

**Fassung
Januar 2011**

Zusatzmodul

STAHL

**Spannungsanalyse
Querschnittsoptimierung**

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 9203-51
E-Mail: info@dlubal.com
Web: www.dlubal.de

Inhalt

	Inhalt	Seite		Inhalt	Seite
1.	Einleitung	5	4.8	Stückliste stabweise	34
1.1	Zusatzmodul STAHL	5	4.9	Stückliste stabsatzweise	35
1.2	STAHL Team	6	5.	Ergebnisauswertung	36
1.3	Gebrauch des Handbuchs	7	5.1	Auswahl der Spannungen	37
1.4	Aufruf des STAHL-Moduls	7	5.2	Ergebnisse am Querschnitt	38
2.	Eingabedaten	9	5.3	Ergebnisse am RSTAB-Modell	40
2.1	Basisangaben	9	5.4	Ergebnisverläufe	44
2.2	Materialien	10	5.5	Filter für Ergebnisse	45
2.3	Querschnitte	15	6.	Ausdruck	47
3.	Berechnung	18	6.1	Ausdruckprotokoll	47
3.1	Berechnungsdetails	18	6.2	STAHL-Grafiken drucken	47
3.2	Spannungen und Ausnutzung	21	6.2.1	Ergebnisse am Querschnitt	47
3.3	Start der Berechnung	24	6.2.2	Ergebnisse am RSTAB-Modell	49
4.	Ergebnisse	26	7.	Allgemeine Funktionen	51
4.1	Spannungen querschnittsweise	26	7.1	STAHL-Bemessungsfälle	51
4.2	Spannungen stabsatzweise	29	7.2	Querschnittsoptimierung	53
4.3	Spannungen stabweise	30	7.3	Materialexport nach RSTAB	55
4.4	Spannungen x-stellenweise	30	7.4	Einheiten und Dezimalstellen	56
4.5	Spannungen in jedem Spannungspunkt	31	7.5	Export der Ergebnisse	56
4.6	Maßgebende Schnittgrößen stabweise	32	A	Literatur	58
4.7	Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise	33	B	Index	59

1. Einleitung

1.1 Zusatzmodul STAHL

STAHL stellt kein eigenständig lauffähiges Programm dar. Das Zusatzmodul ist fest in die Benutzeroberfläche des Hauptprogramms RSTAB integriert. Damit stehen nicht nur die strukturspezifischen Eingabedaten, sondern auch die Schnittgrößen automatisch in STAHL zur Verfügung. Umgekehrt können die Bemessungsergebnisse im Arbeitsfenster von RSTAB grafisch ausgewertet und auch in das globale Ausdruckprotokoll eingebunden werden.

STAHL leistet allgemeine Spannungsnachweise, indem vorhandene Spannungen berechnet und mit den Grenzspannungen verglichen werden. Hierzu stehen eine umfangreiche Querschnittsbibliothek und eine erweiterbare Materialbibliothek mit normspezifischen Grenzspannungen zur Verfügung. Jedes Profil ist mit bemessungsrelevanten Spannungspunkten versehen, die auch für die grafische Auswertung genutzt werden können.

Im Zuge der Spannungsanalyse werden auch die maximalen Spannungen von Stabsätzen ermittelt und die für jeden Stab maßgebenden Schnittgrößen dokumentiert. Zudem steht in STAHL eine automatische Querschnittsoptimierung einschließlich Exportmöglichkeit der geänderten Profile nach RSTAB zur Verfügung.

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

Folgende nützliche Merkmale erleichtern die Arbeit mit dem Modul STAHL:

- Ausweisung der maximalen Ausnutzung in der Querschnittsmaske als Entscheidungshilfe zur Profilloptimierung
- Kopplung der STAHL-Masken mit dem RSTAB-Arbeitsfenster, sodass 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
- Export der geänderten Materialien nach RSTAB
- Datenexport zu MS Excel, OpenOffice.org Calc oder als CSV-Datei

Das Modul STAHL eignet sich somit bestens für allgemeine Spannungsanalysen. Stabilitätsuntersuchungen wie z. B. in DIN 18000 Teil 2 oder EN 1993-1-1 gefordert werden jedoch nicht geführt. Hierfür bieten sich die Zusatzmodule KAPPA, BGDK bzw. STAHL EC3 an.

Wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg mit STAHL und freuen uns auf Ihre Hinweise und Verbesserungsvorschläge.

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. Martin Vasek	Michala Sobotková
Petr Pražák	Ing. František Knobloch

Handbuch, Hilfesystem und Übersetzungen

Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl	Mgr. Michaela Kryšková
Ing. Dmitry Bystrov	Dipl.-Ü. Gundel Pietzcker
Jan Jeřábek	Mgr. Petra Pokorná
Ing. Ladislav Kábrt	

Technische Unterstützung und Endkontrolle

Dipl.-Ing. (BA) Markus Baumgärtel	Dipl.-Ing. (FH) Bastian Kuhn
Dipl.-Ing. (BA) Sandy Baumgärtel	M.Sc. Dipl.-Ing. Frank Lobisch
Dipl.-Ing. (FH) Steffen Clauß	Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer
Dipl.-Ing. (FH) Matthias Entenmann	M.Eng. Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier
Dipl.-Ing. Frank Faulstich	M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler
Dipl.-Ing. (FH) René Flori	M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Frank Sonntag
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Frenzel	Dipl.-Ing. (FH) Christian Stautner
Dipl.-Ing. (FH) Walter Fröhlich	Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl
Dipl.-Ing. (FH) Andreas Hörold	Dipl.-Ing. (FH) Andreas Wopperer

1.3 Gebrauch des Handbuchs

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



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

Am Ende dieses Handbuchs befindet sich ein Stichwortverzeichnis. Sollten Sie trotzdem nicht fündig werden, so steht auf unserer Website www.dlubal.de eine Suchfunktion zur Verfügung. Dort können Sie in der umfangreichen Liste aller *Fragen und Antworten* das Problem nach bestimmten Kriterien eingrenzen und die Lösungsvorschläge nutzen.

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.

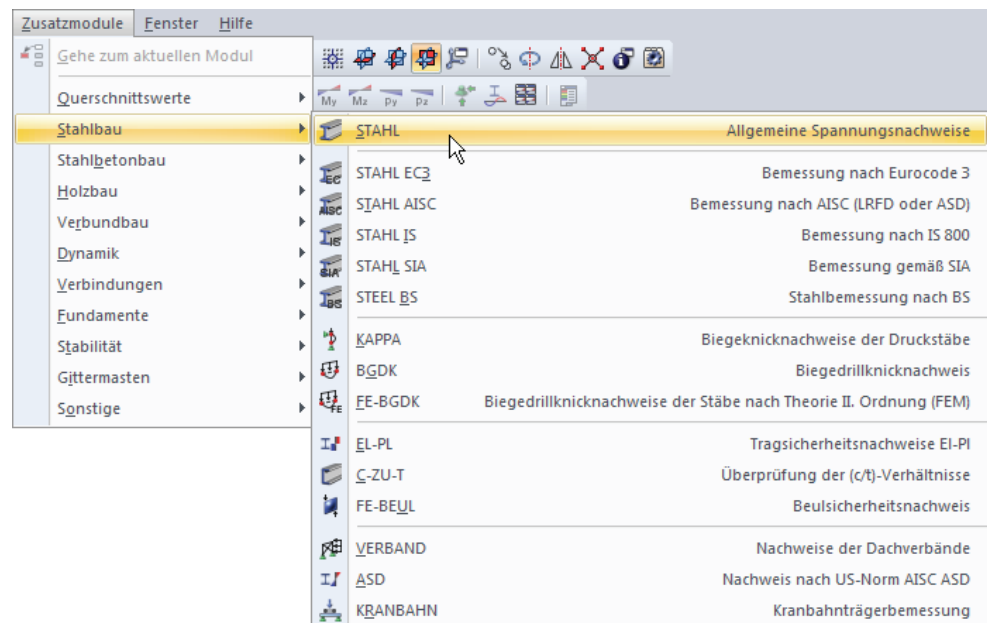


Bild 1.1: Menü *Zusatzmodule* → *Stahlbau* → *STAHL*

Navigator

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

Zusatzmodule → STAHL.

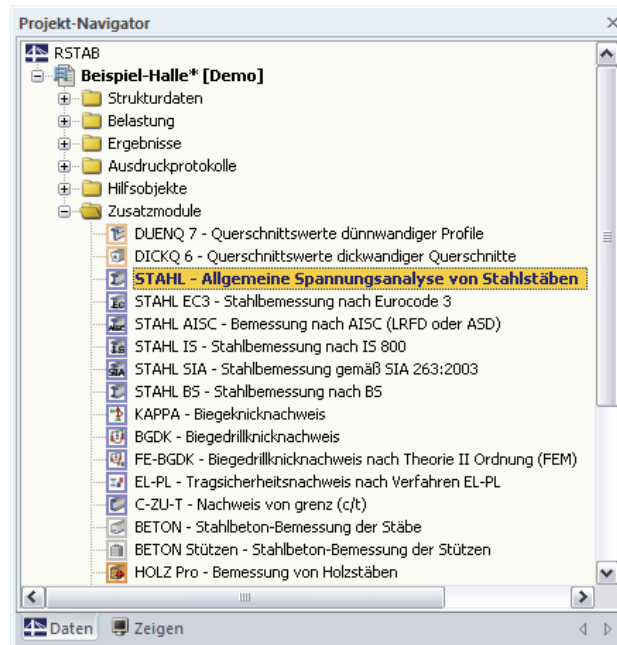
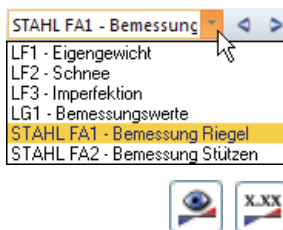


Bild 1.2: Daten-Navigator *Zusatzmodule* → *STAHL*

Panel

Falls in der RSTAB-Position bereits Ergebnisse für STAHL vorliegen, kann der gewünschte Bemessungsfall in der Liste der Lastfälle eingestellt werden. Gegebenenfalls ist noch mit der Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] die grafische Anzeige der Spannungen oder Ausnutzungen zu aktivieren.

Im Panel wird nun die Schaltfläche [STAHL] angeboten, die den Sprung in das Zusatzmodul ermöglicht.



STAHL

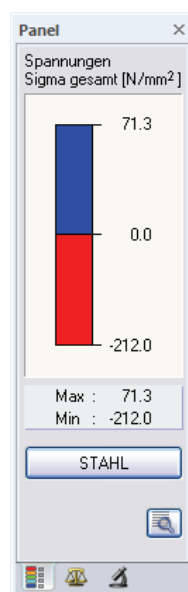


Bild 1.3: Panel-Schaltfläche [STAHL]

2. Eingabedaten



Alle Eingaben zur Definition der Bemessungsfälle erfolgen in Masken. Mit der Funktion [Pick] ist es möglich, die zu bemessenden Stäbe und Stabsätze grafisch auszuwählen.

Nach dem Aufruf des Zusatzmoduls wird in einem neuen Fenster links ein Navigator angezeigt, der alle verfügbaren Masken verwaltet. Oberhalb befindet sich eine Pulldownliste mit den Bemessungsfällen (siehe Kapitel 7.1, Seite 51).

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 Eintrags im STAHL-Navigator oder durch Blättern mit den beiden links gezeigten Schaltflächen. Die Funktionstasten [F2] und [F3] blättern ebenfalls eine Maske vorwärts bzw. zurück.

Mit [OK] werden die vorgenommenen Eingaben gesichert und das Modul STAHL verlassen. [Abbruch] beendet das Zusatzmodul, ohne die Daten zu speichern.

2.1 Basisangaben

In Maske 1.1 *Basisangaben* sind die zu bemessenden Stäbe, Stabsätze und Einwirkungen auszuwählen. Die Bemessungsnorm wird erst in Maske 1.2 festgelegt, da die Norm mit den Materialeigenschaften verbunden ist.

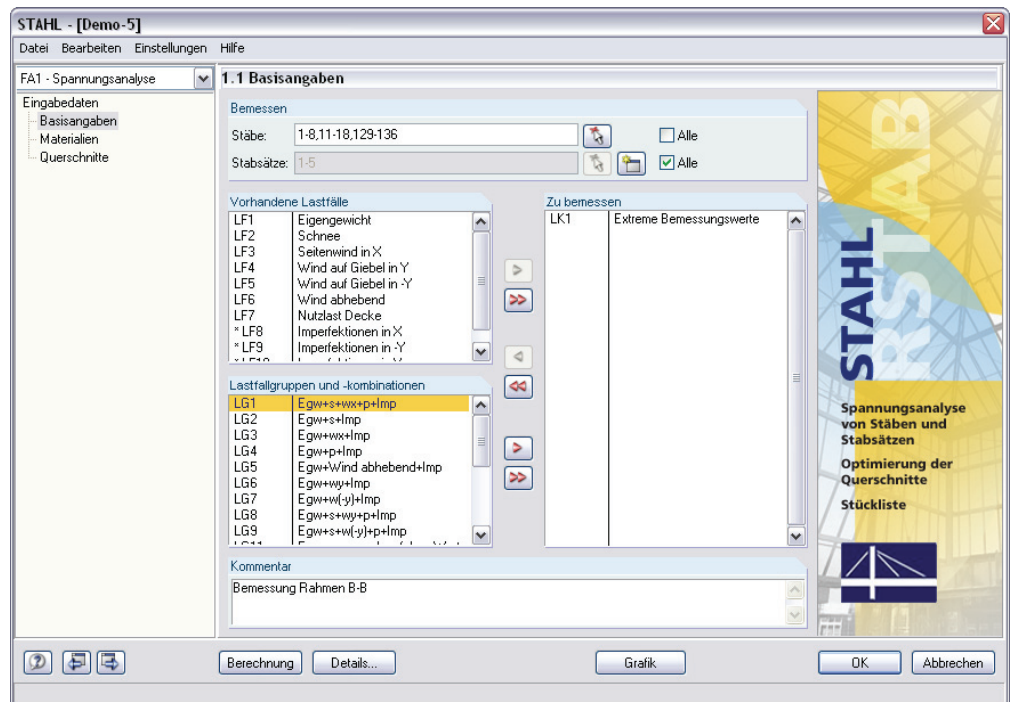


Bild 2.1: Maske 1.1 *Basisangaben*

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 Eingabefelder zugänglich, in die die Nummern der relevanten Stäbe oder Stabsätze eingetragen werden können. Über die Schaltfläche [Pick] ist auch eine grafische Auswahl im RSTAB-Arbeitsfenster möglich. Die Liste der voreingestellten Objektnummern kann schnell per Doppelklick selektiert und dann durch manuelle Einträge 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 aus RSTAB bekannte Dialog zum Anlegen eines neuen Stabsatzes, in dem die weiteren Angaben erfolgen.

Bei der Stabsatzbemessung wird die maximale Ausnutzung von allen Stäben ermittelt, die im Stabsatz enthalten sind. Nach der Analyse stehen die Ergebnismasken 2.2 *Spannungen stabsatzweise*, 3.2 *Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise* und 4.2 *Stückliste stabsatzweise* zur Verfügung.

Vorhandene Lastfälle / Lastfallgruppen und -kombinationen



In den beiden Abschnitten werden die in RSTAB definierten Lastfälle, Lastfallgruppen, Lastfall- und Superkombinationen sowie ggf. DYNAM-Fälle aufgelistet, die für die Bemessung infrage kommen. Mit der Schaltfläche [►] können selektierte Einträge nach rechts in die Liste *Zu bemessen* übertragen werden. Die Auswahl kann auch per Doppelklick erfolgen. Die Schaltfläche [►►] übergibt die ganze Liste des Abschnitts nach rechts.

Sollten Lastfälle mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet sein wie z. B. die Lastfälle 8 und 9 im Bild 2.1, können diese nicht bemessen werden. Es sind keine Lasten definiert oder es handelt sich wie im Beispiel um reine Imperfektionslastfälle.



STAHL ist auch in der Lage, Superkombinationen und DYNAM-Fälle zu bemessen.

Zu bemessen



Details...

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

Die Bemessung einer einhüllenden Oder-Lastfallkombination verläuft schneller als die Analyse für alle pauschal übernommenen Einwirkungen. Andererseits ist bei der Bemessung einer Gesamt-LK der Einfluss der enthaltenen Einwirkungen wenig transparent. Es empfiehlt sich, für Lastfallkombinationen die *Berechnungsart der Spannungen* im Dialog *Details* zu kontrollieren (siehe Kapitel 3.1, Seite 18).

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 in RSTAB definierten Materialien mit ihren Grenzspannungen aufgelistet. Im Abschnitt *Materialkennwerte* unterhalb werden die Eigenschaften des aktuellen Materials angezeigt, d. h. des Materials, dessen Zeile im oberen Abschnitt selektiert ist.

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

Die zur Schnittgrößenermittlung in RSTAB benötigten Materialkennwerte sind im Kapitel 5.2 des RSTAB-Handbuchs ausführlich beschrieben. In der globalen Materialbibliothek sind die

bemessungsrelevanten Materialeigenschaften gespeichert; sie sind automatisch eingestellt, können in dieser Maske jedoch angepasst werden.

Die Einheiten und Nachkommastellen der Materialkennwerte und Spannungen lassen sich über das Menü **Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen** ändern (siehe Bild 7.10, Seite 56).

1.2 Materialien

Material Nr.	Materialbezeichnung	Teilsch.-Beiwert γ_M	Streckgrenze f_{yk} [N/mm ²]	Manuell	Grenzspannungen [N/mm ²]	grenz σ_x	grenz τ	grenz σ_{eqv}
1	Baustahl S 235 DIN 18800-19	1.10	240.0	☐		218.2	126.0	218.2
2	Baustahl S 355 DIN 18800-1*	1.10	360.0	☐		327.3	189.0	327.3
3	Beton C30/37 EN 1992-1-1:20	1.00	0.0	☐		0.0	0.0	0.0

Material-Kennwerte

RSTAB-Relevante

Parameter	Wert	Einheit
Elastizitätsmodul	210000.0	N/mm ²
Schubmodul	81000.0	N/mm ²
Poissonsche Zahl (Querdehnzahl)	0.300	
Spezifisches Gewicht	78.50	kN/m ³
Temperaturdehnzahl (Wärmedehnzahl)	1.2000E-05	1/°C
Teilsicherheitsbeiwert	1.10	

Bemessungs-Relevante

Parameter	Wert	Einheit
Streckgrenze	360.0	N/mm ²
Zugfestigkeit	490.0	N/mm ²
Maximale Bauteildicke	4.00	cm
Streckgrenze	335.0	N/mm ²
Maximale Bauteildicke	8.00	cm
Koeffizient für Grenz-Schweißnahtspannungen	0.800	

Material Nr. 2 angewendet in

Querschnitte: 13

Stäbe: 129-136

Stabsätze:

Σ Länge: 64.18 [m]

Σ Masse: 0.228 [t]

Berechnung Details... Grafik OK Abbrechen

Bild 2.2: Maske 1.2 Materialien

Materialbezeichnung

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

Über die Liste kann das Material ebenfalls geändert werden: Platzieren Sie den Cursor in Spalte A und klicken dann auf die Schaltfläche [▼] oder betätigen die Funktionstaste [F7], um die links dargestellte Liste zu öffnen. Nach der Übernahme werden die bemessungsrelevanten Kennwerte in die restlichen Felder der Zeile eingetragen.

In der Liste werden nur Materialien der Kategorie **Stahl** angeführt. Es stehen die Stahlgüten verschiedener Stahlbaunormen zur Wahl. Grundsätzlich ist auch die Bemessung beliebiger Materialien möglich, deren Spannungs-konzept auf dem Vergleich von vorhandenen Normal-, Schub- und Vergleichsspannungen mit den jeweiligen zulässigen Spannungen beruht (z. B. Bemessung von Aluminium- oder Edelstahl-Profilen). Die jeweiligen Normvorgaben müssen selbstverständlich ergänzend berücksichtigt werden.

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 Darstellung.

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

A

Materialbezeichnung

- Baustahl S 235 | DIN 18800-19
- Baustahl S 355 | DIN 18800-1*
- Baustahl S 235
- Baustahl S 275
- Baustahl S 355
- Feinkornbaustahl S 275 N
- Feinkornbaustahl S 275 M
- Feinkornbaustahl S 355 N
- Feinkornbaustahl S 355 M
- Feinkornbaustahl S 460 N
- Feinkornbaustahl S 460 M
- Vergütungsstahl C 35+N



Teilsicherheitsbeiwert γ_M

Dieser Beiwert beschreibt den Sicherheitsfaktor zur Berechnung der Bemessungswerte der Materialfestigkeiten – deshalb der Index M . Mit dem Faktor γ_M wird der charakteristische Wert der Streckgrenze f_{yk} abgemindert, um die Grenznormalspannung $\sigma_{R,d}$ (siehe Gleichung 2.1) und die Grenzschubspannung $\tau_{R,d}$ (Gleichung 2.2) zu ermitteln.

Der Faktor γ_M fließt somit z. B. für DIN 18800 zweifach in die Bemessung ein, wenn nach Theorie II. oder III. Ordnung berechnet wird: Gemäß DIN 18800 Teil 2, El. (116) muss der Einfluss der Verformungen bei der Schnittgrößenermittlung durch eine um 10 % abgeminderte Steifigkeit berücksichtigt werden. Zudem sind die Bemessungswerte der Festigkeiten beim Nachweis der Tragsicherheit mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_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 EN 1993-1-1, Abschnitt 3 entnommen werden.

Grenzspannungen

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



Um die Grenzspannungen anzupassen, kann das Kontrollfeld *Manuell* oder die Schaltfläche [Material bearbeiten] benutzt werden (siehe Bild 2.4, Seite 14).

Manuell

Wird das Kontrollfeld aktiviert, so können die Grenzspannungen in den Spalten E bis G manuell festgelegt werden.

Geänderte Materialkennwerte werden in der Spalte *Materialbezeichnung* mit einem Sternchen symbolisiert.

Material- bezeichnung
Baustahl S 235*

grenz σ_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 mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_M abgemindert wird.

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

Gleichung 2.1

grenz τ

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

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

Gleichung 2.2

grenz σ_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 . Im Abschnitt *Materialkennwerte* unterhalb wird die *maximale Bauteildicke* der einzelnen Bereiche mit der zugehörigen Streckgrenze angegeben.

Die Streckgrenzenbereiche sind in den Normen geregelt, z. B. DIN 18800 Teil 1, Tabelle 1. Über die Schaltfläche [Material bearbeiten] können die Bauteildicken und die zugeordneten Spannungen kontrolliert und ggf. angepasst werden (siehe Seite 14).

Materialbibliothek

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

Bearbeiten → Materialbibliothek

oder die links dargestellte Schaltfläche.

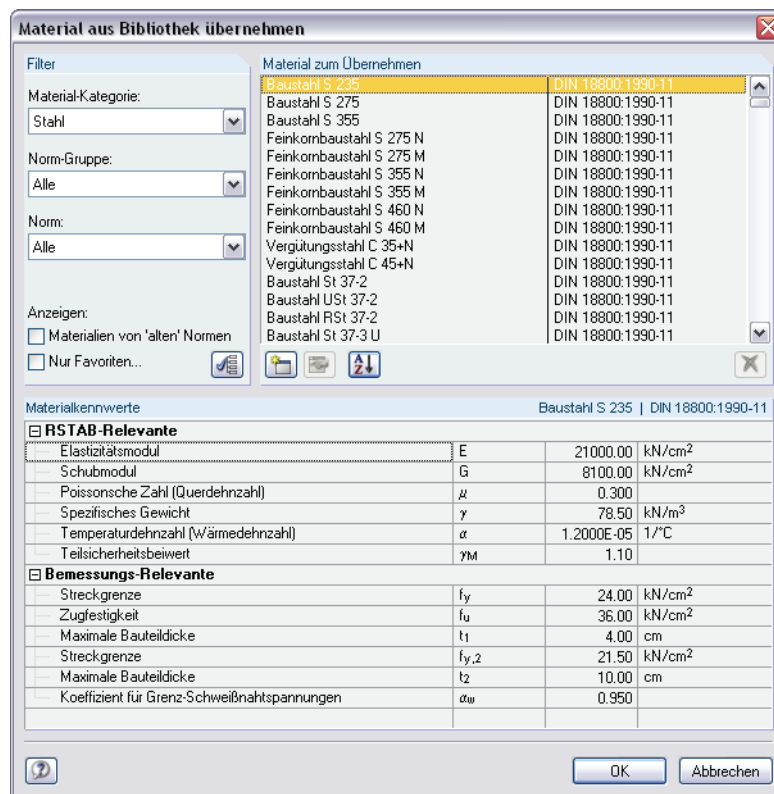


Bild 2.3: Dialog *Material aus Bibliothek übernehmen*

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

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

Im Kapitel 5.2 des RSTAB-Handbuchs ist ausführlich beschrieben, wie Materialien gefiltert, ergänzt oder neu sortiert werden können. Auf diese Weise lässt sich über die Schaltfläche [Neu] ein neuer Stahl mit benutzerdefinierten Materialkennwerten anlegen und für spätere Anwendungszwecke speichern.

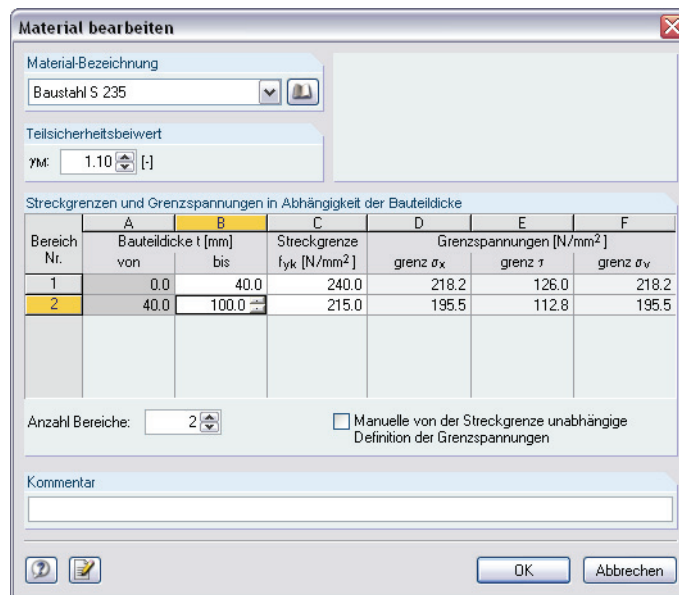
Bei der Wahl einer anderen Materialkategorie als *Stahl* ist zu beachten, dass nur Materialien bemessen werden können, deren Spannungskonzept auf dem Vergleich von vorhandenen Normal-, Schub- und Vergleichsspannungen mit den jeweiligen zulässigen Spannungen beruht. Somit ist – mit Einschränkungen – die Bemessung von z. B. 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 Darstellung. Dabei ist zu beachten, dass die Nachweise für z. B. Holzprofile nur unvollständig erfolgen: Die Holzbaunormen fordern weitere Kriterien, die im Zusatzmodul HOLZ Pro realisiert sind.

Material bearbeiten



Über die links dargestellte Schaltfläche können die Streckgrenzen und Grenzspannungen des aktuellen Materials angepasst werden. Es erscheint folgender Dialog.



Bereich Nr.	Bauteildicke t [mm]		Streckgrenze f_{yk} [N/mm²]	Grenzspannungen [N/mm²]		
	von	bis		grenz σ_x	grenz τ	grenz σ_v
1	0.0	40.0	240.0	218.2	126.0	218.2
2	40.0	100.0	215.0	195.5	112.8	195.5

Bild 2.4: Dialog *Material bearbeiten*

Über den Faktor γ_M im Abschnitt *Teilsicherheitsbeiwert* werden die in Spalte C im Abschnitt unterhalb definierten charakteristische Werte der Streckgrenze f_{yk} abgemindert. In den Spalten D bis F sind die nach Gleichung 2.1 und Gleichung 2.2 auf Seite 12 ermittelten Grenzspannungen aufgelistet.

Im Abschnitt *Streckgrenzen und Grenzspannungen in Abhängigkeit der Bauteildicke* ist es möglich, die Bereiche der *Bauteildicke* t zu ändern. Die Anzahl der Bereiche ist normgemäß vorgegeben; die Bereichsgrenzen 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.

Das Kontrollfeld *Manuelle von der Streckgrenze unabhängige Definition der Grenzspannungen* ermöglicht es, die Grenzspannungen frei festzulegen. Nach dem Setzen des Häkchens sind die Spalten D bis E für benutzerdefinierte Einträge zugänglich.

Geänderte Materialkennwerte werden in Maske 1.2 mit einem Sternchen symbolisiert.

Material- bezeichnung
Baustahl S 235*

2.3 Querschnitte

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

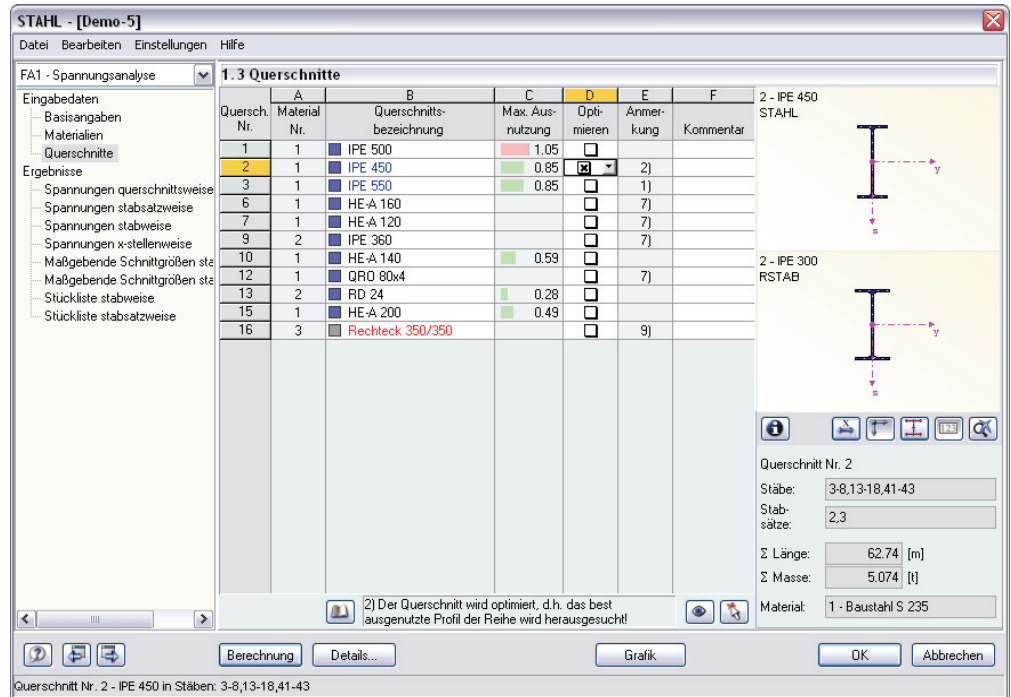


Bild 2.5: Maske 1.3 Querschnitte

Querschnittsbezeichnung

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

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

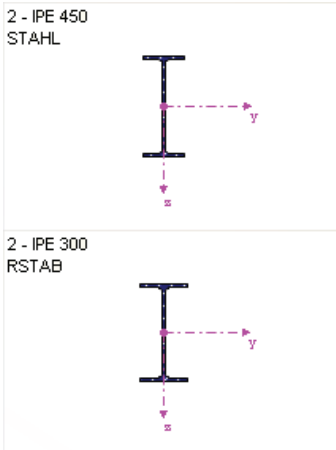


Um ein Profil zu ändern, ist die neue Querschnittsbezeichnung in die entsprechende Zeile einzutragen oder das Profil in der Bibliothek auszuwählen. Die Bibliothek lässt sich wie aus RSTAB gewohnt mit der Schaltfläche [Querschnittsbibliothek] aufrufen. Sie können auch den Cursor in die relevante Zeile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

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



Bild 2.6: Querschnittsbibliothek



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

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 die gleiche Anzahl von Spannungspunkten für den Anfangs- und Endquerschnitt vorliegt: Die Normalspannungen beispielsweise werden aus den Trägheitsmomenten und den Schwerpunktabständen der Spannungspunkte ermittelt. Liegt für den Anfangs- und Endquerschnitt eines Voutenstabes eine unterschiedliche Anzahl an Spannungspunkten vor, kann STAHL die Zwischenwerte nicht interpolieren. Das Rendering in RSTAB zeigt dann zwar die Querschnitte jeweils bis zur Stabmitte an, eine Berechnung aber ist weder in RSTAB noch in STAHL möglich.

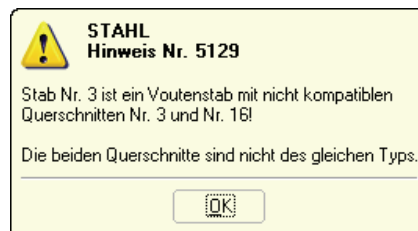


Bild 2.7: Warnung bei inkompatiblen Querschnitten



Zur Kontrolle lassen sich die Spannungspunkte eines Querschnitts mitsamt Nummerierung in der Querschnittsgrafik rechts einblenden. Detaillierte Informationen zu den Spannungspunkten finden Sie Kapitel 4.1 auf Seite 27.

Für die Bemessung ist also die gleiche Anzahl an Spannungspunkten herzustellen. Dies lässt sich z. B. erreichen, indem das zweite Profil als Kopie des Anfangsprofils erzeugt wird und dabei die Geometrieparameter angepasst werden. Gegebenenfalls müssen die beiden Querschnitte als parametrisierte („Geschweißte“) Profile ausgebildet werden. Speziell für Vouten geeignet sind die **IVU - Voutenprofile unten verstärkt**.

Max. Ausnutzung

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

Optimieren

Jedes Profil kann einem Optimierungsprozess unterzogen werden. Dabei wird mit den RSTAB-Schnittgrößen das Profil der gleichen Querschnittsreihe ermittelt, das der maximalen Ausnutzung am nächsten kommt, die im Dialog *Details* vorgegeben ist (siehe Bild 3.1, Seite 18).

Um einen Querschnitt zu optimieren, ist das entsprechende Kontrollfeld in Spalte C bzw. D zu aktivieren. Empfehlungen zur Profilloptimierung finden Sie im Kapitel 7.2 auf Seite 53.

Anmerkung

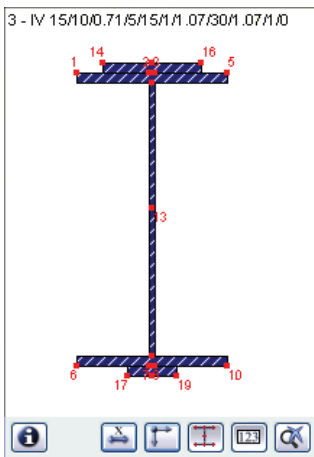
In dieser Spalte werden Hinweise in Form von Fußnoten angezeigt, die am unteren Ende der Querschnittsliste näher erläutert sind.

Die Anmerkung 6) *Unzulässige Querschnittsdaten! Stäbe des Querschnitts werden nicht bemessen.* weist auf einen unbekannten, d. h. nicht in der Profildatenbank registrierten Querschnitt hin. Dabei kann es sich um einen eigendefinierten oder nicht berechneten DUENQ-Querschnitt handeln. In diesem Fall sollten Sie nach RSTAB wechseln und dort die Angaben zu den **Spannungspunkten** vornehmen (siehe Kapitel 5.3 des RSTAB-Handbuches, Abschnitt *Eigenes Profil definieren*.)

Querschnittsgrafik

Im rechten Teil der Maske 1.3 wird die Grafik des aktuellen Querschnitts angezeigt. Die Darstellungsgröße der Profilgrafik lässt sich mit dem Maus-Scrollrad anpassen (Zoomfunktion).

Die Schaltfläche unterhalb der Profilgrafik sind mit folgenden Funktionen belegt:



Schaltfläche	Funktion
	Der Dialog <i>Info über Querschnitt</i> mit den Profildetails wird aufgerufen.
	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.
	Die Gesamtansicht des Querschnitts wird wiederhergestellt.

Tabelle 2.1: Schaltflächen der Querschnittsgrafik

3. Berechnung

Berechnung

In jeder Eingabemaske kann die [Berechnung] über die gleichnamige Schaltfläche gestartet werden. Die Spannungsanalyse erfolgt mit den in RSTAB ermittelten Schnittgrößen. Vorher empfiehlt sich eine kurze Überprüfung der Berechnungsparameter.

3.1 Berechnungsdetails

Details...

In jeder Maske kann mit der Schaltfläche [Details] der Dialog zur Kontrolle der Berechnungsparameter aufgerufen werden.

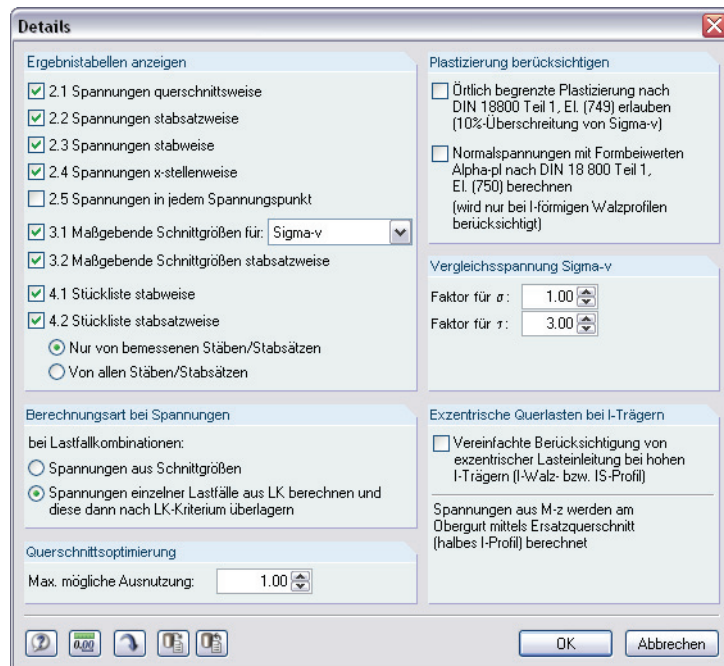


Bild 3.1: Dialog Details

Ergebnistabellen anzeigen

Dieser Abschnitt steuert die Anzeige der Ergebnismasken einschließlich Stückliste. Die einzelnen Ergebnismasken sind im Kapitel 4 beschrieben.

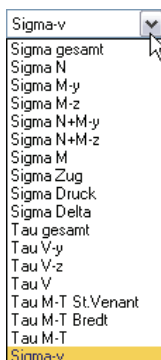
Die Maske 2.5 *Spannungen in jedem Spannungspunkt* ist standardmäßig deaktiviert, da die Spannungsgrafik auch eine gute Auswertung der Ergebnisse in den Spannungspunkten ermöglicht. Die Anzeige dieser Maske kann für eine gezielte tabellarische Überprüfung der Spannungen aktiviert werden.

Die in Maske 3.1 *Maßgebende Schnittgrößen* angegebenen Werte sind in der Regel auf die Vergleichsspannung σ_v bezogen. In der Liste kann bei Bedarf eine andere Spannungsart gewählt werden.

Plastizierung berücksichtigen

Örtlich begrenzte Plastizierung

Wird eine *Örtlich begrenzte Plastizierung* gemäß DIN 18800 Teil 1, El. (749) für die Bemessung zugelassen, dann darf die Vergleichsspannung σ_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 3.1

$$|\sigma_N + \sigma_{M_z}| \leq 0,8 \cdot \sigma_{R,d}$$

Gleichung 3.2

Wenn die Bedingungen erfüllt sind, wird die Grenzspannung für den Nachweis von σ_v entsprechend erhöht.

Formbeiwerte α_{pl}

Die Spannungen können gemäß DIN 18800 Teil 1, El. (750) durch *Formbeiwerte* α_{pl} abgemindert werden. Diese Reduktion bezieht sich auf die Normalspannungen σ_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 3.3

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.

Vergleichsspannung Sigma-v

In diesem Abschnitt können die Faktoren zur Ermittlung der Vergleichsspannung angepasst werden.

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

mit f_1 : Faktor für Normalspannungen
 f_2 : Faktor für Schubspannungen

Gleichung 3.4

Es sind die in DIN 18800 Teil 1, El. (748) genannten Faktoren $f_1 = 1,0$ und $f_2 = 3,0$ voreingestellt.

Berechnungsart für Spannungen bei Lastfallkombinationen

Eine zweiachsige Beanspruchung in unterschiedlichen Lastfällen kann u. U. dazu führen, dass die kombinierten Stabschnittgrößen nicht zu den maximalen Spannungen führen. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn im ersten Lastfall mit Vertikallast nur Momente M_y und keine Momente M_z , in zweiten Lastfall mit Horizontallast nur Momente M_z und keine Momente M_y auftreten. Werden die beiden Lastfälle mit dem Kriterium „eventuell“ in einer Lastfallkombination überlagert, so weist RSTAB in Tabelle 3.1 *Schnittgrößen* das Moment M_z als nicht zugehörig zum maximalen Moment M_y aus: Die Horizontallast leistet keinen Beitrag zur Erhöhung des Moments infolge Vertikallast. Erfolgt nun die Bemessung dieser LK-Schnittgrößen getrennt nach den Maximalmomenten M_y und M_z , wird der gleichzeitige Einfluss der beiden Schnittgrößen für die kombinierte Betrachtung der Biegespannungen nicht erfasst.

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 mit den zugehörigen Schnittgrößen ermittelt.

Der Vorteil dieser Bemessungsvariante besteht darin, dass die Ergebnisse der Lastfallkombinationen direkt verwertet werden können. Dies wirkt sich positiv auf die Berechnungsdauer aus. 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

Diese Berechnungsart ist voreingestellt, um die Spannungen von Lastfallkombinationen zu berechnen. Dabei werden die Normal- und Schubspannungen der enthaltenen Lastfälle ermittelt und anschließend gemäß dem LK-Kombinationskriterium überlagert. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass die oben beschriebenen Effekte bei ausschließlich einachsiger Biegebeanspruchung keine zu geringen Spannungsausnutzungen zur Folge haben.

Die Analyse erfolgt für jeden Spannungspunkt: Die für die einzelnen Lastfälle ermittelten Druck-, Zug- und Schubspannungen werden gemäß LK-Überlagerungskriterium addiert und anschließend in den Ergebnismasken ausgewiesen.

Eine Ausnahme besteht bei der Vergleichsspannung σ_v , denn diese wird mit den Anteilen von σ_{gesamt} und τ_{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 Aufwand 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 Systemen meist keine reine einachsige Biegung auftritt, sollten beide Berechnungsarten i. d. R. zu den gleichen Spannungsausnutzungen führen.

Querschnittsoptimierung

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

Exzentrische Querlasten bei I-Trägern

Werden Querlasten am Obergurt von Trägern eingeleitet, so wirken sie sich 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, sollten die hohen I-Träger in einem separaten STAHL-Fall bemessen werden.

Die Schaltfläche [Standard] stellt die programmseitigen Voreinstellungen wieder her.



3.2 Spannungen und Ausnutzung



Als Voreinstellung werden in den Masken 2.1 bis 2.5 die Normalspannungen σ_{gesamt} , τ_{gesamt} und σ_v ausgewiesen. Die einzelnen Spannungsanteile lassen sich über die Schaltflächen [Auswahl der Spannungen] und [Erweiterte Anzeige] einblenden.

Normalspannungen

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

Die Analyse erfolgt für jeden einzelnen Spannungspunkt. Daher dürfen bei einer kombinierten Betrachtung (z. B. σ_{gesamt}) nicht die Anteile der Maximalspannungen addiert werden. Diese treten meist an unterschiedlichen Spannungspunkten auf. Es müssen die Spannungs-komponenten des jeweiligen Spannungspunkts überlagert werden.

Die Normalspannungen σ bedeuten im Einzelnen:

σ_N	Spannung infolge der Normalkraft N $\sigma = \frac{N}{A}$ mit A: Querschnittsfläche des Profils
σ_{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
σ_{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
σ_M	Spannung infolge der Biegemomente M_y und M_z $\sigma = \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z - \frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y$
σ_{Zug}	Zugspannung infolge der Normalkraft N und der Biegemomente M_y und M_z $\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z - \frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y$
σ_{Druck}	Druckspannung infolge der Normalkraft N und der Biegemomente M_y und M_z $\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z - \frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y$
σ_{Delta}	Maximale Differenz zwischen den Normalspannungen der einzelnen Lastfälle, die z. B. für den Betriebsfestigkeitsnachweis benötigt wird
σ_{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 σ



Das lokale Stabachsensystem beeinflusst die Vorzeichen der Schnittgrößen und Spannungen.

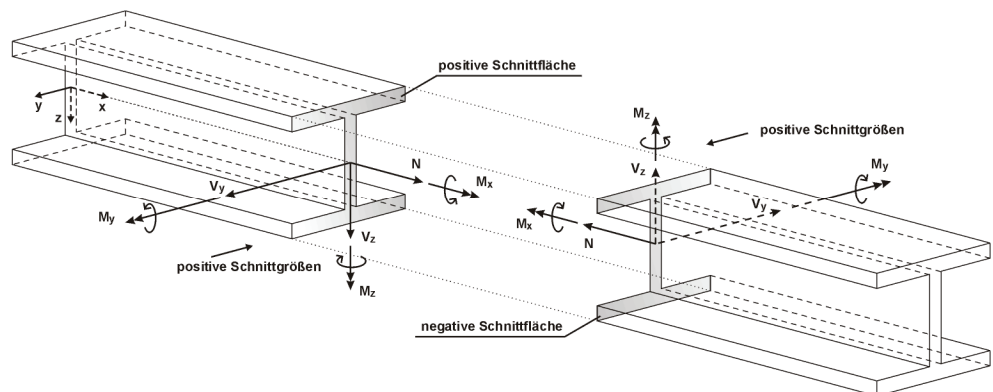


Bild 3.2: Positive Definition der Schnittgrößen

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 auftreten. Die Vorzeichendefinition für Torsionsmomente, Normal- und Querkkräfte entspricht den üblichen Konventionen: Diese Schnittgrößen sind positiv, wenn sie am positiven Schnittpunkt in positiver Richtung wirken.

Schubspannungen

Die Schubspannungen τ bedeuten im Einzelnen:

τ_{V-y}	Spannung infolge der Querkraft V_y $\tau = - \frac{V_y \cdot S_z}{I_z \cdot t}$ mit S_z: auf die Hauptachse z bezogenes Flächenmoment 1. Grades I_z: auf die Hauptachse z bezogenes Flächenmoment 2. Grades t: maßgebende Dicke des Querschnitts
τ_{V-z}	Spannung infolge der Querkraft V_z $\tau = - \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t}$ mit S_y: auf die Hauptachse y bezogenes Flächenmoment 1. Grades I_y: auf die Hauptachse y bezogenes Flächenmoment 2. Grades t: maßgebende Dicke des Querschnitts
τ_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
τ_{M-T}	Spannung infolge des Torsionsmoments M_T $\tau = \frac{M_T}{I_{T, \text{St.V.}}} \cdot t \quad \text{oder} \quad \tau = \frac{M_T}{2 \cdot A_m \cdot t}$
τ_{gesamt}	Schubspannung infolge der Querkräfte V_y und V_z und Torsionsmoment M_T $\tau = \tau_V + \tau_{M-T}$

Tabelle 3.2: Schubspannungen τ

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



Für die Schubspannungen infolge Torsion ist 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. Wölbmoment nicht vernachlässigt werden, so empfiehlt sich eine Analyse mit dem Zusatzmodul FE-BGDK.

Vergleichsspannung

Die Vergleichsspannung σ_v z. B. gemäß DIN 18800 Teil 1, El. (748) ermittelt sich wie folgt:

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

Tabelle 3.3: Vergleichsspannung σ_v
[Details...](#)

Die Faktoren f_1 und f_2 können im Dialog *Details* festgelegt werden. Dort sind die Faktoren $f_1 = 1,0$ und $f_2 = 3,0$ gemäß DIN 18800 Teil 1, El. (748) voreingestellt.

Ausnutzung

Bei den Spannungsnachweisen wird – wie z. B. in DIN 18800 Teil 1, El. (747) dargestellt – der Quotient aus vorhandener Spannung und Grenzspannung ermittelt.

Die Ausnutzung des Profils am jeweiligen Spannungspunkt kann für jeden Schnittgrößenteil abgelesen werden (siehe Kapitel 5.1, Seite 37). Als Standard sind die Ausnutzungen infolge Normal-, Schub- und Vergleichsspannung für die Tabellenausgabe vorgegeben.

Max: 0.92 ≤ 1 

Wird die Grenzspannung nicht überschritten, so ist die Ausnutzung kleiner oder gleich 1,00 und der Spannungsnachweis gilt als erfüllt.

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

Gleichung 3.5: Nachweisbedingung für Normalspannungen

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

Gleichung 3.6: Nachweisbedingung für Schubspannungen

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

Gleichung 3.7: Nachweisbedingung für Vergleichsspannungen

3.3 Start der Berechnung

Berechnung

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

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

Falls eine Optimierung der Querschnitte (siehe Kapitel 7.2, Seite 53) erfolgen soll, werden die erforderlichen Profile ermittelt und die Spannungen berechnet.

Auch aus der RSTAB-Oberfläche kann die Berechnung der STAHL-Ergebnisse gestartet 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.

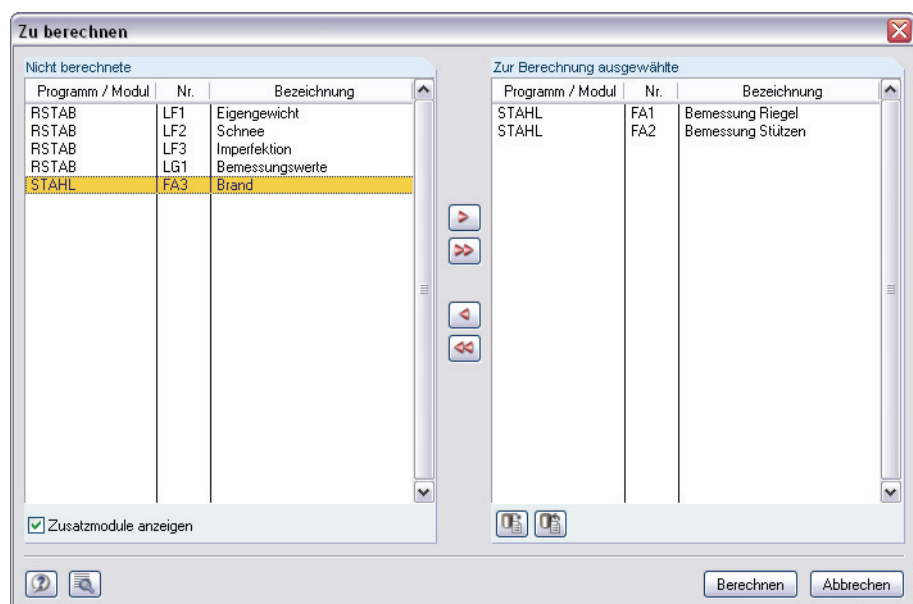


Bild 3.3: Dialog *Zu berechnen*

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

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

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



Bild 3.4: Direkte Berechnung eines STAHL-Bemessungsfalls in RSTAB

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

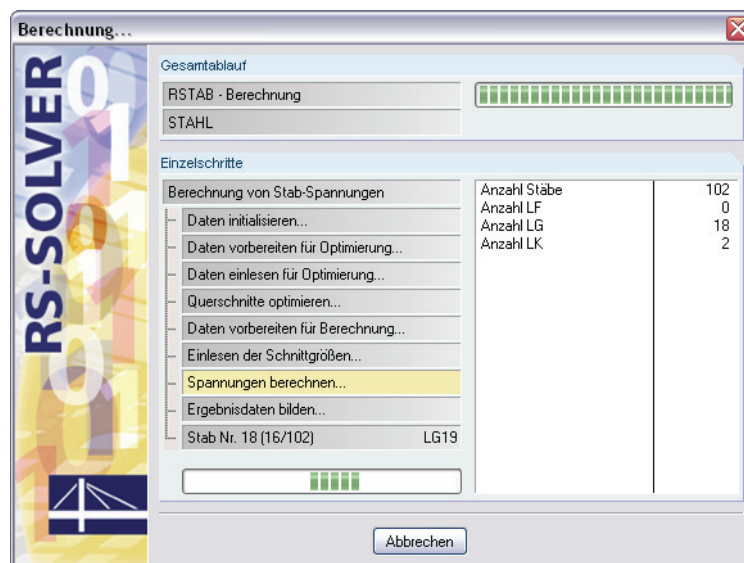


Bild 3.5: STAHL-Berechnung

4. Ergebnisse



Unmittelbar nach der Berechnung erscheint die Maske 2.1 *Spannungen querschnittsweise*. Die Masken 2.1 bis 2.5 geben die Spannungen und Ausnutzungen nach diversen Kriterien geordnet aus. In den anschließenden Masken 3.1 bis 4.2 werden die maßgebenden Schnittgrößen sowie die Stücklisten stab- oder stabsatzbezogen angezeigt. Jede der Masken kann über den STAHL-Navigator angesteuert werden. Alternativ werden die beiden links dargestellten Schaltflächen oder die Funktionstasten [F2] und [F3] benutzt, um eine Maske vor- oder zurückzublättern.

[OK] sichert die Ergebnisse. Das Modul STAHL wird verlassen und man gelangt zurück in das RSTAB-Arbeitsfenster.

Das Kapitel 4 *Ergebnisse* stellt die Ergebnismasken der Reihe nach vor. Die Auswertung und Überprüfung der Resultate ist im folgenden Kapitel 5 *Ergebnisauswertung* ab Seite 36 beschrieben.

4.1 Spannungen querschnittsweise

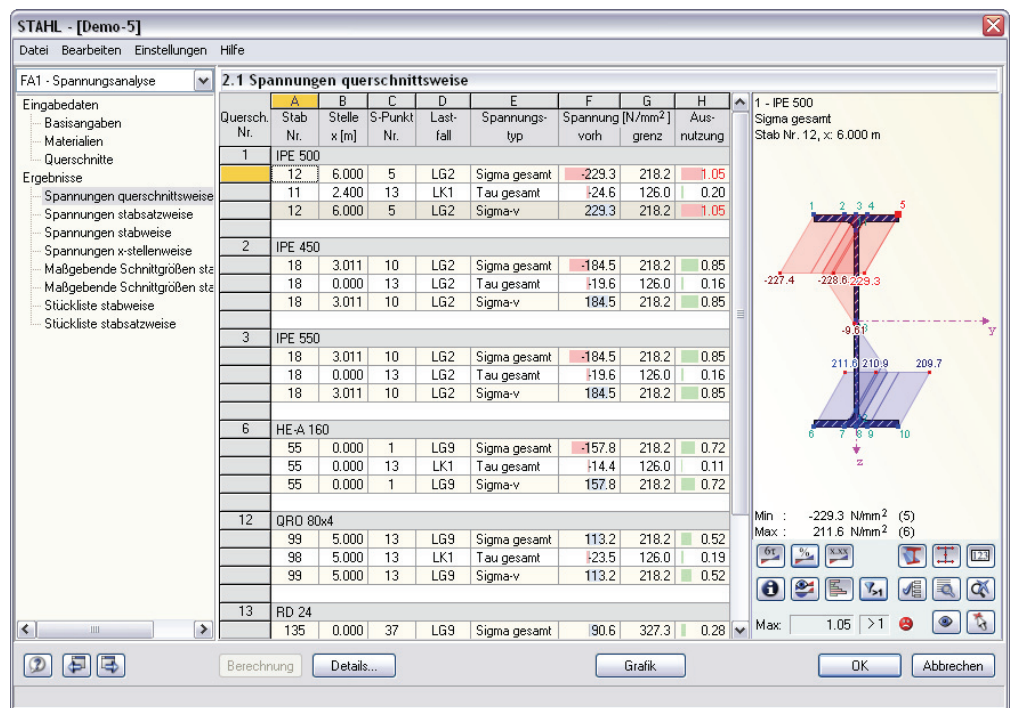


Bild 4.1: Maske 2.1 *Spannungen querschnittsweise*

Die Maske weist die maximalen Ausnutzungen aller zur Bemessung gewählten Stäbe aus, die sich mit den Schnittgrößen der maßgebenden Einwirkungen oder Kombinationen ergeben. Die Auflistung erfolgt nach Querschnitten geordnet.



Die in Spalte E *Spannungstyp* angezeigten Spannungskomponenten orientieren sich an den Einstellungen, die im Dialog *Spannungen - Filter* vorgegeben sind (siehe Bild 5.3, Seite 37). 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
- Stabteilung gemäß Vorgabe für Stabergebnisse (RSTAB-Dialog *Berechnungsparameter*, Register *Optionen*)
- Extremwerte der Schnittgrößen

S-Punkt Nr.

Die Bemessung erfolgt an so genannten Spannungspunkten des Querschnitts. Diese Stellen im Profil sind durch Schwerpunktabstände, statische Momente und Profildicken definiert. Mit diesen Profileigenschaften ist die Bemessung nach Tabelle 3.1 und Tabelle 3.2 möglich.

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

Die Grafik rechts zeigt die Spannungspunkte mitsamt Nummerierung an. Der aktuelle Spannungspunkt (der Spannungspunkt der Zeile, in der sich der Cursor befindet) ist rot markiert.

Über die [Info]-Schaltfläche können die Kennwerte der Spannungspunkte kontrolliert werden. Zunächst öffnet sich der Dialog *Info über Querschnitt* mit der Liste der Profilwerte. Rechts unterhalb der Grafik steht die Schaltfläche [Details der Spannungspunkte] zur Verfügung, die den Zugang zu den Spannungspunkteinformationen eröffnet.



Info über Querschnitt IPE 500

Querschnitts-Bezeichnung	Symbol	Wert	Einheit
Profilhöhe	h	500.0	mm
Profilbreite	b	200.0	mm
Stegdicke	t _s	10.2	mm
Flanshdicke	t _f	16.0	mm
Ausrundungsradius	r	21.0	mm
Querschnittsfläche	A	116.00	cm ²
Schubfläche	A _y	53.54	cm ²
Schubfläche	A _z	47.83	cm ²
Wirksame Schubfläche nach EC 3	A _{w,y}	67.18	cm ²
Wirksame Schubfläche nach EC 3	A _{w,z}	60.35	cm ²
Stegfläche	A _{steg}	47.70	cm ²
Plastische Schubfläche	A _{pl,y}	64.00	cm ²
Plastische Schubfläche	A _{pl,z}	49.37	cm ²
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grad)	I _y	48200.00	cm ⁴
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grad)	I _z	2140.00	cm ⁴
Trägheitsradius	i _y	204.0	mm
Trägheitsradius	i _z	43.1	mm
Polarer Trägheitsradius	i _p	208.5	mm
Trägheitsradius des Gurtquerschnitts (eins.)	i _{tg}	49.6	mm
Volumen	V	1.160E+07	mm ³ /m
Querschnittsgewicht	G	91.1	kg/m
Mantelfläche	U	1.744	m ² /m
Profilfaktor	A _m /V	150.345	1/m
Torsionsträgheitsmoment	I _t	89.70	cm ⁴
Wölbwiderstand	I _ω	1.249E+06	cm ⁶
Widerstandsmoment	W _y	1930.00	cm ³
Widerstandsmoment	W _z	214.00	cm ³
Wölbwiderstandsmoment	W _ω	5161.16	cm ⁴
Statisches Moment	S _{y,max}	1100.00	cm ³
Statisches Moment	S _{z,max}	80.00	cm ³
Wölbordinate	ω _{max}	242.00	cm ²
Wölbfläche (Flächenmoment 1. Grades mit)	S _{ω,max}	1936.00	cm ⁴
Plastisches Widerstandsmoment	W _{pl,y}	2200.00	cm ³

Spannungspunkte von IPE 500

Spann- Nr.	A Koordinaten		B Statische Momente		C Dicke t [mm]	D Wölbung ω [cm ²]	E Wölbung A _ω [cm ⁴]
	y [mm]	z [mm]	S _y [cm ³]	S _z [cm ³]			
1	-100.0	-250.0	0.00	0.00	16.0	242.00	0.00
2	-26.1	-250.0	-286.06	-74.54	16.0	63.16	-1804.12
3	0.0	-250.0	-391.01	-80.34	16.0	0.00	-1936.00
4	26.1	-250.0	-286.06	74.54	16.0	-63.16	1804.12
5	100.0	-250.0	0.00	0.00	16.0	-242.00	0.00
6	-100.0	250.0	0.00	0.00	16.0	-242.00	0.00
7	-26.1	250.0	-286.14	74.55	16.0	-63.16	-1804.12
8	0.0	250.0	-391.01	80.34	16.0	0.00	-1936.00
9	26.1	250.0	-286.14	-74.55	16.0	63.16	1804.12
10	100.0	250.0	0.00	0.00	16.0	242.00	0.00
11	0.0	-213.0	-858.50	0.00	10.2	0.00	0.00
12	0.0	213.0	-859.23	0.00	10.2	0.00	0.00
13	0.0	0.0	-1089.88	0.00	10.2	0.00	0.00

Spannungspunkte

Schließen

Bild 4.2: Info über Querschnitt: Spannungspunkte

Die Spalten *Koordinaten* y und z geben Auskunft über die Schwerpunktabstände e_y bzw. e_z , die Spalten *Statische Momente* S_y und S_z enthalten 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 mit STAHL nicht relevant.



Die Spannungsanalyse erfolgt für jeden einzelnen Spannungspunkt, sodass für die kombinierte Betrachtung (z. B. σ_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 31) oder im Fenster *Querschnittswerte und Spannungsverlauf* (siehe Bild 5.5, Seite 39) erfolgen.

Lastfall

In Spalte D werden die Nummern der Lastfälle, Lastfallgruppen und -kombinationen angegeben, deren Schnittgrößen die jeweiligen Maximalspannungen verursachen.

Spannungstyp

Als Standard werden die Normalspannungen σ_{gesamt} , die Schubspannungen τ_{gesamt} und die Vergleichsspannungen σ_v aufgelistet. Die Ermittlung dieser Spannungen ist in Tabelle 3.1, Tabelle 3.2 und Tabelle 3.3 auf den Seiten 21 bis 23 dargestellt.



Zur Kontrolle lassen sich alle Spannungsanteile einblenden, die in die Gesamtspannungen einfließen (siehe folgendes Bild 4.3). Die einzelnen Spannungskomponenten können im Dialog *Spannungen - Filter* ausgewählt werden (siehe Bild 5.3, Seite 37), 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 21 bis 23 vorgestellten Gleichungen der Tabelle 3.1, Tabelle 3.2 und Tabelle 3.3 ermittelt wurden.



2D-Systeme mit
unsymmetrischen
Querschnitten

Für unsymmetrische Querschnitte wie L-Profile in 2D-Systemen ist Folgendes zu beachten: Da nur Stabdrehwinkel von 0° und 180° möglich sind, wird bei der Momentenzerlegung nur der Anteil in Richtung der Stabachse y erfasst. Der Anteil um z entfällt bei einem 2D-System. STAHL bemisst deshalb nur das Moment um die Achse y . Profile, die nicht ausschließlich in Richtung der Hauptachse y belastet sind, sollten räumlich als 3D-Modelle definiert werden. Nur so können die Spannungen korrekt ermittelt werden.

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 σ_x als die zulässige Spannung für die Beanspruchung infolge Biegung und Normalkraft
- Grenzs Schubspannung τ als die zulässige Schubspannung infolge Querkraft und Torsion
- Grenzvergleichsspannung σ_v als die zulässige Vergleichsspannung für die gleichzeitige Wirkung von Normal- und Schubspannungen

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.

Die farbigen Balken veranschaulichen die Ausnutzungen eines jeden Querschnitts.

Max: 0.92 ≤ 1 

4.2 Spannungen stabsatzweise

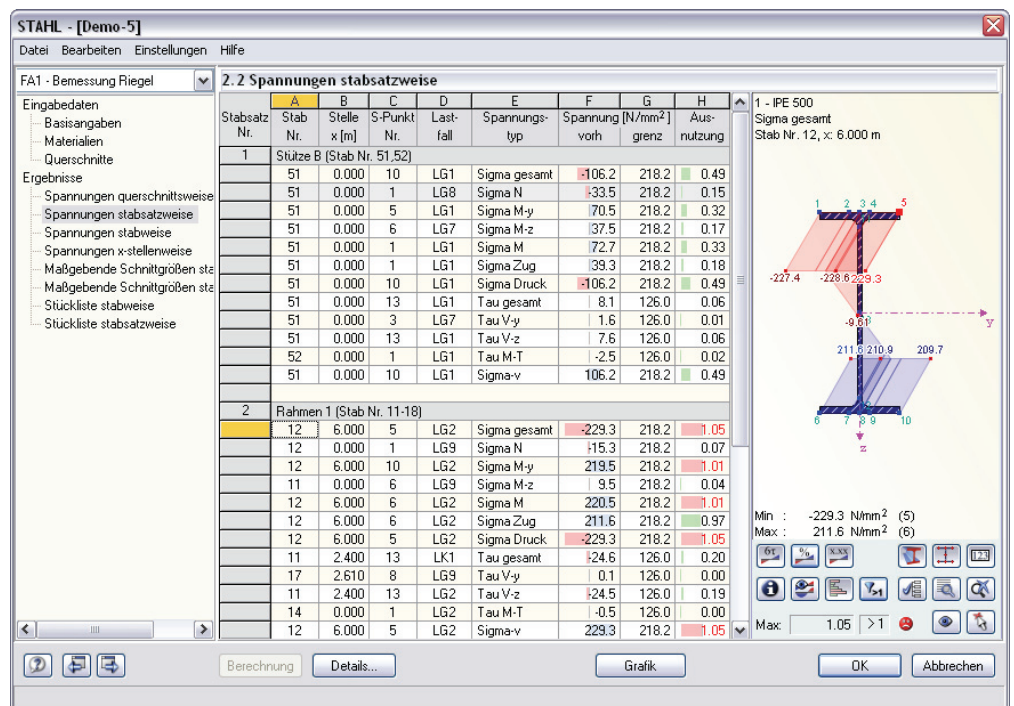


Bild 4.3: Maske 2.2 Spannungen stabsatzweise

Diese Maske listet die maximalen Spannungsausnutzungen nach Stabsätzen geordnet auf. Die einzelnen Spalten sind im vorherigen Kapitel 4.1 erläutert. Zusätzlich wird die Spalte *Stab Nr.* angezeigt, die die Nummer des Stabes im Stabsatz angibt, der die größte Ausnutzung aufweist.

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

4.3 Spannungen stabweise

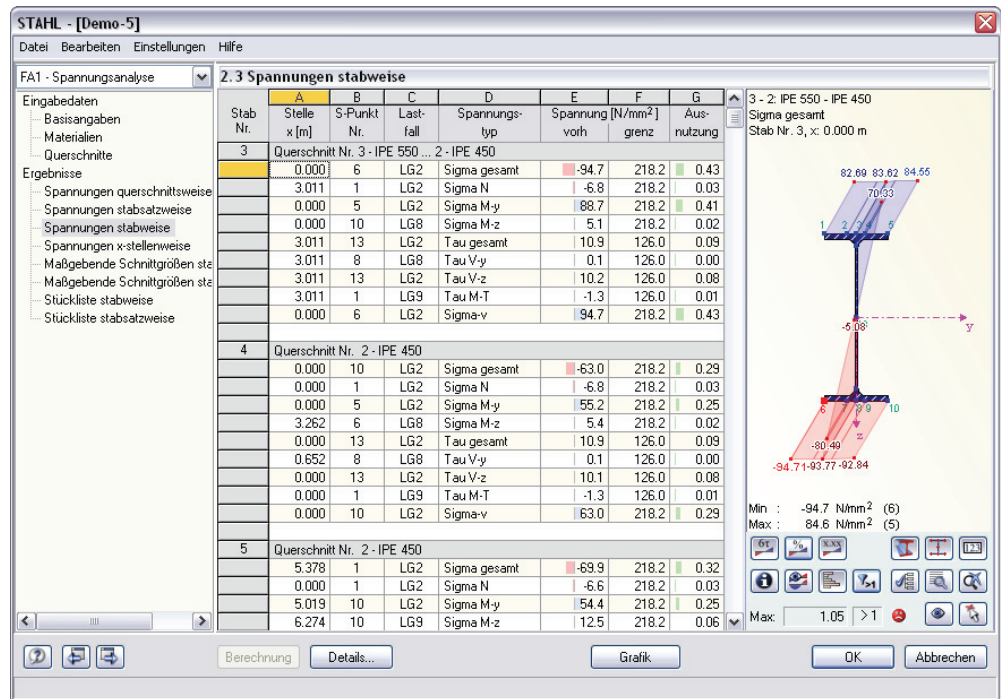


Bild 4.4: Maske 2.3 Spannungen stabweise

Diese Maske listet die maximalen Spannungen und Ausnutzungen nach Stabnummern geordnet auf. Die einzelnen Spalten sind im Kapitel 4.1 auf Seite 26 erläutert.

Bei einem Voutenstab werden beide Querschnittsbezeichnungen angegeben.

4.4 Spannungen x-stellenweise

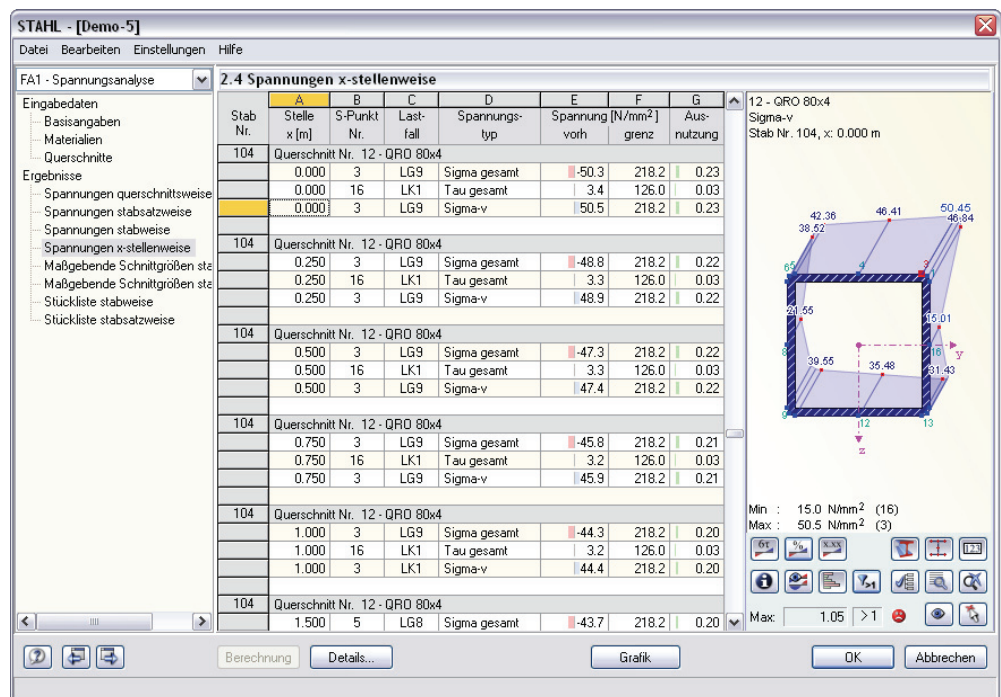


Bild 4.5: Maske 2.4 Spannungen x-stellenweise

Diese Ergebnismaske listet die Maximalspannungen eines jeden Stabes an den Stellen x auf, die sich aus den Teilungen von RSTAB ergeben:

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

4.5 Spannungen in jedem Spannungspunkt

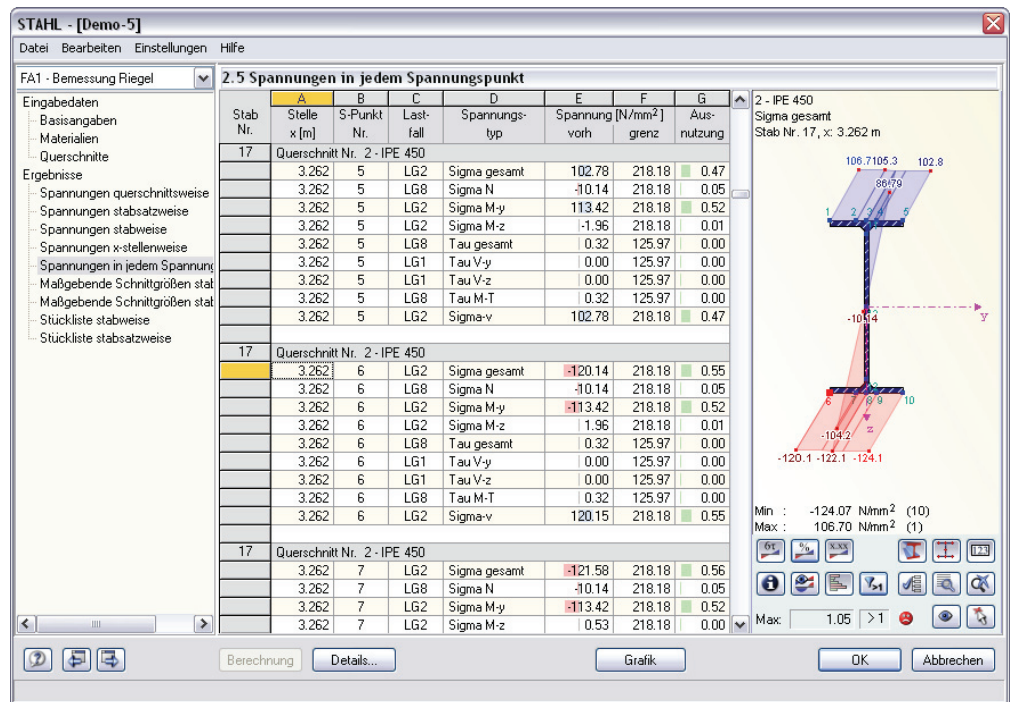


Bild 4.6: Maske 2.5 Spannungen in jedem Spannungspunkt

Details...



Diese Ergebnismaske ist standardmäßig ausgeblendet, da eine spannungspunktweise Auswertung nur in Ausnahmefällen erforderlich ist. Die Anzeige der Maske kann im Dialog *Details* aktiviert werden (siehe Bild 3.1, Seite 18), der in jeder Maske über die gleichnamige Schaltfläche zugänglich ist.

Die Maske verwaltet eine große Datenmenge. Da STAHL die Maximalspannungen und damit die maßgebenden Spannungspunkte automatisch ermittelt, kann in den meisten Fällen auf die Anzeige der Maske 2.5 verzichtet werden. Zudem bieten die Masken 2.1 bis 2.4 über die Schaltfläche [Querschnittswerte und Spannungsverlauf] gute Auswertungsmöglichkeiten: Im Dialog *Querschnittswerte und Spannungsverlauf* (siehe Bild 5.5, Seite 39) können die Ergebnisse für jeden einzelnen Spannungspunkt grafisch und numerisch überprüft werden.

Die Auflistung der Spannungen erfolgt für jeden Stab nach *Stelle x* und *Spannungspunkt* geordnet. Im Kapitel 4.1 auf Seite 26 sind die einzelnen Spalten der Maske erläutert.

4.6 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

STAHL - [Demo-5]

Datei Bearbeiten Einstellungen Hilfe

FA1 - Spannungsanalyse

3.1 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

Stab Nr.	Stelle x [m]	Lastfall	Kräfte [kN]			Momente [kNm]		
			N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z
3	0.000	LG2	-68.02	-0.13	50.77	-0.06	-216.49	-0.24
4	0.000	LG2	-66.86	-0.13	38.11	-0.06	-82.84	0.17
5	5.378	LG2	-63.42	0.28	-1.05	-0.04	81.44	-1.63
6	0.000	LG2	-63.31	-0.37	5.05	0.04	78.64	-2.55
7	3.262	LG2	-67.53	-0.16	-38.40	0.06	-85.13	0.26
8	3.011	LG2	-68.76	-0.10	-51.03	0.06	-219.62	0.65
11	6.000	LG2	-91.42	0.13	-109.60	0.00	-370.15	-0.20
12	6.000	LG2	-102.68	-0.01	69.34	-0.01	423.25	0.21
13	0.000	LG2	-117.15	-0.03	73.04	-0.02	-370.10	-0.03
14	0.000	LG2	-116.00	-0.03	62.60	-0.02	-166.13	0.06
15	5.378	LG2	-100.81	0.08	0.93	-0.01	153.36	-0.58
16	0.896	LG2	-90.12	-0.23	0.24	0.02	154.28	-1.04
17	3.262	LK1	-85.80	-0.31	-72.90	0.01	-170.09	0.35
18	3.011	LG2	-87.94	-0.20	-95.40	0.01	-423.33	1.14
51	0.000	LG1	-179.93	0.01	8.60	-0.02	27.37	0.31
52	0.000	LK1	-44.11	-0.04	4.16	-0.05	-5.87	0.03
53	0.000	LG9	-311.70	0.01	-9.43	0.00	14.38	-0.02
54	1.773	LG9	-49.76	0.00	0.24	0.00	-5.84	0.00
55	0.000	LG9	-313.87	0.00	-9.85	0.00	16.80	-0.03
56	2.047	LG7	-33.60	0.00	0.12	0.00	-8.24	0.00
57	0.000	LG9	-311.79	-0.01	-9.40	0.00	14.15	-0.04
58	1.773	LG9	-49.84	-0.01	0.27	0.00	-5.91	-0.01
91	5.000	LG6	-1.57	0.10	-0.42	-0.01	-0.52	-0.30
92	0.000	LG9	-26.56	-0.05	0.41	0.01	-0.58	-0.17
93	0.000	LG9	-2.00	-0.22	0.42	-0.15	-0.57	-0.55

Berechnung Details... Grafik OK Abbrechen

Bild 4.7: Maske 3.1 Maßgebende Schnittgrößen stabweise

Details...

Diese Maske gibt für jeden Stab die maßgebenden Schnittgrößen aus. Hier handelt es sich um die Schnittgrößen, die zur maximalen Ausnutzung führen. Standardmäßig ist der Bezug auf die Vergleichsspannung σ_v vorgegeben. Im Dialog *Details* (siehe Bild 3.1, Seite 18), der über die gleichnamige Schaltfläche aufgerufen wird, kann die Ausgabe der maßgebenden Schnittgrößen auf eine andere Spannungsponente bezogen werden.

Die Bemessungsart *Spannungen einzelner Lastfälle aus LK berechnen und diese dann nach LK-Kriterium überlagern* verhindert, die Ergebniszeilen der RSTAB-Tabelle 3.1 *Schnittgrößen* direkt zu verwerten. Stattdessen werden die in den Einzellastfällen vorliegenden Druck-, Zug- und Schubspannungen entsprechend addiert. Die Vergleichsspannung σ_v wiederum wird mit den Anteilen von σ_{gesamt} und τ_{gesamt} ermittelt. Aus diesem Grund sind bei Lastfallkombinationen die in Maske 3.1 ausgewiesenen Schnittgrößen nur durch Rückrechnungen nachvollziehbar.

Stelle x

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

Lastfall

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

Kräfte / Momente

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

4.7 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

STAHL - [Demo-5]

Datei Bearbeiten Einstellungen Hilfe

FA1 - Spannungsanalyse

3.2 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

Stabsatz Nr.	Stelle x [m]	Lastfall	N	Kräfte [kN] V _y	V _z	M _T	Momente [kNm] M _y	M _z
1	0.000	LG1	-179.93	0.01	8.60	-0.02	-27.37	0.31
2	6.000	LG2	-102.68	-0.01	69.34	-0.01	423.25	0.21
3	0.000	LG2	-232.44	0.03	82.94	0.05	-365.50	-0.33
4	0.000	LG4	-216.28	5.06	-0.10	0.00	0.25	3.03
5	0.000	LG9	-205.23	0.00	-4.02	0.00	9.88	0.03

Berechnung Details... Grafik OK Abbrechen

Bild 4.8: Maske 3.2 Maßgebende Schnittgrößen stabsatzweise

Diese Ergebnismaske wird angezeigt, wenn Stabsätze zur Bemessung gewählt wurden. Es werden für jeden Stabsatz die Schnittgrößen angegeben, die zu den größten Ausnutzungen führen.

4.8 Stückliste stabweise

Die Ausgabe wird durch eine Stückliste abgerundet.

STAHL - [Demo-5]

Datei Bearbeiten Einstellungen Hilfe

FA1 - Spannungsanalyse

4.1 Stückliste stabweise

Position Nr.	Querschnitt	Anzahl Stäbe	Länge [m]	G-Länge [m]	Oberfläche [m²]	Volumen [m³]	E-Gewicht [kg/m]	Gewicht [kg]	G-Gewicht [N]
1	2 - IPE 450 ... 3 - IPE 550	8	3.01	24.09	41.94	0.28	91.37	275.16	2.201
2	2 - IPE 450	8	3.26	26.10	41.89	0.26	77.56	253.03	2.024
3	2 - IPE 450	8	6.27	50.19	80.56	0.50	77.56	486.60	3.893
4	1 - IPE 500	4	6.00	24.00	41.86	0.28	91.06	546.36	2.185
5	1 - IPE 500	4	3.00	12.00	20.93	0.14	91.06	273.18	1.093
6	10 - HE-A 140	3	3.00	9.00	7.15	0.03	24.65	73.95	0.222
7	10 - HE-A 140	2	3.55	7.09	5.63	0.02	24.65	87.41	0.175
8	10 - HE-A 140	1	4.09	4.09	3.25	0.01	24.65	100.91	0.101
9	15 - DUENQ BOOM2	4	3.00	12.00	106.85	0.50	324.26	972.78	3.891
10	6 - L 100x65x9	3	3.00	9.00	2.88	0.01	11.15	33.44	0.100
11	6 - L 100x65x9	2	3.55	7.09	2.27	0.01	11.15	39.53	0.079
12	6 - L 100x65x9	1	4.09	4.09	1.31	0.01	11.15	45.64	0.046
13	7 - HE-A 120	4	6.27	25.10	16.99	0.06	19.86	124.60	0.498
14	9 - IPE 360	8	6.25	50.00	67.65	0.36	57.07	356.68	2.853
15	6 - L 100x65x9	2	6.55	13.09	4.19	0.02	11.15	72.97	0.146
16	6 - L 100x65x9	1	7.09	7.09	2.27	0.01	11.15	79.08	0.079
17	12 - QRO 80x4	25	5.00	125.00	39.13	0.15	9.42	47.10	1.178
18	13 - RD 24	4	7.81	31.24	2.36	0.01	3.55	27.71	0.111
19	13 - RD 24	8	8.02	64.18	4.84	0.03	3.55	28.47	0.228
Summe		100		504.46	493.93	2.69			21.103

Berechnung Details... Grafik OK Abbrechen

Bild 4.9: Maske 4.1 *Stückliste stabweise*

Details...

Als Standard werden in der Liste nur die bemessenen Stäbe erfasst. Wird eine Stückliste für alle Stäbe der Struktur gewünscht, so kann dies im Dialog *Details* eingestellt werden (siehe Bild 3.1, Seite 18). Der Dialog wird über die gleichnamige Schaltfläche aufgerufen.

Position Nr.

Es werden automatisch Positionsnummern für gleichartige Stäbe vergeben.

Querschnitt

In dieser Spalte werden die Querschnittsnummern und -bezeichnungen aufgelistet.

Anzahl Stäbe

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

Länge

In dieser Spalte wird die Länge eines einzelnen Stabes ausgewiesen.

Gesamtlänge

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

Oberfläche

Es wird die auf die Gesamtlänge bezogene Oberfläche der jeweiligen Positionen angegeben, die aus der *Mantelfläche* der Profile ermittelt wird. Diese kann in den Masken 1.3 bis 2.5 bei den Querschnittsinformationen kontrolliert werden (siehe Bild 4.2, Seite 27).



Volumen

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

E-Gewicht

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

Gewicht

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

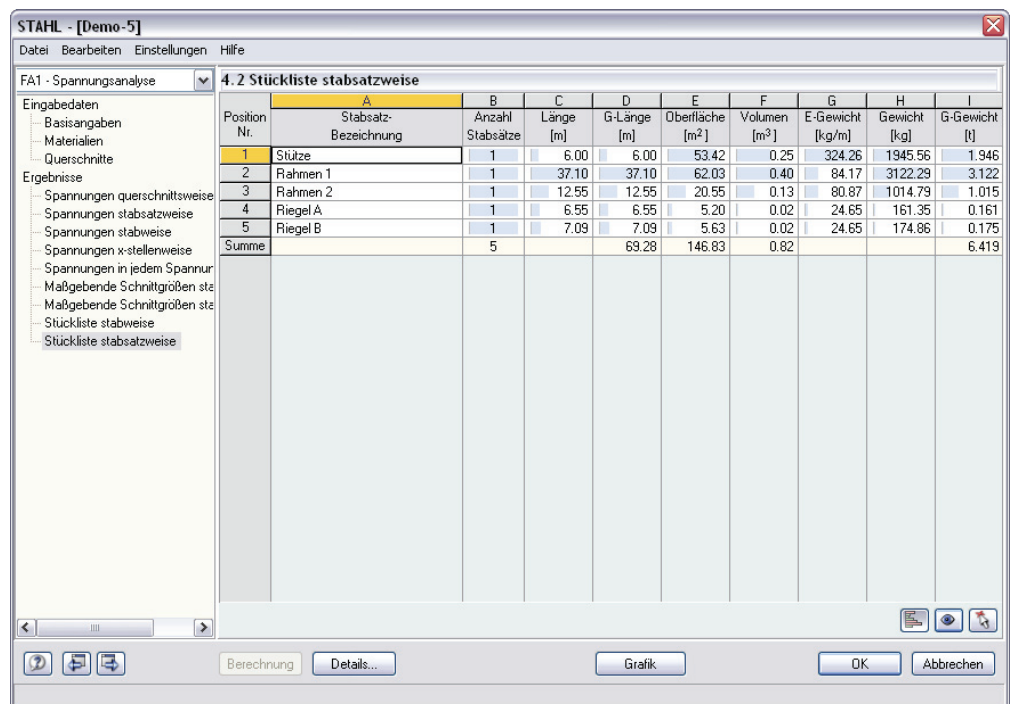
Gesamtgewicht

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

Summe

Am unteren Ende der Liste findet sich eine Bilanz mit den Summen der Spalten B, D, E, F und I. Im Feld *Gesamtgewicht* kann die benötigte Stahlmenge abgelesen werden.

4.9 Stückliste stabsatzweise



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	Stütze	1	6.00	6.00	53.42	0.25	324.26	1945.56	1.946
2	Rahmen 1	1	37.10	37.10	62.03	0.40	84.17	3122.29	3.122
3	Rahmen 2	1	12.55	12.55	20.55	0.13	80.87	1014.79	1.015
4	Riegel A	1	6.55	6.55	5.20	0.02	24.65	161.35	0.161
5	Riegel B	1	7.09	7.09	5.63	0.02	24.65	174.86	0.175
Summe		5		69.28	146.83	0.82			6.419

Bild 4.10: Maske 4.2 Stückliste stabsatzweise

Die letzte STAHL-Maske wird angezeigt, wenn 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 4.8 erläutert. Bei unterschiedlichen Querschnitten im Stabsatz werden Oberfläche, Volumen und Einheitsgewicht gemittelt.

5. Ergebnisauswertung

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

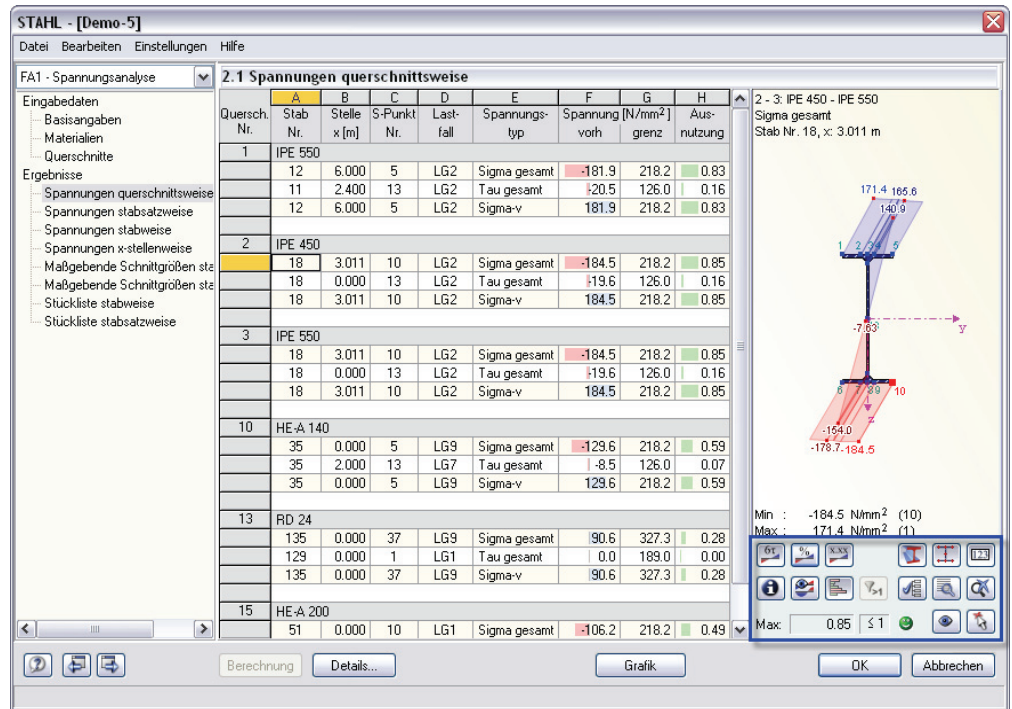


Bild 5.1: Schaltflächen zur Ergebnisauswertung

Die Schaltflächen sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Bezeichnung	Funktion
	Spannungsverlauf	Blendet die grafische Darstellung der Spannungen am Querschnitt ein und aus
	Ausnutzung	Blendet die grafische Darstellung der Ausnutzungen am Querschnitt 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 → Bild 4.2, Seite 27
	Ergebnisverläufe	Öffnet das Diagramm <i>Ergebnisverläufe im Stab</i> → Kapitel 5.4, Seite 44

	Relationsbalken	Blendet in den Ergebnismasken die farbigen Bezugs-skalen 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 37
	Erweiterte Anzeige	Öffnet den Dialog <i>Querschnittswerte und Spannungs-verlauf</i> → Kapitel 5.2, Seite 38
	Gesamtansicht	Stellt die Spannungsgrafik vollständig dar (Zoomen möglich mit Scrollrad, Verschieben per Drag&Drop)
	Sichtmodus	Ermöglicht den Sprung in das RSTAB-Arbeitsfenster, um die Ansicht zu ändern → Kapitel 5.3, Seite 40
	Stabauswahl	Ermöglicht die Auswahl eines Stabes im RSTAB-Fenster, um dessen Spannungen in der Tabelle anzuzeigen

Tabelle 5.1: Schaltflächen in den Ergebnismasken 2.1 bis 2.5

5.1 Auswahl der Spannungen

Nach der Bemessung sind diese Spannungsarten in den Ergebnismasken voreingestellt:

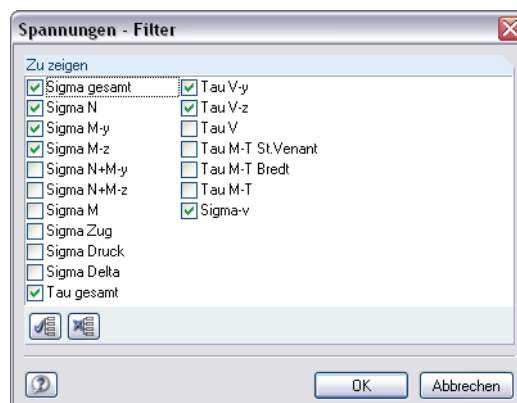
- Normalspannung σ_{gesamt}
- Schubspannung τ_{gesamt}
- Vergleichsspannung σ_v



Über der Schaltfläche [Auswahl der anzuzeigenden Spannungen] besteht die Möglichkeit, weitere Spannungskomponenten zu aktivieren. Damit lassen sich die in die Gesamtspannung einfließenden Anteile überprüfen.

Bild 5.2: Schaltfläche *Auswahl der anzuzeigenden Spannungen*

Es erscheint der Dialog *Spannungen - Filter* zur Auswahl der Spannungskomponenten.

Bild 5.3: Dialog *Spannungen - Filter*

Die einzelnen Spannungen sind in Tabelle 3.1 und Tabelle 3.2 auf Seite 21 und 23 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 *Spannungen - Filter*



Die Analyse erfolgt für jeden einzelnen Spannungspunkt. Für die kombinierte Betrachtung (z. B. σ_{gesamt}) dürfen daher nicht die Anteile der Maximalspannungen addiert werden: Diese liegen meist an unterschiedlichen Spannungspunkten vor. Es müssen die Spannungskomponenten überlagert werden, die an den gleichen Spannungspunkten vorliegen.



Die im Dialog *Spannungen - Filter* getroffene Auswahl wirkt sich auch auf das Ausdruckprotokoll aus. Dort finden sich die in den Tabellen aktiven Spannungsanteile wieder.

5.2 Ergebnisse am Querschnitt

Die tabellarische Liste der Spannungen wird rechts in den Masken durch eine Spannungsgrafik ergänzt. Die Grafik ist dynamisch: Sie zeigt den Spannungsverlauf der aktuellen x-Stelle bzw. des aktuellen Spannungspunkts an, der durch die Cursorposition in der Tabelle links festgelegt ist. Der aktuelle Spannungspunkt wird in der Grafik rot hervorgehoben.

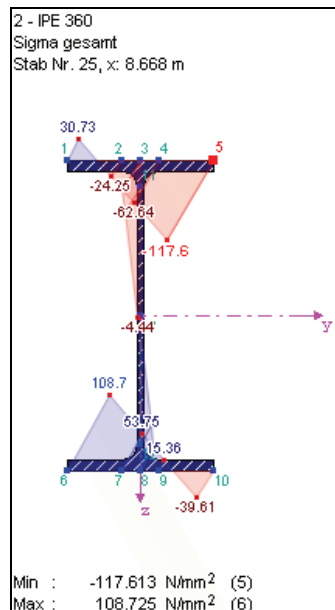


Bild 5.4: Verlauf der Normalspannungen am Querschnitt



Die Anzeige kann mit dem Scrollrad vergrößert und verkleinert werden. Per Drag&Drop lässt sich die Spannungsgrafik verschieben. Die Schaltfläche [Zoom aufheben] stellt die Gesamtansicht wieder her.

Die Funktion der Schaltflächen unterhalb der Grafik ist in Tabelle 5.1 auf Seite 37 erläutert. Die Schaltflächen steuern, ob in der Grafik

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

angezeigt werden.





Die Schaltfläche [Querschnittswerte und Spannungen erweitert anzeigen] ermöglicht eine detaillierte Auswertung der Spannungen für jeden Spannungspunkt. Sie ruft den Dialog *Querschnittswerte und Spannungsverlauf* auf.

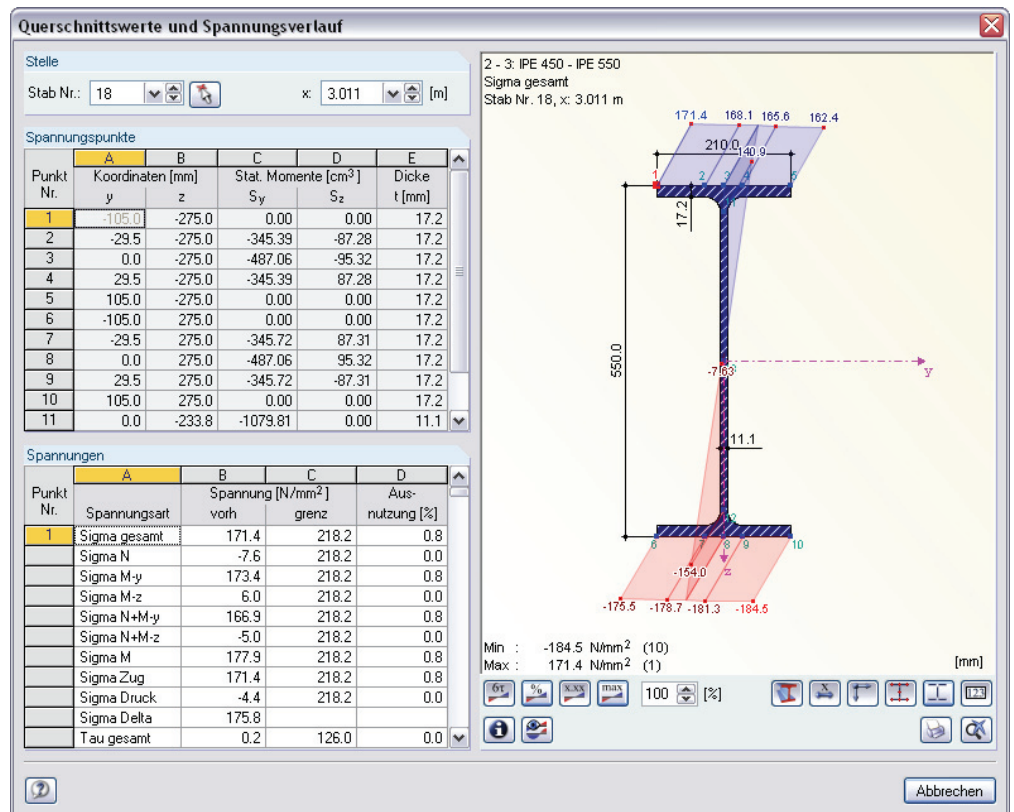


Bild 5.5: Dialog *Querschnittswerte und Spannungsverlauf*

Im Abschnitt *Stelle* sind die aktuelle *Stabnummer* und *Stelle x* am Stab voreingestellt. In der Liste können auch andere Stäbe oder x-Stellen gewählt werden.

Der Abschnitt *Spannungspunkte* listet die Spannungspunkte des Querschnitts auf. In den Spalten *Koordinaten* werden jeweils die Schwerpunktabstände e_y und e_z angegeben, in den Spalten *Statische Momente* die Flächenmomente 1. Grades S_y und S_z . Die letzte Spalte weist die *Dicke t* des Querschnittsteils aus, die zur Ermittlung der Schubspannungen benötigt wird.

Im Abschnitt *Spannungen* werden die Spannungsanteile am aktuellen – im Abschnitt oben aktiven – Spannungspunkt angegeben. Auch hier ist es möglich, eine Spannungskomponente durch Anklicken zu selektieren, die dann dynamisch in der Grafik rechts visualisiert wird.



Die Schaltflächen unterhalb der Grafik sind zum Großteil mit denen der Ergebnismasken identisch (siehe Tabelle 5.1, Seite 37). Sie werden wie üblich durch *Quick-Infos* erläutert. Die Schaltfläche [Drucken] ermöglicht das Ausdrucken der aktuellen Spannungsgrafik am Querschnitt. Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel 6.2.1 auf Seite 47.

5.3 Ergebnisse am RSTAB-Modell

Zur Auswertung der Bemessungsergebnisse kann auch das RSTAB-Arbeitsfenster genutzt werden.

RSTAB-Hintergrundgrafik und Sichtmodus

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

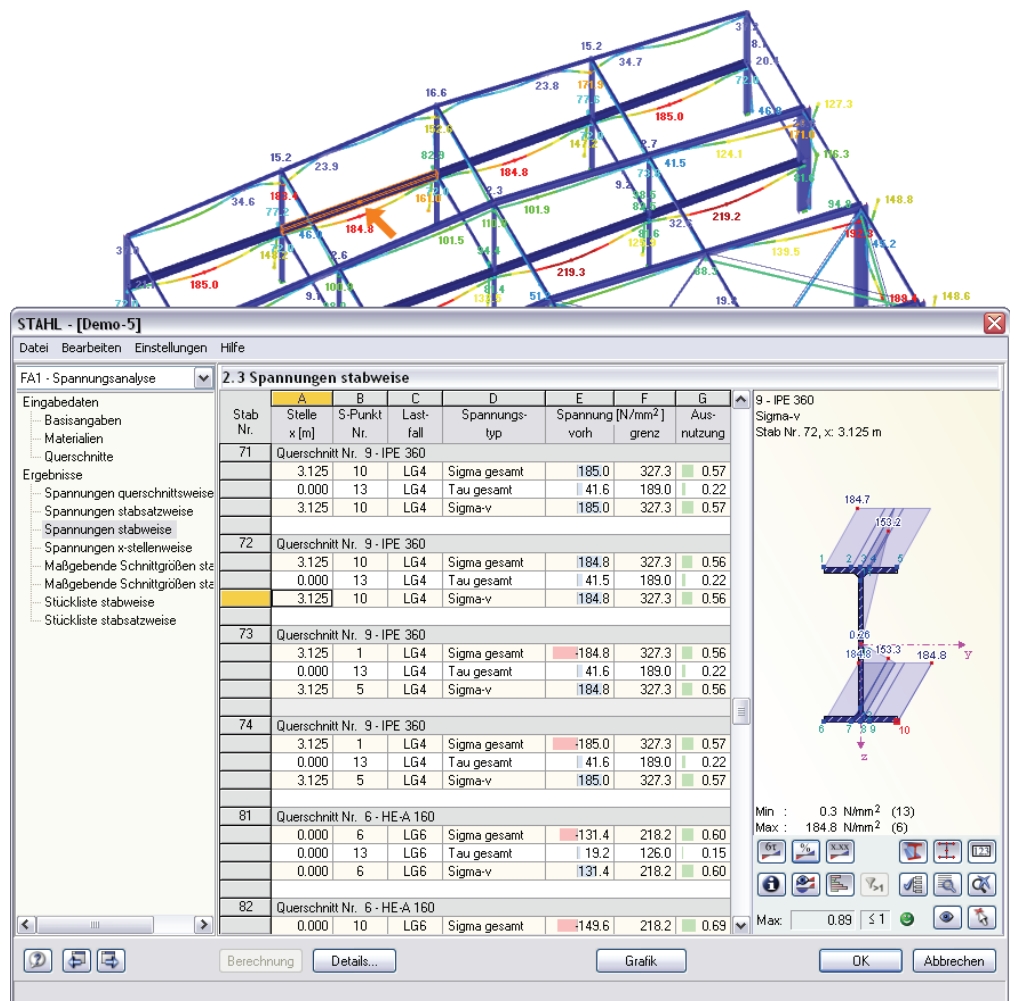


Bild 5.6: Kennzeichnung des Stabes und der aktuellen Stelle x im RSTAB-Modell



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

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

Information

Sie befinden sich im Sichtmodus.

Zurück

Grafik

RSTAB-Arbeitsfenster

Die Spannungen und Ausnutzungsgrade lassen sich auch direkt am Strukturmodell visualisieren: Klicken Sie die Schaltfläche [Grafik] an, um das STAHL-Modul zu verlassen. Im RSTAB-Arbeitsfenster werden nun die einzelnen Bemessungsergebnisse wie die Schnittgrößen oder Verformungen eines RSTAB-Lastfalls dargestellt.

Der *Ergebnisse*-Navigator ist an die Ergebnisse des Moduls STAHL angepasst. Dort stehen die diversen Spannungskomponenten sowie die Ausnutzungen bezogen auf die jeweiligen Spannungsanteile zur Wahl.

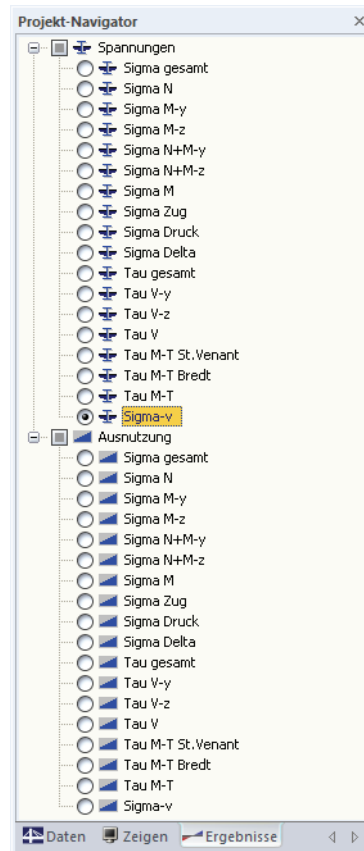
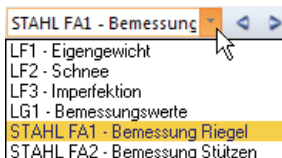


Bild 5.7: *Ergebnisse*-Navigator



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

Die Darstellung der Ergebnisse kann im Zeigen-Navigator über den Eintrag *Ergebnisse* → *Stäbe* gesteuert werden. Standardmäßig werden die Spannungen und die Ausnutzungen *zweifarb* dargestellt.

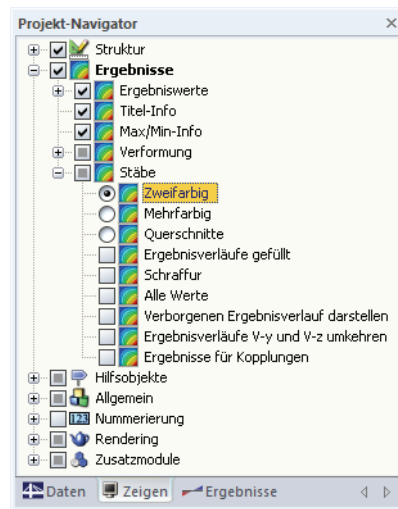


Bild 5.8: Zeigen-Navigator: Ergebnisse → Stäbe

Die Darstellung der Spannungen erfolgt vorzeichenkonform: Positive Spannungen werden in Richtung der positiven Stabachse z blau, negative Spannungen in entgegengesetzter Richtung rot angetragen. Bei Unstetigkeiten z. B. infolge Einzellasten kann daher der Spannungsverlauf am Stab das Vorzeichen und somit die Farbe und die Seite wechseln.



Bei einer mehrfarbigen Darstellung (Optionen *Querschnitte farbig* oder *Mehrfarb*) steht das Farbpanel mit den üblichen Steuerungsmöglichkeiten zur Verfügung. Die Funktionen sind im RSTAB-Handbuch, Kapitel 4.4.6 ab Seite 68 ausführlich beschrieben.

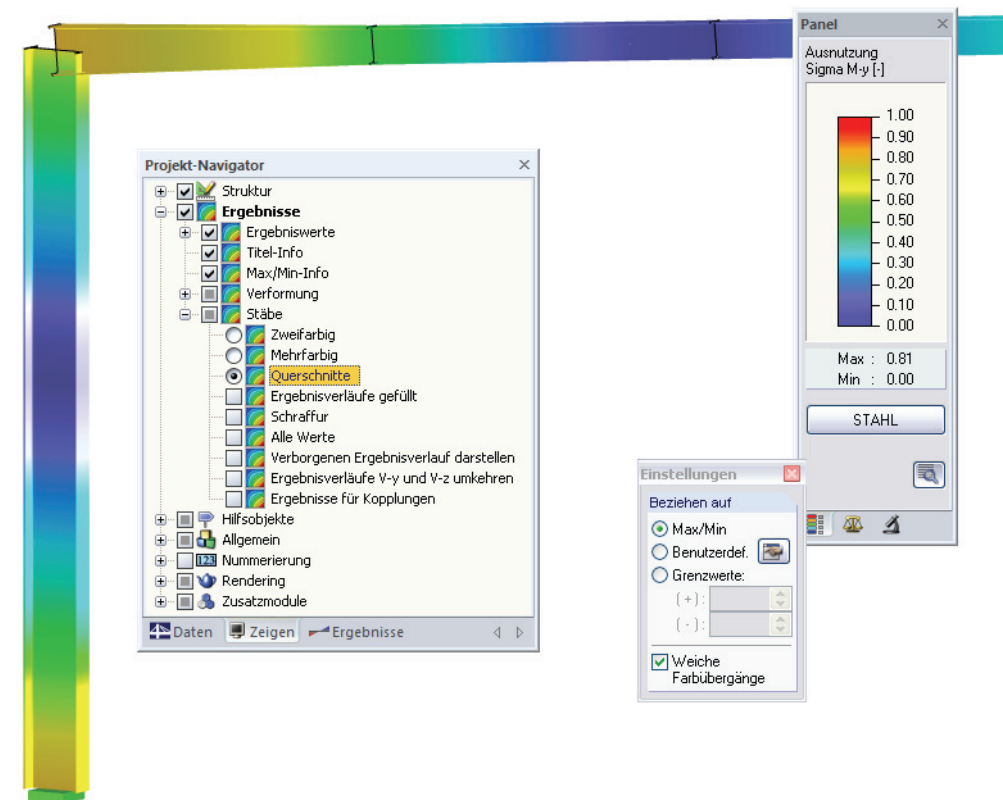


Bild 5.9: Ausnutzungsgrade infolge Biegemoment M_y mit Darstellungsoption *Querschnitte*

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

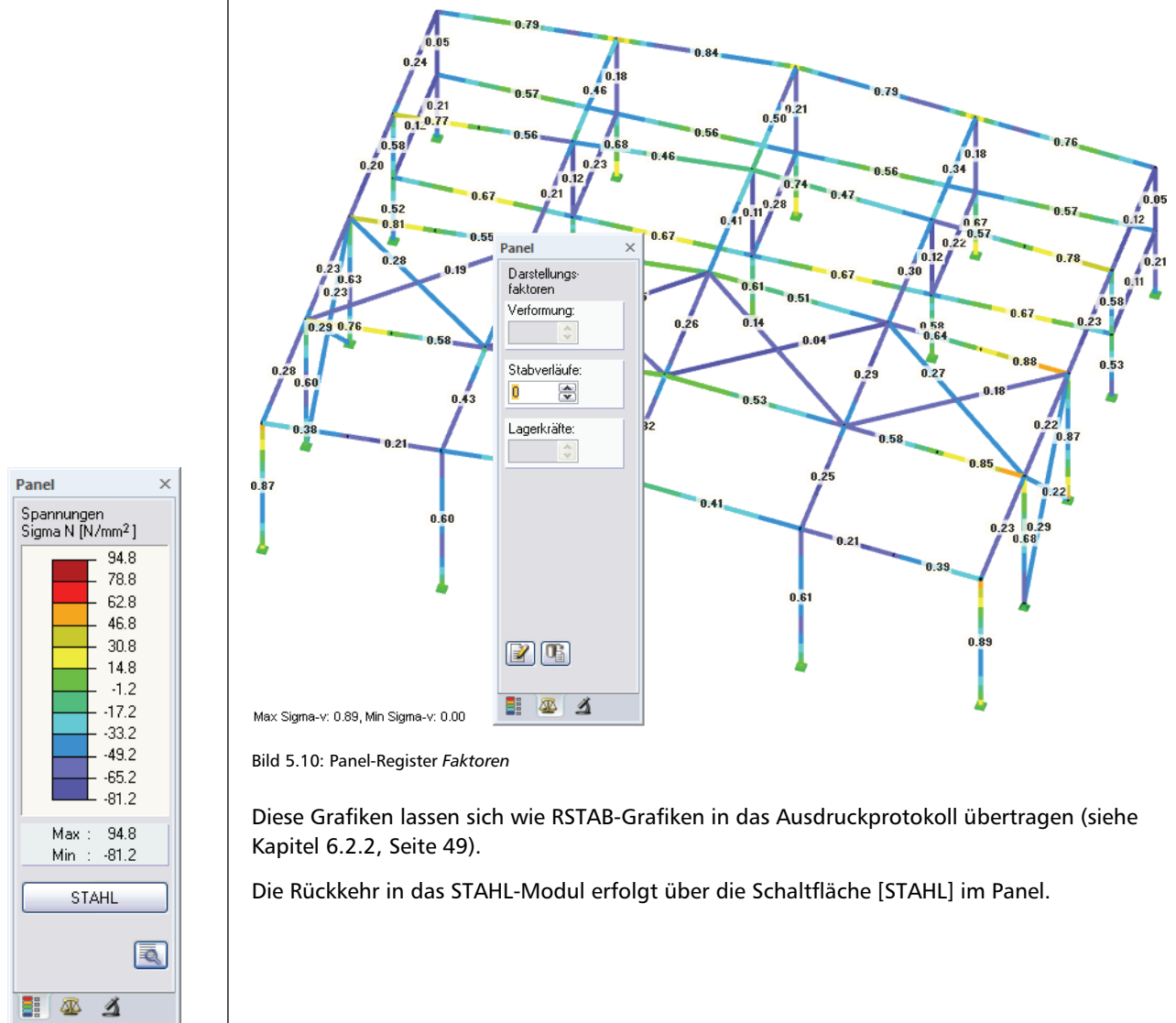


Bild 5.10: Panel-Register *Faktoren*

Diese Grafiken lassen sich wie RSTAB-Grafiken in das Ausdruckprotokoll übertragen (siehe Kapitel 6.2.2, Seite 49).

Die Rückkehr in das STAHL-Modul erfolgt über die Schaltfläche [STAHL] im Panel.

5.4 Ergebnisverläufe



Das Ergebnisdiagramm ist nützlich, um für einen Stab den Ergebnisverlauf grafisch abzulesen. Selektieren Sie den Stab (oder Stabsatz) in der STAHL-Ergebnismaske, indem Sie den Cursor in die Tabellenzeile des Stabes setzen und rufen das Ergebnisdiagramm über die links gezeigte Schaltfläche auf. Sie befindet sich unterhalb der Spannungsgrafik (siehe Bild 5.1, Seite 36).



In der RSTAB-Graphik 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 den Verlauf der Ergebnisse am gewählten Stab oder Stabsatz anzeigt.

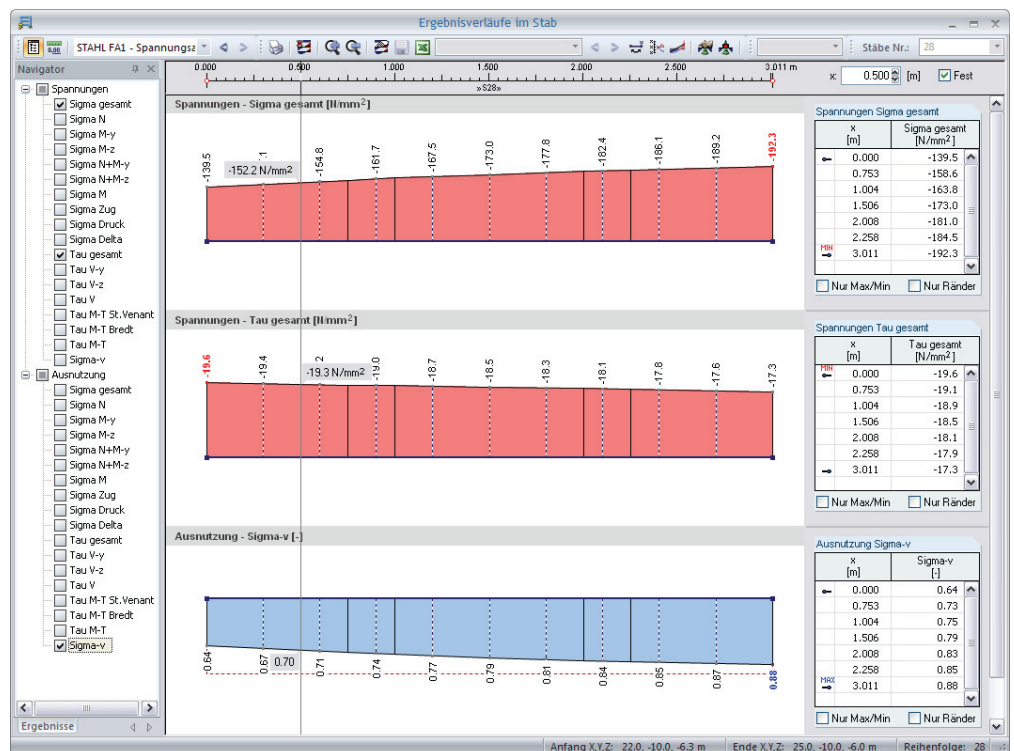


Bild 5.11: Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*



Im Navigator links lassen sich die Spannungen und Ausnutzungen auswählen, die im Ergebnisdiagramm angezeigt werden 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 205.

5.5 Filter für Ergebnisse

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



Generell können bereits definierte Ausschnitte genutzt werden (siehe RSTAB-Handbuch, Kapitel 9.8.6 ab Seite 208), die die Objekte in geeigneter Weise gruppieren.

Filtern von Nachweisen

Die Spannungen und Ausnutzungen lassen sich gut als Filterkriterien im RSTAB-Arbeitsfenster nutzen. Hierzu muss das Panel angezeigt werden. Sollte es nicht aktiv sein, kann es einblendend werden über das RSTAB-Menü



Ansicht → Steuerpanel

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

Das Panel ist im Kapitel 4.4.6 des RSTAB-Handbuchs ab Seite 68 beschrieben. Die Filtereinstellungen für die Ergebnisse sind im Panel-Register *Farbskala* vorzunehmen. Da dieses Register bei der zweifarbigen Ergebnisanzeige nicht angeboten wird, muss im *Zeigen*-Navigator auf die Darstellungsarten *Mehrfarbig* oder *Querschnitte* umgeschaltet werden.

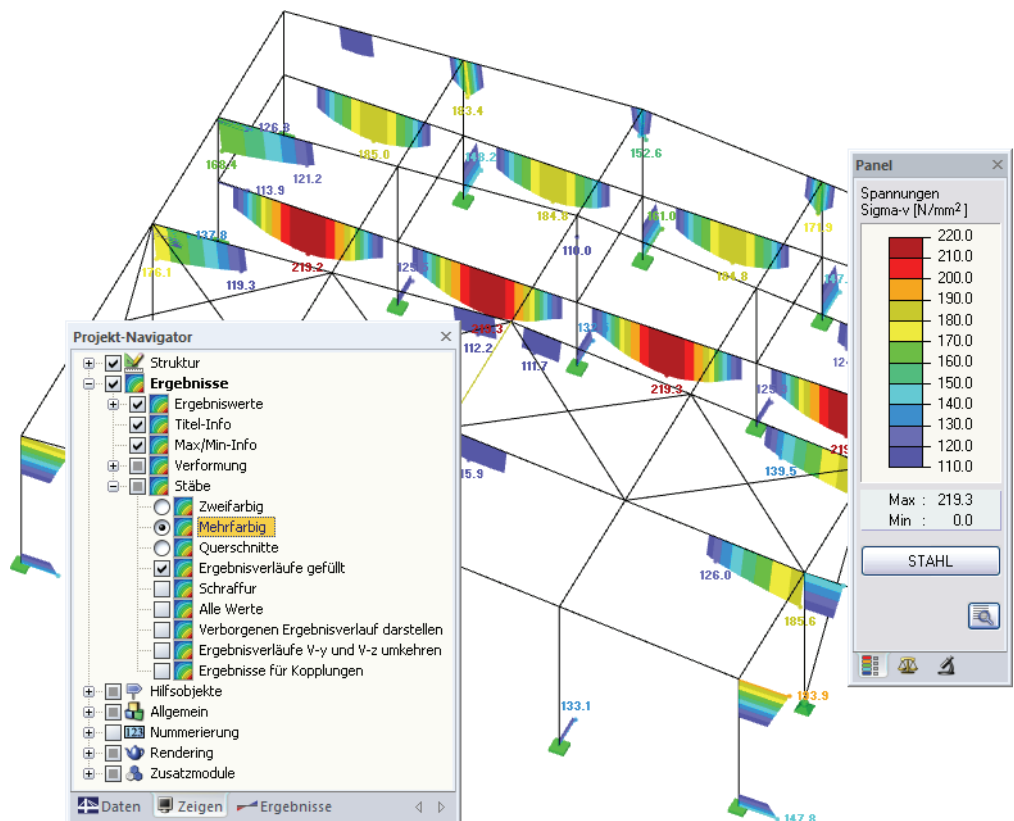


Bild 5.12: Filtern der Vergleichsspannungen mit angepasster Farbskala

Bei einer mehrfarbigen Ergebnisanzeige kann im Panel beispielsweise eingestellt werden, dass nur Vergleichsspannungen größer als 110 N/mm² angezeigt werden. Die Farbskala lässt sich zudem wie im Bild oben dargestellt so anpassen, dass ein Farbbereich jeweils 10 N/mm² abdeckt.

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

Filtern von Stäben



Im Register *Filter* des Steuerpanels können die Nummern der Stäbe festgelegt werden, deren Ergebnisse exklusiv, d. h. gefiltert angezeigt werden sollen. Diese Funktion ist im Kapitel 4.4.6 des RSTAB-Handbuchs auf Seite 71 beschrieben.

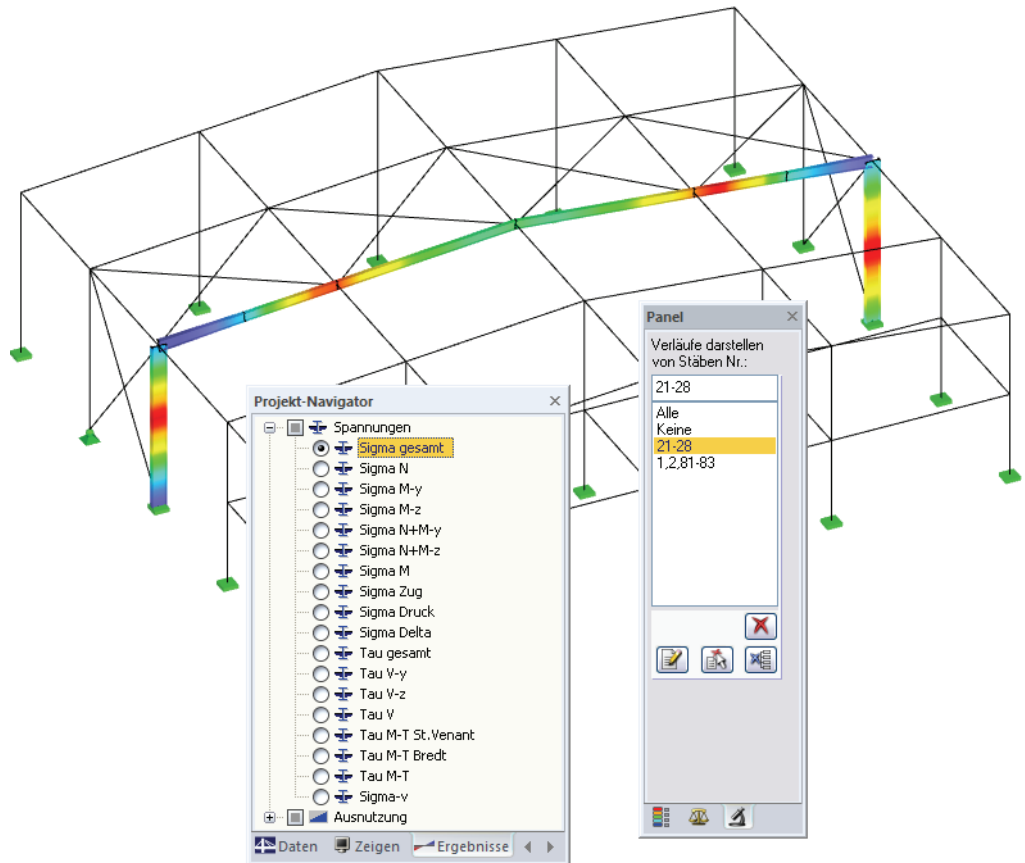


Bild 5.13: Filtern von Stäben: Normalspannungen eines Rahmens

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

6. Ausdruck

6.1 Ausdruckprotokoll

Für die STAHL-Ergebnisse wird wie in RSTAB zunächst ein Ausdruckprotokoll generiert, das mit Grafiken und Erläuterungen ergänzt werden kann. Dort wird auch festgelegt, welche Ergebnisse letztendlich im Ausdruck erscheinen.

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

Im Ausdruckprotokoll werden nur die Spannungsarten ausgewiesen, die im STAHL-Bemessungsfall für die Ergebnismasken aktiv sind. Um z. B. die Spannungen infolge Normalkraft auszudrucken, sind deshalb in STAHL die Spannungen σ_N zu aktivieren (siehe Kapitel 5.1 *Auswahl der Spannungen*, Seite 37).



6.2 STAHL-Grafiken drucken

Analog zur 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 39). Dieser Dialog wird in den Ergebnismasken über die Schaltfläche [Querschnittswerte und Spannungen] aufgerufen.

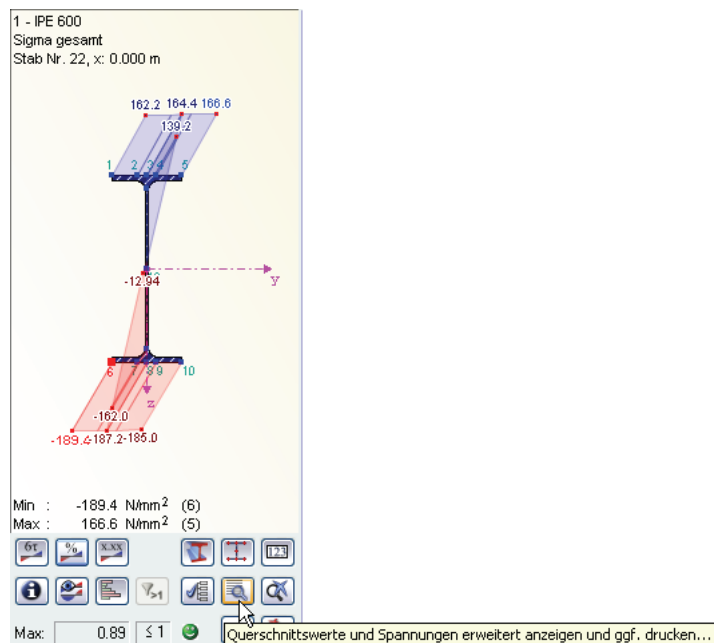


Bild 6.1: Schaltfläche *Querschnittswerte und Spannungen* in der Grafik der Ergebnismasken



Im Dialog *Querschnittswerte und Spannungsverlauf* (siehe Bild 5.5, Seite 39) sind der Stab, die relevante Stelle x sowie die Spannungsart einzustellen, deren Verlauf gedruckt werden soll. Die Schaltfläche [Drucken] rechts unten im Dialog öffnet dann folgenden Druckdialog.

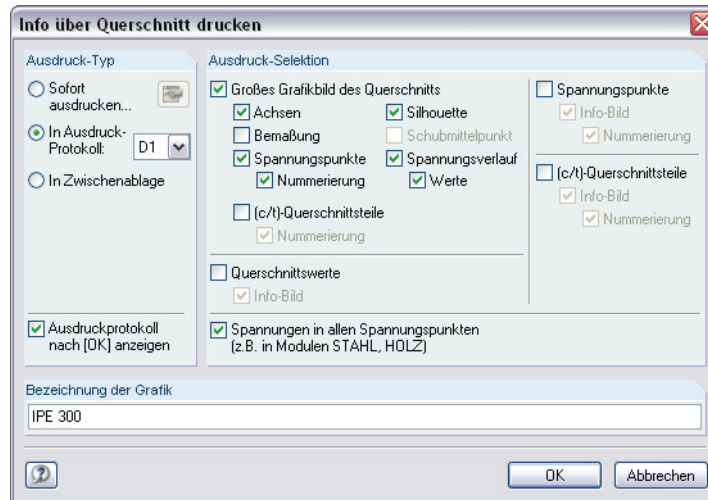


Bild 6.2: Dialog *Info über Querschnitt drucken*

Im Abschnitt *Ausdruck-Typ* stehen die aus RSTAB 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.

Falls 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 *Info-Bild* am Rand. In gleicher Weise können die Kennwerte der *Spannungspunkte* und *(c/t)-Querschnittsteile* sowie die *Spannungen in allen Spannungspunkten* in den Ausdruck integriert werden.

Um mehrere Grafiken hintereinander in das Ausdruckprotokoll zu drucken, sollte das Kontrollfeld *Ausdruckprotokoll nach [OK] anzeigen* deaktiviert werden.

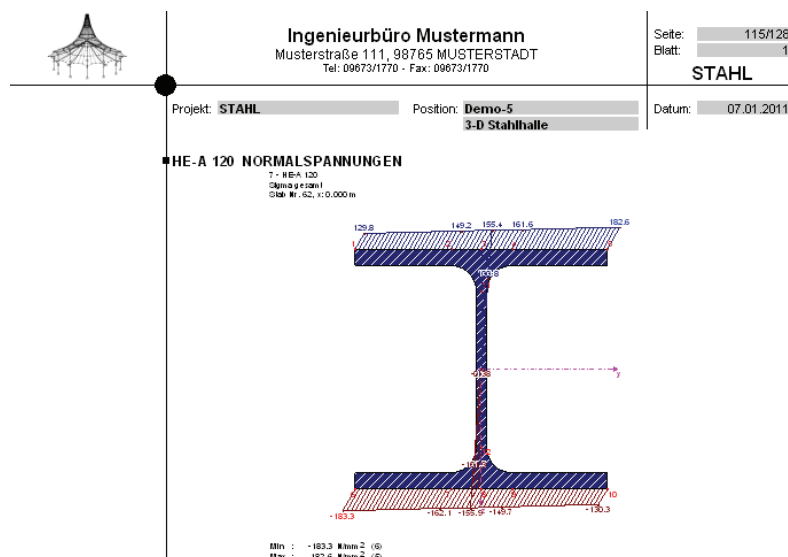


Bild 6.3: Spannungsverlauf im Ausdruckprotokoll

6.2.2 Ergebnisse am RSTAB-Modell

In RSTAB kann jedes Bild, das im Grafikfenster des Hauptprogramms angezeigt wird, in das Ausdruckprotokoll übernommen werden. Damit können auch die am RSTAB-Modell gezeigten Spannungen und Ausnutzungen für den Ausdruck aufbereitet werden.

Nachweise am RSTAB-Modell

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

Datei → Drucken

oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

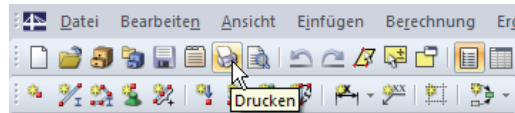


Bild 6.4: Schaltfläche *Drucken* in der Symbolleiste des Hauptfensters

Ergebnisverläufe

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

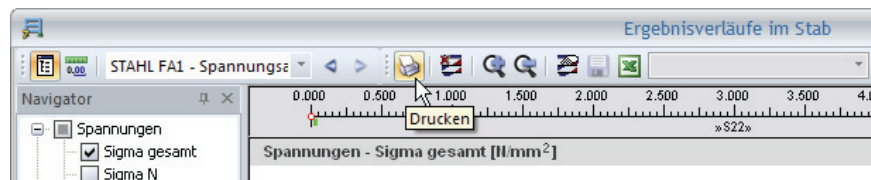


Bild 6.5: Schaltfläche *Drucken* in der Symbolleiste des Ergebnisverläufe-Fensters

Es wird folgender Dialog angezeigt.

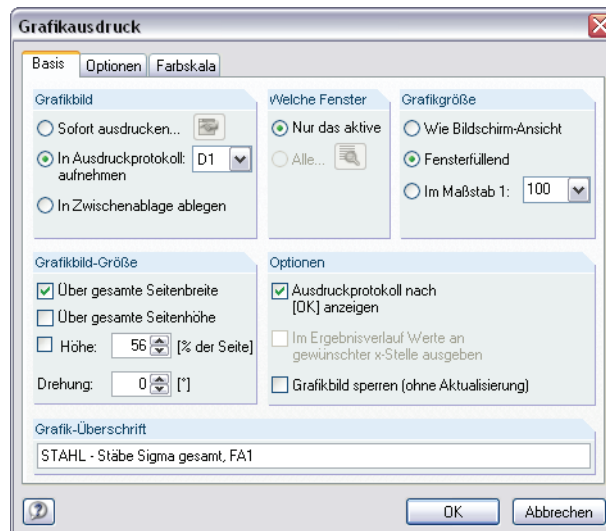
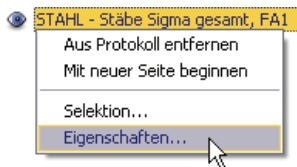


Bild 6.6: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Basis*

Dieser Dialog ist im Kapitel 10.2 des RSTAB-Handbuchs ab Seite 242 ausführlich beschrieben. Dort sind 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 die Option *Eigenschaften*. Es erscheint erneut der Dialog *Grafikausdruck* mit verschiedenen Anpassungsmöglichkeiten.

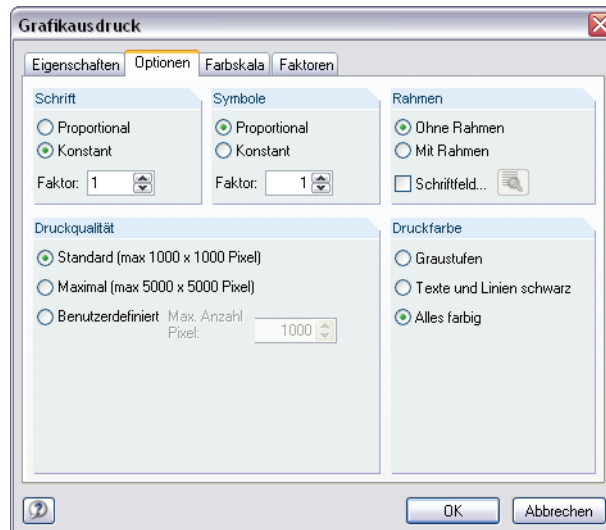


Bild 6.7: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Optionen*

7. Allgemeine Funktionen

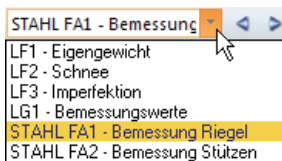
Das letzte Kapitel stellt einige Menüfunktionen sowie Exportmöglichkeiten der Bemessungsergebnisse vor.

7.1 STAHL-Bemessungsfälle

Es besteht die Möglichkeit, Stäbe in separaten Bemessungsfällen zu gruppieren. Damit können z. B. 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 sind im RSTAB-Arbeitsfenster wie ein Lastfall oder eine Lastfallgruppe in der Liste der Symbolleiste zugänglich.



Neuen STAHL-Fall anlegen

Ein neuer Bemessungsfall wird angelegt über das STAHL-Menü

Datei → Neuer Fall.

Es erscheint der folgende Dialog.

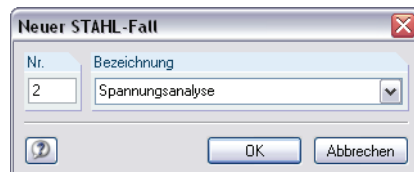


Bild 7.1: Dialog *Neuer STAHL-Fall*

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 das STAHL-Menü

Datei → Fall umbenennen.

Es erscheint der Dialog *STAHL-Fall umbenennen*.

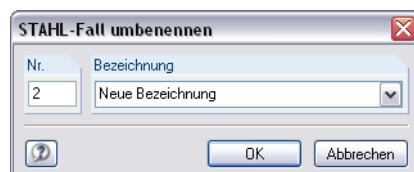


Bild 7.2: Dialog *STAHL-Fall umbenennen*

STAHL-Fall kopieren

Die Eingabedaten des aktuellen Bemessungsfalls werden kopiert über das 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

Bemessungsfälle lassen sich wieder löschen über das STAHL-Menü

Datei → Fall löschen.

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



Bild 7.4: Dialog *Fall löschen*

7.2 Querschnittsoptimierung

Wie in Kapitel 2.3 erwähnt bietet STAHL die Möglichkeit einer querschnittsweisen Optimierung an. Hierzu ist in der Spalte C bzw. D der Maske 1.3 *Querschnitte* das betreffende Profil durch Ankreuzen auszuwählen, was am einfachsten über einen Klick in das Kästchen erfolgt (siehe 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 gleichen Querschnittsreihe den Nachweis „optimal“ erfüllt, d. h. der maximal möglichen Ausnutzung am nächsten kommt, die im Dialog *Details* festgelegt ist (siehe Bild 3.1, Seite 18). Dabei werden mit den RSTAB-Schnittgrößen die erforderlichen Querschnittskennwerte ermittelt. Erweist sich ein anderer Querschnitt als günstiger, so werden in Maske 1.3 wie im Bild 7.6 gezeigt rechts zwei Profile dargestellt – das ursprüngliche Profil aus RSTAB und der optimierte Querschnitt.

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

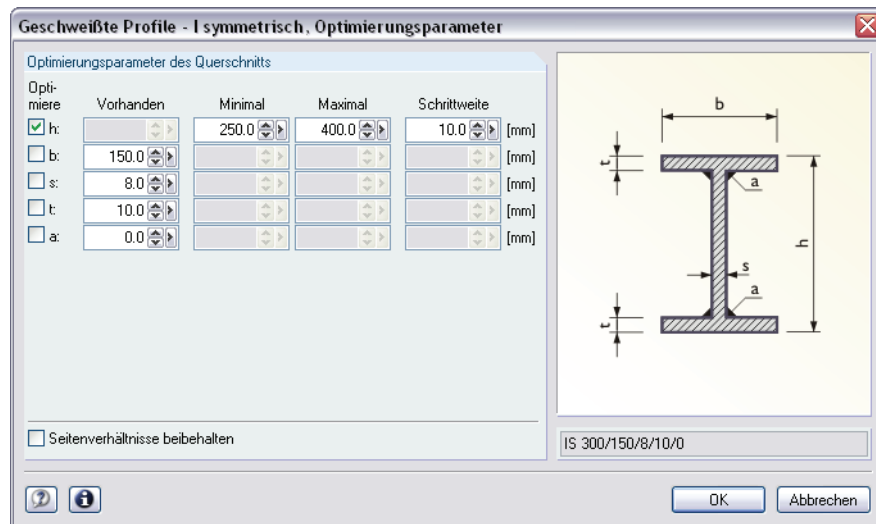
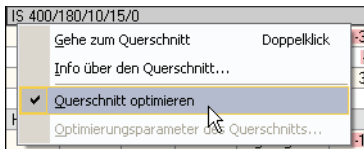


Bild 7.5: Dialog *Geschweißte Profile - I symmetrisch, Optimierungsparameter*

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

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

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

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

Bearbeiten → Alle Querschnitte in RSTAB übernehmen.

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

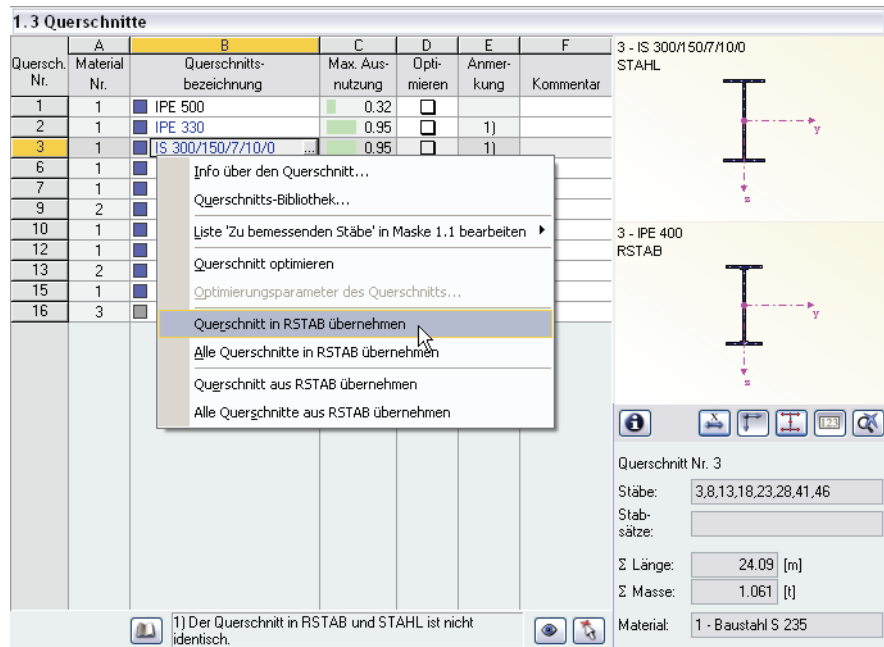


Bild 7.6: Kontextmenü der Maske 1.3 *Querschnitte*

Berechnung

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

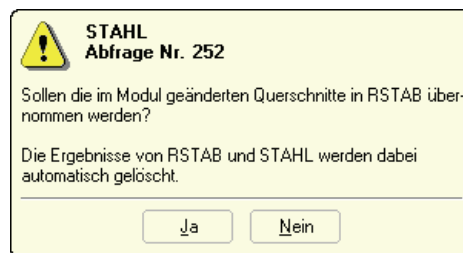


Bild 7.7: Abfrage vor der Übergabe der geänderten Querschnitte nach RSTAB

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



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

7.3 Materialexport nach RSTAB

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

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

Bearbeiten → **Alle Materialien in RSTAB exportieren**.

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

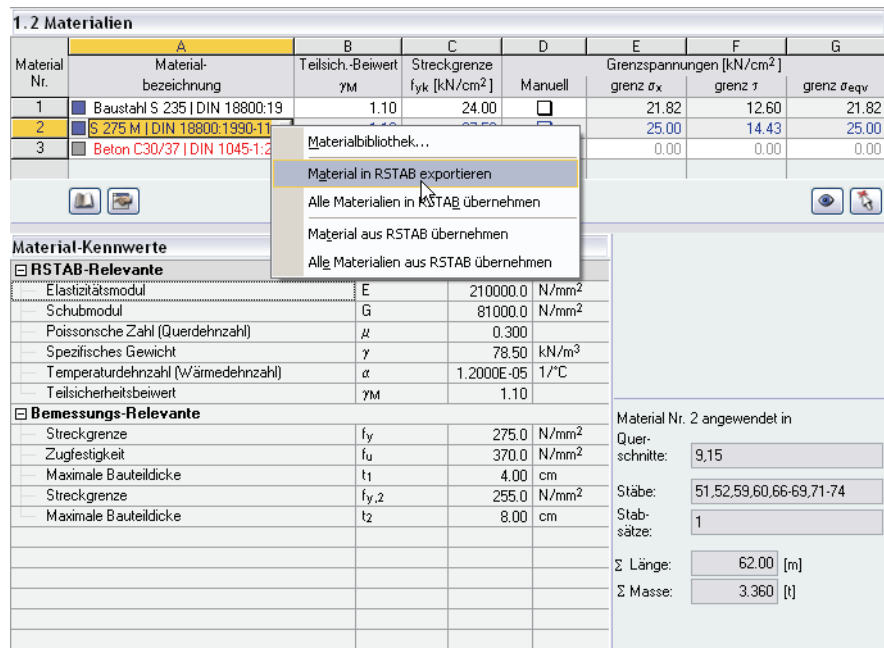


Bild 7.8: Kontextmenü der Maske 1.2 *Materialien*

Berechnung

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

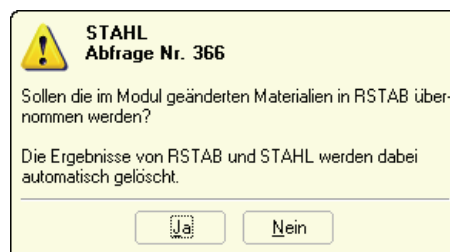


Bild 7.9: Abfrage vor Übergabe geänderter Materialien nach RSTAB

7.4 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.

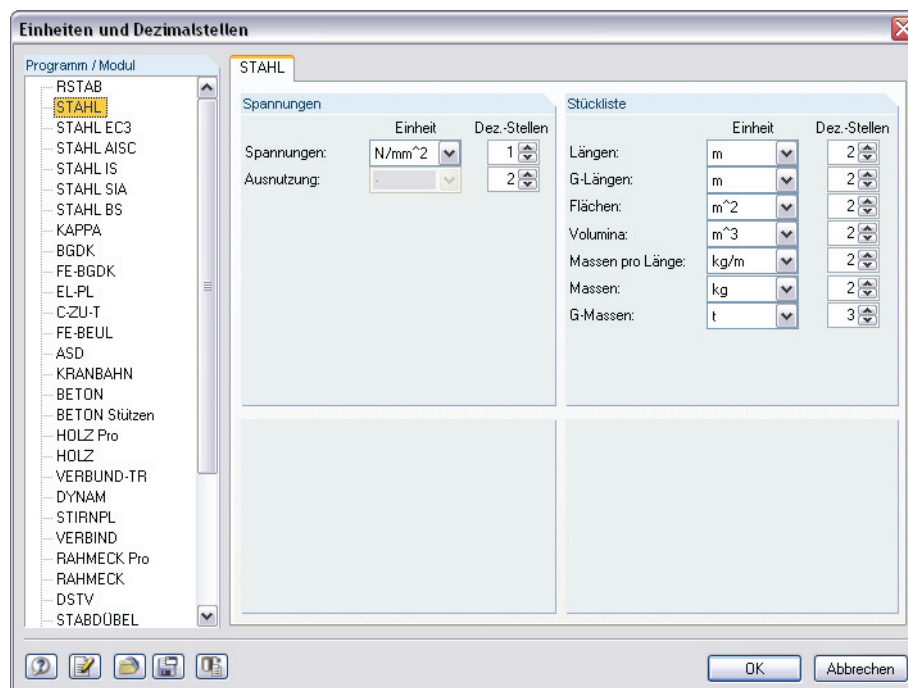


Bild 7.10: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*



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

7.5 Export der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Spannungsanalyse können anderen Programmen auf verschiedene Weise zur Verfügung gestellt werden.

Zwischenablage

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

Ausdruckprotokoll

Die Daten des STAHL-Moduls lassen sich in das zentrale Ausdruckprotokoll drucken (siehe Kapitel 6.1, Seite 47) 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 238 beschrieben.

Excel / OpenOffice

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

Datei → Tabellen exportieren.

Es öffnet sich folgender Exportdialog.

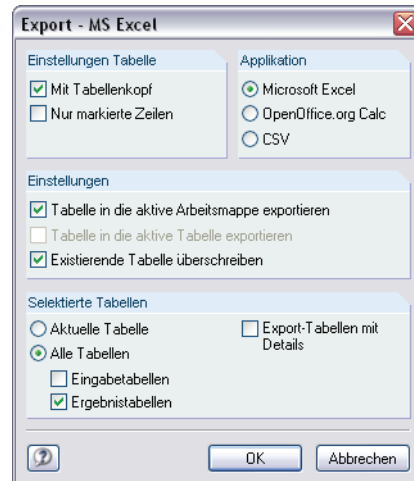
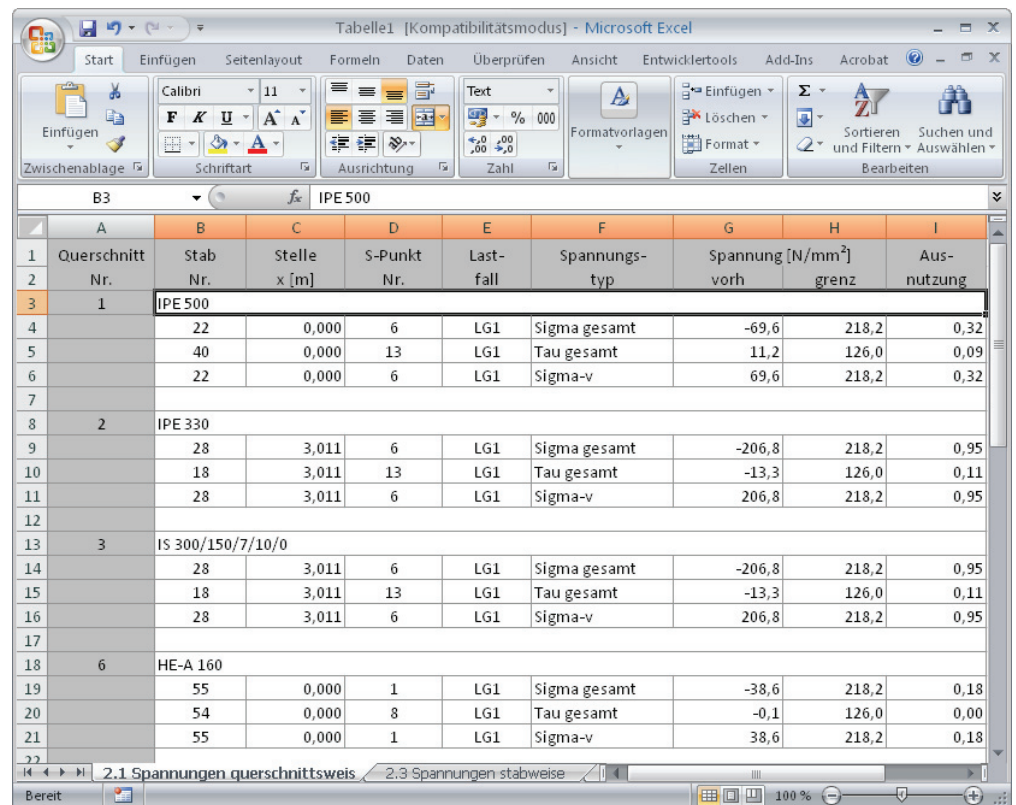


Bild 7.11: Dialog *Export - MS Excel*

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



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Querschnitt Nr.	Stab Nr.	Stelle x [m]	S-Punkt Nr.	Last-fall	Spannungs-typ	Spannung [N/mm²] vorh	Spannung [N/mm²] grenz	Aus-nutzung
3	1	IPE 500							
4		22	0,000	6	LG1	Sigma gesamt	-69,6	218,2	0,32
5		40	0,000	13	LG1	Tau gesamt	11,2	126,0	0,09
6		22	0,000	6	LG1	Sigma-v	69,6	218,2	0,32
8	2	IPE 330							
9		28	3,011	6	LG1	Sigma gesamt	-206,8	218,2	0,95
10		18	3,011	13	LG1	Tau gesamt	-13,3	126,0	0,11
11		28	3,011	6	LG1	Sigma-v	206,8	218,2	0,95
13	3	IS 300/150/7/10/0							
14		28	3,011	6	LG1	Sigma gesamt	-206,8	218,2	0,95
15		18	3,011	13	LG1	Tau gesamt	-13,3	126,0	0,11
16		28	3,011	6	LG1	Sigma-v	206,8	218,2	0,95
18	6	HE-A 160							
19		55	0,000	1	LG1	Sigma gesamt	-38,6	218,2	0,18
20		54	0,000	8	LG1	Tau gesamt	-0,1	126,0	0,00
21		55	0,000	1	LG1	Sigma-v	38,6	218,2	0,18

Bild 7.12: Ergebnis in MS Excel: Tabelle 2.1 *Spannungen querschnittsweise*

A Literatur

- [1] DIN 18800 Teil 1: Stahlbauten, Bemessung und Konstruktion, 1990
- [2] Erläuterungen zu DIN 18800 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	47
Ausdruck-Selektion	48
Ausnutzung	17, 23, 28
Ausschnitt	45
Auswahl Spannungen	37

B

Basisangaben	9
Bauteildicke	13, 14, 28, 39
Beenden von STAHL	9
Bemessen	10
Bemessungsfall	41, 51, 52
Bemessungsnorm	9
Benutzerprofil	56
Berechnung	18
Berechnung starten	24
Berechnungsart	19
Berechnungsdetails	18
Blättern in Masken	9

C

c/t-Felder	48
CSV-Export	57

D

Dezimalstellen	11, 56
Drucken	48, 49
DYNAM	10

E

Edelstahl	11
E-Gewicht	35
Eigendefiniertes Profil	27
Einheiten	11, 56
Ergebnisauswertung	36
Ergebnisdiagramm	44
Ergebnismasken	18
Ergebnisse	26, 41
<i>Ergebnisse</i> -Navigator	41
Ergebnisverläufe	44, 49
Ergebniswerte	41

Excel	57
Export Ergebnisse	56
Export Material	55
Export Profile	54
Exzentrische Querlast	20

F

Farbskala	45
Filter	37, 45
Filtern von Stäben	46
Formbeiwert	19

G

Gewicht	35
Grafik	41
Grafik drucken	47
grenz τ	12, 28
grenz σ_v	12, 28
grenz σ_x	12, 28
Grenzspannung	10, 11, 12, 14, 18, 28

H

Hintergrundgrafik	40
Holz	14

I

Installation	7
--------------------	---

K

Kommentar	10
Koordinaten Spannungspunkt	39

L

Länge	34
Lastfall	10, 28
Lastfallgruppe	10
Lastfallkombination	10, 19, 20, 32

M

Manuelle Grenzspannungen	12
Masken	9
Maßgebende Schnittgrößen	32
Material	10, 14, 55
Materialbezeichnung	11
Materialbibliothek	13
Materialkennwerte	10

N

Navigator	9
Normalspannungen	21

O

Oberfläche	34
OpenOffice	57
Optimierung	17, 20, 53

P

Panel	8, 42, 45
Parametrisierte Profile	53
Plastizierung	18
Position	34
Profiloptimierung	53
Programmaufruf	7

Q

Querschnitte	15
Querschnittsbezeichnung	15
Querschnittsbibliothek	15, 16
Querschnittsgrafik	17
Querschnittsspannungen	47
Querschnittswerte	47

R

RSTAB-Arbeitsfenster	40
RSTAB-Grafik	49

S

Schaltflächen	36
Schnittgrößen	53
Schubspannungen	22
Sichtmodus	40
Skalierung	43
Spannungen	21, 22, 26, 28, 30
Spannungen mehrfarbig	45
Spannungen Rendering	45
Spannungsanteile	37, 41

Spannungsgrafik	38
Spannungskomponenten	37, 41
Spannungsnachweis	24, 28
Spannungspunkt	16, 27, 31, 38, 39, 48
Spannungstyp	28
Spannungsverlauf	47
Stabsatz	10, 29, 33, 35
Stabverläufe	43
STAHL-Fall	20, 51
Starten von STAHL	7
Statisches Moment	28, 39
Stelle x	27
Steuerpanel	45
Streckgrenze f_{yk}	12, 13, 14
Stückliste	34, 35
Summe	35
Superkombination	10

T

Teilsicherheitsbeiwert γ_M	12
Torsion	20, 23

V

Vergleichsspannung	19, 20, 23, 32
Visualisierung	41
Volumen	35
Vorzeichen	22, 42
Voute	16, 30, 54

W

Wölbkrafttorsion	23
Wölbung	28

X

x-Stelle	27, 30
----------------	--------

Z

Zeigen-Navigator	42, 45
------------------------	--------