



Fassung
Mai 2020

Programm

DUENQ 9

Querschnittswerte und Nachweise
dünnwandiger Querschnitte

Einführungsbeispiel

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

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



© **Dlubal Software GmbH 2020**
Am Zellweg 2
93464 Tiefenbach
Deutschland

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



Inhalt

	Inhalt	Seite
1.	Einleitung	2
2.	Querschnitt und Belastung	3
2.1	Querschnitt	3
2.2	Schnittgrößen	3
3.	Querschnitt anlegen	4
3.1	DUENQ starten	4
3.2	Querschnitt anlegen	4
4.	Querschnittsdaten	5
4.1	Voreinstellungen überprüfen	5
4.2	Material ändern	7
4.3	Elemente definieren	9
4.3.1	Elemente setzen	9
4.3.2	Elemente bearbeiten	10
4.4	Winkel definieren	11
4.4.1	Profil setzen	11
4.4.2	Profil drehen	14
4.5	Schweißnähte definieren	16
4.5.1	Punktelement löschen	16
4.5.2	Schweißnähte setzen	16
4.6	Querschnittsteile kontrollieren	18
5.	Belastung	19
5.1	Lastfall 1: Zug und Biegung	19
5.2	Lastfall 2: Druck und Biegung	21
5.3	Lastfälle kontrollieren	22
6.	Berechnung	23
6.1	Berechnungsparameter anpassen	23
6.2	Eingabedaten überprüfen	24
6.2.1	Plausibilitätskontrolle	24
6.2.2	Kontrolle auf zusammenhängende Elemente	24
6.3	Querschnitt berechnen	24
7.	Ergebnisse	25
7.1	Grafische Ergebnisse	25
7.2	Ergebnistabellen	29
7.3	Mehrfensterdarstellung	32
8.	Dokumentation	33
8.1	Ausdruckprotokoll erstellen	33
8.2	Ausdruckprotokoll anpassen	34
8.3	Grafiken in Ausdruckprotokoll drucken	35
9.	Ausblick	39

1 Einleitung

Dieses Einführungsbeispiel möchte Sie mit den wichtigsten Funktionen von DUENQ vertraut machen. Wie in jeder Software gibt es auch in DUENQ mehrere Wege, die zum Ziel führen. Je nach Situation und persönlicher Vorliebe kann einmal der eine und einmal der andere Weg sinnvoll sein.

Das Beispiel stellt einen Stahlwinkel vor, an den ein ungleichschenkliges Winkelprofil angeschweißt ist. Es sollen die Querschnittswerte, Spannungen und wirksamen Breiten des Querschnitts ermittelt werden. Dieser einfache Querschnitt soll Sie auch ermutigen, selbstständig die Möglichkeiten von DUENQ zu entdecken.



Das Profil kann auch nach Ablauf der 90-tägigen Testphase eingegeben und berechnet werden, da die Demo-Einschränkung von maximal vier Elementen eingehalten ist.



Die beschriebenen Schaltflächen (Buttons) sind in eckige Klammern gesetzt, z. B. [Anwenden]. Darüber hinaus sind sie am linken Rand abgebildet. Begriffe, die in Dialogen, Tabellen und Menüs erscheinen, sind in *Kursivschrift* hervorgehoben. Dies soll das Nachvollziehen der Erläuterungen erleichtern. Erforderliche Eingaben sind **fett** dargestellt.

Die Beschreibung der Programmfunktionen können Sie im DUENQ-Handbuch nachlesen, das Sie im [Downloadbereich](#) unserer Website finden. Auch in einem [Webinar](#) sind wichtige Funktionen des Querschnittsprogramms vorgestellt.

Die Datei **Profil.du9** mit den Querschnittsdaten ist auch im *Beispiele*-Projekt abgelegt, das bei der Installation angelegt wurde. Für die ersten Schritte mit DUENQ empfehlen wir Ihnen aber, das Profil eigenhändig einzugeben.

2 Querschnitt und Belastung

2.1 Querschnitt

Das Beispiel behandelt einen geschweißten Stahlwinkel aus Blechen mit 12 mm bzw. 10 mm Dicke, an den ein Winkelprofil L 200x150x12 angeschweißt ist.

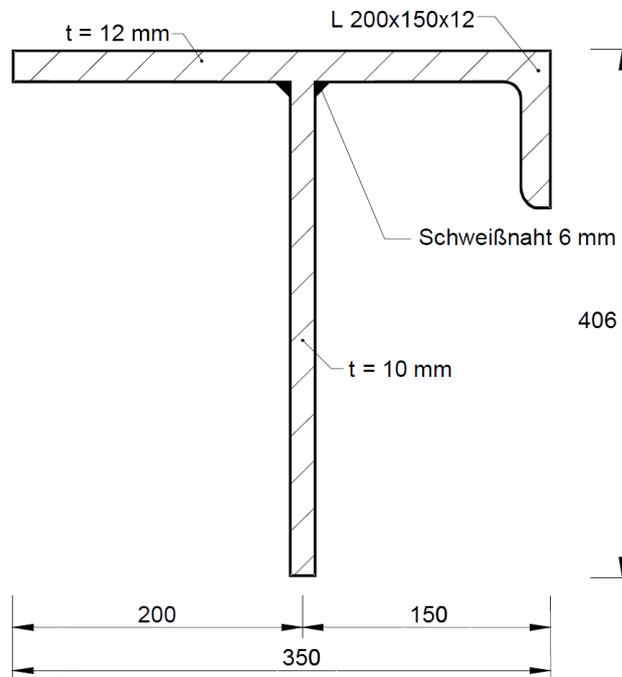
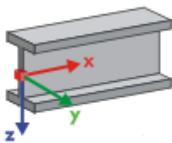


Bild 2.1: Skizze des Querschnitts

Das Profil ist aus **Stahl S 355** gefertigt.

2.2 Schnittgrößen

Lastfall 1: Zug und Biegung



Im ersten Lastfall wird eine Zugkraft zusammen mit zweiachsiger Biegung angesetzt. Die Schnittgrößen wirken in Richtung der Stabachsen x , y und z .

$$N = 35 \text{ kN}$$

$$V_y = 15 \text{ kN}$$

$$V_z = -25 \text{ kN}$$

$$M_y = 60 \text{ kNm}$$

$$M_z = 15 \text{ kNm}$$

Lastfall 2: Druck und Biegung

Im zweiten Lastfall wird eine Druckkraft zusammen mit Biegemomenten untersucht.

$$N = -80 \text{ kN}$$

$$V_y = -10 \text{ kN}$$

$$V_z = -20 \text{ kN}$$

$$M_y = 40 \text{ kNm}$$

$$M_z = -5 \text{ kNm}$$

3 Querschnitt anlegen

3.1 DUENQ starten



Wir starten DUENQ über das Icon **Dlubal DUENQ 8.xx** auf dem Desktop.

Aus der Taskleiste **Start** → **Alle Programme** → **Dlubal** → **Dlubal DUENQ 8.xx** lässt sich das Programm ebenfalls aufrufen.

3.2 Querschnitt anlegen

Es öffnet sich das DUENQ-Arbeitsfenster mit einem Dialog. Wir werden aufgefordert, die Basisangaben eines neuen Querschnitts festzulegen.

Sollte bereits ein Profil angezeigt werden, schließen wir dieses über das Menü **Datei** → **Schließen**. Dann rufen wir den *Basisangaben*-Dialog über das Menü **Datei** → **Neu** auf.

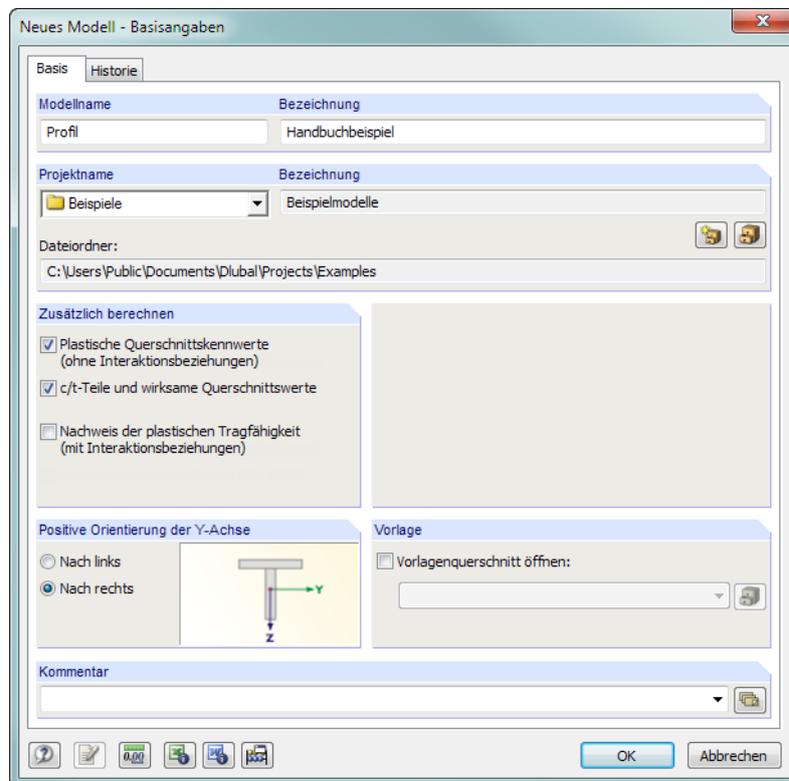


Bild 3.1: Dialog Neuer Querschnitt - Basisangaben

Im Eingabefeld *Querschnittsname* tragen wir **Profil** ein, als *Bezeichnung* geben wir die Beschreibung **Handbuchbeispiel** an. Der Querschnittsname muss immer festgelegt werden, da er den Namen der DUENQ-Datei bestimmt. Eine *Bezeichnung* jedoch braucht nicht unbedingt vergeben werden.

Im Eingabefeld *Projektname* wählen wir in der Liste das Projekt **Beispiele** aus, falls es nicht voreingestellt ist. Die *Bezeichnung* des Projekts und der *Dateiordner* werden automatisch angezeigt.

Im Dialogabschnitt *Zusätzlich berechnen* haken wir die Option **c/t-Teile und wirksame Querschnittswerte** an, da wir eine Klassifizierung vornehmen wollen.

Die *Positive Richtung der Y-Achse* belassen wir auf der Voreinstellung **Nach rechts**.

Damit sind die Basisdaten des Modells definiert. Wir schließen den Dialog mit [OK].

Das leere DUENQ-Arbeitsfenster wird angezeigt.

4 Querschnittsdaten

4.1 Voreinstellungen überprüfen

Arbeitsfenster

Zunächst maximieren wir das Arbeitsfenster mit der entsprechenden Schaltfläche in dessen Titelleiste. In der Arbeitsfläche ist ein Achsenkreuz mit den globalen Richtungen Y und Z zu sehen.

Um die Lage des Achsenkreuzes zu ändern, klicken wir in der Werkzeugleiste oben die Schaltfläche [Ansicht verschieben] an. Der Mauszeiger verwandelt sich in eine Hand. Mit gedrückter linker Maustaste können wir die Arbeitsfläche durch Ziehen beliebig positionieren. Für die Eingabe empfiehlt es sich, das Achsenkreuz nach links in Richtung Navigator zu verschieben.

Außerdem erlaubt es die Hand, die Ansicht zu zoomen: Halten Sie die Umschalt-/Hochsteltaste gedrückt und bewegen den Mauszeiger nach oben oder unten.

Zum Beenden der Funktion stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung:

- Erneutes Anklicken der Schaltfläche
- Drücken der [Esc]-Taste
- Klicken mit der rechten Maustaste in die Arbeitsfläche

Raster

Die Arbeitsfläche ist mit einem Raster hinterlegt. Der Abstand der Rasterpunkte kann im Dialog *Arbeitsebene* eingestellt werden, der über die links dargestellte Schaltfläche zugänglich ist.

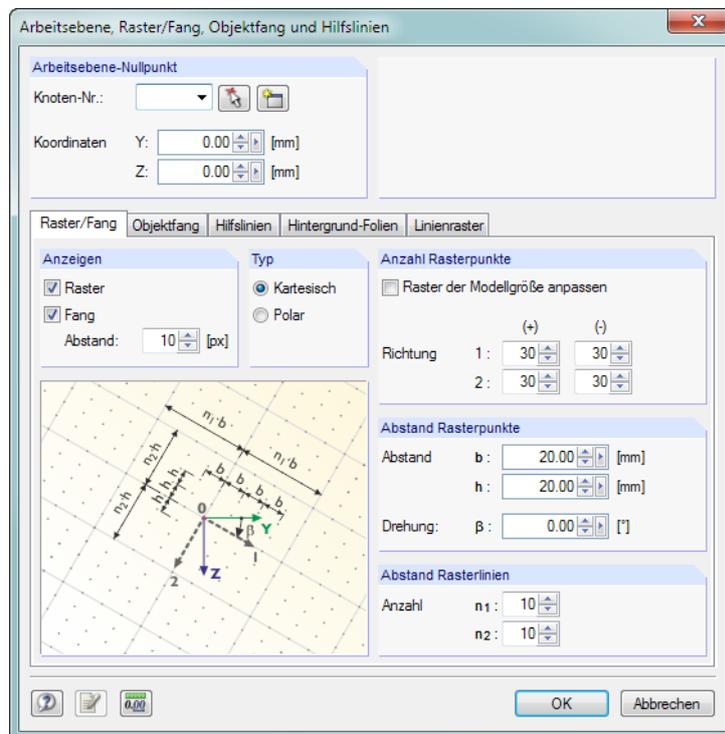


Bild 4.1: Dialog *Arbeitsebene, Raster/Fang, Objektfang und Hilfslinien*

FANG **RASTER**

Wichtig für die spätere Eingabe ist, dass in der Statusleiste die Kontrollfelder *FANG* und *RASTER* aktiviert sind. Dadurch wird das Raster in der Arbeitsfläche sichtbar und die Punkte werden beim Klicken am Raster gefangen.

Die Voreinstellungen sind für unser Beispiel geeignet. Wir schließen den Dialog mit [OK].

Einheiten

Die Einheiten und Dezimalstellen können während der Eingabe und Auswertung beliebig geändert werden. Die Werte werden automatisch umgerechnet und angepasst.

Der Dialog *Einheiten und Dezimalstellen* wird aufgerufen über Menü

Bearbeiten → **Einheiten und Dezimalstellen**.

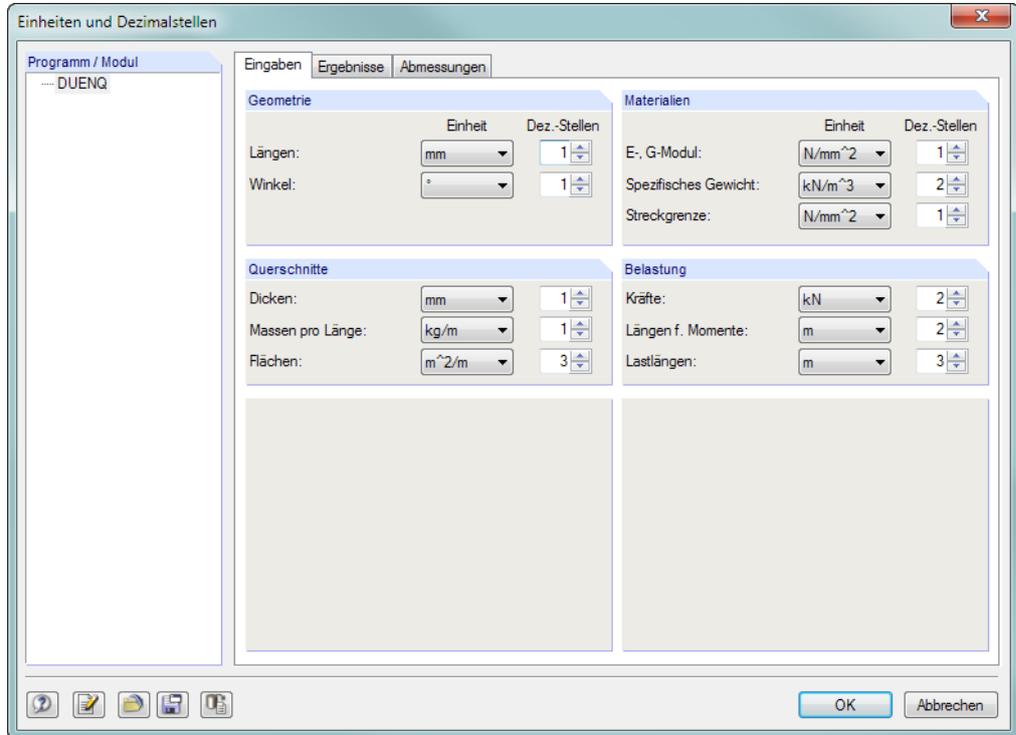


Bild 4.2: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*

Wir überprüfen die Voreinstellungen der Register *Eingaben*, *Ergebnisse* und *Abmessungen*.

Auch diesen Dialog können wir ohne Änderungen wieder schließen.

Mausfunktionen

Die Mausfunktionen entsprechen den in Windows üblichen Standards: Das einfache Anklicken mit der **linken** Maustaste selektiert ein Objekt zur weiteren Bearbeitung. Ein Doppelklick ruft den Bearbeitungsdialog des Objekts auf.

Wird ein Objekt mit der **rechten** Maustaste angeklickt, so erscheint dessen Kontextmenü mit objektbezogenen Befehlen und Funktionen.



Durch Drehen des **Scrollrades** lässt sich die aktuelle Darstellung vergrößern bzw. verkleinern. Als Zentrum des Zoombereichs wird stets die Position des Mauszeigers angenommen.



Mit gedrücktem Scrollrad kann das Modell direkt verschoben werden, d. h. ohne vorher die Schaltfläche [Ansicht verschieben] zu aktivieren. Das Mauszeiger-Symbol verdeutlicht diese Funktion.

4.2 Material ändern

Als Material ist *Baustahl S 235* voreingestellt. Da unser Profil aus S 355 besteht, müssen wir eine Änderung vornehmen.

Im Navigator klappen wir durch einen Klick auf die **Materialien** auf. Anschließend klicken wir den Eintrag *1: Baustahl S 235* mit der rechten Maustaste an.

Im Kontextmenü wählen wir die Option **Bearbeiten**.

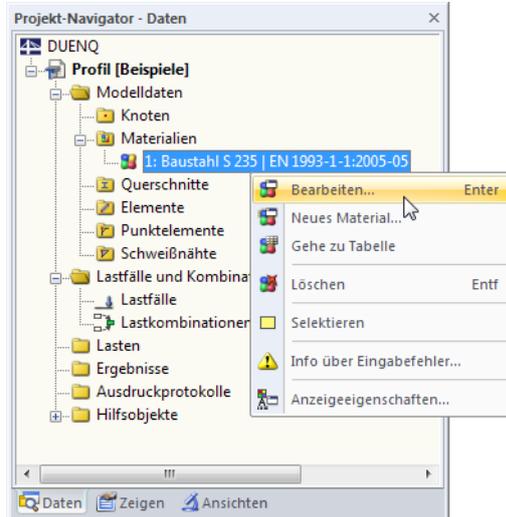


Bild 4.3: Material *Bearbeiten* über Navigator-Kontextmenü

Es erscheint der Dialog *Material bearbeiten*.

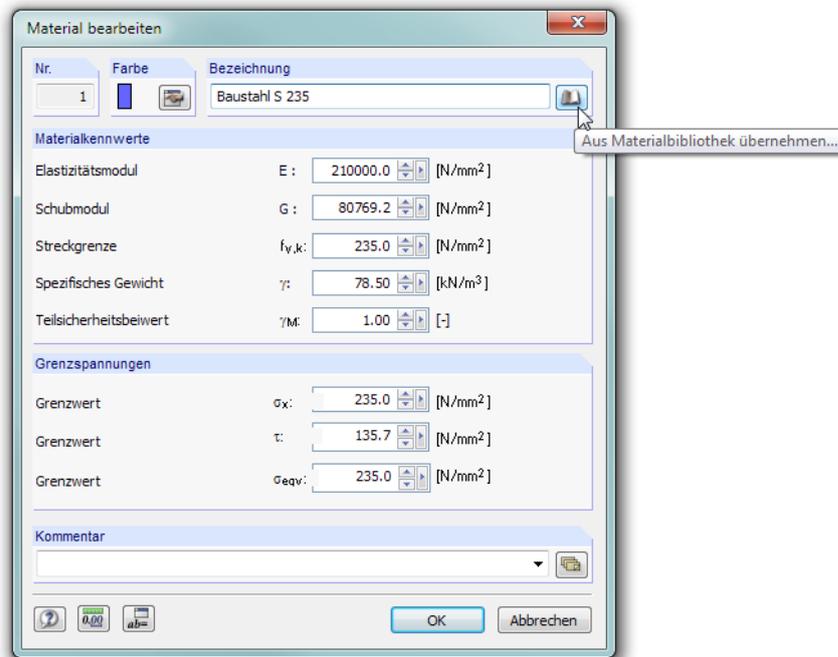


Bild 4.4: Dialog *Material bearbeiten* mit Zugriff auf Bibliothek



Wir klicken auf die Schaltfläche [Bibliothek], um die Materialdatenbank aufzurufen.

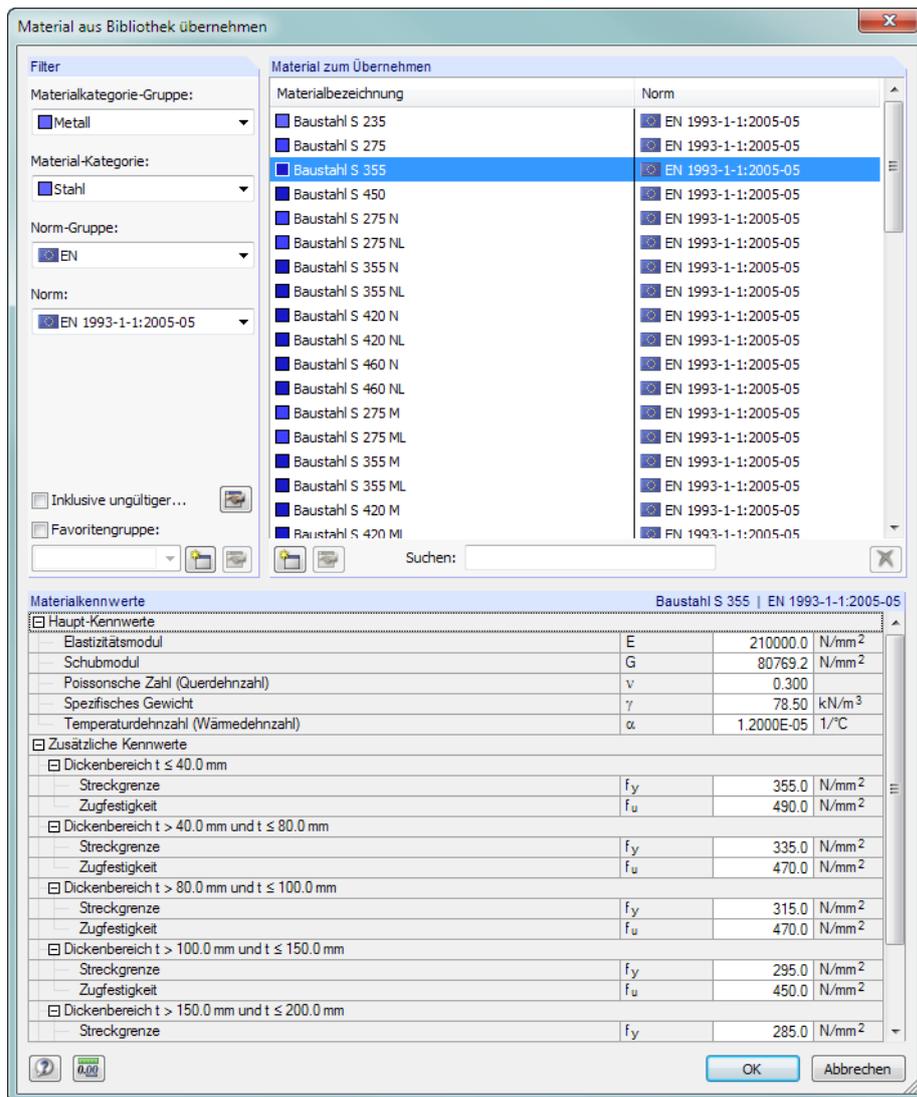


Bild 4.5: Baustahl S 355 in Bibliothek auswählen

Der Abschnitt *Filter* enthält mehrere Kategorien, nach denen sich die Materialien nach bestimmten Kriterien eingrenzen lassen. Wir setzen die Filter wie im Bild oben dargestellt. Die Liste *Material zum Übernehmen* wird übersichtlicher.

Wir klicken das Material **Baustahl S 355** an. Im Abschnitt unterhalb können wir die *Materialkennwerte* überprüfen, die auch die unterschiedlichen Bereiche der Elementdicken erfassen.

Mit der Schaltfläche [OK] in den beiden Dialogen übernehmen wir die geänderten Materialeigenschaften.

Die Eingabe der Querschnittsgeometrie kann beginnen.

4.3 Elemente definieren

Wir könnten zunächst die Knoten grafisch oder tabellarisch definieren und sie dann mit Elementen verbinden. Für unser Beispiel bietet sich jedoch die direkte grafische Eingabe der Elemente an, bei der Knoten automatisch erzeugt werden.

4.3.1 Elemente setzen

Wir rufen den Dialog zum grafischen Setzen eines Elements auf über Menü

Einfügen → **Querschnittsdaten** → **1.4 Elemente** → **Polylinie** → **Grafisch** → **Fortlaufend**



oder – schneller – die entsprechende Schaltfläche in der Werkzeugleiste.

Es erscheint der Dialog *Neues Element (Polylinie)*.

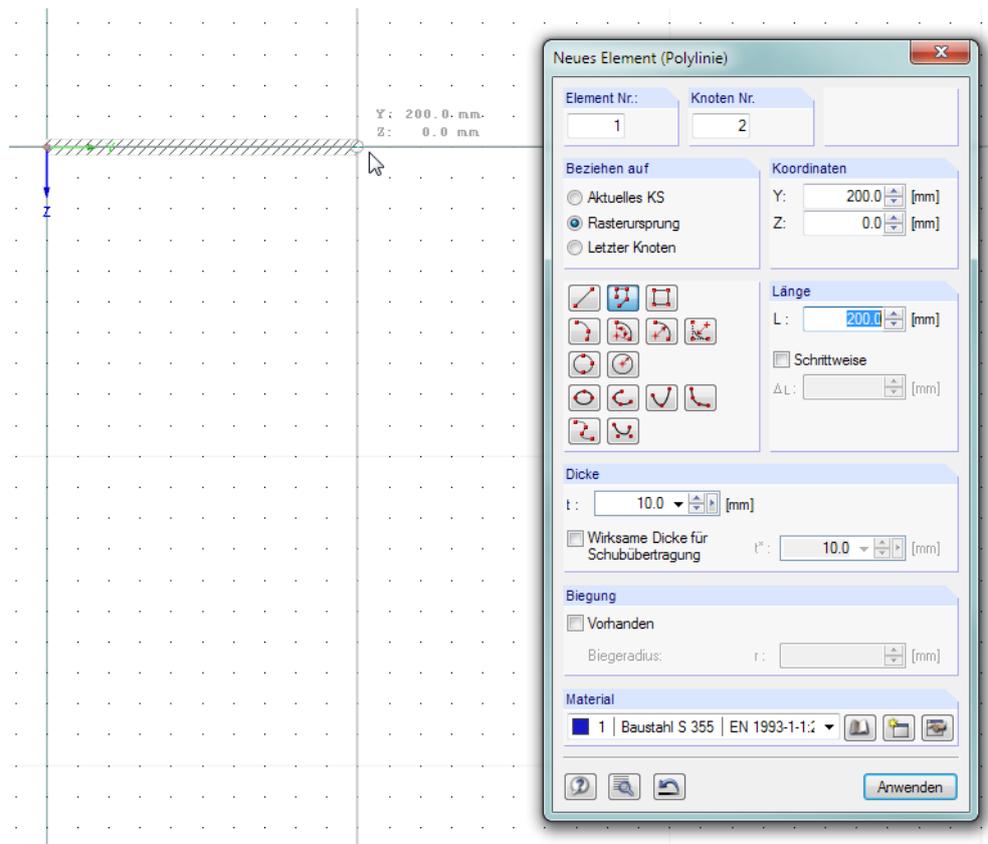


Bild 4.6: Dialog *Neues Element (Polylinie)*

Die *Element Nr. 1* und die *Dicke 10 mm* sind voreingestellt. Das *Material* ist **Baustahl S 355**. Wir akzeptieren diese Vorgaben, da wir die Flanschdicke nachträglich anpassen werden.

Wenn wir die Maus über die Arbeitsfläche bewegen, werden im Fenster die Mauszeiger-Koordinaten angezeigt. Der Fang ist an den Punkten des 20 mm-Rasters wirksam.

Den Knoten **1** als Anfangspunkt setzen wir mit einem Klick der linken Maustaste in den Nullpunkt (Y/Z-Koordinaten **0.0/0.0**).

Mit einem weiteren Mausklick definieren wir den Knoten **2** als Endpunkt des Elements im Rasterpunkt **200.0/0.000**.

Da wir die Option *Fortlaufend* gewählt haben, stellt der Knoten 2 den Anfangsknoten des nächsten Elements Nr. **2** dar. Wir können daher mit dem Setzen des Knotens **3** im Rasterpunkt **200.0/400.0** fortfahren.

Wir beenden die Funktion mit einem Rechtsklick in das leere Arbeitsfenster oder [Esc].

Ansicht ändern

Für die bildschirmfüllende Darstellung wählen wir das Menü

Ansicht → **Alles anzeigen**.



Alternativ betätigen wir die entsprechende Schaltfläche oder die Funktionstaste [F8].

Nummerierung einblenden

Für die weitere Eingabe empfiehlt es sich, die Nummerierung von Knoten und Elementen einzuschalten. Dies geschieht am schnellsten, indem wir mit der rechten Maustaste in einen freien Bereich des Arbeitsfensters klicken.

Es erscheint ein Kontextmenü mit nützlichen Funktionen. Wir klicken den Eintrag **Nummerierung anzeigen** an.

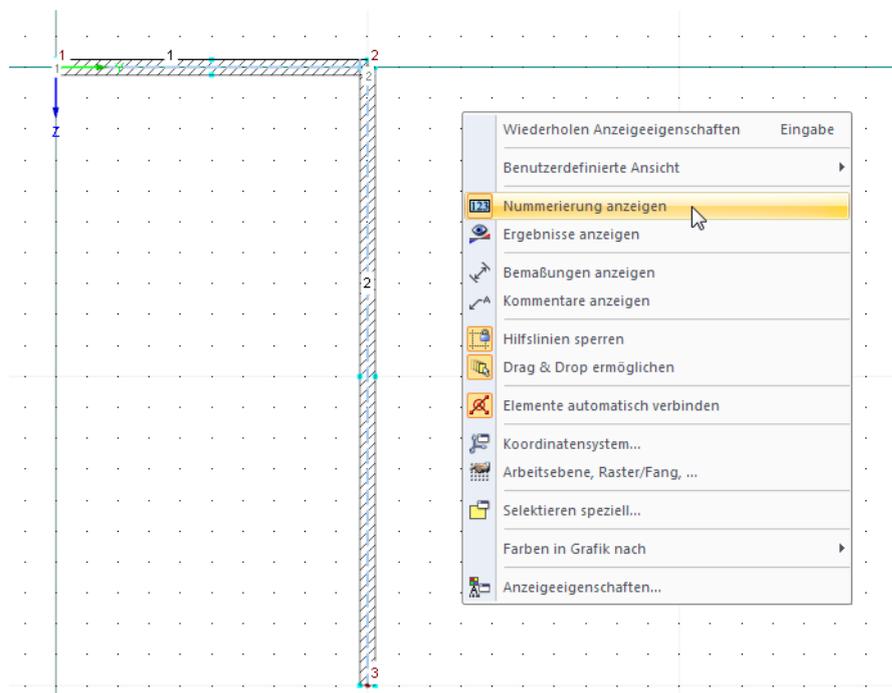


Bild 4.7: Nummerierung im Kontextmenü einschalten

4.3.2 Elemente bearbeiten

Wenn wir mit dem Mauszeiger das Element 1 ansteuern und kurz über dem Element verweilen, zeigt die Quickinfo u. a. die Elementdicke t von 10 mm an.

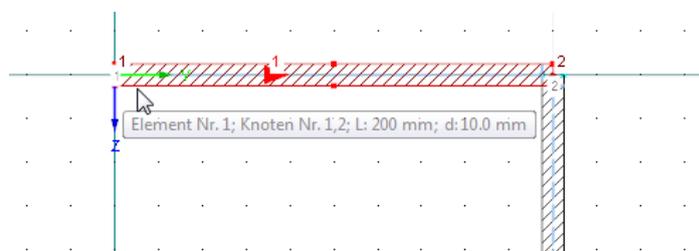


Bild 4.8: Element-Quickinfo

Da der Flansch 12 mm dick ist, ist eine Korrektur erforderlich. Wir führen einen Doppelklick auf das Element 1 aus und rufen so den Dialog *Element bearbeiten* auf.



Das Element bitte am Rand doppelklicken, um nicht das blaue c/t -Teil zu „treffen“!

Wir korrigieren die *Dicke t* auf **12 mm**.

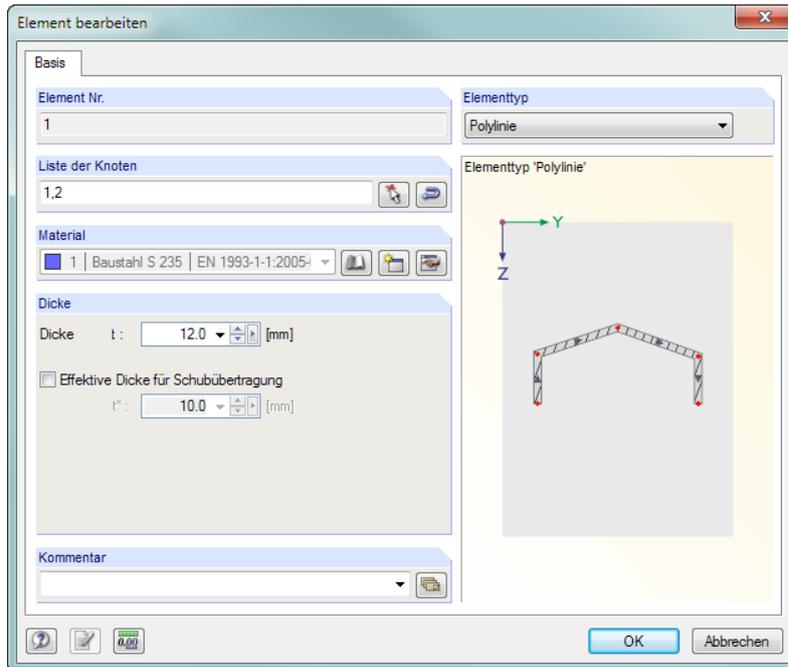


Bild 4.9: Dialog *Element bearbeiten*

Nach [OK] wird die Darstellung im Arbeitsfenster aktualisiert.

4.4 Winkel definieren

Wir schließen an das horizontale Element einen ungleichschenkligen Winkel 200x150x12 an.

4.4.1 Profil setzen



Mit der links dargestellten Schaltfläche rufen wir die Querschnittsbibliothek auf.

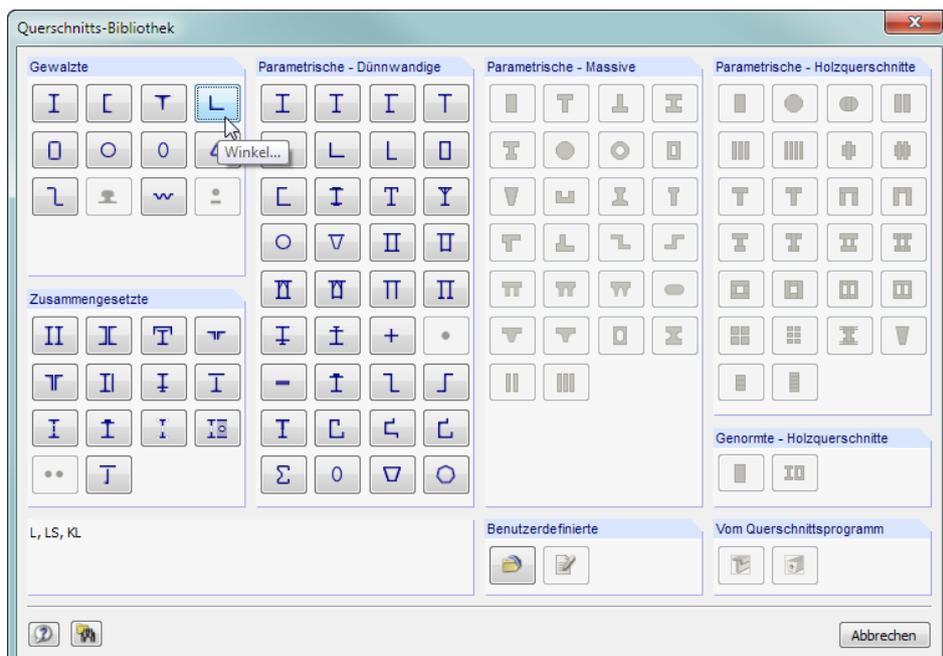


Bild 4.10: Querschnittsbibliothek



Im Abschnitt *Gewalzte* klicken wir auf die Schaltfläche [Winkel].

Im Dialog *Gewalzte Profile - Winkel* wählen wir in der *Reihe LU* den Querschnitt **L 200x150x12** aus.

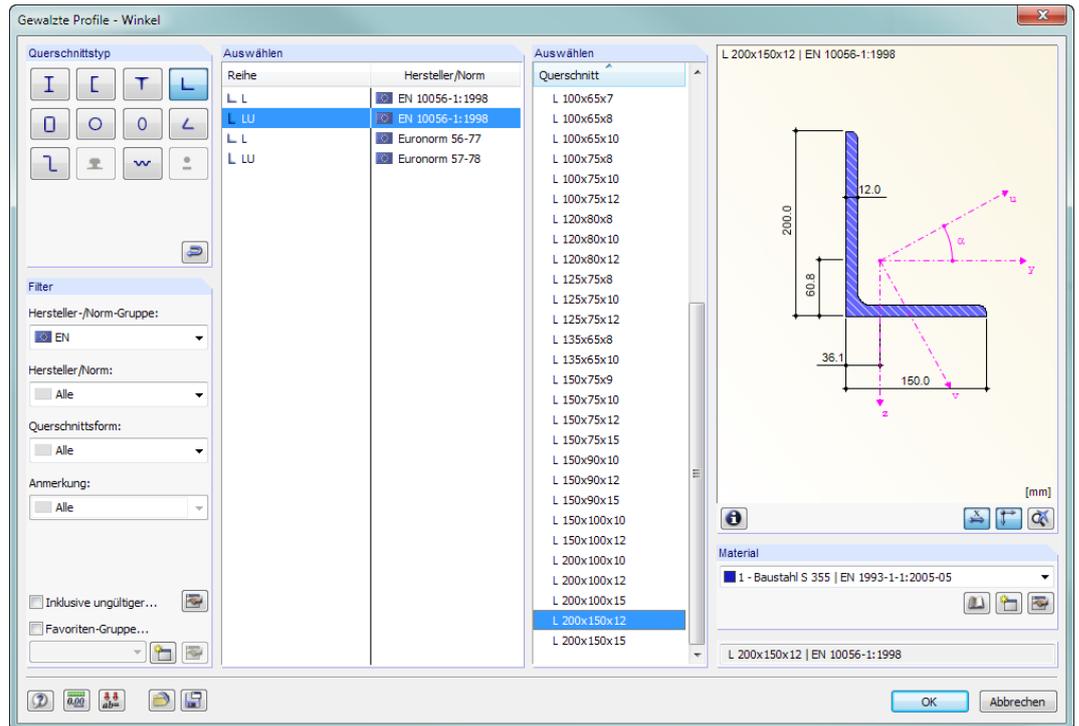


Bild 4.11: Winkel in Bibliothek auswählen



Über die [Info]-Schaltfläche können die Kennwerte des Winkels überprüft werden.

Als *Material* ist **Baustahl S 355** voreingestellt. Wir bestätigen den Dialog mit [OK].

Es erscheint der Dialog *Querschnitt setzen*.

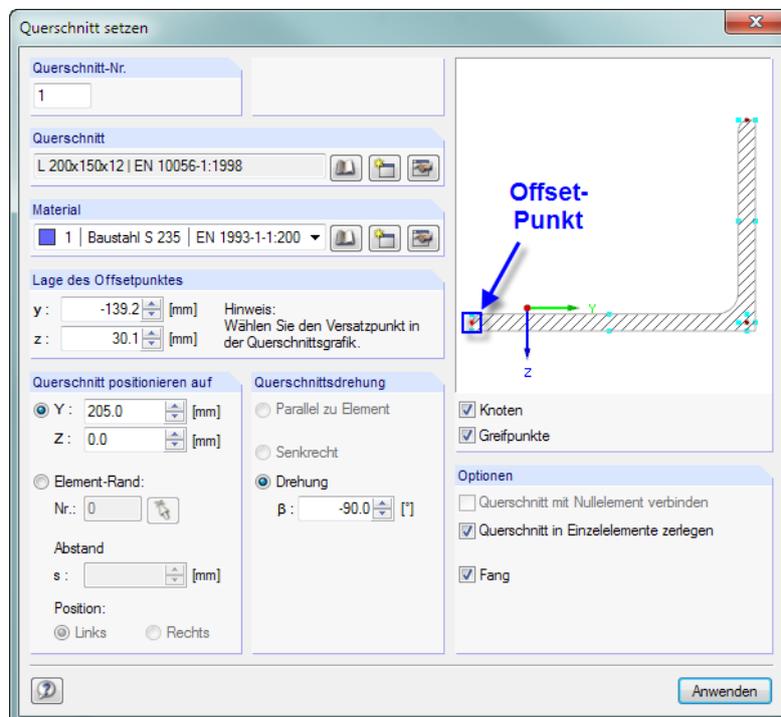


Bild 4.12: Dialog *Querschnitt setzen*

Wir geben eine *Querschnittsdrehung* β von **-90°** vor, um das Profil günstiger zu positionieren.

Des Weiteren haken wir das Kontrollfeld **Querschnitt in Einzelelemente zerlegen** an.

Wenn wir den Winkel mit der Maus über den Bildschirm bewegen, erkennen wir, dass der aktuelle „Greifpunkt“ (Offsetpunkt) zum Setzen des Profils im Schwerpunkt liegt. In der Profilskizze des Winkels ist der Greifpunkt hellrot gekennzeichnet.

Da wir das Profil mit dem langen Schenkel anschließen möchten, ändern wir den Offsetpunkt: In der Profilskizze klicken wir den roten Knoten am linken Profilende an, sodass er hellrot dargestellt wird.

Zum Setzen des Profils steuern wir den Knoten **2** im Arbeitsfenster an. Sobald der Knoten mit seinen Koordinaten in der Statuszeile erscheint, drücken wir die linke Maustaste.

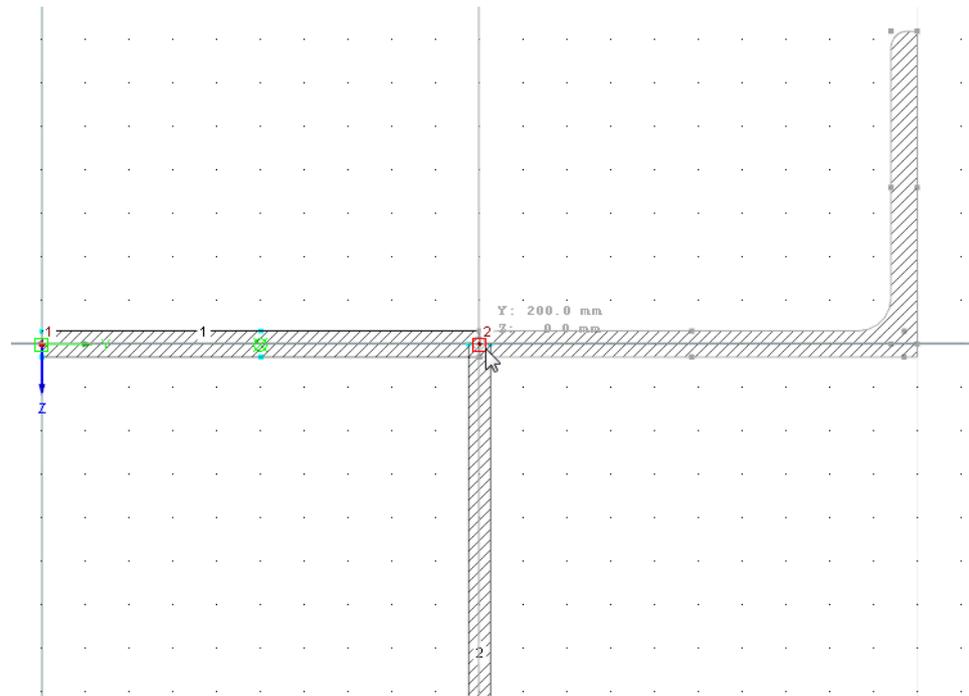


Bild 4.13: Winkel an Knoten 2 setzen

Es erscheint eine Meldung, die das Ergebnis der Profilerlegung in Elemente und Punktelemente dokumentiert.



Strenggenommen wäre der Winkel an der Elementkante anzuschließen. Dabei entstände aber ein weiteres Element der Dicke null, das die schubsteife Verbindung sicherstellt. Die Demobeschränkung auf maximal vier Elemente wäre für unser Beispiel nicht mehr eingehalten.

Wir beenden die Funktion mit einem Rechtsklick in das leere Arbeitsfenster oder [Esc].

4.4.2 Profil drehen

Wir passen die Lage des Winkels mit der Funktion *Spiegeln* an.

Objekte selektieren

Vor dem Aufruf einer Bearbeitungsfunktion (Kopieren, Rotieren, Spiegeln) müssen die relevanten Objekte festgelegt, d. h. „selektiert“ werden.

Wir ziehen über dem soeben gesetzten Profil ein Fenster auf – von links nach rechts. Das Fenster muss die Elemente 3 und 4 vollständig einschließen.

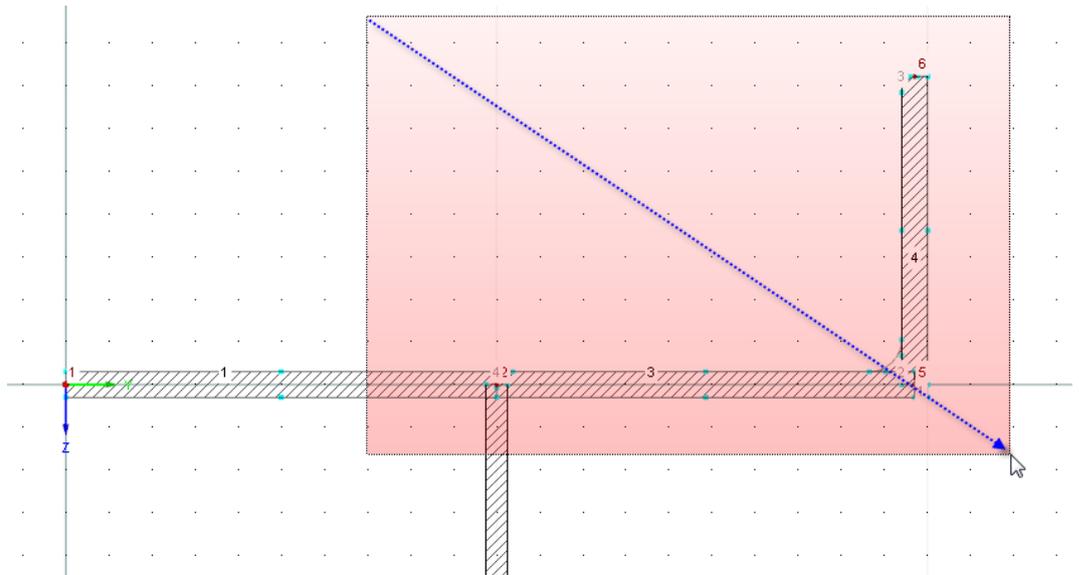


Bild 4.14: Elemente mit Fenster selektieren



Tipps zur Selektion:

- Wird das Fenster von links nach rechts aufgezogen, enthält die Selektion nur die Objekte, die sich vollständig im Fenster befinden. Beim Aufziehen von rechts nach links werden auch die Objekte in die Selektion aufgenommen, die vom Fenster geschnitten werden.
- Die Selektion wirkt „alternativ“: Beim Anklicken eines Objekts (Knoten, Element, Punktelement) wird ein bereits markiertes Objekt deselektiert und das neue Objekt selektiert. Um das Objekt einer bestehenden Selektion hinzuzufügen, ist beim Anklicken die [Shift]-Taste zu drücken.

Objekte spiegeln



Wir rufen die Funktion **Spiegeln** über die links dargestellte Schaltfläche auf.

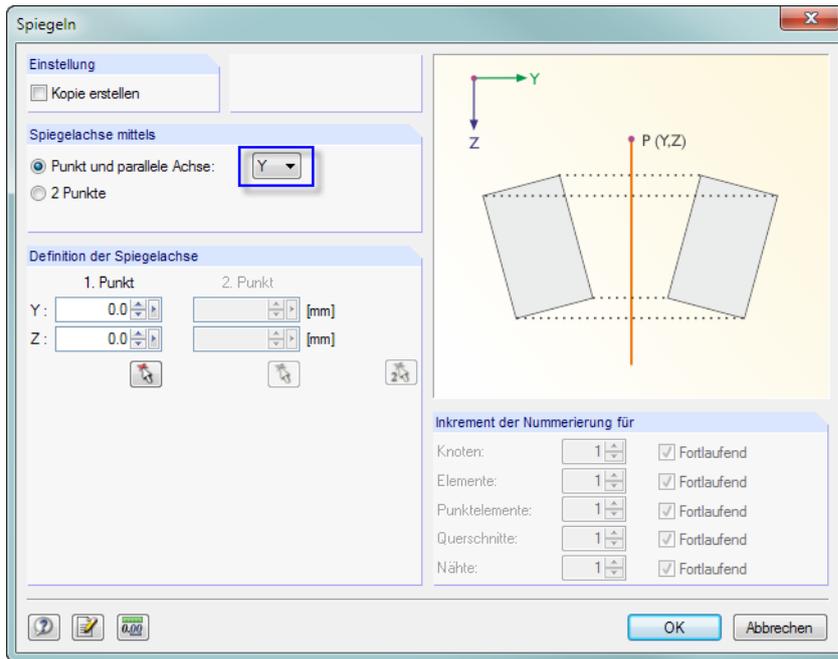


Bild 4.15: Dialog *Spiegeln*

Im Dialog *Spiegeln* darf das Kontrollfeld *Kopie erstellen* nicht angehakt sein.

Wir spiegeln den Winkel um den Ursprung (0.0/0.0) und die *parallele Achse Y*.

Nach [OK] bringt DUENQ den Winkel in die korrekte Lage.

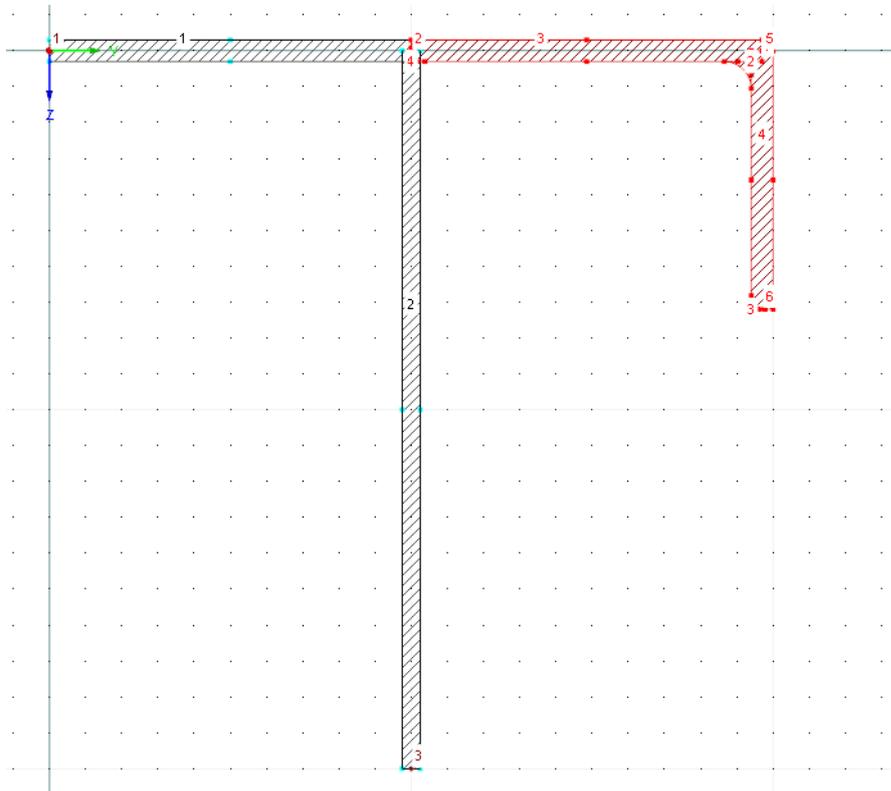


Bild 4.16: Gespiegelter Winkel

4.5 Schweißnähte definieren

Nun passen wir den Anschlussbereich zwischen den Elementen an und modellieren die Schweißverbindungen.

4.5.1 Punktelement löschen



Wir zoomen in den Bereich der Verbindung zwischen den Elementen und dem Winkel. Hierzu können wir das Scrollrad oder die Schaltfläche [Zoom mit Fenster] benutzen.

Im Verbindungsbereich ist eine Aussparung zu sehen, die vom gespiegelten Winkel herrührt. Wir entfernen sie, indem wir das Punktelement **4** mit der rechten Maustaste anklicken und im Kontextmenü die Option **Punktelement löschen** wählen.

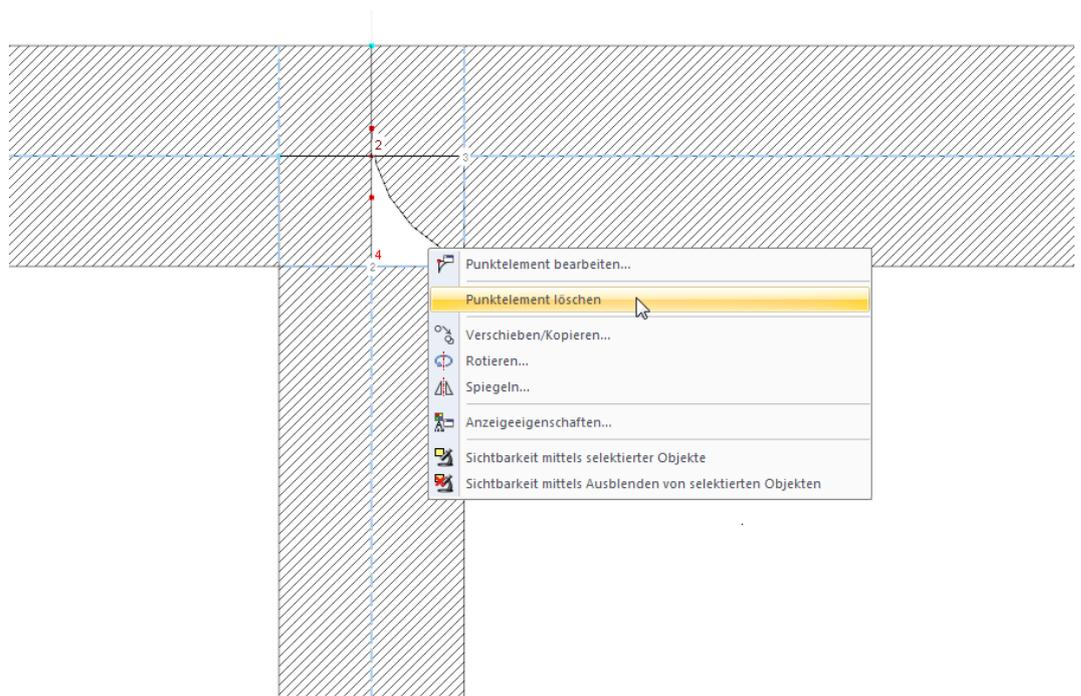


Bild 4.17: Punktelement löschen

4.5.2 Schweißnähte setzen

Wir definieren eine 6 mm-Doppelkehlnaht zwischen Steg und Flansch.



Mit der links dargestellten Schaltfläche oder das Menü

Einfügen → **Querschnittsdaten** → **Schweißnaht** → **Grafisch**

rufen wir den Dialog *Schweißnaht setzen* auf.

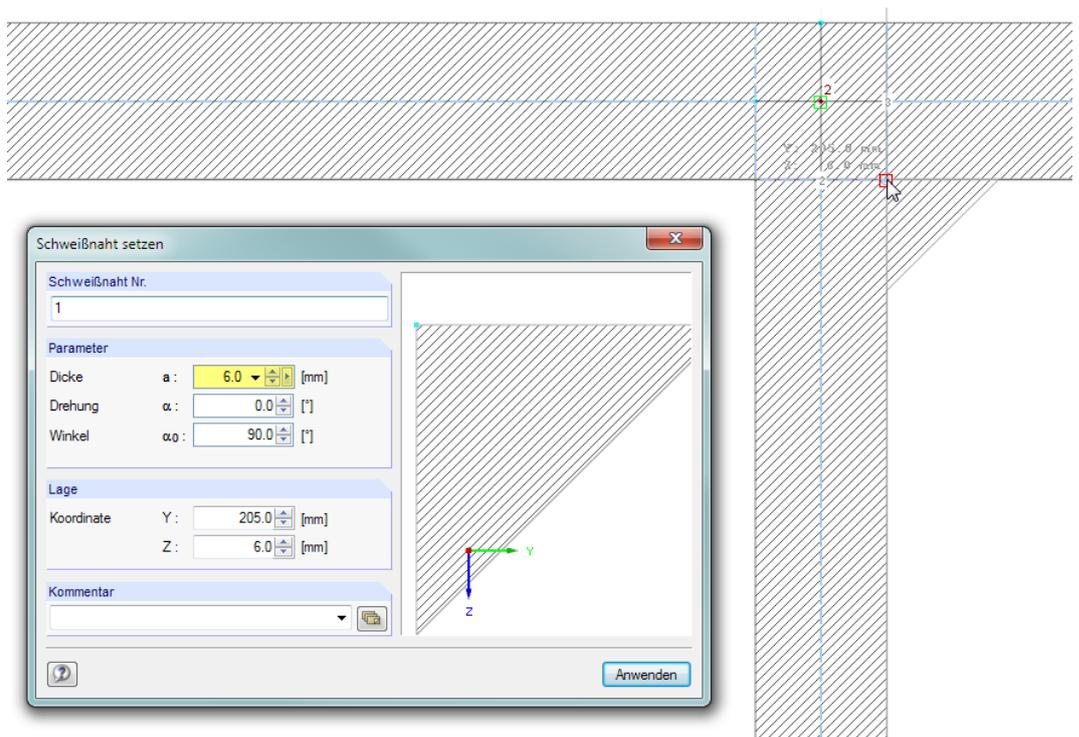


Bild 4.18: Dialog *Schweißnaht setzen*

Wir ändern die *Dicke* auf **6 mm**. Zum Setzen der Schweißnaht steuern wir den Punkt mit den Koordinaten **(205.0/6.0)** im Arbeitsfenster an. Sobald der Fang in der Ecke einrastet (rotes Quadrat am Mauszeiger), drücken wir die linke Maustaste.

Zum Setzen der zweiten Schweißnaht ändern wir die *Drehung* α auf **90.0°**. Dann setzen wir die Schweißnaht im Punkt mit den Koordinaten **(195.0/6.0)**.

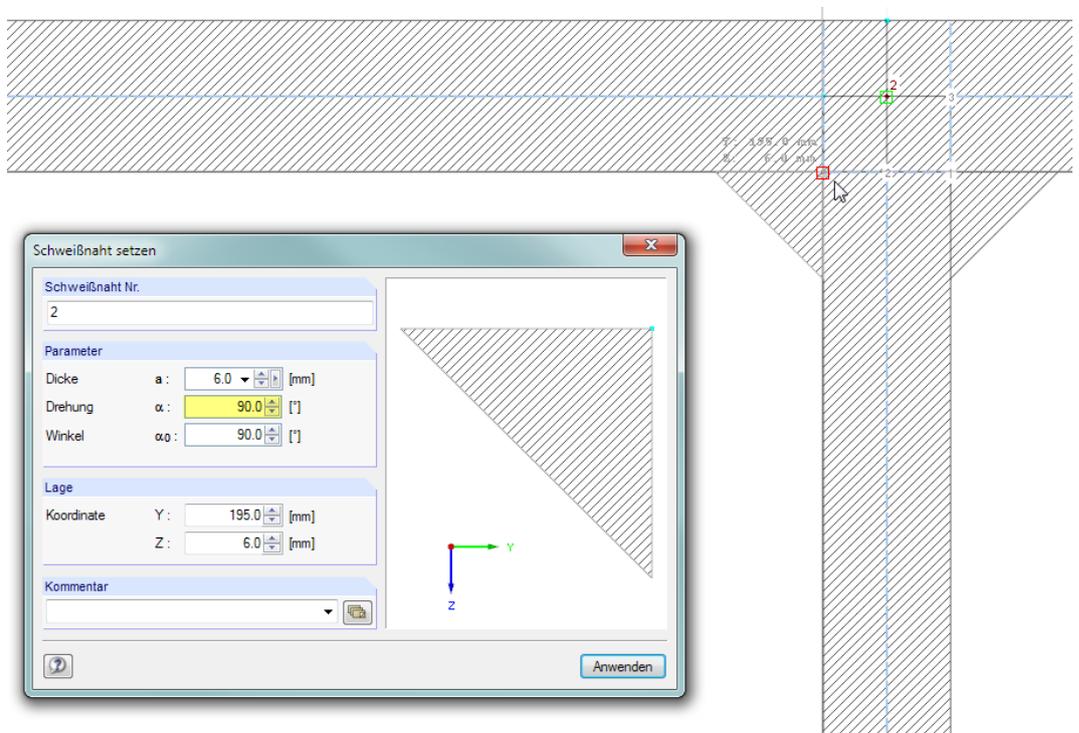


Bild 4.19: Dialog *Schweißnaht setzen*

Wir beenden die Funktion mit einem Rechtsklick in das leere Arbeitsfenster oder [Esc]. Damit ist die Eingabe der Geometriedaten abgeschlossen.

4.6 Querschnittsteile kontrollieren

Daten im Navigator und in Tabelle überprüfen

Alle eingegebenen Objekte finden sich im Verzeichnisbaum des *Daten*-Navigators und in den Registern der Tabelle wieder. Die Einträge im Navigator lassen sich mit einem Klick auf das  aufklappen; die Tabellen werden durch Anklicken der Register gewechselt.



Navigator und Tabellen können über das Menü **Ansicht** → **Navigator** bzw. **Tabelle** oder die zugeordneten Schaltflächen ein- und ausgeblendet werden.

In den Tabellen sind die Querschnittsobjekte registerweise katalogisiert. Das *Profil* L 200x150x12 fehlt, da wir beim Setzen die Option *Querschnitt in Elemente zerlegen* gewählt haben.

c/t-Teile kontrollieren

DUENQ erzeugt automatisch Querschnittsteile, die für die Bestimmung der c/t-Verhältnisse gemäß Eurocode 3 erforderlich sind. Dabei werden die Lagerungsbedingungen (ein- oder beidseitige Stützung) und die reduzierten Längen infolge von Punktelementen und Schweißnähten erfasst.

In der Grafik werden die *c/t-Teile* in den Mittellinien der Elemente hellblau dargestellt. In der Tabelle 1.7 sind die Daten numerisch aufgelistet.

Grafik und Tabellen wirken interaktiv: Um z. B. ein c/t-Teil in der Tabelle zu finden, ist die Tabelle 1.7 *Querschnittsteile für Klassifizierung* einzustellen. Mit dem Anklicken eines c/t-Teils im Arbeitsfenster wird die entsprechende Tabellenzeile farbig hervorgehoben.

The screenshot displays a structural analysis interface. At the top, a cross-section of a frame corner is shown with various elements and their c/t ratios (e.g., 1:1, 2:2, 3:3, 4:4) indicated. Below this, the 'Projekt-Navigator - Daten' window shows a hierarchical tree structure under 'DUENQ' with folders for 'Modelldaten', 'Knoten', 'Materialien', 'Querschnitte', 'Elemente', 'Punktelemente', 'c/t-Teile' (containing sub-items 1:1, 2:2, 3:3, 4:4), and 'Schweißnähte'. At the bottom, a table titled '1.7 Querschnittsteile für Klassifizierung nach EN 1993-1' is shown with the following data:

c/t-Teil Nr.	A Elemente	B c/t-Teil Typ	C Lagerung Anfang	D Lagerung Ende	E Abzugslänge [mm] ΔStart	F Abzugslänge [mm] ΔEnd	G Breite c [mm]	H Dicke t [mm]	I Vorhanden c/t	J Kommentar
1	1	Gerade	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0	13.5	186.5	12.0	15.542	
2	2	Gerade	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14.5	0.0	385.5	10.0	38.550	
3	3	Gerade	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	13.5	21.0	159.5	12.0	13.292	
4	4	Gerade	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	21.0	0.0	123.0	12.0	10.250	

Bild 4.20: c/t-Teile in Grafik, Navigator und Tabelle

Daten speichern

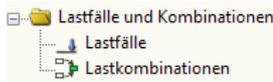
Die Eingabe der Modelldaten ist damit beendet. Wir sichern unseren Querschnitt mit dem Menü

Datei → **Speichern**



oder der entsprechenden Schaltfläche in der Symbolleiste.

5 Belastung



Der *Daten-Navigator* enthält im Ordner *Lastfälle und Kombinationen* zwei Einträge:

- Lastfälle
- Lastkombinationen

In den Lastfällen können die Schnittgrößen infolge z. B. Eigengewicht, Schnee- oder Windlast definiert werden. In Lastkombinationen lassen sich die Schnittgrößen von Lastfällen verwalten, die nach bestimmten Kombinationsregeln mit Teilsicherheitsfaktoren überlagert sind.

Wir definieren die Schnittgrößen gemäß [Kapitel 2.2](#) in zwei getrennten Lastfällen.

5.1 Lastfall 1: Zug und Biegung

Lastfall anlegen

Wir erstellen mit der Schaltfläche einen neuen Lastfall.



Bild 5.1: Schaltfläche *Neuer Lastfall*

Der Dialog *Lastfälle und Kombinationen bearbeiten* erscheint.

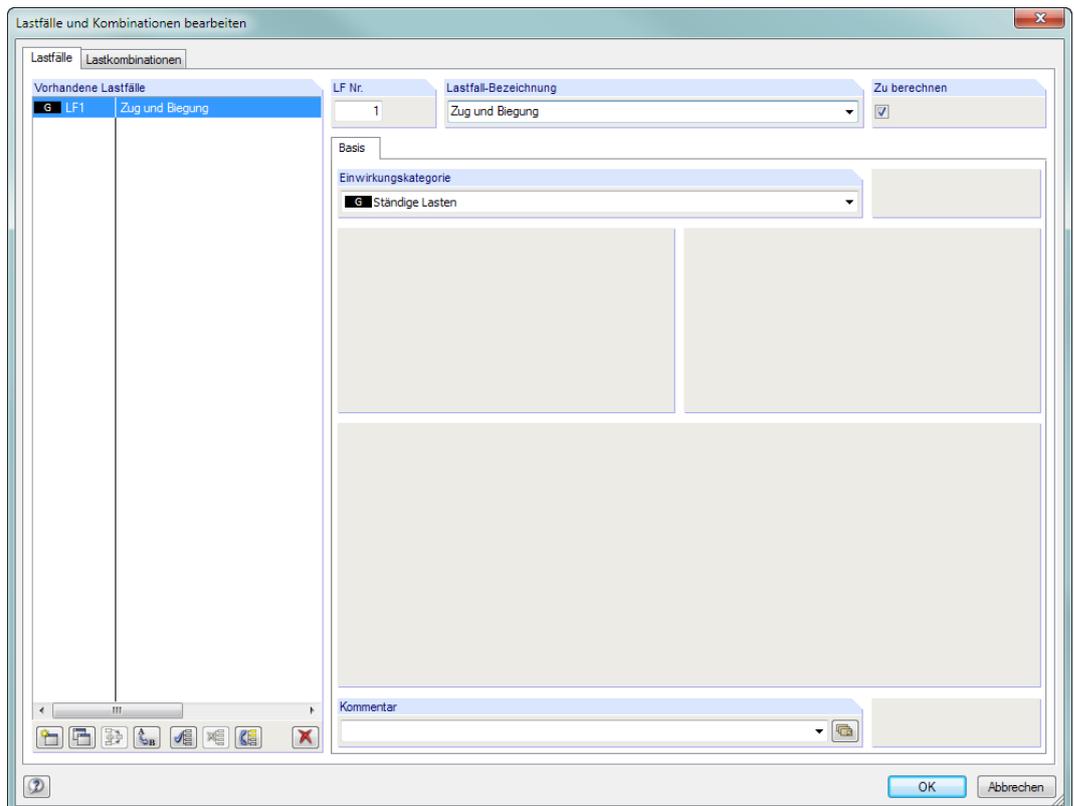


Bild 5.2: Dialog *Lastfälle und Kombinationen bearbeiten*, Register *Lastfälle*

Die Lastfall-Nr. 1 mit dem Einwirkungstyp *Ständige Lasten* ist voreingestellt. Wir tragen die *Lastfall-Bezeichnung* **Zug und Biegung** ein.

Wir bestätigen die Eingabe mit [OK] und schließen so den Dialog.

Schnittgrößen definieren

In der Tabellen-Symbolleiste klicken wir auf die Schaltfläche

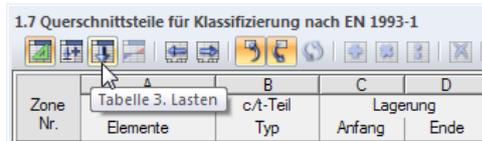


Bild 5.3: Schaltfläche *Tabelle 3. Lasten*

Die *Tabelle 3.1 Schnittgrößen* wird angezeigt.

Wir geben die Kräfte und Momente wie folgt ein.

Stelle Nr.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Stab Nr.	Stelle x [mm]	Normalkraft N [kN]	Querkräfte		Torsionsmomente		Biegemomente		Bimoment	Kommentar
				V_u [kN]	V_v [kN]	M_{xp} [kNm]	M_{xs} [kNm]	M_u [kNm]	M_v [kNm]	M_ω [kNm ²]	
1	1	0.0	35.00	15.00	-25.00	0.00	0.00	60.00	15.00	0.00	
2											
3											
4											

Bild 5.4: *Tabelle 3.1 Schnittgrößen*



Für die Analyse ist die *Stab*-Nummer und die *Stelle* x festzulegen. Diese Angaben sind für unser Beispiel ohne Relevanz. Die Zuweisung der Stäbe und Stab-Bemessungsstellen spielt vor allem bei der Schnittgrößenübernahme aus RSTAB/RFEM eine Rolle.

Die Vorzeichen der Kräfte und Momente sind in DUENQ durch folgende Konventionen geregelt:

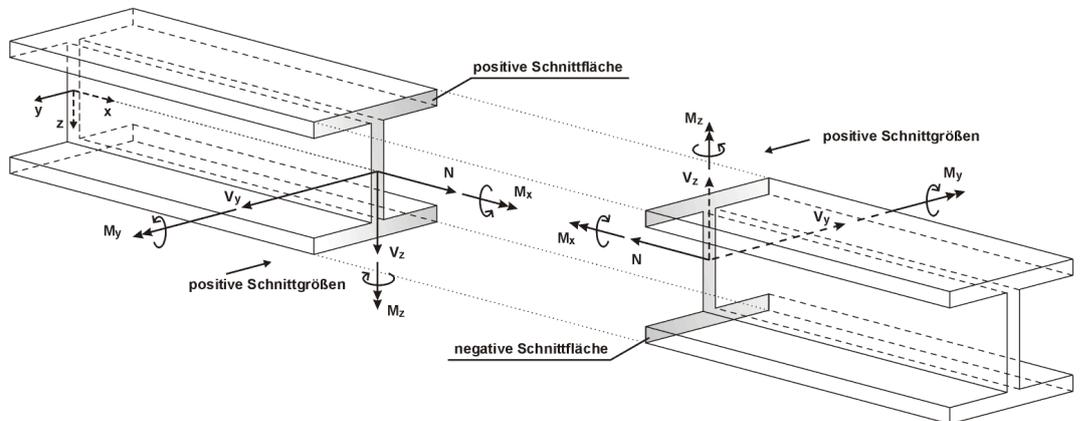


Bild 5.5: Definition der Schnittgrößen

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



Wie die Spaltenüberschriften der Querkräfte und Momente in der *Tabelle 3.1* zeigen, sind die Schnittgrößen nicht wie im [Kapitel 2.2](#) vorgegeben auf die globalen Achsen y und z bezogen, sondern auf die Hauptachsen u und v . Wir werden dies später anpassen (siehe [Kapitel 6.1, Seite 23](#)). Dabei werden die eingegebenen Werte nicht umgerechnet; es werden lediglich die Spaltenüberschriften geändert.

5.2 Lastfall 2: Druck und Biegung

Für die zweite Schnittgrößenkonstellation legen wir einen neuen Lastfall an. Dies kann über Menü

Einfügen → **Belastung** → **Neuer Lastfall**



oder die Schaltfläche in der Tabellen-Werkzeuggeste (links neben der Lastfall-Liste) erfolgen.

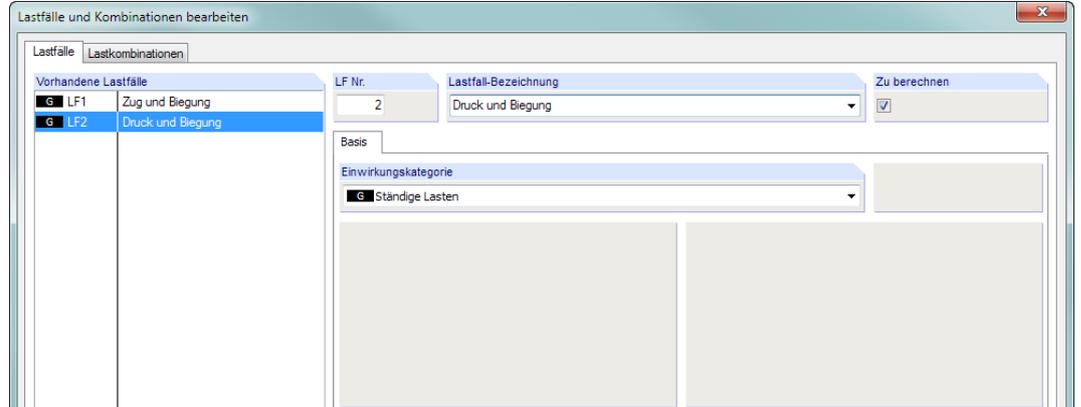
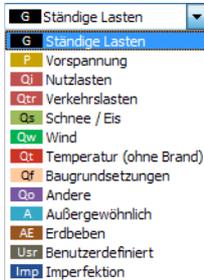


Bild 5.6: Dialog *Lastfälle und Kombinationen bearbeiten*



Als *Lastfall-Bezeichnung* tragen wir **Druck und Biegung** ein.

Die *Einwirkungskategorie* ändern wir über die Liste auf **Ständige Lasten**.

Wir geben die Schnittgrößen diesmal in einem Dialog ein, den wir aufrufen über Menü

Einfügen → **Belastung** → **3.1 Schnittgrößen** → **Dialog**.

Die Kräfte und Momente sind gemäß [Kapitel 2.2](#) wie folgt:

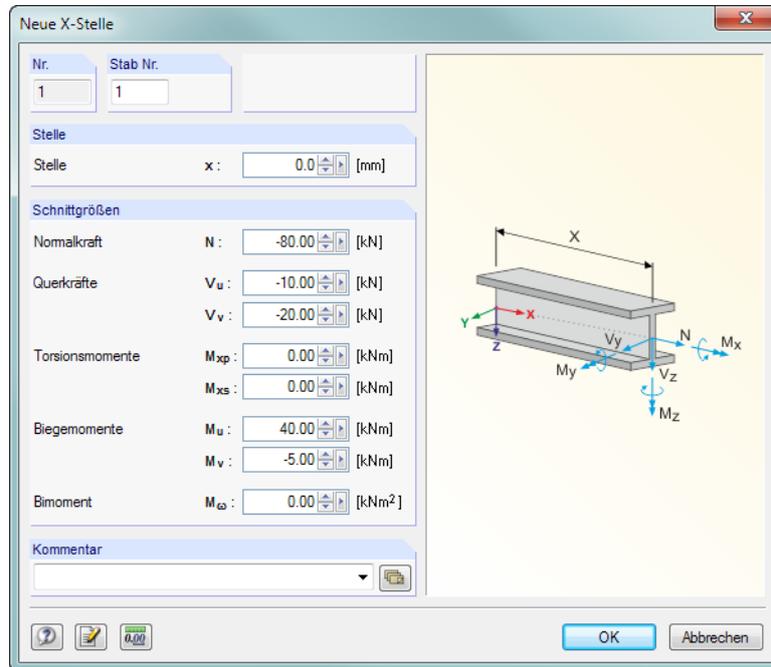


Bild 5.7: Dialog *Neue x-Stelle*

Wir bestätigen den Dialog mit [OK] und kontrollieren dann in der Tabelle *3.1 Schnittgrößen* das Ergebnis.

5.3 Lastfälle kontrollieren

Die beiden Lastfälle sind nun definiert. Wir können in der Tabelle mit den Schaltflächen ◀ und ▶ zwischen den Lastfällen wechseln.

Stelle Nr.	Stab Nr.	Stelle x [mm]	Normalkraft N [kN]	Querkräfte V _u [kN]	V _v [kN]	Torsionsmomente M _{xp} [kNm]	M _{xs} [kNm]	Biegemomente M _u [kNm]	M _v [kNm]	Bimoment M _ω [kNm ²]	Kommentar
1	1	0.0	-80.00	-10.00	-20.00	0.00	0.00	-40.00	5.00	0.00	
2											
3											
4											
5											
6											

Bild 5.8: Lastfall wechseln

Auch bei den Schnittgrößen spiegelt sich die Eingabe im Baum des *Daten-Navigators* wider.

Bild 5.9: Lastfälle und Schnittgrößen im *Daten-Navigator*

Wir definieren keine Schnittgrößen für *Lastkombinationen*.



Es empfiehlt sich, den Stand der Eingabe wieder zu [Speichern].

6 Berechnung

Vor dem Start der Berechnung überprüfen wir die Berechnungsparameter und Eingabedaten.

6.1 Berechnungsparameter anpassen

Wir rufen die Berechnungsparameter auf über das Menü

Berechnung → **Berechnungsparameter**



oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

Es erscheint der Dialog *Berechnungsparameter*.

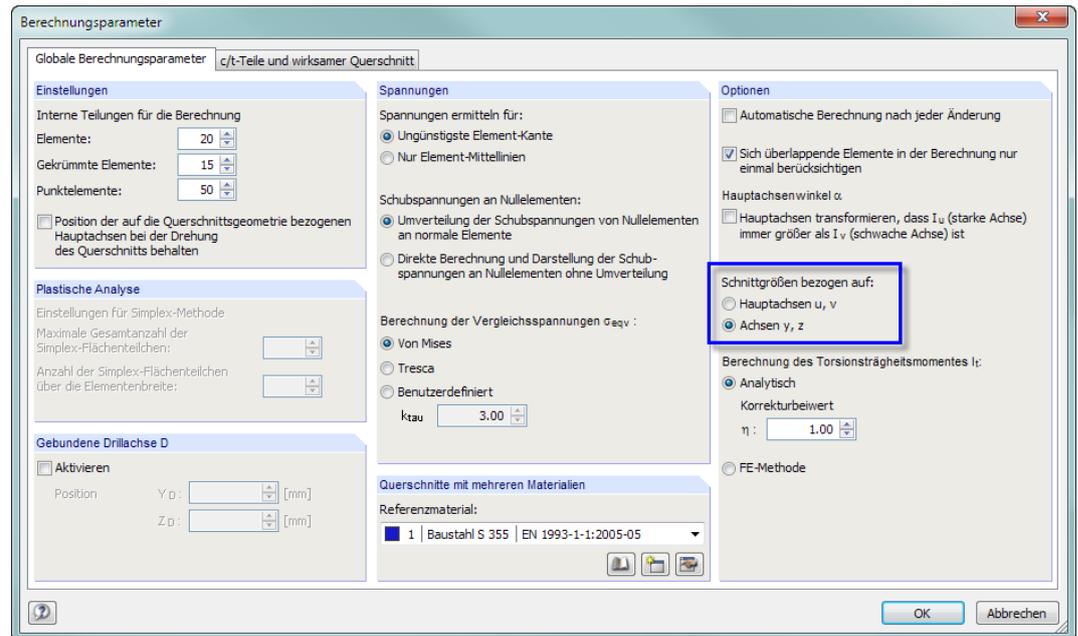


Bild 6.1: Dialog *Berechnungsparameter*, Register *Globale Berechnungsparameter*

Im ersten Register stellen wir den Schnittgrößenbezug auf die **Achsen y, z** um. Die eingegebenen Kräfte und Momente werden dabei nicht umgerechnet.

Im zweiten Register überprüfen wir, ob die **Norm EN 1993-1-1 und EN 1993-1-5** eingestellt ist.

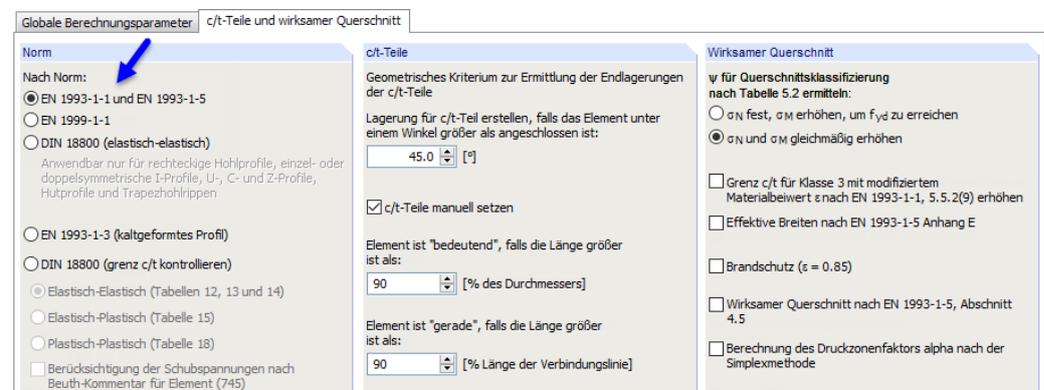


Bild 6.2: Dialog *Berechnungsparameter*, Register *c/t-Teile und wirksamer Querschnitt*

Wir bestätigen die Änderungen mit [OK].

6.2 Eingabedaten überprüfen

DUENQ bietet mehrere Möglichkeiten der Datenkontrolle an.

6.2.1 Plausibilitätskontrolle

Wir rufen das Menü

Extras → **Plausibilität kontrollieren**



auf und treffen im Dialog *Plausibilitätskontrolle* folgende Einstellungen.



Bild 6.3: Dialog *Plausibilitätskontrolle*

Werden nach [OK] keine Unstimmigkeiten entdeckt, erscheint eine entsprechende Meldung mit einer Bilanz der Querschnitts- und Lastfalldaten.

6.2.2 Kontrolle auf zusammenhängende Elemente

Wir überprüfen, ob ein zusammenhängender Querschnitt vorliegt. Diese Kontrollmöglichkeit ist zugänglich über Menü

Extras → **Modellkontrolle** → **Zusammenhängende Elemente**.

DUENQ sollte folgendes Ergebnis anzeigen.



Bild 6.4: Ergebnis der Modellkontrolle



Wäre dies nicht der Fall, würde DUENQ den Querschnitt nach der Theorie aussteifender Systeme ohne Berücksichtigung der Steinerschen Anteile berechnen.

6.3 Querschnitt berechnen

Wir starten die Berechnung über Menü

Berechnung → **Alles berechnen**



oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

Unmittelbar nach der Berechnung werden die Ergebnisse angezeigt.

7 Ergebnisse

7.1 Grafische Ergebnisse

Am Querschnitt werden die statischen Momente S_u als Isoflächen abgebildet. Diese Verläufe beziehen sich auf die Hauptachse u des Profils, die ebenfalls in der Grafik dargestellt wird. Die Tabelle 4.1 *Brutto Querschnittswerte* listet die Profilkennwerte auf.

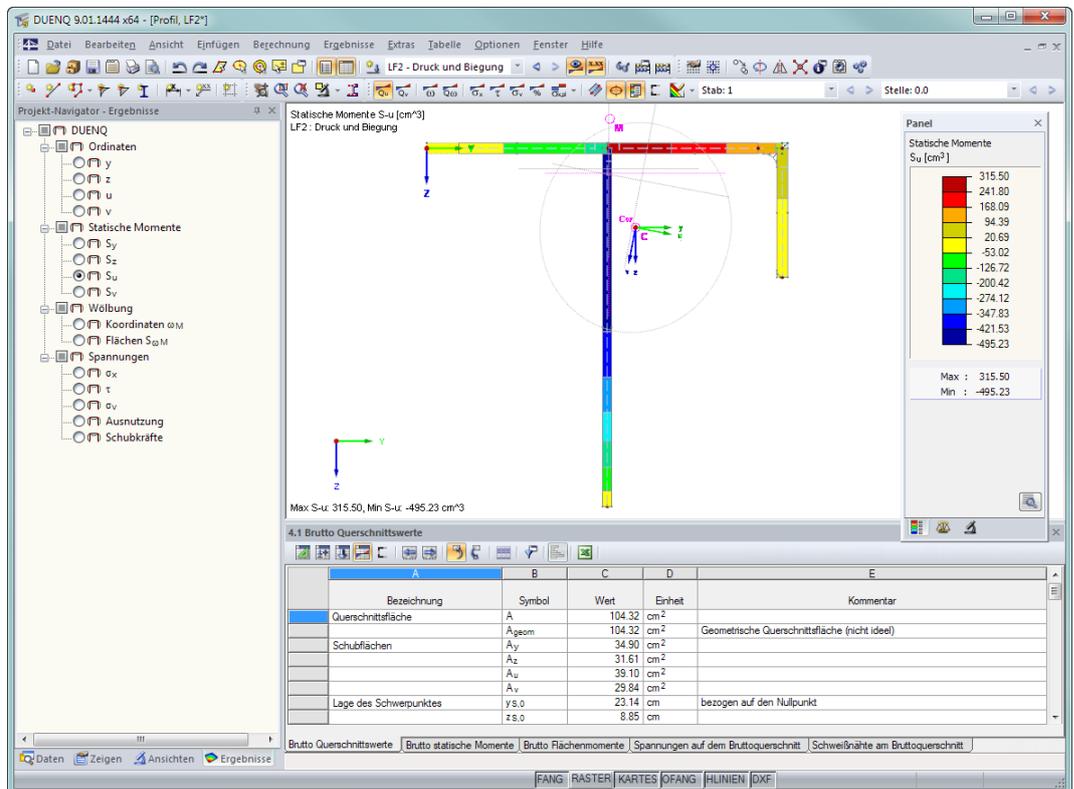
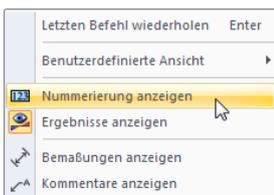


Bild 7.1: Querschnitt mit Verlauf des statischen Moments und Hauptachsen (Bruttoquerschnitt)



Die Nummerierung der Knoten und Elemente können wir wieder ausblenden: Wir rufen mit einem Rechtsklick in einen freien Bereich des Arbeitsfensters das allgemeine Kontextmenü auf (siehe Bild 4.7, Seite 10) und deaktivieren dort den Eintrag *Numerierung anzeigen*.

Wirksamen Querschnitt anzeigen



Mit der Schaltfläche [Wirksame Teile anzeigen] kann zwischen den Ergebniswerten des Bruttoquerschnitts (Schaltfläche „aus“) und des effektiven Querschnitts (Schaltfläche „ein“) gewechselt werden. Für die Betrachtung des wirksamen Querschnitts schalten wir diese Funktion **ein**.



Bild 7.2: Schaltfläche [Wirksame Teile anzeigen]

Zuletzt war der LF2 *Druck und Biegung* eingestellt. Es werden die Querschnittswerte unter Berücksichtigung der ausfallenden Teile angegeben, die für diese Schnittgrößenkonstellation vorliegen. Im linken Flansch ist die reduzierte Breite des druckbeanspruchten Querschnittsteils erkennbar (siehe Bild 7.3). Die statischen Momente ändern sich entsprechend.

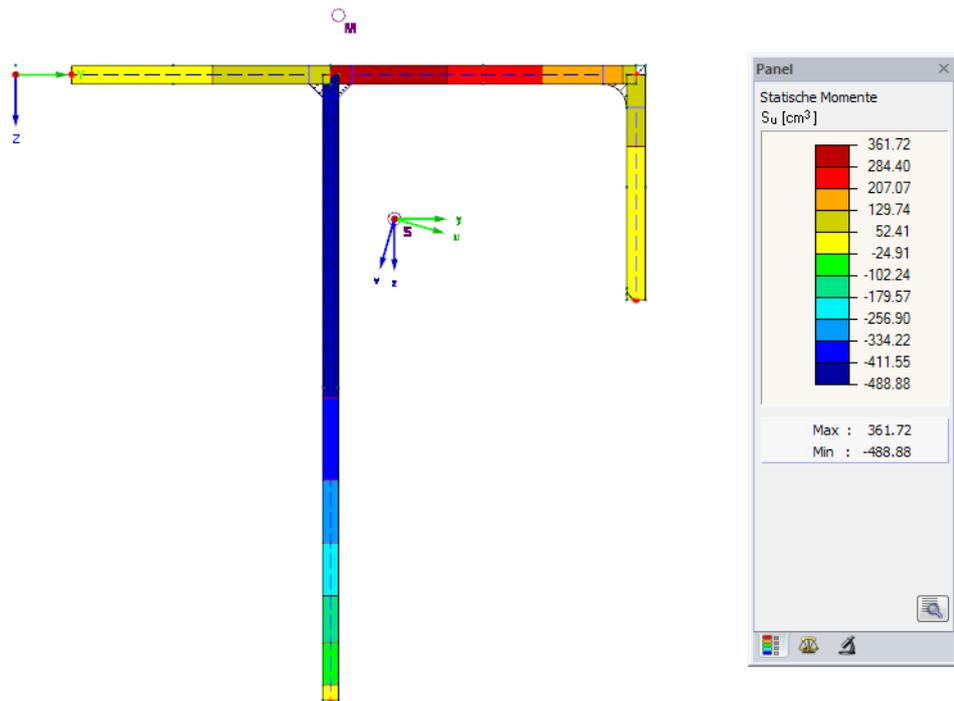
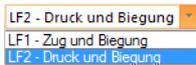


Bild 7.3: Statische Momente S_u für LF2 am wirksamen Querschnitt

Lastfälle auswählen



Wie bei der Eingabe können wir mit den Schaltflächen und in der Symbolleiste (rechts neben der Lastfall-Liste) zwischen den Ergebnissen der Lastfälle wechseln. Die Auswahl kann auch in der Liste erfolgen.

Ergebnisse im Navigator auswählen



Ein neuer, vierter Navigator verwaltet die Ergebniskategorien für die grafische Anzeige. Dieser *Ergebnisse*-Navigator ist zugänglich, wenn die Ergebnisanzeige aktiv ist. Die Resultate lassen sich im *Zeigen*-Navigator oder mit der Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] ein- und ausblenden.

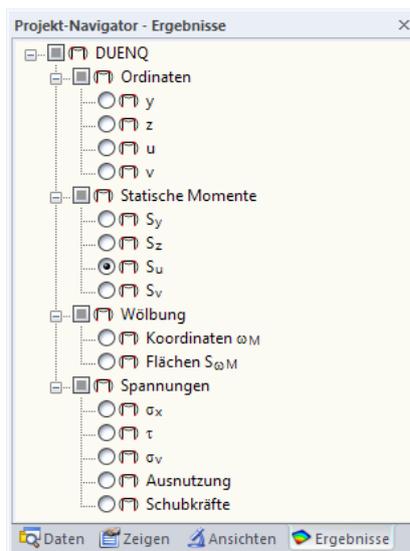


Bild 7.4: *Ergebnisse*-Navigator

Mit den Kontrollfeldern können wir die Querschnittseigenschaften und Spannungen für die grafische Anzeige einstellen, die in den beiden Lastfällen vorliegen.

Normalspannungen

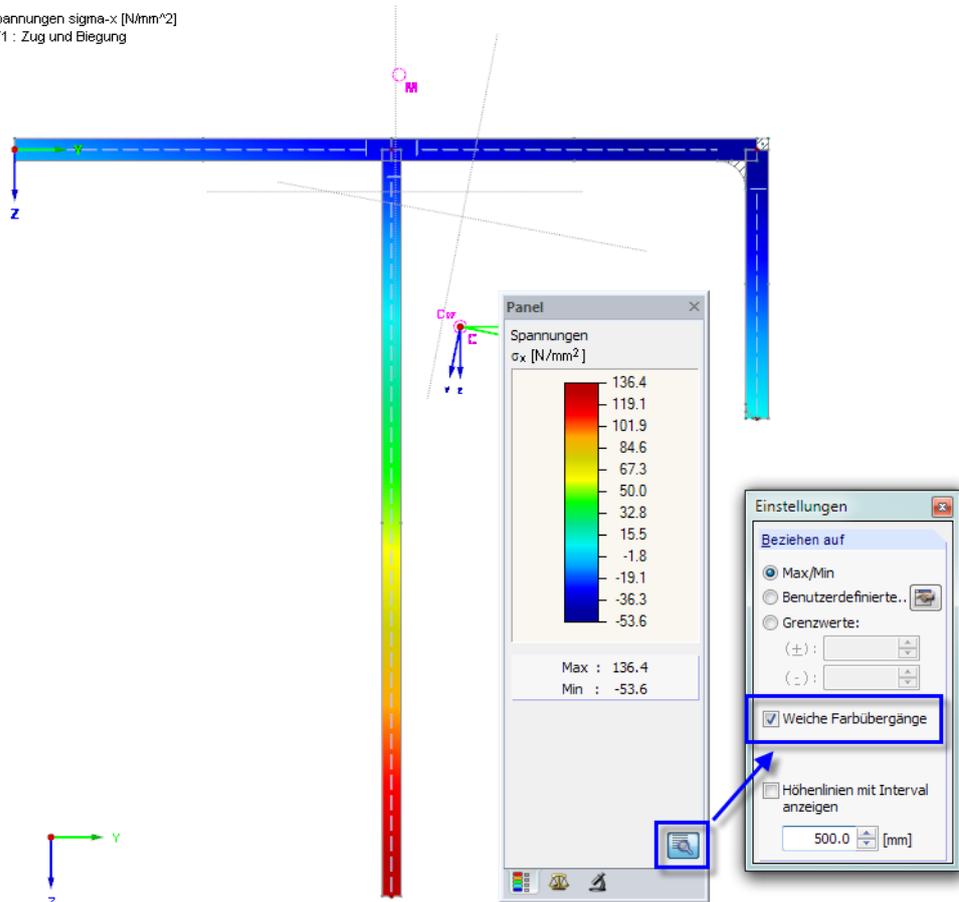


Wir wählen im *Ergebnisse*-Navigator oder über die links gezeigte Schaltfläche die Ergebniskategorie **Spannungen σ_x** aus.

LF1 - Zug und Biegung

In der Werkzeugleiste stellen wir den **LF1** ein.

Spannungen sigma-x [N/mm²]
LF1 : Zug und Biegung



Max sigma-x: 136.4, Min sigma-x: -53.6 N/mm²

Bild 7.5: Normalspannungen σ_x mit weichen Farbübergängen

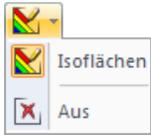
Wenn wir im Panel auf die Schaltfläche  klicken, können wir in einem weiteren Dialog **Weiche Farbübergänge** für die Spannungsgrafik aktivieren.

Im zugbeanspruchten Querschnitt des LF1 sind alle Querschnittsteile wirksam.

Schubspannungen

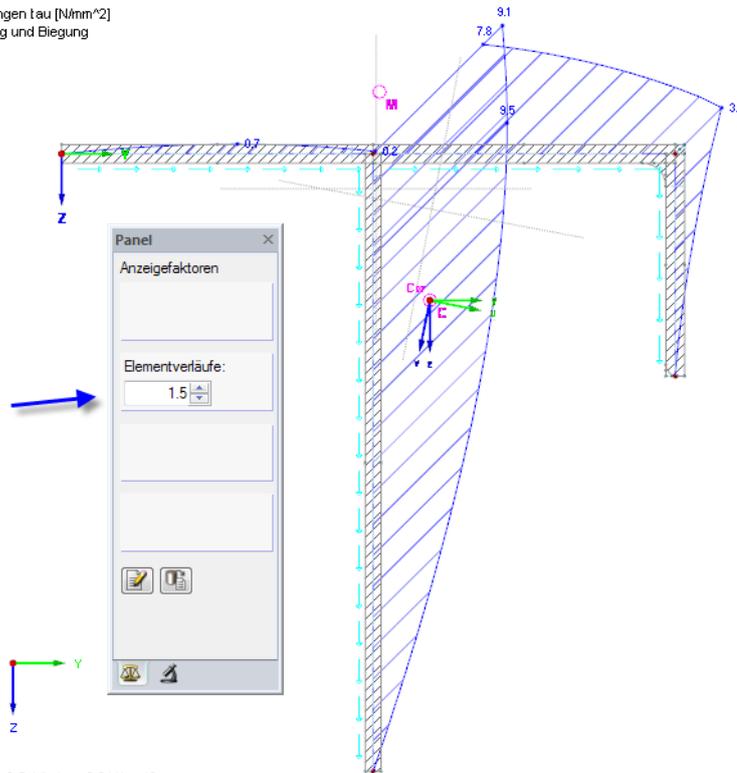


Wir stellen im *Ergebnisse*-Navigator oder über die links gezeigte Schaltfläche die Ergebniskategorie **Spannungen** τ ein.



Über die Listenschaltfläche [Isoflächen] schalten wir die Flächendarstellung **Aus**. Die Schubspannungen werden dann als Schraffuren angezeigt.

Spannungen tau [N/mm²]
LF1 : Zug und Biegung



Max tau: 9.5, Min tau: 0.0 N/mm²

Bild 7.6: Schubspannungen τ mit überhöhten Verläufen

Im Panel-Register *Faktoren* können wir über die Drehfelder die *Elementverläufe* skalieren.

Werkzeuggeste

Die Werkzeuggeste *Ergebnisse* enthält weitere Funktionen für die Ergebnisauswertung.

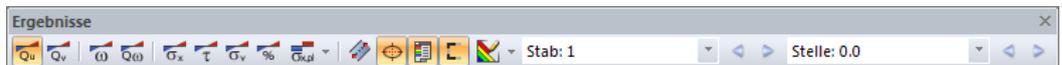


Bild 7.7: Werkzeuggeste *Ergebnisse*

Die Schaltflächen neben den Symbolen von Querschnittsverläufen und Spannungen bedeuten:

Schaltfläche	Funktion
	Stellt die Elementdicken oder nur die Mittellinien dar
	Blendet die Trägheitsellipse ein und aus
	Blendet das Steuerpanel ein und aus
	Stellt den Querschnitt mit oder ohne wirksame Breiten dar
	Listenschaltfläche: Stellt die Verläufe als Isoflächen oder zweifarbige Linien dar

Tabelle 7.1: Schaltflächen in der Werkzeuggeste *Ergebnisse*

7.2 Ergebnistabellen

Die Ergebnisse sind auch numerisch in Tabellen verfügbar.



Wir stellen die Tabelle 5.7 *Effektive Querschnittswerte* ein, um die Profilkennwerte des wirksamen Querschnitts zu überprüfen. Diese sind lastfallabhängig, da die wirksamen Breiten berücksichtigt werden.

5.7 Effektive Querschnittswerte				
A	B	C	D	E
Bezeichnung	Symbol	Wert	Einheit	Kommentar
Querschnittsfläche	A	104.32	cm ²	
	A _{geom}	104.32	cm ²	geometrische Querschnittsfläche (nicht ideal)
Schubflächen	A _y	34.90	cm ²	
	A _z	31.61	cm ²	
	A _u	39.10	cm ²	
	A _v	29.84	cm ²	
Lage des Schwerpunktes	y _{S,0}	23.14	cm	bezogen auf den Nullpunkt
	z _{S,0}	8.85	cm	
Trägheitsmomente	I _y	14347.38	cm ⁴	bezogen auf die Schwerachsen y, z
	I _z	11728.50	cm ⁴	
	I _{yz}	-515.05	cm ⁴	
Neigung der Hauptachsen	α	10.7	°	positiv im Uhrzeigersinn
Hauptträgheitsmomente	I _u	14445.04	cm ⁴	bezogen auf die Hauptachsen u, v im S
	I _v	11630.84	cm ⁴	
Polare Trägheitsmomente	I _p	26075.88	cm ⁴	
	I _{p,M}	42208.93	cm ⁴	bezogen auf den Schubmittelpunkt M
Trägheitsradien	i _y	11.73	cm	bezogen auf den Schwerpunkt S
	i _z	10.60	cm	
	i _{yz}	2.22	cm	
Hauptträgheitsradien	i _u	11.77	cm	bezogen auf die Hauptachsen u, v im S
	i _v	10.56	cm	
Polare Trägheitsradien	i _p	15.81	cm	
	i _{p,M}	20.11	cm	bezogen auf den Schubmittelpunkt M
Wölbtträgheitsradius	i _{ω,M}	2.48	cm	
Querschnittsgewicht	G	81.9	kg/m	
Querschnittsumfang	U	186.84	cm	einschl. Innenseite der Zellen
Torsionsträgheitsmoment	I _t	43.78	cm ⁴	analytisch berechnet
Sekundäres Torsionsträgheitsmoment	I _{t,s}	2466.74	cm ⁴	
Lage des Schubmittelpunktes	y _{M,0}	20.30	cm	bezogen auf den Nullpunkt
	z _{M,0}	-3.28	cm	
	y _M	-2.84	cm	bezogen auf den Schwerpunkt S
	z _M	-12.13	cm	
Wölbwiderstände	I _{ω,S}	2147570.52	cm ⁶	bezogen auf den Schwerpunkt S
	I _{ω,M}	259807.83	cm ⁶	bezogen auf den Schubmittelpunkt M
Hilfswert für Wölbverdrehung	r _{ω,M}	-0.405		
Widerstandsmomente	W _{u,max}	461.68	cm ³	im Abstand 312.9 mm
	W _{u,min}	-1163.05	cm ³	im Abstand -124.2 mm
	W _{v,max}	660.97	cm ³	im Abstand 0.0 mm
	W _{v,min}	-474.78	cm ³	im Abstand -245.0 mm
	W _{y,max}	460.52	cm ³	im Abstand 311.5 mm
	W _{y,min}	-1519.01	cm ³	im Abstand -94.5 mm
	W _{z,max}	695.77	cm ³	im Abstand 168.6 mm
	W _{z,min}	-506.78	cm ³	im Abstand -231.4 mm
Wölbwiderstandsmomente	W _{ω,M,max}	3509.49	cm ⁴	im Knoten 4
	W _{ω,M,min}	-1292.47	cm ⁴	im Knoten 5
Torsionswiderstandsmoment	W _t	36.48	cm ³	
Querschnittsstrecken	r _u	9.76	cm	
	r _v	-0.47	cm	
	r _{M,u}	9.49	cm	
	r _{M,v}	32.55	cm	
Abklingfaktor	λ _M	0.01	1/cm	
Knicklinien	KL _{y/u}		c	benutzerdefiniert
	KL _{z/v}		c	

Bild 7.8: Tabelle 5.7 Effektive Querschnittswerte

Die weiteren Ergebnistabellen lassen sich über die Registerreiter ansteuern.

Statische Momente, Flächenmomente und Spannungen werden jeweils an den Anfangs- und Endknoten sowie in den Elementmitten numerisch ausgewiesen.

Spannungen filtern



Wir wechseln in die Tabelle 5.7 *Spannungen auf dem effektiven Querschnitt*. Über die Tabellen-Schaltfläche [Ergebnisfilter] können wir die Ergebniszeilen in einem Dialog anpassen.

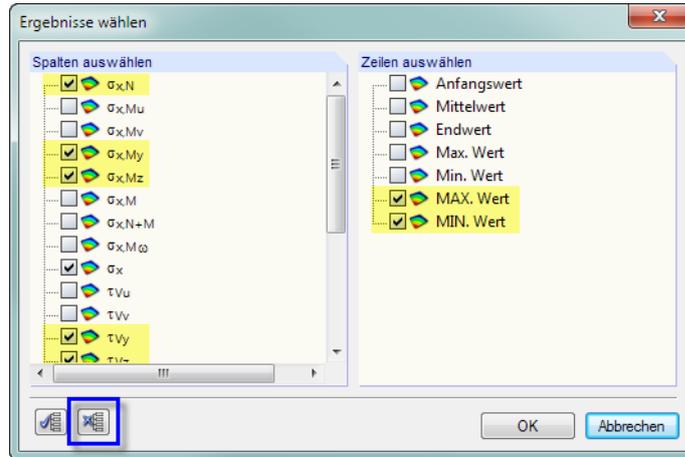


Bild 7.9: Dialog *Ergebnisse wählen*

Mit einem Klick auf die Schaltfläche entfernen wir alle Häkchen. Danach wählen wir relevante Spannungsarten aus (siehe Bild 7.9). Außerdem lassen wir nur die **MAX** und **MIN** Werte des Gesamtquerschnitts anzeigen.

Nach [OK] zeigt die Tabelle 5.10 *Spannungen auf dem effektiven Querschnitt* nur die Extremwerte der ausgewählten Spannungen.

Element Nr.	Knoten Nr.	Abstand s [mm]	Symbol	Spannungen [N/mm ²] Wert	Limit	Verhältnis
Max/Min in gesamtem Querschnitt						
1	1	0.0	MAX $\sigma_{x,N}$	3.4	355.0	0.01
1	1	0.0	MIN $\sigma_{x,N}$	3.4	355.0	0.01
2		400.0	MAX $\sigma_{x,My}$	129.8	355.0	0.37
1	1	0.0	MIN $\sigma_{x,My}$	-43.8	355.0	-0.12
1	1	0.0	MAX $\sigma_{x,Mz}$	30.1	355.0	0.08
4		108.0	MIN $\sigma_{x,Mz}$	-21.7	355.0	-0.06
3		34.6	MAX τ_{vy}	4.7	205.0	0.01
2	2	0.0	MIN τ_{vy}	-1.4	205.0	0.00
3	2	0.0	MAX τ_{vz}	3.2	205.0	0.01
2		89.8	MIN τ_{vz}	-8.4	205.0	-0.02
2		400.0	MAX σ_v	136.4	355.0	0.38
4		124.5	MIN σ_v	1.7	355.0	0.00

Bild 7.10: Tabelle 5.10 *Spannungen auf dem effektiven Querschnitt* mit gefilterten Ergebnissen

Wie in der Grafik können wir mit den Schaltflächen und zwischen den beiden Lastfällen wechseln.

Klassifizierung überprüfen

Die Details der Klassifizierung sind in der Tabelle 5.2 *Querschnittsklassifizierung nach EN 1993-1* aufgelistet.

c/t-Teil	A		B		C		D		E		F		G		H		J	
	Elemente	Lagerungsart	Abzugslänge [mm]		Breite c [mm]		Dicke t [mm]		Bezeichnung		Symbol	Wert	Einheit					
1	1	Eine Seite	0.0	13.5	186.5	12.0	Nomalspannung		$\sigma_{x,Anfang}$	-10.4	N/mm ²							
							Nomalspannung		$\sigma_{x,Ende}$	-30.8	N/mm ²							
							Grenzspannungen bezogen auf $f_{y,d}$		σ_1	355.0	N/mm ²							
							Grenzspannungen bezogen auf $f_{y,d}$		σ_2	119.5	N/mm ²							
							Ausnutzung		ψ	0.337								
							Materialbeiwert in Abhängigkeit von f_y		ϵ	0.814								
							Druckzonenfaktor		α	1.000								
							c/t-Verhältnis		c/t	15.542								
							Grenzverhältnisse		λ_1	7.323								
									λ_2	8.136								
									λ_3	11.391								
							Klasse des c/t-Teils			4								
							2	2	Eine Seite	14.5	0.0	385.5	10.0	Nomalspannung		$\sigma_{x,Anfang}$	-24.4	N/mm ²
Nomalspannung		$\sigma_{x,Ende}$	136.4	N/mm ²														
Grenzspannungen bezogen auf $f_{y,d}$		σ_1	355.0	N/mm ²														
Grenzspannungen bezogen auf $f_{y,d}$		σ_2	-1986.3	N/mm ²														
Ausnutzung		ψ	-5.595															
Materialbeiwert in Abhängigkeit von f_y		ϵ	0.814															
Druckzonenfaktor		α	0.015															
c/t-Verhältnis		c/t	38.550															
Grenzverhältnisse		λ_1	3845.920															
		λ_2	4273.240															
		λ_3	83.354															
Klasse des c/t-Teils			1															

Bild 7.11: Tabelle 5.2 *Querschnittsklassifizierung nach EN 1993-1* für LF1

In der Tabelle 5.3 *Effektive Breiten nach EN 1993-1* können wir die Details zur Ermittlung der wirksamen Breiten überprüfen.

c/t-Teil	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		
	Elemente	Lagerungsart	Abzugslänge [mm]		Breite c [mm]		Dicke t [mm]		Bezeichnung		Symbol	Wert	Einheit								
1	1	Eine Seite	0.0	13.5	186.5	12.0	Nomalspannung		$\sigma_{x,Anfang}$	-46.9	N/mm ²										
							Nomalspannung		$\sigma_{x,Ende}$	-36.7	N/mm ²										
							Grenzspannungen bezogen auf $f_{y,d}$		σ_1	46.9	N/mm ²										
							Grenzspannungen bezogen auf $f_{y,d}$		σ_2	36.7	N/mm ²										
							Ausnutzung		ψ	0.781											
							Knickbeiwert		k_{σ}	0.449											
							Eulersche relative Spannung		σ_e	785.8	N/mm ²										
							Max. Druckspannung		σ	46.9	N/mm ²										
							Plattenschlankheit		$\lambda_{p,\sigma}$	1.004											
							Abminderungsbeiwert		ρ	0.809											
							Wirksame Breite		b_{eff}	151.0	mm										
									b_{e1}	0.0	mm										
									b_{e2}	0.0	mm										
							2	2	Eine Seite	14.5	0.0	385.5	10.0	Nomalspannung		$\sigma_{x,Anfang}$	-30.4	N/mm ²			
														Nomalspannung		$\sigma_{x,Ende}$	78.4	N/mm ²			
Grenzspannungen bezogen auf $f_{y,d}$		σ_1	30.4	N/mm ²																	
Grenzspannungen bezogen auf $f_{y,d}$		σ_2	-78.4	N/mm ²																	
Ausnutzung		ψ	-2.574																		
Knickbeiwert		k_{σ}	23.800																		
Eulersche relative Spannung		σ_e	127.7	N/mm ²																	
Max. Druckspannung		σ	30.4	N/mm ²																	
Plattenschlankheit		$\lambda_{p,\sigma}$	0.342																		
Abminderungsbeiwert		ρ	1.000																		

Bild 7.12: Tabelle 5.3 *Effektive Breiten nach EN 1993-1* für LF2

7.3 Mehrfensterdarstellung

Die Querschnittsverläufe und Spannungen lassen sich auch nebeneinander in Fenstern darstellen. Diese Funktion ist zugänglich über das Menü

Ergebnisse → **Ergebnisfenster anordnen.**

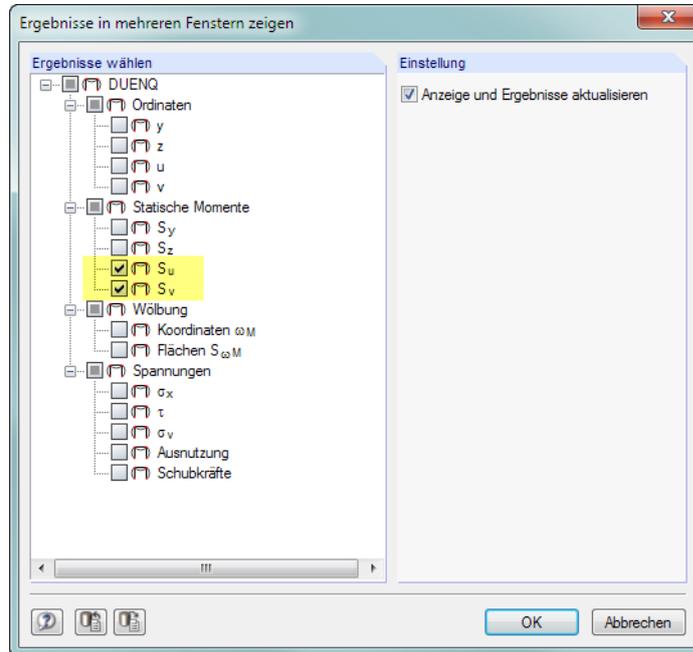


Bild 7.13: Dialog *Ergebnisse in mehreren Fenstern anzeigen*

Im Dialog *Ergebnisse in mehreren Fenstern zeigen* setzen wir die Häkchen so, dass nur die statischen Momente S_u und S_v ausgewählt sind.

Nach [OK] werden die beiden Querschnittsverläufe nebeneinander in zwei Fenstern dargestellt.

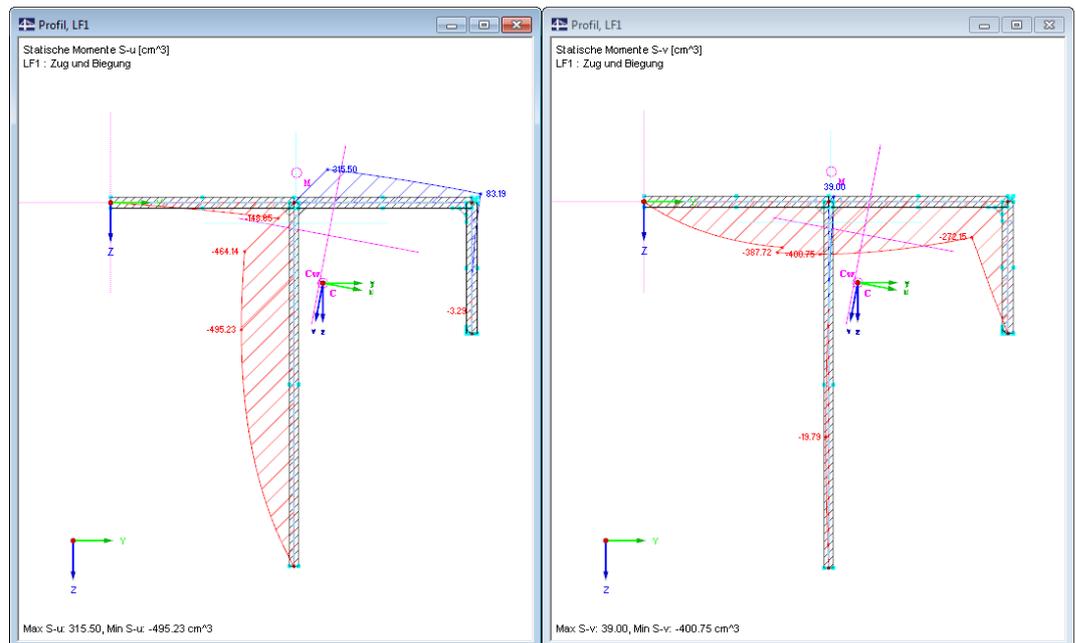


Bild 7.14: Statische Momente S_u und S_v des Brutoquerschnitts

8 Dokumentation

8.1 Ausdruckprotokoll erstellen

Für die Dokumentation bietet DUENQ eine Druckvorschau an – das sogenannte *Ausdruckprotokoll*. Dort kann festgelegt werden, welche Eingabedaten und Ergebnisse im Ausdruck erscheinen sollen. Das Ausdruckprotokoll kann mit Grafiken, Erläuterungen oder Scans ergänzt werden.



Wir starten das Ausdruckprotokoll über die Schaltfläche [Aktives Ausdruckprotokoll]. In der Symbolleiste ist sie rechts neben dem Drucker-Button zu finden.

Es erscheint ein Dialog, in dem wir ein *Muster* als Vorlage für das neue Ausdruckprotokoll wählen können.



Bild 8.1: Dialog Neues Ausdruckprotokoll

Wir akzeptieren das Muster 1 - Eingabe und reduzierte Ergebnisse und lassen mit [OK] die Druckvorschau erstellen.

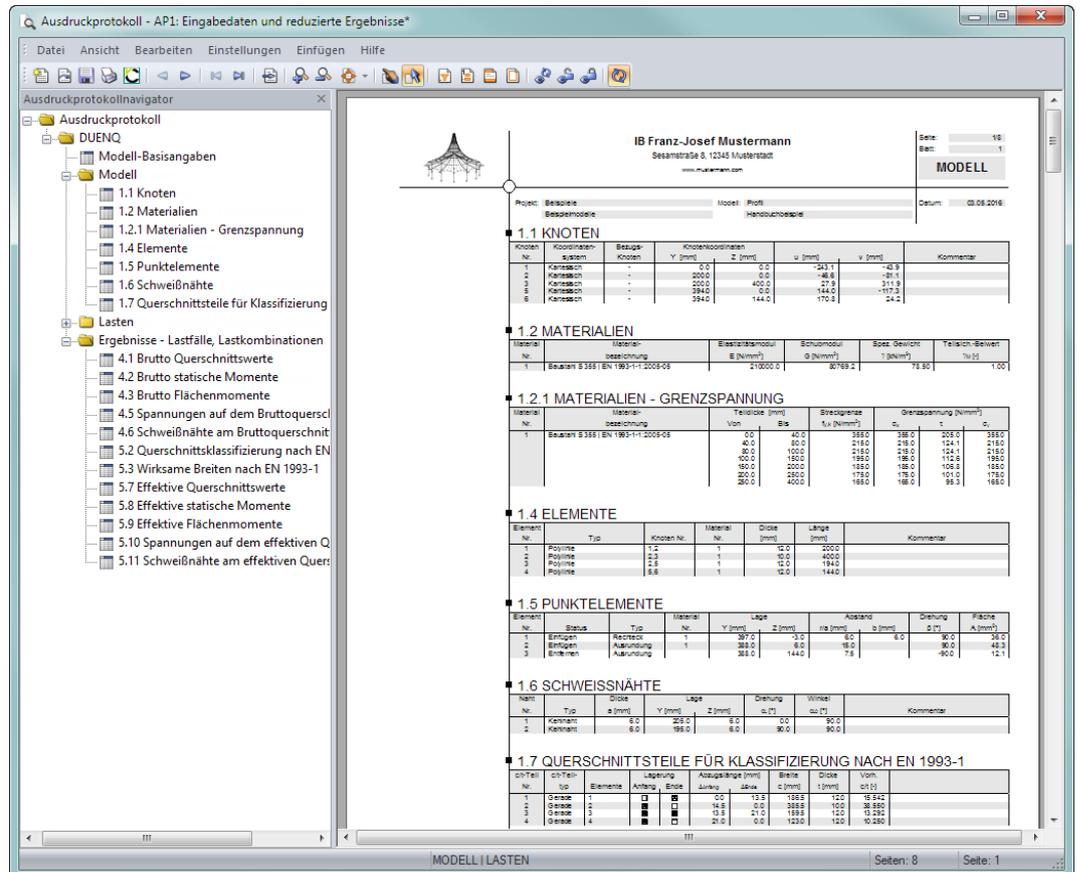


Bild 8.2: Druckvorschau im Ausdruckprotokoll

8.2 Ausdruckprotokoll anpassen

Auch das Ausdruckprotokoll besitzt einen Navigator, der die ausgewählten Kapitel auflistet. Mit einem Klick auf einen Navigatoreintrag wird rechts der Inhalt dieses Kapitels angezeigt.

Die voreingestellten Inhalte können individuell angepasst werden. Für unser Beispiel ändern wir die Ausgabe der Querschnittswerte: Wir klicken das Kapitel *Ergebnisse - Lastfälle, Lastkombinationen* mit der rechten Maustaste an und wählen im Kontextmenü die *Selektion...*

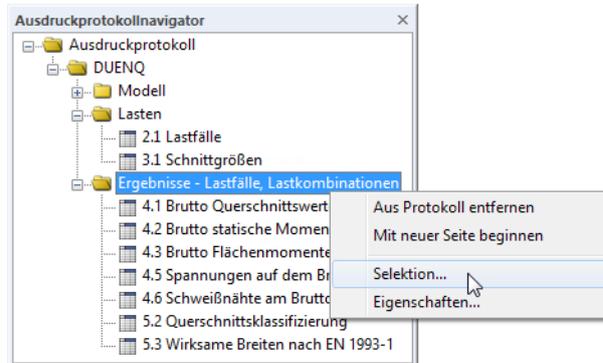


Bild 8.3: Kontextmenü *Ergebnisse - Lastfälle, Lastkombinationen*

Im Dialog *Ausdruckprotokoll-Selektion*, Register *LF-/LK-Ergebnisse* entfernen wir die Häkchen von den Tabellen **5.8 Effektive statische Momente** und **5.9 Effektive Flächenmomente**.

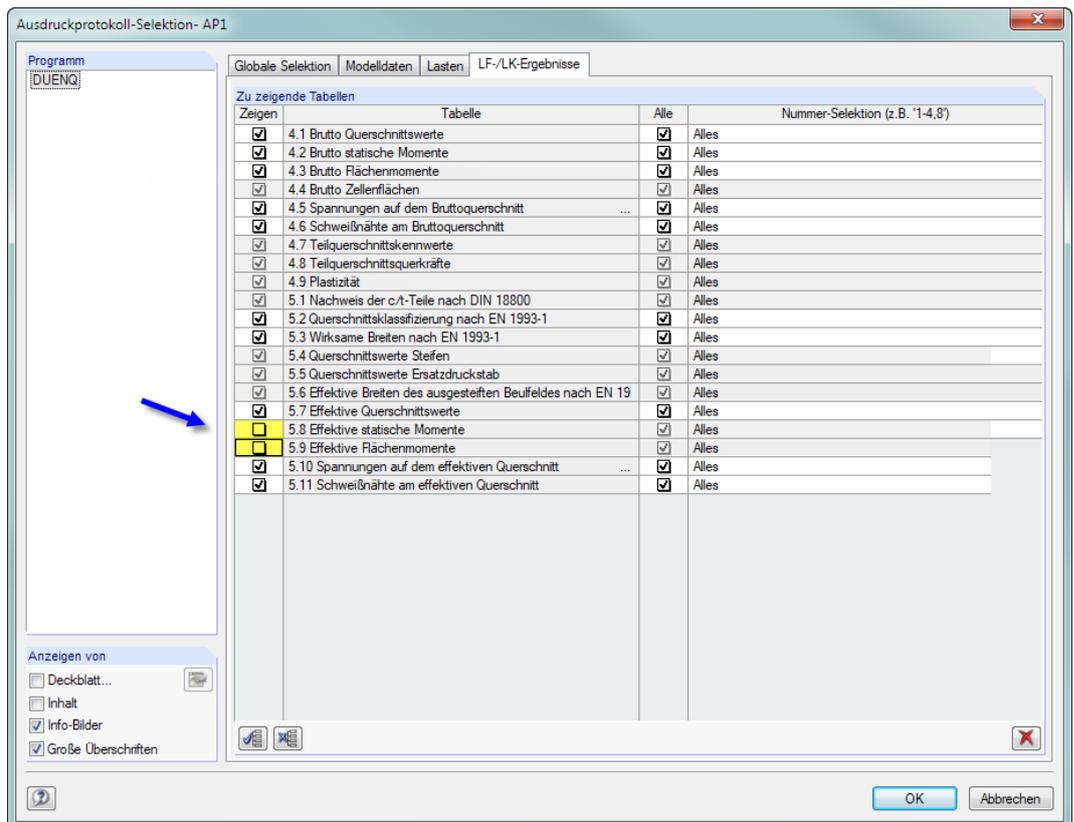


Bild 8.4: Statische Momente und Wölbflächen deaktivieren über *Ausdruckprotokoll-Selektion*

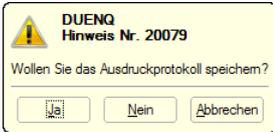
Nach dem Bestätigen des Dialogs wird die Druckvorschau entsprechend angepasst.

Ein Kapitel lässt sich im Navigator mit der Maus an eine andere Stelle verschieben (Drag-and-Drop). Das Löschen eines Kapitels ist auch über das Kontextmenü (siehe Bild 8.3) oder mit der [Entf]-Taste möglich.

8.3 Grafiken in Ausdruckprotokoll drucken

Häufig werden Grafiken in den Ausdruck integriert, die die Dokumentation veranschaulichen.

Statische Momente drucken



Wir schließen das Ausdruckprotokoll mit .

Die Abfrage zum Speichern der Änderungen bestätigen wir mit [Ja] und kehren in das DUENQ-Arbeitsfenster zurück.

Zuletzt waren die Ergebnisverläufe der statischen Momente S_u und S_v eingestellt (siehe Bild 7.13, Seite 32). Wir drucken diese beiden Grafiken in das Ausdruckprotokoll über Menü

Datei → **Grafik drucken**



oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

Im Dialog *Grafikausdruck* stellen wir die Druckvorgaben wie in Bild 8.5 gezeigt ein. Als *Grafik-Überschrift* tragen wir **Statische Momente** ein.

Die *Fenster-Anordnung* beim Drucken mehrerer Fenster lässt sich über die Schaltfläche beeinflussen. Wir stellen die Option **3)** ein, um die beiden Grafiken untereinander zu drucken.

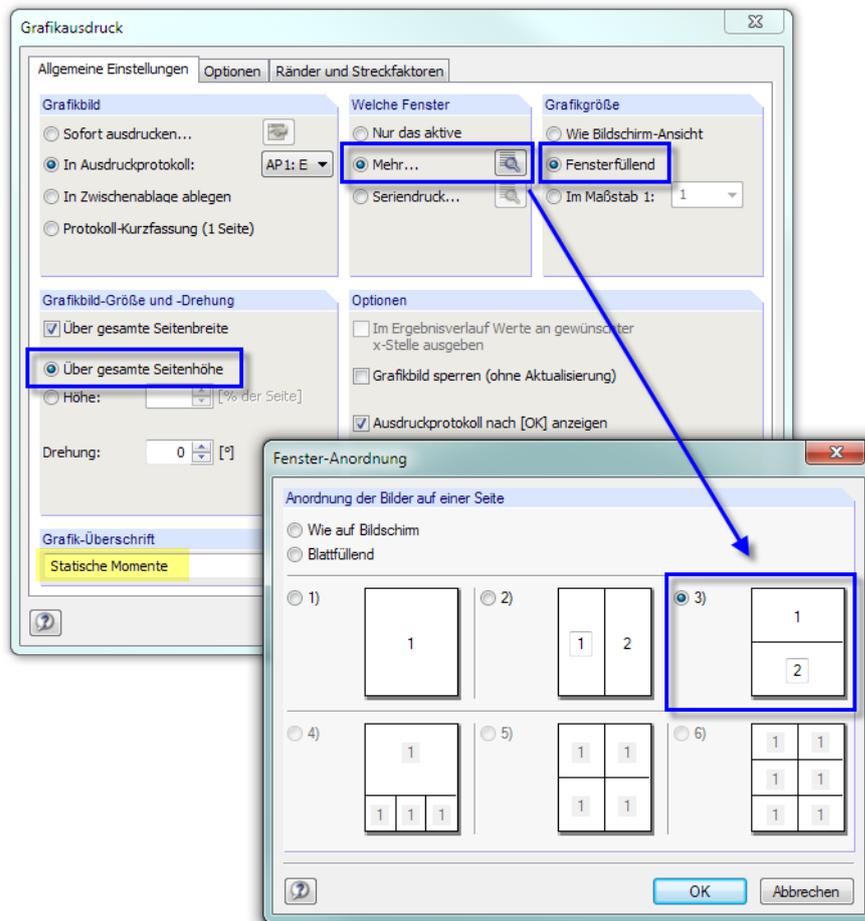


Bild 8.5: Dialoge *Grafikausdruck* und *Fenster-Anordnung*

Die Voreinstellungen der übrigen Register lassen wir unverändert.

Mit [OK] drucken wir dann die beiden Verläufe der statischen Momente in das Ausdruckprotokoll. Die Grafiken werden am Ende des Kapitels *Ergebnisse - Lastfälle, Lastkombinationen* platziert.

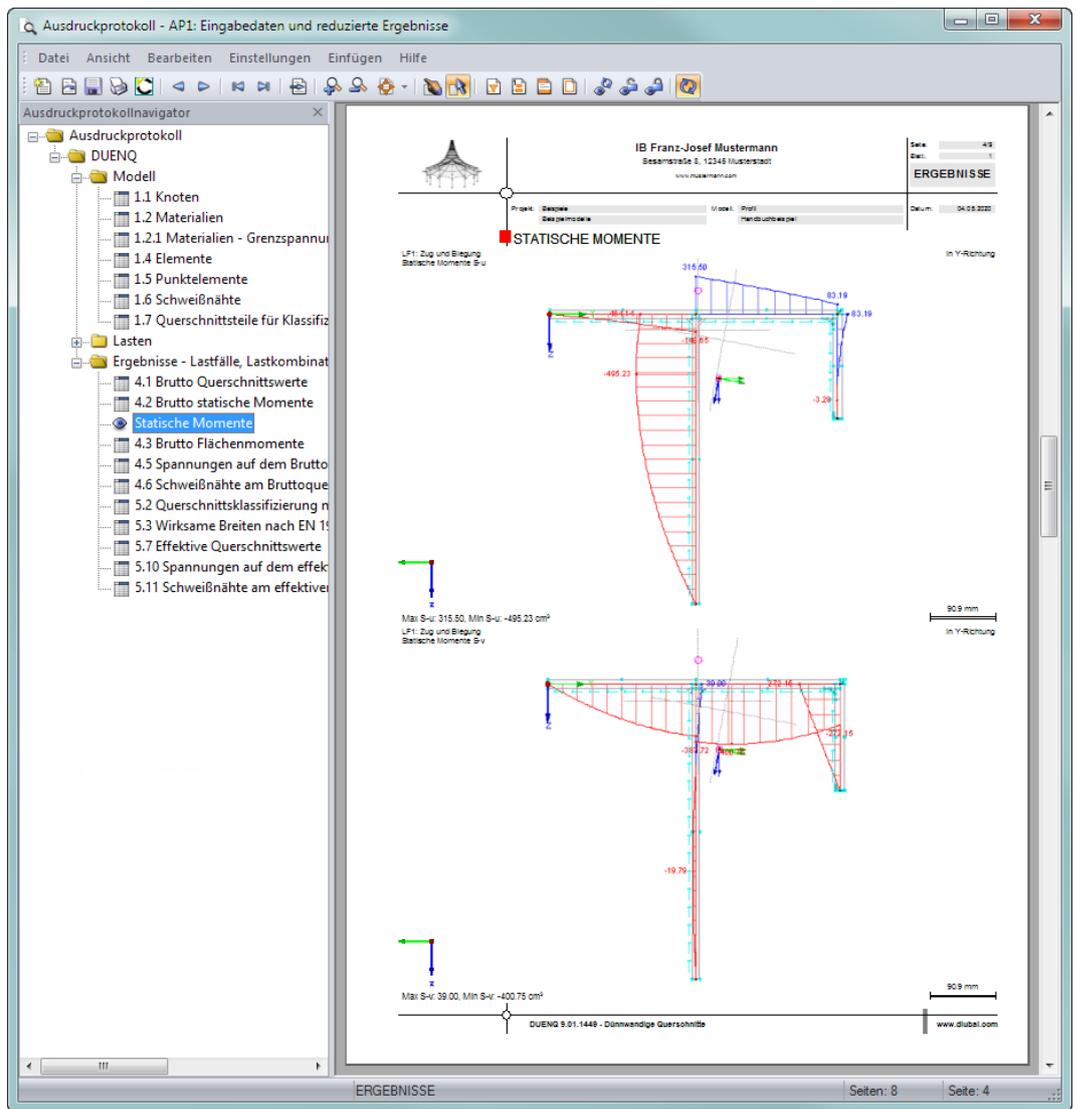


Bild 8.6: Statische Momente im Ausdruckprotokoll

Wir verschieben die Grafik mit Drag-and-Drop (gedrückte linke Maustaste) zum Eintrag *Brutto statische Momente*.

Vergleichsspannungen drucken

Wir schließen das Ausdruckprotokoll wieder und speichern die Änderungen.

Im DUENQ-Arbeitsfenster schließen wir nun eines der Fenster mit . Falls eine Abfrage zum Speichern der Daten erscheint, bestätigen wir sie mit [Ja].

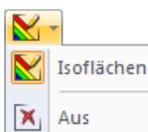
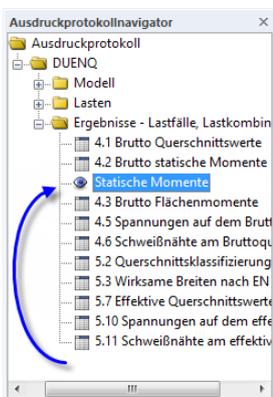
Das verbliebene Fenster maximieren wir mit .

Mit der Schaltfläche oder der Funktionstaste [F8] stellen wir das Profil fensterfüllend dar.

Wir lassen nun die **Vergleichsspannungen** σ_v des LF2 anzeigen. Die Anzeige der *Wirksamen Teile* schalten wir **ein**.

Für die farbige Darstellung der Spannungen wählen wir wieder die [Isoflächen].

Mit der Schaltfläche rufen wir wieder den Dialog *Grafikausdruck* auf (siehe Bild 8.7).



Für den Druck setzen wir die *Höhe* des Grafikbildes auf **50 %**. Damit wird für die Grafik genau eine halbe Seite im Ausdruckprotokoll verwendet. Die Grafik drucken wir *Im Maßstab 1:5*.

Spannungen sigma-v [N/mm²]
LF2: Druck und Biegung

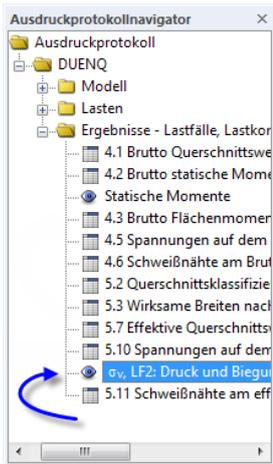
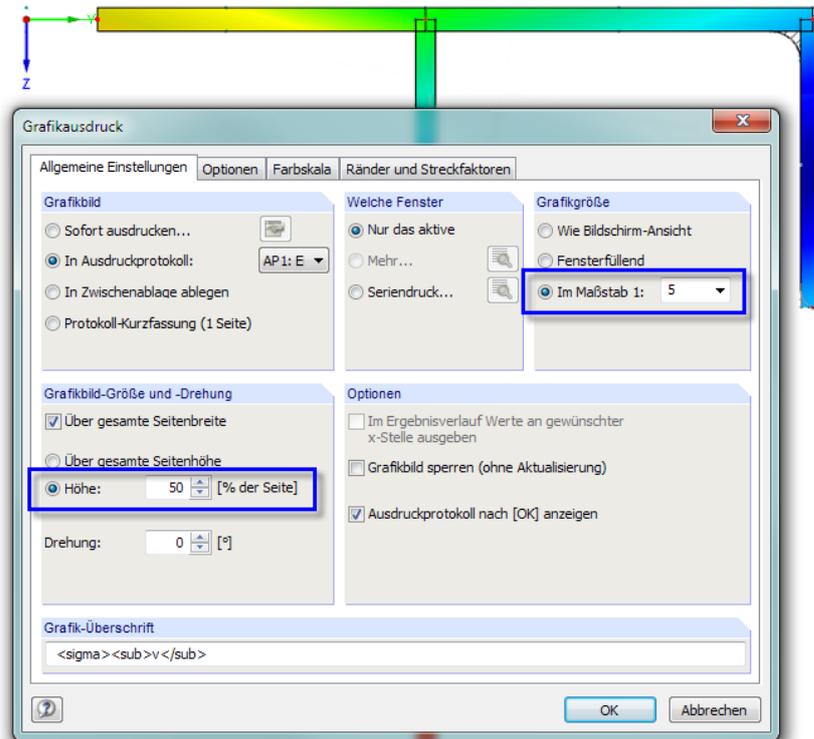


Bild 8.7: Drucken der Vergleichsspannungen

Mit [OK] wird die Grafik in das Ausdruckprotokoll gedruckt und wieder am Ende eingefügt. Wir verschieben sie zu den *Spannungen auf dem effektiven Querschnitt*.

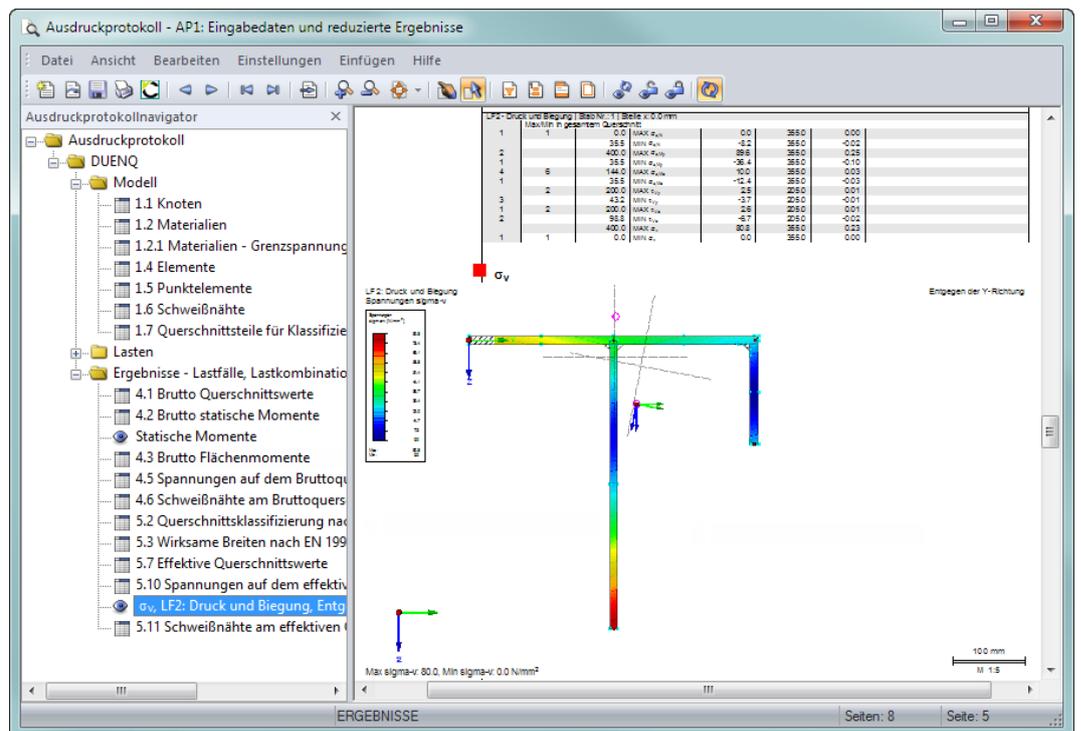


Bild 8.8: Grafik der Vergleichsspannungen im Ausdruckprotokoll

Ausdruckprotokoll drucken



Wir können das Ausdruckprotokoll nun mit der Schaltfläche [Drucken] zum Drucker schicken.

Der integrierte PDF-Drucker ermöglicht es, die Daten des Ausdruckprotokolls auch als PDF-Datei auszugeben. Wir nutzen diese Funktion über das Ausdruckprotokoll-Menü

Datei → Export in PDF.

Im Windows-Dialog *Speichern unter* geben wir den Speicherort und Dateinamen an.



Mit dem [Speichern] wird eine PDF-Datei mit Lesezeichen erzeugt, die das Navigieren im digitalen Dokument erleichtern.

The screenshot shows the Adobe Acrobat Reader interface with a PDF document titled 'Profil.pdf'. The left sidebar contains a 'Lesezeichen' (Table of Contents) with the following structure:

- Ausdruckprotokoll
 - DUENQ
 - Modell-Basisangaben
 - Modell
 - 1.1 Knoten
 - 1.2 Materialien
 - 1.2.1 Materialien - Grenzsp.
 - 1.4 Elemente
 - 1.5 Punktelemente
 - 1.6 Schweißnähte
 - 1.7 Querschnittsteile für Klü
 - Lasten
 - 2.1 Lastfälle
 - 3.1 Schnittgrößen
 - Ergebnisse - Lastfälle, Lastkon
 - 4.1 Brutto Querschnittswer
 - 4.2 Brutto statische Mome
 - Statische Momente
 - 4.3 Brutto Flächenmoment
 - 4.5 Spannungen auf dem B
 - 4.6 Schweißnähte am Brutt
 - 5.2 Querschnittsklassifizier
 - 5.3 Wirksame Breiten nach
 - 5.7 Effektive Querschnittsw
 - 5.10 Spannungen auf dem
 - sigma-v
 - 5.11 Schweißnähte am effe

The main content area displays the technical report for 'IB Franz-Josef Mustermann' (Sesamstraße 8, 12345 Musterstadt). The report includes a title page with 'MODELL' and 'Datum: 08.05.2020'. The main body contains sections for 'MODELL-BASISANGABEN' and '1.1 KNOTEN'. The '1.1 KNOTEN' section includes a table with the following data:

Nr.	Knoten-System	Bezugsknoten	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	u [mm]	v [mm]	W [mm]	Kommentar
1	Kartesisch	-	0,0	0,0	0,0	-243,1	-43,9		
2	Kartesisch	200,0	0,0	0,0	0,0	-46,6	-81,1		
3	Kartesisch	200,0	400,0	0,0	0,0	27,9	311,9		
4	Kartesisch	-	231,4	86,5	0,0	0,0	-6,1		
5	Kartesisch	-	394,0	144,0	0,0	170,5	24,2		
6	Kartesisch	-	231,4	-32,9	0,0	-45,1	-113,9		
7	Kartesisch	-	240,5	32,2	0,0	10,4	1,9		
8	Kartesisch	-	240,5	-30,0	0,0	-48,3	-119,4		

The report also includes sections for '1.2 MATERIALIEN' and '1.2.1 MATERIALIEN - GRENZSPANNUNG', which provide material properties and stress limits for the profile 'DUENQ 9.02.00 - Dünnwandige Querschnitte'.

Bild 8.9: Ausdruckprotokoll als PDF-Datei mit Lesezeichen

9 Ausblick

Wir sind nun am Ende unseres Beispiels angekommen. Diese Einführung soll Ihnen den Zugang zu DUENQ erleichtert und Ihre Neugier auf noch unbekannte Funktionen geweckt haben. Die ausführliche Programmbeschreibung finden Sie im DUENQ-Benutzerhandbuch, das im [Downloadbereich](#) unserer Website zur Verfügung steht.

Über das Menü **Hilfe** oder [F1] können Sie die Online-Hilfe des Programms aufrufen und wie im Handbuch nach bestimmten Begriffen suchen. Diese Online-Hilfe basiert auf dem DUENQ-Handbuch.

Gerne können Sie sich mit Ihren Fragen auch an unsere E-Mail-Hotline wenden. Oder stöbern Sie in den [FAQs](#) oder der [Knowledge Base](#) auf unserer Website.



Den Beispielquerschnitt können Sie in ein RSTAB- oder RFEM-Modell einlesen und auch für die Nachweise in den Zusatzmodulen RF-/STAHL oder RF-/STAHL EC3 verwenden.

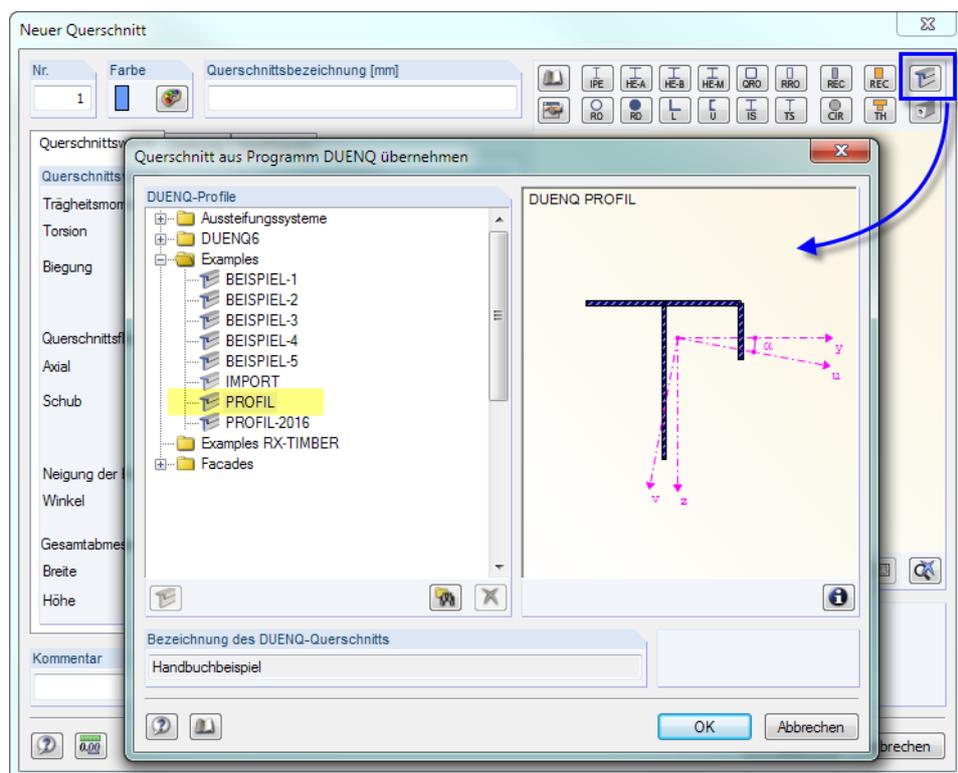


Bild 9.1: DUENQ-Profil in RSTAB/RFEM einlesen

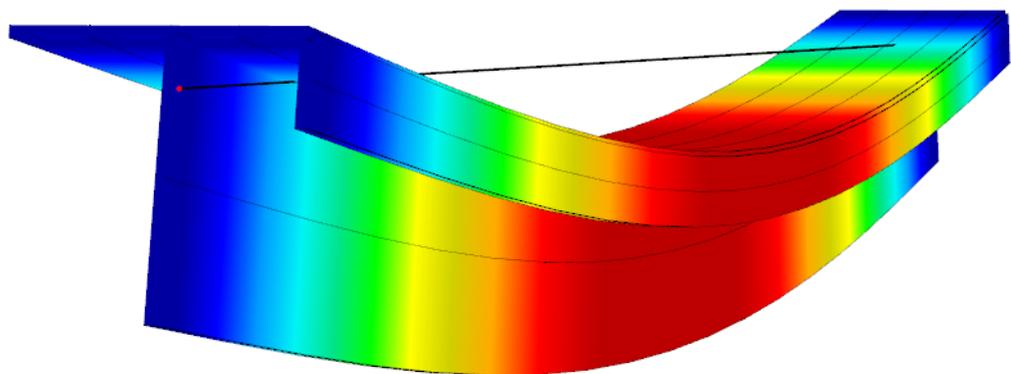


Bild 9.2: Verformungen im Modell von RSTAB/RFEM