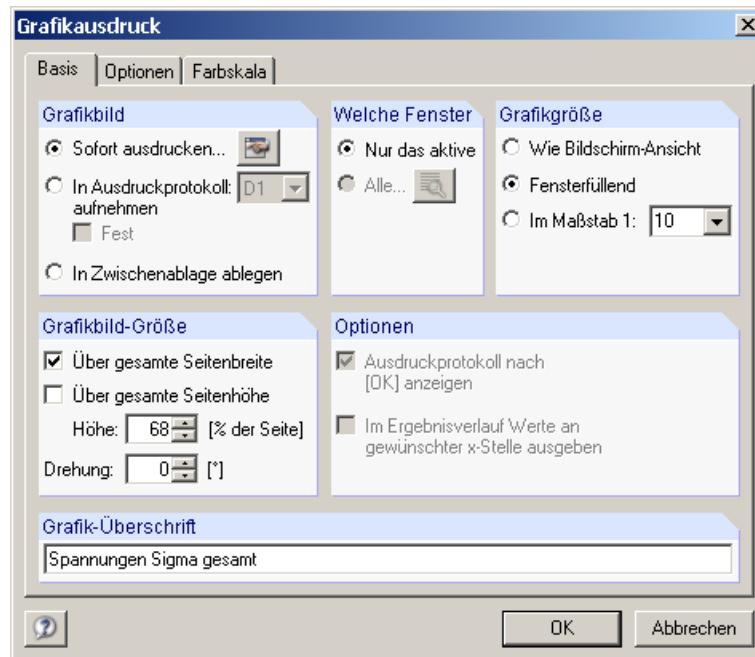


Bild 6.4: Schaltfläche *Drucken* in der Symbolleiste des Hauptfensters



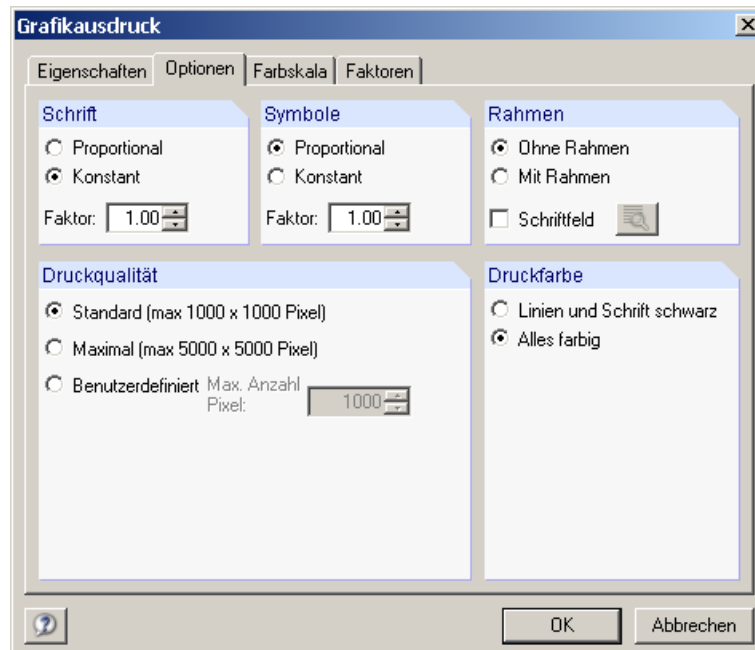
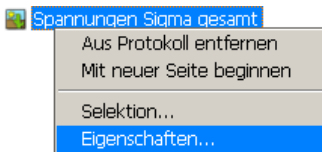
Bild 6.5: Schaltfläche *Drucken* in der Symbolleiste des Ergebnisverläufe-Fensters

Es wird folgender Dialog angezeigt.

Bild 6.6: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Basis*

Dieser Dialog ist im Kapitel 10.2 des RSTAB-Handbuchs ab Seite 243 ausführlich beschrieben. Dort werden auch die übrigen Register *Optionen* und *Farbskala* erläutert.

Eine STAHL-Grafik kann im Ausdruckprotokoll wie gewohnt per Drag&Drop an eine andere Stelle verschoben werden. Zudem besteht die Möglichkeit, eingefügte Grafiken nachträglich anzupassen: Klicken Sie den entsprechenden Eintrag im Protokoll-Navigator mit der rechten Maustaste an und wählen im Kontextmenü deren *Eigenschaften*. Es erscheint wiederum der Dialog *Grafikausdruck* mit diversen Modifikationsmöglichkeiten.

Bild 6.7: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Optionen*

# 7. Allgemeine Funktionen

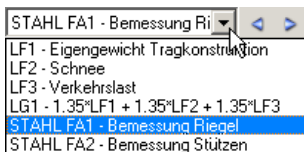
Das letzte Kapitel stellt einige Menüfunktionen sowie Exportmöglichkeiten der Bemessungsergebnisse vor.

## 7.1 STAHL-Bemessungsfälle

Es besteht die Möglichkeit, Stäbe in separaten Bemessungsfällen zu gruppieren. Damit können beispielsweise Bauteilgruppen zusammengefasst oder mit spezifischen Bemessungsvorgaben (Grenzspannungen, Teilsicherheitsbeiwerte, Optimierung etc.) beaufschlagt werden.

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

Die STAHL-Fälle stehen in der RSTAB-Arbeitsfläche wie ein Lastfall oder eine Lastfallgruppe in der Liste der Symbolleiste zur Verfügung.



### Neuen STAHL-Fall anlegen

Ein neuer Bemessungsfall wird angelegt über STAHL-Menü

**Datei → Neuer Fall.**

Es erscheint der folgende Dialog.

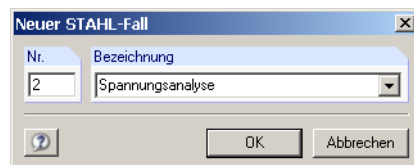


Bild 7.1: Dialog *Neuer STAHL-Fall*

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

### STAHL-Fall umbenennen

Die Bezeichnung eines Bemessungsfalls kann geändert werden über STAHL-Menü

**Datei → Fall umbenennen.**

Es erscheint der Dialog *STAHL-Fall umbenennen*.

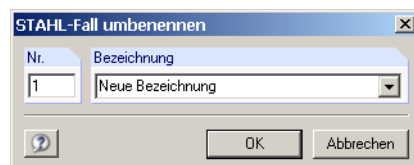


Bild 7.2: Dialog *STAHL-Fall umbenennen*

### STAHL-Fall kopieren

Die Eingabedaten des aktuellen Bemessungsfalls werden kopiert über STAHL-Menü

**Datei → Fall kopieren.**

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

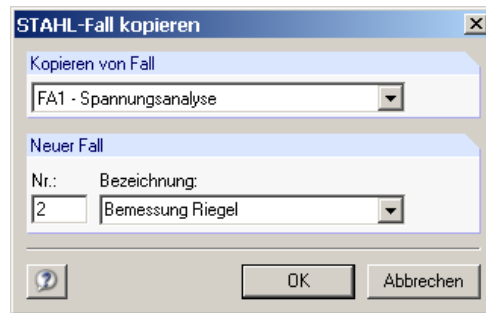


Bild 7.3: Dialog STAHL-Fall kopieren

## STAHL-Fall löschen

Es besteht die Möglichkeit, Bemessungsfälle zu löschen über STAHL-Menü

**Datei → Fall löschen.**

Im Dialog *STAHL-Fall löschen* wird in der Liste *Vorhandene Fälle* ein bestimmter STAHL-Fall ausgewählt, der dann mit [OK] gelöscht werden kann.

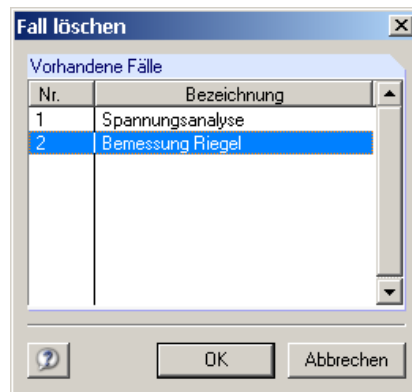


Bild 7.4: Dialog STAHL-Fall löschen

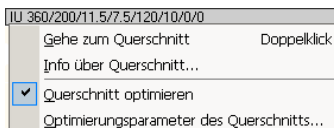
## 7.2 Profilloptimierung

STAHL bietet die Möglichkeit einer querschnittswisen Optimierung an. Hierzu ist in der Spalte D der Maske 1.3 *Querschnitte* das betreffende Profil durch Ankreuzen auszuwählen, was am einfachsten über einen Klick in das Kästchen erfolgt (vgl. Bild 2.5, Seite 15).

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

Im Zuge der Optimierung untersucht STAHL, welches Profil aus der vorgegebenen Querschnittsreihe den Nachweis „optimal“ erfüllt, d. h. der maximalen Spannungsausnutzung von 1.0 am nächsten kommt. Dabei wird mit den RSTAB-Schnittgrößen das erforderliche Flächenträgheitsmoment ermittelt und das Profil innerhalb der gleichen Profilreihe eingesetzt, das den Nachweis mit einer möglichst hohen Ausnutzung erfüllt. In der Maske 1.3 werden dann wie im Bild 2.5 auf Seite 15 dargestellt rechts zwei Profile angezeigt – das ursprüngliche Profil aus RSTAB und der optimierte Querschnitt.

Bei den parametrisierten Profilen der Querschnittsbibliothek erscheint beim Ankreuzen des Optimierungskästchens ein Dialog, in dem detaillierte Vorgaben getroffen werden können.





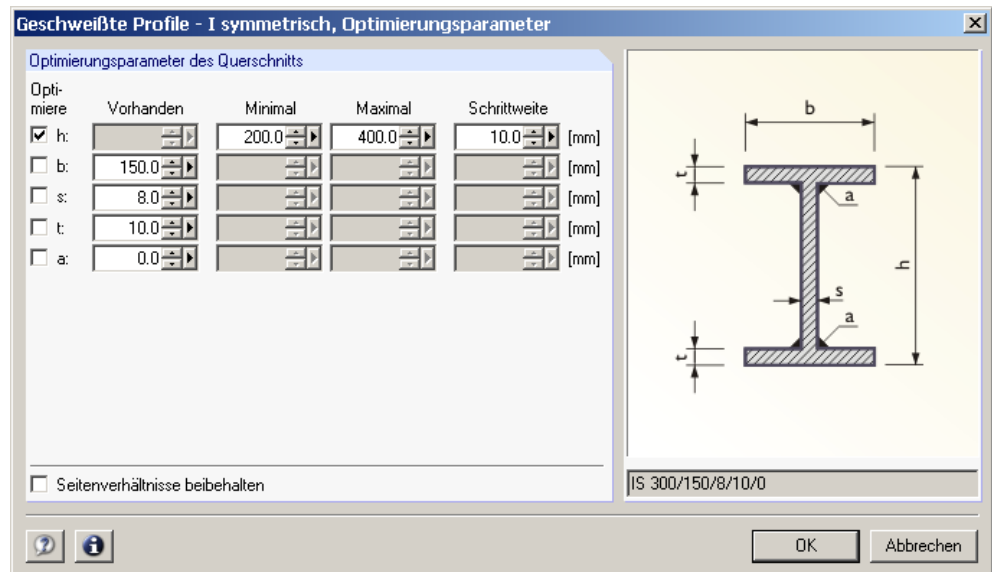


Bild 7.5: Dialog Geschweißte Profile - I symmetrisch, Optimierungsparameter

In der Spalte *Optimiere* wird zunächst durch Anhaken festgelegt, welcher (oder auch welche) Parameter modifiziert werden soll. Damit werden die Spalten *Minimal* und *Maximal* zugänglich, die die Unter- und Obergrenze des Parameters für die Optimierung vorgeben. Die Spalte *Schrittweite* steuert, in welchem Intervall die Abmessungen dieses Parameters beim Optimierungsprozess variieren.

Sollen die *Seitenverhältnisse beibehalten* werden, ist das entsprechende Kontrollfeld zu aktivieren. Zusätzlich müssen sämtliche Parameter für die Optimierung angehakt werden.

Für aus Walzprofilen zusammengesetzte Querschnitte ist keine Optimierungsmöglichkeit vorgesehen.



Bei der Optimierung ist zu beachten, dass die Schnittgrößen nicht automatisch neu mit den geänderten Querschnitten berechnet werden. Es bleibt dem Anwender überlassen, wann er welche Profile für einen neuen Rechenlauf in RSTAB übernehmen möchte. Wegen der geänderten Steifigkeiten im System können die Schnittgrößen, die sich mit den optimierten Querschnitten ergeben, erheblich differieren. Es empfiehlt sich deshalb, nach einer ersten Optimierung die Schnittgrößen neu zu berechnen und anschließend die Profile nochmals zu optimieren.

Die Übergabe der geänderten Profile nach RSTAB braucht nicht manuell erfolgen. Bringen Sie die Maske 1.3 *Querschnitte* zur Anzeige und wählen Menü

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

Auch das Kontextmenü der Maske 1.3 bietet Möglichkeiten zum Export modifizierter Profile nach RSTAB an.

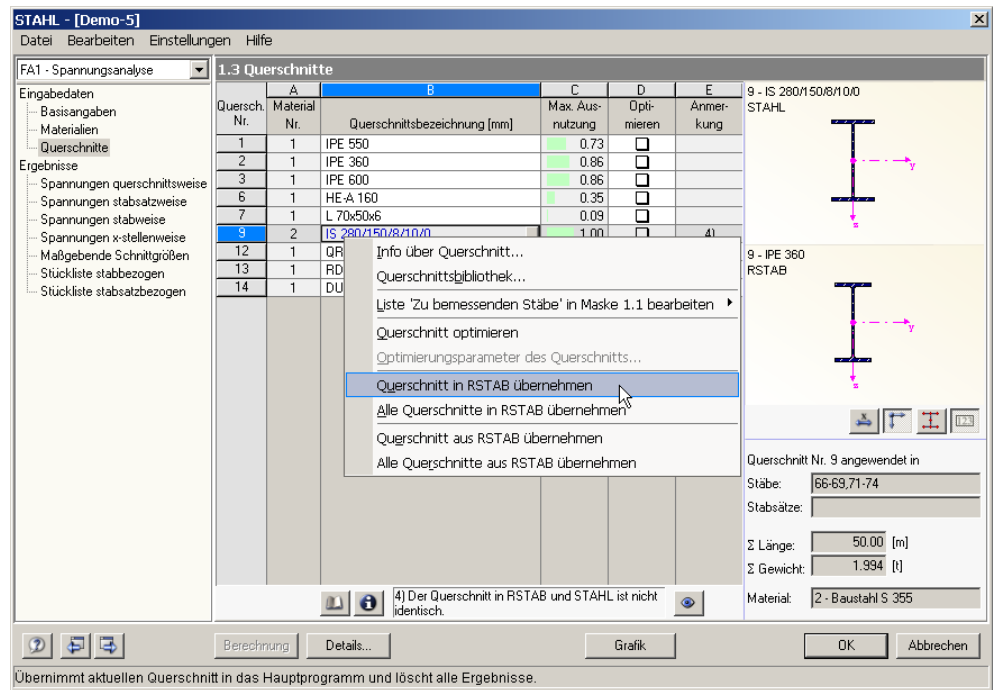


Bild 7.6: Kontextmenü der Maske 1.3 Querschnitte

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

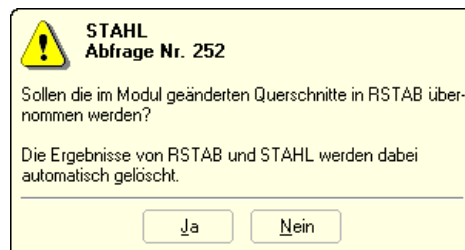


Bild 7.7: Abfrage vor der Übergabe der geänderten Querschnitte nach RSTAB

Analog können über die oben beschriebenen Menüfunktionen wieder die RSTAB-Originalprofile in STAHL eingelesen werden. Bitte beachten Sie auch hier, dass diese Möglichkeit nur in der Maske 1.3 Querschnitte zur Verfügung steht.



Liegt ein Voutenstab zur Optimierung vor, werden die Anfangs- und Endstellen optimiert. Danach werden die Flächenträgheitsmomente an den Zwischenstellen linear interpoliert. Da diese mit der vierten Potenz eingehen, wird die Spannungsanalyse bei großen Unterschieden der Anfangs- und Endprofilhöhen ungenau. In diesem Fall empfiehlt es sich, die Vouten in einzelne Stäbe aufzuteilen, deren Anfangs- und Endquerschnitte geringere Profilunterschiede aufweisen.

## 7.3 Einheiten und Dezimalstellen

Die Einheiten und Nachkommastellen werden für RSTAB sowie für sämtliche Zusatzmodule zentral verwaltet. In STAHL ist der Dialog zum Einstellen der Einheiten zugänglich über das Menü

**Einstellungen → Einheiten und Dezimalstellen.**

Es wird der aus RSTAB bekannte Dialog aufgerufen, das Modul STAHL ist voreingestellt.



Bild 7.8: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*



Die Einstellungen können als Benutzerprofil gespeichert und in anderen Positionen wieder verwendet werden. Die Beschreibung dieser Funktionen finden Sie im Kapitel 11.6.2 des RSTAB-Handbuchs auf Seite 327.

## 7.4 Export der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Spannungsanalyse können auf verschiedene Weise für andere Programme zur Verfügung gestellt werden.

### Zwischenablage

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

### Ausdruckprotokoll

Die STAHL-Daten lassen sich in das Ausdruckprotokoll drucken (vgl. Kapitel 6.1, Seite 43) und können dort dann exportiert werden über Menü

**Datei → Export in RTF-Datei bzw. BauText.**

Diese Funktion ist im Kapitel 10.1.11 des RSTAB-Handbuchs auf Seite 239 beschrieben.

## Excel

STAHL ermöglicht den direkten Datenexport zu MS Excel. Diese Funktion wird aufgerufen über Menü

**Datei → Exportieren in MS Excel.**

Es öffnet sich folgender Exportdialog.

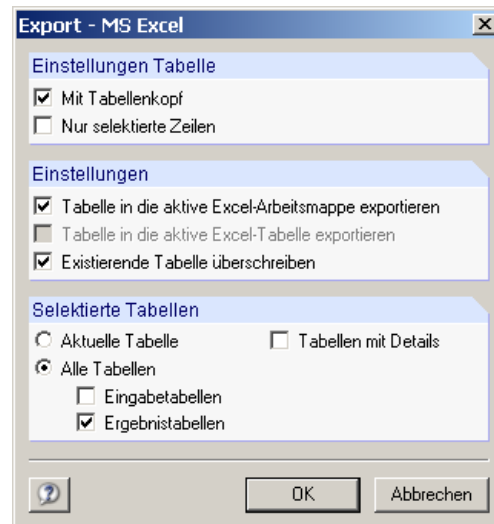


Bild 7.9: Dialog *Export - MS Excel*

Sind die gewünschten Parameter ausgewählt, kann der Export mit [OK] gestartet werden. Excel wird automatisch aufgerufen, es braucht nicht im Hintergrund geöffnet sein.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Quersch.	Stab	Stelle	S-Punkt	Last-	Spannungs-	Spannung [N/mm²]		
2	Nr.	Nr.	x [m]	Nr.	fall	typ	vorh	grenz	Aus-
3	1	IPE 550							
4		12	1,286	10	LG1	Sigma gesamt	-158,6	218,2	0,73
5		40	0,000	13	LG1	Tau gesamt	26,0	126,0	0,21
6		12	1,286	10	LG1	Sigma-v	158,6	218,2	0,73
7									
8	2	IPE 360							
9		45	3,262	6	LG1	Sigma gesamt	-188,5	218,2	0,86
10		17	3,262	13	LG1	Tau gesamt	-21,6	126,0	0,17
11		45	3,262	8	LG1	Sigma-v	188,5	218,2	0,86
12									
13	6	HE-A 160							
14		53	3,000	6	LG1	Sigma gesamt	-76,2	218,2	0,35
15		51	0,000	13	LG1	Tau gesamt	6,8	126,0	0,05
16		53	3,000	6	LG1	Sigma-v	76,2	218,2	0,35
17									
18	7	L 70x50x6							
19		122	0,000	1	LG1	Sigma gesamt	19,5	218,2	0,09
20		121	0,000	1	LG1	Tau gesamt	0,0	126,0	0,00
21		122	0,000	1	LG1	Sigma-v	19,5	218,2	0,09

Bild 7.10: Ergebnis in Excel

# A Literatur

- [1] DIN 18 800 Teil 1: Stahlbauten, Bemessung und Konstruktion, 1990
- [2] Erläuterungen zu DIN 18 800 Teil 1 bis 4, Beuth-Kommentar, Beuth Verlag, 2. Auflage 1994
- [3] PETERSEN, Chr.: Stahlbau, Vieweg und Sohn, Braunschweig/Wiesbaden, 3. Auflage 1993
- [4] SCHNEIDER Bautabellen, Werner Verlag, 17. Auflage 2006
- [5] STAHLBAU Handbuch, Band 1, Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH, Köln 1993

# B Index

## A

Aluminium .....	11
Anmerkung .....	17
Ausdruckprotokoll .....	43
Ausdruck-Selektion .....	44
Ausnutzung .....	17, 21, 27
Ausschnitt .....	41
Auswahl Spannungen .....	34

## B

Basisangaben .....	9
Bauteildicke .....	12, 14, 27, 36
Beenden von STAHL .....	9
Bemessen .....	10
Bemessungsfall .....	38, 47
Bemessungsnorm .....	9
Benutzerprofil .....	51
Berechnung .....	18
Berechnung starten .....	24
Berechnungsart .....	22
Berechnungsdetails .....	21
Blättern in Masken .....	9

## C

c/t-Felder .....	44
------------------	----

## D

Dezimalstellen .....	11, 51
Drucken .....	44, 45

## E

Edelstahl .....	11
E-Gewicht .....	32
Eigendefiniertes Profil .....	26
Einheiten .....	11, 51
Ergebnisauswertung .....	33
Ergebnisdiagramm .....	40
Ergebnismasken .....	22, 25
Ergebnisse .....	38
Ergebnisse-Navigator .....	38
Ergebnisverläufe .....	40, 45
Ergebniswerte .....	38
Excel .....	52
Export Ergebnisse .....	51

Export Profile .....	49
----------------------	----

Exzentrische Querlast .....	23
-----------------------------	----

## F

Farbskala .....	41
Filter .....	34, 41
Filtern von Stäben .....	42
Formbeiwert .....	22

## G

Gewicht .....	32
Grafik .....	37
Grafik drucken .....	43
grenz $\tau$ .....	12, 27
grenz $\sigma_v$ .....	12, 27
grenz $\sigma_x$ .....	12, 27
Grenzspannung .....	10, 11, 12, 13, 22, 27

## H

Hintergrundgrafik .....	37
Holz .....	13

## I

Installation .....	7
--------------------	---

## K

Kommentar .....	10
Koordinaten Spannungspunkt .....	36

## L

Länge .....	31
Lastfall .....	10, 27
Lastfallkombination .....	10, 22, 23, 30

## M

Manuelle Grenzspannungen .....	12
Masken .....	9
Maßgebende Schnittgrößen .....	30
Material .....	10, 14
Materialbezeichnung .....	11
Materialbibliothek .....	13
Materialkennwerte .....	10

## N

Navigator .....	9
Normalspannungen .....	18

**O**

Oberfläche .....	32
Optimierung .....	17, 48, 49

**P**

Panel .....	8, 39, 41
Parametrisierte Profile .....	48
Plastizierung .....	22
Position .....	31
Profilloptimierung .....	48
Programmaufruf .....	7

**Q**

Querschnitte .....	15
Querschnittsbezeichnung .....	15
Querschnittsbibliothek .....	16
Querschnittsgrafik .....	17
Querschnittsspannungen .....	43
Querschnittswerte .....	43

**R**

RSTAB-Arbeitsfenster .....	37
RSTAB-Grafik .....	45

**S**

Schaltflächen .....	33
Schnittgrößen .....	49
Schubspannungen .....	19
Sichtmodus .....	37
Skalierung .....	39
Spannungen .....	18, 19, 25, 27, 28
Spannungen mehrfarbig .....	41
Spannungen Rendering .....	41
Spannungsanteile .....	34, 38, 43
Spannungsgrafik .....	35
Spannungskomponenten .....	34, 38

Spannungsnachweis .....	21, 27
Spannungspunkt .....	16, 26, 29, 35, 36, 44
Spannungstyp .....	27
Spannungsverlauf .....	43
Stäbe .....	10
Stabsatz .....	10, 28, 32
Stabverläufe .....	39
STAHL-Fall .....	23, 47
Starten von STAHL .....	7
Statisches Moment .....	27, 36
Stelle x .....	26
Steuerpanel .....	41
Streckgrenze $f_{yk}$ .....	12, 14
Stückliste .....	31, 32
Summe .....	32

**T**

Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M$ .....	11
Torsion .....	20, 23

**V**

Vergleichsspannung .....	20, 23, 30
Visualisierung .....	37
Volumen .....	32
Vorzeichen .....	19, 39
Voute .....	16, 25, 50

**W**

Wölbkrafttorsion .....	20
Wölbung .....	27

**X**

x-Stelle .....	26, 29
----------------	--------

**Z**

Zeigen-Navigator .....	38, 41
------------------------	--------