Ingenieur-Software
Dlubal

Fassung
Januar 2013

Programm

DUENQ 7

Querschnittswerte und Bemessung von dünnwandigen Querschnitten

Programm-Beschreibung

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

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

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

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

Inhalt Seite

1.	**Einleitung**	**6**
1.1	Über DUENQ	6
1.2	DUENQ-Team	7
1.3	Übersicht über das Handbuch	7
2.	**Installation**	**8**
2.1	Systemanforderungen	8
2.2	Installationsvorgang	8
3.	**Einführungsbeispiel**	**13**
3.1	Querschnitt und Belastung	13
3.2	Eingabe	14
3.2.1	Projekt und Querschnitt anlegen	14
3.2.2	Elemente setzen	16
3.2.3	Elemente bearbeiten	17
3.2.4	Profil setzen	18
3.2.5	Elemente spiegeln	20
3.2.6	Punktelemente setzen und löschen	21
3.2.7	Plausibilitätskontrolle und Speichern	22
3.2.8	Eingabetabellen kontrollieren	23
3.2.9	Material ändern	24
3.2.10	Schnittgrößen definieren	24
3.3	Berechnung	25
3.4	Ausgabe	25
3.4.1	Ergebnisse auswählen	26
3.4.2	Ergebnisfenster anordnen	28
3.4.3	Ausdruckprotokoll	29
4.	**Definition des Querschnitts**	**32**
4.1	Knoten	32
4.2	Materialien	32
4.3	Profile	32
4.4	Elemente	33
4.5	Punktelemente	33
4.6	c/t-Teile	33
5.	**Benutzeroberfläche**	**34**
5.1	Menüleiste	34
5.2	Werkzeugleisten und Auswahllisten	35
5.3	Arbeitsfenster, Navigator, Tabellen	35
5.4	Statusleiste	35
5.5	Tastaturfunktionen	35
6.	**Pulldownmenüs**	**36**
6.1	Datei [Alt+D]	36
6.2	Bearbeiten [Alt+B]	40

6.3 Ansicht [Alt+A] 55
6.4 Einfügen [Alt+E] 59
6.5 Ergebnisse [Alt+G] 70
6.6 Extras [Alt+X] 74
6.7 Einstellungen [Alt+U] 78
6.8 Tabellen [Alt+T] 83
6.9 Fenster [Alt+F] 86
6.10 Hilfe [Alt+H] 87
7. Tabellen 90
7.1 Eingabetabellen 90
7.1.1 Tabelle 1.1 *Knoten* 90
7.1.2 Tabelle 1.2 *Materialien* 91
7.1.3 Tabelle 1.3 *Profile* 93
7.1.4 Tabelle 1.4 *Elemente* 94
7.1.5 Tabelle 1.5 *Punktelemente* 95
7.1.6 Tabelle 1.6 *c/t-Teile* 96
7.1.7 Tabelle 1.7 *Schnittgrößen* 97
7.2 Ausgabetabellen 99
7.2.1 Tabelle 2.1 *Querschnittskennwerte* 99
7.2.2 Tabelle 2.2 *Querschnittsverläufe* 111
7.2.3 Tabelle 3.1 *Normalspannungen* 114
7.2.4 Tabelle 3.2 *Schubspannungen* 116
7.2.5 Tabelle 3.3 *Vergleichsspannungen* 119
7.2.6 Tabelle 4.1 *Plastische Tragfähigkeit* 120
7.2.7 Tabelle 5.1 *Überprüfung von grenz c/t* 124
7.2.8 Tabelle 6.1 *Teilquerschnittskennwerte* 126
7.2.9 Tabelle 6.2 *Teilquerschnittsquerkräfte* 127
7.2.10 Tabelle 5.1 *Querschnittsklassifizierung* 130
7.2.11 Tabelle 5.2 *Wirksame Breiten* 134
7.2.11.1 DIN 18800 134
7.2.11.2 EN 1993-1 137
8. Ergebnisauswertung 140
9. Bemaßungen, Kommentare 141
9.1 Bemaßungen 141
9.2 Kommentare 141
10. Projekt-Manager 142
10.1 Fenster 142
10.2 Pulldownmenüs 143
10.2.1 Projekt [Alt+R] 143
10.2.2 Querschnitt [Alt+Q] 144
10.2.3 Bearbeiten [Alt+B] 144
10.2.4 Daten archivieren [Alt+D] 144
10.2.5 Ansicht [Alt+A] 145

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

11. Ausdruckprotokoll 146
11.1 Ausdruckprotokoll erstellen 146
11.1.1 Selektion Ausdruckprotokoll 147
11.1.2 Druck-Navigator, Kontextmenü 150
11.2 Kurzausdruck 151
11.3 Pulldownmenüs 152
11.3.1 Datei [Alt+D] 152
11.3.2 Bearbeiten [Alt+B] 153
11.3.3 Ansicht [Alt+A] 154
11.3.4 Einfügen [Alt+E] 155
11.3.5 Einstellungen [Alt+U] 156
11.3.6 Hilfe [Alt+H] 156
12. Import 157
12.1 DOS-Dateien *.inp 157
12.2 ASCII-Dateien *.dxf 159
13. Beispiele 160
13.1 KANT 160
13.2 BRÜCKE 162
13.3 KUPPEL 163
13.4 HOCHHAUS 164
13.5 KONSOLE 165
A: Literaturverzeichnis 168

1. Einleitung

1.1 Über DUENQ

Sehr verehrte Anwender von DUENQ,

bei der Neuauflage des Programms DUENQ (**DUEN**nwandige **Q**uerschnitte) haben wir uns die Prioritäten Qualität und Benutzerfreundlichkeit vorgegeben.

Die Leistungsfähigkeit des Programms zeichnet sich unter anderem durch folgende Merkmale aus:

- Tabellarische, dialoggesteuerte und grafisch interaktive Eingabe
- Simultane und absolut gleichwertige Anzeige von Grafik und Tabellen
- Setzen von Profilen aus einer umfangreichen Querschnittsbibliothek
- Generierung von Kreisrohren und Rechteck-Hohlprofilen
- Verschiedene Bearbeitungstools
- Vielfältige Selektionsmöglichkeiten
- Berechnung der Querschnittswerte offener und geschlossener Profile
- Berechnung nicht zusammenhängender Querschnitte nach der Theorie aussteifender Systeme
- Ermittlung der Normal-, Schub- und Vergleichsspannungen
- Berücksichtigung der Lage der gebundenen Drillachse in der Berechnung
- Übernahme der Lastfälle und Schnittgrößen aus RSTAB/RFEM
- Übernahme der Querschnittswerte nach RSTAB/RFEM und in die Bemessungsmodule
- Benutzerdefinierte Bemaßungen und Kommentare
- Projekt-Manager zur übersichtlichen Datenverwaltung
- Ausdruckprotokoll mit individuellen Gestaltungsmöglichkeiten
- Modellierung der Querschnittsgeometrie durch Bogen- und Punktelemente
- DXF-Import von Konturen oder Mittellinien der zu modellierenden Profile
- Einführung einer nullfreien effektiven Elementdicke für die Schubübertragung
- Anwendung des Simplexalgorithmus für die Beurteilung der plastischen Querschnittstragfähigkeit bei einer beliebigen Schnittgrößenkombination
- Festlegung der (c/t)-Teile und Überprüfung der Grenzwerte grenz (c/t) bei den Nachweisverfahren el-el, el-pl und pl-pl nach DIN 18800
- Darstellungsmöglichkeit von farbigen Ergebnisverläufen
- Einstellbarkeit der **y**-Achsenausrichtung
- Ermittlung der wirksamen Querschnittswerte nach EN 1993-1-1, EN 1993-1-5 oder EN 1999-1-1
- Darstellungsoption von Querschnittskontur und Trägheitsellipse
- Benutzerdefinierte Anpassung der Icons und Auswahllisten in den Werkzeugleisten

Wir hoffen, dass das neue Programm Ihre Arbeit erleichtern und mit Erfolg belohnen wird. Ihre Verbesserungsvorschläge und Wünsche aus der praktischen Anwendung sind uns für die Weiterentwicklung von DUENQ immer willkommen.

Viel Freude bei der Arbeit mit DUENQ wünscht Ihnen

Ihr Team von ING.-SOFTWARE DLUBAL GMBH

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

1.2 DUENQ-Team

Folgende Personen waren an der Entwicklung von DUENQ beteiligt:

- Programmkoordinierung:
  - Dipl.-Ing. Georg Dlubal
  - Ing. Jan Rybín, Ph.D.
  - Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl
- Programmierung:
  - RNDr. Vladimír Ulrich
  - Dipl.-Ing. Georg Dlubal
  - Mgr. Petr Oulehle
- Programmkontrolle:
  - Ing. Jan Rybín, Ph.D.
  - Ing. Martin Hlavačka
  - Dipl.-Ing. František Knobloch
- Handbuch und Hilfesystem:
  - Ing. Jan Rybín, Ph.D.
  - Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

1.3 Übersicht über das Handbuch

Das Handbuch gliedert sich in mehrere Kapitel, die jeweils einen Schwerpunkt des Programms beschreiben. Wir gehen davon aus, dass Sie mit den Grundsätzen der Festigkeitslehre vertraut sind. Windows-bekannte Funktionsabläufe sind nicht erklärt oder mit Hilfethemen unterstützt.

- **Kapitel 1: Einleitung**
  Dieses Kapitel beschreibt in Kurzfassung die Möglichkeiten von DUENQ. Weiter werden hier alle Personen des DUENQ-Teams mit deren Funktionen bei der Entwicklung des Programms aufgelistet.
- **Kapitel 2: Installation**
  Dieses Kapitel informiert Sie über die erforderliche und empfohlene Rechner-Konfiguration für das Programm DUENQ und gibt Ihnen eine schrittweise Anleitung zur Installation dieses Programms.
- **Kapitel 3: Einführungsbeispiel**
  In diesem Kapitel können Sie das Programm DUENQ anhand eines einfachen Beispiels kurz und schnell kennenlernen.
- **Kapitel 4 bis Kapitel 12: Arbeiten mit DUENQ**
  Diese Kapitel vermitteln den Umgang mit DUENQ und erklären ausführlich die Definition des Querschnitts, die Benutzeroberfläche mit Pulldownmenüs, Ein- und Ausgabetabellen und den diversen Programmfunktionen. Ferner werden hier die Verwaltung der DUENQ-Projekte über den Projekt-Manager, die Erstellung der Dokumentation im Ausdruckprotokoll sowie der Import von Profilen aus DOS- und DXF-Dateien beschrieben.
- **Kapitel 13: Beispiele**
  Dieses Kapitel stellt Beispiele vor, die mit DUENQ berechnet wurden. Die Beispiele werden bei der Installation mit auf Ihren Rechner kopiert.

2. Installation

2.1 Systemanforderungen

Folgende Mindestvoraussetzungen sollte Ihr Rechner für die Arbeit mit DUENQ erfüllen:

- Betriebssystem Windows XP/Vista/7
- X86-Prozessor mit 1 GHz
- 512 MB RAM
- DVD-ROM-Laufwerk für die Installation
- 10 GB Festplattenkapazität, davon zirka 80 MB für die Installation
- Grafikkarte mit einer Auflösung von 1024 x 768 Pixel

2.2 Installationsvorgang

Wenn Sie den Anweisungen zum Starten der Installation auf der DVD-Hülle gefolgt sind, erscheint der Eröffnungsbildschirm.

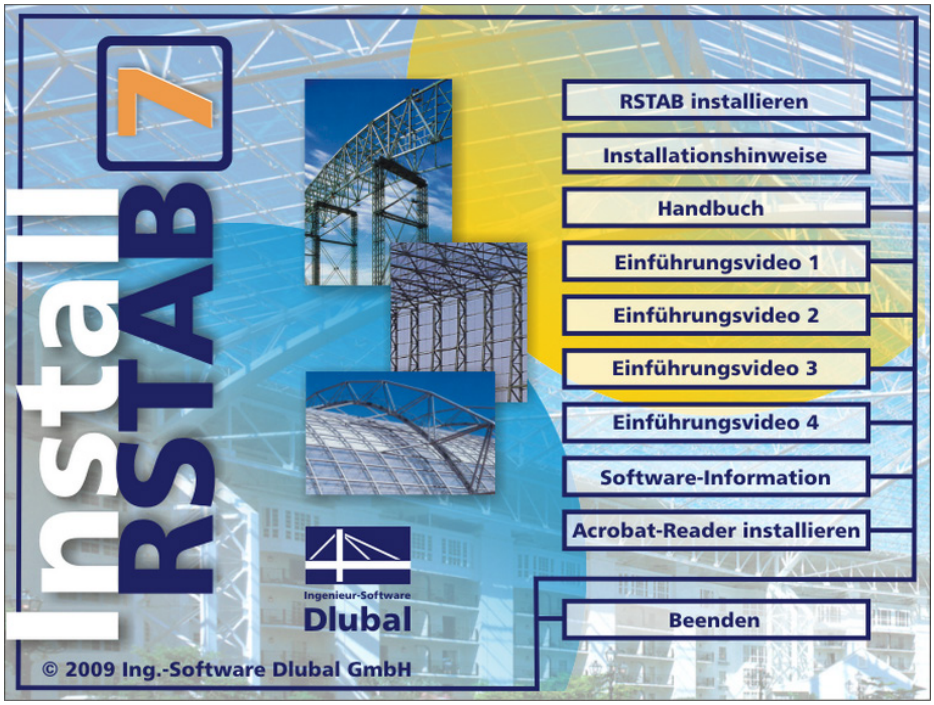


Bild 2.1

Eröffnungsbildschirm

Nach Drücken von [**RSTAB installieren**] wird der Installshield® Wizard vorbereitet.

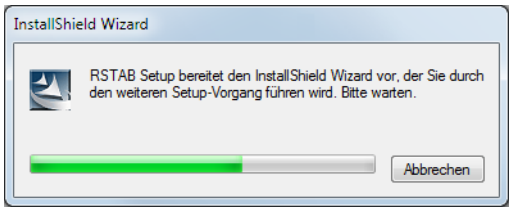


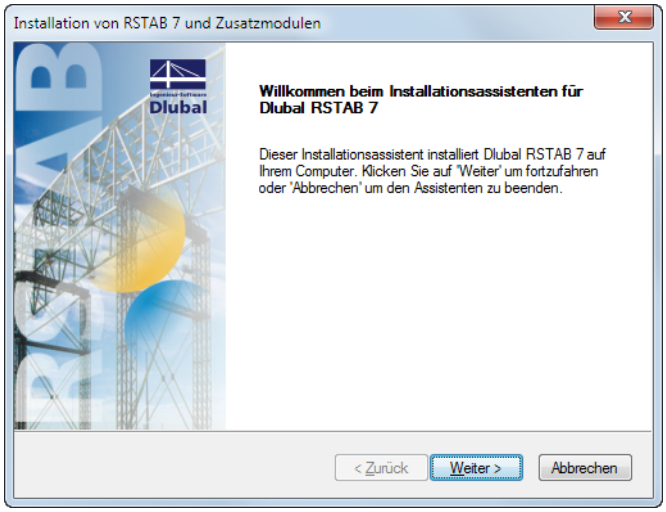
Bild 2.2

InstallShield® Wizard

Die Vorbereitung ist nach kurzer Zeit beendet. Es folgt der Willkommensbildschirm.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

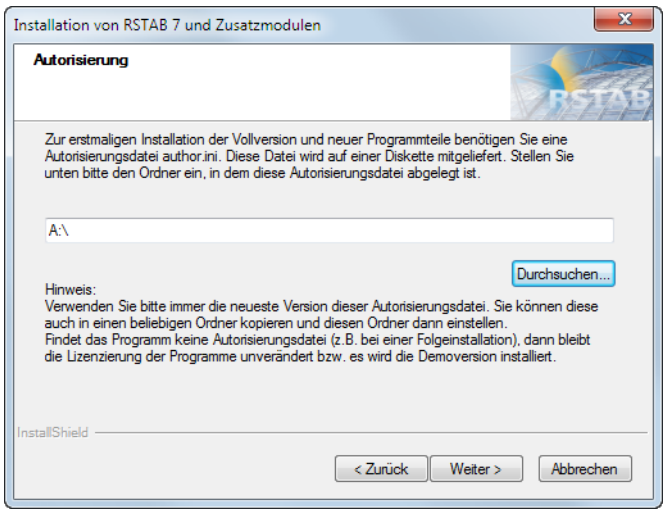
Bild 2.3



Willkommensbildschirm

Drücken Sie [**Weiter >**], um in das Autorisierungsfenster zu gelangen.

Bild 2.4



Autorisierungsdiskette

DUENQ wird durch den mitgelieferten Dongle vor unlizenzierter Nutzung geschützt. Bringen Sie den Dongle bitte an der geeigneten Schnittstelle an. Sofern Dongle und die nun gleichfalls benötigte Autorisierungsdiskette nicht korrespondieren, kann das Programm nur als eingeschränkt funktionsfähige Demoversion installiert werden. Legen Sie die Diskette mit der Autorisierungsdatei namens **AUTHOR.INI** in Ihr Diskettenlaufwerk. Sofern der Pfad zu dieser Datei nicht **A:** lautet, ändern Sie bitte die Eingabezeile entsprechend oder stellen ihn über [**Durchsuchen…**] ein.

Mit der Schaltfläche [**Weiter >**] setzen Sie dann die Installation fort. Die Installationsroutine zeigt Ihnen nun die Ordner an, in die die Programmdateien und die Demobeispiele installiert werden.

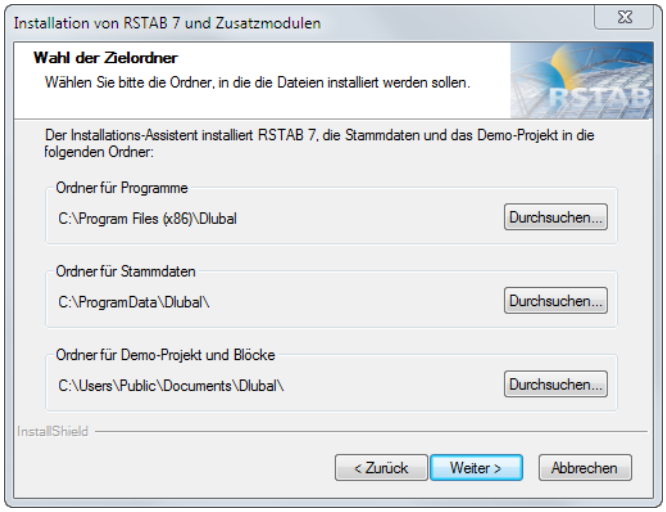


Bild 2.5

Wahl der Zielordner

Wenn Sie die DLUBAL-Anwendungen in einen anderen als den von der Installationsroutine vorgeschlagenen Ordner installieren möchten, so können Sie diesen über [**Durchsuchen...**] abändern. Steht der Zielpfad fest, so drücken Sie [**Weiter >**].

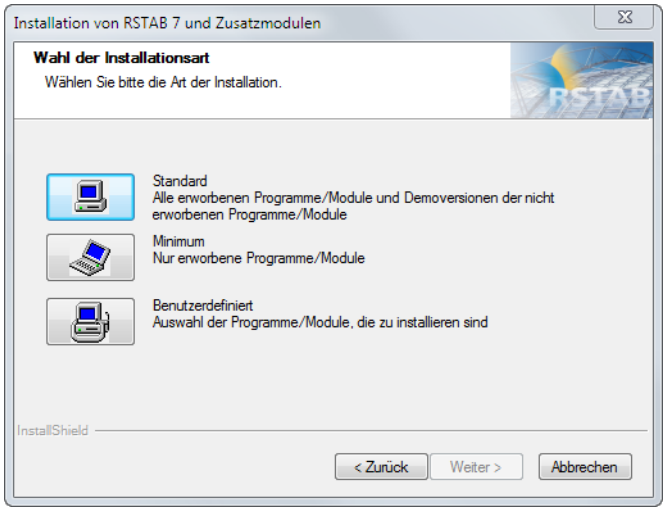


Bild 2.6

Installationsart

Das Installationsprogramm erkennt anhand der Autorisierungsdiskette, welche DLUBAL-Anwendungen als Vollversionen installiert werden können. [**Standard**] installiert alle mitgelieferten Module sowie die Demoversionen weiterer DLUBAL-Anwendungen. [**Minimum**] installiert nur die für Sie lizenzierten Programme, während Sie mit [**Benutzerdefiniert**] selbst entscheiden können, welche Programme installiert werden. Entscheiden Sie sich hier für eine der drei Optionen.

Sie gelangen zur Wahl des Ordners für die DLUBAL-Anwendungen oder bei benutzerdefinierter Installation zur Wahl der Komponenten.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

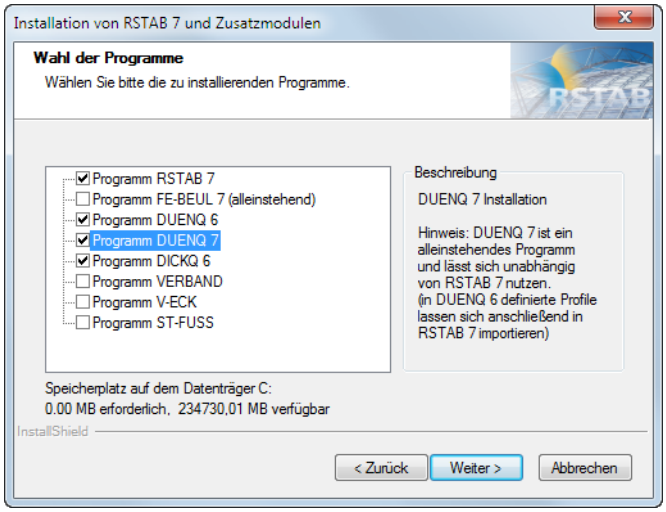


Bild 2.7

Komponenten wählen

Treffen Sie aus den angebotenen Komponenten eine Auswahl und bestätigen diese mit [**Weiter >**].

Bevor nun die Installation beginnt, müssen Sie noch einen Programmordner für das Windows-Startmenü benennen.

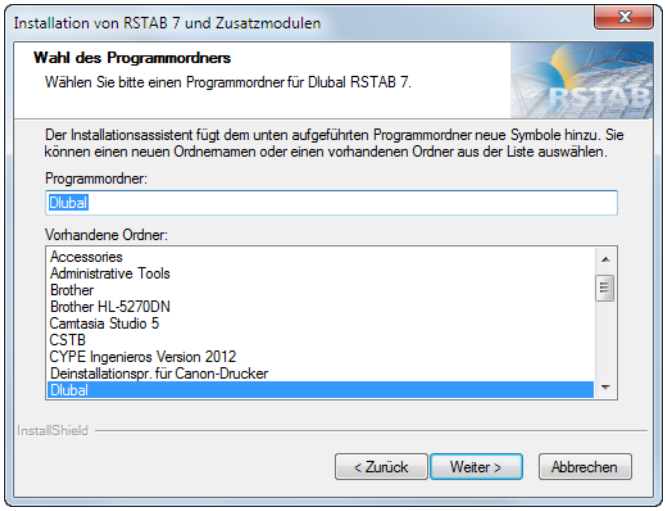
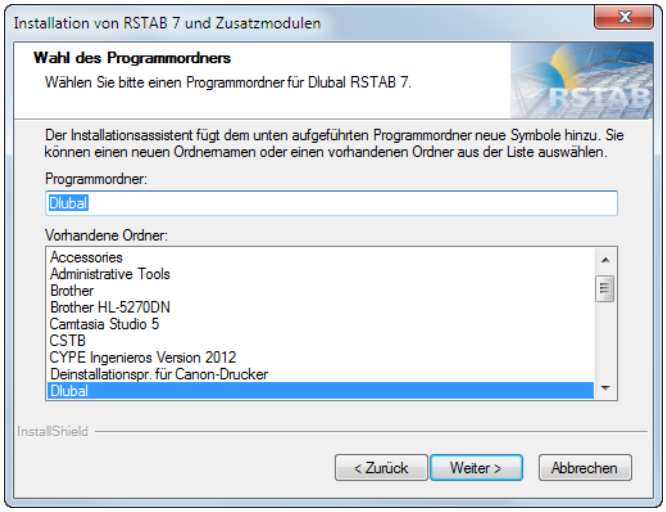


Bild 2.8

Programmordner auswählen

Ist dies geschehen, können Sie mit [**Weiter >**] entscheiden, welche Zusatzoptionen installiert werden sollen.

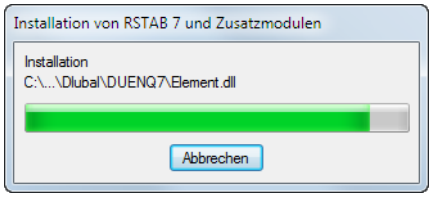
Bild 2.9



Zusatzoptionen auswählen

Steht die Auswahl fest, können Sie nun das Programm [**Installieren**].

Bild 2.10



Installation von RSTAB und Zusatzmodulen

Über den Balken im Installations-Fenster können Sie den Verlauf der Installation verfolgen. Sofern keine Probleme bei der Installation auftreten, erscheint der Schlussbildschirm. Die Installation schließen Sie nun mit [**Beenden**] ab.

Bild 2.11

Schlussbildschirm

Auf dem Windows-Desktop finden Sie das von der Installationsroutine angelegte DUENQ-Icon, das Sie zum Start von DUENQ doppelklicken können. Sie können aber auch den Weg über das Windows-Startmenü gehen.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

3. Einführungsbeispiel

3.1 Querschnitt und Belastung

In diesem Einführungskapitel können Sie das Programm DUENQ anhand eines einfachen Beispiels kennenlernen. Das Programm starten Sie mit einem Doppelklick auf das Desktop-Icon.

Unser Beispiel **PROFIL** stellt einen Stahlwinkel dar, an den ein ungleichschenkliges Winkelprofil **L 200x100x14** angeschweißt ist. Es sollen die Querschnittswerte und Spannungen von diesem Profil ermittelt werden.

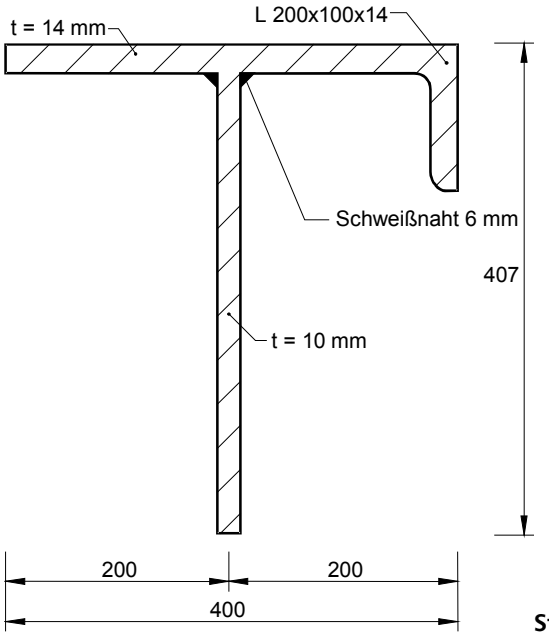


Bild 3.1 **Stahl S 235**

Skizze des Querschnittes PROFIL

Schnittgrößen:	N = 80 kN	bzw.	N = -30 kN
	V_2 = 25 kN		V_2 = -25 kN
	V_3 = 95 kN		V_3 = 95 kN
	M_2 = 50 kNm		M_2 = 50 kNm
	M_3 = 10 kNm		M_3 = -10 kNm

3.2 Eingabe

3.2.1 Projekt und Querschnitt anlegen

Nach dem Start von DUENQ öffnet sich das Arbeitsfenster. Sie werden durch einen Dialog aufgefordert, die Basisangaben für einen neuen Querschnitt festzulegen. Sollte bereits ein Profil voreingestellt sein, schließen Sie bitte den geöffneten Querschnitt durch Anklicken von [**x**] oder über Menü **Datei → Schließen**.

In DUENQ kann man die Querschnitte in verschiedenen Projekten übersichtlich verwalten. Bevor wir mit der Eingabe beginnen, legen wir deshalb zunächst ein neues Projekt und einen neuen Querschnitt an. Sollte der Dialog **Basisangaben** nicht angezeigt werden, wählen Sie bitte im Menü **Datei** den Punkt **Neu** oder klicken den zugehörigen Button an. Es öffnet sich folgender Dialog:

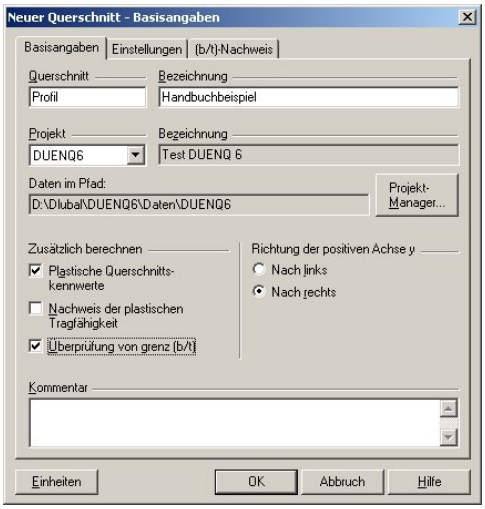


Bild 3.2

Dialog *Neuer Querschnitt - Basisangaben*

Tragen Sie nun bitte den Querschnittsnamen "Profil" und die erläuternde Bezeichnung "Handbuchbeispiel" wie oben dargestellt ein. Haken Sie bei **Zusätzlich berechnen** die Option **Überprüfung von grenz (b/t)** an.

Für das Einführungsbeispiel soll nun das neue Projekt "Handbuch" angelegt werden. Klicken Sie im obigen Fenster auf die Schaltfläche **Projekt-Manager...**, um diesen aufzurufen.

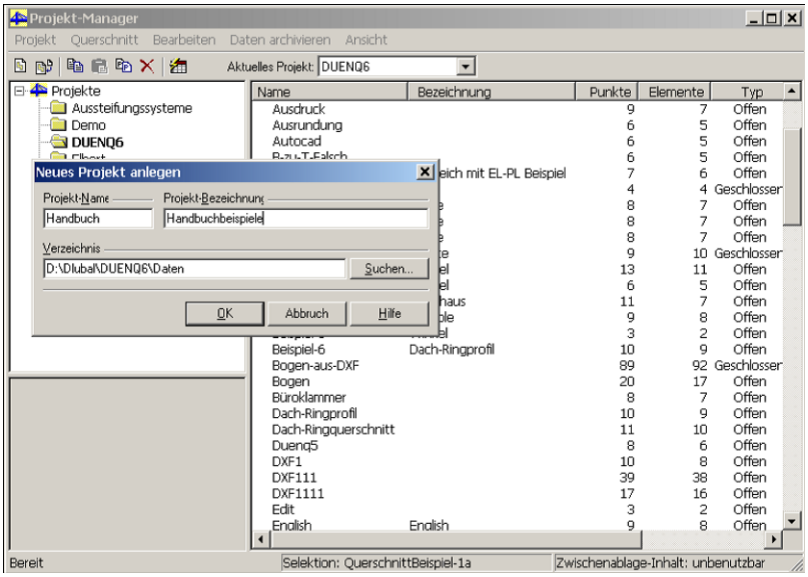


Bild 3.3

Projekt-Manager, Dialog *Neues Projekt anlegen*

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Wenn Sie hier nun im Menü **Projekt** den Punkt **Neu…** wählen, erscheint ein weiteres Fenster, in dem Name und Bezeichnung des Projektes sowie der Verzeichnispfad anzugeben sind. Bitte legen Sie das Projekt "Handbuch" an und siedeln den neuen Ordner über die Schaltfläche **Suchen…** als Unterverzeichnis von **…\DUENQ6\DATEN** an (siehe Bild 3.3). Natürlich können Sie auch einen anderen Ordner wählen, aber achten Sie darauf, dass der Verzeichnispfad mit einem Laufwerksbuchstaben beginnt!

Mit [**OK**] wird das neue Querschnittsprojekt angelegt. Dieses wird automatisch zum aktuellen Projekt (erkennbar an der fetten Darstellung des Projektnamens links im Projekt-Manager).

Schließen Sie nun den Projekt-Manager über **Projekt → Beenden** bzw. [**x**]. Sie gelangen in den Dialog zum Anlegen eines neuen Querschnittes zurück. Klicken Sie hier auf den Registerreiter **Einstellungen** und überprüfen, ob die Angaben folgendem Bild entsprechen.

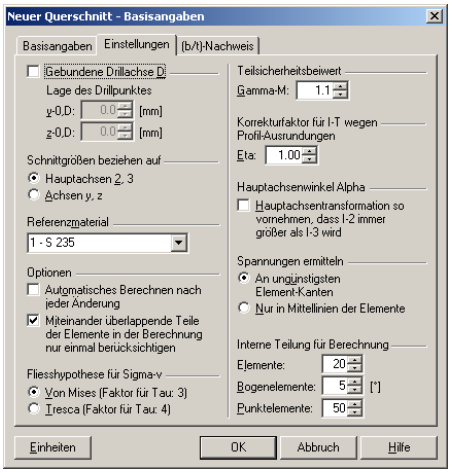


Bild 3.4

Dialog *Neuer Querschnitt - Basisangaben*, Register *Einstellungen*

Klicken Sie anschließend auf den dritten Registerreiter **(b/t)-Nachweis** und wählen als **Nachweisverfahren nach DIN 18 800 Elastisch-Plastisch (Tab. 15)**.

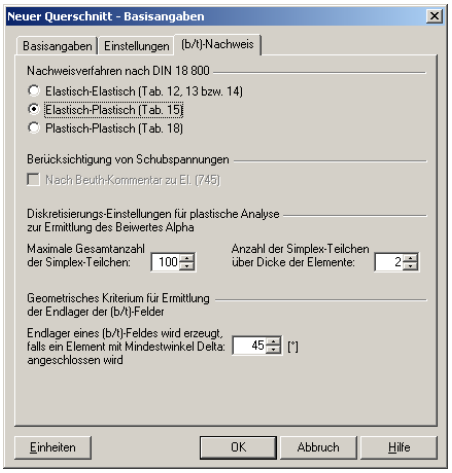


Bild 3.5

Dialog *Neuer Querschnitt - Basisangaben*, Register *(b/t)-Nachweis*

Bestätigen Sie abschließend die Basisangaben zum neuen Querschnitt mit [**OK**]. Wir gelangen zurück zur grafischen Eingabeoberfläche von DUENQ.

3.2.2 Elemente setzen

Zunächst maximieren wir das Arbeitsfenster über den zugehörigen Button in der Leiste. Da noch keine Eingabedaten des neuen Querschnittes vorliegen, erscheint auf dem Bildschirm nur das Achsenkreuz mit den globalen Achsen **y** und **z**. Im unteren Bereich des Arbeitsfensters sehen Sie die numerischen Eingabetabellen mit der aktuellen Tabelle **1.1 Knoten**.

Der Hintergrund ist mit einem Raster überzogen. Dieses lässt sich über Menü **Einstellungen → Raster…** oder den zugehörigen Button einstellen.

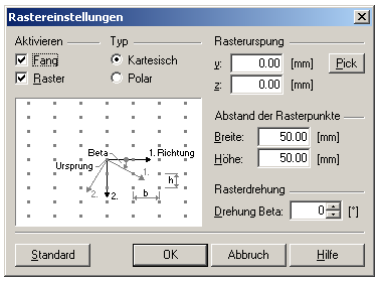


Bild 3.6

Dialog *Rastereinstellungen*

Wir akzeptieren den voreingestellten Abstand der Rasterpunkte von 50 mm mit [**OK**] und beginnen mit der Eingabe des Querschnittes. Wir könnten zunächst die Knoten nacheinander in der Tabelle definieren und sie dann durch Elemente verbinden. Schneller ist jedoch die grafische Eingabe mit dem direkten Setzen von Elementen. Die zugehörigen Knoten werden dabei automatisch gebildet.

Wir wählen im Pulldownmenü **Einfügen → 1.4 Elemente → Grafisch → Polygonmäßig** oder den entsprechenden Button in der Werkzeugleiste. Es erscheint ein Dialog, über den wir ein neues Element setzen können.

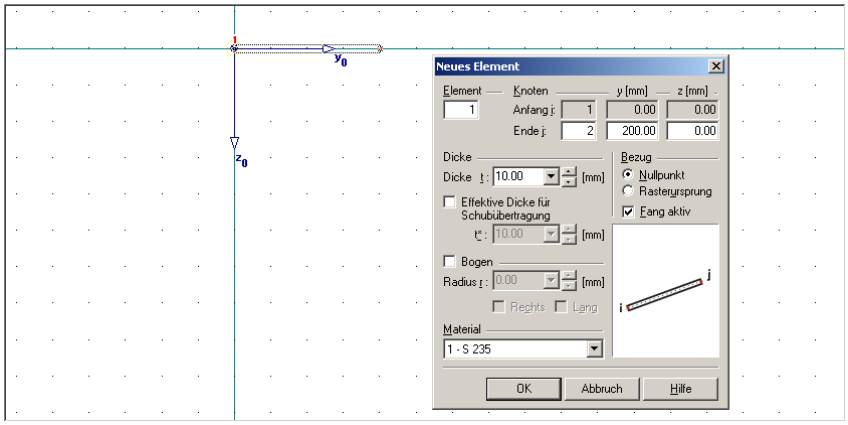


Bild 3.7

Dialog *Neues Element*

Voreingestellt sind bereits die Element- und Knotennummern **1**. Da sich die Knoten-Koordinaten auf den **Nullpunkt** beziehen sollen, akzeptieren wir diese Voreinstellung ebenso wie die Elementdicke **t** von 10.0 mm, die nachträglich angepasst werden soll. Wenn Sie nun die Maus über den Bildschirm bewegen, werden im Fenster die aktuellen Cursor-Koordinaten in den vorgegebenen Rasterschritten von 50 mm angezeigt.

Den Knoten **1** als Anfangspunkt setzen wir mit einem Klick der linken Maustaste genau in den Nullpunkt, das Elementende mit Knoten **2** durch einen weiteren Mausklick an die Stelle **y** = 200.0 mm, **z** = 0.0 mm.

Da wir die Option **Polygonmäßig** gewählt haben, stellt der Knoten **2** gleichzeitig den Anfangsknoten des nächsten Elements Nummer **2** dar, sodass wir mit dem Setzen von Knoten **3** an die Stelle **y** = 200.0 mm, **z** = 400.0 mm fortfahren können.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Wir beenden den Befehl mit einem Klick der rechten Maustaste oder [Esc] und schließen dann das Dialogfenster auf die gleiche Weise. Um die beiden Elemente bildschirmfüllend zu platzieren, klicken wir im Menü **Ansicht** den Punkt **Zeige alles** an bzw. drücken [F8] oder den entsprechenden Button.

Für die weitere Eingabe empfiehlt es sich, die Nummerierung von Knoten und Elementen einzuschalten. Dies geschieht am schnellsten über einen Klick mit der rechten Maustaste in den leeren Bildschirm, der das Kontextmenü aktiviert. Hier haken Sie die **Nummerierung** mit einem Klick der linken Maustaste an.

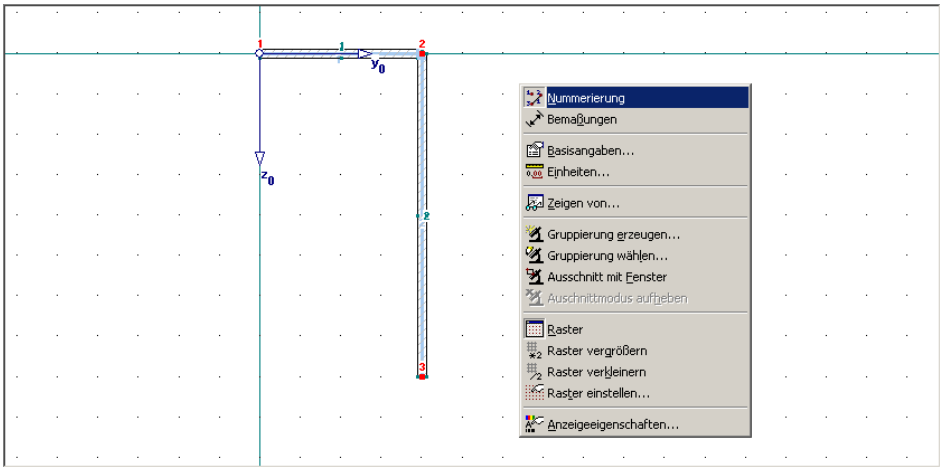


Bild 3.8

Kontextmenü → Nummerierung

3.2.3 Elemente bearbeiten

Wenn Sie mit dem Mauszeiger das Element **1** ansteuern und kurz über diesem Element verweilen, zeigt DUENQ in einem Kurzinfo u. a. die Elementdicke **t** von 10.0 mm an.

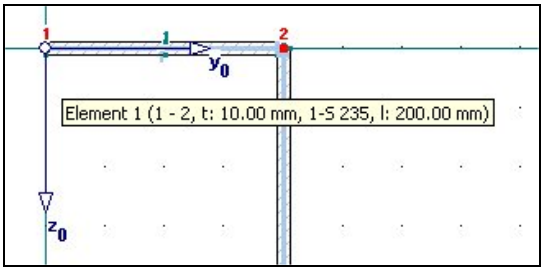


Bild 3.9

Element-Kurzinfo

Da das Element tatsächlich 14.0 mm dick ist, ist eine Korrektur erforderlich. Mit einem Doppelklick auf das Element **1** rufen wir den Dialog **Elemente bearbeiten** auf, in dem sich die Elementeigenschaften modifizieren lassen. Bitte den Rand des Elementes doppelklicken, anderenfalls könnte das (c/t)-Feld aktiviert werden!

Klicken Sie mit der Maus in das Eingabefeld bei **Dicke t**, womit Sie es farbig markieren. Tragen Sie nun über die Tastatur die korrekte Dicke 14.0 mm ein und bestätigen mit [**OK**] (siehe folgendes Bild).

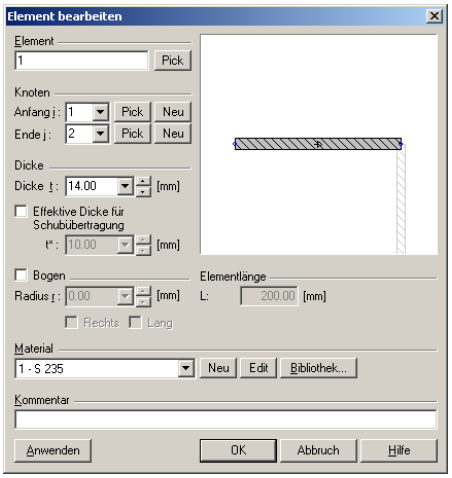


Bild 3.10

Dialog *Element bearbeiten*

Der Querschnitt wird in der Grafik und auch in der Tabelle **1.4 Elemente** aktualisiert.

3.2.4 Profil setzen

Nun soll an das Element **1** ein ungleichschenkliger Winkel **200x100x14** aus der Profilbibliothek angefügt werden. Wählen Sie hierzu das Menü **Einfügen** → **1.3 Profile** → **Grafisch** → **Querschnittsbibliothek** oder klicken den entsprechenden Button in der Werkzeugleiste an, um die Querschnittsbibliothek aufzurufen.

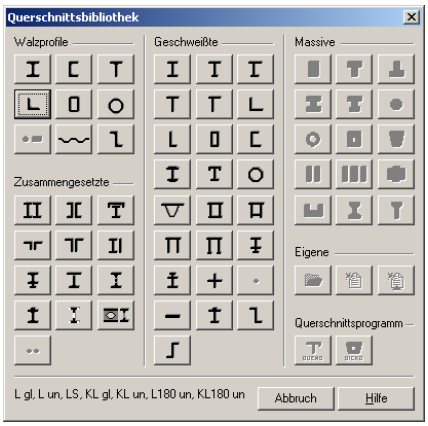


Bild 3.11

Querschnittsbibliothek

Nach Drücken des Buttons für die L-Profile (**Walzprofile**, 2. Zeile links) erscheinen sämtliche Reihen mit L-förmigen Walzprofilen. Wir wählen aus der Reihe **L-ungl., bevorzugende** den Winkel **L 200x100x14** aus, indem wir ans Ende in der Spalte **Profil** scrollen und dann mit [**OK**] bestätigen.

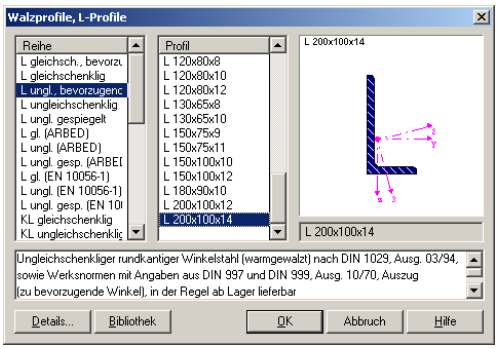


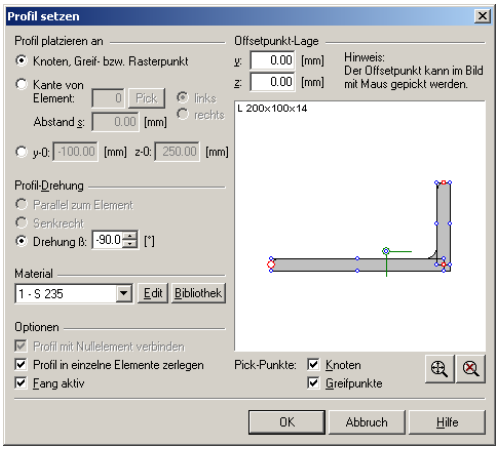
Bild 3.12

Walzprofile, L-Profile

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Es öffnet sich der Dialog **Profil setzen**. Das strichlinienhaft dargestellte Profil lässt sich mit der Maus über den Bildschirm bewegen. Geben Sie nun in diesem Dialog eine **Drehung β** von -90° vor. Dies lässt sich per Tastatur oder durch zweimaliges Anklicken des Buttons [▼] hinter der Winkelangabe erreichen.

Bild 3.13



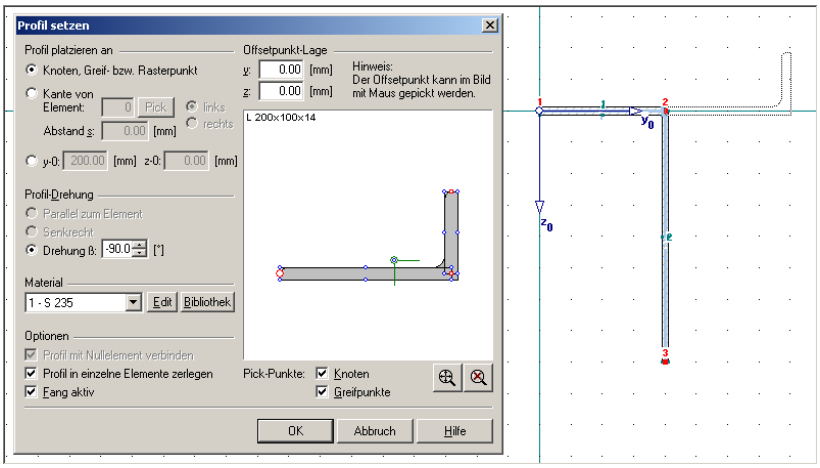
Dialog *Profil setzen*: Profil-Drehung, Offsetpunkt-Lage

Der aktuelle "Greifpunkt" (**Offsetpunkt**) zum Setzen des Profils liegt im Schwerpunkt und ist in der Grafik des Winkels durch einen etwas größeren roten Kreis markiert. Da wir das Profil mit dem langen Schenkel anschließen möchten, wählen wir einen günstigeren neuen Offsetpunkt. Bewegen Sie den quadratförmigen Cursor auf den kleinen roten Kreis am linken Profilende zu, bis der Cursor zu einem Fadenkreuz umspringt und betätigen dann die linke Maustaste. Wird dieser Punkt nun durch den größeren roten Kreis markiert (siehe Abbildung oben), war die Aktion erfolgreich.

Haken Sie nun noch die Option **Profil in einzelne Elemente zerlegen** an.

Zum Setzen des Profils steuern Sie im DUENQ-Arbeitsfenster den Knoten **2** mit dem Fadenkreuz-Cursor an. Das L-Profil folgt strichlinienhaft am definierten Offsetpunkt. Sobald der Knoten **2** mit seinen Koordinaten in der Statuszeile links unten angezeigt werden, drücken Sie die linke Maustaste.

Bild 3.14



Profil setzen an Knoten 2

3.2.5 Elemente spiegeln

Da die beiden neu gesetzten Elemente mitsamt Knoten bereits selektiert sind - also farbig in der Grafik und den Tabellen markiert werden, können wir gleich mit dem Spiegeln des L-Profils fortfahren. Sollte dies nicht der Fall sein, so ziehen Sie einfach ein Fenster auf, das die beiden Elemente vollständig einschließt.

Zum Aktivieren der Funktion **Spiegeln** rufen Sie im Menü **Bearbeiten** den Punkt **Spiegeln/ Kopieren…** auf.

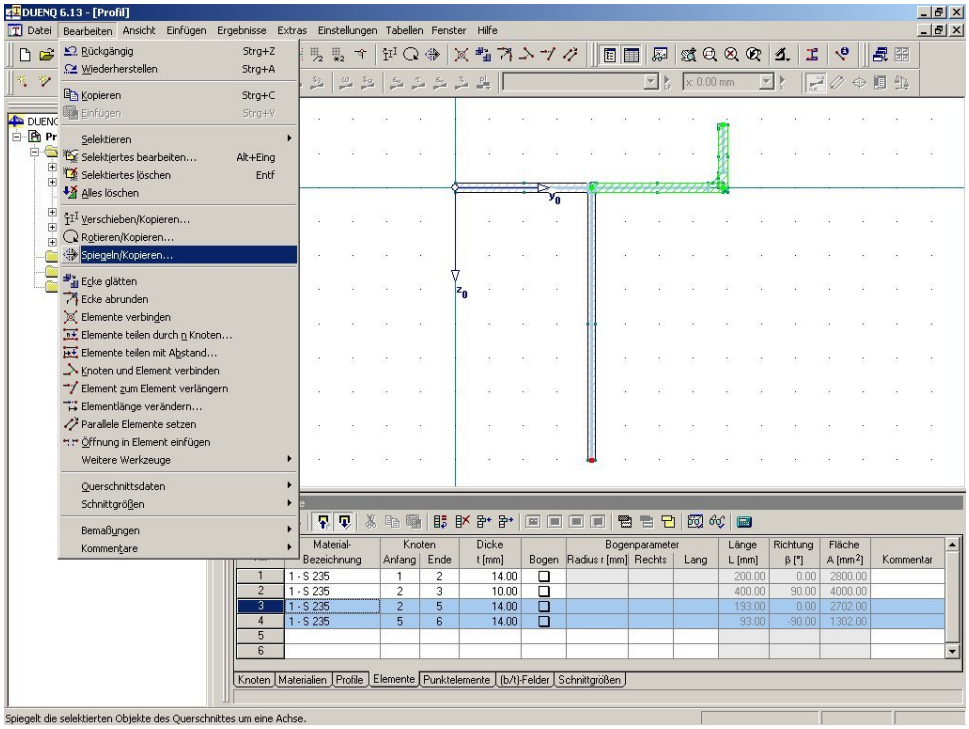


Bild 3.15

Menü *Bearbeiten* → *Spiegeln/Kopieren…*

Es erscheint der Dialog **Spiegeln** mit den Parametern dieser Funktion.

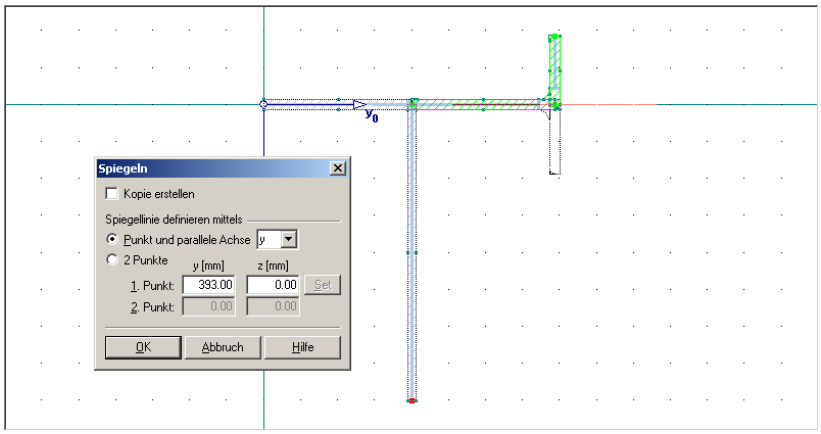


Bild 3.16

Dialog *Spiegeln*

Stellen Sie sicher, dass das Kästchen **Kopie erstellen** nicht angehakt ist. Es lässt sich nun **die Spiegellinie definieren mittels Punkt und parallele Achse**: Das Profil soll um die Achse **y** gespiegelt werden, sodass wir die Voreinstellung übernehmen und mit dem Rechteck-Cursor einen der Knoten **1**, **2** oder **5** ansteuern. Sobald der **1. Punkt** mit seinen Koordinaten im Dialog erscheint, können Sie das Profil mit einem Klick der linken Maustaste spiegeln.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

3.2.6 Punktelemente setzen und löschen

Die Verbindungsstelle muss noch nachgearbeitet werden. Zunächst zoomen Sie bitte den Bereich um den Knoten **2**, indem Sie im Menü **Ansicht → Zoomen** bzw. auf zugehörigen Button aktivieren.

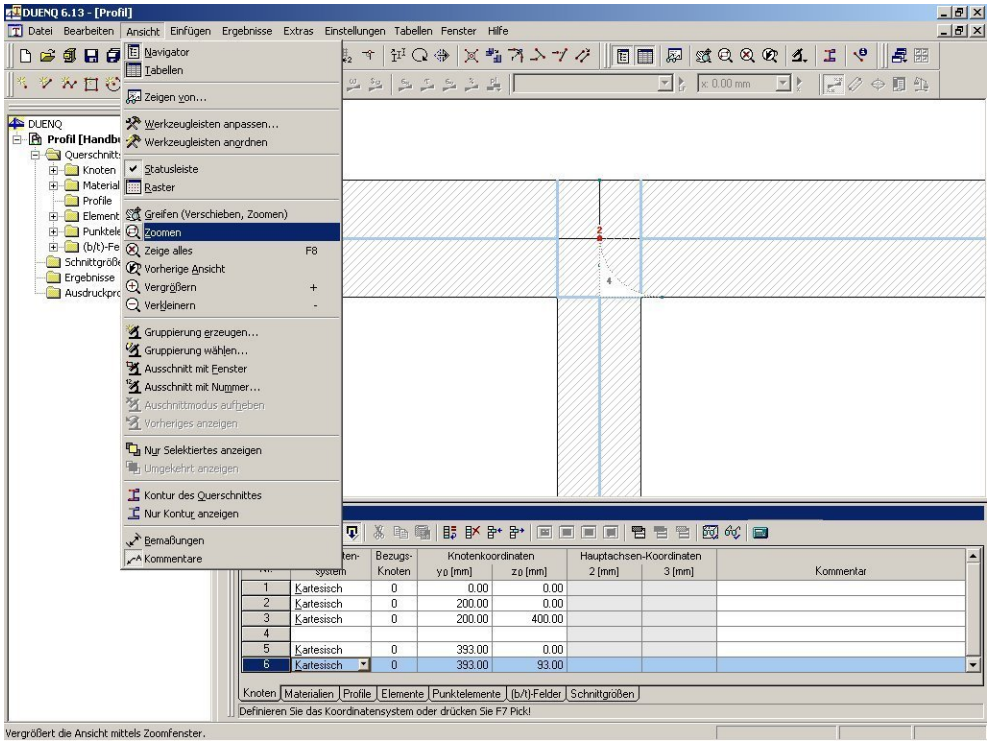


Bild 3.17

Menü *Ansicht → Zoomen*

Die 6 mm-Schweißnaht mit hohler Oberfläche soll als Punktelement mit 15 mm Nahtlänge modelliert werden. Über Menü **Einfügen → 1.5 Punktelemente → Grafisch** oder den Button wird der Dialog zum Setzen von Punktelementen aufgerufen.

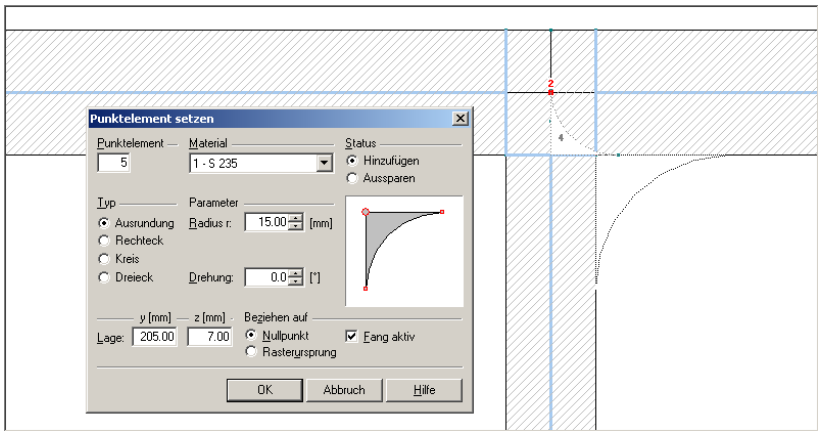


Bild 3.18

Dialog *Punktelement setzen*

Belassen Sie die Voreinstellungen und setzen nur den **Radius r** auf 15.0 mm. Dann bewegen Sie wie beim Setzen des L-Profils das strichlinienhaft dargestellte Punktelement am Greifpunkt wie im Bild dargestellt exakt zum Kantenschnittpunkt von Element **2** mit **3**. Mit einem Klick der linken Maustaste wird das Punktelement gesetzt.

Das Punktelement **4** stellt eine unerwünschte Aussparung dar. Diese löschen Sie am schnellsten, indem Sie sie mit der rechten Maustaste anklicken und im Kontextmenü die Option **Punktelemente löschen** wählen.

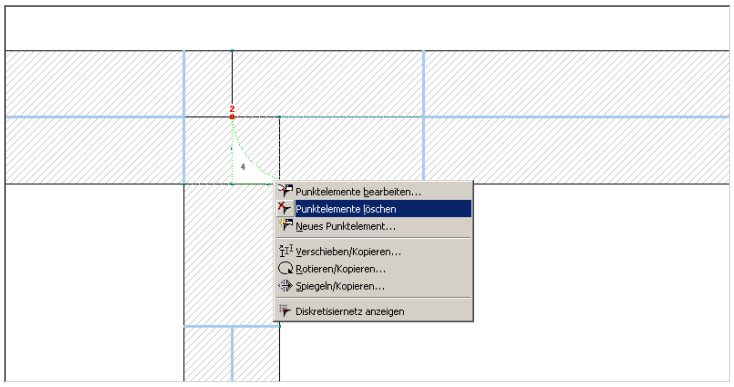


Bild 3.19

Punktelement löschen

Ein Klick auf den Button **Zeige alles** bzw. das Betätigen von [F8] stellt unsere bisherige Eingabe bildschirmfüllend dar.

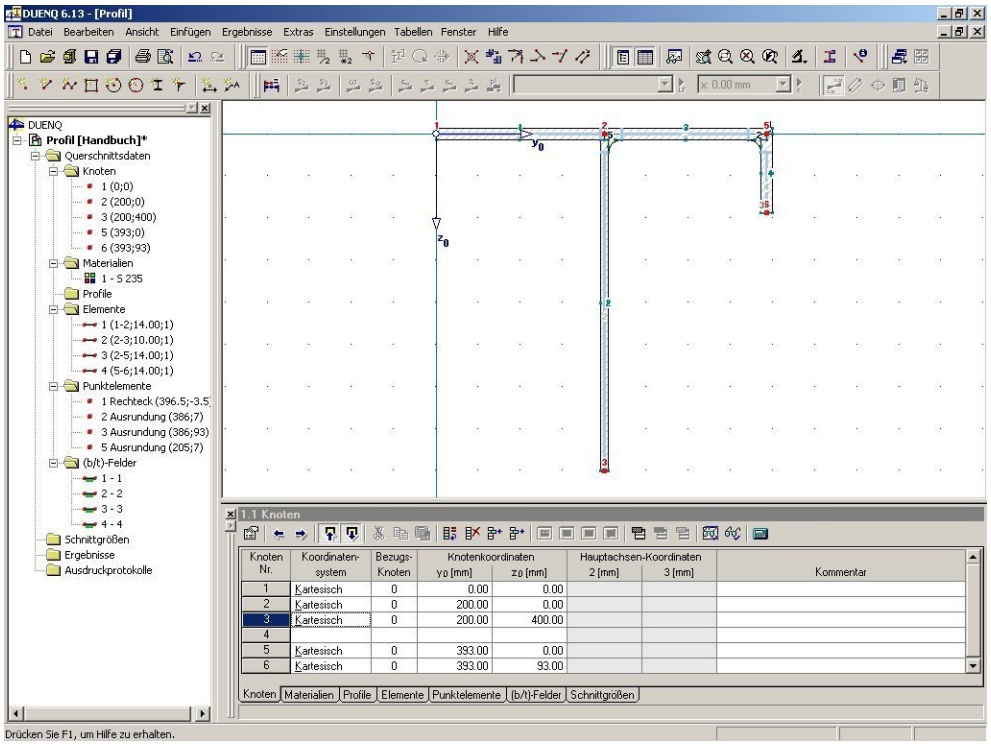


Bild 3.20

Ergebnis der grafischen Eingabe

3.2.7 Plausibilitätskontrolle und Speichern

Wir kontrollieren unsere Eingabe kurz über Menü **Extras → Plausibilitätskontrolle**.

Bild 3.21

Plausibilitätskontrolle

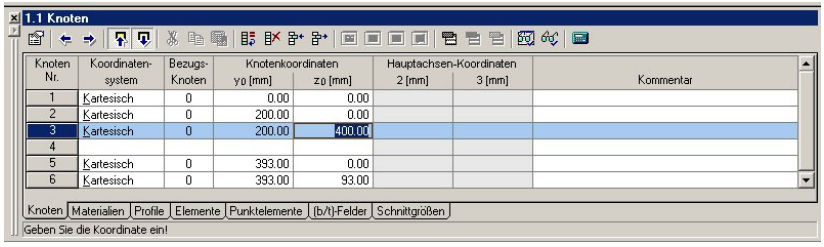
Da alles in Ordnung ist, speichern wir die Daten mit dem Menüpunkt **Datei → Speichern** bzw. dem entsprechenden Button ab.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

3.2.8 Eingabetabellen kontrollieren

In DUENQ bieten sich mehrere Möglichkeiten der Querschnittseingabe an. Unsere grafische Eingabe spiegelt sich in der vollkommen gleichberechtigten Tabelleneingabe im unteren Bildschirmbereich wider. Sollten die Tabellen nicht angezeigt werden, lassen sie sich über Menü **Ansicht → Tabellen** oder den zugeordneten Button aufrufen. Es gibt hier sieben separate Eingabetabellen: **1.1 Knoten**, **1.2 Materialien**, **1.3 Profile**, **1.4 Elemente**, **1.5 Punktelemente**, **1.6 (b/t)-Felder** und **1.7 Schnittgrößen**. Diese können über die Registerreiter angesteuert werden.

In den Tabellen **1.1 Knoten**, **1.4 Elemente** und **1.5 Punktelemente** werden die in der Grafik getroffenen Eingaben aufgelistet. Wenn Sie hier Änderungen vornehmen, werden diese sofort in der Grafik angezeigt.



1.1 Knoten

Knoten Nr.	Koordinaten-system	Bezugs-Knoten	Knotenkoordinaten y0 [mm]	Knotenkoordinaten z0 [mm]	Hauptachsen-Koordinaten 2 [mm]	Hauptachsen-Koordinaten 3 [mm]	Kommentar
1	Kartesisch	0	0.00	0.00			
2	Kartesisch	0	200.00	0.00			
3	Kartesisch	0	200.00	400.00			
4							
5	Kartesisch	0	393.00	0.00			
6	Kartesisch	0	393.00	93.00			

Knoten | Materialien | Profile | Elemente | Punktelemente | (b/t)-Felder | Schnittgrößen

Geben Sie die Koordinate ein!

Bild 3.22

Tabelle 1.1 *Knoten*

Die Einträge für die **Hauptachsen-Koordinaten** fehlen noch. Das Programm trägt diese nach der Querschnittsberechnung in die Spalten ein.

Da das L-Profil beim Setzen in Elemente und Punktelemente zerlegt wurde, ist die Tabelle **1.3 Profile** leer. Die Tabelle **1.4 Elemente** gibt neben den Elementdicken und des Materials Aufschluss über **Länge**, **Richtung** und **Fläche** der einzelnen Elemente.

1.4 Elemente

Element Nr.	Material-Bezeichnung	Knoten Anfang	Knoten Ende	Dicke t [mm]	Bogen	Bogenparameter Radius r [mm]	Bogenparameter Rechts	Bogenparameter Lang	Länge L [mm]	Richtung β [°]	Fläche A [mm²]	Kommentar
1	1 - S 235	1	2	14.00	☐				200.00	0.00	2800.00	
2	1 - S 235	2	3	10.00	☐				400.00	90.00	4000.00	
3	1 - S 235	2	5	14.00	☐				193.00	0.00	2702.00	
4	1 - S 235	5	6	14.00	☐				93.00	90.00	1302.00	

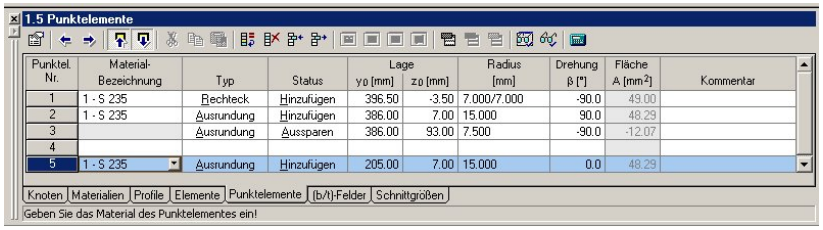
Knoten | Materialien | Profile | Elemente | Punktelemente | (b/t)-Felder | Schnittgrößen

Geben Sie die Nummer des Anfangsknotens ein!

Bild 3.23

Tabelle 1.4 *Elemente*

Die Tabelle **1.5 Punktelemente** listet die hinzugefügten und ausgesparten Punktelemente. Die Schweißnaht findet sich in Zeile **5** wieder.



1.5 Punktelemente

Punktel. Nr.	Material-Bezeichnung	Typ	Status	Lage y0 [mm]	Lage z0 [mm]	Radius [mm]	Drehung β [°]	Fläche A [mm²]	Kommentar
1	1 - S 235	Rechteck	Hinzufügen	396.50	-3.50	7.000/7.000	-90.0	49.00	
2	1 - S 235	Ausrundung	Hinzufügen	386.00	7.00	15.000	90.0	48.29	
3		Ausrundung	Aussparen	386.00	93.00	7.500	-90.0	-12.07	
4									
5	1 - S 235	Ausrundung	Hinzufügen	205.00	7.00	15.000	0.0	48.29	

Knoten | Materialien | Profile | Elemente | Punktelemente | (b/t)-Felder | Schnittgrößen

Geben Sie das Material des Punktelementes ein!

Bild 3.24

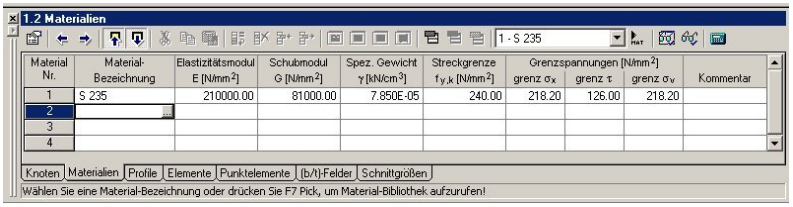
Tabelle 1.5 *Punktelemente*

Da die Einträge in den Tabellen in unserem Beispiel nicht verändert werden sollen, klicken Sie nun die Tabelle **1.2 Materialien** an.

3.2.9 Material ändern

In dieser Tabelle werden die Materialeigenschaften und Grenzspannungen definiert.

Bild 3.25



1.2 Materialien

Material Nr.	Material-Bezeichnung	Elastizitätsmodul E [N/mm²]	Schubmodul G [N/mm²]	Spez. Gewicht γ [kN/cm³]	Streckgrenze $f_{y,k}$ [N/mm²]	Grenzspannungen [N/mm²] grenz σ_x	grenz τ	grenz σ_v	Kommentar
1	S 235	210000.00	81000.00	7.850E-05	240.00	218.20	126.00	218.20	
2									
3									
4									

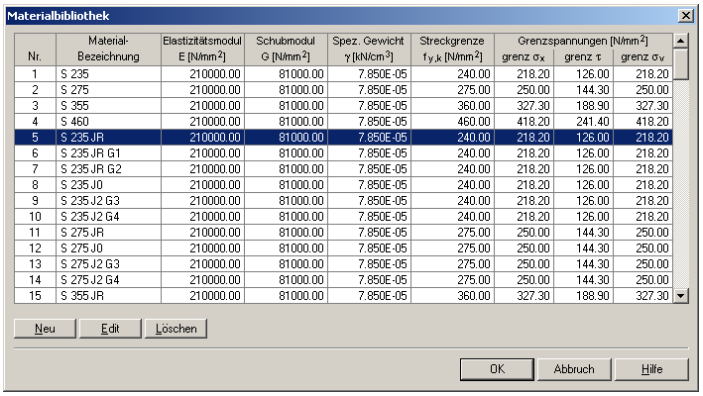
Knoten | Materialien | Profile | Elemente | Punktelemente | (b/t)-Felder | Schnittgrößen

Wählen Sie eine Material-Bezeichnung oder drücken Sie F7 Pick, um Material-Bibliothek aufzurufen!

Tabelle 1.2 *Materialien*

Das Material **S 235** ist für alle Elemente voreingestellt. Wenn Sie den Eintrag **Stahl** unter **Material-Bezeichnung** anklicken, wird am Feldende ein Button angezeigt, der den Zugang zur **Materialbibliothek** ermöglicht. Bitte klicken Sie auf diesen Button.

Bild 3.26



Materialbibliothek

Nr.	Material-Bezeichnung	Elastizitätsmodul E [N/mm²]	Schubmodul G [N/mm²]	Spez. Gewicht γ [kN/cm³]	Streckgrenze $f_{y,k}$ [N/mm²]	Grenzspannungen [N/mm²] grenz σ_x	grenz τ	grenz σ_v
1	S 235	210000.00	81000.00	7.850E-05	240.00	218.20	126.00	218.20
2	S 275	210000.00	81000.00	7.850E-05	275.00	250.00	144.30	250.00
3	S 355	210000.00	81000.00	7.850E-05	360.00	327.30	188.90	327.30
4	S 460	210000.00	81000.00	7.850E-05	460.00	418.20	241.40	418.20
5	S 235 JR	210000.00	81000.00	7.850E-05	240.00	218.20	126.00	218.20
6	S 235 JR G1	210000.00	81000.00	7.850E-05	240.00	218.20	126.00	218.20
7	S 235 JR G2	210000.00	81000.00	7.850E-05	240.00	218.20	126.00	218.20
8	S 235 J0	210000.00	81000.00	7.850E-05	240.00	218.20	126.00	218.20
9	S 235 J2 G3	210000.00	81000.00	7.850E-05	240.00	218.20	126.00	218.20
10	S 235 J2 G4	210000.00	81000.00	7.850E-05	240.00	218.20	126.00	218.20
11	S 275 JR	210000.00	81000.00	7.850E-05	275.00	250.00	144.30	250.00
12	S 275 J0	210000.00	81000.00	7.850E-05	275.00	250.00	144.30	250.00
13	S 275 J2 G3	210000.00	81000.00	7.850E-05	275.00	250.00	144.30	250.00
14	S 275 J2 G4	210000.00	81000.00	7.850E-05	275.00	250.00	144.30	250.00
15	S 355 JR	210000.00	81000.00	7.850E-05	360.00	327.30	188.90	327.30

Neu | Edit | Löschen

OK | Abbruch | Hilfe

Die Materialeigenschaften des **S 235 JR** sind zwar identisch, trotzdem übernehmen wir mit einem Klick auf das Material Nr. **5** und anschließend [**OK**] diesen Eintrag in die Tabelle 1.2. Als Materialeigenschaften werden auch die Streckgrenze $\mathbf{f_{y,k}}$ und die Grenzspannungen $\boldsymbol{\sigma_x}$, $\boldsymbol{\tau}$ und $\boldsymbol{\sigma_v}$ eingelesen. Man könnte nun noch die Eigenschaften des Werkstoffes modifizieren, doch wir belassen die Voreinstellungen. Die Eingabezeile ist vollständig, da ein **Kommentar** nicht unbedingt erforderlich ist.

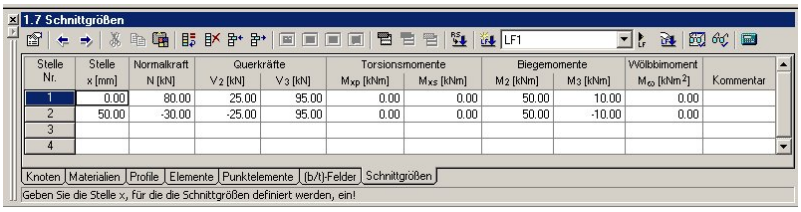
Blättern Sie nun mit dem zugehörigen Button oder einem direkten Mausklick auf den Registerreiter weiter zur Tabelle **1.7 Schnittgrößen**.

3.2.10 Schnittgrößen definieren

Die zu Beginn des Beispiels angeführten Schnittgrößen werden in die Tabelle **1.7 Schnittgrößen** eingegeben. Da zwei unterschiedliche Schnittgrößenkonstellationen vorliegen, ist es meist einfacher, zwei verschiedene Bemessungsstellen der Stablängsachse **x** in einem einzigen Lastfall zu verwalten.

In unserem Beispiel können die beiden **x**-Stellen beliebig definiert werden. Mit dem ersten Eintrag einer **Stelle x** wird automatisch der Lastfall **1** angelegt. Geben Sie bitte die Schnittgrößen wie folgt ein.

Bild 3.27



1.7 Schnittgrößen

Stelle Nr.	Stelle x [mm]	Normalkraft N [kN]	Querkräfte V_2 [kN]	V_3 [kN]	Torsionsmomente M_{xp} [kNm]	M_{xs} [kNm]	Biegemomente M_2 [kNm]	M_3 [kNm]	Wölbbimoment M_ω [kNm²]	Kommentar
1	0.00	80.00	25.00	95.00	0.00	0.00	50.00	10.00	0.00	
2	50.00	-30.00	-25.00	95.00	0.00	0.00	50.00	-10.00	0.00	
3										
4										

Knoten | Materialien | Profile | Elemente | Punktelemente | (b/t)-Felder | Schnittgrößen

Geben Sie die Stelle x, für die die Schnittgrößen definiert werden, ein!

Tabelle 1.7 *Schnittgrößen*

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

3.3 Berechnung

Unsere Eingabe ist nun abgeschlossen. Sie können die Berechnung von Querschnittswerten und Spannungen über das Menü **Ergebnisse** → **Ergebnisse zeigen** oder auch einen Klick auf den Button für die Ergebnisanzeige starten. Unmittelbar nach der Berechnung werden die Ergebnisse angezeigt.

3.4 Ausgabe

Die Grafik des Querschnittes zeigt die Hauptachsen **2** und **3**, die Flächenhalbierenden $\mathbf{f_2}$ und $\mathbf{f_3}$ als Punktlinien sowie den Schwerpunkt **S** mitsamt Trägheitsellipse und den Schubmittelpunkt **M**. Die Achse **2** stellt in unserem Beispiel die "starke" Hauptachse dar.

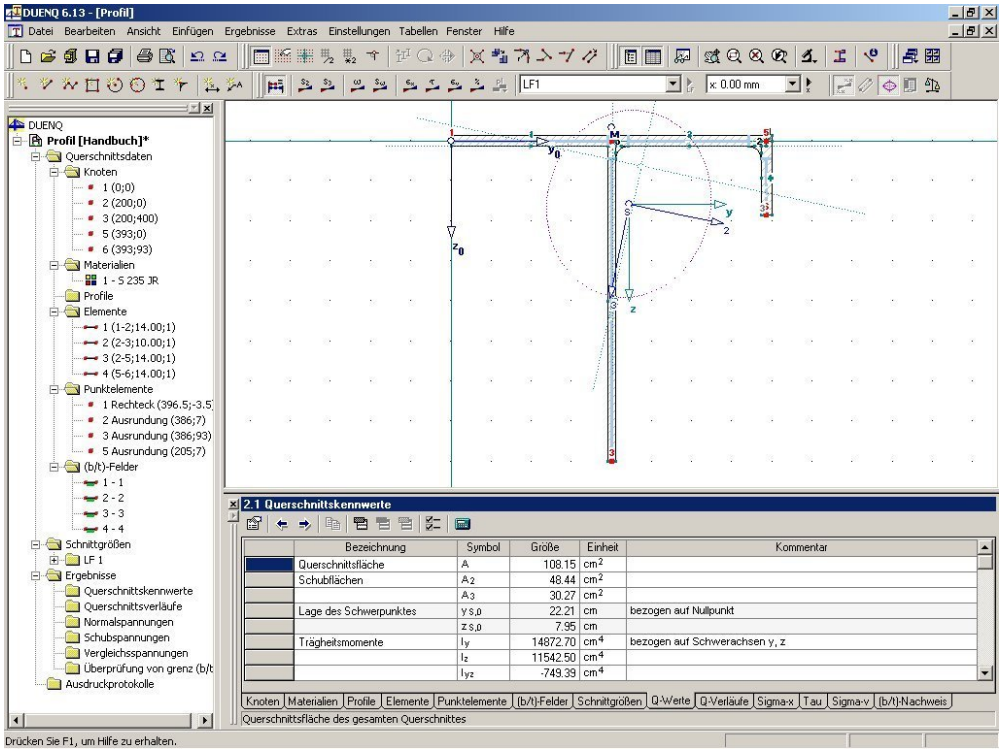


Bild 3.28

Querschnitt nach der Berechnung

3.4.1 Ergebnisse auswählen

Über das Menü **Ergebnisse** kann die Anzeige der Querschnittswerte oder Spannungen gesteuert werden.

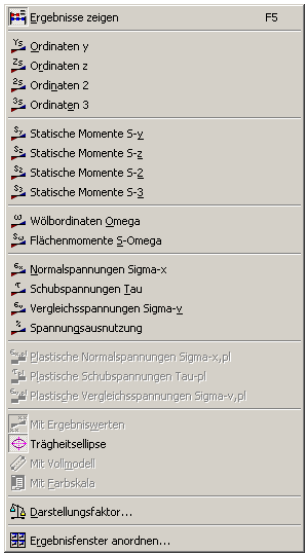


Bild 3.29

Pulldownmenü *Ergebnisse*

Die Werkzeugleiste **Ergebnisse** eröffnet einen schnelleren Zugang zur grafischen Ergebnisauswertung und ermöglicht die Navigation in den Lastfällen und Stellen **x**.

Bild 3.30

Werkzeugleiste Ergebnisse

Stellen Sie die Ergebnisse σ_x an der Stelle **x: 0.00 mm** ein, um folgende Darstellung zu erhalten:

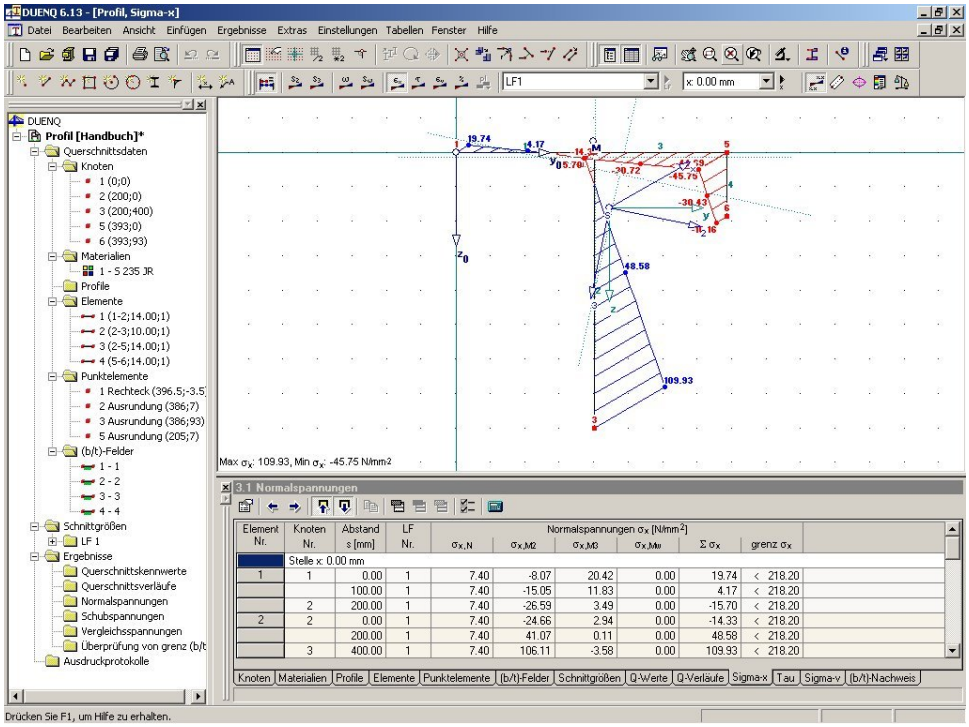


Bild 3.31

Normalspannungen σ_x

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Mit einem Klick auf den Registereiter **Sigma-x** rufen Sie die zugehörige Tabelle **3.1 Normalspannungen** auf und können dort detailliert die Normalspannungen infolge der einzelnen Schnittgrößen ablesen. Die Spannungen werden elementweise an den Knoten sowie der Elementmitte ausgewiesen (Spalte **Abstand s**) und mit der Grenzspannung verglichen.

Über Menü **Ergebnisse → Mit Farbskala** bzw. den entsprechenden Button werden die Normalspannungen als Isoflächen gezeichnet.

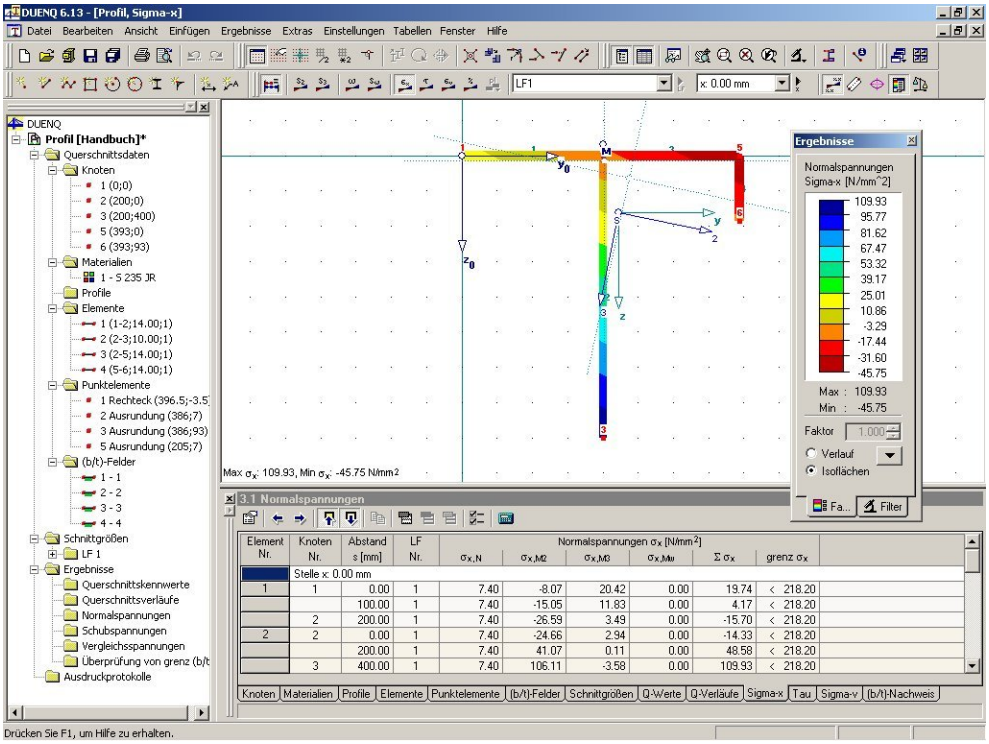


Bild 3.32

Normalspannungen σ_x in Isoflächendarstellung

Sie können nun selbst durch die einzelnen Ergebnisarten blättern.

3.4.2 Ergebnisfenster anordnen

Es lassen sich auch mehrere Ergebnisse gleichzeitig auf dem Bildschirm darstellen. Aktivieren Sie bitte die Funktion **Ergebnisfenster anordnen…** über den Button mit dem Symbol eines geteilten Bildschirmes. Es erscheint ein Dialog, in dem Sie beispielsweise nur die **Statischen Momente S-2** und **S-3** anhaken.

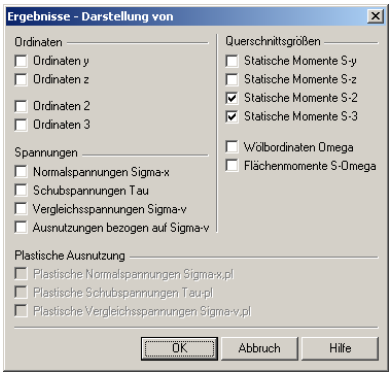


Bild 3.33

Ergebnisse auswählen

Nach [**OK**] erscheint ein geteiltes Fenster mit den beiden Querschnittsgrößen. Die Darstellung der Nummerierung können Sie für beide Fenster ausblenden. Wenn Sie nun noch die Tabelle **2.2 Querschnittsverläufe** einstellen, bietet sich folgende Ansicht.

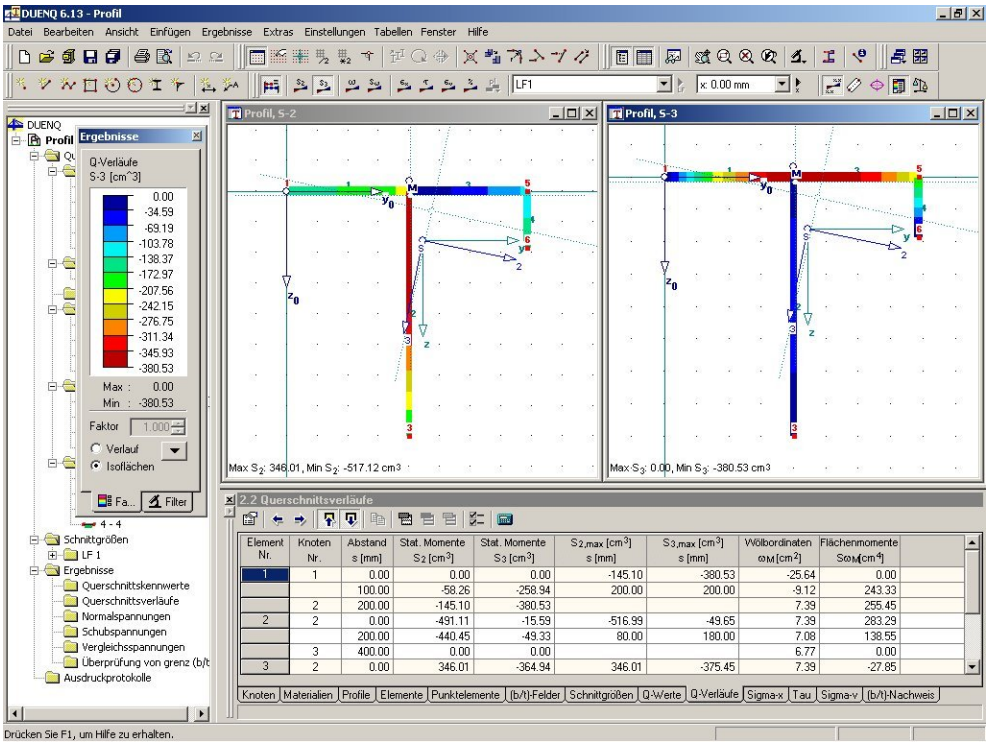


Bild 3.34

Statische Momente S-2 und S-3

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

3.4.3 Ausdruckprotokoll

Zur Dokumentation wollen wir diese beiden Bilder auf den Drucker ausgeben, übergeben sie allerdings zunächst in das Ausdruckprotokoll. Wir benutzen hierzu das Menü **Datei** → **Drucken…** oder den zugeordneten Button und gelangen in den Dialog **Grafikausdruck**.

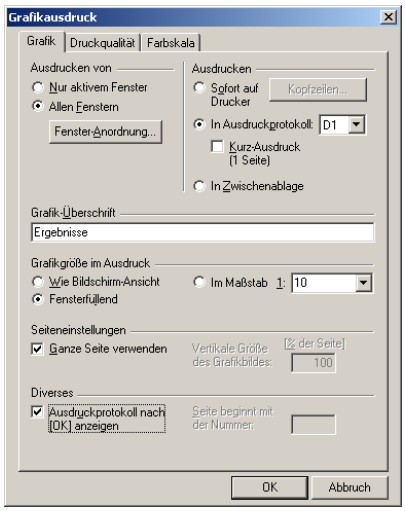


Bild 3.35

Dialog *Grafikausdruck*

Stellen Sie bitte wie im Bild dargestellt ein:

- **Ausdrucken von** — **Allen Fenstern**
- **Ausdrucken** — **In Ausdruckprotokoll**, kein **Kurz-Ausdruck**
- **Grafikgröße im Ausdruck** — **Fensterfüllend**
- **Seiteneinstellungen** — **Ganze Seite verwenden**

Über den Button **Fenster-Anordnung…** lässt sich einstellen, wie die Grafiken auf dem Blatt arrangiert werden.

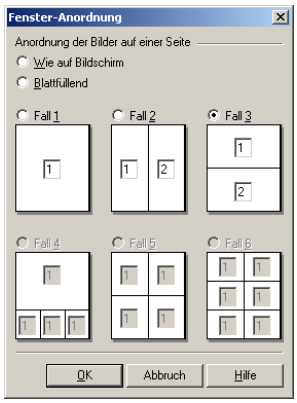


Bild 3.36

Dialog *Fenster-Anordnung*

Für die **Anordnung der Bilder auf einer Seite** wählen wir **Fall 3** und bestätigen mit [**OK**].

Die beiden Register **Druckqualität** und **Farbskala** im Dialog **Grafikausdruck** bieten weitere Einstellmöglichkeiten (Druckfarbe, Rahmen, Position der Farbskala), die Sie kurz kontrollieren können.

Wenn Sie die Voreinstellungen akzeptieren, bestätigen Sie mit [**OK**] und starten so den Druck der Grafik in das Ausdruckprotokoll, welches nach kurzer Zeit erscheint.

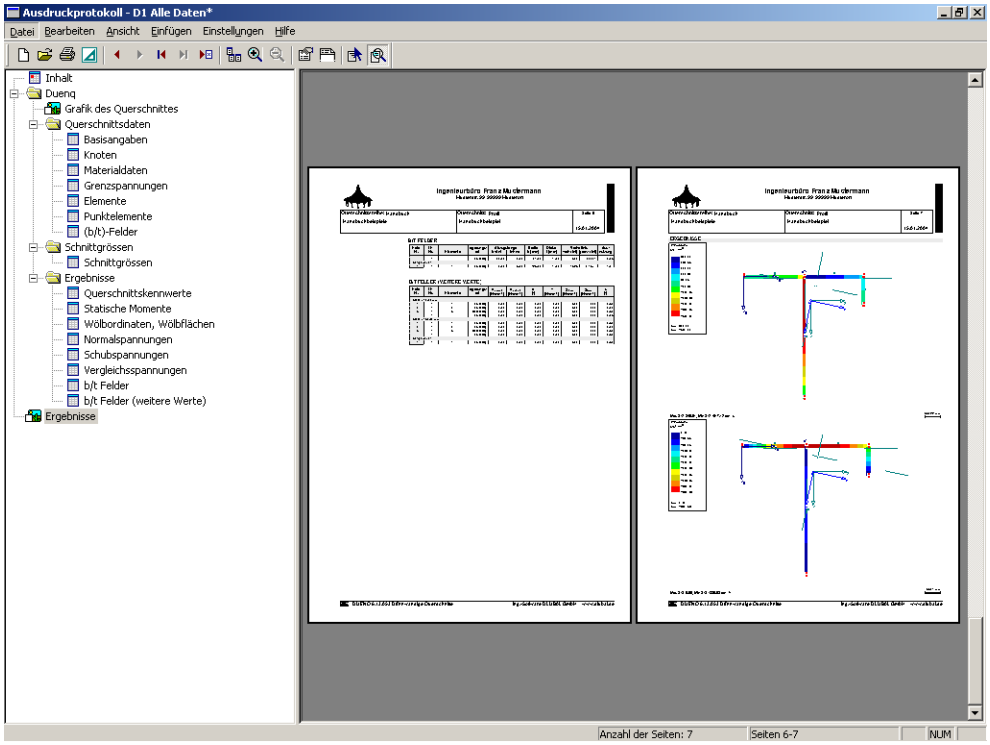


Bild 3.37

Ausdruckprotokoll

Das Ausdruckprotokoll ist ein separater Programmteil von DUENQ und besitzt einen zweigeteilten Aufbau. Links befindet sich der Druck-Navigator, der hierarchisch die Inhalte des Ausdruckprotokolls anzeigt. Wie mit dem Windows-Explorer kann der Inhalt eines Ordners ausgepackt oder versteckt werden. Klicken Sie einfach auf die [+]- und [-]-Felder.

Die einzelnen Inhalte des Ausdruckprotokolls lassen sich per Drag & Drop an eine beliebige Stelle verschieben. Wir wenden diese Funktion an und ordnen die Grafik, die ans Ende des Ausdruckprotokolls gesetzt wurde, den numerischen Ergebnissen der **Statischen Momente** zu: Ziehen Sie links im Druck-Navigator die **Ergebnisse**-Grafik mit gedrückter linker Maustaste nach oben zum Eintrag **Statische Momente** und lassen sie dann los.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

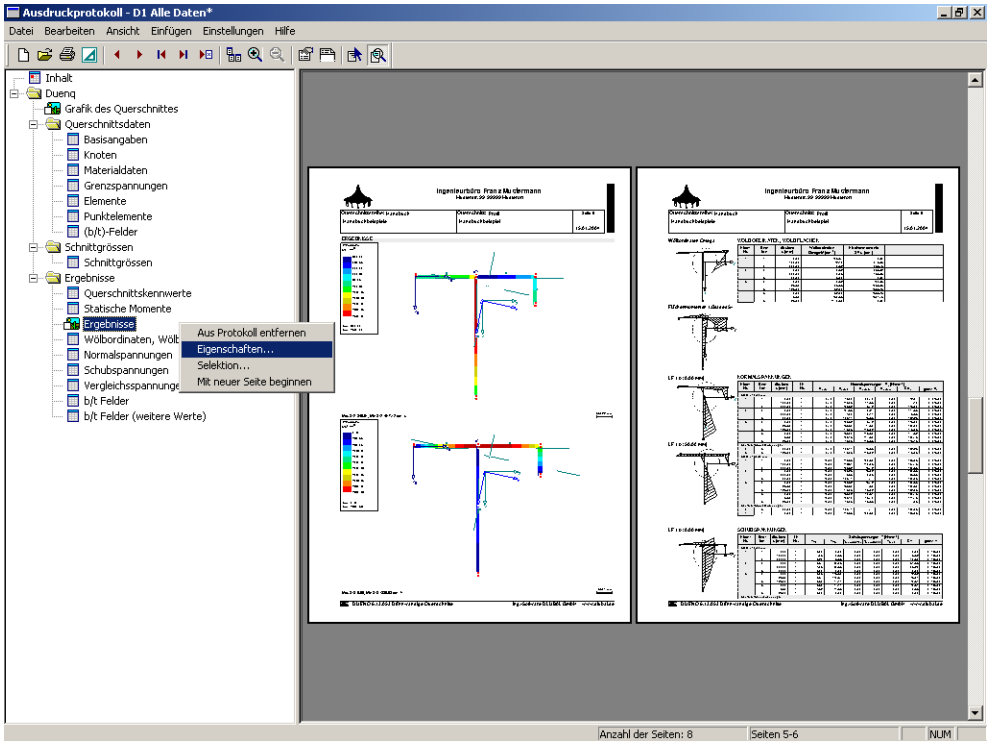


Bild 3.38

Ausdruckprotokoll: Grafik verschieben, Kontextmenü

Mit der rechten Maustaste kann zu jedem Menüpunkt noch ein Kontextmenü mit weiteren Einstellungsmöglichkeiten eingeblendet werden. Um den seitenfüllenden Ausdruck der Grafik etwas zu verkleinern, rufen Sie bitte im Kontextmenü der Grafik die **Eigenschaften** auf und geben als neue **Vertikale Größe des Grafikbildes** nun **50 % der Seite** an. Ersetzen Sie die Überschrift durch den Eintrag **Statische Momente S-2 und S-3**. Nach [**OK**] wird das Ausdruckprotokoll neu gebildet.

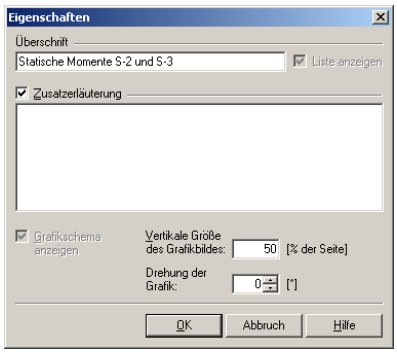


Bild 3.39

Dialog *Eigenschaften*

Über das Menü **Datei** → **Drucken...** können Sie nun nach einer abschließenden Kontrolle am Bildschirm das Ausdruckprotokoll zum Drucker leiten.

Damit wäre unsere kurze Rundreise durch das Programm beendet. Wir haben uns bei diesem Einführungsbeispiel auf wesentliche Funktionen beschränkt und hoffen, dass wir Ihnen den Zugang zu DUENQ erleichtern konnten. Eine detaillierte Beschreibung aller Programmfunktionen folgt in den folgenden Kapiteln, die Sie für Ihre tägliche Arbeit nutzen können.

4. Definition des Querschnitts

Bevor die Querschnittswerte und ggf. Nachweise berechnet werden können, muss die Geometrie und eventuell die Belastung des Querschnitts eingegeben werden. Dazu sollte am besten zuerst eine Skizze bzw. Zeichnung mit dem Querschnitt erstellt werden. In DUENQ dienen zur Definition des Querschnittes grundsätzlich Elemente, Knoten und Materialien, ggf. auch Profile und Punktelemente. Zusätzlich können die (c/t)-Teile festgelegt werden. Die Belastung des Querschnitts ist als eine oder mehrere Kombinationen von Schnittgrößen einzugeben.

4.1 Knoten

Zur Eingabe eines Querschnittes teilen Sie das Profil in gerade oder gebogene, jeweils konstant dicke Abschnitte – die Elemente. Die Lage der einzelnen Elemente wird über deren Anfangs- und Endknoten bestimmt. Die Knoten ergeben sich bei Element-Brechungen, -Kreuzungen, -Enden und -Veränderungen. Manchmal kann man über Knoten die Querschnittsgeometrie besser festlegen, ehe man die Element-Objekte einfügt. Es ist aber nicht erforderlich, vor der Eingabe von Elementen die Knoten zu setzen.

Da die Querschnittsverläufe und Spannungen in den Mitten der einzelnen Elemente automatisch berechnet werden, brauchen dort keine zusätzlichen Knoten definiert werden.

Näheres zur Eingabe von Knoten finden Sie in den Kapiteln 6.4 und 7.1.1.

4.2 Materialien

Für die Elemente bzw. Punktelemente (siehe unten) werden die Materialeigenschaften sowie die Grenzspannungen definiert. DUENQ gestattet die Zuweisung beliebiger Materialien, sodass auch Profile mit unterschiedlichen Materialeigenschaften und Grenzspannungen in Teilbereichen des Querschnittes erfasst werden können. Im Falle eines inhomogenen Profils errechnen sich die ideellen Querschnittswerte aufgrund der Wahl des Referenzmaterials. Des Weiteren ist es möglich, für ein beliebiges Material die Streckgrenze und Grenzspannungen in Abhängigkeit von der Bauteildicke festzulegen, wozu mehrere Bauteildicken-Bereiche zu definieren sind. Alle bestehenden Materialien können aus der Materialbibliothek eingelesen werden.

Näheres zur Eingabe von Materialien finden Sie in den Kapiteln 6.4 und 7.1.2.

4.3 Profile

Neben der Materialbibliothek bietet DUENQ auch die Querschnittsbibliothek zum Einfügen von standardisierten Profilen. Die weiteren Querschnitte mit speziell voreingestellten Eingabemöglichkeiten sind Hohlprofile und Rohre. Außerdem kann man hier beliebige eigene Profile aus Elementen und Punktelementen erzeugen.

Näheres zur Eingabe von Profilen finden Sie in den Kapiteln 6.4 und 7.1.3.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

4.4 Elemente

Jedes DUENQ-Profil besteht aus mehreren Elementen, die jeweils durch einen Anfangs- und Endknoten definiert sind. Nur an diesen Knoten können Elemente miteinander verbunden werden.

Die Elementrichtung, also die Vorgabe des Anfangs- und Endknotens, wirkt sich auf die Vorzeichen der statischen Momente und der Schubspannungen aus. Die positive Schubflussrichtung, die durch die Pfeile in der Grafik der statischen Momente dargestellt wird, legt das Programm automatisch fest.

Jedem Element ist sowohl die Normaldicke **t** (die wirkliche Dicke des Querschnittsteils für die volle Übertragung der Normaleinwirkungen) als auch die Schubdicke **t*** (die effektive Dicke für die Schubübertragung) zuzuordnen.

Bei einem Nullelement ist die Normaldicke **t** gleich null. Über ein solches Nullelement wird die schubsteife Verbindung von zwei Elementen ohne gemeinsamen Knoten modelliert. Die Schubdicke **t*** muss bei jedem Element größer als null sein. Die Festlegung einer Schubdicke **t*** wird für Nullelemente erforderlich, die auf ihrer ganzen Länge nicht von "normalen" Elementen (Dicke **t** größer Null) berührt werden.

Die Elemente können entweder gerade oder gebogen sein. Für Bogenelemente müssen zusätzliche Parameter definiert werden.

Näheres zur Eingabe von Elementen finden Sie in den Kapiteln 6.4 und 7.1.4.

4.5 Punktelemente

Ein DUENQ-Profil kann neben Elementen auch Punktelemente beinhalten. Diese relativ kleinen Objekte dienen der genaueren Modellierung von Unregelmäßigkeiten in der Querschnittsgeometrie. Sie sollten jedoch nicht zu groß sein, um die Berechnungsergebnisse nach der Theorie dünnwandiger Querschnitte nicht zu verzerren. Es erscheint deshalb vor der Berechnung eine Warnung, falls die Punktelementfläche mehr als 10 % der Gesamtquerschnittsfläche beträgt.

DUENQ unterscheidet vier Typen von Punktelementen nach der Form: Ausrundung, Rechteck, Kreis und Dreieck. Die geometrischen Parameter eines Punktelements hängen vom Punktelement-Typ ab (Radius **r** bzw. Länge **a** und Breite **b**). Jedem Punktelement kann der Status *Hinzufügen* oder *Aussparen* zugewiesen werden. Damit lässt sich der Bereich des Punktelements für die Berechnung der Querschnittswerte entweder berücksichtigen oder ausschließen.

Näheres zur Eingabe von Punktelementen finden Sie in den Kapiteln 6.4 und 7.1.5.

4.6 c/t-Teile

Da DUENQ die Überprüfung der Grenzwerte grenz c/t bei den Nachweisverfahren Elastisch-Elastisch, Elastisch-Plastisch und Plastisch-Plastisch nach DIN 18800 ermöglicht bzw. die wirksamen Querschnitte nach EN 1993-1-1 ermittelt, sind die c/t-Teile für einen Querschnitt in DUENQ festzulegen. Neben der automatischen Generierung aller c/t-Teile können Sie hier die einzelnen c/t-Teile selbst bestimmen.

Näheres zur Eingabe von c/t-Teilen finden Sie in den Kapiteln 4.3.2 und 7.1.6.

5. Benutzeroberfläche

DUENQ bietet die komfortable Windows-Benutzeroberfläche, die Sie bereits von anderen Windows-Anwendungen kennen.

Wenn Sie nach dem ersten Start von DUENQ eines der mitgelieferten Demos öffnen, wird sich Ihr Bildschirm wie folgt präsentieren:

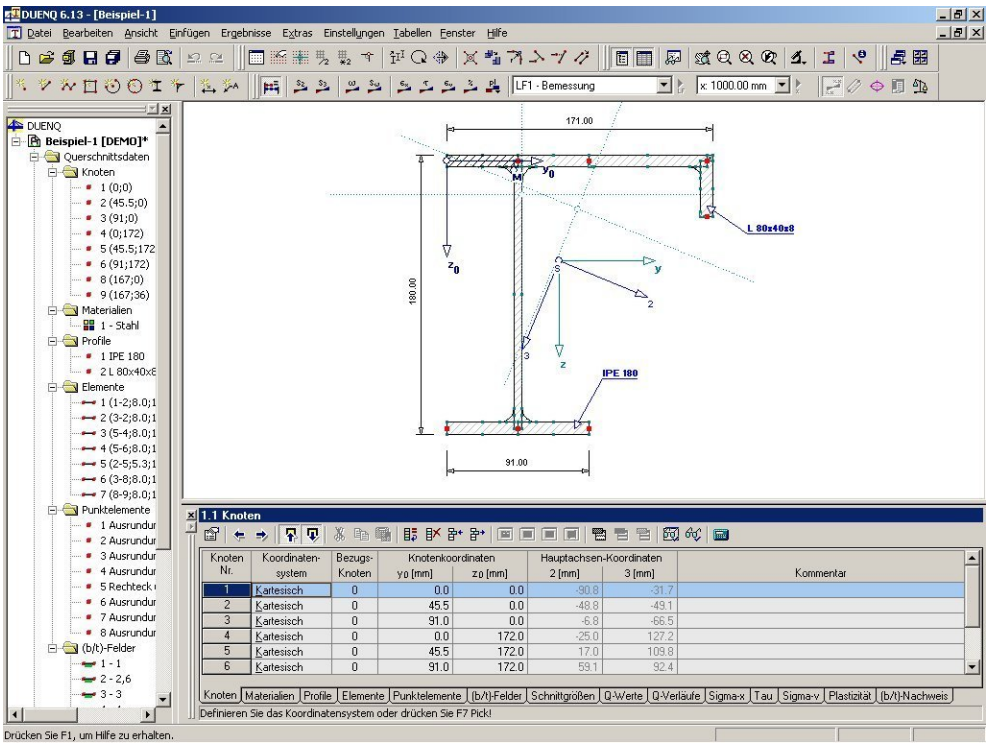


Bild 5.1

Benutzeroberfläche von DUENQ

Ganz oben erkennen Sie die blau hinterlegte Titelleiste. Sie zeigt die Versionsnummer von DUENQ und den Namen des aktuellen Querschnitts an.

5.1 Menüleiste

Die Menüleiste unter der Titelleiste stellt, in logischen Blöcken zusammengefasst, den Zugang zu allen wichtigen Funktionen von DUENQ mittels Pulldownmenüs dar. In die einzelnen Pulldownmenüs gelangt man durch einfaches Anklicken mit der linken Maustaste. Im heruntergeklappten Menü kann dann die gewünschte Funktion durch Anklicken ausgewählt werden.

Alternativ lassen sich die einzelnen Menüs über die Tastenkombinationen ansteuern.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

5.2 Werkzeugleisten und Auswahllisten

Unter der Menüleiste befindet sich die Werkzeugleiste mit diversen Schaltflächen. Wenn mit dem Mauszeiger auf eine solche Schaltfläche gefahren wird, blendet DUENQ eine Beschreibung ein. Ein Mausklick auf die Schaltfläche aktiviert die Funktion bzw. öffnet den entsprechenden Dialog.

In den Werkzeugleisten befinden sich auch zwei Auswahllisten, die den aktuellen Lastfall und die aktuell eingestellte Stelle **x** anzeigen. Wenn Sie die Schaltfläche [▼] neben der Liste anklicken, wird ein Listenfeld aller vorhandenen Lastfälle bzw. Stellen **x** eingeblendet.

Es lassen sich sowohl die Werkzeugleisten als auch die Schaltflächen und die Auswahllisten nach Bedarf anpassen. Dies kann über das Pulldownmenü **Ansicht** vorgenommen werden (siehe Kapitel 6.3).

5.3 Arbeitsfenster, Navigator, Tabellen

Wenn man einen Querschnitt öffnet, wird das Profil im Arbeitsfenster eingeblendet. Links davon wird der Navigator angezeigt, der alle zu den geöffneten Profilen gehörigen Daten und eventuell vorhandenen Lastfälle anzeigt. Die numerischen Ein- und Ausgabedaten werden unten in den Tabellen angezeigt, die man über die Registerreiter durchblättern kann (siehe Kapitel 7).

Der Querschnitt selbst ist im Navigator durch das Symbol eines stilisierten Profils gekennzeichnet. Ein [+] links neben dem Untereintrag eines Querschnittes bedeuten, dass hierzu nochmals ein oder mehrere untergeordnete Einträge existieren. Diese kann man durch Anklicken von [+] oder Doppelklicken des Eintrags anzeigen lassen. Sollen die Untereinträge wieder ausgeblendet werden, so ist entweder das nun angezeigte [-] einmal oder der Übereintrag doppelt anzuklicken.

5.4 Statusleiste

Den unteren Abschluss des Bildschirmes bildet die Statusleiste, deren Anzeige je nach gewählter Programmfunktion variiert. Sie zeigt z. B. beim Bearbeiten eines Querschnitts Informationen zu dem Element an, auf dem sich der Cursor gerade befindet.

5.5 Tastaturfunktionen

Die Windows-Oberfläche zeichnet sich nicht zuletzt durch die Mausbedienung aus. Dennoch gibt es auch Funktionen, die man manchmal schneller über die Tastatur ausführen kann. Die wichtigsten Tastaturfunktionen sind:

[F1]	ruft von jeder Stelle im Programm aus die Hilfe auf
[F9]	öffnet den Taschenrechner
[Tab]	dient zum Wechsel der Felder in Dialogen und Tabellen
[Esc]	beendet und schließt Eingabedialoge
[+], [-]	haben im Arbeitsfenster Zoomfunktion
[Alt]	aktiviert den Tastaturmodus für die Auswahl aus den Pulldownmenüs
[Strg], [Shift], [Alt Gr]	dienen der Mehrfachselektion
[Return]	bestätigt und beendet Dialoge bzw. Eingaben

6. Pulldownmenüs

Alle wichtigen Instrumente zum Bearbeiten Ihrer Querschnitte sowie für den Umgang mit Dateien sind in den Pulldownmenüs der Menüleiste untergebracht.

6.1 Datei [Alt+D]

Dieses Menü ermöglicht die Verwaltung von Projekten, Querschnitten und Dateien sowie das Drucken. Zur Verfügung stehen neben den aus anderen Anwendungen gewohnten Befehlen DUENQ-spezifische Funktionen wie **Ausdruckprotokoll** und **Projekt-Manager**.

Neu [Strg+N]

… legt einen neuen Querschnitt oder ein neues Projekt an. Nach dem Aufruf dieser Funktion öffnet sich der Dialog **Neuer Querschnitt - Basisangaben** mit den gleichen Funktionen wie der unten beschriebene Dialog **Basisangaben** (siehe Kapitel 6.2).

Öffnen… [Strg+O]

… öffnet einen bereits bestehenden Querschnitt mit der Browse-Funktion zum Suchen des Ordners. Mit dieser Funktion kann man über den Windows-Standarddialog DUENQ-Profile vom Typ ***.due** öffnen.

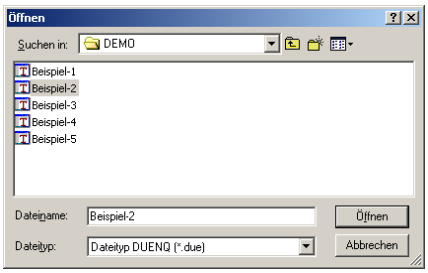


Bild 6.1

Dialog *Öffnen*

Schließen [Strg+F4]

… schließt den aktiven Querschnitt (eventuell mit der Abfrage, ob die vorgenommenen Änderungen gespeichert werden sollen).

Speichern [Strg+S]

… speichert den aktiven Querschnitt mit dem aktuellen Dateinamen, ohne ihn zu schließen.

Speichern unter… [F12]

… speichert den aktiven Querschnitt unter einem anderen Dateinamen als dem, unter welchem er geöffnet wurde. Sie geben (ggf. mithilfe der Browse-Funktion) den Zielordner an und legen im Feld **Dateiname** den Namen des Querschnitts fest.

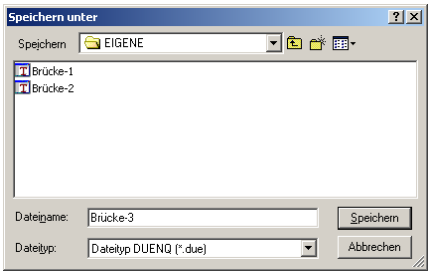


Bild 6.2

Dialog *Speichern unter*

Nach dem [**Speichern**] bleibt der aktive Querschnitt geöffnet. In der Titelleiste erscheint der neue Dateiname und zugleich wird die Datei mit dem ursprünglichen Namen geschlossen.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Alle speichern

… speichert alle geöffneten Querschnitte.

Drucken… [Strg+P]

… dient zum Ausdrucken der Querschnittsdaten und Grafiken sowie zu verschiedenen Einstellungen für den Ausdruck. Nach dem Aufruf dieser Funktion öffnet sich der Dialog **Grafikausdruck** mit drei Detailregistern - **Grafik**, **Druckqualität** und **Farbskala**.

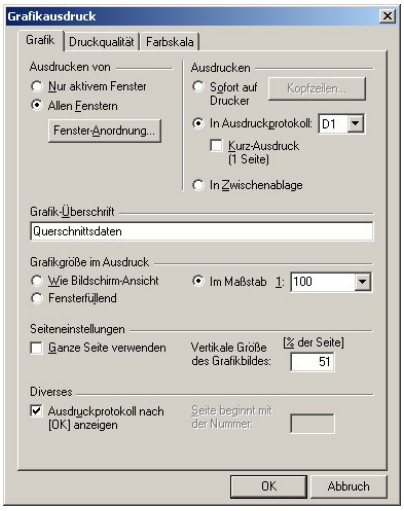


Bild 6.3

Register *Grafik* im Dialog *Grafikausdruck*

Im Register **Grafik** kann festgelegt werden, ob nur das *aktive Fenster* oder *alle Fenster* gedruckt werden sollen. Letztgenannte Option steht nur für mehrere angeordnete Fenster auf dem Bildschirm zur Auswahl. Sie ermöglicht eine individuelle Anordnung der Bilder auf einer Seite über den Button [**Fenster-Anordnung**], der den gleichnamigen Dialog aufruft.

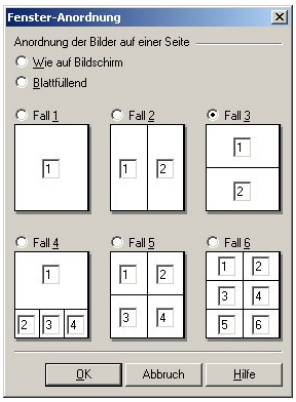


Bild 6.4

Dialog *Fenster-Anordnung*

Sie können hier die Bilder auf einer Seite *wie auf dem Bildschirm*, *blattfüllend* oder nach einem *Fall* der sechs Schemadarstellungen anordnen. In diesen Schemas wird jedes Fenster durch ein kleines Eingabefeld mit der Fensternummer symbolisiert, die dort auch geändert werden kann, um die genaue Anordnung der Bilder festzulegen.

Des Weiteren können Sie im Register **Grafik** das Ausdrucken sofort auf den Drucker, in das Ausdruckprotokoll oder in die Zwischenablage wählen. Für den Direktausdruck sofort auf den Drucker besteht hier die Möglichkeit, über den Button **Kopfzeilen…** den Dialog **Kopfzeilen, Firmenkopf** aufzurufen (siehe Kapitel 11.3.2). Beim Direktausdruck und beim Ausdrucken in das Ausdruckprotokoll kann man zusätzlich die Option **Kurz-Ausdruck (1 Seite)** anhaken (siehe Kapitel 11.2).

Weiterhin können Sie in diesem Register die Grafik-Überschrift eingeben, die auf dem Ausdruck erscheinen soll. Es ist hier auch möglich, die Grafikgröße im Ausdruck gleich wie in der Bildschirmansicht, fensterfüllend oder in einem frei gewählten Maßstab festzulegen. Ferner ermöglicht das Register **Grafik** die Seiteneinstellungen für die Größe der Grafik auf dem Blatt.

Das Register **Druckqualität** dient zur Festlegung von Druckfarbe und Rahmen.

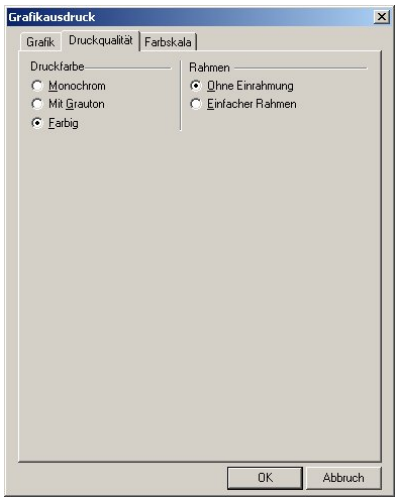


Bild 6.5

Register *Druckqualität* im Dialog *Grafikausdruck*

Hinsichtlich der Druckfarbe kann der Grafikausdruck monochrom, mit Grauton oder farbig sein. Der Grafikausdruck kann ohne Einrahmung gedruckt oder mit einem einfachen Rahmen versehen werden.

Im Register **Farbskala** können Sie die Option **Ohne Farbskala** anhaken und so die Legende für den Ausdruck ausblenden.

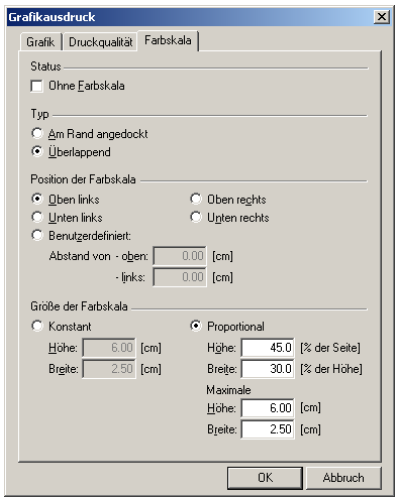


Bild 6.6

Register *Farbskala* im Dialog *Grafikausdruck*

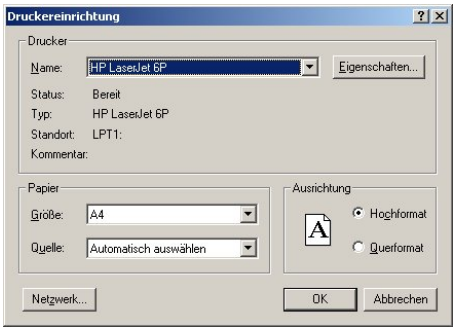
Weiter kann die Farbskala am Rand angedockt oder überlappend gedruckt werden. In diesem Register ist es auch möglich, Position und Größe der Farbskala festzulegen.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Drucker einrichten…

… ermöglicht die Detaileinstellungen zum Ausgabegerät und zu den Optionen. Diese Funktion öffnet den Windows-Standarddialog, der über den Button **Eigenschaften** den Zugriff auf die vom Druckerhersteller mitgelieferte Steuerungssoftware bietet.

Bild 6.7



Dialog *Druckereinrichtung*

Ausdruckprotokoll…

… dient zum Erstellen, Einsehen, Bearbeiten und Drucken aller im Protokoll abgelegten Daten und Grafiken (siehe Kapitel 11).

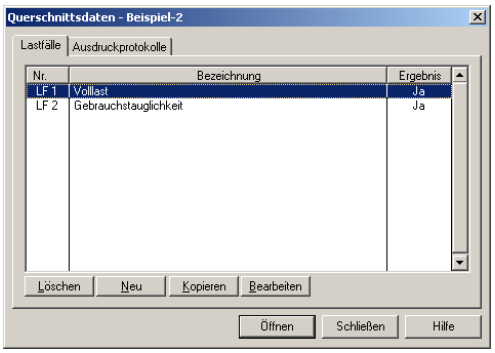
Projekt-Manager…

… unterstützt komfortabel die Verwaltung von Projekten und Querschnitten und bietet zugleich eine Vorschau auf die einzelnen Profile (siehe Kapitel 10).

Lastfälle/Ausdruckprotokolle…

… ermöglicht die Anzeige und Bearbeitung der für den aktuellen Querschnitt definierten Lastfälle und Ausdruckprotokolle. Diese Funktion öffnet den Dialog **Querschnittsdaten** mit dem aktuellen Querschnittsnamen in der Dialog-Titelleiste. Die Lastfälle und Ausdruckprotokolle sind in zwei Registern aufgelistet.

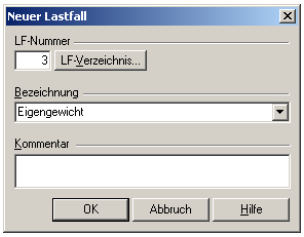
Bild 6.8



Register *Lastfälle* im Dialog *Querschnittsdaten*

Im Register **Lastfälle** stehen die Buttons **Löschen**, **Neu**, **Kopieren** und **Bearbeiten** zur Verfügung. Der Button **Neu** bzw. **Bearbeiten** bringt Sie in den Dialog **Neuer Lastfall** bzw. **LF-Basisangaben**.

Bild 6.9



Dialog *Neuer Lastfall*

Im Dialog *Neuer Lastfall* sind die Lastfall-Nummer und ggf. Bezeichnung sowie Kommentar anzugeben. Mit dem Button [**LF-Verzeichnis**] wird in einem neuen Fenster die Liste der bereits definierten Lastfälle angezeigt.

Versenden…

… ermöglicht es, eine E-Mail-Nachricht mit der Datei des aktuellen Querschnitts als Anhang zu versenden (nur bei eingerichteter E-Mail-Software verfügbar).

Zwischen den Menüpunkten **Versenden…** und **Importieren…** befindet sich eine Liste der zuletzt geöffneten Querschnitte. Die Einträge bleiben erhalten, wenn Sie DUENQ beenden. So können Sie nach einem Neustart schnell die zuletzt benutzten Querschnitte aufrufen.

Importieren…

… dient zum Import von Positionen anderer Formate (siehe auch Kapitel 12). Mit der Browse-Funktion können Sie den Ordner aufsuchen, in dem sich die einzulesende Datei befindet.

DXF-Vorlage einlesen…

… liest die Querschnittsgeometrie aus einer ***.dxf**-Datei als Vorlage für eine weitere Bearbeitung ein (siehe Kapitel 12.2).

Exportieren…

… erstellt eine Datei mit den Querschnittsdaten im ASCII-Format. Im erscheinenden Dialog ist der Dateiname anzugeben und ggf. mit der Browse-Funktion der Speicherort der auszuwählen. Mit dem Button **Speichern** werden die Eingabedaten des Querschnittes als ***.inp**-Datei bzw. die Ergebnisse als ***.aus**-Datei gesichert.

Beenden [Alt+F4]

… verlässt das Programm. Vorher erscheint ggf. noch eine Abfrage, ob die Änderungen gespeichert werden sollen.

6.2 Bearbeiten [Alt+B]

Dieses Menü ermöglicht die Eingabe und Bearbeitung von Querschnitten und Schnittgrößen.

Rückgängig [Strg+Z]

… macht die letzte Aktion rückgängig.

Wiederherstellen… [Strg+A]

… stellt den zuvor rückgängig gemachten Zustand wieder her.

Kopieren [Strg+C]

… kopiert die markierten Objekte (Elemente, Querschnitte etc.) in die Zwischenablage.

Einfügen [Strg+V]

… fügt den Inhalt der Zwischenablage ein.

Selektieren

… ist ein Hilfsmittel bei der Arbeit mit DUENQ, denn selektierte Knoten, Elemente, Punktelemente oder Profile lassen sich so schnell ändern. Selektieren können Sie grafisch und in den Tabellen, indem Sie ein Objekt mit der linken Maustaste anklicken; die Mehrfachselektion ist gemäß Windows-Standard mit der gedrückten [Shift]-Taste möglich.

Ein Doppelklick auf ein selektiertes Objekt ruft den Bearbeitungsdialog auf; das Anklicken mit der rechten Maustaste aktiviert das Kontextmenü des Objekts.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Das Untermenü **Selektieren** enthält folgende Menüpunkte:

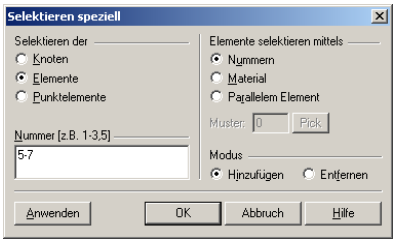
Alles

… selektiert den gesamten Querschnitt.

Speziell…

… ermöglicht eine gezielte Selektion von Knoten, Elementen oder Punktelementen über den erscheinenden Dialog **Selektieren speziell**.

Bild 6.10



Dialog *Selektieren speziell*

Zunächst entscheiden Sie, ob Knoten, Elemente oder Punktelemente selektiert werden sollen und ob Ihre Selektion mit dem Modus *Hinzufügen* oder *Entfernen* vorgenommen werden soll. Sie können in diesem Dialog alle Objekte mittels Nummern selektieren. Für die Elemente stehen hier nicht nur Nummern, sondern auch Material oder paralleles Element zur Auswahl. Sie geben hierfür als Selektionskriterium ein Muster vor: Sie können die Nummer des Musterelements direkt in das Eingabefeld eintragen oder dieses grafisch mit dem Button **Pick** auswählen.

Wenn Sie die Selektion mehrmals durchführen möchten, so klicken Sie auf den Button **Anwenden**, um die Selektion abzuschließen und dann eine neue zu beginnen.

Freie Knoten

… selektiert alle Knoten, die nicht als Anfangs- oder Endknoten bestehender Elemente auftreten.

Kreuzende Elemente

… selektiert alle Elemente, die sich kreuzen und nicht verbunden sind.

Selektieren mit Rhomboid

… verwendet zur grafischen Selektion ein Rhomboid anstelle des üblichen Rechtecks.

Selektion additiv/alternativ

… ermöglicht die Mehrfachselektion bzw. das mehrfache Aufheben der Selektion durch Anklicken der einzelnen Objekte ohne bzw. mit gedrückter [Shift]-Taste.

Selektiertes bearbeiten… [Alt+Eing]

… zeigt die Eigenschaften der selektierten Objekte an und ermöglicht deren Bearbeitung.

Selektiertes löschen [Entf]

… löscht die selektierten Objekte.

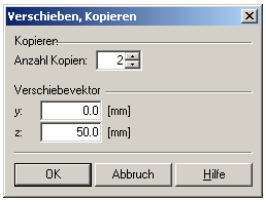
Alles löschen

… löscht alle Querschnittsdaten.

Verschieben/Kopieren…

… verschiebt oder kopiert die selektierten Objekte des Querschnitts.

Bild 6.11



Dialog *Verschieben, Kopieren*

Nach dem Selektieren der Objekte wählen Sie zunächst über die Option **Kopieren**, ob nur verschoben oder bei der Verschiebung kopiert werden soll: Wenn Sie nur verschieben wollen, setzen Sie die Anzahl der Kopien auf null. Anderenfalls geben Sie die gewünschte Zahl der Kopien ein. Definieren Sie nun den Verschiebevektor **y** und **z** in diesem Dialog oder legen den Anfangs- und Endpunkt des Vektors direkt in der Grafik fest.

Rotieren/Kopieren…

… rotiert die selektierten Objekte des Querschnittes oder belässt die selektierten Originalobjekte bei der gleichzeitigen Erstellung einer oder mehrerer gedrehten Kopien.

Bild 6.12

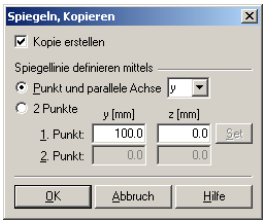
Dialog *Rotieren, Kopieren*

Nach dem Selektieren der Objekte wählen Sie zunächst über die Option **Kopieren**, ob nur rotiert oder bei der Drehung kopiert werden soll (siehe die obige Beschreibung der Funktion **Verschieben/Kopieren…**). Als nächstes ist der Rotationspunkt über dessen Koordinaten **y** und **z** in diesem Dialog zu definieren. Alternativ kann dieser Punkt direkt in der Grafik festgelegt werden. Der Drehwinkel wird dann entweder im Dialog per Tastatureingabe oder direkt grafisch durch Drehen der selektierten Objekte mit der Maus bestimmt.

Spiegeln/Kopieren…

… spiegelt die selektierten Objekte des Querschnittes oder belässt die selektierten Originalobjekte bei der gleichzeitigen Erstellung der gespiegelten Kopie.

Bild 6.13



Dialog *Spiegeln, Kopieren*

Mit dem Anhaken der Option **Kopie erstellen** werden beim Spiegeln die selektierten Originalobjekte neben deren Kopie belassen. Sie können die Spiegellinie entweder mittels Punkt und paralleler Achse (**y** bzw. **z**) oder mittels 2 Punkte definieren. Die Festlegung der Spiegelachse ist sowohl im Dialog als auch direkt in der Grafik möglich.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

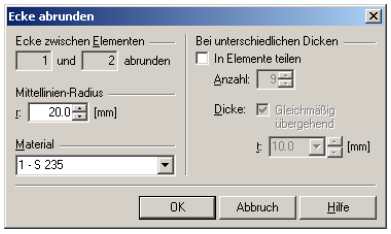
Ecke glätten

… verkürzt die ausgewählte Elementseite und verlängert entsprechend die benachbarte Elementseite, so das eine "saubere" Ecke ohne Überschneidung entsteht. Klicken Sie eines der beiden Elemente im Überschneidungsbereich an.

Ecke abrunden

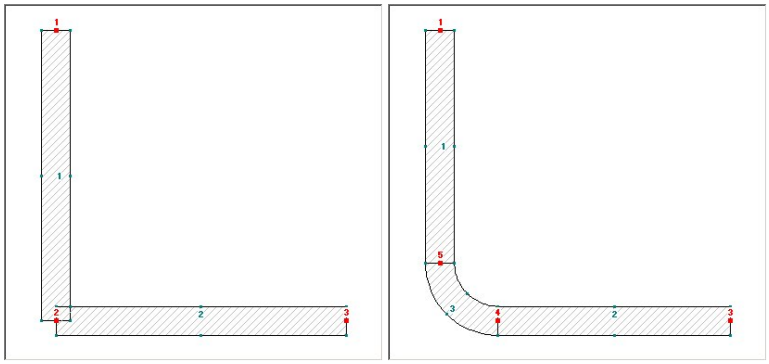
… versieht die ausgewählten Elemente an ihrem Schnittpunkt mit einem einstellbaren Bogen.

Bild 6.14



Dialog *Ecke abrunden*

Bild 6.15



Beispiel für die Funktion Ecke abrunden

Elemente verbinden

… verbindet kreuzende Elemente durch Knoten.

Elemente teilen durch n Knoten…

… fügt **n** neue Zwischenknoten in jedes der selektierten Elemente ein. Das jeweilige Element wird durch diese Knoten in **(n+1)** neue Elemente geteilt und dabei automatisch gelöscht.

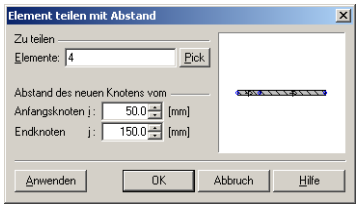
Bild 6.16

Dialog *Element teilen durch n Knoten*

Elemente teilen mit Abstand…

… teilt das selektierte Element in einem definierbaren Abstand vom Elementanfang bzw. -ende, sodass zwei neue Elemente entstehen. Das ursprüngliche Element wird gelöscht.

Bild 6.17



Dialog Element teilen mit Abstand

Knoten und Element verbinden

… verbindet einen Knoten mit einem Element durch ein Nullelement über die kürzeste Entfernung. Bei dieser Funktion ist zuerst der Knoten und dann das Element anzuklicken.

Wenn das Lot vom Knoten zum Element das Element zwischen seinem Anfangs- und Endknoten schneidet, wird das Element im Schnittpunkt von Lot und Element-Mittellinie geteilt. Es entstehen zwei neue Elemente.

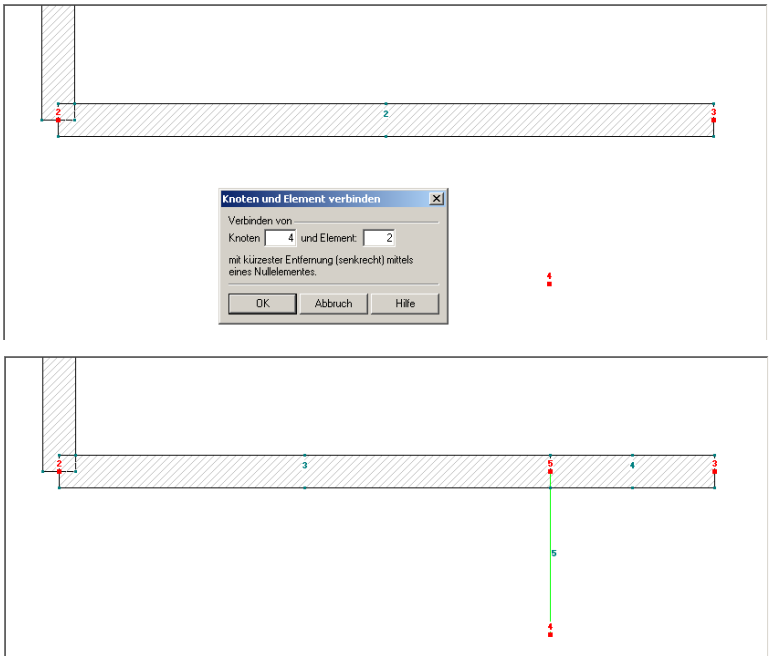


Bild 6.18

Beispiel für die Funktion Knoten und Element verbinden: mit Teilung des zu verbindenden Elements

Anderenfalls wird der Knoten mit dem Anfangs- bzw. Endknoten des Elements verbunden.

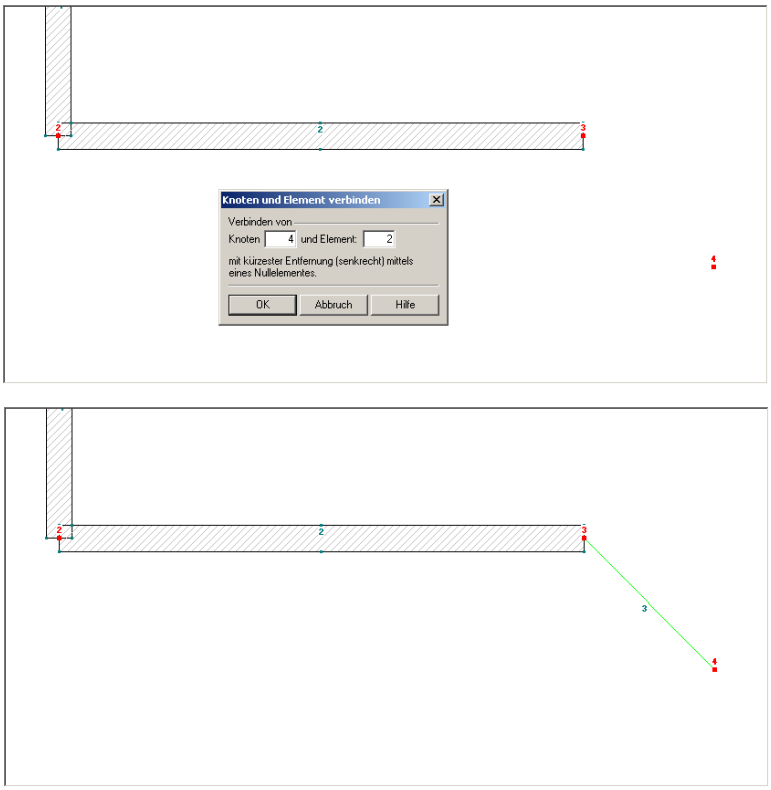


Bild 6.19

Beispiel für die Funktion Knoten und Element verbinden: ohne Teilung des zu verbindenden Elements

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Element zum Element verlängern

… verlängert ein Element bis zu einem anderen Element je nach *Verbindungsart*: Das erste Element wird entweder bis zur Kante oder zur Mittellinie des zweiten Elements verlängert. Im ersten Fall entsteht zusätzlich ein Nullelement zwischen den beiden neuen Knoten, die sich in den Schnittpunkten der gedehnten Mittellinie des ersten Elements mit der Kante bzw. der Mittellinie des zweiten Elements bilden. Für die beiden Verbindungsarten wird das zweite Element im Schnittpunkt der Mittellinien geteilt, sodass zwei neue Elemente entstehen.

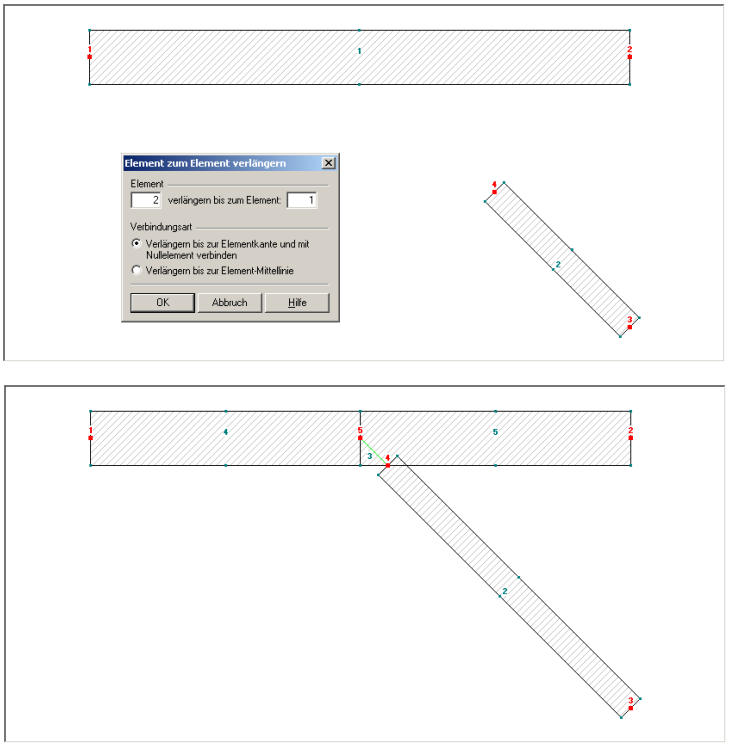


Bild 6.20

Beispiel für die Funktion Element zum Element verlängern: mit Verlängern bis zur Elementkante

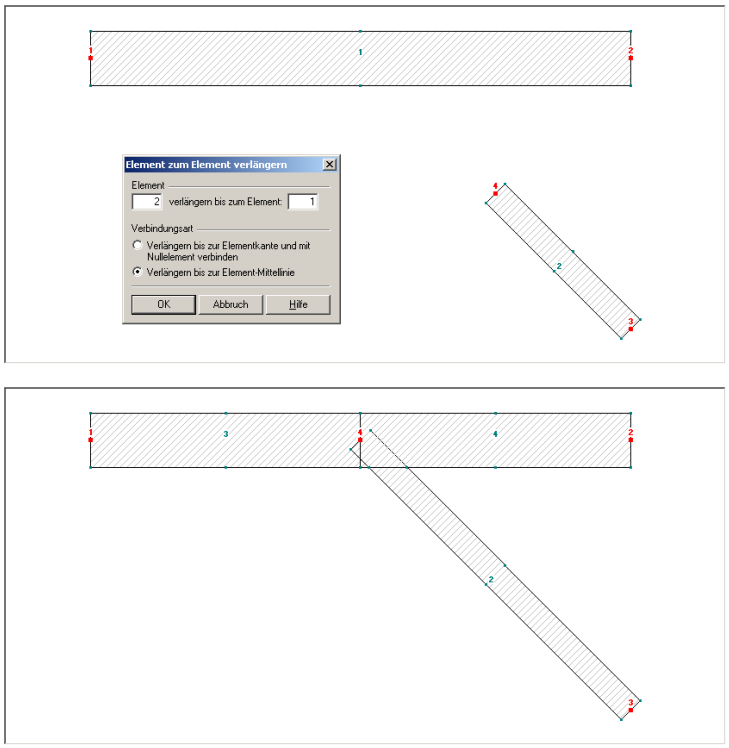


Bild 6.21

Beispiel für die Funktion Element zum Element verlängern: mit Verlängern bis zur Element-Mittellinie

Elementlänge verändern…

… verlängert ein Element an einer bzw. beiden Seiten um einen einstellbaren Abstand. Geben Sie im erscheinenden Dialog zunächst den absoluten oder prozentualen Wert ein und klicken dann das Elementende bzw. das Element an, dessen Länge geändert werden soll.

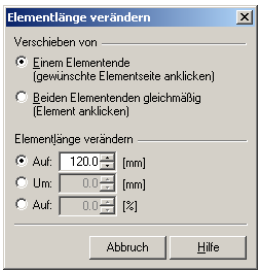


Bild 6.22

Dialog *Elementlänge verändern*

Parallele Elemente setzen

… setzt parallele Elemente zu einem bestimmten Element. Geben Sie im erscheinenden Dialog die Anzahl der Kopien an und den Abstand **d**, in dem die parallelen Elemente gesetzt werden sollen. Die Seitenvorgabe links bzw. rechts bezieht sich auf die Orientierung des Ausgangselements, also dessen Anfangs- und Endknoten. Ein Klick auf das Element erstellt dann die parallelen Elemente.

Bild 6.23

Dialog *Parallele Elemente setzen*

Öffnung in Element einfügen

… fügt eine Öffnung in ein oder mehrere Elemente ein, die über die Elementnummer/n oder grafisch per **Pick** angegeben werden können. Im Dialog werden die genauen Angaben zu Länge und Lage der Öffnung vorgenommen. Die Öffnung lässt sich als Aussparung oder als Nullelement modellieren.

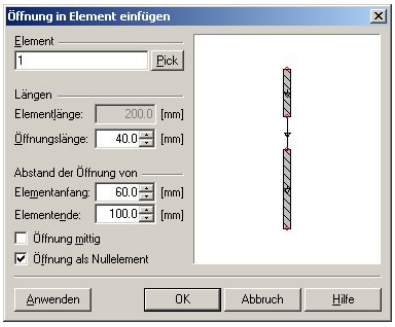


Bild 6.24

Dialog *Öffnung in Element einfügen*

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Weitere Werkzeuge

… ruft die folgenden Funktionen auf:

Skalieren…

… ändert bei den ausgewählten Elementen die absolute oder relative Größe in Bezug auf die Achsen **y** und **z**.

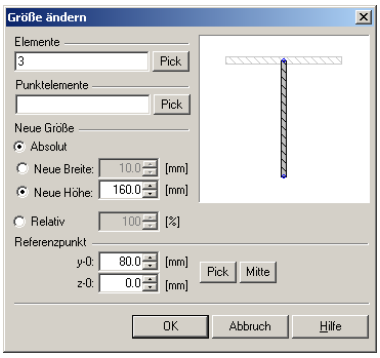


Bild 6.25

Dialog *Größe ändern*

Rechteckige Anordnung…

… kopiert die selektierten Elemente in rechteckiger Anordnung. Die Anzahl der Kopien und die jeweiligen Abstände in **y** und **z** sind frei definierbar.

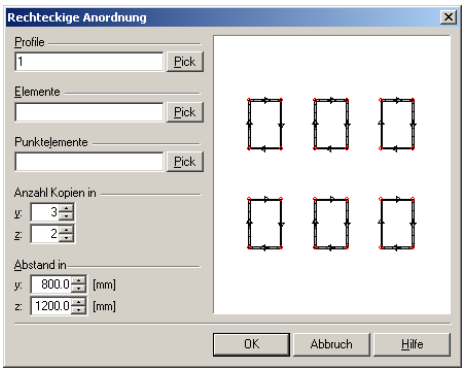


Bild 6.26

Dialog *Rechteckige Anordnung*

Kreisförmige Anordnung…

… kopiert die selektierten Elemente in kreisförmiger Anordnung um einen Mittel- bzw. Drehpunkt. Für die Generierung sind noch Angaben zur Anzahl der Kopien und zum Füllwinkel erforderlich. Optional werden die kopierten Elemente mitgedreht.

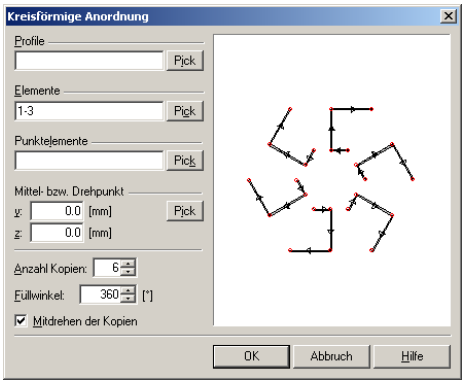


Bild 6.27

Dialog *Kreisförmige Anordnung*

Aus Elementen Profil erzeugen

… erzeugt ein Profil aus den selektierten Elementen sowie Punktelementen. Mit dieser Funktion werden Querschnittsteile unter einer *Profil-Bezeichnung* zu einer Einheit zusammengefasst.

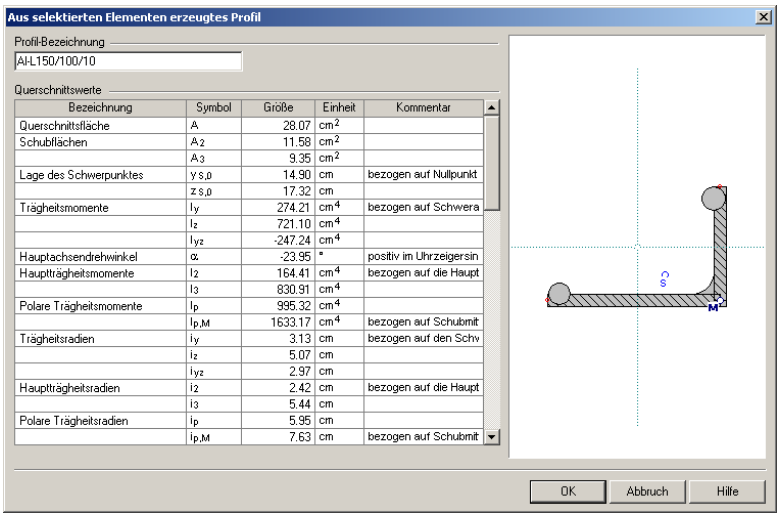


Bild 6.28

Dialog *Aus selektierten Elementen erzeugtes Profil*

Querschnittsdaten

… ermöglicht die Bearbeitung der folgenden Daten:

Basisangaben…

… editiert die Basisangaben des aktuellen Querschnittes mittels des Dialogs **Basisangaben**. Dieser Dialog enthält die beiden Standardregister - **Basisangaben** und **Einstellungen**.

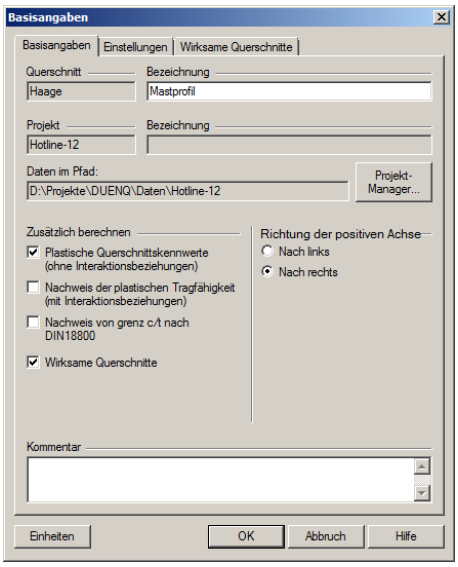


Bild 6.29

Register *Basisangaben* im Dialog *Basisangaben*

Wenn Sie die Optionen **Nachweis der plastischen Tragfähigkeit**, **Nachweis von grenz c/t** und/oder **Wirksame Querschnitte** anhaken, erscheinen in diesem Dialog zusätzliche Register für Detaileinstellungen.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Beim Anlegen eines neuen Querschnitts geben Sie im Register **Basisangaben** des Dialogs **Neuer Querschnitt - Basisangaben** einen Querschnittsnamen an und legen ggf. ein anderes Projekt für den Querschnitt fest. Für einen bereits angelegten Querschnitt ist die Änderung des Querschnittsnamens und Projekts im Register **Basisangaben** nicht möglich. Die weiteren Basisangaben jedoch können Sie sowohl beim Anlegen eines neuen Querschnitts als auch für einen bereits angelegten Querschnitt editieren.

Im Register **Basisangaben** können Sie neben dem Querschnittsnamen eine **Querschnittsbezeichnung** eintragen. Im unteren Feld besteht die Möglichkeit, einen **Kommentar** einzufügen.

Des Weiteren können Sie im Register **Basisangaben** die Richtung der positiven Achse **y** nach links oder nach rechts einstellen. Ohne Rücksicht auf die gewählte Richtung der positiven Achse **y** wird in DUENQ jeweils die positive Schnittfläche betrachtet.

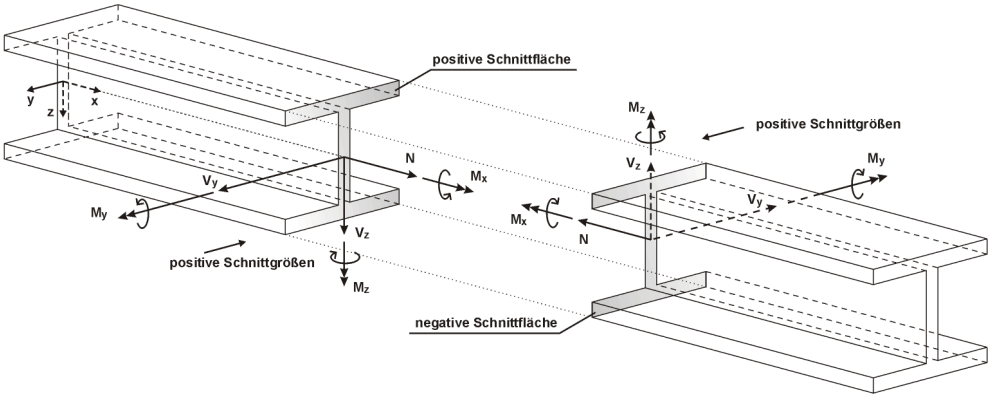


Bild 6.30

Vorzeichenkonvention für Schnittgrößen

Durch die Wahl der Richtung der positiven Achse **y** nach links bzw. nach rechts wird nur die Blickrichtung auf die dargestellte positive Schnittfläche gegen bzw. in Richtung der positiven Achse **x** festgelegt.

Ferner kann man im Register **Basisangaben** die folgenden Optionen für zusätzliche Berechnungen anhaken:

- Plastische Querschnittskennwerte
- Nachweis der plastischen Tragfähigkeit (mit Interaktionsbeziehungen)
- Nachweis von grenz c/t nach DIN 18800
- Wirksame Querschnitte

Im Register **Einstellungen** befinden sich weitere Detailangaben, die eine Anpassung der Berechnungsparameter ermöglichen.

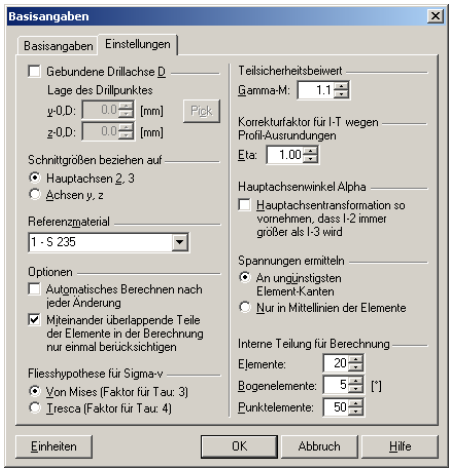


Bild 6.31

Register *Einstellungen* im Dialog *Basisangaben*

Es ist möglich, eine gebundene Drillachse **D** zu aktivieren und die auf den Koordinaten-Ursprung bezogene Position der Achse über die globalen Drillpunkt-Koordinaten $\mathbf{y_{0,D}}$ und $\mathbf{z_{0,D}}$ zu spezifizieren.

Des Weiteren können Sie im Register **Einstellungen** entscheiden, ob sich die Schnittgrößen auf die lokalen Hauptachsen **u** und **v** oder die globalen Stabachsen **y** und **z** beziehen. Diese Option beeinflusst die Richtung der Biegemomente und Querkräfte, die in der Tabelle **1.7 Schnittgrößen** eingegeben werden (siehe Kapitel 7.1.7).

Liegen unterschiedliche Materialien vor, so ist es erforderlich, in diesem Register ein Referenzmaterial anzugeben. Es werden dann die ideellen Querschnittskennwerte und Querschnittsverläufe ermittelt, die auf dieses Referenzmaterial bezogen sind.

Ferner lassen sich im Register **Einstellungen** folgende Optionen durch Anhaken aktivieren:

- Automatisches Berechnen nach jeder Änderung
- Überlappende Teile der Elemente in der Berechnung nur einmal berücksichtigen (Standardeinstellung)
- Hauptachsentransformation so vornehmen, dass $\mathbf{I_u}$ immer größer als $\mathbf{I_v}$ ist

Bei nur einmaliger Berücksichtigung von Überlappungen wird an den Überschneidungsbereichen gerader Elemente nur die Fläche eines Elements in der Berechnung betrachtet. Die weiteren Flächen werden intern als Punktelemente mit dem Status *Aussparen* angenommen (siehe Kapitel 4.5). Diese Funktion gilt jedoch nicht für Bögen.

Falls sich Elemente mit verschiedenen Materialien überlappen, erscheint der Dialog **Überschneidende Elemente**, in dem das Element anzugeben ist, dessen Material der Überschneidung zugeordnet bleibt und in der Berechnung angesetzt wird.

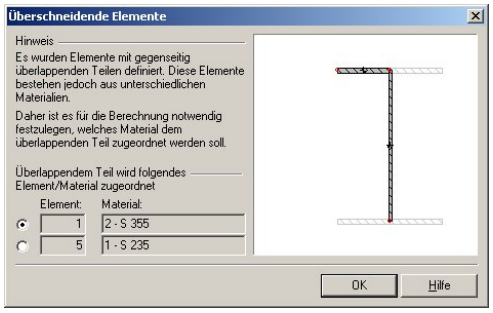


Bild 6.32

Dialog *Überschneidende Elemente*

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Weiterhin ist im Register **Einstellungen** die Fließhypothese festzulegen. Sie können zwischen den Fließbedingung nach *Von Mises* und *Tresca* wählen. Diese Optionen wirken sich auf die Berechnung der Vergleichsspannungen (siehe Kapitel 7.2.5).

Sie können in diesem Register auch den *Teilsicherheitsbeiwert* γ_M und den *Korrekturfaktor* η für das Saint Venantsche Torsionsträgheitsmoment festlegen.

Für die Spannungsberechnung ist zu entscheiden, ob diese an den *Ungünstigsten Element-Kanten* oder nur an den *Element-Mittellinien* ermittelt werden sollen.

Ferner besteht hier die Möglichkeit, die *Interne Teilung* der geraden Elemente, der Bogenelemente und der Punktelemente für die Berechnung einzustellen.

Das Register **Plastizität** steuert zwei Diskretisierungseinstellungen für die plastische Analyse festgelegt: die maximale Gesamtanzahl der Simplex-Teilchen (Voreinstellung: 100) und die Anzahl der Simplex-Teilchen über die Dicke der Elemente (Voreinstellung: 2). Eine Erhöhung wirkt sich entsprechend auf die Berechnungszeit aus.

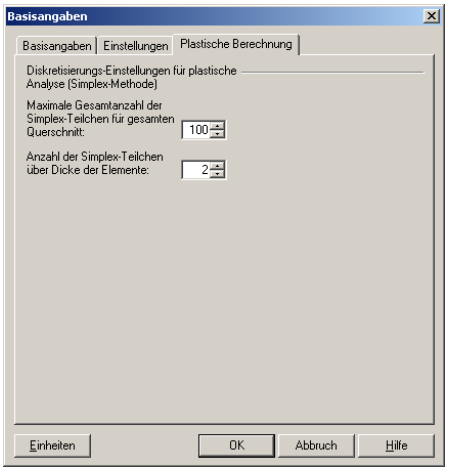


Bild 6.33

Register *Plastische Berechnung* im Dialog *Basisangaben*

Das Register **c/t-Teile** enthält Optionen zur Überprüfung von grenz c/t nach DIN 18800.

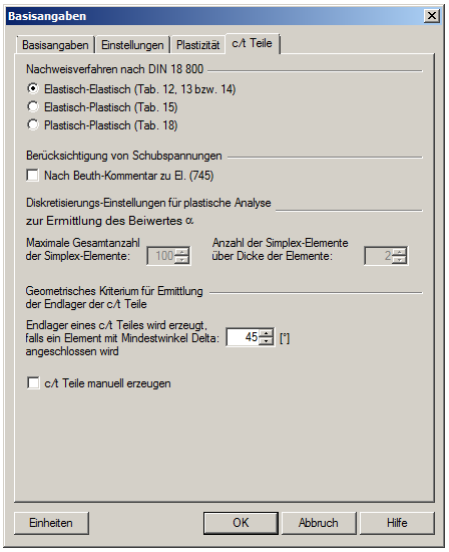


Bild 6.34

Register *c/t-Teile* im Dialog *Basisangaben*

Es stehen die Nachweisverfahren nach DIN 18800 *Elastisch-Elastisch* (Tab. 12, 13 bzw. 14), *Elastisch-Plastisch* (Tab. 15) und *Plastisch-Plastisch* (Tab. 18) zur Auswahl. Beim Verfahren Elastisch-Elastisch lässt sich zusätzlich die Option *Berücksichtigung von Schubspannungen*

nach Beuth-Kommentar zu El. (745) aktivieren. Bei den Verfahren Elastisch-Plastisch und Plastisch-Plastisch ist es möglich, die Diskretisierungseinstellungen für die plastische Analyse (also die maximale Gesamtanzahl der Simplex-Teilchen und die Anzahl der Simplex-Teilchen über die Dicke der Elemente) anzugeben.

Des Weiteren können Sie im Register **c/t-Teile** einen Winkel **Delta** als geometrisches Kriterium für die automatische Generierung der c/t-Teile festlegen: Es werden zwei separate c/t-Teile mit einem Endlager zwischen diesen erzeugt, wenn ein Element mit einem größeren Winkel als dem angegebenen Mindestwinkel **Delta** angeschlossen wird. Nachträglich können Sie automatisch ermittelte c/t-Lager über das Pulldownmenü **Extras** und Untermenü **c/t-Teillager ändern** wieder entfernen oder auch neue c/t-Lager setzen (siehe Kapitel 6.6).

Die c/t-Nachweise können nur dann geführt werden, wenn auch Schnittgrößen vorliegen. Die Grenzwerte c/t sind bei allen drei Verfahren vom Spannungsverhältnis abhängig.

Das Register **Wirksame Querschnitte** steuert die Ermittlung der effektiven Querschnittswerte.

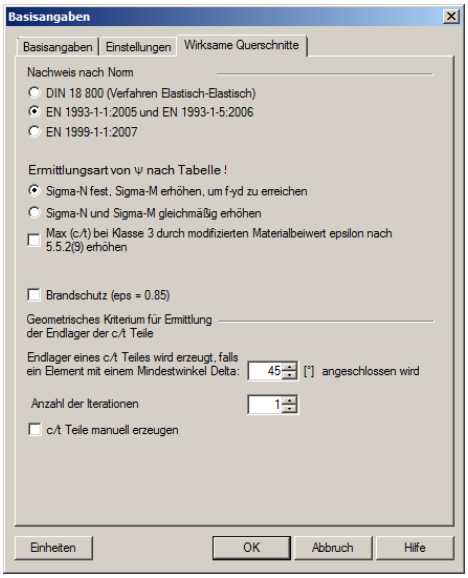


Bild 6.35

Register *Wirksame Querschnitte* im Dialog *Basisangaben*

Über die drei Auswahlfelder kann die **Norm** festgelegt werden, die für die Berechnung der wirksamen Querschnitte benutzt werden soll:

- DIN 18800 (Verfahren Elastisch-Elastisch)
- EN 1993-1-1:2005 und EN 1993-1-5:2006
- EN 1999-1-1:2007

In DIN 18800 sind die Nachweisdetails in Teil 2, Kapitel 7 geregelt. Bitte beachten Sie, dass die Ermittlung nach dieser Norm nur für Rechteckrohre, doppelt- oder einfachsymmetrische I-förmige Querschnitte, U-, C- und Z-Profile sowie für Hutprofile und Trapezhohlrippen.

Für Eurocode 3 (EN 1993-1-1, EN 1993-1-5) kann zudem die **Ermittlungsart von ψ** gesteuert werden. Der Faktor ψ wird zur Bestimmung des c/t-Verhältnisses nach EN 1993-1-1, Tabelle 5.2 benötigt. Liegen in einem Querschnitt Spannungen aus Druck und Biegung vor, so kann das Spannungs-Dehnungsverhältnis ψ auf zwei Arten ermittelt werden:

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

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Das Kontrollfeld **Max (c/t) bei Klasse 3 durch modifizierten Materialbeiwert ε nach 5.5.2 (9) erhöhen** steuert, ob Querschnitte, die als Klasse 4 eingestuft sind, durch eine Erhöhung des Beiwerts ε wie Querschnitte der Klasse 3 behandelt werden.

Des Weiteren können Sie im Register **Wirksame Querschnitte** einen Winkel **Delta** als geometrisches Kriterium für die automatische Generierung der c/t-Teile festlegen: Es werden zwei separate c/t-Teile mit einem Endlager zwischen diesen erzeugt, wenn ein Element mit einem größeren Winkel als dem angegebenen Mindestwinkel **Delta** angeschlossen wird. Nachträglich können Sie automatisch ermittelte c/t-Lager über das Pulldownmenü **Extras** und Untermenü **c/t-Teillager ändern** wieder entfernen bzw. neue c/t-Lager setzen (siehe Kapitel 6.6).

Die folgenden sechs Untermenüs führen zu den jeweiligen Bearbeitungsdialogen bzw. Eingabetabellen (mit der entsprechenden Nummerierung):

1.1 Knoten

… führt weiter zu den folgenden Menüpunkten:

Dialog…

Tabelle…

Löschen

1.2 Materialien…

… führt weiter zu den folgenden Menüpunkten:

Dialog…

Tabelle…

1.3 Profile

… führt weiter zu den folgenden Menüpunkten:

Dialog…

Tabelle…

Löschen

In Elemente zerlegen

… zerlegt das selektierte Profil in einzelne Elemente und Punktelemente.

Profildetails anzeigen…

… zeigt im erscheinenden Dialog ausführliche Informationen über das selektierte Profil an (siehe Kapitel 6.4).

1.4 Elemente

… führt weiter zu den folgenden Menüpunkten:

Dialog…

Tabelle…

Löschen

Teilen

… teilt die selektierten Elemente durch **n** Knoten oder mit einem Abstand (siehe die obige Beschreibung der beiden zuständigen Menüpunkte unter dem Pulldownmenü **Bearbeiten**).

Öffnung einfügen…

… fügt eine Öffnung in ein Element ein (siehe die obige Beschreibung des Menüpunkts **Öffnung in Element einfügen** unter dem Pulldownmenü **Bearbeiten**).

Richtung umkehren

… kehrt die Richtung der selektierten Elemente um.

1.5 Punktelemente

… führt weiter zu den folgenden Menüpunkten:

Dialog…

Tabelle…

Löschen

Diskretisiernetz anzeigen…

… zeigt das Netz der Diskretisierung zur Erfassung der Punktelemente an.

1.6 c/t-Teile

… führt weiter zu den folgenden Menüpunkten:

Dialog…

Tabelle…

Löschen

Schnittgrößen

… führt weiter zu den folgenden Menüpunkten:

Dialog…

Tabelle…

Lastfälle verwalten…

… ermöglicht die Anzeige und Bearbeitung der für den aktuellen Querschnitt definierten Lastfälle (siehe die obige Beschreibung des Menüpunktes **Lastfälle/Ausdruckprotokolle…** unter dem Pulldownmenü **Datei**).

Bemaßungen

… führt weiter zu den folgenden Menüpunkten:

Selektierte löschen

Alle löschen

Kommentare

… führt weiter zu den folgenden Menüpunkten:

Bearbeiten

Selektierte löschen

Alle löschen

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

6.3 Ansicht [Alt+A]

Dieses Menü steuert die verschiedenen Ansichten und Darstellungen sowohl des Querschnitts als auch der Benutzeroberfläche.

Navigator

… schaltet den Navigator mit der Baumstruktur aller geöffneten Profile durch Anklicken ein und aus.

Tabellen

… blendet die numerischen Ein- und Ausgabetabellen durch Anklicken ein und aus.

Zeigen von…

… dient zur Festlegung, was dargestellt werden soll. Im Dialog **Zeigen von** können Sie durch Anhaken in jeder **Kategorie** verschiedene **Unterkategorien** für die Darstellung auswählen. Bei einigen **Unterkategorien** können sie weitere **Details** anhaken. Dabei können Sie die Änderungen auf alle oder nur bestimmte Fenster anwenden. Der Button **Standard** stellt die programminternen Voreinstellungen wieder her und der Button **Als Standard setzen** legt Ihre Änderungen als den neuen Standard fest.

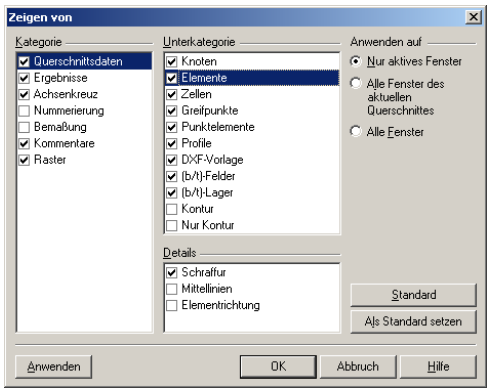


Bild 6.36

Dialog *Zeigen von*

Werkzeugleisten anpassen…

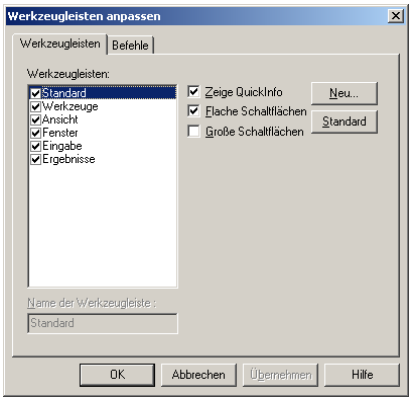
… ermöglicht die Anpassung der Werkzeugleisten. Sie können im Dialog **Werkzeugleisten** durch Anhaken festlegen, welche Werkzeugleisten angezeigt werden sollen. Es sind sechs Werkzeugleisten voreingestellt: **Standard**, **Werkzeuge**, **Ansicht**, **Fenster**, **Eingabe** und **Ergebnisse**. Es ist auch möglich, mit dem Button **Neu** eine neue Werkzeugleiste zu erstellen. Des Weiteren können Sie hier die Optionen **Zeige Quickinfo**, **Flache Schaltflächen** und **Große Schaltflächen** anhaken.

Bild 6.37

Dialog *Werkzeugleisten*

Der Dialog **Werkzeugleisten** wandelt sich nach Anklicken des Buttons **Anordnen** oder nach Eingabe des Namens einer neuen Werkzeugleiste zum erweiterten Dialog **Werkzeugleisten anpassen** mit den beiden Registern **Werkzeugleisten** und **Befehle** (siehe folgendes Bild).

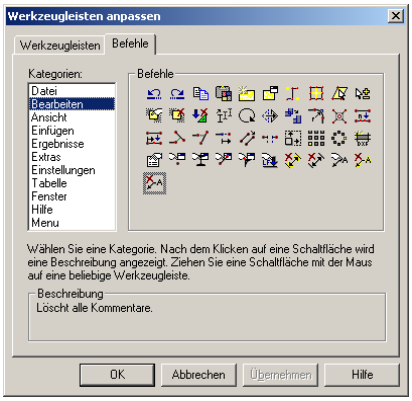
Bild 6.38



Register *Werkzeugleisten* im Dialog *Werkzeugleisten anpassen*

Das Register **Werkzeugleisten** bietet die gleichen Definitionsmöglichkeiten wie der oben beschriebene einfache Dialog **Werkzeugleisten**.

Bild 6.39



Register *Befehle* im Dialog *Werkzeugleisten anpassen*

Im Register **Befehle** können Sie unter den verschiedenen Kategorien vielerlei Schaltflächen auswählen. Mit dem Anklicken einer Schaltfläche erscheint deren Beschreibung im unteren Teil dieses Registers. Sie können mit der Maus eine Schaltfläche vom Register **Befehle** auf eine beliebige Werkzeugleiste ziehen.

Werkzeugleisten anordnen

… bringt Ordnung auf den Bildschirm, indem die Werkzeugleisten unterhalb der Menüleiste automatisch bestmöglich arrangiert werden.

Statusleiste

… schaltet die Statusleiste durch Anklicken ein und aus.

Raster

… blendet das Raster durch Anklicken ein und aus.

Greifen (Verschieben, Zoomen)

… verwandelt den Mauszeiger in eine Hand, damit die Ansicht mit der Maus gegriffen und verschoben bzw. gezoomt werden kann.

Ohne gedrückte [Shift]-Taste ist diese Hand mit einem eingeschriebenen Kreuz versehen. Sie ermöglicht es, mit der gedrückten linken Maustaste den Querschnitt zu verschieben.

Bei gedrückter [Shift]-Taste ist diese Hand mit einer eingeschriebenen Lupe versehen. Wenn Sie die nun die linke Maustaste gedrückt halten und die greifende Hand auf der Arbeitsfläche nach unten bewegen, so zoomen Sie in die Grafik hinein. Bewegen Sie die Hand bei gedrückter [Shift]- und linker Maustaste nach oben, so wird herausgezoomt.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Zoomen

… vergrößert einen beliebigen Ausschnitt in der Grafik mit Hilfe des Zoomfensters.

Zeige alles [F8]

… passt die Querschnittsdarstellung dem verfügbaren Platz an, sodass alles zu sehen ist.

Vorherige Ansicht

… stellt die vorherige Ansicht wieder her.

Vergrößern [+]

… vergrößert die aktuelle Ansicht in einem festen Vergrößerungsverhältnis.

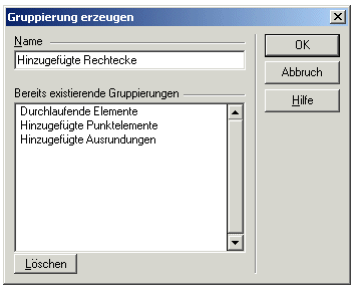
Verkleinern [-]

… verkleinert die aktuelle Ansicht in einem festen Verkleinerungsverhältnis.

Gruppierung erzeugen…

… erzeugt einen neuen benannten Ausschnitt bzw. entfernt eine bereits bestehende Gruppierung. Wenn Sie eine neue Gruppierung anlegen möchten, selektieren Sie bitte vor dem Aufruf dieser Funktion die entsprechenden Objekte.

Bild 6.40

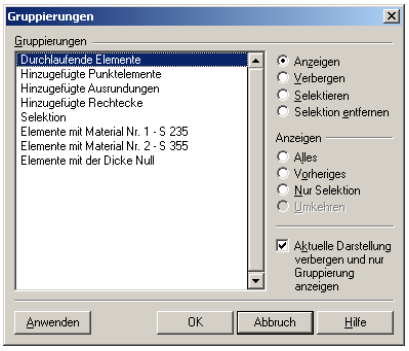


Dialog *Gruppierung erzeugen*

Gruppierung wählen…

… ermöglicht das Aktivieren einer bestehenden Gruppierung und bietet verschiedene Optionen zur Anzeige von Gruppierungen.

Bild 6.41



Dialog *Gruppierungen*

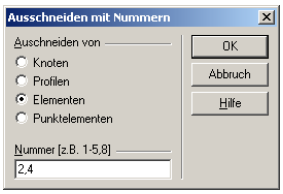
Ausschnitt mit Fenster

… zeigt nur die Objekte an, die sich ganz innerhalb des Selektionsrechtecks befinden.

Ausschnitt mit Nummer…

… zeigt nur die Knoten, Profile, Elemente oder Punktelemente an, die über den erscheinenden Dialog **Ausschneiden mit Nummern** anzugeben sind.

Bild 6.42



Dialog *Ausschneiden mit Nummern*

Ausschnittmodus aufheben

… beendet den Ausschnittmodus und zeigt wieder den gesamten Querschnitt an.

Vorheriges anzeigen

… zeigt den vorherigen Ausschnitt an.

Nur Selektiertes anzeigen

… zeigt nur die selektierten Objekte an (mindestens ein Objekt muss selektiert sein).

Umgekehrt anzeigen

… kehrt die vorherige Anzeige um, sodass alle soeben angezeigten Objekte ausgeblendet und alle soeben ausgeblendeten Objekte angezeigt werden.

Kontur des Querschnittes

… schaltet die Darstellung der Querschnittskontur durch Anklicken ein und aus.

Nur Kontur anzeigen

… schaltet die Darstellung der Querschnittskontur nur mit der umschriebenen Schraffurfläche ohne detaillierte Abbildung der einzelnen Objekte durch Anklicken ein und aus.

Bemaßungen

… blendet alle Bemaßungen durch Anklicken ein und aus.

Kommentare

… blendet alle Kommentare durch Anklicken ein und aus.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

6.4 Einfügen [Alt+E]

Über dieses Menü sind querschnitts- und schnittgrößenbezogene Ergänzungen möglich.

1.1 Knoten

… ermöglicht das Einfügen einzelner Knoten und führt weiter zu folgenden Menüpunkten:

Grafisch…

… öffnet den Dialog **Neuer Knoten**.

Bild 6.43

Dialog *Neuer Knoten*

Sie können die Nummer und Koordinaten des neuen Knotens im Dialog angeben oder die Lage des neuen Knotens mit dem Fadenkreuz direkt in der Grafik festlegen.

Dialog…

… öffnet den Dialog **Knoten einfügen**.

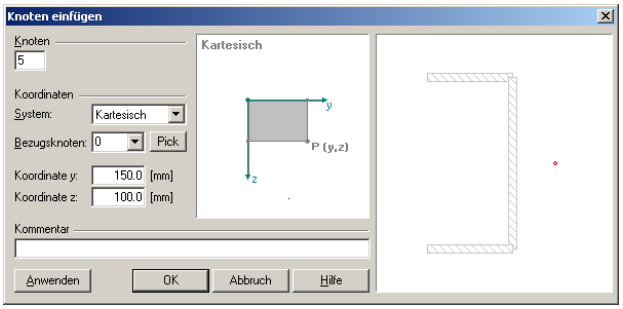


Bild 6.44

Dialog *Knoten einfügen*

In diesem Dialog werden die Nummer und Koordinaten des neuen Knotens eingetragen und das Koordinatensystem sowie ein Bezugsknoten gewählt. Es besteht hier auch die Möglichkeit, einen Kommentar beizufügen.

Tabelle…

… wechselt direkt in die Tabelle **1.1 Knoten** (siehe Kapitel 7.1.1).

1.2 Materialien

… ermöglicht das Einfügen neuer Materialien. Beim Anlegen eines neuen Querschnitts ist bereits ein Material mit der Nummer **1** voreingestellt. Das Untermenü **1.2 Materialien** führt weiter zu den folgenden Menüpunkten:

Dialog…

… öffnet den Dialog **Neues Material setzen**.

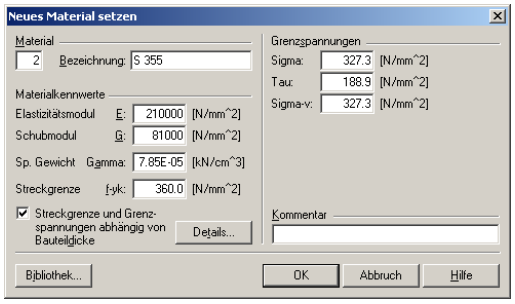
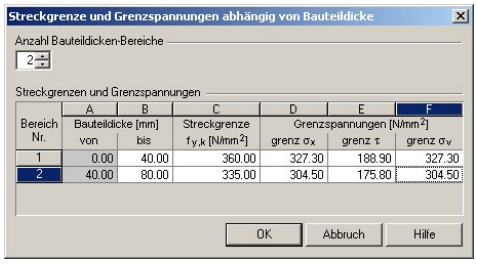


Bild 6.45

Dialog *Neues Material setzen*

Für ein neues Material sind neben Nummer und ggf. Bezeichnung die wichtigen Kennwerte einschließlich Grenzspannungen anzugeben. Es besteht auch die Möglichkeit, einen Kommentar einzutragen.

Wenn Sie die Option **Streckgrenze und Grenzspannungen abhängig von Bauteildicke** in diesem Dialog anhaken, können Sie mit dem Button **Details…** den Dialog **Streckgrenze und Grenzspannungen abhängig von Bauteildicke** aufrufen.



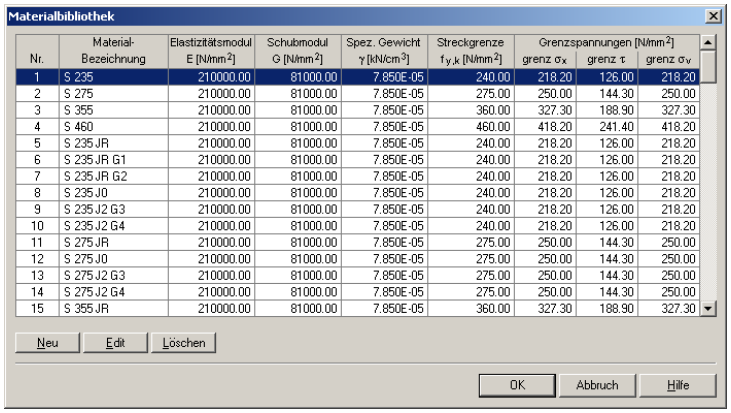
Bereich Nr.	A Bauteildicke [mm] von	B bis	C Streckgrenze $f_{y,k}$ [N/mm²]	D Grenzspannungen [N/mm²] grenz σ_x	E grenz τ	F grenz σ_v
1	0.00	40.00	360.00	327.30	188.90	327.30
2	40.00	80.00	335.00	304.50	175.80	304.50

Bild 6.46

Dialog *Streckgrenze und Grenzspannungen abhängig von Bauteildicke*

Sie können in diesem Dialog die Anzahl der *Bauteildicken-Bereiche* festlegen und dann jedem Bereich Begrenzungsdicken sowie Streckgrenze und Grenzspannungen zuweisen.

Der Klick auf den Button **Bibliothek…** im Dialog **Neues Material setzen** bringt Sie in den Dialog **Materialbibliothek**, in dem ein Vielzahl von Materialien mit ihren Kennwerten und Grenzspannungen aufgelistet ist.



Nr.	Material-Bezeichnung	Elastizitätsmodul E [N/mm²]	Schubmodul G [N/mm²]	Spez. Gewicht γ [kN/cm³]	Streckgrenze $f_{y,k}$ [N/mm²]	Grenzspannungen [N/mm²] grenz σ_x	grenz τ	grenz σ_v
1	S 235	210000.00	81000.00	7.850E-05	240.00	218.20	126.00	218.20
2	S 275	210000.00	81000.00	7.850E-05	275.00	250.00	144.30	250.00
3	S 355	210000.00	81000.00	7.850E-05	360.00	327.30	188.90	327.30
4	S 460	210000.00	81000.00	7.850E-05	460.00	418.20	241.40	418.20
5	S 235 JR	210000.00	81000.00	7.850E-05	240.00	218.20	126.00	218.20
6	S 235 JR G1	210000.00	81000.00	7.850E-05	240.00	218.20	126.00	218.20
7	S 235 JR G2	210000.00	81000.00	7.850E-05	240.00	218.20	126.00	218.20
8	S 235 J0	210000.00	81000.00	7.850E-05	240.00	218.20	126.00	218.20
9	S 235 J2 G3	210000.00	81000.00	7.850E-05	240.00	218.20	126.00	218.20
10	S 235 J2 G4	210000.00	81000.00	7.850E-05	240.00	218.20	126.00	218.20
11	S 275 JR	210000.00	81000.00	7.850E-05	275.00	250.00	144.30	250.00
12	S 275 J0	210000.00	81000.00	7.850E-05	275.00	250.00	144.30	250.00
13	S 275 J2 G3	210000.00	81000.00	7.850E-05	275.00	250.00	144.30	250.00
14	S 275 J2 G4	210000.00	81000.00	7.850E-05	275.00	250.00	144.30	250.00
15	S 355 JR	210000.00	81000.00	7.850E-05	360.00	327.30	188.90	327.30

Bild 6.47

Dialog *Materialbibliothek*

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

In der Materialbibliothek können Sie über den Button **Neu** bzw. **Edit** in den Dialog **Neues Material in der Bibliothek setzen** bzw. **Material in der Bibliothek bearbeiten** gelangen. Diese Dialoge sind wie der oben beschriebene Dialog **Neues Material setzen** aufgebaut (siehe Bild 6.45).

Tabelle…

… wechselt direkt in die Tabelle **1.2 Materialien** (siehe Kapitel 7.1.2).

1.3 Profile

… dient zum Einbinden von Profilen aus der Querschnittsbibliothek und zum schnellen Einfügen von Hohlprofilen oder Rohren. Das Untermenü **1.3 Profile** enthält folgende Einträge:

Grafisch…

… bietet die folgenden Arten der grafischen Eingabe:

Querschnittsbibliothek

… öffnet den Dialog **Querschnittsbibliothek** zum Einbinden eines standardisierten Profils.

Bild 6.48

Dialog *Querschnittsbibliothek*

In diesem Dialog werden Profile in verschiedenen Gruppen angeordnet. In DUENQ stehen drei Profilgruppen zur Auswahl: **Walzprofile**, **Geschweißte** und **Zusammengesetzte** Profile. Massive Profile sind wegen der dünnwandigen Theorie ebenso gesperrt wie Rund- und Flachstähle. In jeder von diesen Gruppen befinden sich mehrere Schaltflächen, mit denen bestimmte Typen von Profilen vertreten werden. Der Mausklick auf eine Schaltfläche ruft den zugehörigen Dialog zur Auswahl des Profils auf (siehe z. B. Bild 3.12 zur Eingabe eines Walzprofils und Bild 6.49 zur Eingabe eines zusammengesetzten Profils).

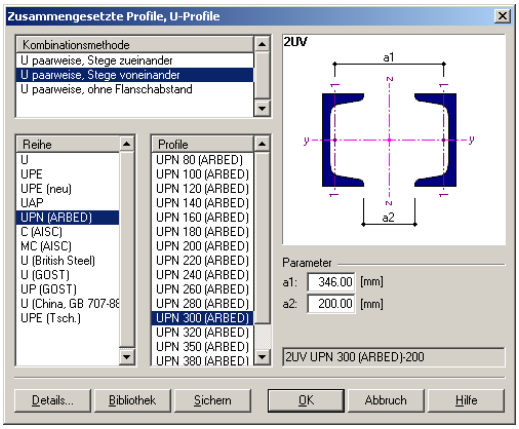


Bild 6.49

Dialog zur Eingabe eines zusammengesetzten Profils

In jedem Profil-Dialog steht der Button [**Details**] zur Verfügung. Er öffnet den Dialog **Details** dieses Profils, in dem ausführliche Informationen über dieses Profil angezeigt werden.

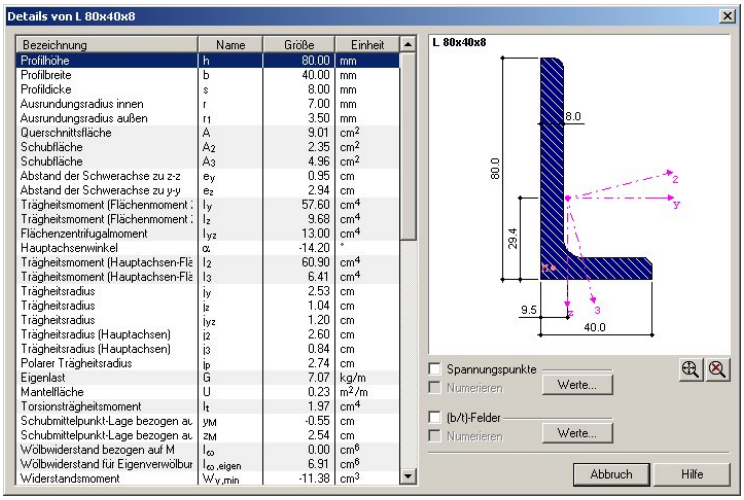


Bild 6.50

Dialog *Details* eines Winkelprofils

Dieser Dialog enthält links eine Tabelle mit den Spalten **Bezeichnung**, **Name**, **Größe** und **Einheit**. Hier sind verschiedene Querschnittskennwerte des Profils aufgelistet.

Rechts ist das Profil mit den Bemaßungen abgebildet. Unterhalb der Grafik können Sie die Optionen **Spannungspunkte** (ggf. mit **Nummerieren**) und **(c/t)-Felder** (ggf. mit **Nummerieren**) anhaken. Ein Klick auf den oberen bzw. unteren Button **Werte…** bringt Sie in einen weiteren Dialog mit der Tabelle und der Grafik für die Spannungspunkte bzw. (c/t)-Felder des Profils (siehe folgende Bilder).

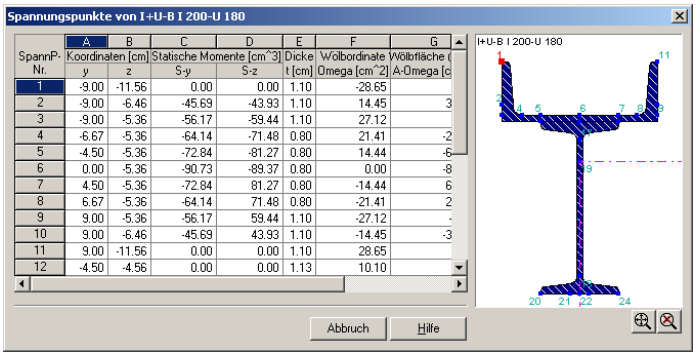


Bild 6.51

Dialog *Spannungspunkte*

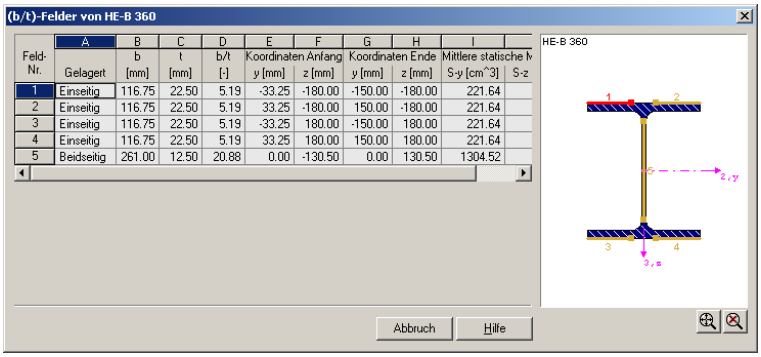


Bild 6.52

Dialog *c/t-Felder*

Nach der Auswahl des Profils gelangen Sie über den Button **OK** in den Dialog **Profil setzen**, in dem die Position und Lage des einzufügenden Profils grafischen festzulegen ist.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Das Grafikschema des Profils im rechten Teil des Dialogs gibt Aufschluss über die Lage des aktuellen Offsetpunkts, der durch einen roten Kreis gekennzeichnet ist. Sie greifen das Profil am Offsetpunkt, bewegen es über den Bildschirm und positionieren es dann am gewünschten Ort mit einem Klick der linken Maustaste. Den Offsetpunkt können Sie im Grafikschema festlegen, indem Sie einen der angebotenen Pick-Punkte anklicken. Knoten bzw. Greifpunkte sind hier rot bzw. blau gekennzeichnet. Der gewählte Offsetpunkt ist durch einen größeren roten Kreis gekennzeichnet. Alternativ können Sie im Dialog den Offsetpunkt direkt über dessen Koordinaten **y** und **z** festlegen.

Sie können das Profil an einem Knoten, Greifpunkt oder Rasterpunkt platzieren. Alternativ lässt sich das Profil an die Kante eines Elements anfügen, das Sie entweder grafisch mit dem Button **Pick** auswählen oder manuell angeben. Nur bei dieser Option ist auch die Eingabe der Profil-Drehung parallel zum Element oder senkrecht dazu möglich. Sie geben dann noch an, ob das Profil links oder rechts (bzw. oben oder unten) an der gewählten Elementkante angeschlossen werden soll, und legen den Abstand **s** vom Elementanfang grafisch oder per Tastatureingabe fest. Des Weiteren lässt sich das Profil auch über die Angabe der Koordinaten $\mathbf{y_0}$ und $\mathbf{z_0}$ an einem beliebigen Punkt platzieren. In allen Fällen der Platzierung ist es möglich, das Profil über die Angabe einer Profil-Drehung um einen frei wählbaren Winkel **β** zu rotieren.

Im Einführungsbeispiel ist das Setzen eines Profils genau beschrieben (siehe Kapitel 3.2.4)

Beim Setzen des Profils an eine Elementkante können Sie automatisch das Profil mit einem Nullelement verbinden lassen und es so schubsteif anschließen.

Eine weitere Option im Dialog ermöglicht es, das Profil automatisch in einzelnen Elemente und Punktelemente zerlegen zu lassen. Ist der **Fang aktiv**, so lässt sich das Profil leicht an einem beliebigen Rasterpunkt platzieren.

Ferner ist im Dialog das Material des Profils festlegen. Dabei gelangen Sie über den Button **Edit** bzw. **Bibliothek** in den Dialog **Material bearbeiten** bzw. **Materialbibliothek**.

Hohlprofil

… öffnet den Dialog **Hohlprofil setzen** zum Einfügen eines rechteckigen bzw. quadratischen Hohlprofils, das aus vier geraden und verbundenen Elementen besteht.

Bild 6.53

Dialog *Hohlprofil setzen*

In den Feldern **Elemente** werden die Nummern der zu generierenden Elemente angezeigt. Sie können hier auch eine neue Anfangsnummer festlegen, die Endnummer wird automatisch fortlaufend vergeben. Die Koordinaten der ersten Ecke lassen sich per Tastatur über deren Koordinaten **y** und **z** bestimmen, wobei der Koordinaten-Bezug auf den globalen Nullpunkt oder den beliebig gesetzten Rasterursprung möglich ist.

Die erste Ecke und damit das Hohlprofil können Sie auch grafisch definieren, indem Sie die strichlinienhafte Kontur des Profils mit der Maus über den Bildschirm bewegen und am gewünschten Ort mit einem Mausklick verankern. Die Option **Fang aktiv** erleichtert das Positionieren an einem Rasterpunkt.

Als Profilmaße sind im Dialog die Breite **b** und Höhe **h** sowie die Dicke **t** anzugeben.

Ferner können Sie das Hohlprofil **mit Eckausrundung r** oder **mit Eck-Anpassung** erzeugen lassen. Für die Option **mit Eckausrundung r** ist zusätzlich der auf die Mittellinie bezogene Radius **r** des zu generierenden Bogenelements anzugeben. Bei einer **Eck-Anpassung** wird in jeder Ecke außen am Hohlprofil ein quadratisches Punktelement ergänzt.

Das Material des Hohlprofils kann über die Liste festgelegt werden.

Rohr

… öffnet den Dialog **Rohr setzen** zum Einfügen eines Kreisrohres, das aus mindestens zwei miteinander verbundenen Bogenelementen von gleicher Größe besteht.

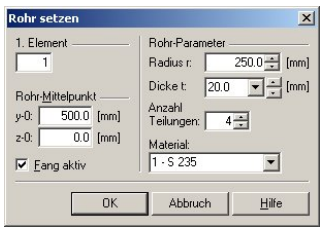


Bild 6.54

Dialog *Rohr setzen*

Im Feld **1. Element** wird die Nummer des ersten zu generierenden Elements angezeigt. Den *Rohr-Mittelpunkt* können Sie per Eingabe der Koordinaten $\mathbf{y_0}$ und $\mathbf{z_0}$ numerisch oder durch Anklicken mit der linken Maustaste grafisch bestimmen. Die Option **Fang aktiv** erleichtert das Positionieren an einem beliebigen Rasterpunkt.

Ferner sind in diesem Dialog der Rohraußenradius **r**, die Dicke **t**, die Anzahl der Teilungen und das Material festzulegen.

Tabelle…

… wechselt direkt in die Tabelle **1.3 Profile** (siehe Kapitel 7.1.3).

1.4 Elemente

… ermöglicht das Einfügen von Elementen. Das Untermenü **1.4 Elemente** führt weiter zu den folgenden Menüpunkten:

Grafisch

… bietet die folgenden Arten der grafischen Eingabe:

Einzeln

… setzt beim Aufruf des Dialogs **Neues Element** die Elemente getrennt. Nach dem Setzen eines Elements muss der Anfangsknoten eines weiteren Elements neu festgelegt werden.

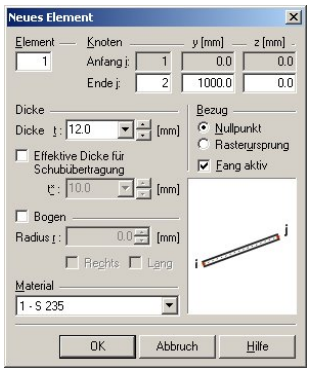


Bild 6.55

Dialog *Neues Element*

Im Dialog werden die Nummer des neuen Elementes und die Nummern seines Anfangs- und Endknotens angezeigt. Sie können hier zwischen dem Bezug der Knotenkoordinaten **y** und **z**

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

auf den globalen Nullpunkt oder einen beliebig gesetzten Rasterursprung wählen. Die Option **Fang aktiv** erleichtert das Positionieren an einem Rasterpunkt. Sobald Sie den Anfangsknoten des neuen Elements festgelegt haben, können Sie den Endknoten dieses Elements einfügen.

In diesem Dialog ist auch die Elementdicke anzugeben. Neben der „normalen" Dicke **t** steht die effektive Dicke **t*** für die Schubübertragung zur Verfügung (siehe Kapitel 4.4).

Des Weiteren ist das Material des Elements festzulegen.

Sie können im Dialog **Neues Element** auch die Option **Bogen** anhaken, um ein gebogenes Element einzufügen. Als Parameter des Bogens muss hier der auf die Mittellinie bezogene Radius **r** angegeben werden. Die Optionen **Rechts** und/oder **Lang** steuern die Anordnung des Bogens. Diese Optionen sowie weitere Parameter zur Eingabe eines Bogenelementes bietet der Dialog **Bogenelement setzen**, der unten im Absatz **Bogen** beschrieben ist.

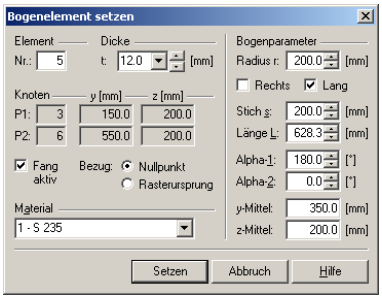
Polygonmäßig

… setzt beim Aufruf des Dialogs **Neues Element** mehrere verbundene Elemente. Der Endknoten eines soeben gesetzten Elementes ist zugleich der Anfangsknoten eines weiteren Elements.

Bogen

… öffnet den Dialog **Bogenelement setzen** zum Einfügen eines gebogenen Elements.

Bild 6.56



Dialog *Bogenelement setzen*

In diesem Dialog werden die Nummer und Dicke **t** des neuen Bogenelementes sowie die Nummern des Anfangs- und Endknotens des Bogens angezeigt. Sie können hier entscheiden, ob sich die Knotenkoordinaten **y** und **z** auf den globalen Nullpunkt oder einen gesetzten Rasterursprung beziehen sollen und ob die Option **Fang aktiv** zum erleichterten Positionieren an einem beliebigen Rasterpunkt genutzt werden soll. Den Endknoten des neuen Bogenelements können Sie erst nach dem Festlegen des Bogen-Anfangsknotens einfügen. Ferner ist in diesem Dialog das Material des Bogenelements anzugeben.

Die Bogenparameter lassen sich über den Radius **r**, Stich **s**, die Länge **L**, Öffnungswinkel α_1 und α_2 sowie Mittelpunkt-Koordinaten y_{Mittel} und z_{Mittel} im Dialog festlegen. Des Weiteren können Sie im Dialog die Optionen **Rechts** und/oder **Lang** anhaken. Mit **Rechts** bzw. **Lang** legen Sie fest, auf welcher Seite sich die Bogenmitte befindet bzw. ob der Bogen länger oder kürzer als der Halbkreis des gleichen Radius ist. Die Bogenparameter sowie die Option **Lang** stehen in einem gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnis, werden von DUENQ automatisch aktualisiert und lassen sich auch grafisch durch Bewegen des Mauszeigers definieren. Der vorgeschlagene Bogen wird in der Grafik punktliniert angezeigt.

Dialog…

… öffnet den Dialog **Element einfügen**.

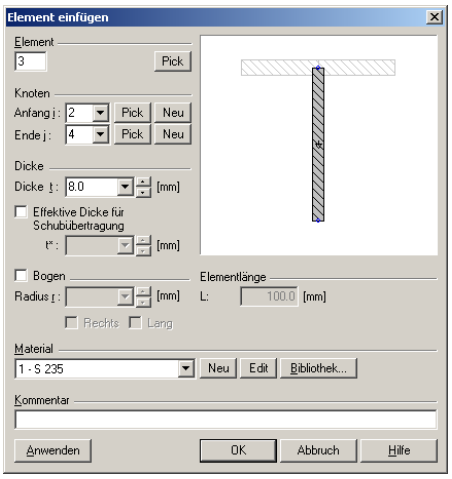


Bild 6.57

Dialog *Element einfügen*

In diesem Dialog werden die Nummern des neuen Elementes und die Nummern seines Anfangs- und Endknotens angezeigt. Sie können für den Anfangs- bzw. Endknoten einen bereits bestehenden Knoten numerisch per Fenstereingabe oder grafisch über den Button **Pick** auswählen. Es ist auch möglich, einen ganz neuen Knoten als Anfangs- bzw. Endknoten des Elementes mit dem Button **Neu** festzulegen, der den Dialog **Knoten einfügen** aufruft (siehe Bild 6.44).

Im rechten Teil des Dialogs **Element einfügen** wird ein Schema des einzufügenden Elements mit dessen Umgebung angezeigt.

Ferner bietet dieser Dialog die Möglichkeiten zur Festlegung der Elementdicke und des Materials sowie die Option zur Eingabe eines Bogenelementes. Diese Angaben sind oben im Abschnitt **Einzeln** bzw. **Bogen** bei der Beschreibung des Dialogs **Neues Element** bzw. **Bogenelement setzen** beschrieben. Zusätzlich erscheint hier die von DUENQ automatisch aktualisierte Länge **L** des Bogens.

Es besteht in diesem Dialog auch die Möglichkeit, einen Kommentar einzufügen.

Tabelle…

… wechselt direkt in die Tabelle **1.4 Elemente** (siehe Kapitel 7.1.4).

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

1.5 Punktelemente

… ermöglicht das Einfügen von Punktelementen. Das Untermenü **1.5 Punktelemente** führt weiter zu den folgenden Menüpunkten:

Grafisch

… öffnet den Dialog **Punktelement setzen**, in dem Nummer, Material, Status, Typ und weitere Parameter hinsichtlich der Größe und Lage des neuen Punktelements angezeigt werden. Diese Angaben werden näher im Kapitel 4.5 beschrieben. Im rechten Teil des Dialogs **Punktelement setzen** wird ein Schema des Punktelements angezeigt. Die geometrischen Parameter und das dargestellte Schema hängen vom gewählten Punktelement-**Typ** ab.

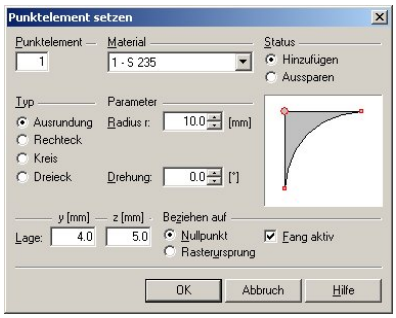


Bild 6.58

Dialog *Punktelement setzen* für den Typ **Ausrundung**

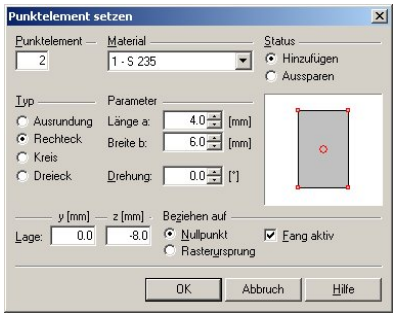


Bild 6.59

Dialog *Punktelement setzen* für den Typ **Rechteck**

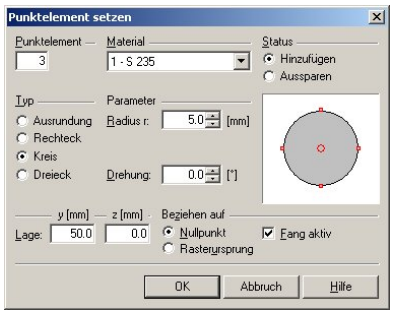


Bild 6.60

Dialog *Punktelement setzen* für den Typ **Kreis**

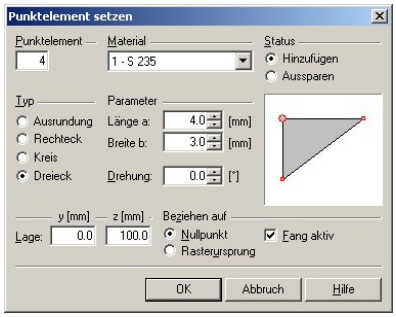


Bild 6.61

Dialog *Punktelement setzen* für den Typ **Dreieck**

Sind die Angaben zum Punktelement vollständig, können Sie es per Tastatureingabe der auf den Nullpunkt bzw. Rasterursprung bezogenen Koordinaten **y** und **z** im Dialog **Punktelement setzen** oder mit einem Mausklick direkt in der Grafik platzieren.

Dialog…

… öffnet den Dialog **Neues Punktelement**.

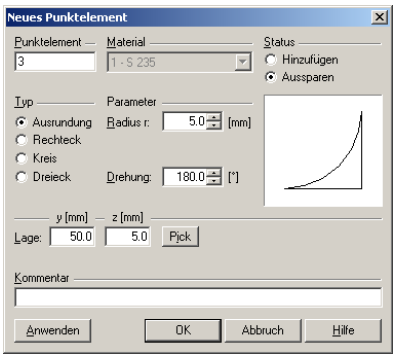


Bild 6.62

Dialog *Neues Punktelement*

Hier werden Nummer, Material, Status, Typ und weitere Parameter hinsichtlich der Größe und Lage des neuen Punktelementes angezeigt. Diese Angaben werden näher im Kapitel 4.5 beschrieben. Die geometrischen Parameter sowie das im rechten Teil des Dialogs dargestellte Schema hängen von dem gewählten Punktelement-**Typ** ab.

Sie können im Dialog **Neues Punktelement** die Lage des Punktelements per Tastatureingabe oder grafisch mit dem Button **Pick** festlegen. Dieser Dialog bietet auch die Möglichkeit, einen Kommentar beizufügen.

Tabelle…

… wechselt direkt in die Tabelle **1.5 Punktelemente** (siehe Kapitel 7.1.5).

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

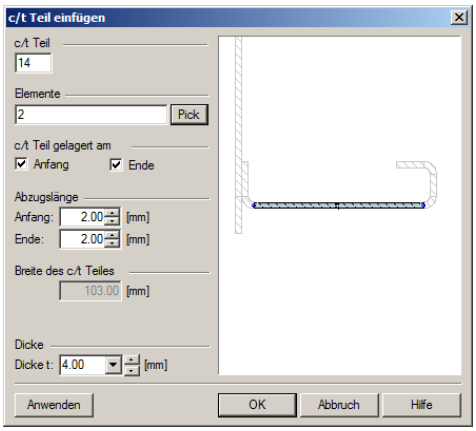
1.6 c/t-Teile

… ermöglicht die Festlegung von c/t-Teilen. Das Untermenü **1.6 c/t-Teile** führt weiter zu den folgenden Menüpunkten:

Dialog…

… öffnet den Dialog **c/t-Teil einfügen**.

Bild 6.63



Dialog *c/t-Teil einfügen*

Im Dialog werden Nummer und weitere Parameter des neuen c/t-Teils eingetragen, wenn die Option **Nachweis von grenz c/t** im Dialog **Basisangaben** angehakt ist (siehe Kapitel 6.2).

Tabelle…

… wechselt direkt in die Tabelle **1.6 c/t-Teile** (siehe Kapitel 7.1.6).

Neuer Lastfall…

… dient zur Definition eines neuen Lastfalls über den erscheinenden Dialog **Neuer Lastfall** (siehe Kapitel 6.1).

1.7 Schnittgrößen…

… wechselt direkt in die Tabelle **1.7 Schnittgrößen** (siehe Kapitel 7.1.7).

Bemaßungen

… fügt neue Bemaßungen ein (siehe Kapitel 9.1).

Kommentare

… fügt neue Kommentare ein (siehe Kapitel 9.2).

6.5 Ergebnisse [Alt+G]

Dieses Menü ermöglicht die Berechnung von Querschnittswerten und Spannungen und dient auch der Festlegung von grafischer und numerischer Ergebnisdarstellung.

Ergebnisse zeigen [F5]

… startet die Berechnung von Querschnittswerten und Spannungen, wenn es noch keine Ergebnisse gibt. Sonst blendet dieser Befehl die Anzeige der berechneten Ergebnisse durch Anklicken ein und aus.

Die weiteren Menüpunkte unter dem Pulldownmenü **Ergebnisse** mit Ausnahme des Menüpunkts **Ergebnisfenster anordnen…** stehen nur dann zur Verfügung, wenn die Berechnung vorgenommen wurde und wenn die Ergebnisdarstellung nicht ausgeblendet ist.

Ordinaten y, Ordinaten z, Ordinaten u, Ordinaten v

… zeigt den Verlauf der auf den Schwerpunkt **S** bezogenen Ordinaten der Elementmittellinien in Richtung der globalen Stabachsen **y** und **z** sowie der lokalen Hauptachsen **u** und **v** an.

Statische Momente S_y, Statische Momente S_z, Statische Momente S_u, Statische Momente S_v

… zeigt den Verlauf der auf die globalen Stabachsen **y** und **z** sowie die lokalen Hauptachsen **u** und **v** bezogenen statischen Momente an. Näheres zur Berechnung finden Sie im Kapitel 7.2.2.

Wölbordinaten ω

… zeigt den Verlauf der Wölbordinaten ω_M um den Schubmittelpunkt **M** bzw. der Wölbordinaten ω_D um den Drillpunkt **D** an. Näheres zur Berechnung finden Sie im Kapitel 7.2.2.

Flächenmomente S_ω

… zeigt den Verlauf der Flächenmomente 1. Grades ω an, die sich auf den Schubmittelpunkt **M** bzw. den Drillpunkt **D** beziehen. Näheres zur Berechnung finden Sie im Kapitel 7.2.2.

Normalspannungen σ_x

… zeigt den Verlauf der Normalspannungen an. Näheres zur Berechnung finden Sie im Kapitel 7.2.3.

Schubspannungen τ

… zeigt den Verlauf der Schubspannungen an. Näheres zur Berechnung finden Sie im Kapitel 7.2.4.

Vergleichsspannungen σ_v

… zeigt den Verlauf der Vergleichsspannungen an. Näheres zur Berechnung finden Sie im Kapitel 7.2.5.

Spannungsausnutzung

… zeigt den Verlauf der Ausnutzungsquotienten an, d. h. das Verhältnis von vorhandener Vergleichsspannung zur Grenzspannung.

Schubkraft

… zeigt die Schubkräfte an, die aus den Schubspannungen aufintegriert werden. Näheres zur Berechnung finden Sie im Kapitel 7.2.4.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Plastische Normalspannungen $\sigma_{x,pl}$

… zeigt den Verlauf der plastischen Normalspannungen an. Näheres zur Berechnung finden Sie im Kapitel 7.2.6.

Plastische Schubspannungen τ_{pl}

… zeigt den Verlauf der plastischen Schubspannungen an. Näheres zur Berechnung finden Sie im Kapitel 7.2.6.

Plastische Vergleichsspannungen $\sigma_{v,pl}$

… zeigt den Verlauf der plastischen Vergleichsspannungen an. Näheres zur Berechnung finden Sie im Kapitel 7.2.6.

Mit Ergebniswerten

… zeigt die Ergebnisverläufe mit den Ergebniswerten an.

Trägheitsellipse

… zeigt die Schwerpunkt-Trägheitsellipse an.

Mit Vollmodell

… zeigt die Ergebnisverläufe mit dem genauen geometrischen Modell der Elemente, Punktelemente und Profile an.

Mit Farbskala

… zeigt die farbgekennzeichneten Verläufe oder Isoflächen der Ergebnisse mit einer Farbskala an. Nach dem Aufruf dieser Funktion öffnet sich der Dialog **Ergebnisse** mit den beiden Detailregistern - **Farbspektrum** und **Filter** (siehe folgendes Bild).

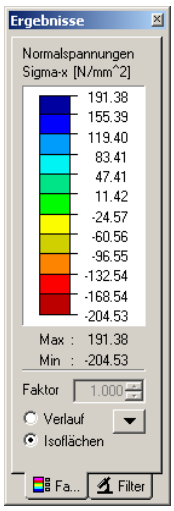


Bild 6.64

Register *Farbspektrum* im Dialog *Ergebnisse*

Im Register **Farbspektrum** wird die Farbskala mit deren Begrenzungswerten angezeigt. Dieses Register gibt auch Aufschluss über das Maximum und Minimum von den aktuell dargestellten Ergebniswerten.

Sie können im Register **Farbspektrum** zwischen den Optionen **Verlauf** und **Isoflächen** wählen. Falls Sie die Option **Verlauf** wählen, können Sie hier auch den Überhöhungsfaktor für die grafische Ergebnisdarstellung festlegen. Neben diesen beiden Optionen befindet sich ein Button, über den der Dialog **Optionen** aufgerufen werden kann (siehe folgendes Bild).

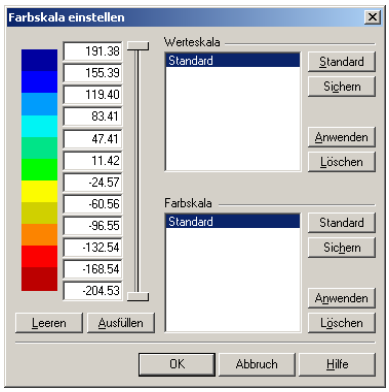
Bild 6.65

Dialog *Optionen*

Es stehen drei Optionen zur Auswahl: **Max/Min**, **Einstellen…** und **Grenzwerte**. Wenn Sie die letzte Option wählen, können Sie die beiden Werte in den unteren Feldern festlegen. Mit der Wahl der Option **Einstellen…** wird ein Button aktiviert, der nach dem Anklicken den Dialog **Farbskala einstellen** aufruft (siehe Bild 6.66).

Für alle Optionen lassen sich **Weiche Farbübergänge** aktivieren.

Bild 6.66



Dialog *Farbskala einstellen*

Im linken Teil des Dialogs **Farbskala einstellen** befinden sich die vertikale Farbskala und deren Begrenzungswerte, die in den Feldern gesondert für jede Farbe eingetragen werden können, sowie zwei Buttons zum [Leeren] oder [Ausfüllen] dieser Felder. Die Anzahl der Felder mit den Einträgen zur Bestimmung der Farbskala kann mit dem vertikal verschiebbaren Reiter rechts von diesen Feldern geändert werden.

Im mittleren Teil des Dialogs **Farbskala einstellen** befinden sich die beiden Fenster **Werteskala** und **Farbskala**, in denen Sie neben den Standardskalen auch Ihre eigenen Werte- und Farbskalen definieren können. Die Buttons rechts von diesen Fenstern dienen zum [Sichern], [Anwenden] und [Löschen] der einzelnen Werte- und Farbskalen.

Standardmäßig wird die grafische Ergebnisdarstellung für alle Elemente vorgenommen. Sie können jedoch mit dem Register **Filter** im Dialog **Ergebnisse** die Verläufe bzw. Isoflächen nur für die von Ihnen selektierten Elemente anzeigen lassen.

Bild 6.67

Register *Filter* im Dialog *Ergebnisse*

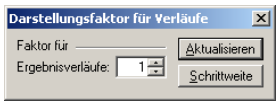
Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Im oberen Feld sind die Elemente zur aktuellen grafischen Darstellung der Ergebnisse auszuwählen. Im Fenster unterhalb werden die einzelnen Selektionen aufgelistet, die Sie mit dem Button **Auswählen** in diesem Register festlegen können.

Darstellungsfaktor…

… ruft den Dialog **Darstellungsfaktor für Verläufe** auf, der die Vorgabe eines Überhöhungsfaktors für die grafische Ergebnisdarstellung ermöglicht.

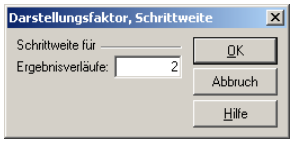
Bild 6.68



Dialog *Darstellungsfaktor für Verläufe*

Mit dem Button **Aktualisieren** können Sie Ihre Eingaben auf die Grafik anwenden, ohne dass Sie den Dialog verlassen. Der Button **Schrittweite** bringt Sie in den weiteren Dialog **Darstellungsfaktor, Schrittweite** zur Festlegung eines Faktors, um den sich die Vergrößerung beim Anklicken der Auswahlbuttons rechts vom Eingabefeld im Dialog **Darstellungsfaktor für Verläufe** ändert.

Bild 6.69

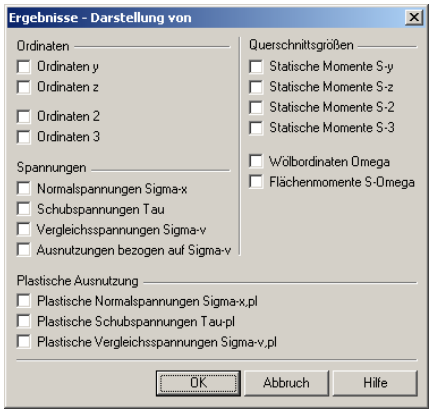


Dialog *Darstellungsfaktor, Schrittweite*

Ergebnisfenster anordnen…

… öffnet den Dialog **Ergebnisse - Darstellung von** zum Anhaken der Ergebnisverläufe, die in selbstständigen Fenstern gleichzeitig auf dem Bildschirm angezeigt werden sollen.

Bild 6.70



Dialog *Ergebnisse - Darstellung von*

6.6 Extras [Alt+X]

Dieses Menü bietet hilfreiche Zusatzfunktionen und Einstellmöglichkeiten.

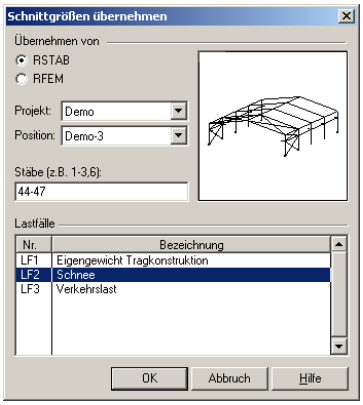
Profil in Elemente zerlegen

… zerlegt das selektierte Profil in einzelne Elemente und Punktelemente.

Schnittgrößen aus RSTAB übernehmen

… ermöglicht es, Schnittgrößen aus dem Programm RSTAB zu importieren. Dieser Menüpunkt ist nur dann zugänglich, wenn die Tabelle **1.7 Schnittgrößen** geöffnet ist. Nach dem Aufruf dieser Funktion öffnet sich der Dialog **Schnittgrößen übernehmen**.

Bild 6.71



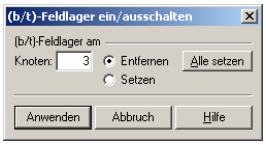
Dialog *Schnittgrößen übernehmen*

Legen Sie hier zunächst das **Projekt** und die **Position** fest, aus der die Schnittgrößen übernommen werden sollen. Die berechneten Lastfälle dieser Position erscheinen dann unterhalb in der Liste der **Lastfälle**. In RSTAB aktuell geöffnete Positionen sind in dieser Liste mit einem Stern gekennzeichnet. Nach dem Markieren des relevanten Lastfalls bzw. der Kombination in der Liste und dem Eintragen der Stabnummern im Feld **Stäbe** können die Schnittgrößen mit [**OK**] in die Tabelle **1.7 Schnittgrößen** eingelesen werden.

(b/t)-Feldlager ändern

… entfernt bestehende bzw. setzt neue (b/t)-Feldlager für die Überprüfung von grenz (b/t) über den Dialog **(b/t)-Feldlager ein/ausschalten**, der sich nach dem Aufruf dieser Funktion öffnet.

Bild 6.72



Dialog *(b/t)-Feldlager ein/ausschalten*

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

DXF-Vorlage einlesen…

… liest die Querschnittsgeometrie (Umriss, Mittellinie) aus einer ***.dxf**-Datei als Vorlage für eine weitere Bearbeitung ein. Nach der Auswahl der ***.dxf**-Datei erscheint der Dialog **DXF-Vorlage importieren**.

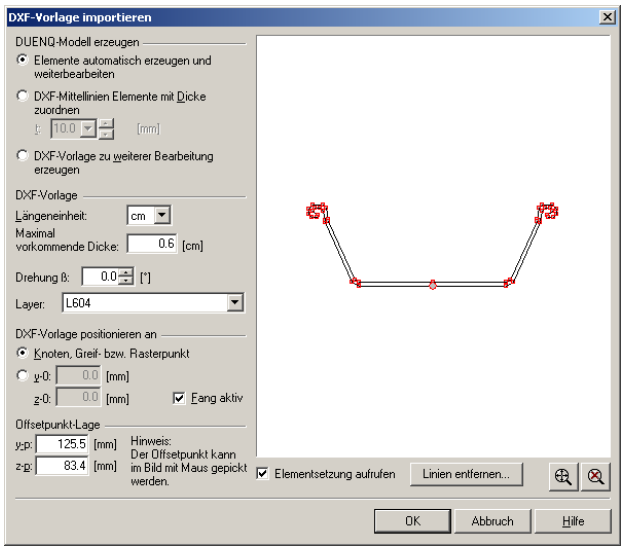


Bild 6.73

Dialog *DXF-Vorlage importieren*

In diesem Dialog ist zunächst der **Typ** der DXF-Linien für die Generierung anzugeben. Die importierte DXF-Vorlage kann als Umrisskontur für eine weitere Bearbeitung erzeugt werden. Alternativ kann den importierten DXF-Linien eine gleichmäßige Elementdicke zugeordnet werden.

In diesem Dialog lässt sich auch die Längeneinheit der DXF-Vorlage anpassen. Die *Maximal vorkommende Dicke* regelt, dass nur die Elemente automatisch erzeugt werden, deren Dicken den eingegebenen Wert nicht überschreiten. Geben Sie keinen zu großen Wert vor! Ferner kann hier eine Drehung der DXF-Vorlage festgelegt werden. Gibt es in der DXF-Vorlage mehrere Layer, können Sie hier über die Option **Layer** eine Schicht der Zeichnung für den Import auswählen.

Sie können hier auch entscheiden, ob die DXF-Vorlage an einem *Knoten, Greif- bzw. Rasterpunkt* in der Grafik oder per Direktangabe der globalen Offsetpunkt-Koordinaten $\mathbf{y_0}$ und $\mathbf{z_0}$ positioniert werden soll.

Der Button [**Linien entfernen**] öffnet den Dialog **Linien in der DXF-Vorlage entfernen**, in dem Sie bestimmte Linien durch Anklicken mit der linken Maustaste löschen können.

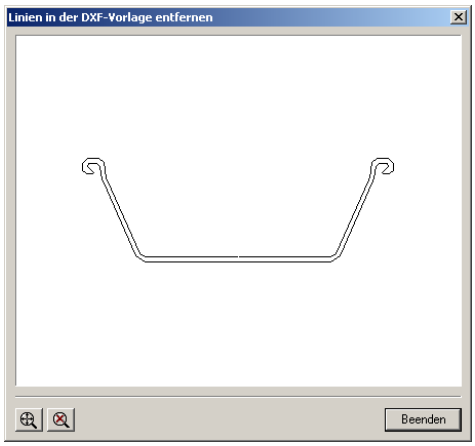


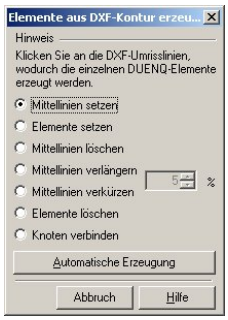
Bild 6.74

Dialog *Linien in der DXF-Vorlage entfernen*

Elemente aus DXF-Vorlage setzen

… öffnet den Dialog **Elemente aus DXF-Kontur erzeugen**, falls eine DXF-Vorlage importiert ist.

Bild 6.75



Dialog *Elemente aus DXF-Kontur erzeugen*

Soweit möglich, erzeugt DUENQ aus den DXF-Linien automatisch Elemente: Das Programm versucht, bei parallelen Linien Mittellinien zu erstellen und dann die Elemente an den Schnittpunkten zu setzen. Unter Umständen muss noch etwas nachgearbeitet werden.

Die Option **Mittellinien setzen** ermöglicht das manuelle Setzen von Mittellinien, indem die beiden parallelen DXF-Linien nacheinander angeklickt werden. Die Option **Elemente setzen** positioniert DUENQ-Elemente entlang der Mittellinien von Schnittpunkt zu Schnittpunkt. Unerwünschte Mittellinien kann man über **Mittellinien löschen** entfernen.

Wenn kein Schnittpunkt zwischen Mittellinien vorliegt, können mithilfe der Option **Mittellinien verlängern (%)** die Linien gestreckt werden: Ein Mausklick den angeklickten Teil der Linie um den angegebenen Prozentwert. Analog lassen sich die **Mittellinien verkürzen (%)**.

Zwischen zwei mitsamt Elementen erzeugten Knoten kann ein neues Element mit einer mittleren Dicke eingefügt werden, wozu die Option **Knoten verbinden** dient.

Die **Automatische Erzeugung** ist die Voreinstellung: Sobald man die Mittellinien erstellt und ggf. so angepasst hat, dass Schnittpunkte vorliegen, kann man über diese Schaltfläche die Elemente neu generieren lassen.

Ursprung wählen

… ermöglicht die grafische Festlegung eines neuen Rasterursprungs mit einem Mausklick.

Orthogonales setzen

… schaltet das orthogonale Setzen von Elementen durch Anklicken ein und aus.

Plausibilitätskontrolle

… überprüft die Kompatibilität der Daten in allen Eingabetabellen.

Kontrolle auf kreuzende Elemente

… untersucht, ob kreuzende Elemente ohne gemeinsamen Knoten vorliegen.

Kontrolle auf zusammenhängende Elemente

… untersucht, ob der Querschnitt vollständig aus zusammenhängenden Elementen besteht.

Suchen…

… sucht ein Objekt, dessen Nummer angegeben wird.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Querschnittsinfo

… blendet in einem Fenster wichtige Querschnittsinformationen ein.

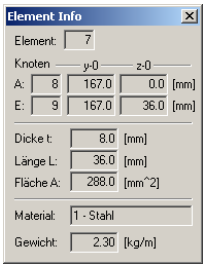
Bild 6.76

Fenster *Querschnittsinfo*

Elementinfo

… blendet ein Fenster ein, das wichtige Angaben zu dem Element enthält, auf dem sich der Mauszeiger befindet (siehe auch Kapitel 8).

Bild 6.77



Fenster *Elementinfo*

Abstand

… zeigt den gemessenen Abstand zwischen zwei selektierten Punkten an. Es werden sowohl der wahre Abstand als auch die Projektionen **dY** und **dZ** angezeigt.

Winkel zwischen 3 Knoten

… zeigt den gemessenen Winkel zwischen drei selektierten Knoten an.

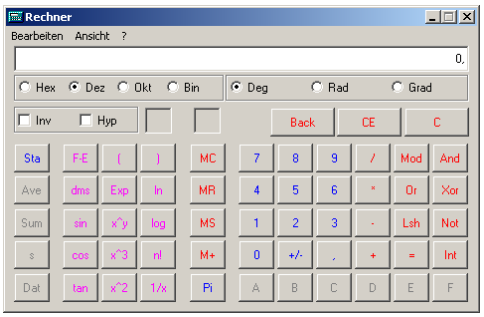
Winkel zwischen 2 Elementen

… zeigt den gemessenen Winkel zwischen zwei selektierten Elementen an.

Taschenrechner [F9]

… ruft den Windows-Rechner auf. Die mit dem Taschenrechner berechneten Werte können über die Zwischenablage in Felder der Eingabetabellen eingefügt werden.

Bild 6.78



Windows-Rechner

6.7 Einstellungen [Alt+U]

Dieses Menü dient der Einstellung von Anzeigeeigenschaften, Raster und Einheiten.

Anzeigeeigenschaften…

… öffnet den Dialog **Einstellungen** mit den folgenden Registern:

Farben

… ermöglicht es, verschiedenen grafischen Kategorien die Farbe und gegebenenfalls auch den Linientyp und die Liniendicke zuzuweisen.

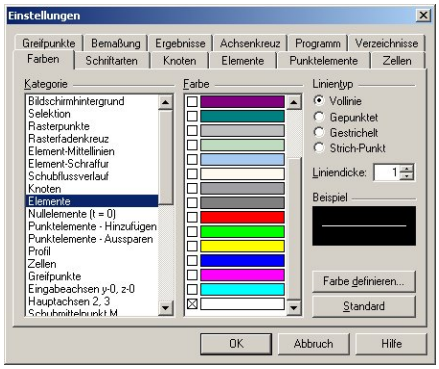


Bild 6.79

Register *Farben* im Dialog *Einstellungen*

Schriftarten

… ermöglicht die Festlegung der Schriftart für jede Kategorie.

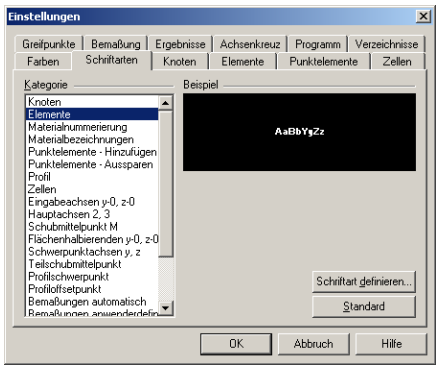


Bild 6.80

Register *Schriftarten* im Dialog *Einstellungen*

Knoten

… bietet die Möglichkeit, für alle Knoten die Parameter Symbol, Farbe, Größe und Anordnung der Nummerierung zu ändern sowie die Schriftart zu definieren.

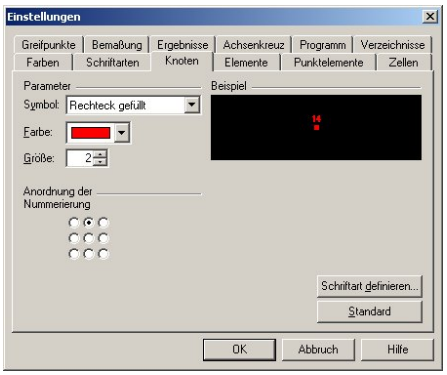


Bild 6.81

Register *Knoten* im Dialog *Einstellungen*

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Elemente

… ermöglicht es, die Parameter Linienfarbe, Linientyp und Liniendicke für Elemente mit einer Dicke größer null und für Nullelemente separat zu ändern. Ferner kann man hier die Anordnung der Nummerierung für die Kategorien Elemente bzw. Materialien und auch die Schriftart festlegen.

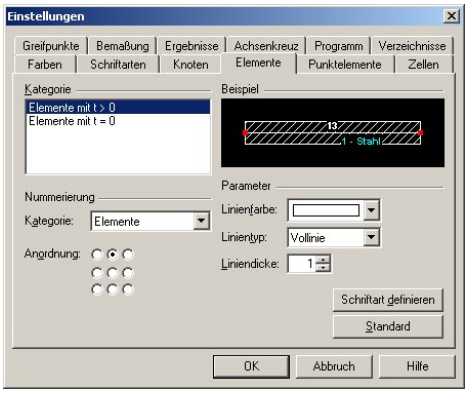


Bild 6.82

Register *Elemente* im Dialog *Einstellungen*

Punktelemente

… ermöglicht es, sowohl für Punktelemente mit dem Status *Hinzufügen* als auch für Punktelemente mit dem Status *Aussparen* die Parameter Linienfarbe, Linientyp, Liniendicke und Anordnung der Nummerierung zu ändern sowie die Schriftart zu definieren.

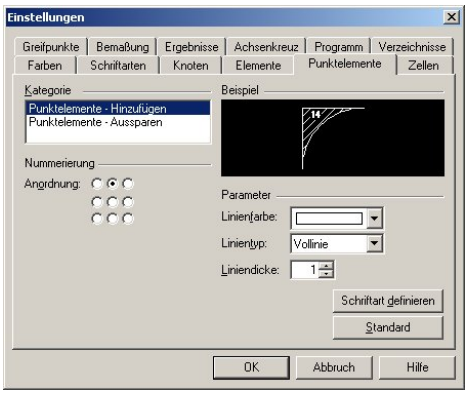


Bild 6.83

Register *Punktelemente* im Dialog *Einstellungen*

Zellen

… bietet die Möglichkeit, für alle Zellen die Parameter Linienfarbe, Linientyp, Liniendicke und Anordnung der Nummerierung zu ändern sowie die Schriftart festzulegen.

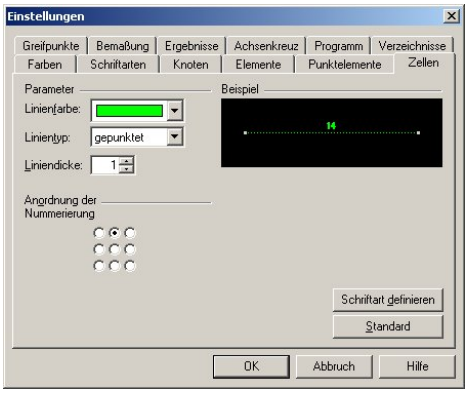


Bild 6.84

Register *Zellen* im Dialog *Einstellungen*

Greifpunkte

… ermöglicht es, allen Greifpunkten die Parameter Symbol, Farbe und Größe zuzuweisen.

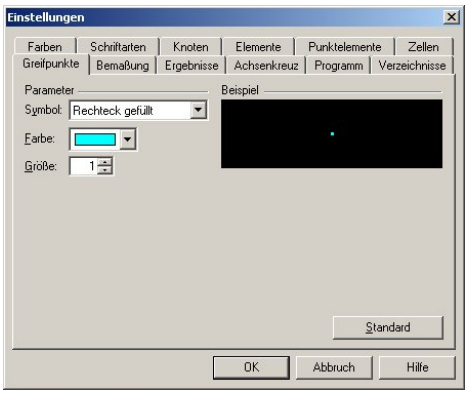


Bild 6.85

Register *Greifpunkte* im Dialog *Einstellungen*

Bemaßung

… ermöglicht es, sowohl für die automatisch generierte Bemaßungen als auch für die anwenderdefinierte Bemaßungen die Parameter Farbe, Abstand, Anzahl der Dezimalstellen und Anordnung der Nummerierung zu ändern sowie die Schriftart zu definieren.

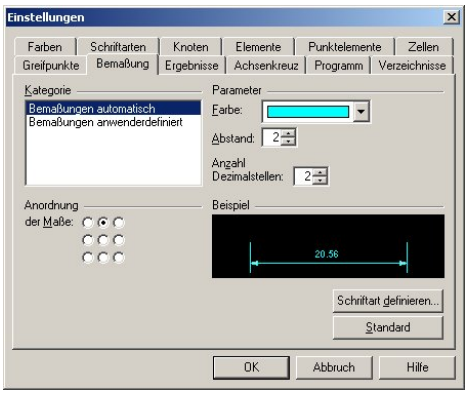


Bild 6.86

Register *Bemaßung* im Dialog *Einstellungen*

Ergebnisse

… dient zur Änderung der Parameter Symbol, Farbe (getrennt für positive und negative Verläufe), Linientyp, Liniendicke, Maximale Größe, Symbolgröße, Winkel und Teilung der Ergebnisverläufe. Zudem lässt sich für die Darstellung der Werte die Anzahl der Dezimalstellen und deren Anordnung anpassen und die Schriftart festlegen.

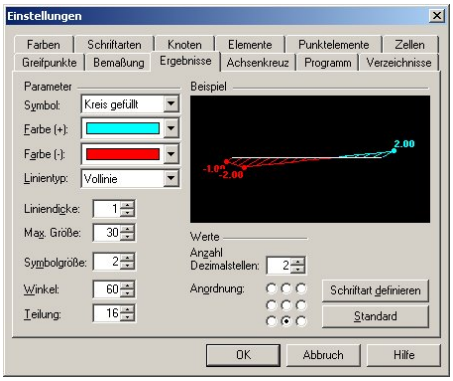


Bild 6.87

Register *Ergebnisse* im Dialog *Einstellungen*

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Achsenkreuz

… ermöglicht es, verschiedenen Kategorien von Achsen und bedeutsamen Punkten die Parameter Farbe, Größe, Liniendicke, Linientyp und Symbolgröße zuzuweisen sowie die Schriftart zu definieren.

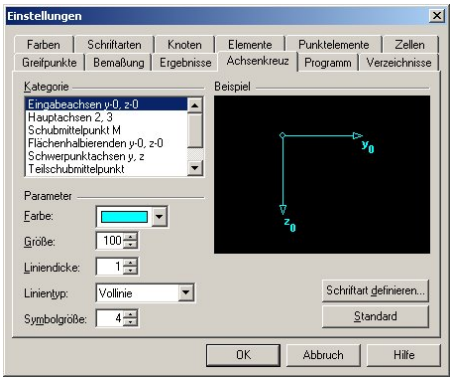


Bild 6.88

Register *Achsenkreuz* im Dialog *Einstellungen*

Programm

… ermöglicht die weiteren allgemeinen Einstellungen: Optimierung bezüglich der Größe des Puffers für die Undo-Funktion; Entscheidung, ob DUENQ eine Warnung vor dem Löschen der Ergebnisse anzeigen soll; Zeitintervall für die automatische Datensicherung und benutzte Sprache im Programm.

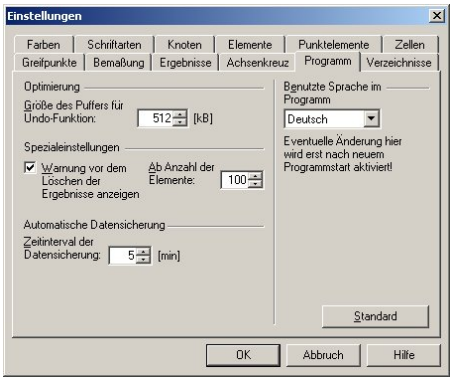


Bild 6.89

Register *Programm* im Dialog *Einstellungen*

Verzeichnisse

… dient zur Festlegung, unter welchen Namen und in welchen Ordnern sich die Bibliotheken der einzelnen Kategorien befinden.

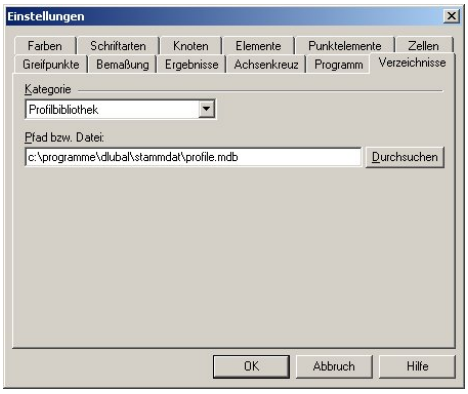


Bild 6.90

Register *Verzeichnisse* im Dialog *Einstellungen*

Einlesen

… liest abgespeicherte Bildschirmeinstellungen aus einer ***.cfg**-Datei ein.

Sichern als…

… ermöglicht das Abspeichern der individuellen Programmeinstellungen in eine Datei mit einem von Ihnen anzugebenden Namen und mit der Endung ***.cfg**.

Standard

… stellt die als Standard definierten Einstellungen wieder her.

Raster…

… öffnet den Dialog **Rastereinstellungen** mit den Raster- und Fangparametern.

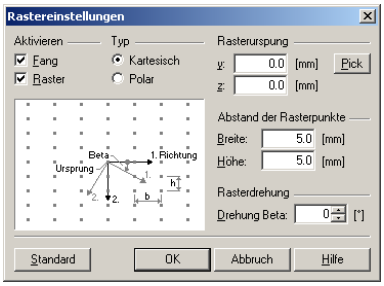


Bild 6.91

Dialog *Rastereinstellungen*

Sie können hier die Optionen **Fang** und **Raster** aktivieren. Mit dem Anhaken der Option **Fang** werden neue Objekte in der grafischen Eingabe nur auf Rasterpunkte des Koordinatensystems gesetzt. Anderenfalls lassen sich Objekte grafisch beliebig positionieren. Mit dem Anhaken der Option **Raster** wird die Anzeige des Rasters in der Grafik eingeblendet, anderenfalls wird es nicht dargestellt.

In diesem Dialog können Sie zudem zwischen kartesischem und polarem Raster-Typ wählen.

Der Rasterursprung kann durch die Eingabe dessen Koordinaten **y** und **z** bzw. durch Direktwahl in der Grafik über den Button **Pick** festgelegt werden. Der Abstand der Rasterpunkte (also die Maschenweite) wird über die Eingabe von Breite und Höhe beim kartesischen Koordinatensystem bzw. über die Eingabe von Radius und Winkel beim polaren Koordinatensystem bestimmt. Ferner ist hier die Eingabe der Rasterdrehung (als Drehung **Beta**) möglich.

Raster verkleinern

… halbiert den Rasterabstand.

Raster vergrößern

… verdoppelt den Rasterabstand.

Grafikränder, Schrumpfen…

… öffnet einen Dialog zur Vorgabe der Grafikränder, also der einzuhaltenden Abstände der Profilgrafik von den Rändern des Anzeigefensters in Prozent, sowie zur Einstellung von den Schrumpfungsfaktoren in den Richtungen **y** und **z**, wodurch sich eine überhöhte Darstellung des Querschnitts erzielen lässt.

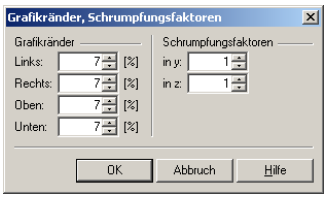


Bild 6.92

Dialog *Grafikränder, Schrumpfungsfaktoren*

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Einheiten…

… öffnet den Dialog **Einheiten und Dezimalstellen** zur Festlegung der Einheiten sowie der Anzahl der Dezimalstellen für die dargestellten Ein- und Ausgabewerte.

Bild 6.93

Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*

6.8 Tabellen [Alt+T]

Dieses Menü blendet die numerischen Ein- und Ausgabetabellen ein oder aus und ermöglicht das Bearbeiten dieser Tabellen.

Gehe zu

… vereinfacht das Navigieren in den Tabellen. Das Untermenü **Gehe zu** führt weiter zu den folgenden Menüpunkten:

Nächste Tabelle [F2]

… wechselt in die nächste Tabelle.

Vorherige Tabelle [F3]

… wechselt in die vorherige Tabelle.

Zeile mit Nummer… [Strg+L]

… wechselt in die Tabelle, deren Nummer im erscheinenden Dialog **Gehe zu** abgefragt wird.

Zwischen den Menüpunkten **Zeile mit Nummer…** und **Erste Zeile** befindet sich eine Liste der zur Verfügung stehenden Eingabetabellen bzw. nach der Berechnung auch Ausgabetabellen, in die man über die zuständigen Menüpunkte dieser Liste sofort wechseln kann.

Erste Zeile [Strg+Pos1]

… wechselt in die erste verwendete Zeile.

Letzte Zeile [Strg+Ende]

… wechselt in die letzte verwendete Zeile.

Nächste Zeile [Strg+Pfeil nach unten]

… wechselt in die nächste verwendete Zeile.

Vorherige Zeile [Strg+Pfeil nach oben]

… wechselt in die vorherige verwendete Zeile.

Erste markierte Zeile [Alt+Pos1]

… wechselt in die erste markierte Zeile.

Letzte markierte Zeile [Alt+Ende]

… wechselt in die letzte markierte Zeile.

Nächste markierte Zeile [Alt+Pfeil nach unten]

… wechselt in die nächste markierte Zeile.

Vorherige markierte Zeile [Alt+Pfeil nach oben]

… wechselt in die vorherige markierte Zeile.

Bearbeiten

… enthält verschiedene Funktionen zur Bearbeitung der Tabelleninhalte.

Ausschneiden [Strg+X]

… schneidet die Selektion aus und überträgt sie in die Zwischenablage.

Kopieren [Strg+C]

… kopiert die Selektion in die Zwischenablage.

Einfügen [Strg+V]

… fügt den Inhalt der Zwischenablage ein.

Zeile kopieren [Strg+2]

… kopiert den Inhalt der Zeile, in der sich der Cursor befindet, in die nächste Zeile.

Zeile leeren [Strg+Y]

… leert die Zeile, in der sich der Cursor befindet. Die Zeile bleibt erhalten.

Zeile einfügen [Strg+I]

… fügt bei der Zeile, in der sich der Cursor befindet, eine neue Leerzeile ein. Die aktuelle und die nachfolgenden Zeilen werden somit nach unten geschoben.

Zeile löschen [Strg+R]

… löscht die Zeile, in der sich der Cursor befindet. Die nachfolgenden Zeilen werden somit nach oben geschoben.

Block

… enthält verschiedene Blockoperationen, die Editiervorgänge erleichtern können. Nach der Markierung eines Blockes kann dieser auf unterschiedliche Weise bearbeitet werden.

Alles selektieren

… übernimmt alle Zeilen der aktuellen Tabelle in die Selektion.

Aufheben [Strg+U]

… entfernt die Markierung von den selektierten Bereichen.

Ausschneiden [Umsch+Entf]

… schneidet den markierten Block aus und überträgt ihn in die Zwischenablage.

Kopieren [Strg+Einfg]

… kopiert den markierten Block in die Zwischenablage.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Einfügen [Umsch+Einfg]

… fügt den in der Zwischenablage befindlichen Block an die Cursorposition ein.

Leeren [Strg+Entf]

… löscht den selektierten Block.

Addieren…

… zählt allen im markierten Block stehenden Zahlenwerten einen einzugebenden Wert hinzu.

Multiplizieren…

… vervielfacht alle im markierten Block befindlichen Zahlenwerte mit einem einzugebenden Faktor.

Dividieren…

… dividiert alle im markierten Block stehenden Zahlenwerte durch einen einzugebenden Divisor.

Generieren

… ermöglicht es, über die Anfangs- und Endwerte des Blocks die Zwischenwerte berechnen zu lassen. Sie legen zunächst die beiden Eckwerte in verschiedenen Zeilen fest und markieren dann diesen Bereich inklusive der Anfangs- und Eckwerte als Block. Beim Generieren der Zwischenwerte füllt DUENQ die leeren Zwischenzeilen linear interpolierend auf.

Sichern…

… speichert den selektierten Block in eine Datei.

Lesen…

… liest gespeicherte Blockdaten aus einer Datei ein.

Ansicht

… bietet Einstellungsmöglichkeiten zur Tabellenanzeige.

Titelleiste

… blendet die Tabellen-Titelleiste durch Anklicken ein und aus.

Werkzeugleiste

… blendet die Tabellen-Werkzeugleiste durch Anklicken ein und aus.

Spaltenleiste

… blendet die Tabellen-Spaltenleiste mit Buchstaben **A**, **B** etc. durch Anklicken ein und aus.

Statusleiste

… blendet die Tabellen-Statusleiste durch Anklicken ein und aus.

Nur verwendete Zeilen

… zeigt nur die ausgefüllten Zeilen an und blendet alle anderen aus.

Nur markierte Zeilen

… zeigt nur die im Block markierten Zeilen an und blendet alle anderen aus.

Nur Selektiertes

… zeigt nur die Spalten der in der Grafik selektierten Objekte an.

Einstellungen

… führt weiter zu den folgenden Menüpunkten:

Farben…

… bietet die Möglichkeit, die in den Tabellen verwendeten Farben zu ändern.

Bild 6.94

Dialog *Farben*

Schriftarten…

… bietet die Möglichkeit, die in den Tabellen verwendeten Schriftarten zu ändern.

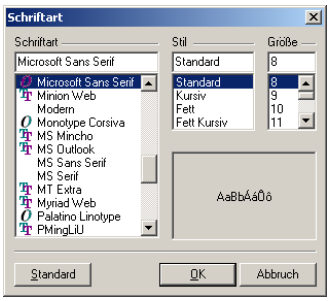


Bild 6.95

Dialog *Schriftart*

Plausibilitätskontrolle

… überprüft die Daten in der aktuellen Eingabetabelle auf Fehler.

6.9 Fenster [Alt+F]

Dieses Menü steuert die Anzeige von Fenstern.

Neues Fenster

… öffnet ein weiteres Fenster für den aktuellen Querschnitt.

Nur Hauptbild

… schließt mit Ausnahme des Hauptbildes alle Fenster.

Überlappend

… ordnet alle Fenster überlappend an.

Nebeneinander

… ordnet alle Fenster nebeneinander an.

Untereinander

… ordnet alle Fenster untereinander an.

Alle schließen

… schließt alle Fenster.

Unter dem Eintrag **Alle schließen** befindet sich eine Liste der aktuell geöffneten Fenster mit dem angehakten aktiven Fenster. Sie können in der Liste ein bestimmtes Fenster aktivieren.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

6.10 Hilfe [Alt+H]

Dieses Menü bietet Unterstützung bei eventuellen Problemen.

Inhalt

… öffnet das Hilfe-Fenster mit den Registern **Inhalt**, **Index** und **Suchen**, die sich im linken Teil dieses Fensters befinden. Im rechten Teil können Sie den Text zum gewünschten Thema lesen.

Das Register **Inhalt** entspricht im Wesentlichen diesem Handbuch.

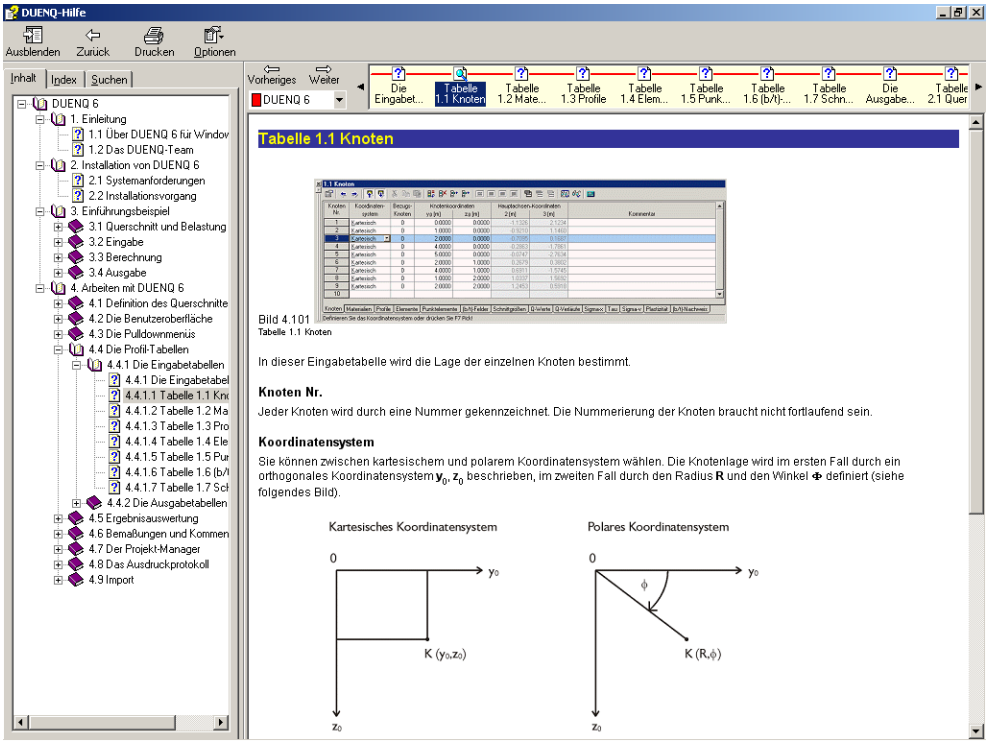


Bild 6.96

Register *Inhalt* im *Hilfe*-Fenster

Das Register **Index** wird hier als Stichwortverzeichnis der Themen gefasst, die aus den einzelnen Dialogen über den Button **Hilfe** aufzurufen sind (siehe folgendes Bild). Im oberen Feld geben Sie den zu suchenden Begriff ein, das untere Feld zeigt die Liste aller vorhandenen Indexeinträge. Durch Doppelklick oder [**Anzeigen**] können Sie das gewünschte Thema ansehen.

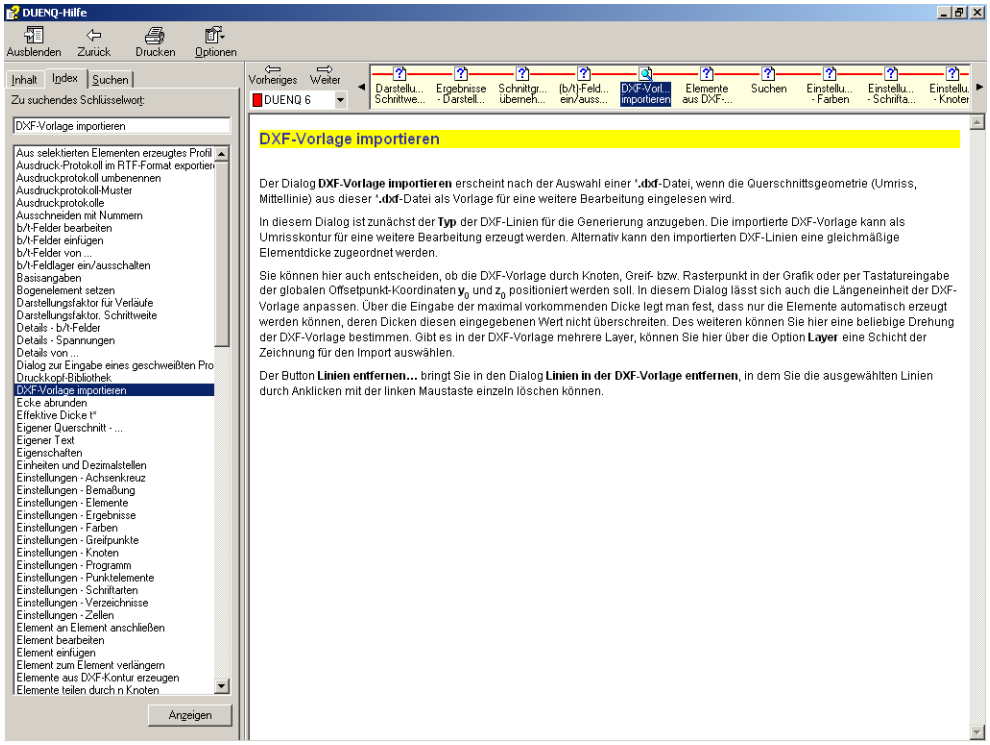


Bild 6.97

Register *Index* im *Hilfe*-Fenster

Da das Register **Index** nicht alle im Handbuch verwendeten Begriffe enthält, steht zusätzlich das Register **Suchen** zur Verfügung. Beim ersten Zugriff erstellt die Hilfe eine Begriffsdatenbank. Danach haben Sie die Möglichkeit, detailliert nach einem Thema zu suchen, indem Sie im oberen Feld den Suchbegriff eingeben. Im unteren Feld werden dann alle Hilfethemen angezeigt, die den Suchbegriff behandeln. Mit einem Klick auf einen Eintrag wird die Erläuterung rechts angezeigt.

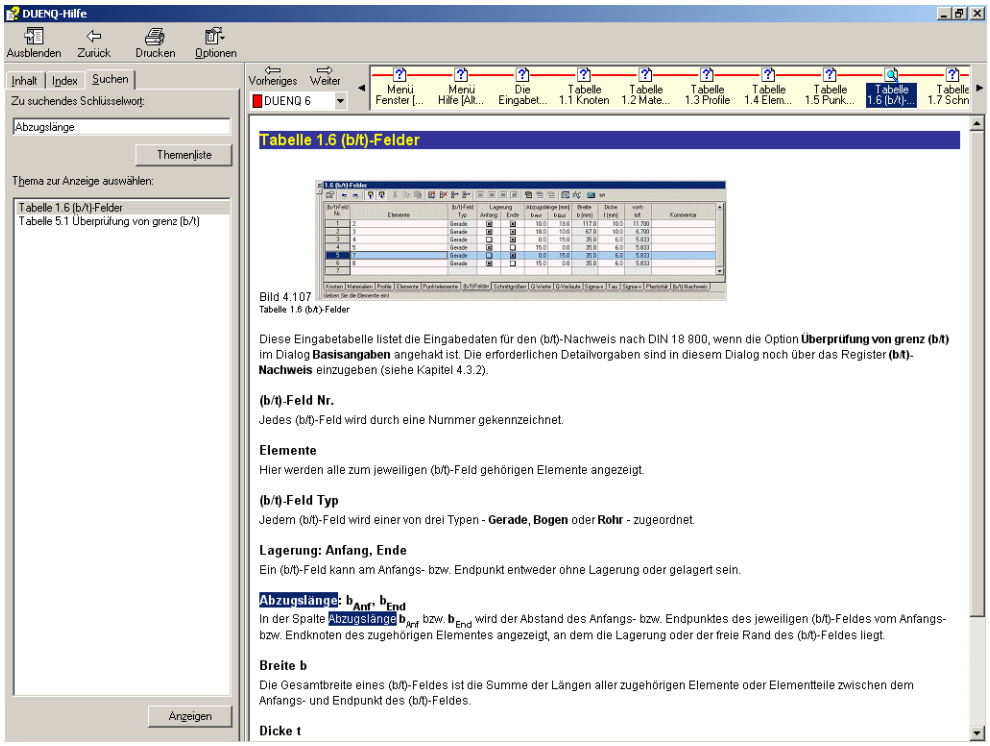


Bild 6.98

Register *Suchen* im *Hilfe*-Fenster

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Systeminfo…

… öffnet den Dialog **System- und Registrierungs-Information**.

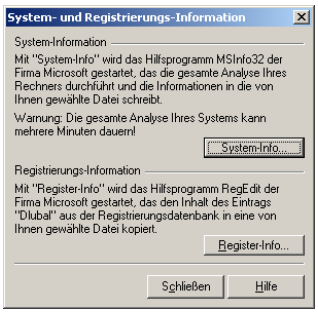


Bild 6.99

Dialog *System- und Registrierungs-Information*

Über die Schaltflächen **System-Info** und **Register-Info** werden Diagnoseprogramme über Hardware, Konfiguration und Registrierungseinträge gestartet. Das Ergebnis wird in eine ***.txt**-Datei geschrieben, für die Sie noch den Speicherort angeben. Diese Datei kann bei Problemen für unsere Hotline aufschlussreich sein.

Über uns…

… gibt Informationen zum Firmenprofil.

Autorenteam

… nennt die an der Entwicklung von DUENQ beteiligten Personen.

Dlubal im Web

… bietet Links zur Dlubal-Website und den aktuellen Updateberichten. Das Untermenü **Dlubal im Web** führt weiter zu den folgenden Menüpunkten:

Startseite

Produkt-Beschreibung

Update-Berichte

Info zu DUENQ…

… zeigt detaillierte Informationen über die Versionsnummer von DUENQ, Ihre Lizenznummer und die auf dem Dongle verfügbaren Vollversionen der DLUBAL-Programme an.

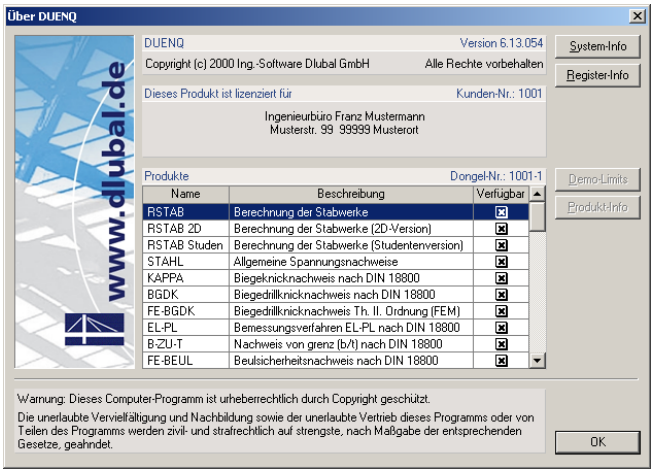


Bild 6.100

Dialog *Über DUENQ*

7. Tabellen

7.1 Eingabetabellen

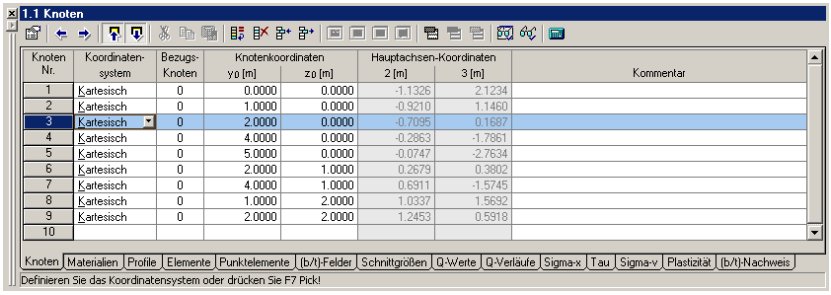
Die Eingabetabellen sind in Form von Registerreitern im unteren Bereich des Arbeitsfensters per Mausklick zugänglich. Der Aufruf ist auch über die Untermenüs **Knoten**, **Materialien**, **Profile**, **Elemente**, **Punktelemente**, **c/t-Teile** bzw. **Querschnittsteile für Klassifizierung nach EN 1993-1** und **Schnittgrößen** in folgenden Pulldownmenüs möglich:

- Menü **Bearbeiten** und Untermenüs **Querschnittsdaten** bzw. **Schnittgrößen**
- Menü **Einfügen**
- Menü **Tabellen** und Untermenü **Gehe zu**

Über die Zwischenablage können auch Tabellen aus Programmen wie MS Excel eingefügt werden.

7.1.1 Tabelle 1.1 *Knoten*

Bild 7.1



1.1 Knoten

Knoten Nr.	Koordinaten-system	Bezugs-Knoten	Knotenkoordinaten y0 [m]	Knotenkoordinaten z0 [m]	Hauptachsen-Koordinaten 2 [m]	Hauptachsen-Koordinaten 3 [m]	Kommentar
1	Kartesisch	0	0.0000	0.0000	-1.1326	2.1234	
2	Kartesisch	0	1.0000	0.0000	-0.9210	1.1460	
3	Kartesisch	0	2.0000	0.0000	-0.7095	0.1687	
4	Kartesisch	0	4.0000	0.0000	-0.2863	-1.7861	
5	Kartesisch	0	5.0000	0.0000	-0.0747	-2.7634	
6	Kartesisch	0	2.0000	1.0000	0.2679	0.3802	
7	Kartesisch	0	4.0000	1.0000	0.6911	-1.5745	
8	Kartesisch	0	1.0000	2.0000	1.0337	1.5692	
9	Kartesisch	0	2.0000	2.0000	1.2453	0.5918	
10							

Knoten | Materialien | Profile | Elemente | Punktelemente | (b/t)-Felder | Schnittgrößen | Q-Werte | Q-Verläufe | Sigma-x | Tau | Sigma-v | Plastizität | (b/t)-Nachweis

Definieren Sie das Koordinatensystem oder drücken Sie F7 Pick!

Tabelle 1.1 *Knoten*

Diese Eingabetabelle verwaltet die Positionen der einzelnen Knoten.

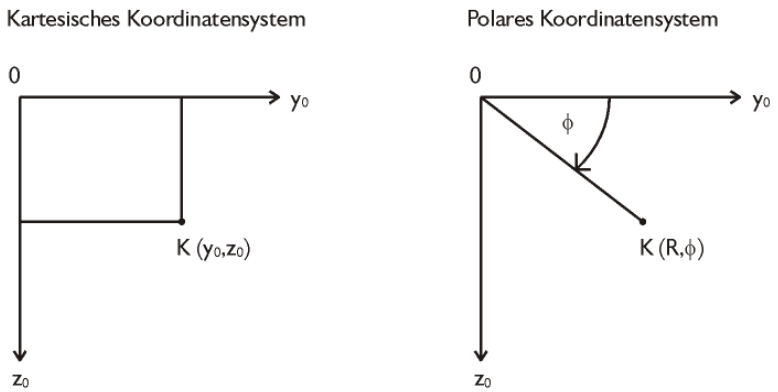
Knoten Nr.

Jeder Knoten wird durch eine Nummer gekennzeichnet. Die Nummerierung der Knoten braucht nicht fortlaufend sein.

Koordinatensystem

Sie können zwischen kartesischem und polarem Koordinatensystem wählen. Die Knotenlage wird im ersten Fall durch ein orthogonales Koordinatensystem $\mathbf{y_0,z_0}$ beschrieben, im zweiten Fall durch den Radius **R** und den Winkel **Φ** definiert.

Bild 7.2



Definition der Knotenlage im kartesischen und polaren Koordinatensystem

Wenn Sie für einen vorhandenen Knoten das Koordinatensystem ändern, erscheint die Abfrage, ob dessen Koordinaten in das neue Koordinatensystem umgerechnet werden sollen.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Bezugsknoten

Jeder Knoten kann einen eigenen Koordinatenursprung haben. Als Standardursprung ist hier der Punkt **0** [0;0] eingetragen.

Knotenkoordinaten: y_0, z_0

Diese beiden Spalten enthalten die Koordinaten y_0 und z_0 der einzelnen Knoten, denen das kartesische Koordinatensystem zugeordnet ist. Bei einem polaren Koordinatensystem erscheinen hier der Radius **R** statt der Koordinate y_0 und der Winkel **Φ** statt der Koordinate z_0.

Hauptachsen-Koordinaten: u, v

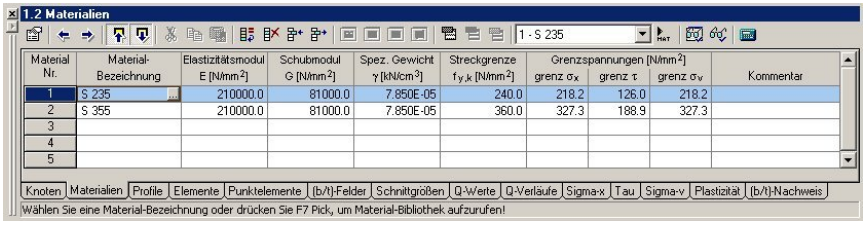
Bei der Eingabe bleiben diese beiden Spalten leer. Erst nach der Berechnung des Querschnitts erscheinen hier die auf die Hauptachsen **u** und **v** bezogenen Knotenkoordinaten.

Kommentar

Es besteht hier die Möglichkeit, eine Anmerkung einzufügen.

7.1.2 Tabelle 1.2 *Materialien*

Bild 7.3



Material Nr.	Material-Bezeichnung	Elastizitätsmodul E [N/mm²]	Schubmodul G [N/mm²]	Spez. Gewicht γ [kN/cm³]	Streckgrenze $f_{y,k}$ [N/mm²]	Grenzspannungen [N/mm²] grenz σ_x	grenz τ	grenz σ_v	Kommentar
1	S 235	210000.0	81000.0	7.850E-05	240.0	218.2	126.0	218.2	
2	S 355	210000.0	81000.0	7.850E-05	360.0	327.3	188.9	327.3	
3									
4									
5									

Tabelle 1.2 *Materialien*

In dieser Tabelle werden die Materialeigenschaften und Grenzspannungen beschrieben.

Material Nr.

Jedem Material wird eine Nummer zugeordnet.

Material-Bezeichnung

Hier wird der Materialname eingetragen. Wenn dieser Name mit einer Bezeichnung in der Materialbibliothek übereinstimmt, so liest DUENQ die entsprechenden Materialkennwerte in die folgenden Spalten ein. Wird die Spalte **Material-Bezeichnung** durch einen Klick aktiviert, erscheint am Spaltenende ein Button, der nach dem Anklicken den Dialog **Materialbibliothek** aufruft (siehe Kapitel 6.4).

Elastizitätsmodul E

Der E-Modul ist eine der grundlegenden elastischen Materialkenngrößen. Es sind nur positive Werte für **E**, **G** und **γ**zulässig. Der E-Modul und der G-Modul fließen in die Berechnung des Abklingfaktors λ ein. Sie werden auch zur Ermittlung der ideellen Querschnittskennwerte bei Querschnitten aus unterschiedlichen Materialien benutzt.

Schubmodul G

Der G-Modul ist eine weitere Materialkenngröße zur Beschreibung des elastischen Verhaltens eines linearen, isotropen und homogenen Materials.

Spez. Gewicht γ

Das spezifische Gewicht **γ**, also das Gewicht des Materials je Volumeneinheit, ist erforderlich zur Ermittlung des Querschnittsgewichts.

Streckgrenze $f_{y,k}$

Beim Erreichen der Streckgrenze setzt Fließen des Stahls ein. Die Angabe der Streckgrenze wird in den folgenden Fällen benötigt:

- Berechnungen der plastischen Querschnittskennwerte
- Ermittlung der plastischen Ausnutzung
- c/t-Nachweis nach dem Verfahren Elastisch-Plastisch bzw. Plastisch-Plastisch

In dieser Spalte wird der charakteristische Wert der Streckgrenze $\mathbf{f_{y,k}}$ angegeben. Die Nachweise sind mit dem Bemessungswert der Streckgrenze $\mathbf{f_{y,d}}$ zu führen, der sich aus dem charakteristischen Wert der Streckgrenze $\mathbf{f_{y,k}}$ und dem im Dialog **Basisangaben** eingegebenen Teilsicherheitsbeiwert γ_M folgendermaßen ermittelt:

$$f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} \qquad (1.1)$$

Bei der Aktivierung der Spalte **Streckgrenze $f_{y,k}$** oder einer der Spalten **Grenzspannungen** durch einen Klick erscheint am Spaltenende ein Button, der nach dem Anklicken den Dialog **Streckgrenze und Grenzspannungen abhängig von Bauteildicke** aufruft. Sie können in diesem Dialog für ein beliebiges Material die Streckgrenze und Grenzspannungen in Abhängigkeit von der Bauteildicke festlegen. Hierbei lassen sich auch mehrere Bauteildicken-Bereiche definieren (siehe auch Kapitel 6.4).

Grenzspannungen: grenz σ_x, grenz τ, grenz σ_v

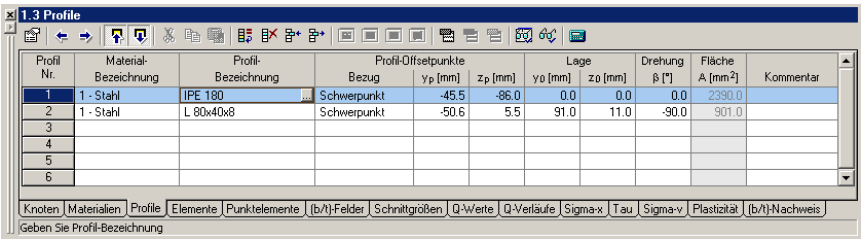
Diese drei Spalten geben Aufschluss über die zulässigen Normal-, Schub- und Vergleichsspannungen.

Kommentar

Es besteht hier die Möglichkeit, eine Anmerkung einzufügen.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

7.1.3 Tabelle 1.3 *Profile*



Profil Nr.	Material-Bezeichnung	Profil-Bezeichnung	Profil-Offsetpunkte Bezug	yp [mm]	zp [mm]	Lage y0 [mm]	z0 [mm]	Drehung β [°]	Fläche A [mm²]	Kommentar
1	1 - Stahl	IPE 180	Schwerpunkt	-45.5	-86.0	0.0	0.0	0.0	2390.0	
2	1 - Stahl	L 80x40x8	Schwerpunkt	-50.6	5.5	91.0	11.0	-90.0	901.0	
3										
4										
5										
6										

Bild 7.4

Tabelle 1.3 *Profile*

Diese Tabelle verwaltet die standardisierten Profile aus der Querschnittsbibliothek, die benutzerdefinierten Hohlprofile und Rohre sowie die aus Elementen und Punktelementen gebildeten Profile.

Profil Nr.

Jedes Profil ist durch eine Nummer gekennzeichnet.

Material-Bezeichnung

Jedem Profil ist ein Material anhand der Materialnummer aus Tabelle **1.2 Materialien** zugeordnet. Über den Button, der am Ende des aktiven Eingabefeldes erscheint, kann ein bereits definiertes Material ausgewählt werden.

Profil-Bezeichnung

Hier wird der Profilname angezeigt. Wenn bei einem manuellen Eintrag der Name mit einer Bezeichnung in der Profilbibliothek übereinstimmt, erkennt DUENQ das Profil.

Beim Anklicken eines Feldes in Spalte **Profil-Bezeichnung** erscheint der Button […] am Ende des Feldes. Mit einem Klick auf diesen Button wird ein Dialog aufgerufen, der vom Inhalt der Tabellenzeile abhängt. Wenn es sich um ein Hohlprofil, ein Rohr oder um ein aus selektierten Elementen erzeugtes Profil handelt, öffnet sich ein Dialog mit den Querschnittskennwerten dieses Profils. Bei einem Profil aus der Querschnittsbibliothek wird der Dialog zur Auswahl des Profils aus der zugehörigen Profilreihe aufgerufen. Dieser Dialog ist auch über eine Schaltfläche im Dialog **Querschnittsbibliothek** zu erreichen (siehe Kapitel 6.4).

Wenn in der betreffenden Tabellenzeile noch kein Eintrag vorliegt, öffnet ein Mausklick auf den Button [...] am Ende des Feldes den Dialog **Querschnittsbibliothek**.

Profil-Offsetpunkte: Bezug, y_p, z_p

Ein Profil wird an einem Offsetpunkt platziert, der den Referenzpunkt darstellt. Die Koordinaten y_p, z_p zur Festlegung des Profil-Offsetpunktes können sich auf den Profil-Schwerpunkt (statischer Parameter) oder den Profil-Mittelpunkt (geometrischer Parameter) beziehen.

Lage: y_0, z_0

Hier wird die Lage des Profil-Offsetpunktes im globalen Koordinatensystem y_0, z_0 beschrieben.

Drehung β

Das Profil lässt sich um einen frei wählbaren Winkel **β** rotieren.

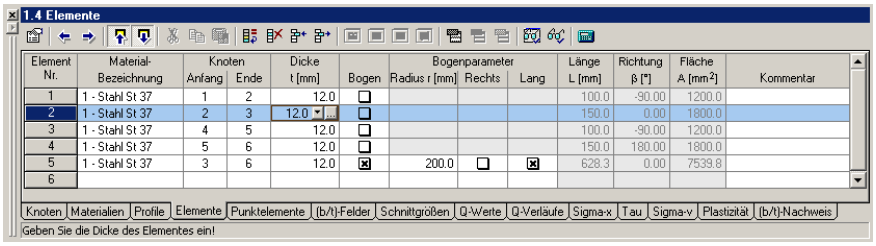
Fläche A

Für das Profil wird der Grundwert aus der Querschnittsbibliothek für die Querschnittsfläche **A** angegeben.

Kommentar

Es besteht hier die Möglichkeit, eine Anmerkung einzufügen.

7.1.4 Tabelle 1.4 *Elemente*



Element Nr.	Material-Bezeichnung	Knoten Anfang	Knoten Ende	Dicke t [mm]	Bogen	Bogenparameter Radius r [mm]	Bogenparameter Rechts	Bogenparameter Lang	Länge L [mm]	Richtung β [°]	Fläche A [mm²]	Kommentar
1	1 - Stahl St 37	1	2	12.0	☐				100.0	-90.00	1200.0	
2	1 - Stahl St 37	2	3	12.0	☐				150.0	0.00	1800.0	
3	1 - Stahl St 37	4	5	12.0	☐				100.0	-90.00	1200.0	
4	1 - Stahl St 37	5	6	12.0	☐				150.0	180.00	1800.0	
5	1 - Stahl St 37	3	6	12.0	☒	200.0	☐	☒	628.3	0.00	7539.8	
6												

Bild 7.5

Tabelle 1.4 *Elemente*

In dieser Eingabetabelle sind alle Elemente des Querschnitts aufgelistet.

Element Nr.

Jedes Element wird durch eine Nummer gekennzeichnet.

Material-Bezeichnung

In dieser Spalte wird jedem Element ein Material über die Materialnummer aus der Tabelle **1.2 Materialien** zugeordnet. Über den Button [▼], der am Ende des aktiven Eingabefeldes erscheint, kann ein bereits definiertes Material ausgewählt werden.

Knoten: Anfang, Ende

Ein Element wird über einen definierten Anfangs- und Endknoten festgelegt.

Dicke t

Im Eingabefeld ist als Elementdicke **t** die Bruttodicke des Elements anzugeben. Über die Schaltfläche […] der aktiven Zelle kann in einem Dialog eine benutzerdefinierte effektive Schubdicke **t*** für das Element festgelegt werden.

Bogen

Das Kreuzchen in dieser Spalte signalisiert, dass ein gebogenes Element vorliegt. In diesem Fall können die Bogenparameter in den folgenden drei Spalten definiert werden.

Ein Bogen wird in der Berechnung als Polygonzug aus geraden Elementen berücksichtigt. Die Teilung kann im Dialog *Basisangaben*, Register *Einstellungen* beeinflusst werden.

Bogenparameter: Radius r

Der eingegebene Radius muss so groß sein, dass der Bogen zwischen den Randknoten erzeugt werden kann.

Bogenparameter: Rechts

Durch Ein- und Ausschalten des Kreuzchens wird gesteuert, auf welcher Seite sich die Bogenmitte befindet.

Bogenparameter: Lang

Durch Ein- und Ausschalten des Kreuzchens wird festgelegt, ob der Bogen länger oder kürzer als der Halbkreis des gleichen Radius ist.

Länge L

Nach der Eingabe des Anfangs- und Endknotens (sowie des Radius im Falle eines Bogenelements) wird die Länge des Elements angezeigt.

Richtung β

Zu Kontrollzwecken wird der Neigungswinkel des Elements (bzw. der Verbindungslinie des Anfangs- und Endknotens des Bogenelements) angegeben.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

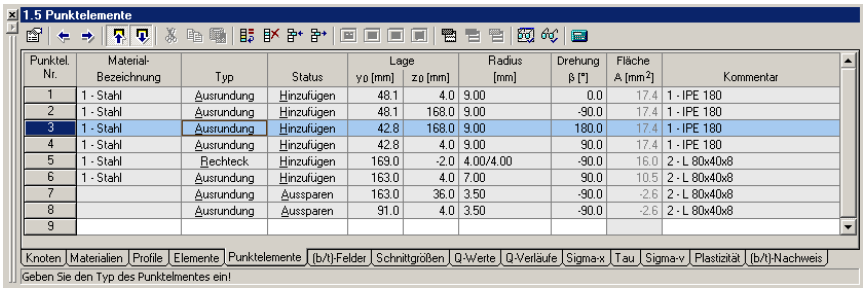
Fläche A

Nach der Eingabe der entsprechenden Parameter wird die Bruttofläche des Elements als das Produkt aus Elementdicke und Elementlänge berechnet. Überlappungen sind hier nicht berücksichtigt. Bei Bögen werden die Flächen aus dem Außen- und Innenradius ermittelt.

Kommentar

Es besteht hier die Möglichkeit, eine Anmerkung einzufügen. Hier sind auch Elemente gekennzeichnet, die einem aus der Querschnittsbibliothek übernommenen Profil angehören.

7.1.5 Tabelle 1.5 *Punktelemente*



1.5 Punktelemente

Punktel. Nr.	Material-Bezeichnung	Typ	Status	Lage y_0 [mm]	Lage z_0 [mm]	Radius [mm]	Drehung β [°]	Fläche A [mm²]	Kommentar
1	1 - Stahl	Ausrundung	Hinzufügen	48.1	4.0	9.00	0.0	17.4	1 - IPE 180
2	1 - Stahl	Ausrundung	Hinzufügen	48.1	168.0	9.00	-90.0	17.4	1 - IPE 180
3	1 - Stahl	Ausrundung	Hinzufügen	42.8	168.0	9.00	180.0	17.4	1 - IPE 180
4	1 - Stahl	Ausrundung	Hinzufügen	42.8	4.0	9.00	90.0	17.4	1 - IPE 180
5	1 - Stahl	Rechteck	Hinzufügen	169.0	-2.0	4.00/4.00	-90.0	16.0	2 - L 80x40x8
6	1 - Stahl	Ausrundung	Hinzufügen	163.0	4.0	7.00	90.0	10.5	2 - L 80x40x8
7		Ausrundung	Aussparen	163.0	36.0	3.50	-90.0	-2.6	2 - L 80x40x8
8		Ausrundung	Aussparen	91.0	4.0	3.50	-90.0	-2.6	2 - L 80x40x8
9									

Knoten | Materialien | Profile | Elemente | Punktelemente | (b/t)-Felder | Schnittgrößen | Q-Werte | Q-Verläufe | Sigma-x | Tau | Sigma-v | Plastizität | (b/t)-Nachweis

Geben Sie den Typ des Punktelmentes ein!

Bild 7.6

Tabelle 1.5 *Punktelemente*

Beinhaltet ein Querschnitt neben „echten" Elementen auch Punktelemente, so werden diese Objekte in dieser Eingabetabelle aufgelistet.

Punktelement Nr.

Jedes Punktelement wird durch eine Nummer gekennzeichnet.

Material-Bezeichnung

In dieser Spalte wird einem Punktelement mit dem Status *Hinzufügen* (siehe unten) ein Material über die Materialnummer aus der Tabelle **1.2 Materialien** zugeordnet. Über den Button [▼], der am Ende des aktiven Eingabefeldes erscheint, kann ein bereits definiertes Material ausgewählt werden. Für Punktelemente mit dem Status *Aussparen* (siehe unten) bleibt dieses Eingabefeld leer.

Typ

Es gibt vier Typen von Punktelementen: **Ausrundung**, **Rechteck**, **Kreis** und **Dreieck**.

Status

Punktelemente lassen sich entweder **Hinzufügen** (das Objekt wird dem Querschnitt zugegeben) oder **Aussparen** (das Objekt wird vom Querschnitt entfernt).

Lage: y_0, z_0

Zum Setzen eines Punktelements wird ein Greifpunkt entsprechend dem Punktelement-Typ festgelegt. Die Lage des Greifpunkts wird durch das orthogonale Koordinatensystem y_0, z_0 beschrieben.

Länge/Breite bzw. Radius

Die Geometrienparameter zur Eingabe eines Punktelements hängen vom Punktelement-Typ ab. Für die Typen *Ausrundung* und *Kreis* ist der Radius **r** anzugeben, für die Typen *Rechteck* und *Dreieck* die Länge **a** und Breite **b**. Beim Klick in eine Zelle dieser Spalte erscheint die Schaltfläche […], die den Dialog **Punktelement bearbeiten** zur Eingabe des Punktelements aufruft. Dieser Dialog hat die gleichen Funktionen wie der im Kapitel 6.4 beschriebene Dialog **Neues Punktelement** (siehe Bild 6.62).

Drehung β

Das Punktelement lässt sich um einen frei wählbaren Winkel β rotieren.

Fläche A

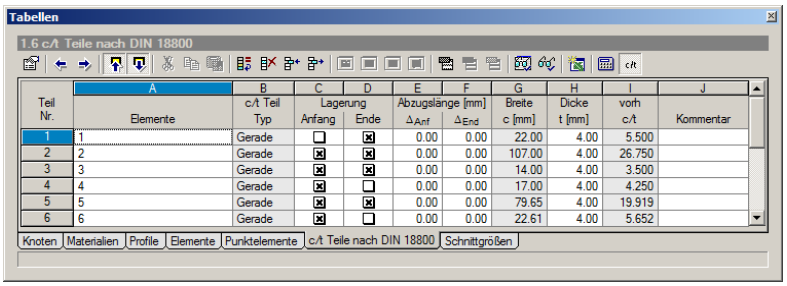
Nach der Eingabe der entsprechenden Parameter wird die Fläche des Punktelements berechnet. Die Fläche eines Punktelements mit dem Status *Hinzufügen* ist positiv, die eines Punktelements mit dem Status *Aussparen* negativ.

Kommentar

Hier besteht die Möglichkeit, eine Anmerkung einzufügen. In dieser Spalte sind auch Punktelemente gekennzeichnet, die einem aus der Querschnittsbibliothek übernommenen Profil angehören.

7.1.6 Tabelle 1.6 *c/t-Teile*

Bild 7.7



Teil Nr.	Elemente	c/t Teil Typ	Lagerung Anfang	Lagerung Ende	Abzugslänge [mm] Δ_{Anf}	Abzugslänge [mm] Δ_{End}	Breite c [mm]	Dicke t [mm]	vorh c/t	Kommentar
1	1	Gerade	☐	☒	0.00	0.00	22.00	4.00	5.500	
2	2	Gerade	☒	☒	0.00	0.00	107.00	4.00	26.750	
3	3	Gerade	☒	☒	0.00	0.00	14.00	4.00	3.500	
4	4	Gerade	☒	☐	0.00	0.00	17.00	4.00	4.250	
5	5	Gerade	☒	☒	0.00	0.00	79.65	4.00	19.919	
6	6	Gerade	☒	☐	0.00	0.00	22.61	4.00	5.652	

Tabelle 1.6 *c/t-Teile nach DIN 18800*

Diese Eingabetabelle listet die Eingabedaten für den c/t-Nachweis nach DIN 18800, wenn die Option **Nachweis von grenz c/t** bzw. **Wirksame Querschnitte** im Dialog **Basisangaben** angehakt ist. Die erforderlichen Detailvorgaben sind in diesem Dialog über das Register **c/t-Teile** bzw. **Wirksame Querschnitte** einzugeben (siehe Kapitel 6.2).

Teil Nr.

Jedes c/t-Teil wird durch eine Nummer gekennzeichnet.

Elemente

Hier werden alle zum jeweiligen c/t-Teil gehörigen Elemente angezeigt.

c/t-Teil Typ

Jedem c/t-Teil ist einer der drei Typen **Gerade**, **Bogen** oder **Rohr** zuzuordnen.

Lagerung: Anfang, Ende

Ein c/t-Teil kann am Anfangs- bzw. Endpunkt entweder ohne Lagerung oder gelagert sein.

Abzugslänge: Δ_{Anf}, Δ_{End}

In der Spalte Δ_{Anf} bzw. Δ_{End} wird der Abstand des Anfangs- bzw. Endpunkts des jeweiligen c/t-Teils vom Anfangs- bzw. Endknoten des zugehörigen Elements angezeigt, an dem die Lagerung oder der freie Rand des c/t-Teils liegt.

Breite c

Die Gesamtbreite eines c/t-Teils ist die Summe der Längen aller zugehörigen Elemente oder Elementteile zwischen dem Anfangs- und Endpunkt des c/t-Teils.

Dicke t

Die Dicke eines c/t-Teils wird als die kleinste Dicke aller zugehörigen Elemente bestimmt.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

vorh c/t

In dieser Spalte wird das Verhältnis aus Gesamtbreite zu Dicke des c/t-Teils angezeigt.

Kommentar

Es besteht hier die Möglichkeit, eine Anmerkung einzufügen.

7.1.7 Tabelle 1.7 *Schnittgrößen*

Bild 7.8

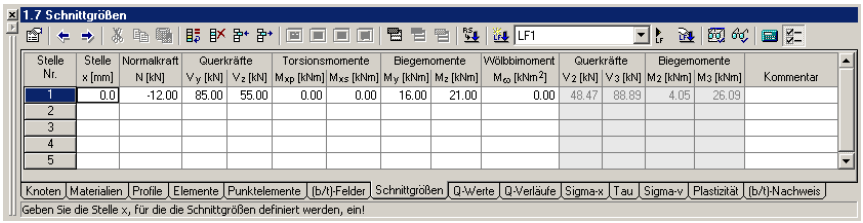


Tabelle 1.7 *Schnittgrößen*

Sie können in dieser Eingabetabelle das Profil lastfallweise durch mehrere Schnittgrößen an verschiedenen Stellen **x** des Stabes bemessen.

Stelle Nr.

Jeder Stelle **x** wird eine Nummer zugeordnet.

Stelle x

Hier geben Sie die Stelle des Stabes an, an der die nachfolgenden Schnittgrößen wirken. Die Eingabe von Schnittgrößen braucht nicht mit einer konkreten Konstruktionsstelle verbunden sein. Sie können sich unter den einzelnen Stellen **x** z. B. verschiedene Schnittgrößenkombinationen vorstellen, die Sie für den Querschnitt untersuchen.

Bei mehreren Schnittgrößenkonstellationen können Sie auch verschiedene Lastfälle anlegen und jeweils an einer Stelle **x** bemessen. Schneller ist es aber meist, unterschiedliche Stellen **x** in der Stablängsachse zu definieren und diese in einem einzigen Lastfall zu verwalten. Mit dem ersten Eintrag einer Stelle **x** wird automatisch Lastfall **1** angelegt.

Die Vorzeichenkonvention in DUENQ ist in Bild 4.31 verdeutlicht.

Normalkraft N

Die Normalkraft **N** ruft im Querschnitt die Normalspannung σ_x hervor (siehe Kapitel 7.2.3).

Eine Zugkraft ist positiv, eine Druckkraft negativ einzugeben.

Querkräfte: V_u, V_v bzw. V_y, V_z

In diesen beiden Spalten sind die Querkräfte anzugeben. Der Schnittgrößenbezug wird im Register **Einstellungen** des Dialogs **Basisangaben** geregelt (siehe Kapitel 6.2).

Die beiden Querkräfte belasten den Querschnitt entweder in Richtung der lokalen Hauptachsen **u** und **v** (Spaltenbezeichnungen V_u und V_v) oder in Richtung der globalen Stabachsen **y** und **z** (Spaltenbezeichnungen V_y und V_z). Nach der Berechnung können Sie in Tabelle **3.2 Schubspannungen** auch die in Richtung der anderen Achsen umgerechneten Querkräfte in weiteren Spalten einblenden.

Die Querkräfte rufen im Profil Schubspannungen τ hervor (siehe Kapitel 7.2.4).

Wenn die Querkräfte als V_y und V_z eingegeben sind, zerlegt DUENQ sie zur Berechnung der Schubspannungen automatisch in Richtung der lokalen Hauptachsen **u** und **v**.

Torsionsmomente: M_{xp}, M_{xs}

In diesen Spalten sind die zwei Komponenten des Torsionsmoments M_x - primäres Torsionsmoment M_{xp} und sekundäres Torsionsmoment M_{xs} - einzugeben.

Wird die Wölbkrafttorsion nicht berücksichtigt, ist lediglich das primäre Torsionsmoment M_{xp} von Bedeutung ($M_{xs} = 0$).

(1.2) $$M_{xp} = -V_y \cdot e_{z,M} + V_z \cdot e_{y,M}$$ bzw.

(1.3) $$M_{xp} = -V_y \cdot (z_M - z_{Vy}) + V_z \cdot (y_{Vz} - y_M)$$

Das positive Torsionsmoment dreht um einen Drehpunkt im Uhrzeigersinn bei Richtung der positiven Achse **y** nach rechts bzw. im Gegenuhrzeigersinn bei Richtung der positiven Achse **y** nach links. Die Drehung des Profils aufgrund des Torsionsmoments erfolgt grundsätzlich um den Schubmittelpunkt **M**. Sie haben jedoch die Möglichkeit, auch einen anderen Drehpunkt zu definieren, indem Sie eine gebundene Drillachse im Register **Einstellungen** des Dialogs **Basisangaben** vorgeben.

Bei der Wölbkrafttorsion kann sich der Querschnitt nicht ungehindert verwölben, sodass das Profil durch zusätzliche Normalspannungen σ_x und Schubspannungen τ beansprucht wird (siehe Kapitel 7.2.3und 7.2.4).

Biegemomente: M_u, M_v bzw. M_y, M_z

In diesen zwei Spalten sind die Biegemomente einzugeben, die in Richtung der lokalen Hauptachsen **u** und **v** oder der globalen Stabachsen **y** und **z** wirken. Die Einstellung des Bezugs der Biegemomente ist analog zur oben genannten Einstellung des Bezugs der Querkräfte. Nach der Berechnung können Sie in Tabelle **3.1 Normalspannungen** auch die umgerechneten Biegemomente in weiteren Spalten einblenden.

Die Momente haben die Normalspannungen σ_x zur Folge (siehe Kapitel 7.2.3).

Wenn die Biegemomente als M_y und M_z eingegeben sind, rechnet DUENQ sie zur Ermittlung der Normalspannungen automatisch in die lokalen Biegemomente M_u und M_v um.

Die Momente M_u bzw. M_v sind positiv einzugeben, wenn sie rechtsschraubig um die positiven Hauptachsen **u** bzw. **v** wirken.

Wölbbimoment M_ω

Das Wölbbimoment M_ω ruft die Wölbnormalspannung σ_x hervor (siehe Kapitel 7.2.3).

Sollen die Spannungen ohne Berücksichtigung der Wölbkrafttorsion berechnet werden, da der Querschnitt wölbfrei, quasi-wölbfrei, geschlossen oder nicht wölbbehindert ist, so sind die Bemessungsschnittgrößen M_{xs} und M_ω zu null zu setzen.

Bei Aussteifungssystemen berechnet sich M_ω wie folgt:

(1.4) $$M_\omega = M_y \cdot e_{y,M} + M_z \cdot e_{z,M}$$

mit

M_y, M_z Biegemomente um **y** bzw. **z**

$e_{y,M}$, $e_{z,M}$ Abstände der Momentenbezugsachse zum Gesamtschubmittelpunkt **M**

Kommentar

Es besteht hier die Möglichkeit, eine Anmerkung einzufügen.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

7.2 Ausgabetabellen

Nach der Berechnung sind die einzelnen Ausgabetabellen über das Pulldownmenü **Tabellen** und das Untermenü **Gehe zu** oder durch Anklicken des Registerreiters im unteren Bereich des Arbeitsfensters zugänglich. Die Tabelleninhalte können über die Zwischenablage in Programme wie z. B. MS Excel eingefügt werden.

In den Tabellen **2.1 Querschnittskennwerte, 2.2 Querschnittsverläufe**, **3.1 Normalspannungen**, **3.2 Schubspannungen**, **3.3 Vergleichsspannungen** und **5.1 Überprüfung von grenz c/t** besteht die Möglichkeit, über die Schaltfläche [Spaltenfilter] in der Tabellen-Werkzeugleiste den Dialog **Zeilen einblenden** aufzurufen (siehe Bild 7.10). Dort können Sie über die Kreuzchen entscheiden, welche Spalten der aktuellen Tabelle angezeigt werden sollen.

7.2.1 Tabelle 2.1 *Querschnittskennwerte*

(Register **Q-Werte**)

2.1 Querschnittskennwerte

Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit	Kommentar
Querschnittsfläche	A	32.93	cm^2	
Schubflächen	A_2	13.04	cm^2	
	A_3	8.53	cm^2	
Lage des Schwerpunktes	$y_{S,0}$	7.18	cm	bezogen auf Nullpunkt
	$z_{S,0}$	6.40	cm	
Trägheitsmomente	I_y	1747.46	cm^4	bezogen auf Schwerachsen y, z
	I_z	762.73	cm^4	
	I_{yz}	-492.42	cm^4	
Hauptachsendrehwinkel	α	22.50	°	positiv im Uhrzeigersinn
Hauptträgheitsmomente	I_2	1951.44	cm^4	bezogen auf die Hauptachsen 2, 3 im Schwerpunkt
	I_3	558.75	cm^4	
Polare Trägheitsmomente	I_p	2510.19	cm^4	
	$I_{p,M}$	3885.38	cm^4	bezogen auf Schubmittelpunkt M
Trägheitsradien	i_y	7.28	cm	bezogen auf den Schwerpunkt
	i_z	4.81	cm	
	i_{yz}	3.87	cm	
Hauptträgheitsradien	i_2	7.70	cm	bezogen auf die Hauptachsen 2, 3 im Schwerpunkt
	i_3	4.12	cm	
Polare Trägheitsradien	i_p	8.73	cm	
	$i_{p,M}$	10.86	cm	bezogen auf Schubmittelpunkt M
Wölbträgheitsradius	$i_{\omega,M}$	2.05	cm	
Querschnittsgewicht	G	25.85	kg/m	
Querschnittsumfang	U	92.29	cm	
Torsionsträgheitsmoment	I_t	5.87	cm^4	
Lage des Schubmittelpunktes	$y_{M,0}$	4.28	cm	bezogen auf Nullpunkt
	$z_{M,0}$	0.62	cm	
	y_M	-2.90	cm	bezogen auf Schwerpunkt
	z_M	-5.78	cm	
Wölbwiderstände	$I_{\omega,S}$	73644.84	cm^6	bezogen auf Schwerpunkt
	$I_{\omega,M}$	16367.42	cm^6	bezogen auf Schubmittelpunkt
Hilfswert für Wölbverdrehung	$r_{\omega,M}$	-0.48		
Widerstandsmomente	$W_{2,max}$	149.03	cm^3	im Knoten 4

Knoten | Materialien | Profile | Elemente | Punktelemente | (b/t)-Felder | Schnittgrößen | Q-Werte | Q-Verläufe | Sigma-x | Tau | Sigma-v | Plastizität | (b/t)-Nachweis

Querschnittsfläche des gesamten Querschnittes

Bild 7.9

Tabelle 2.1 *Querschnittskennwerte*

Diese Ausgabetabelle besteht aus fünf Spalten: **Bezeichnung**, **Symbol**, **Größe**, **Einheit** und **Kommentar**. Die Querschnittswerte sind zeilenweise angeordnet.

Im Dialog **Zeilen einblenden** können Sie einstellen, welche Ergebnisse in dieser Tabelle angezeigt werden sollen.

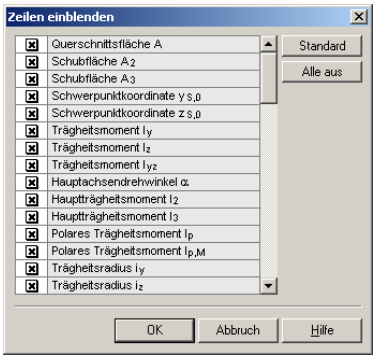


Bild 7.10

Dialog *Zeilen einblenden* für die Tabelle 2.1 *Querschnittskennwerte*

Bei einem Querschnitt aus unterschiedlichen Materialien erscheint im Tabellenkopf die Bezeichnung **2.1 Ideelle Querschnittskennwerte (Referenzmaterial: ...)** mit der aus der Tabelle **1.2 Materialien** übernommenen Materialbezeichnung.

In der folgenden allgemeinen Übersicht wird die Berechnung der einzelnen Querschnittswerte zuerst für einen homogenen Querschnitt beschrieben. Die Ergebnisse haben die folgenden Bezeichnungen und Symbole.

Querschnittsfläche A

Die Gesamtquerschnittsfläche wird aus den Summen der Einzelflächen aller Elemente $\sum \mathbf{A_{i,E}}$ und Punktelemente $\sum \mathbf{A_{j,PE}}$ gebildet.

$$(2.1)\ A = \sum A_{i,E} + \sum A_{j,PE}$$

Schubflächen A_y, A_z

Diese Werte repräsentieren die Flächen des Querschnitts, die zur Berechnung der elastischen Verformungen aus den Querkräften (in Richtung der Schwerpunktachsen y und z) dienen.

$$(2.2)\ A_y = \frac{I_z^{\,2}}{\int_{A^*} \left(\frac{S_z}{t^*} \right)^2 \cdot dA^*}$$

$$(2.3)\ A_z = \frac{I_y^{\,2}}{\int_{A^*} \left(\frac{S_y}{t^*} \right)^2 \cdot dA^*}$$

mit

I_z bzw. I_y	auf die Achse **z** bzw. **y** bezogenes Flächenmoment 2. Grades
S_z bzw. S_y	auf die Achse **z** bzw. **y** bezogenes Flächenmoment 1. Grades
t*	effektive Elementdicke für die Schubübertragung
A*	Fläche basierend auf effektiver Schubdicke t*

Lage des Schwerpunktes $y_{S,0}$, $z_{S,0}$

Hier werden die globalen Koordinaten des Schwerpunkts **S** ausgegeben.

$$(2.4)\ y_{S,0} = \frac{1}{A} \cdot \int_A y_0 \cdot dA$$

$$(2.5)\ z_{S,0} = \frac{1}{A} \cdot \int_A z_0 \cdot dA$$

Trägheitsmomente I_y, I_z, I_{yz}

Die Flächenmomente 2. Grades $\mathbf{I_y}$ und $\mathbf{I_z}$ und das Flächenzentrifugalmoment $\mathbf{I_{yz}}$ beziehen sich auf das profilbezogene System **y**, **z**, das parallel zum globalen System $\mathbf{y_0}$, $\mathbf{z_0}$ durch den Schwerpunkt **S** gelegt wird.

$$(2.6)\ I_y = \int_A z^2 \cdot dA$$

$$(2.7)\ I_z = \int_A y^2 \cdot dA$$

$$(2.8)\ I_{yz} = \int_A y \cdot z \cdot dA$$

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Hauptachsendrehwinkel α

Die Lage der Hauptachsen **u** und **v** wird durch den Hauptachsenwinkel **α** beschrieben. Dies ist der Winkel zwischen der Achse **y** und der Achse **u**. Dieser ist positiv im Uhrzeigersinn bei der Richtung der positiven Achse **y** nach rechts bzw. im Gegenuhrzeigersinn bei der Richtung der positiven Achse **y** nach links.

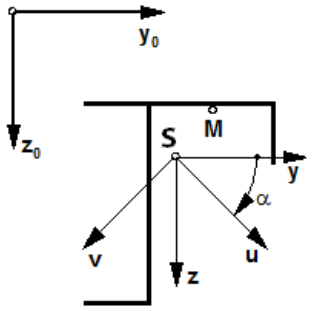


Bild 7.11

Definition der Koordinatensysteme und des Hauptachsendrehwinkels α

Der Hauptachsendrehwinkel **α** wird wie folgt ermittelt:

$$(2.9)\quad \tan 2\alpha = \frac{2 \cdot I_{yz}}{I_z - I_y}$$

Sie können die Hauptachsentransformation über das Register **Einstellungen** im Dialog **Basisangaben** indirekt steuern. Dazu dient die Option **Hauptachsentransformation so vornehmen, dass I_u immer größer als I_v wird**.

Hauptträgheitsmomente I_u, I_v

Die Flächenmomente 2. Grades I_u und I_v sind auf die Hauptachsen **u** und **v** bezogen.

$$(2.10)\quad I_u = I_y \cdot \cos^2\alpha + I_z \cdot \sin^2\alpha - I_{yz} \cdot \sin 2\alpha$$

$$(2.11)\quad I_v = I_y \cdot \sin^2\alpha + I_z \cdot \cos^2\alpha + I_{yz} \cdot \sin 2\alpha$$

Polare Trägheitsmomente I_p, $I_{p,M}$ bzw. $I_{p,D}$

Das polare Flächenmoment 2. Grades I_p bezieht sich auf den Schwerpunkt **S**.

$$(2.12)\quad I_p = \int_A r^2 \cdot dA$$

bzw.

$$(2.13)\quad I_p = \int_A \left(y^2 + z^2\right) \cdot dA$$

bzw.

$$(2.14)\quad I_p = I_y + I_z$$

Das polare Flächenmoment 2. Grades $I_{p,M}$ ist auf den Schubmittelpunkt **M** bezogen.

$$(2.15)\quad I_{p,M} = I_p + A \cdot \left({y_M}^2 + {z_M}^2\right)$$

Im Falle eines Profils mit gebundener Drillachse wird hier das auf den Drillpunkt **D** bezogene polare Trägheitsmoment $I_{p,D}$ statt des polaren Trägheitsmomentes $I_{p,M}$ ausgegeben.

$$(2.16)\quad I_{p,D} = I_p + A \cdot \left({y_D}^2 + {z_D}^2\right)$$

Trägheitsradien i_y, i_z, i_{yz}, Hauptträgheitsradien i_u, i_v, Polare Trägheitsradien i_p, $i_{p,M}$ bzw. $i_{p,D}$

Die Trägheitsradien sind wichtige Größen für die Stabilitätsberechnung. In der folgenden allgemeinen Formel werden die oben genannten Indizes mit dem Index **a** bezeichnet.

(2.17) $$i_a = \sqrt{\frac{I_a}{A}}$$

Wölbträgheitsradius $i_{\omega,M}$ bzw. $i_{\omega,D}$

Der Wölbträgheitsradius errechnet sich aus dem Wölbflächenmoment 2. Grades (siehe unten) und dem polaren Trägheitsmoment (siehe oben). Er ist auf den Schubmittelpunkt **M** bzw. Drillpunkt **D** bezogen.

(2.18) $$i_{\omega,M} = \sqrt{\frac{I_{\omega,M}}{I_{p,M}}} \quad \text{bzw.} \quad i_{\omega,D} = \sqrt{\frac{I_{\omega,D}}{I_{p,D}}}$$

Querschnittsgewicht G

Das Querschnittsgewicht **G** stellt die Summe dar, die mit den Produkten aus den Einzelflächen und in Tabelle **1.2 Materialien** definierten spezifischen Gewichten aller Elemente und Punktelemente gebildet wird. Es ist auf den laufenden Meter des Querschnitts bezogen.

(2.19) $$G = \sum\left(A_{i,E} \cdot \gamma_{i,E}\right) + \sum\left(A_{j,PE} \cdot \gamma_{j,PE}\right)$$

Querschnittsumfang U, Äußerer Querschnittsumfang $U_{außen}$, Innerer Querschnittsumfang U_{innen}

Der Querschnittsumfang **U** ist die Summe aus äußerem Querschnittsumfang $\mathbf{U_{außen}}$ und innerem Querschnittsumfang $\mathbf{U_{innen}}$. Letzterer ist bei offenen Querschnitten gleich null.

Torsionsträgheitsmoment I_t, - Anteil aus St. Venant $I_{t,St.Ven.}$, - Anteil aus Bredt $I_{t,Bredt}$

Das Torsionsträgheitsmoment $\mathbf{I_t}$ ist die Summe aus Saint Venantschem Torsionsträgheitsmoment $\mathbf{I_{t,St.Ven.}}$ und Bredtschem Torsionsträgheitsmoment $\mathbf{I_{t,Bredt}}$. Letzteres ist bei offenen Querschnitten gleich null.

(2.20) $$I_t = I_{t,St.Ven.} + I_{t,Bredt}$$

Das Saint Venantsche Torsionsträgheitsmoment wird wie folgt berechnet:

(2.21) $$I_{t,St.Ven.} = \eta \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot \sum_i L_i \cdot t^*_i{}^3 - 0{,}105 \cdot \sum_{i,f} t^*_{i,f}{}^4 + 0{,}0087 \cdot \sum_{i,f} \frac{t^*_{i,f}{}^8}{L^*_{i,f}{}^4} \right)$$

mit

η	Korrekturfaktor für Saint Venantsches Torsionsträgheitsmoment
L_i	Länge des Elements **i**
t^*_i	effektive Dicke des Elements **i** für die Schubübertragung
$t^*_{i,F}$	effektive Dicke des Elements mit dem freien Ende **i,F** für die Schubübertragung
$L^*_{i,F}$	effektive Dicke des Elements mit dem freien Ende **i,F** für die Schubübertragung

Sie können den Korrekturfaktor $\boldsymbol{\eta}$ für Saint Venantsches Torsionsträgheitsmoment über das Register **Einstellungen** im Dialog **Basisangaben** vorgeben, sonst wird der voreingestellte Wert $\boldsymbol{\eta}$ = 1,00 verwendet.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Das Bredtsche Torsionsträgheitsmoment ermittelt sich für einen einzelligen Querschnitt wie folgt:

(2.22) $$I_{t,Bredt} = \frac{4 \cdot A_m^{\ 2}}{\int_s \frac{1}{t^*} \cdot ds}$$

mit

A_m von den Profilmittellinien umschlossene Fläche der Zelle

t^* effektive Elementdicke für die Schubübertragung

Sekundäres Torsionsträgheitsmoment $I_{t,s}$

Das sekundäre Torsionsträgheitsmoment wird nach folgender Gleichung ermittelt:

(2.23) $$I_{t,s} = \frac{I_\omega^2}{\sum_i \frac{1}{t_i^*} \int_0^{L_i} S_\omega^2 ds}$$

mit

I_ω Wölbflächenmoment 2. Grades (siehe unten)

t^*_i wirksame Dicke für Schubübertragung des Elements *i*

L_i Länge des Elements *i*

S_ω statisches Wölbmoment für Berechnung des Schubflusses *T* aus sekundärem Torsionsmoment $M_{x,s}$

Lage des Schubmittelpunkts $y_{M,0}$, $z_{M,0}$, y_M, z_M

Im Schubmittelpunkt **M** hat das aus den Schubspannungen infolge Querkraft zu errechnende Moment den Wert null. Liegt die Wirkungslinie der Querkraft im Schubmittelpunkt, erfährt der Stab keine Verdrehung infolge dieser Belastung. Die zum globalen System $\mathbf{y_0}$, $\mathbf{z_0}$ parallelen Schubmittelpunktskoordinaten $\mathbf{y_{M,0}}$ und $\mathbf{z_{M,0}}$ bzw. $\mathbf{y_M}$ und $\mathbf{z_M}$ werden auf den globalen Nullpunkt **0** bzw. Schwerpunkt **S** bezogen. Letztere werden folgendermaßen ermittelt:

(2.24) $$y_M = \frac{R_{S,z} \cdot I_{yz} - R_{S,y} \cdot I_z}{I_y \cdot I_z - I_{yz}^{\ 2}}$$

(2.25) $$z_M = \frac{R_{S,z} \cdot I_y - R_{S,y} \cdot I_{yz}}{I_y \cdot I_z - I_{yz}^{\ 2}}$$

mit

(2.26) $$R_{S,y} = \frac{1}{6} \cdot \sum \Delta A \cdot \left[2 \cdot \left(z_a \cdot \omega_{S,a} + z_e \cdot \omega_{S,e}\right) + z_a \cdot \omega_{S,e} + z_e \cdot \omega_{S,a}\right]$$

(2.27) $$R_{S,z} = \frac{1}{6} \cdot \sum \Delta A \cdot \left[2 \cdot \left(y_a \cdot \omega_{S,a} + y_e \cdot \omega_{S,e}\right) + y_a \cdot \omega_{S,e} + y_e \cdot \omega_{S,a}\right]$$

In den oben genannten Formeln werden mit den Indizes **a** bzw. **e** die Anfangs- bzw. Endknoten der Elemente bezeichnet. Die Wölbordinaten (also Einheitsverwölbungen, siehe unten) $\boldsymbol{\omega_{S,a}}$ bzw. $\boldsymbol{\omega_{S,e}}$ beziehen sich auf den Schwerpunkt **S**.

Die Schubmittelpunktskoordinaten $\mathbf{y_M}$ und $\mathbf{z_M}$ lassen sich auf den globalen Nullpunkt **0** bezogen umrechnen:

(2.28) $$y_{M,0} = y_M + y_{S,0}$$

(2.29) $$z_{M,0} = z_M + z_{S,0}$$

Wölbwiderstände $I_{\omega,S}$, $I_{\omega,M}$ bzw. $I_{\omega,D}$

Die Wölbwiderstände werden für die Ermittlung der durch Wölbbehinderung verursachten Spannungen $\sigma_{x,M\omega}$ und τ_{Mxs} benötigt. Das Wölbflächenmoment 2. Grades $I_{\omega,M}$ wird minimaler Wölbwiderstand oder kurz nur Wölbwiderstand genannt und ist aufgrund der Hauptverwölbung ω_M um den Schubmittelpunkt **M** wie folgt definiert:

(2.30) $$I_{\omega,M} = \int_A \omega_M{}^2 \cdot dA$$

Bei einem Profil mit gebundener Drillachse wird hier der Wölbwiderstand $I_{\omega,D}$ um den Drillpunkt **D** ausgegeben. Die Wölbwiderstände $I_{\omega,S}$ und $I_{\omega,M}$ bzw. $I_{\omega,D}$ für die Drehungen um den Schwerpunkt **S** und um den Schubmittelpunkt **M** bzw. Drillpunkt **D** sind wie folgt definiert:

(2.31) $$I_{\omega,S} = \frac{1}{3} \cdot \sum \Delta A \cdot \left(\omega_{S,a}{}^2 + \omega_{S,a} \cdot \omega_{S,e} + \omega_{S,e}{}^2\right)$$

(2.32) $$I_{\omega,M} = I_{\omega,S} + y_M \cdot R_{S,y} - z_M \cdot R_{S,z}$$

(2.33) $$I_{\omega,D} = I_{\omega,S} + y_D \cdot R_{S,y} - z_D \cdot R_{S,z}$$

Hilfswert für Wölbverdrehung $r_{\omega,M}$ bzw. $r_{\omega,D}$

Der Hilfswert $r_{\omega,M}$ wird folgendermaßen ermittelt:

(2.34) $$r_{\omega,M} = \frac{R_{\omega,M}}{I_{\omega,M}}$$

mit

(2.35) $$R_{\omega,M} = \int_A \omega_M \cdot \left[(y - y_M)^2 + (z - z_M)^2\right] \cdot dA$$

Bei einem Profil mit gebundener Drillachse errechnet sich der Hilfswert $r_{\omega,D}$ analog.

(2.36) $$r_{\omega,D} = \frac{R_{\omega,D}}{I_{\omega,D}}$$

mit

(2.37) $$R_{\omega,D} = \int_A \omega_D \cdot \left[(y - y_D)^2 + (z - z_D)^2\right] \cdot dA$$

Widerstandsmomente $W_{u,max}$, $W_{u,min}$, $W_{v,max}$, $W_{v,min}$, $W_{y,max}$, $W_{y,min}$, $W_{z,max}$, $W_{z,min}$

Mit den Widerstandsmomenten lassen sich die Spannungen infolge Biegebeanspruchung berechnen. Die Widerstandsmomente beziehen sich auf die Hauptachsen **u** und **v** bzw. Schwerpunktachsen **y** und **z**. Zur Ermittlung der maximalen bzw. minimalen Widerstandsmomente werden die Flächenmomente 2. Grades durch die entsprechenden positiven bzw. negativen Abstände der äußersten Elementrandpunkte vom Schwerpunkt **S** dividiert.

(2.38) $$W_{u,max} = \frac{I_u}{e_{v,max}}$$

(2.39) $$W_{u,min} = \frac{I_u}{e_{v,min}}$$

(2.40) $$W_{v,max} = \frac{I_v}{e_{u,max}}$$

(2.41) $$W_{v,min} = \frac{I_v}{e_{u,min}}$$

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

(2.42) $$W_{y,max} = \frac{I_y}{z_{max}}$$

(2.43) $$W_{y,min} = \frac{I_y}{z_{min}}$$

(2.44) $$W_{z,max} = \frac{I_z}{y_{max}}$$

(2.45) $$W_{z,min} = \frac{I_z}{y_{min}}$$

mit

I_u, I_v bzw. I_y, I_z	auf die Hauptachsen **u**, **v** bzw. Schwerpunktachsen **y**, **z** bezogene Trägheitsmomente
$e_{v,max}$ bzw. $e_{v,min}$	positiver bzw. negativer Abstand desjenigen Elementrandpunkts von der Hauptachse **u**, der sich am weitesten vom Schwerpunkt **S** in Richtung der Hauptachse **v** befindet
$e_{u,max}$ bzw. $e_{u,min}$	positiver bzw. negativer Abstand desjenigen Elementrandpunkts von der Hauptachse **v**, der sich am weitesten vom Schwerpunkt **S** in Richtung der Hauptachse **u** befindet
z_{max} bzw. z_{min}	positiver bzw. negativer Abstand desjenigen Elementrandpunkts von der Schwerpunktachse **y**, der sich am weitesten vom Schwerpunkt **S** in Richtung der Schwerpunktachse **z** befindet
y_{max} bzw. y_{min}	positiver bzw. negativer Abstand desjenigen Elementrandpunkts von der Schwerpunktachse **z**, der sich am weitesten vom Schwerpunkt **S** in Richtung der Schwerpunktachse **y** befindet

Wölbwiderstandsmomente $W_{\omega,max}$, $W_{\omega,min}$

Die Wölbwiderstandsmomente sind auf den Schubmittelpunkt **M** bezogen. Zu deren Ermittlung wird der Wölbwiderstand $I_{\omega,M}$ durch die maximale bzw. minimale Hauptverwölbung um den Schubmittelpunkt **M** (also durch den Wert $\omega_{M,max}$ bzw. $\omega_{M,min}$) dividiert.

(2.46) $$W_{\omega,max} = \frac{I_{\omega,M}}{\omega_{M,max}}$$

(2.47) $$W_{\omega,min} = \frac{I_{\omega,M}}{\omega_{M,min}}$$

Bei einer gebundenen Drillachse werden hier nicht die auf den Schubmittelpunkt **M** bezogenen Werte $I_{\omega,M}$, $\omega_{M,max}$ und $\omega_{M,min}$, sondern die auf den Drillpunkt **D** bezogenen Werte $I_{\omega,D}$, $\omega_{D,max}$ und $\omega_{D,min}$ betrachtet. In der Spalte **Kommentar** sind die relevanten Knoten angegeben, an denen die Werte $\omega_{M,max}$ und $\omega_{M,min}$ (bzw. $\omega_{D,max}$ und $\omega_{D,min}$) auftreten.

Querschnittsstrecken (DIN 4114) r_2, r_3

Diese Hilfswerte werden zur Berechnung des ideellen Schlankheitsgrades für den Biegedrillknicknachweis nach DIN 4114 benötigt.

(2.48) $$r_2 = \frac{1}{I_2} \cdot \int_A e_3 \cdot \left(e_2^{\,2} + e_3^{\,2}\right) \cdot dA$$

(2.49) $$r_3 = \frac{1}{I_3} \cdot \int_A e_2 \cdot \left(e_2^{\,2} + e_3^{\,2}\right) \cdot dA$$

Querschnittsstrecken $r_{M,2}$, $r_{M,3}$

Diese Hilfswerte sind die umgerechneten oben genannten Querschnittsstrecken r_3 und r_2. Sie werden bei den Nachweisen nach der Methode der finiten Elemente in anderen Bemessungsmodulen von RSTAB und RFEM verwendet.

(2.50) $$r_{M,2} = r_3 - 2 \cdot e_{2,M}$$

(2.51) $$r_{M,3} = r_2 - 2 \cdot e_{3,M}$$

Abklingfaktor λ_M bzw. λ_D

Der Abklingfaktor wird zur Berechnung der Wölbkraft-Schnittgrößen benötigt.

(2.52) $$\lambda_M = \sqrt{\frac{G \cdot I_t}{E \cdot I_{\omega,M}}}$$

(2.53) $$\lambda_D = \sqrt{\frac{G \cdot I_t}{E \cdot I_{\omega,D}}}$$

Maximale plastische Biegemomente $M_{pl,u,d}$, $M_{pl,v,d}$, $M_{pl,y,d}$, $M_{pl,z,d}$

Die maximalen plastischen Biegemomente werden über die Flächenhalbierende und ohne Berücksichtigung der Interaktionsbeziehungen ermittelt.

(2.54) $$M_{pl,u,d} = W_{pl,u} \cdot f_{y,d}$$

(2.55) $$M_{pl,v,d} = W_{pl,v} \cdot f_{y,d}$$

(2.56) $$M_{pl,y,d} = W_{pl,y} \cdot f_{y,d}$$

(2.57) $$M_{pl,z,d} = W_{pl,z} \cdot f_{y,d}$$

mit

$W_{pl,u}$, $W_{pl,v}$, $W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$	maximale plastische Widerstandsmomente (siehe unten)
$f_{y,d}$	Bemessungswert der Streckgrenze (siehe Kapitel 7.2.1)

Maximale plastische Widerstandsmomente $W_{pl,u}$, $W_{pl,v}$, $W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$

Bei der Ermittlung der maximalen plastischen Widerstandsmomente werden die auf die Flächenhalbierenden bezogenen Beträge der Flächenmomente 1. Grades (also der statischen Momente) addiert.

(2.58) $$W_{pl,u} = \left|S_{u,oben}\right| + \left|S_{u,unten}\right|$$

(2.59) $$W_{pl,v} = \left|S_{v,oben}\right| + \left|S_{v,unten}\right|$$

(2.60) $$W_{pl,y} = \left|S_{y,oben}\right| + \left|S_{y,unten}\right|$$

(2.61) $$W_{pl,z} = \left|S_{z,oben}\right| + \left|S_{z,unten}\right|$$

Die in der Spalte **Kommentar** angegebenen Werte $\alpha_{pl,u}$, $\alpha_{pl,v}$, $\alpha_{pl,y}$, $\alpha_{pl,z}$ kennzeichnen die plastischen Querschnittsreserven gegenüber den elastischen Grenztragfähigkeiten.

(2.62) $$\alpha_{pl,u} = \frac{W_{pl,u}}{W_{el,u}}$$

(2.63) $$\alpha_{pl,v} = \frac{W_{pl,v}}{W_{el,v}}$$

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

(2.64) $$\alpha_{pl,y} = \frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}}$$

(2.65) $$\alpha_{pl,z} = \frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}}$$

mit

(2.66) $$W_{el,u} = \min\left(W_{u,max}, \left|W_{u,min}\right|\right)$$

(2.67) $$W_{el,v} = \min\left(W_{v,max}, \left|W_{v,min}\right|\right)$$

(2.68) $$W_{el,y} = \min\left(W_{y,max}, \left|W_{y,min}\right|\right)$$

(2.69) $$W_{el,z} = \min\left(W_{z,max}, \left|W_{z,min}\right|\right)$$

Plastische Schubflächen $A_{pl,y}$ / $A_{pl,z}$ / $A_{pl,u}$ / $A_{pl,v}$

Die plastischen Schubflächen ermitteln sich wie folgt.

(2.70) $$A_{pl,u} = \sum\left[t^*_{i,E} \cdot \left(u_{e,i,E} - u_{s,i,E}\right)\right]$$

(2.71) $$A_{pl,v} = \sum\left[t^*_{i,E} \cdot \left(v_{e,i,E} - v_{s,i,E}\right)\right]$$

mit	$t^*_{i,E}$	Effektive Dicke des Elements *i*
	$u_{e,i,E}$ bzw. $v_{e,i,E}$	Abstand des Endes von Element *i* von Achse v bzw. u
	$u_{s,i,E}$ bzw. $v_{s,i,E}$	Abstand des Anfangs von Element *i* von Achse v bzw. u

Lage der Flächenhalbierenden $f_{y,0}$, $f_{z,0}$, f_u, f_v,

Die Flächenhalbierenden werden im Programm iterativ bestimmt und in der Grafik als Punktlinien dargestellt. Die Neigung der Flächenhalbierenden, deren Schnittpunkt f_u bzw. f_v auf den Schwerpunkt **S** bezogen ist, entspricht dem Hauptachsenwinkel α. Der Schnittpunkt $f_{y,0}$ bzw. $f_{z,0}$ der zum globalen System y_0, z_0 parallelen Flächenhalbierenden bezieht sich auf den globalen Nullpunkt **0**.

Plastische Querkräfte $V_{pl,u,d}$, $V_{pl,v,d}$

Die plastischen Querkräfte errechnen sich aus den Schubflächen und dem Bemessungswert der Streckgrenze $f_{y,d}$.

(2.72) $$V_{pl,u,d} = \frac{A_{pl,u} \cdot f_{y,d}}{\sqrt{3}}$$

(2.73) $$V_{pl,v,d} = \frac{A_{pl,v} \cdot f_{y,d}}{\sqrt{3}}$$

Plastische Normalkraft $N_{pl,d}$

Die plastische Normalkraft errechnet sich aus der Querschnittsfläche und dem Bemessungswert der Streckgrenze $f_{y,d}$.

(2.74) $$N_{pl,d} = A \cdot f_{y,d}$$

Verbundquerschnitt

Falls ein Querschnitt aus unterschiedlichen Materialien besteht, werden die folgenden ideellen Querschnittswerte in Abhängigkeit vom gewählten Referenzmaterial berechnet:

Querschnittsfläche A

(2.75) $$A = \frac{\sum\left(A_{i,E} \cdot E_{i,E}\right) + \sum\left(A_{j,PE} \cdot E_{j,PE}\right)}{E_{ref}}$$

mit

$A_{i,E}$ Fläche des Elementes **i**

$E_{i,E}$ Elastizitätsmodul des Materials vom Element **i**

$A_{j,PE}$ Fläche des Punktelementes **j**

$E_{j,PE}$ Elastizitätsmodul des Materials vom Punktelement **j**

E_{ref} Elastizitätsmodul des Referenzmaterials

Die auf diese Weise ermittelte Gesamtquerschnittsfläche bildet im Produkt mit dem E-Modul des Referenzmaterials $\mathbf{E_{ref}}$ die Normalsteifigkeit des inhomogenen Profils. Aufgrund der Normalsteifigkeit (also des Produktes $\mathbf{E_{ref}} \cdot \mathbf{A}$) wird die Dehnung des gesamten Querschnitts infolge der Normalkraft und auch die Normalspannungen in den einzelnen Querschnittsteilen infolge der Normalkraft berechnet.

Schubflächen A_u, A_v

(2.76) $$A_u = \frac{I_v^{\,2}}{G_{ref} \cdot \int_{A^*} \left(\frac{S_v}{t^*}\right)^2 \cdot \frac{1}{G} \cdot dA^*}$$

(2.77) $$A_v = \frac{I_u^{\,2}}{G_{ref} \cdot \int_{A^*} \left(\frac{S_u}{t^*}\right)^2 \cdot \frac{1}{G} \cdot dA^*}$$

mit

I_v bzw. I_u auf die Hauptachse **v** bzw. **u** bezogenes Flächenmoment 2. Grades

S_v bzw. S_u auf die Hauptachse **v** bzw. **u** bezogenes Flächenmoment 1. Grades

t* effektive Elementdicke für die Schubübertragung

A* Fläche basierend auf effektiver Schubdicke t*

G Schubmodul eines der verwendeten Materialien

G_{ref} Schubmodul des Referenzmaterials

Trägheitsmomente I_y, I_z, I_{yz}

(2.78) $$I_y = \frac{\sum\left(I_{y,i,E} \cdot E_{i,E}\right) + \sum\left(I_{y,j,PE} \cdot E_{j,PE}\right)}{E_{ref}}$$

mit

$I_{y,i,E}$ Trägheitsmoment des Elements **i** um die Achse **y** (also die Summe aus Eigenträgheitsmoment und Steinerschem Anteil des Elements **i**)

$E_{i,E}$ Elastizitätsmodul des Materials vom Element **i**

$I_{y,j,PE}$ Trägheitsmoment des Punktelements **j** um die Achse **y** (also die Summe aus Eigenträgheitsmoment und Steinerschem Anteil des Punktelements **j**)

$E_{j,PE}$ Elastizitätsmodul des Materials von Punktelement **j**

E_{ref} Elastizitätsmodul des Referenzmaterials

Die ideellen **Trägheitsmomente I_z** und **I_{yz}** des inhomogenen Profils ermitteln sich analog.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Verbundquerschnitt

Die ideellen **Hauptträgheitsmomente I_u** und I_v und die ideellen **polaren Trägheitsmomente I_p** und $I_{p,M}$ bzw. $I_{p,D}$ werden beim inhomogenen Querschnitt nach den Formeln wie für den homogenen Querschnitt berechnet.

Torsionsträgheitsmoment I_t,
- Anteil aus St. Venant $I_{t,St.Ven.}$,
- Anteil aus Bredt $I_{t,Bredt}$

Das ideelle Torsionsträgheitsmoment I_t ist die Summe aus ideellem Saint Venantschem Torsionsträgheitsmoment $I_{t,St.Ven.}$ und ideellem Bredtschem Torsionsträgheitsmoment $I_{t,Bredt}$.

Das ideelle Saint Venantsche Torsionsträgheitsmoment wird wie folgt berechnet:

(2.79) $$I_{t,St.Ven.} = \frac{\eta}{G_{ref}} \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot \sum_i L_i \cdot t^{*}{}_i^{\,3} \cdot G_i - 0{,}105 \cdot \sum_{i,f} t^{*}{}_{i,f}^{\,4} \cdot G_{i,f} + 0{,}0087 \cdot \sum_{i,f} \frac{t^{*}{}_{i,f}^{\,8}}{L^{*}{}_{i,f}^{\,4}} \cdot G_{i,f} \right)$$

mit

G_i Schubmodul des Materials von Element **i**

$G_{i,F}$ Schubmodul des Materials von Element mit dem freien Ende **i,F**

G_{ref} Schubmodul des Referenzmaterials

Das ideelle Bredtsche Torsionsträgheitsmoment ermittelt sich für einen einzelligen Querschnitt wie folgt:

(2.80) $$I_{t,Bredt} = \frac{4 \cdot A_m^{\,2}}{G_{ref} \cdot \sum_i \frac{L_i}{t^{*}{}_i \cdot G_i}}$$

Wölbwiderstände $I_{\omega,S}$, $I_{\omega,M}$ bzw. $I_{\omega,D}$

(2.81) $$I_{\omega,S} = \frac{1}{3 \cdot E_{ref}} \cdot \sum \Delta A \cdot \left(\omega_{S,a}^{\,2} + \omega_{S,a} \cdot \omega_{S,e} + \omega_{S,e}^{\,2} \right) \cdot E$$

Die ideellen **Wölbwiderstände $I_{\omega,M}$** bzw. $I_{\omega,D}$ werden beim inhomogenen Querschnitt nach den Formeln wie für den homogenen Querschnitt berechnet. Die erforderlichen ideellen Hilfswerte für die Berechnung der Wölbkrafttorsionsparameter ermitteln sich wie folgt:

(2.82) $$R_{S,y} = \frac{1}{6 \cdot E_{ref}} \cdot \sum \Delta A \cdot \left[2 \cdot \left(z_a \cdot \omega_{S,a} + z_e \cdot \omega_{S,e} \right) + z_a \cdot \omega_{S,e} + z_e \cdot \omega_{S,a} \right] \cdot E$$

(2.83) $$R_{S,z} = \frac{1}{6 \cdot E_{ref}} \cdot \sum \Delta A \cdot \left[2 \cdot \left(y_a \cdot \omega_{S,a} + y_e \cdot \omega_{S,e} \right) + y_a \cdot \omega_{S,e} + y_e \cdot \omega_{S,a} \right] \cdot E$$

(2.84) $$R_{\omega,M} = \frac{1}{E_{ref}} \cdot \int_A \omega_M \cdot \left[(y - y_M)^2 + (z - z_M)^2 \right] \cdot E \cdot dA$$

Die ideellen **Widerstandsmomente $W_{u,max}$, $W_{u,min}$, $W_{v,max}$, $W_{v,min}$, $W_{y,max}$, $W_{y,min}$, $W_{z,max}$, $W_{z,min}$** werden nach den obigen Formeln für den inhomogenen Querschnitt aus den ideellen Trägheitsmomenten und den Abständen der zuständigen Elementrandpunkte vom Schwerpunkt **S** berechnet. Analog errechnen sich auch die ideellen **Wölbwiderstandsmomente $W_{\omega,max}$, $W_{\omega,min}$**.

Liegen Materialien mit einem unterschiedlichen Elastizitätsmodul oder Schubmodul in einem Querschnitt vor, werden keine plastischen Querschnittswerte ausgegeben.

Verbundquerschnitt

Maximale plastische Widerstandsmomente $W_{pl,u}$, $W_{pl,v}$, $W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$

Bei der Ermittlung der ideellen maximalen plastischen Widerstandsmomente werden die Flächenhalbierenden aufgrund der Produkte $A_{i,E} \cdot f_{y,d,i,E}$ und $A_{j,PE} \cdot f_{y,d,j,PE}$ (also der Produkte aus Flächen und Streckgrenzen der Materialien aller Elemente und Punktelemente) festgelegt. Das ideelle maximale plastische Widerstandsmoment $W_{pl,u}$ wird z. B. wie folgt ermittelt:

(2.85) $$W_{pl,u} = \frac{\sum\left(A_{i,E} \cdot e_{f,v,i,E} \cdot f_{y,d,i,E}\right) + \sum\left(A_{j,PE} \cdot e_{f,v,j,PE} \cdot f_{y,d,j,PE}\right)}{f_{y,d,ref}}$$

mit

$A_{i,E}$ Fläche des Elements **i**

$e_{f,v,i,E}$ Abstand des Schwerpunkts des Elements **i** von der zur Hauptachse **u** parallelen Flächenhalbierenden

$f_{y,d,i,E}$ Bemessungswert der Streckgrenze des Materials von Element **i**

$A_{j,PE}$ Fläche des Punktelements **j**

$e_{f,v,j,PE}$ Abstand des Schwerpunktes des Punktelements **j** von der zur Hauptachse **u** parallelen Flächenhalbierenden

$f_{y,d,j,PE}$ Bemessungswert der Streckgrenze des Materials von Punktelement **i**

$f_{y,d,ref}$ Bemessungswert der Streckgrenze des Referenzmaterials

Die übrigen ideellen maximalen plastischen Widerstandsmomente werden analog berechnet. Die **maximalen plastischen Biegemomente** errechnen sich dann als die Produkte aus den so festgelegten ideellen maximalen plastischen Widerstandsmomenten und dem Bemessungswert der Streckgrenze des Referenzmaterials. Das maximale plastische Biegemoment $M_{pl,u,d}$ ermittelt sich z. B. wie folgt (und die übrigen maximalen plastischen Biegemomente analog):

(2.86) $$M_{pl,u,d} = W_{pl,u} \cdot f_{y,d,ref}$$

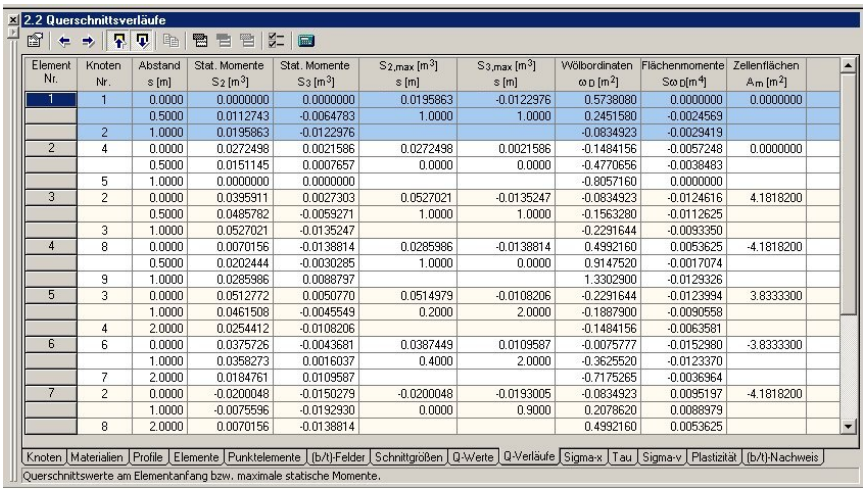
Die folgenden Werte werden für einen Querschnitt aus unterschiedlichen Materialien unabhängig vom angegebenen Referenzmaterial ermittelt:

- Lage des Schwerpunkts
- Hauptachsendrehwinkel
- Lage des Schubmittelpunkts
- Trägheitsradien
- Querschnittsgewicht
- Querschnittsumfang
- Hilfswert für Wölbverdrehung $r_{\omega,M}$ bzw. $r_{\omega,D}$
- Querschnittsstrecken
- Abklingfaktor
- Plastische Schnittgrößen (unter der Bedingung, dass E- und G-Modul im ganzen Querschnitt konstant sind)
- Lage der Flächenhalbierenden (unter der Bedingung, dass E- und G-Modul im ganzen Querschnitt konstant sind)

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

7.2.2 Tabelle 2.2 *Querschnittsverläufe*

(Register **Q-Verläufe**)



2.2 Querschnittsverläufe

Element Nr.	Knoten Nr.	Abstand s [m]	Stat. Momente S_2 [m³]	Stat. Momente S_3 [m³]	$S_{2,max}$ [m³] s [m]	$S_{3,max}$ [m³] s [m]	Wölbordinaten ω_D [m²]	Flächenmomente $S\omega_D$ [m⁴]	Zellenflächen A_m [m²]
1	1	0.0000	0.0000000	0.0000000	0.0195863	-0.0122976	0.5738080	0.0000000	0.0000000
		0.5000	0.0112743	-0.0064783	1.0000	1.0000	0.2451580	-0.0024569	
	2	1.0000	0.0195863	-0.0122976			-0.0834923	-0.0029419	
2	4	0.0000	0.0272498	0.0021586	0.0272498	0.0021586	-0.1484156	-0.0057248	0.0000000
		0.5000	0.0151145	0.0007657	0.0000	0.0000	-0.4770656	-0.0038483	
	5	1.0000	0.0000000	0.0000000			-0.8057160	0.0000000	
3	2	0.0000	0.0395911	0.0027303	0.0527021	-0.0135247	-0.0834923	-0.0124616	4.1818200
		0.5000	0.0485782	-0.0059271	1.0000	1.0000	-0.1563280	-0.0112625	
	3	1.0000	0.0527021	-0.0135247			-0.2291644	-0.0093350	
4	8	0.0000	0.0070156	-0.0138814	0.0285986	-0.0138814	0.4992160	0.0053625	-4.1818200
		0.5000	0.0202444	-0.0030285	1.0000	0.0000	0.9147520	-0.0017074	
	9	1.0000	0.0285986	0.0088797			1.3302900	-0.0129326	
5	3	0.0000	0.0512772	0.0050770	0.0514979	-0.0108206	-0.2291644	-0.0123994	3.8333300
		1.0000	0.0461508	-0.0045549	0.2000	2.0000	-0.1887900	-0.0090558	
	4	2.0000	0.0254412	-0.0108206			-0.1484156	-0.0063581	
6	6	0.0000	0.0375726	-0.0043681	0.0387449	0.0109587	-0.0075777	-0.0152980	-3.8333300
		1.0000	0.0358273	0.0016037	0.4000	2.0000	-0.3625520	-0.0123370	
	7	2.0000	0.0184761	0.0109587			-0.7175265	-0.0036964	
7	2	0.0000	-0.0200048	-0.0150279	-0.0200048	-0.0193005	-0.0834923	0.0095197	-4.1818200
		1.0000	-0.0075596	-0.0192930	0.0000	0.9000	0.2078620	0.0088979	
	8	2.0000	0.0070156	-0.0138814			0.4992160	0.0053625	

Knoten | Materialien | Profile | Elemente | Punktelemente | (b/t)-Felder | Schnittgrößen | Q-Werte | Q-Verläufe | Sigma-x | Tau | Sigma-v | Plastizität | (b/t)-Nachweis

Querschnittswerte am Elementanfang bzw. maximale statische Momente.

Bild 7.12

Tabelle 2.2 *Querschnittsverläufe*

In dieser Ausgabetabelle werden die belastungsunabhängigen Ergebnisse der statischen Momente und Wölbung ausgegeben. Die Verläufe werden auch in der Querschnittsgrafik dargestellt. In der Werkzeugleiste der Tabelle steht die Schaltfläche [Spaltenfilter] zur Verfügung, die den Dialog **Spalten einblenden** aufruft.

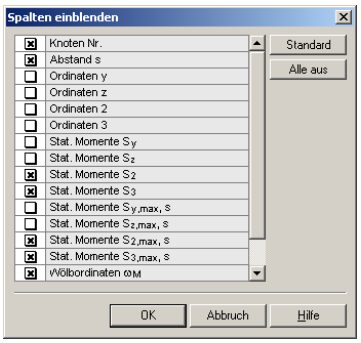


Bild 7.13

Dialog *Spalten einblenden* für die Tabelle 2.2 *Querschnittsverläufe*

Bei einem Querschnitt aus unterschiedlichen Materialien erscheint im Tabellenkopf die Bezeichnung **2.2 Ideelle Querschnittsverläufe (Referenzmaterial: ...)** mit der aus der Tabelle **1.2 Materialien** übernommenen Materialbezeichnung.

In der folgenden Übersicht wird die Ermittlung der Querschnittsverläufe zuerst für einen homogenen Querschnitt beschrieben.

Element Nr.

Die Querschnittsverläufe werden elementweise angezeigt.

Knoten Nr.

Hier werden die Anfangs- und Endknoten sowie die Elementmitten angeführt. An diesen drei Stellen werden die nachfolgend genannten Werte für jedes Element ausgewiesen.

Abstand s

Dieser Wert gibt den Abstand der betreffenden Elementstellen vom Elementanfang an.

Ordinaten y, Ordinaten z, Ordinaten u, Ordinaten v

Hier werden die auf den Schwerpunkt **S** bezogenen Ordinaten der betreffenden Elementstellen in Richtung der globalen Stabachsen **y** und **z** sowie der lokalen Hauptachsen **u** und **v** ausgegeben.

Stat. Momente S_y, Stat. Momente S_z, Stat. Momente S_u, Stat. Momente S_v

Hier werden die auf die globalen Stabachsen **y** und **z** sowie die lokalen Hauptachsen **u** und **v** bezogenen statischen Momente an den jeweiligen Stellen ausgegeben. Das statische Moment (das Flächenmoment 1. Grades) eines Flächenelementes **dA** ist definiert als das Produkt aus **dA** und dem Abstand dessen Schwerpunktes von einer in der Querschnittsebene liegenden Bezugsachse.

(2.87) $$S_y = \int_{A(s)} z \cdot dA$$

(2.88) $$S_z = \int_{A(s)} y \cdot dA$$

(2.89) $$S_u = \int_{A(s)} e_v \cdot dA$$

(2.90) $$S_v = \int_{A(s)} e_u \cdot dA$$

mit

z bzw. y Abstand des Flächenelementschwerpunkts von der Achse **y** bzw. **z**

e_v bzw. e_u Abstand des Flächenelementschwerpunkts von der Hauptachse **u** bzw. **v**

Die statischen Momente werden für die Ermittlung der Schubspannungen infolge der Querkräfte benötigt. Die Elementrichtung, also die Vorgabe von Anfangs- und Endknoten, wirkt sich auf das Vorzeichen der statischen Momente aus.

$S_{y,max}$, s, $S_{z,max}$, s, $S_{u,max}$, s, $S_{v,max}$, s

In jeder dieser Spalten können Sie elementweise das maximale statische Moment und darunter den Abstand dieses Maximums vom Anfangsknoten des Elementes ablesen.

Wölbordinaten ω_M bzw. ω_D

Die Hauptverwölbung ω_M um den Schubmittelpunkt **M** ist eine geometrische Größe, die zur Ermittlung der durch Wölbbehinderung verursachten Spannungen $\sigma_{x,M\omega}$ und τ_{Mxs} benötigt wird. Sie ist für dünnwandige offene Querschnitte aufgrund des Abstandes r_M, also des senkrechten Abstandes des Elements vom Schubmittelpunkt **M**, wie folgt definiert:

(2.91) $$\omega_M = \int_0^s r_M \cdot ds + C$$

Bei wölbfreien Querschnitten sind die Wölbordinaten gleich null. Bei einem Profil mit gebundener Drillachse werden hier die Wölbordinaten ω_D um den Drillpunkt **D** statt der Wölbordinaten ω_M um den Schubmittelpunkt **M** angezeigt.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Flächenmomente $S_{\omega,M}$ bzw. $S_{\omega,D}$

Das Flächenmoment 1. Grades mit ω (also die sogenannte Wölbfläche) wird aufgrund der Wölbordinate definiert. Das Flächenmoment $S_{\omega,M}$ bezieht sich auf den Schubmittelpunkt **M** und wird aus der Hauptverwölbung ω_M folgendermaßen ermittelt:

(2.92) $$S_{\omega,M} = \int_{A(s)} \omega_M \cdot dA$$

Bei wölbfreien Querschnitten sind die Wölbflächen gleich null. Bei einem Profil mit gebundener Drillachse werden hier die auf den Drillpunkt **D** bezogenen Flächenmomente $S_{\omega,D}$ statt der auf den Schubmittelpunkt **M** bezogenen Flächenmomente $S_{\omega,M}$ angezeigt.

Zellenflächen A_m

Diese Spalte erscheint bei geschlossenen Querschnitten. Die Zellenflächen werden elementweise ausgewiesen und aus der Dicke und Lage des jeweiligen Elements im Querschnitt ermittelt. Deren Vorzeichen hängt von der Elementrichtung ab. Bei Querschnitten mit nur einer Hohlzelle ist die Zellenfläche gleich der von den Profilmittellinien umschlossenen Fläche der Zelle. Alle Elemente der Zelle haben also bei einem einzelligen Hohlquerschnitt den gleich großen Wert der Zellenfläche.

Verbundquerschnitt

Falls ein Querschnitt aus unterschiedlichen Materialien besteht, sind die Flächenmomente 1. Grades von der Wahl des Referenzmaterials im Register **Einstellungen** des Dialogs **Basisangaben** abhängig. Die ideellen **statischen Momente** werden dann wie folgt berechnet:

(2.93) $$S_y = \frac{1}{E_{ref}} \cdot \int_{A(s)} z \cdot E \cdot dA$$

(2.94) $$S_z = \frac{1}{E_{ref}} \cdot \int_{A(s)} y \cdot E \cdot dA$$

(2.95) $$S_u = \frac{1}{E_{ref}} \cdot \int_{A(s)} e_v \cdot E \cdot dA$$

(2.96) $$S_v = \frac{1}{E_{ref}} \cdot \int_{A(s)} e_u \cdot E \cdot dA$$

mit

E_{ref} Elastizitätsmodul des Referenzmaterials

Die **Wölbordinaten** ω_M und ω_D hängen bei einem inhomogenen Profil nicht von der Wahl des Referenzmaterials ab und ermitteln sich wie oben genannt. Die **Zellenflächen** A_m eines geschlossenen Querschnitts mit unterschiedlichen Materialeigenschaften sind ebenfalls unabhängig vom Referenzmaterial.

Das Flächenmoment 1. Grades mit ω wird wie alle statischen Momente von der Wahl des Referenzmaterials beeinflusst. Das ideelle **Flächenmoment** $S_{\omega,M}$ errechnet sich deshalb folgendermaßen (und das ideelle **Flächenmoment** $S_{\omega,D}$ analog):

(2.97) $$S_{\omega,M} = \frac{1}{E_{ref}} \cdot \int_{A(s)} \omega_M \cdot E \cdot dA$$

7.2.3 Tabelle 3.1 *Normalspannungen*

(Register **Sigma-x**)

3.1 Normalspannungen

Element Nr.	Knoten Nr.	Abstand s [mm]	LF Nr.	Normalspannungen σ_x [N/mm²] $\sigma_{x,N}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	$\sigma_{x,M\omega}$	$\Sigma\sigma_x$	grenz σ_x	$\sigma_{x,M2}$	$\sigma_{x,M3}$	M2 [kNm]	M3 [kNm]
	Stelle x: 0.0 mm												
2	3	0.0	1	-3.2	-16.4	146.7	0.0	127.1	< 218.2	-17.1	147.5	4.05	26.09
		72.5	1	-3.2	106.5	-30.1	0.0	73.2	< 218.2	26.4	50.0	4.05	26.09
	4	145.0	1	-3.2	229.3	-206.9	0.0	19.2	< 218.2	70.0	-47.5	4.05	26.09
3	4	0.0	1	-3.2	217.5	-207.9	0.0	13.8	< 218.2	61.4	-44.4	4.05	26.09
		47.5	1	-3.2	24.6	-102.3	0.0	-80.9	< 218.2	14.9	-92.5	4.05	26.09
	5	95.0	1	-3.2	-168.3	3.4	0.0	-168.1	< 218.2	-37.7	-127.2	4.05	26.09
4	1	0.0	1	-3.2	-249.9	283.7	0.0	30.6	< 218.2	-81.6	115.4	4.05	26.09
		25.0	1	-3.2	-148.4	228.1	0.0	76.5	< 218.2	-53.9	133.7	4.05	26.09
	6	50.0	1	-3.2	-46.9	172.5	0.0	122.4	< 218.2	-26.3	151.9	4.05	26.09
5	6	0.0	1	-3.2	-46.9	172.5	0.0	122.4	< 218.2	-26.3	151.9	4.05	26.09
		25.0	1	-3.2	54.7	116.9	0.0	168.3	< 218.2	1.4	170.2	4.05	26.09
	2	50.0	1	-3.2	156.2	61.3	0.0	214.2	< 218.2	29.1	188.4	4.05	26.09
7	7	0.0	1	-3.2	-261.5	137.5	0.0	-138.2	< 218.2	-77.4	-57.6	4.05	26.09
		25.0	1	-3.2	-219.1	76.5	0.0	-156.8	< 218.2	-62.4	-91.2	4.05	26.09
	9	50.0	1	-3.2	-176.7	15.5	0.0	-175.4	< 218.2	-47.3	-124.9	4.05	26.09
8	9	0.0	1	-3.2	-176.7	15.5	0.0	-175.4	< 218.2	-47.3	-124.9	4.05	26.09
		25.0	1	-3.2	-134.4	-45.4	0.0	-194.0	< 218.2	-32.3	-158.5	4.05	26.09
	8	50.0	1	-3.2	-92.0	-106.4	0.0	-212.6	< 218.2	-17.3	-192.1	4.05	26.09
	Max/Min-Normalspannungen												
5	2	50.0	1	-3.2	156.2	61.3	0.0	214.2	< 218.2				
8	8	50.0	1	-3.2	-92.0	-106.4	0.0	-212.6	< 218.2				

Knoten | Materialien | Profile | Elemente | Punktelemente | (b/t)-Felder | Schnittgrößen | Q-Werte | Q-Verläufe | Sigma-x | Tau | Sigma-v | Plastizität | (b/t)-Nachweis

Stelle x, für die die Normalspannungen angezeigt werden.

Bild 7.14

Tabelle 3.1 *Normalspannungen*

Diese Ausgabetabelle listet die Normalspannungen σ_x nach den Stellen **x** geordnet auf.

Element Nr.

Die Normalspannungen im Querschnitt werden elementweise angezeigt.

Knoten Nr.

Hier werden die Anfangs- und Endknoten sowie die Elementmitten angeführt. An diesen drei Stellen aller Elemente weisen die Normalspannungen die nachfolgenden Werte auf.

Abstand s

Dieser Wert gibt den Abstand der betreffenden Stellen vom Elementanfang an.

LF Nr.

Hier wird die Nummer des jeweiligen Lastfalls angegeben.

Normalspannungen: $\sigma_{x,N}$, $\sigma_{x,Mu}$, $\sigma_{x,Mv}$, $\sigma_{x,M\omega}$, $\Sigma\sigma_x$, grenz σ_x, $\sigma_{x,My}$, $\sigma_{x,Mz}$

In der folgenden Übersicht wird die Berechnung der einzelnen Normalspannungen für einen homogenen Querschnitt beschrieben. Falls ein Profil aus unterschiedlichen Materialien besteht, werden die folgendermaßen ermittelten Normalspannungen im jeweiligen Element **i** zusätzlich durch das Verhältnis E_i / E_{ref} (also das Verhältnis aus den E-Moduln des Materials von Element **i** und des Referenzmaterials) multipliziert, damit die Normalspannungen im Element **i** aufgrund der ideellen Querschnittswerte vom eingegebenen Referenzmaterial unabhängig bleiben.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Die Normalspannungen infolge der einzelnen Schnittgrößen werden wie folgt berechnet:

(2.98) $$\sigma_{x,N} = \frac{N}{A}$$

mit

N Normalkraft

A Querschnittsfläche

(2.99) $$\sigma_{x,Mu} = \frac{M_u}{I_u} \cdot e_v$$

(2.100) $$\sigma_{x,Mv} = -\frac{M_v}{I_v} \cdot e_u$$

mit

M_u bzw. M_v Biegemoment um die Hauptachse **u** bzw. **v**

I_u bzw. $I_v$auf die Hauptachse **u** bzw. **v** bezogenes Flächenmoment 2. Grades

e_v bzw. e_u Abstand vom Schwerpunkt **S** in Richtung der Hauptachse **v** bzw. **u**

(2.101) $$\sigma_{x,M\omega} = -\frac{M_\omega}{I_{\omega,M}} \cdot \omega_M$$

bzw.

(2.102) $$\sigma_{x,M\omega} = -\frac{M_\omega}{I_{\omega,D}} \cdot \omega_D$$

mit

M_ω Wölbbimoment

$I_{\omega,M}$ (bzw. $I_{\omega,D}$) Wölbflächenmoment 2. Grades um **M** (bzw. **D**)

ω_M (bzw. ω_D) auf **M** (bzw. auf **D**) bezogene Wölbordinate

(2.103) $$\sum \sigma_x = \sigma_{x,N} + \sigma_{x,M2} + \sigma_{x,M3} + \sigma_{x,M\omega}$$

In der Spalte **grenz σ_x** werden die Summen der Normalspannungen mit den zulässigen Normalspannungen **grenz σ_x** aus der Tabelle **1.2 Materialien** verglichen.

M_y, M_z bzw. M_u, M_v

Falls Sie in der Tabelle **1.7 Schnittgrößen** Biegemomente M_u und M_v bzw. M_y und M_z eingegeben haben, können Sie in den letzten zwei Spalten auch die von DUENQ umgerechneten Biegemomente M_y und M_z bzw. M_u und M_v einblenden.

Am Ende der Liste für jede Stelle **x** können Sie die **Max/Min-Normalspannungen** ablesen.

7.2.4 Tabelle 3.2 *Schubspannungen*

(Register **Tau**)

3.2 Schubspannungen

Element Nr.	Knoten Nr.	Abstand s [mm]	LF Nr.	Schubspannungen τ [N/mm²] τVy	τVz	τMxp,St.Ven.	τMxp,Bredt	τMxs	Στ		grenz τ	τV2	τV3	V2 [kN]	V3 [kN]
	Stelle x: 0.0 mm														
2	3	0.0	1	42.0	9.0	0.0	0.0	0.0	51.0	<	126.0	17.3	33.7	48.470	88.885
		72.5	1	62.4	2.8	0.0	0.0	0.0	65.2	<	126.0	30.1	35.1	48.470	88.885
	4	145.0	1	31.4	-34.0	0.0	0.0	0.0	-2.7	<	126.0	30.0	-32.7	48.470	88.885
3	4	0.0	1	31.4	-34.0	0.0	0.0	0.0	-2.7	<	126.0	30.0	-32.7	48.470	88.885
		47.5	1	3.9	-52.4	0.0	0.0	0.0	-48.5	<	126.0	24.0	-72.5	48.470	88.885
	5	95.0	1	-3.5	-38.8	0.0	0.0	0.0	-42.3	<	126.0	14.6	-56.8	48.470	88.885
4	1	0.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<	126.0	0.0	0.0	48.470	88.885
		25.0	1	25.2	16.7	0.0	0.0	0.0	41.8	<	126.0	5.6	36.2	48.470	88.885
	6	50.0	1	46.4	25.2	0.0	0.0	0.0	71.6	<	126.0	12.7	58.9	48.470	88.885
5	6	0.0	1	-23.6	10.2	0.0	0.0	0.0	-13.3	<	126.0	-16.1	2.8	48.470	88.885
		25.0	1	-8.3	9.5	0.0	0.0	0.0	1.2	<	126.0	-8.1	9.4	48.470	88.885
	2	50.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<	126.0	0.0	0.0	48.470	88.885
7	7	0.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<	126.0	0.0	0.0	48.470	88.885
		25.0	1	11.5	21.7	0.0	0.0	0.0	33.2	<	126.0	-3.4	36.6	48.470	88.885
	9	50.0	1	17.2	41.3	0.0	0.0	0.0	58.5	<	126.0	-8.8	67.3	48.470	88.885
8	9	0.0	1	11.4	-23.3	0.0	0.0	0.0	-11.9	<	126.0	15.5	-27.5	48.470	88.885
		25.0	1	7.0	-10.8	0.0	0.0	0.0	-3.8	<	126.0	8.0	-11.8	48.470	88.885
	8	50.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<	126.0	0.0	0.0	48.470	88.885
	Max/Min-Schubspannungen														
4	6	50.0	1	46.4	25.2	0.0	0.0	0.0	71.6	<	126.0				
3		47.5	1	3.9	-52.4	0.0	0.0	0.0	-48.5	<	126.0				

Knoten | Materialien | Profile | Elemente | Punktelemente | (b/t)-Felder | Schnittgrößen | Q-Werte | Q-Verläufe | Sigma-x | Tau | Sigma-v | Plastizität | (b/t)-Nachweis

Stelle x, für die die Schubspannungen angezeigt werden.

Bild 7.15

Tabelle 3.2 *Schubspannungen*

Diese Ausgabetabelle listet die Schubspannungen **τ** nach Stellen **x** geordnet auf.

Element Nr.

Die Schubspannungen im Querschnitt werden elementweise angezeigt.

Knoten Nr.

Hier werden die Anfangs- und Endknoten sowie die Elementmitten angeführt. An diesen drei Stellen aller Elemente weisen die Schubspannungen die nachfolgenden Werte auf.

Abstand s

Dieser Wert gibt den Abstand der betreffenden Stellen vom Elementanfang an.

LF Nr.

Hier wird die Nummer des jeweiligen Lastfalls angegeben.

Schubspannungen: τ_{Vu}, τ_{Vv}, $\tau_{Mxp,St.Ven.}$, $\tau_{Mxp,Bredt}$, τ_{Mxs}, $\sum\tau$, grenz τ, τ_{Vy}, τ_{Vz}

Die Schubspannungen infolge der Querkräfte werden wie folgt berechnet:

(2.104) $$\tau_{Vu} = -\frac{V_u \cdot S_v}{I_v \cdot t^*}$$

(2.105) $$\tau_{Vv} = -\frac{V_v \cdot S_u}{I_u \cdot t^*}$$

mit

V_u bzw. V_v	Querkraft in Richtung der Hauptachse **u** bzw. **v**
S_v bzw. S_u	auf die Hauptachse **v** bzw. **u** bezogenes Flächenmoment 1. Grades
I_v bzw. I_u	auf die Hauptachse **v** bzw. **u** bezogenes Flächenmoment 2. Grades
t*	effektive Elementdicke für die Schubübertragung

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Für die Berechnung von Schubspannungen infolge des primären Torsionsmoments $\mathbf{M_{xp}}$ wird das primäre Torsionsmoment in den Saint Venantschen Anteil $\mathbf{M_{xp,St.Ven.}}$ und den Bredtschen Anteil $\mathbf{M_{xp,Bredt}}$ aufgeteilt:

(2.106) $$M_{xp,St.Ven.} = M_{xp} \cdot \frac{I_{t,St.Ven.}}{I_t}$$

(2.107) $$M_{xp,Bredt} = M_{xp} \cdot \frac{I_{t,Bredt}}{I_t}$$

mit

M_{xp} primäres Torsionsmoment

$I_{t,St.Ven.}$ Saint Venantsches Torsionsträgheitsmoment

$I_{t,Bredt}$ Bredtsches Torsionsträgheitsmoment

I_t Gesamttorsionsträgheitsmoment (Summe aus Saint Venantschem Torsionsträgheitsmoment $\mathbf{I_{t,St.Ven.}}$ und Bredtschem Torsionsträgheitsmoment $\mathbf{I_{t,Bredt}}$)

Die Schubspannung infolge Saint Venantscher Torsion ist bei dünnwandigen Querschnitten linear veränderlich über die Blechdicke (von Null in der Mittellinie bis zum Extremwert am Blechrand). In dieser Spalte wird nur der Extremwert der Schubspannung infolge Saint Venantscher Torsion am Rande jeden Elementes mit dem Vorzeichen des eingegebenen primären Torsionsmoments angezeigt. Dieser Extremwert ermittelt sich im Falle eines homogenen Querschnitts wie folgt:

(2.108) $$\tau_{Mxp,St.Ven.} = \frac{M_{xp,St.Ven.}}{I_{t,St.Ven.}} \cdot t^*$$

mit

$M_{xp,St.Ven.}$ Saint Venantscher Anteil von primärem Torsionsmoment

$I_{t,St.Ven.}$ Saint Venantsches Torsionsträgheitsmoment

t^* effektive Elementdicke für die Schubübertragung

Verbundquerschnitt

Falls ein Profil aus unterschiedlichen Materialien besteht, errechnet sich der Extremwert der Schubspannung infolge Saint Venantscher Torsion im jeweiligen Element **i** folgendermaßen:

(2.109) $$\tau_{Mxp,St.Ven.,i,E} = \frac{M_{xp,St.Ven.}}{I_{t,St.Ven.}} \cdot t^*_{i,E} \cdot \frac{G_{i,E}}{G_{ref}}$$

mit

$G_{i,E}$ Schubmodul des Materials von Element **i**

G_{ref} Schubmodul des Referenzmaterials

Bei einem Element, das zur Zelle eines einzelligen Querschnittes gehört, wird die Schubspannung infolge Bredtscher Torsion nach folgender Gleichung berechnet:

(2.110) $$\tau_{Mxp,Bredt} = \frac{M_{xp,Bredt}}{2 \cdot A_m \cdot t^*}$$

mit

$M_{xp,Bredt}$ Bredtscher Anteil von primärem Torsionsmoment

A_m von den Elementmittellinien umschlossene Fläche

t^* effektive Elementdicke für die Schubübertragung

Die Schubspannung infolge Wölbkrafttorsion wird folgendermaßen ermittelt:

(2.111) $$\tau_{Mxs} = -\frac{M_{xs} \cdot S_{\omega,M}}{I_{\omega,M} \cdot t^*}$$

bzw.

(2.112) $$\tau_{Mxs} = -\frac{M_{xs} \cdot S_{\omega,D}}{I_{\omega,D} \cdot t^*}$$

mit

M_{xs}	sekundäres Torsionsmoment
$S_{\omega,M}$ (bzw. $S_{\omega,D}$)	auf **M** (bzw. auf **D**) bezogenes Flächenmoment 1. Grades mit ω
$I_{\omega,M}$ (bzw. $I_{\omega,D}$)	Wölbflächenmoment 2. Grades um **M** (bzw. um **D**)
t*	effektive Elementdicke für die Schubübertragung

In der Summe aus den einzelnen Schubspannungen wird die Schubspannung infolge Saint Venantscher Torsion $\tau_{Mxp,St.Ven.}$ mit demjenigen Vorzeichen betrachtet, das zum größeren Absolutwert dieser Summe führt.

(2.113) $$\sum \tau = \tau_{Vu} + \tau_{Vv} \pm \tau_{Mxp,St.Ven.} + \tau_{Mxp,Bredt} + \tau_{Mxs}$$

In der Spalte **grenz τ** werden die Summen der Schubspannungen mit den zulässigen Schubspannungen **grenz τ** aus der Tabelle **1.2 Materialien** verglichen.

V_y, V_z bzw. V_u, V_v

Falls Sie in der Tabelle **1.7 Schnittgrößen** Querkräfte V_u und V_v bzw. V_y und V_z eingegeben haben, können Sie in diesen Spalten auch die von DUENQ umgerechneten Querkräfte V_y und V_z bzw. V_u und V_v einblenden.

Schubkraft V

Diese Spalte gibt die Integrale der Schubkräfte in allen Elementen aus, die aus den Schubspannungen wie folgt ermittelt werden.

(2.114) $$V = \left| \tau \cdot t^* \cdot L \right|$$

mit

τ	Schubspannung im Element
t*	effektive Elementdicke für die Schubübertragung
L	Elementlänge

Bei dieser Integration werden die Schubspannungen aus dem primären Torsionsmoment $M_{xp,St.Ven.}$ nicht berücksichtigt, da diese zu Null-Werten führen würden.

Am Ende der Liste für jede Stelle **x** können Sie die **Max/Min-Schubspannungen** ablesen.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

7.2.5 Tabelle 3.3 *Vergleichsspannungen*

(Register **Sigma-v**)

3.3 Vergleichsspannungen

Element Nr.	Knoten Nr.	Abstand s [mm]	LF Nr.	Spannungen [N/mm²] Σ σx	Σ τ	σv		grenz σv	Aus-nutzung	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
	Stelle x: 0.0 mm												
2	3	0.0	1	127.1	51.0	154.8	<	218.2	0.7	48.470	88.885	4.05	26.09
		72.5	1	73.2	65.2	134.5	<	218.2	0.6	48.470	88.885	4.05	26.09
	4	145.0	1	19.2	-2.7	19.8	<	218.2	0.1	48.470	88.885	4.05	26.09
3	4	0.0	1	13.8	-2.7	14.5	<	218.2	0.1	48.470	88.885	4.05	26.09
		47.5	1	-80.9	-48.5	116.7	<	218.2	0.5	48.470	88.885	4.05	26.09
	5	95.0	1	-168.1	-42.3	183.4	<	218.2	0.8	48.470	88.885	4.05	26.09
4	1	0.0	1	30.6	0.0	30.6	<	218.2	0.1	48.470	88.885	4.05	26.09
		25.0	1	76.5	41.8	105.4	<	218.2	0.5	48.470	88.885	4.05	26.09
	6	50.0	1	122.4	71.6	174.3	<	218.2	0.8	48.470	88.885	4.05	26.09
5	6	0.0	1	122.4	-13.3	124.6	<	218.2	0.6	48.470	88.885	4.05	26.09
		25.0	1	168.3	1.2	168.3	<	218.2	0.8	48.470	88.885	4.05	26.09
	2	50.0	1	214.2	0.0	214.2	<	218.2	1.0	48.470	88.885	4.05	26.09
7	7	0.0	1	-138.2	0.0	138.2	<	218.2	0.6	48.470	88.885	4.05	26.09
		25.0	1	-156.8	33.2	167.0	<	218.2	0.8	48.470	88.885	4.05	26.09
	9	50.0	1	-175.4	58.5	202.6	<	218.2	0.9	48.470	88.885	4.05	26.09
8	9	0.0	1	-175.4	-11.9	176.6	<	218.2	0.8	48.470	88.885	4.05	26.09
		25.0	1	-194.0	-3.8	194.1	<	218.2	0.9	48.470	88.885	4.05	26.09
	8	50.0	1	-212.6	0.0	212.6	<	218.2	1.0	48.470	88.885	4.05	26.09
	Max/Min-Vergleichsspannungen												
5	2	50.0	1	214.2	0.0	214.2	<	218.2	1.0				
3	4	0.0	1	13.8	-2.7	14.5	<	218.2	0.1				

Knoten | Materialien | Profile | Elemente | Punktelemente | (b/t)-Felder | Schnittgrößen | Q-Werte | Q-Verläufe | Sigma-x | Tau | Sigma-v | Plastizität | (b/t)-Nachweis

Stelle x, für die die Vergleichsspannungen angezeigt werden.

Bild 7.16

Tabelle 3.3 *Vergleichsspannungen*

Diese Ausgabetabelle listet die Vergleichsspannungen σ_v nach Stellen **x** geordnet auf.

Element Nr.

Die Vergleichsspannungen im Querschnitt werden elementweise angezeigt.

Knoten Nr.

Hier werden die Anfangs- und Endknoten sowie die Elementmitten angeführt. An diesen drei Stellen aller Elemente weisen die Vergleichsspannungen die nachfolgenden Werte auf.

Abstand s

Dieser Wert gibt den Abstand der betreffenden Stellen vom Elementanfang an.

LF Nr.

Hier wird die Nummer des jeweiligen Lastfalls angegeben.

Spannungen: $\sum\sigma_x$, $\sum\tau$, σ_v, grenz σ_v

Die Summe der Normalspannungen $\sum\sigma_x$ bzw. Schubspannungen $\sum\tau$ wird aus der Tabelle **2.1 Normalspannungen** bzw. Tabelle **2.2 Schubspannungen** übernommen. Die Vergleichsspannung σ_v ermittelt sich in Abhängigkeit von der Wahl der Fließbedingung, die über das Register **Einstellungen** im Dialog **Basisangaben** gesteuert wird (siehe Kapitel 6.2).

Nach der Fließhypothese gemäß VON MISES errechnet sich die Vergleichsspannung wie folgt:

(2.115) $$\sigma_v = \sqrt{\left(\sum\sigma_x\right)^2 + 3\cdot\left(\sum\tau\right)^2}$$

Die aus der Fließhypothese von TRESCA resultierende Vergleichsspannung ermittelt sich folgendermaßen:

(2.116) $$\sigma_v = \sqrt{\left(\sum\sigma_x\right)^2 + 4\cdot\left(\sum\tau\right)^2}$$

Ausnutzung

Hier wird der Ausnutzungsquotient (das Verhältnis aus der vorhandenen Vergleichsspannung zur Grenzspannung) angezeigt. So können Sie sich schnell einen Überblick über die Spannungsausnutzung an den einzelnen Querschnittsstellen verschaffen.

V_y, V_z, M_y, M_z bzw. V_u, V_v, M_u, M_v

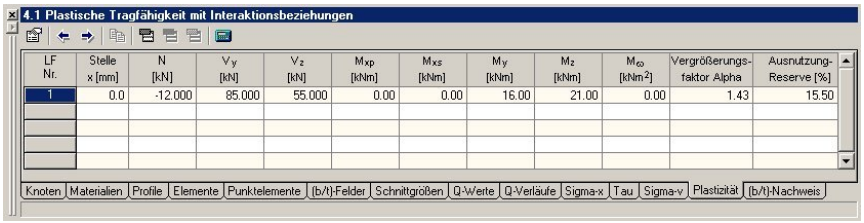
Falls Sie in der Tabelle **1.7 Schnittgrößen** Biegemomente und Querkräfte M_u, M_v, V_u und V_v bzw. M_y, M_z, V_y und V_z eingegeben haben, können Sie in den letzten vier Spalten auch die von DUENQ umgerechneten Biegemomente und Querkräfte M_y, M_z, V_y und V_z bzw. M_u, M_v, V_u und V_v einblenden.

Am Listenende für jede Stelle **x** können Sie die **Max/Min-Vergleichsspannungen** ablesen.

7.2.6 Tabelle 4.1 *Plastische Tragfähigkeit*

(Register **Plastizität**)

Bild 7.17



4.1 Plastische Tragfähigkeit mit Interaktionsbeziehungen

LF Nr.	Stelle x [mm]	N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_{xp} [kNm]	M_{xs} [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	M_ω [kNm²]	Vergrößerungs-faktor Alpha	Ausnutzung-Reserve [%]
1	0.0	-12.000	85.000	55.000	0.00	0.00	16.00	21.00	0.00	1.43	15.50

Knoten | Materialien | Profile | Elemente | Punktelemente | (b/t)-Felder | Schnittgrößen | Q-Werte | Q-Verläufe | Sigma-x | Tau | Sigma-v | Plastizität | (b/t)-Nachweis

Tabelle 4.1 *Plastische Tragfähigkeit mit Interaktionsbeziehungen*

In dieser Tabelle wird die plastische Querschnittstragfähigkeit unter Berücksichtigung der Interaktionsbeziehungen für alle eingegebenen Schnittgrößenkombinationen beurteilt, wenn im Dialog **Basisangaben** die Option **Nachweis der plastischen Tragfähigkeit** angehakt wurde (siehe Kapitel 6.2).

LF Nr.

Hier wird die Nummer des jeweiligen Lastfalls angegeben.

Stelle x

Die nachfolgenden Schnittgrößenkombinationen werden nach Stellen **x** geordnet.

N, V_u, V_v, M_{xp}, M_{xs}, M_u, M_v, M_ω bzw. N, V_y, V_z, M_{xp}, M_{xs}, M_y, M_z, M_ω

Die einzelnen Schnittgrößen werden aus der Tabelle **1.7 Schnittgrößen** übernommen.

Vergrößerungsfaktor α

Werden alle Schnittgrößen der betreffenden Stelle **x** einheitlich mit diesem Faktor multipliziert, stellt sich nach dem Verfahren Elastisch-Plastisch die plastische Tragfähigkeit ein. Eine beliebige Schnittkraftkombination als Ergebnis einer elastischen Berechnung kann durch den folgenden Vektor beschrieben werden:

$$F = \{N, M_u, M_v, M_\omega, V_u, V_v, M_{xp}, M_{xs}\} \qquad (2.117)$$

Da bei der Berechnung der plastischen Tragfähigkeit in diesem Vektor ein konstantes Verhältnis der Komponenten angenommen wird, verlängert der zu bestimmende Vergrößerungsfaktor **α** den Schnittkraftvektor **F** bis zur Fließfläche. Dieser Faktor ermittelt sich als Maximum einer linearen Optimierungsaufgabe unter Verwendung eines Revised-Simplex-algorithmus. In Abhängigkeit von gewählten Fließbedingung (siehe Kapitel 6.2 und 7.2.5) ergibt sich aus der Gleichung für die Vergleichsspannung (2.113) bzw. (2.114) in der Koordinatenebene von Normal- und Schubspannungen eine Ellipse, die im Rahmen der linearen Optimierungsprozedur durch ein eingeschriebenes Achteck angenähert wird (siehe folgendes Bild).

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

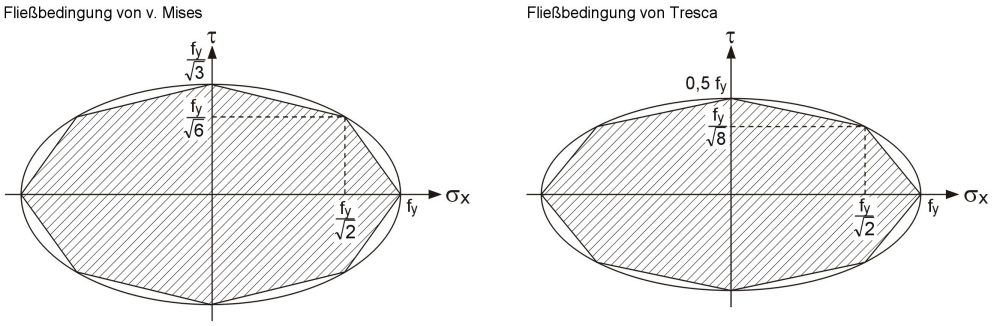


Bild 7.18

Lineare Annäherung der Fließbedingungen

Ein beliebiger Querschnitt wird im Rahmen der linearen Optimierungsaufgabe in eine endliche Anzahl möglichst kleiner Flächenteilchen diskretisiert. Die Integration über den Querschnitt zur Ermittlung der Schnittgrößen wird durch die Summation über diskrete Größen ersetzt. Dann lassen sich die Gleichgewichtsbedingungen für die Normalspannungs-Schnittgrößen wie folgt schreiben:

(2.118) $$\sum\left(\sigma_{x,r} \cdot A_r\right) - \alpha \cdot N = 0$$

(2.119) $$\sum\left(\sigma_{x,r} \cdot A_r \cdot e_{v,r}\right) - \alpha \cdot M_u = 0$$

(2.120) $$\sum\left(\sigma_{x,r} \cdot A_r \cdot e_{u,r}\right) + \alpha \cdot M_v = 0$$

(2.121) $$\sum\left(\sigma_{x,r} \cdot A_r \cdot \omega_r\right) + \alpha \cdot M_\omega = 0$$

mit

$\sigma_{x,r}$	Normalspannung im Flächenteilchen **r** (explizite Optimierungsvariable)
A_r	Fläche des Flächenteilchens **r**
$e_{v,r}$ bzw. $e_{u,r}$	Koordinate des Schwerpunktes des Flächenteilchens **r** im Hauptachsensystem
ω_r	auf **M** (bzw. **D**) bezogene Wölbordinate des Flächenteilchens **r**
α	Vergrößerungsfaktor (explizite Optimierungsvariable)
N	in Tabelle 1.7 eingegebene Normalkraft
M_u bzw. M_v	in Tabelle 1.7 eingegebenes Biegemoment um Hauptachse **u** bzw. **v**
M_ω	in Tabelle 1.7 eingegebenes Wölbbimoment

Für die Schubspannungs-Schnittgrößen wird vereinfacht angenommen, dass diese aus den in Tabelle 1.7 eingegebenen Schnittgrößen $\mathbf{V_u}$, $\mathbf{V_v}$, $\mathbf{M_{xp}}$, $\mathbf{M_{xs}}$ nach elastischer Berechnung ermittelt werden (siehe Kapitel 7.2.4), ehe die plastische Berechnung mit dem Revised-Simplexalgorithmus eingeleitet wird. Die Schubspannungen $\boldsymbol{\tau_r}$ in den Schwerpunkten der Flächenteilchen treten also als Eingangsgrößen der linearen Optimierungsprozedur auf, während der Vergrößerungsfaktor $\boldsymbol{\alpha}$ sowie die Normalspannungen $\boldsymbol{\sigma_{x,r}}$ in den Schwerpunkten der Flächenteilchen explizite Optimierungsvariablen sind.

Die weiteren Bedingungen der Optimierungsaufgabe lassen sich für jedes Flächenteilchen gesondert schreiben. Sie hängen von der Wahl der Fließhypothese ab und berücksichtigen die angenommene Linearisierung der Fließbedingungen (siehe Bild 7.18). Da hier die Schubspannungen in den Absolutwerten vorkommen, ergeben sich folgende Bedingungen für die Wahl der Fließhypothese nach VON MISES:

(2.122) $$\sigma_{x,r} + \alpha \cdot |\tau_r| \cdot \left(\sqrt{2} - 1\right) \cdot \sqrt{3} \le f_{y,d}$$

(2.123) $$-\sigma_{x,r} + \alpha \cdot |\tau_r| \cdot \left(\sqrt{2} - 1\right) \cdot \sqrt{3} \le f_{y,d}$$

(2.124) $$\sigma_{x,r} \cdot \left(\sqrt{2} - 1\right) + \alpha \cdot |\tau_r| \cdot \sqrt{3} \le f_{y,d}$$

(2.125) $$-\sigma_{x,r} \cdot \left(\sqrt{2} - 1\right) + \alpha \cdot |\tau_r| \cdot \sqrt{3} \le f_{y,d}$$

bzw. folgende Bedingungen für die Wahl der Fließhypothese von TRESCA:

(2.126) $$\sigma_{x,r} + \alpha \cdot |\tau_r| \cdot \left(\sqrt{2} - 1\right) \cdot 2 \le f_{y,d}$$

(2.127) $$-\sigma_{x,r} + \alpha \cdot |\tau_r| \cdot \left(\sqrt{2} - 1\right) \cdot 2 \le f_{y,d}$$

(2.128) $$\sigma_{x,r} \cdot \left(\sqrt{2} - 1\right) + \alpha \cdot |\tau_r| \cdot 2 \le f_{y,d}$$

(2.129) $$-\sigma_{x,r} \cdot \left(\sqrt{2} - 1\right) + \alpha \cdot |\tau_r| \cdot 2 \le f_{y,d}$$

mit

$\sigma_{x,r}$	Normalspannung im Flächenteilchen **r** (explizite Optimierungsvariable)
τ_r	Schubspannung im Flächenteilchen **r** (Eingangsgröße für die Optimierung)
α	Vergrößerungsfaktor (hier eine explizite Optimierungsvariable)
$f_{y,d}$	Bemessungswert der Streckgrenze (siehe Kapitel 7.2.1)

Damit stellen die Gleichungen (2.116) bis (2.120) und die Bedingungen (2.120) bis (2.123) bzw. (2.124) bis (2.127) lineare Nebenbedingungen für eine lineare Optimierungsaufgabe mit der folgenden linearen Zielfunktion dar:

(2.130) $$Z(\alpha) = \alpha = \text{Maximum}$$

Als Ergebnis der linearen Optimierungsaufgabe werden neben dem Vergrößerungsfaktor $\boldsymbol{\alpha}$ (aus dem sich die plastische Tragfähigkeit des Gesamtquerschnittes als Produkt $\boldsymbol{\alpha} \cdot \mathbf{F}$ ergibt) die plastischen Spannungen in jedem Flächenteilchen **r** wie folgt ermittelt:

Die plastische Normalspannung $\boldsymbol{\sigma}_{x,pl,r}$ ist genau die Normalspannung $\boldsymbol{\sigma}_{x,r}$, die sich als explizite Optimierungsvariable für das Flächenteilchen **r** ergibt:

(2.131) $$\sigma_{x,pl,r} = \sigma_{x,r}$$

Die plastische Schubspannung $\boldsymbol{\tau}_{pl,r}$ ist das Produkt aus dem Vergrößerungsfaktor $\boldsymbol{\alpha}$ und der elastischen Schubspannung $\boldsymbol{\tau}_r$ (also dem Ergebnis aus der vorhergehenden elastischen Berechnung) im Schwerpunkt des Flächenteilchens **r**:

(2.132) $$\tau_{pl,r} = \alpha \cdot \tau_r$$

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Die plastische Vergleichsspannung $\sigma_{v,pl,r}$ ist abhängig von der Wahl der Fließhypothese und errechnet sich für das Flächenteilchen **r** im Hinblick auf die Linearisierung der Fließbedingung im Falle der Fließhypothese nach VON MISES wie folgt:

(2.133) $$\sigma_{v,pl,r} = \max\begin{pmatrix} \left|\sigma_{x,r} + \alpha \cdot |\tau_r| \cdot \left(\sqrt{2}-1\right) \cdot \sqrt{3}\right|, \\ \left|-\sigma_{x,r} + \alpha \cdot |\tau_r| \cdot \left(\sqrt{2}-1\right) \cdot \sqrt{3}\right|, \\ \left|\sigma_{x,r} \cdot \left(\sqrt{2}-1\right) + \alpha \cdot |\tau_r| \cdot \sqrt{3}\right|, \\ \left|-\sigma_{x,r} \cdot \left(\sqrt{2}-1\right) + \alpha \cdot |\tau_r| \cdot \sqrt{3}\right| \end{pmatrix}$$

bzw. im Falle der Fließhypothese von TRESCA wie folgt:

(2.134) $$\sigma_{v,pl,r} = \max\begin{pmatrix} \left|\sigma_{x,r} + \alpha \cdot |\tau_r| \cdot \left(\sqrt{2}-1\right) \cdot 2\right|, \\ \left|-\sigma_{x,r} + \alpha \cdot |\tau_r| \cdot \left(\sqrt{2}-1\right) \cdot 2\right|, \\ \left|\sigma_{x,r} \cdot \left(\sqrt{2}-1\right) + \alpha \cdot |\tau_r| \cdot 2\right|, \\ \left|-\sigma_{x,r} \cdot \left(\sqrt{2}-1\right) + \alpha \cdot |\tau_r| \cdot 2\right| \end{pmatrix}$$

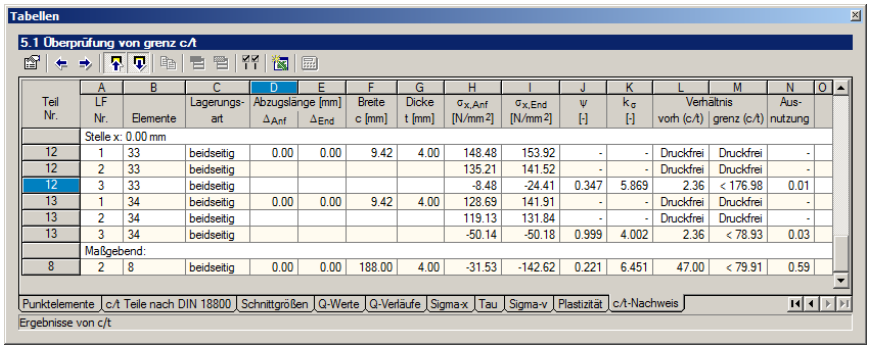
Ausnutzung-Reserve [%]

In der letzten Spalte wird der Anteil der plastisch nicht ausgenutzten Querschnittsteile prozentuell angezeigt. Das bedeutet, dass in diesen Querschnittsteilen für die gegebene Schnittgrößenkonstellation die Streckgrenze im plastischen Zustand nicht erreicht ist.

7.2.7 Tabelle 5.1 *Überprüfung von grenz c/t*

(Register **c/t-Nachweis**)

Bild 7.19



Tabellen

5.1 Überprüfung von grenz c/t

Teil Nr.	LF Nr.	Elemente	Lagerungs-art	Abzugslänge [mm] Δ_{Anf}	Abzugslänge [mm] Δ_{End}	Breite c [mm]	Dicke t [mm]	$\sigma_{x,Anf}$ [N/mm²]	$\sigma_{x,End}$ [N/mm²]	ψ [-]	k_σ [-]	Verhältnis vorh (c/t)	Verhältnis grenz (c/t)	Aus-nutzung
	Stelle x: 0.00 mm													
12	1	33	beidseitig	0.00	0.00	9.42	4.00	148.48	153.92	-	-	Druckfrei	Druckfrei	-
12	2	33	beidseitig					135.21	141.52	-	-	Druckfrei	Druckfrei	-
12	3	33	beidseitig					-8.48	-24.41	0.347	5.869	2.36	< 176.98	0.01
13	1	34	beidseitig	0.00	0.00	9.42	4.00	128.69	141.91	-	-	Druckfrei	Druckfrei	-
13	2	34	beidseitig					119.13	131.84	-	-	Druckfrei	Druckfrei	-
13	3	34	beidseitig					-50.14	-50.18	0.999	4.002	2.36	< 78.93	0.03
	Maßgebend:													
8	2	8	beidseitig	0.00	0.00	188.00	4.00	-31.53	-142.62	0.221	6.451	47.00	< 79.91	0.59

Punktelemente | c/t Teile nach DIN 18800 | Schnittgrößen | Q-Werte | Q-Verläufe | Sigma-x | Tau | Sigma-v | Plastizität | c/t-Nachweis

Ergebnisse von c/t

Tabelle 5.1 *Überprüfung von grenz c/t*

Diese Ausgabetabelle listet die Ergebnisse für den c/t-Nachweis nach DIN 18800 nach Stellen **x** geordnet auf, wenn die Option **Nachweis von grenz c/t** im Dialog **Basisangaben** angehakt wurde (siehe Kapitel 6.2).

Teil Nr.

Mit dem Anhaken der Option **Nachweis von grenz c/t** bildet DUENQ im ganzen Querschnitt vor der Berechnung einzelne c/t-Teile.

LF Nr.

Hier wird die Nummer des jeweiligen Lastfalls angegeben.

Elemente

Hier werden die zum jeweiligen c/t-Teil gehörigen Elemente angezeigt.

Lagerungsart

Ein c/t-Teil kann einseitig (mit Lagerung an einem Ende und freiem Rand am anderen Ende) oder beidseitig (mit Lagerungen an den beiden Enden) gelagert sein.

Abzugslänge: Δ_{Anf}, Δ_{End}

Am Anfangs- oder Endpunkt eines c/t-Teils befindet sich eine Lagerung oder ein freier Rand. In der Spalte Abzugslänge Δ_{Anf} bzw. Δ_{End} wird der Abstand des Anfangs- bzw. Endpunkts des c/t-Teils vom Anfangs- bzw. Endknoten des zugehörigen Elements angezeigt, an dem die Lagerung oder der freie Rand des c/t-Teils liegt.

Breite c

Die Gesamtbreite eines c/t-Teils ist die Summe der Längen aller zugehörigen Elemente oder Elementteile zwischen dem Anfangs- und Endpunkt des c/t-Teils.

Dicke t

Die Dicke des jeweiligen c/t-Teils wird als die kleinste Dicke aller zugehörigen Elemente bestimmt.

Verhältnis: vorh (c/t)

In dieser Spalte wird das Verhältnis von Gesamtbreite zu Dicke desjenigen c/t-Teils angegeben, in dem negative Normalspannungen (also Druckspannungen) infolge der betrachteten Schnittgrößenkombination vorliegen. Bei positiven Normalspannungen (Zugspannungen) im c/t-Teil erscheint hier der Hinweis **Druckfrei**.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Verhältnis: grenz (c/t)

Hier wird der Grenzwert (c/t) in Abhängigkeit vom gewählten Nachweisverfahren für das jeweilige c/t-Teil mit Druckspannungen ermittelt. Liegen im c/t-Teil positive Normalspannungen vor, erscheint hier der Hinweis **Druckfrei**.

Ausnutzung

Hier wird das Verhältnis **vorh (c/t)** durch das Verhältnis **grenz (c/t)** dividiert, sofern Druckspannungen im jeweiligen c/t-Teil vorliegen.

Folgende Spalten $\sigma_{x,Anf}$, $\sigma_{x,End}$, ψ, k_σ stehen nur beim Nachweisverfahren Elastisch-Elastisch zur Verfügung. Die Spalten τ, $S_{u,m}$, $S_{v,m}$ gibt es nur beim Nachweisverfahren Elastisch-Elastisch und mit gleichzeitiger Berücksichtigung von Schubspannungen gemäß BEUTH-Kommentar zu El. (745), siehe Kapitel 6.2.

$\sigma_{x,Anf}$, $\sigma_{x,End}$

In der Spalte $\sigma_{x,Anf}$ bzw. $\sigma_{x,End}$ wird die elastische Normalspannung infolge der betrachteten Schnittgrößenkombination am Anfang bzw. am Ende des c/t-Teils angezeigt.

ψ

Gibt es im jeweiligen c/t-Teil Druckspannungen infolge der betrachteten Schnittgrößenkombination, errechnet sich hier das Randspannungsverhältnis wie folgt (in diesem Verhältnis ist eine Druckspannung positiv, eine Zugspannung negativ einzugeben):

$$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \qquad (2.135)$$

mit

σ_1 größte Druckspannung im c/t-Teil, also der größere der Werte $\{-\sigma_{x,Anf}, -\sigma_{x,End}\}$

σ_2 Spannung am anderen Ende des c/t-Teils als σ_1, also der kleinere der Werte $\{-\sigma_{x,Anf}, -\sigma_{x,End}\}$

k_σ

Dieser Hilfswert für weitere Berechnungen wird aufgrund des Randspannungsverhältnisses ψ im jeweiligen c/t-Teil mit Druckspannungen ermittelt.

τ

Hier wird die maximale Schubspannung infolge der betrachteten Schnittgrößenkombination im jeweiligen c/t-Teil angegeben.

$S_{u,m}$, $S_{v,m}$

Hier werden die mittleren statischen Momente als die mittleren Absolutwerte der auf die lokalen Hauptachsen **u** und **v** bezogenen statischen Momente des jeweiligen c/t-Teils angegeben.

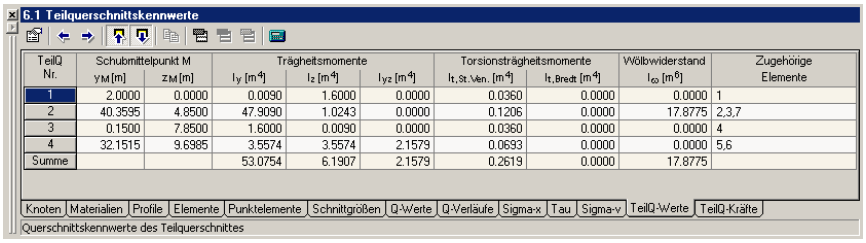
α

Diese Spalte steht nur bei den Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch und Plastisch-Plastisch zur Verfügung. Hier wird der Druckzonenfaktor (also das Verhältnis aus der Druckbreite zur Gesamtbreite) des jeweiligen c/t-Teil angezeigt.

7.2.8 Tabelle 6.1 *Teilquerschnittskennwerte*

(Register **TeilQ-Werte**)

Bild 7.20



6.1 Teilquerschnittskennwerte

TeilQ Nr.	Schubmittelpunkt M		Trägheitsmomente			Torsionsträgheitsmomente		Wölbwiderstand	Zugehörige Elemente
	y_M [m]	z_M [m]	I_y [m⁴]	I_z [m⁴]	I_{yz} [m⁴]	$I_{t,St.Ven.}$ [m⁴]	$I_{t,Bredt}$ [m⁴]	I_ω [m⁶]	
1	2.0000	0.0000	0.0090	1.6000	0.0000	0.0360	0.0000	0.0000	1
2	40.3595	4.8500	47.9090	1.0243	0.0000	0.1206	0.0000	17.8775	2,3,7
3	0.1500	7.8500	1.6000	0.0090	0.0000	0.0360	0.0000	0.0000	4
4	32.1515	9.6985	3.5574	3.5574	2.1579	0.0693	0.0000	0.0000	5,6
Summe			53.0754	6.1907	2.1579	0.2619	0.0000	17.8775	

Knoten | Materialien | Profile | Elemente | Punktelemente | Schnittgrößen | Q-Werte | Q-Verläufe | Sigma-x | Tau | Sigma-v | TeilQ-Werte | TeilQ-Kräfte

Querschnittskennwerte des Teilquerschnittes

Tabelle 6.1 *Teilquerschnittskennwerte*

Diese Ausgabetabelle listet die Kennwerte der einzelnen Teilquerschnitte auf, falls der Querschnitt als Aussteifungssystem behandelt wird: DUENQ untersucht vor der Berechnung, ob alle Elemente schubsteif miteinander verbunden sind und somit ein zusammenhängender Querschnitt vorliegt. Ist dies nicht der Fall, so erscheint die Abfrage, ob die Berechnung nach der Theorie aussteifender Systeme vorgenommen werden soll.

Bei einem Aussteifungssystem wird davon ausgegangen, dass der gesamte Querschnitt aus einzelnen aussteifenden Scheiben besteht, die über Decken oder Riegel untereinander gekoppelt sind. Die Berechnung der Querschnittswerte und Spannungen erfolgt hier nach anderen Formeln wie bei einem schubsteifen Profil.

Liegen unterschiedliche Materialien in einem nicht zusammenhängenden Querschnitt vor, so erscheint im Tabellenkopf die Bezeichnung **6.1 Ideelle Teilquerschnittskennwerte (Referenzmaterial: ...)** mit dem aus der Tabelle **1.2 Materialien** übernommenen Materialnamen in den Klammern.

TeilQ Nr.

Ein Teilquerschnitt kann aus einem einzelnen Element oder auch aus mehreren untereinander schubsteif verbundenen Elementen bestehen. Jedem Teilquerschnitt wird eine Nummer zugewiesen.

Schubmittelpunkt M: y_M, z_M

Hier werden die globalen Schubmittelpunktkoordinaten eines jeden Teilquerschnitts angezeigt. In der Grafik sind diese Teilquerschnitts-Schubmittelpunkte als $\mathbf{M_1}$, $\mathbf{M_2}$ etc. gekennzeichnet.

Trägheitsmomente: I_y, I_z, I_{yz}

Hier werden die Flächenmomente 2. Grades $\mathbf{I_{y,k}}$ und $\mathbf{I_{z,k}}$ sowie das Flächenzentrifugalmoment $\mathbf{I_{yz,k}}$ für jeden Teilquerschnitt **k** aufgelistet. Diese Trägheitsmomente beziehen sich auf die zu den globalen Achsen **y** und **z** parallelen Achsen durch den Teilquerschnitts-Schwerpunkt $\mathbf{S_k}$. In der letzten Zeile werden die Querschnittswerte des Gesamtquerschnitts $\mathbf{I_y}$, $\mathbf{I_z}$ und $\mathbf{I_{yz}}$ angegeben. Sie entsprechen denen der Tabelle **2.1 Querschnittskennwerte**. Die Trägheitsmomente des Gesamtquerschnitts $\mathbf{I_y}$, $\mathbf{I_z}$ bzw. $\mathbf{I_{yz}}$ sind hier als die Summen von $\mathbf{I_{y,k}}$, $\mathbf{I_{z,k}}$ bzw. $\mathbf{I_{yz,k}}$ ohne Steinersche Anteile gebildet.

Torsionsträgheitsmomente: $I_{t,St.Ven.}$, $I_{t,Bredt}$

Für jeden Teilquerschnitt **k** werden die beiden Komponenten des Torsionsträgheitsmoments $\mathbf{I_{t,St.Ven.,k}}$ und $\mathbf{I_{t,Bredt,k}}$ gesondert ausgewiesen. In der letzten Zeile ermittelt sich das Saint Venantsche Torsionsträgheitsmoment bzw. das Bredtsche Torsionsträgheitsmoment des Gesamtquerschnitts $\mathbf{I_{t,St.Ven.}}$ bzw. $\mathbf{I_{t,Bredt}}$ als die Summe von $\mathbf{I_{t,St.Ven.,k}}$ bzw. $\mathbf{I_{t,Bredt,k}}$. Die beiden Werte in der letzten Zeile entsprechen denen der Tabelle **2.1 Querschnittskennwerte**.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Wölbwiderstand I_ω

Hier wird für jeden Teilquerschnitt **k** das auf dessen Schubmittelpunkt $\mathbf{M_k}$ bezogene Wölbflächenmoment 2. Grades $\mathbf{I_{\omega,M,k}}$ angegeben. In der letzten Zeile wird die Summe von $\mathbf{I_{\omega,M,k}}$ angezeigt.

Zugehörige Elemente

Hier werden die Elemente aufgelistet, die den jeweiligen Teilquerschnitt bilden.

7.2.9 Tabelle 6.2 *Teilquerschnittsquerkräfte*

(Register **TeilQ-Kräfte**)

Bild 7.21

6.2 Teilquerschnittsquerkräfte

TeilQ Nr.	LF Nr.	Kräfte aus Biegung V_y [kN]	Kräfte aus Biegung V_z [kN]	Kräfte aus Torsion V_y [kN]	Kräfte aus Torsion V_z [kN]	Kräfte aus Biegung und Torsion V_y [kN]	Kräfte aus Biegung und Torsion V_z [kN]	Zugehörige Elemente
	Stelle x: 0.0000 m							
1	1	26.22	-0.01	1.74	-0.04	27.96	-0.05	1
2	1	16.78	-31.92	0.49	10.99	17.27	-20.93	2,3,7
3	1	0.15	-1.07	0.00	-7.77	0.15	-8.84	4
4	1	56.85	32.99	-2.23	-3.17	54.62	29.81	5,6
Summe	1	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	

Knoten | Materialien | Profile | Elemente | Punktelemente | Schnittgrößen | Q-Werte | Q-Verläufe | Sigma-x | Tau | Sigma-v | TeilQ-Werte | TeilQ-Kräfte

Kräfte in Teilquerschnitten

Tabelle 6.2 *Teilquerschnittsquerkräfte*

In dieser nach Stellen **x** geordneten Ausgabetabelle können Sie bei der Berechnung nach der Theorie aussteifender Systeme für jeden Teilquerschnitt die Querkräfte ablesen, die zur Ermittlung der Schubspannungen angesetzt werden.

TeilQ Nr.

Hier wird die Nummer des Teilquerschnitts aus der Tabelle **6.1 Teilquerschnittskennwerte** angegeben.

LF Nr.

Hier wird die Nummer des jeweiligen Lastfalls angegeben.

Kräfte aus Biegung: V_y, V_z

Der Teilquerschnitt ist durch die Querkraft in Richtung der Achse **y** bzw. **z** wie folgt belastet:

(2.136) $$V_{y,k} = \frac{V_y \cdot \left(I_{z,k} \cdot I_y - I_{yz,k} \cdot I_{yz}\right) - V_z \cdot \left(I_{z,k} \cdot I_{yz} - I_{yz,k} \cdot I_z\right)}{I_y \cdot I_z - I_{yz}^2}$$

(2.137) $$V_{z,k} = \frac{V_y \cdot \left(I_{yz,k} \cdot I_y - I_{y,k} \cdot I_{yz}\right) - V_z \cdot \left(I_{yz,k} \cdot I_{yz} - I_{y,k} \cdot I_z\right)}{I_y \cdot I_z - I_{yz}^2}$$

mit

V_y bzw. V_z	in Richtung der globalen **y**- bzw. **z**-Achse entweder direkt eingegebene oder aus den in Hauptachsenrichtung eingegebenen Querkräften $\mathbf{V_u}$ und $\mathbf{V_v}$ umgerechnete Querkraft, die den Gesamtquerschnitt belastet
$V_{y,k}$ bzw. $V_{z,k}$	Querkraft in **y**- bzw. **z**-Richtung, die den Teilquerschnitt **k** belastet
$I_{y,k}$, $I_{z,k}$, $I_{yz,k}$	Trägheitsmomente des Teilquerschnitts **k**, die sich auf die zu den globalen Achsen **y** und **z** parallelen Achsen durch den Teilquerschnitts-Schwerpunkt $\mathbf{S_k}$ beziehen

Kräfte aus Torsion: V_y, V_z

Diese beiden Spalten enthalten für jeden Teilquerschnitt getrennt in Richtung der Achse **y** und **z** die Anteile der Querkräfte, die im jeweiligen Teilquerschnitt aufgrund des sekundären Torsionsmoments $\mathbf{M_{xs}}$ zur Berechnung der Schubspannungen angesetzt werden. Die Teilquerräfte aus sekundärer Torsion errechnen sich wie folgt:

$$(2.138)\quad V_{y,k} = \frac{M_{xs} \cdot \left[I_{yz,k} \cdot \left(y_{M,k} - y_M\right) - I_{z,k} \cdot \left(z_{M,k} - z_M\right)\right]}{\sum_{k=1}^{n}\left[I_{\omega,k} + I_{y,k} \cdot \left(y_{M,k} - y_M\right)^2 - 2 \cdot I_{yz,k} \cdot \left(y_{M,k} - y_M\right) \cdot \left(z_{M,k} - z_M\right) + I_{z,k} \cdot \left(z_{M,k} - z_M\right)^2\right]}$$

$$(2.139)\quad V_{z,k} = \frac{M_{xs} \cdot \left[I_{y,k} \cdot \left(y_{M,k} - y_M\right) - I_{yz,k} \cdot \left(z_{M,k} - z_M\right)\right]}{\sum_{i=k}^{n}\left[I_{\omega,k} + I_{y,k} \cdot \left(y_{M,k} - y_M\right)^2 - 2 \cdot I_{yz,k} \cdot \left(y_{M,k} - y_M\right) \cdot \left(z_{M,k} - z_M\right) + I_{z,k} \cdot \left(z_{M,k} - z_M\right)^2\right]}$$

mit

M_{xs}	sekundäres Torsionsmoment, das den Gesamtquerschnitt belastet
$V_{y,k}$ bzw. $V_{z,k}$	Querkraft in **y**- bzw. **z**-Richtung, die den Teilquerschnitt **k** belastet
$I_{y,k}$, $I_{z,k}$, $I_{yz,k}$	Trägheitsmomente des Teilquerschnitts **k**, die sich auf die zu den globalen Achsen **y** und **z** parallelen Achsen durch den Teilquerschnitts-Schwerpunkt $\mathbf{S_k}$ beziehen
$I_{\omega,k}$	auf den Teilquerschnitts-Schubmittelpunkt $\mathbf{M_k}$ bezogener Wölbwiderstand des Teilquerschnittes **k**
$y_{M,k}$ bzw. $z_{M,k}$	globale Koordinate des Teilquerschnitts-Schubmittelpunkts $\mathbf{M_k}$
y_M bzw. z_M	globale Koordinate des Gesamtschubmittelpunkts **M**
n	Anzahl aller Teilquerschnitte, aus denen der Gesamtquerschnitt besteht

Kräfte aus Biegung und Torsion: V_y, V_z

In den beiden letzten Spalten erscheint die Summe der Querkräfte infolge Biege- und Torsionsbeanspruchung. Sie wird für jeden Teilquerschnitt getrennt in Richtung der Achse **y** und **z** ausgegeben.

Die oben genannten Formeln beziehen sich auf einen homogenen Gesamtquerschnitt. Falls dieser Querschnitt aus verschiedenen Materialien besteht, werden alle Trägheitsmomente bzw. Wölbwiderstände in dieser Formel durch Produkte aus den Trägheitsmomenten bzw. Wölbwiderständen und entsprechenden E-Modulen ersetzt.

Die Teilquerkräfte $\mathbf{V_{y,k}}$ und $\mathbf{V_{z,k}}$ sind auf den Schubmittepunkt $\mathbf{M_k}$ eines jeden Teilquerschnitts **k** bezogen. Mit diesen Querkräften ermittelt DUENQ dann für jeden Teilquerschnitt **k** die Schubspannungen τ wie folgt:

$$(2.140)\qquad \tau_{Vy,k} = -\frac{V_{y,k} \cdot S_{z,k}}{I_{z,k} \cdot t^*}$$

$$(2.141)\qquad \tau_{Vz,k} = -\frac{V_{z,k} \cdot S_{y,k}}{I_{y,k} \cdot t^*}$$

mit

$V_{y,k}$ bzw. $V_{z,k}$	Querkraft in **y**- bzw. **z**-Richtung, die den Teilquerschnitt **k** belastet
$S_{z,k}$ bzw. $S_{y,k}$	Statisches Moment des Teilquerschnitts **k** bezogen auf die zur globalen Achse **y** bzw. **z** parallele Achse durch dessen Schwerpunkt $\mathbf{S_k}$
$I_{z,k}$ bzw. $I_{y,k}$	Trägheitsmoment des Teilquerschnitts **k** bezogen auf die zur globalen Achse **y** bzw. **z** parallele Achse durch dessen Schwerpunkt $\mathbf{S_k}$
t*	effektive Elementdicke für die Schubübertragung

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Beim primären Torsionsmoment $\mathbf{M_{xp}}$ werden Saint Venantscher und Bredtscher Anteil auf die einzelnen Teilquerschnitte aufgrund der jeweiligen Torsionssteifigkeiten wie folgt verteilt:

(2.142) $$M_{xp,St.Ven.,k} = M_{xp} \cdot \frac{I_{t,St.Ven.,k}}{I_t}$$

(2.143) $$M_{xp,Bredt,k} = M_{xp} \cdot \frac{I_{t,Bredt,k}}{I_t}$$

Infolge dieser Anteile werden dann für jeden Teilquerschnitt **k** die Schubspannungen τ gesondert wie folgt berechnet:

(2.144) $$\tau_{Mxp,St.Ven.,k} = \frac{M_{xp,St.Ven.,k}}{I_{t,St.Ven.,k}} \cdot t^*$$

Diese Beziehung lässt sich auch direkt für das gesamte Torsionsmoment $\mathbf{M_{xp}}$ folgendermaßen ausdrücken:

(2.145) $$\tau_{Mxp,St.Ven.,k} = \frac{M_{xp}}{I_t} \cdot t^*$$

mit

$M_{xp,St.Ven.,k}$	Saint Venantsches Torsionsmoment, das den Teilquerschnitt **k** belastet
$I_{t,St.Ven.,k}$	Saint Venantsches Torsionsträgheitsmoment des Teilquerschnitts **k**
t*	effektive Elementdicke für die Schubübertragung
M_{xp}	Saint Venantsches Torsionsmoment, das den Gesamtquerschnitt belastet
I_t	Torsionsträgheitsmoment des Gesamtquerschnittes (Summe aus Saint Venantschen und Bredtschen Anteilen aller Teilquerschnitte)

Bei einem Element, das zur Zelle eines einzelligen Teilquerschnitts **k** gehört, wird die Schubspannung infolge Bredtscher Torsion nach folgender Formel berechnet:

(2.146) $$\tau_{Mxp,Bredt,k} = \frac{M_{xp,Bredt,k}}{2 \cdot A_{m,k} \cdot t^*}$$

mit

$M_{xp,Bredt,k}$	Bredtsches Torsionsmoment, das den Teilquerschnitt **k** belastet
$A_{m,k}$	von den Elementmittellinien umschlossene Fläche des Teilquerschnitts **k**
t*	effektive Elementdicke für die Schubübertragung

Zugehörige Elemente

Hier werden die Elemente aufgelistet, die den jeweiligen Teilquerschnitt bilden.

7.2.10 Tabelle 5.1 *Querschnittsklassifizierung*

Wenn die Berechnung der wirksamen Querschnitte nach EN 1993-1 oder EN 1999-1 erfolgt, wird die Ergebnistabelle 5.1 *Querschnittklassifizierung* angezeigt. Diese Tabelle zeigt die Ergebnisse des aktuellen Lastfalls an der gewählten Stelle x, d. h. des Lastfalls und der x-Stelle, die in der Menüleiste eingestellt sind. Über die Liste oder die Buttons [▶] kann eine andere Bemessungsstelle ausgewählt werden.

Werden die wirksamen Querschnitte nach DIN 18800 ermittelt , so wird die Tabelle 5.1 *Überprüfung von grenz c/t* angezeigt. Diese Tabelle ist im Kapitel 7.2.7 beschrieben.

Tabellen

5.1 Querschnittsklassifizierung LF1, x: 0.00 mm

Teil Nr.	A Elemente	B Lagerungs-art	C Abzugslänge [mm] Δ_{Anf}	D Abzugslänge [mm] Δ_{End}	E Breite c [mm]	F Dicke t [mm]	G Bezeichnung	H Symbol	I Größe	J Einheit
1	1	einseitig	0.00	0.00	46.00	4.00	Normalspannung	$\sigma_{x,Anf}$	-3.50	N/mm²
							Normalspannung	$\sigma_{x,End}$	-23.68	N/mm²
							Randspannung bezogen auf $f_{y,d}$	σ_1	235.00	N/mm²
							Randspannung bezogen auf $f_{y,d}$	σ_2	34.77	N/mm²
							Spannungsverhältnis	ψ	0.148	-
							Materialbeiwert in Abhängigkeit von f_y	ε	1.000	-
							Druckzonenfaktor	α	1.000	-
							c/t-Verhältnis	c/t	11.500	-
							Grenzverhältnisse	λ_1	9.000	-
								λ_2	10.000	-
								λ_3	14.000	-
	Klasse des c/t Teiles								3	
2	3	einseitig	0.00	0.00	175.00	4.00	Normalspannung	$\sigma_{x,Anf}$	20.75	N/mm²

Schnittgrößen | Q-Werte | Q-Verläufe | Sigma-x | Tau | Sigma-v | Querschnittsklassifizierung | Wirksame Breiten

Querschnittsklassifizierung

Bild 7.22

Tabelle 5.1 *Querschnittsklassifizierung*

Teil Nr.

Die Ergebnisse werden nach Teil-Nummern geordnet ausgegeben. Elemente, die auf einer anpassbaren „geraden" Linie liegen, werden als *Teil* zusammengefasst. Der Dialog *Basisangaben* verwaltet die Einstellungen, wann ein Endlager für ein c/t-Teil erzeugt wird.

Elemente

Diese Spalte gibt Auskunft über die Elemente, die in jedem c/t-Teil enthalten sind.

Lagerungsart

In dieser Spalte wird angegeben, ob das c/t-Teil einseitig oder beidseitig gelagert ist.

Abzugslänge ΔAnf / ΔEnd

In den beiden Spalten wird der Abstand des Anfangs- bzw. Endpunkts des jeweiligen c/t-Teils vom Anfangs- bzw. Endknoten des zugehörigen Elements angezeigt, an dem die Lagerung oder der freie Rand des c/t-Teils liegt

Breite c

Die Gesamtbreite eines c/t-Teils ist die Summe der Längen aller zugehörigen Elemente oder Elementteile zwischen dem Anfangs- und Endpunkt des c/t-Teils, die um die Abzugsbreiten reduziert ist.

Dicke t

Die Dicke des jeweiligen c/t-Teils wird als die kleinste Dicke aller zugehörigen Elemente bestimmt.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Bezeichnung

Die Spalte G gibt für jedes c/t-Teil die Parameter an, die zur Klassifizierung des Querschnitts erforderlich sind. Es sind dies im Einzelnen:

Normalspannungen $\sigma_{x,Start}$ / $\sigma_{x,End}$

Die beiden Zeilen geben Auskunft über die Normalspannungen am Anfangs- bzw. Endknoten eines jeden c/t-Teils. Bitte beachten Sie, dass es sich hier um die Spannungen des Ausgangsquerschnitts handelt. Zugspannungen sind positiv, Druckspannungen negativ (also invers zur Definition in EN 1993-1-1).

Randspannungen σ_1 / σ_2

Diese Spannungen ermitteln sich aus den Normalspannungen. σ_1 repräsentiert den maximalen Spannungswert, der entweder am Anfangs- oder am Endknoten des c/t-Teils vorliegt. Entsprechend stellt σ_2 den Minimalwert beider Randspannungen dar.

Liegen an beiden Enden des c/t-Teils Zugspannungen vor, erscheint der Vermerk *Druckfrei*.

Spannungsverhältnis ψ

In dieser Zeile wird der Quotient aus den beiden Werten der vorherigen Zeilen ausgegeben.

Materialbeiwert ε in Abhängigkeit von f_y

Nach EN 1993-1-1, Tabelle 5.2 ermittelt sich der Materialbeiwert wie folgt:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \qquad (2.147)$$

Druckzonenfaktor α

Der Druckzonenfaktor beschreibt den Anteil der Druckzone an der Gesamtbreite des c/t-Teils.

c/t-Verhältnis

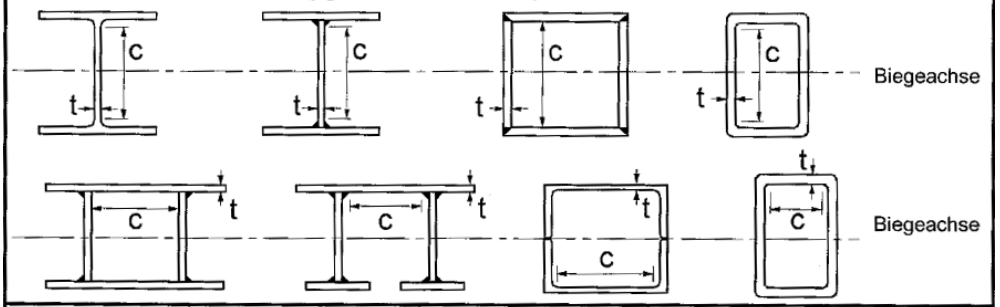
In dieser Zeile wird jeweils das Verhältnis von Breite zu Dicke des c/t-Teils angegeben.

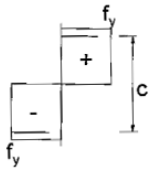
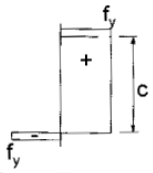
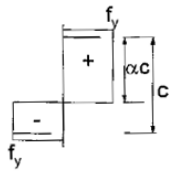
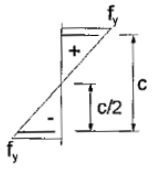
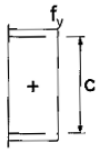
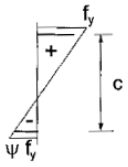
Grenzverhältnisse λ_1 / λ_2 / λ_3

Die Grenzverhältnisse eines jeden c/t-Teils sind von der Lagerungsart (beidseitig gestützte Querschnittsteile oder einseitig gestützte Flansche) und vom Spannungsverlauf (Biegung oder/und Druck) abhängig. In den Gleichungen der Tabelle 5.2 des EN 1993-1-1 sind jeweils die Parameter ε, α and ψ festgelegt (siehe folgende Abbildungen).

λ_1 stellt den Grenzwert für Querschnitte der Klasse 1, λ_2 den Grenzwert für Querschnitte der Klasse 2 und λ_3 den Grenzwert für Querschnitte der Klasse 3 dar.

Beidseitig gestützte druckbeanspruchte Querschnittsteile



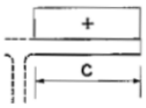
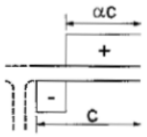
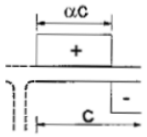
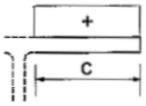
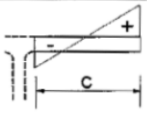
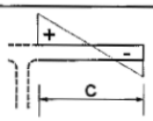
Klasse	auf Biegung beanspruchte Querschnittsteile	auf Druck beanspruchte Querschnittsteile	auf Druck und Biegung beanspruchte Querschnittsteile
Spannungs-verteilung über Querschnittsteile (Druck positiv)			
1	$c/t \le 72\varepsilon$	$c/t \le 33\varepsilon$	für $\alpha > 0{,}5$: $c/t \le \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ für $\alpha \le 0{,}5$: $c/t \le \frac{36\varepsilon}{\alpha}$
2	$c/t \le 83\varepsilon$	$c/t \le 38\varepsilon$	für $\alpha > 0{,}5$: $c/t \le \frac{456\varepsilon}{13\alpha - 1}$ für $\alpha \le 0{,}5$: $c/t \le \frac{41{,}5\varepsilon}{\alpha}$
Spannungs-verteilung über Querschnittsteile (Druck positiv)			
3	$c/t \le 124\varepsilon$	$c/t \le 42\varepsilon$	für $\psi > -1$: $c/t \le \frac{42\varepsilon}{0{,}67 + 0{,}33\psi}$ für $\psi \le -1$[a]: $c/t \le 62\varepsilon\,(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$

$\varepsilon = \sqrt{235 / f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

[a] Es gilt $\psi \le -1$ falls entweder die Druckspannungen $\sigma \le f_y$ oder die Dehnungen infolge Zug $\varepsilon_y > \frac{f_y}{E}$ sind.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Bild 7.23

Einseitig gestützte Flansche			
Gewalzte Querschnitte		Geschweißte Querschnitte	
Klasse	**auf Druck beanspruchte Querschnittsteile**	**auf Druck und Biegung beanspruchte Querschnittsteile**	
		freier Rand im Druckbereich	**freier Rand im Zugbereich**
Spannungs-verteilung über Querschnittsteile (Druck positiv)			
1	$c/t \leq 9\varepsilon$	$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
2	$c/t \leq 10\varepsilon$	$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
Spannungs-verteilung über Querschnittsteile (Druck positiv)			
3	$c/t \leq 14\varepsilon$	$c/t \leq 21\varepsilon\sqrt{k_\sigma}$ Für k_σ siehe EN 1993-1-5	

$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Maximale c/t-Verhältnisse nach EN 1993-1-1

Klasse des c/t-Teils

Die Elemente jeder Zone werden – in Abhängigkeit von den Grenzverhältnissen λ -in die Klassen 1, 2, 3 oder 4 eingeteilt.

Klasse des Querschnitts

Gemäß EN 1993-1-1, 5.5.2 (6) wird der Querschnitt durch die ungünstigste Klasse seiner druckbeanspruchten Querschnittsteile klassifiziert.

7.2.11 Tabelle 5.2 *Wirksame Breiten*

Bei der Berechnung wird aus dem ursprünglichen Profil ein neuer „wirksamer Querschnitt“ erzeugt. Dies geschieht für jede Stelle x eines jedes Lastfalls. Im wirksamen Querschnitt werden dabei neue Knoten und Elemente erzeugt, die unabhängig von der Knoten- und Elementnummerierung des Originalprofils durchnummeriert werden. Die neuen Elemente liegen vollständig oder abschnittsweise auf den Mittellinien der ursprünglichen Elemente.

In den Ausgabetabellen werden die Querschnittskennwerte, statischen Momente, Wölbordinaten und Spannungen in Bezug auf den aktuellen wirksamen Querschnitt aufgelistet, d. h. den Querschnitt mit der Schnittgrößenkonstellation an der Stelle x des aktuellen Lastfalls. Die Eingabetabellen hingegen werden durch den wirksamen Querschnitt nicht verändert: Diese enthalten nach wie vor die Daten des Ausgangsprofils.

Die Analyse des wirksamen Querschnitts geht nicht auf Querschnittskennwerte ein, die nach DIN 18000 oder Eurocode 3 nicht relevant sind – wie z. B. „wirksames“ Profilgewicht oder Umfang. Bei der Untersuchung des wirksamen Querschnitts werden auch keine plastischen Querschnittswerte ermittelt.

Der *Lastfall* oder die *Stelle x*, dessen bzw. deren Ergebnisse angezeigt werden sollen, kann über die Listen in der Symbolleiste oder die [▶]-Buttons eingestellt werden.

Das Erscheinungsbild dieser Ausgabetabelle hängt von der Norm ab, die im Dialog *Basisangaben* eingestellt wurde (siehe Kapitel 6.2).

7.2.11.1 DIN 18800

Die Ermittlung der wirksamen Querschnittskennwerte nach DIN 18800 schließt die Überprüfung der c/t-Verhältnisse mit ein. Es empfiehlt sich daher, auch die vorherige Tabelle 5.1 *Überprüfung von grenz c/t* zu kontrollieren. Diese Tabelle ist im Kapitel 7.2.7 beschrieben.

Tabellen

5.2 Wirksame Breiten nach DIN 18800 - LF1 - x: 0.0 mm

Teil Nr.	A Elemente	B Lagerungsart	C Abzugslänge [mm] Δ_{Anf}	D Abzugslänge [mm] Δ_{End}	E Breite c [mm]	F Dicke t [mm]	G Bezeichnung	H Symbol	I Größe	J Einheit
2	4	einseitig	0.0	0.0	4.3	0.6	Normalspannung	$\sigma_{x,Anf}$	235.5	N/mm²
							Normalspannung	$\sigma_{x,End}$	194.0	N/mm²
							Druckfrei			
3	5	beidseitig	0.0	0.0	28.8	0.6	Normalspannung	$\sigma_{x,Anf}$	-117.6	N/mm²
							Normalspannung	$\sigma_{x,End}$	187.0	N/mm²
							Randspannung	σ_1	117.6	N/mm²
							Randspannung	σ_2	-187.0	N/mm²
							Spannungsverhältnis	ψ	-1.591	-
							Beulwert	k_σ	23.880	-
							Euler. Bezugsspannung	σ_e	82.1	N/mm²
							Max. Druckspannung	σ	117.6	N/mm²
							Beulschlankheitsgrad	$\lambda_{p,\sigma}$	0.257	-
							Abminderungsfaktor	ρ	1.000	-

c/t Teile nach DIN 18800 | Schnittgrößen | Q-Werte | Q-Verläufe | Sigma-x | Tau | Sigma-v | c/t-Nachweis | Wirksame Breiten

Wirksame Breiten - Ergebnisse

Bild 7.24

Tabelle 5.2 *Wirksame Breiten nach DIN 18800*

Teil Nr.

Die Ergebnisse werden nach Teil-Nummern geordnet ausgegeben. Elemente, die auf einer anpassbaren „geraden“ Linie liegen, werden als *Teil* zusammengefasst.

Elemente

Diese Spalte gibt Auskunft über die Elemente, die in jedem c/t-Teil enthalten sind.

Lagerungsart

Hier wird angegeben, ob das c/t-Teil einseitig oder beidseitig gelagert ist.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Abzugslänge ΔAnf / ΔEnd

In den beiden Spalten wird der Abstand des Anfangs- bzw. Endpunkts des jeweiligen c/t-Teils vom Anfangs- bzw. Endknoten des zugehörigen Elements angezeigt, an dem die Lagerung oder der freie Rand des c/t-Teils liegt

Breite c

Die Gesamtbreite eines c/t-Teils ist die Summe der Längen aller zugehörigen Elemente oder Elementteile zwischen dem Anfangs- und Endpunkt des c/t-Teils, die um die Abzugsbreiten reduziert ist.

Dicke t

Die Dicke eines c/t-Teils wird als die kleinste Dicke aller zugehörigen Elemente bestimmt.

Bezeichnung

Die Spalte G gibt für jedes c/t-Teil die Parameter an, die zur Ermittlung der wirksamen Breiten erforderlich sind. Es sind dies im Einzelnen:

Normalspannungen $\sigma_{x,Anf}$ / $\sigma_{x,End}$

Die beiden Zeilen geben Auskunft über die Normalspannungen am Anfangs- bzw. Endknoten eines jeden c/t-Teils. Bitte beachten Sie, dass es sich hier um die Spannungen des Bruttoquerschnitts handelt. Zugspannungen sind positiv, Druckspannungen negativ.

Randspannungen σ_1 / σ_2

Diese Spannungen ermitteln sich aus den Normalspannungen. σ_1 repräsentiert den maximalen Spannungswert, der entweder am Anfangs- oder am Endknoten des c/t-Teils vorliegt. Entsprechend stellt σ_2 den Minimalwert beider Randspannungen dar. Bitte beachten Sie die umgekehrten Vorzeichen: Druckspannungen werden positiv gesetzt, Zugspannungen negativ.

Liegen an beiden Enden des c/t-Teils Zugspannungen vor, erscheint der Vermerk *Druckfrei*.

Spannungsverhältnis ψ

In dieser Zeile wird der Quotient aus den beiden Werten der vorherigen Zeilen ausgegeben.

Beulwert k_σ

Der Beulwert ist in DIN 18800 Teil 2, Tabelle 26 geregelt. Für die Bestimmung von k_σ gemäß Tabelle sind die Lagerungsart und das Spannungsverhältnis zu berücksichtigen.

Eulersche Bezugsspannung σ_e

Dieser Wert wird zur Bestimmung des Beulschlankeitsgrades benötigt. Die Eulersche Bezugsspannung ermittelt sich wie folgt:

(2.148) $$\sigma_e = 189800 \cdot \left(\frac{t}{c}\right)^2 \quad [N/mm^2]$$

Maximale Druckspannung σ

In dieser Zeile wird der Maximalwert der Druckspannung ausgegeben.

Beulschlankheitsgrad $\lambda_{P,\sigma}$

Die bezogene Schlankheit des Blechs in Bezug auf das Beulen ermittelt sich wie folgt:

(2.149) $$\overline{\lambda}_{P,\sigma} = \sqrt{\frac{\sigma \cdot \gamma_M}{k_\sigma \cdot \sigma_e}}$$

Abminderungsfaktor ρ

Es gelten unterschiedliche Abminderungsfaktoren für einseitig und für beidseitig gelagerte Querschnittsteile.

- **Beidseitige Lagerung**

(2.150) $$\rho = \frac{1}{\bar{\lambda}_{P,\sigma}} \cdot \left(0{,}97 + 0{,}03 \cdot \psi - \frac{0{,}16 + 0{,}06 \cdot \psi}{\bar{\lambda}_{P,\sigma}} \right)$$

- **Einseitige Lagerung**

(2.151) $$\rho = \frac{0{,}7}{\bar{\lambda}_{P,\sigma}}$$

Wirksame Breite c' / c'_1 / c'_2

Die wirksamen Breiten werden nach DIN 18800 Teil 2, Tabelle 27 wie folgt ermittelt:

- **Beidseitige Lagerung**

(2.152) $c' = c$ für $\bar{\lambda}_{P,\sigma} \leq 0{,}673$

(2.153) $c' = \rho \cdot c$ für $\bar{\lambda}_{P,\sigma} > 0{,}673$

Die wirksame Breite c' wird dann in die Komponenten c'_1 und c'_2 aufgeteilt.

(2.154) $c'_1 = \rho \cdot c \cdot k_1$ für $k_1 = -0{,}04 \cdot \psi^2 + 0{,}12 \cdot \psi + 0{,}42$

(2.155) $c'_2 = \rho \cdot c \cdot k_2$ für $k_2 = 0{,}04 \cdot \psi^2 - 0{,}12 \cdot \psi + 0{,}58$

- **Einseitige Lagerung**

(2.156) $c' = \rho \cdot c \leq c$ für $\bar{\lambda}_{P,\sigma} > 0{,}673$

In Abhängigkeit vom Spannungsverlauf wird die wirksame Breite c' wie folgt bestimmt:

c'	für $\psi \geq 0$
$c' + c_{Zug}$	für $\psi < 0$ und Zugspannungen am freien Rand
$c' + c_{Zug}$	für $\psi < 0$ und Zugspannungen am gelagerten Rand (c' ist von der Stelle des Nulldurchgangs bis zum freien Rand zu messen)
mit c_{Zug}	Breite des Teils mit Zugspannungen

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

7.2.11.2 EN 1993-1

Eine Untersuchung der wirksamen Breiten ist nur Querschnitte der Klasse 4 sinnvoll. In EN 1993-1-1, Tabelle 5.2 sind die maximal zulässigen c/t-Verhältnisse druckbeanspruchter Querschnittsteile festgeschrieben (siehe Bild 7.23).

The *Klasse des Querschnitts* wird in der letzten Zeile der Tabelle 5.2 angegeben.

Bild 7.25

Tabellen

5.2 Wirksame Breiten nach EN 1993-1 - LF1 - x: 0.0 mm

Teil Nr.	A Elemente	B Lagerungs-art	C Abzugslänge [mm] Δ_{Anf}	D Abzugslänge [mm] Δ_{End}	E Breite c [mm]	F Dicke t [mm]	G Bezeichnung	H Symbol	I Größe	J Einheit
2	4	einseitig	0.0	0.0	4.3	0.6	Normalspannung	$\sigma_{x,Anf}$	235.5	N/mm²
							Normalspannung	$\sigma_{x,End}$	194.0	N/mm²
							Druckfrei			
3	5	beidseitig	0.0	0.0	28.8	0.6	Normalspannung	$\sigma_{x,Anf}$	-117.6	N/mm²
							Normalspannung	$\sigma_{x,End}$	187.0	N/mm²
							Randspannung	σ_1	117.6	N/mm²
							Randspannung	σ_2	-187.0	N/mm²
							Spannungsverhältnis	ψ	-1.591	-
							Beulwert	k_σ	23.880	-
							Euler. Bezugsspannung	σ_e	82.1	N/mm²
							Max. Druckspannung	σ	117.6	N/mm²
							Beulschlankheitsgrad	$\lambda_{p,\sigma}$	0.350	-
							Abminderungsfaktor	ρ	1.000	-

Schnittgrößen | Q-Werte | Q-Verläufe | Sigma-x | Tau | Sigma-v | Querschnittsklassifizierung | Wirksame Breiten

Wirksame Breiten - Ergebnisse

Tabelle 5.2 *Wirksame Breiten nach EN 1993-1-1*

Teil Nr.

Die Ergebnisse werden nach Teil-Nummern geordnet ausgegeben. Elemente, die auf einer anpassbaren „geraden" Linie liegen, werden als *Teil* zusammengefasst.

Elemente

Diese Spalte gibt Auskunft über die Elemente, die in jedem c/t-Teil enthalten sind.

Lagerungsart

Hier wird angegeben, ob das c/t-Teil einseitig oder beidseitig gestützt ist.

Abzugslänge ΔAnf / ΔEnd

In den beiden Spalten wird der Abstand des Anfangs- bzw. Endpunkts des jeweiligen c/t-Teils vom Anfangs- bzw. Endknoten des zugehörigen Elements angezeigt, an dem die Lagerung oder der freie Rand des c/t-Teils liegt

Breite c

Die Gesamtbreite eines c/t-Teils ist die Summe der Längen aller zugehörigen Elemente oder Elementteile zwischen dem Anfangs- und Endpunkt des c/t-Teils, die um die Abzugsbreiten reduziert ist.

Dicke t

Die Dicke eines c/t-Teils wird als die kleinste Dicke aller zugehörigen Elemente bestimmt.

Bezeichnung

Die Spalte G gibt für jedes c/t-Teil die Parameter an, die zur Ermittlung der wirksamen Breiten erforderlich sind. Es sind dies im Einzelnen:

Normalspannungen $\sigma_{x,Anf}$ / $\sigma_{x,End}$

Die beiden Zeilen geben Auskunft über die Normalspannungen am Anfangs- bzw. Endknoten eines jeden c/t-Teils. Bitte beachten Sie, dass es sich hier um die Spannungen des Bruttoquerschnitts handelt. Zugspannungen sind positiv, Druckspannungen negativ.

Randspannungen σ_1 / σ_2

Diese Spannungen ermitteln sich aus den Normalspannungen. σ_1 repräsentiert den maximalen Spannungswert, der entweder am Anfangs- oder am Endknoten des c/t-Teils vorliegt. Entsprechend stellt σ_2 den Minimalwert beider Randspannungen dar. Bitte beachten Sie die umgekehrten Vorzeichen: Druckspannungen werden positiv gesetzt, Zugspannungen negativ.

Liegen an beiden Enden des c/t-Teils Zugspannungen vor, erscheint der Vermerk *Druckfrei*.

Spannungsverhältnis ψ

In dieser Zeile wird der Quotient aus den beiden Werten der vorherigen Zeilen ausgegeben.

Beulwert k_σ

Der Beulwert ist in EN 1993-1-5, Tabelle 4.1 und Tabelle 4.2 geregelt (siehe Bild 7.26). Zur Bestimmung von k_σ sind die Lagerungsart und das Spannungsverhältnis zu berücksichtigen.

Eulersche Bezugsspannung σ_e

Dieser Wert wird zur Bestimmung des Beulschlankeitsgrades benötigt. Die Eulersche Bezugsspannung ermittelt sich wie folgt:

(2.157) $$\sigma_e = 189800 \cdot \left(\frac{t}{c}\right)^2 \quad [N/mm^2]$$

Maximale Druckspannung σ

In dieser Zeile wird der Maximalwert der Druckspannung ausgegeben.

Beulschlankheitsgrad $\lambda_{P,\sigma}$

Die bezogene Schlankheit des Blechs in Bezug auf das Beulen ermittelt sich nach EN 1993-1-5, Abschnitt 4.4 wie folgt:

(2.158) $$\overline{\lambda}_{P,\sigma} = \frac{c}{28{,}4 \cdot t} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{235 \cdot k_\sigma}} \qquad f_y \text{ in } [N/mm^2]$$

Abminderungsfaktor ρ

Es gelten unterschiedliche Abminderungsfaktoren für einseitig und für beidseitig gestützte Querschnittsteile (siehe EN 1993-1-5, Abschnitt 4.4).

- **Beidseitig gestützte Querschnittsteile**

(2.159) $$\rho = 1{,}0 \qquad \text{für } \overline{\lambda}_{P,\sigma} \le 0{,}673$$

(2.160) $$\rho = \frac{\overline{\lambda}_{p,\sigma} - 0{,}055 \cdot (3+\psi)}{\overline{\lambda}_{p,\sigma}^{\,2}} \le 1{,}0 \qquad \text{für } \overline{\lambda}_{P,\sigma} > 0{,}673 \text{ und } (3+\psi) \ge 0$$

- **Einseitig gestützte Querschnittsteile**

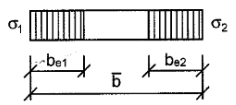
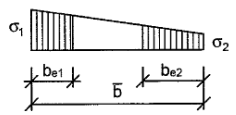
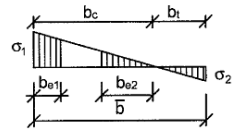
(2.161) $$\rho = 1{,}0 \qquad \text{für } \overline{\lambda}_{p,\sigma} \le 0.748$$

(2.162) $$\rho = \frac{\overline{\lambda}_{p,\sigma} - 0{,}188}{\overline{\lambda}_{p,\sigma}^{\,2}} \le 1{,}0 \qquad \text{für } \overline{\lambda}_{p,\sigma} > 0.748$$

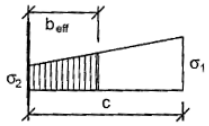
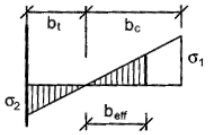
Wirksame Breite b_{eff} / b_{e1} / b_{e2}

Die wirksamen Breiten werden nach EN 1993-1-5, Tabelle 4.1 und Tabelle 4.2 bestimmt (siehe folgendes Bild).

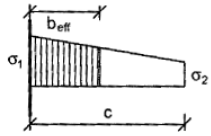
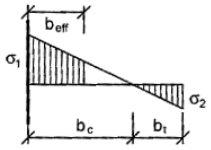
Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Spannungsverteilung (Druck positiv)	Wirksame Breite b_{eff}
	$\psi = 1$: $b_{eff} = \rho\ \bar{b}$ $b_{e1} = 0{,}5\ b_{eff}$ $b_{e2} = 0{,}5\ b_{eff}$
	$1 > \psi \geq 0$: $b_{eff} = \rho\ \bar{b}$ $b_{e1} = \frac{2}{5-\psi} b_{eff}$ $b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$
	$\psi < 0$: $b_{eff} = \rho\ b_c = \rho\ \bar{b}/(1-\psi)$ $b_{e1} = 0{,}4\ b_{eff}$ $b_{e2} = 0{,}6\ b_{eff}$

$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	–1	$-1 > \psi > -3$
Beulwert k_σ	4,0	$8{,}2/(1{,}05 + \psi)$	7,81	$7{,}81 - 6{,}29\ \psi + 9{,}78\ \psi^2$	23,9	$5{,}98\ (1-\psi)^2$

Spannungsverteilung (Druck positiv)	Wirksame Breite b_{eff}
	$1 > \psi \geq 0$: $b_{eff} = \rho\ c$
	$\psi < 0$: $b_{eff} = \rho\ b_c = \rho\ c/(1-\psi)$

$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	0	–1	$1 \geq \psi \geq -3$
Beulwert k_σ	0,43	0,57	0,85	$0{,}57 - 0{,}21\ \psi + 0{,}07\ \psi^2$

	$1 > \psi \geq 0$: $b_{eff} = \rho\ c$
	$\psi < 0$: $b_{eff} = \rho\ b_c = \rho\ c/(1-\psi)$

$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	–1
Beulwert k_σ	0,43	$0{,}578/(\psi + 0{,}34)$	1,70	$1{,}7 - 5\ \psi + 17{,}1\ \psi^2$	23,8

Bild 7.26

Wirksame Breiten nach EN 1993-1-5

8. Ergebnisauswertung

Nach der Ermittlung der Querschnittswerte und ggf. Spannungen, c/t-Nachweise und wirksamen Querschnitte können Sie die berechneten Ergebnisse im Arbeitsfenster grafisch auswerten. Die Auswahl der einzelnen Ergebnisse ist über das Pulldownmenü **Ergebnisse** oder direkt über die zugeordneten Schaltflächen in der Symbolleiste möglich. Es spielt dabei keine Rolle, welche Tabelle aktuell eingestellt ist.

Die folgenden Menüpunkte mit den zugeordneten Schaltflächen steuern die Auswahl der Querschnittsverläufe und Spannungen für die grafische Ergebnisdarstellung:

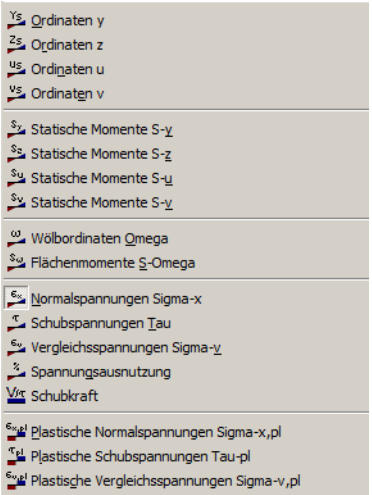


Bild 8.1

Liste vorhandener Ergebnisse im Pulldownmenü *Ergebnisse*

Die Menüpunkte des Pulldownmenüs **Ergebnisse** sind im Kapitel 6.5 beschrieben.

Das Menü **Extras** → **Elementinfo** eröffnet den Zugang zu einer weiteren Möglichkeit der grafischen Ergebnisauswertung: Über eine Ablesefunktion lassen sich Ergebniswerte für jedes Element anzeigen (siehe auch Kapitel 4.3.6). Aktivieren Sie diese Funktion, wenn Ergebnisse in der Grafik dargestellt werden und bewegen dann den Mauszeiger über den Bildschirm. Sobald er sich über einem Element befindet, werden im Ergebnisfenster die Elementdaten und die aktuellen Ergebniswerte am Elementanfang (A), in der Elementmitte (M) und am Elementende (E) angezeigt.

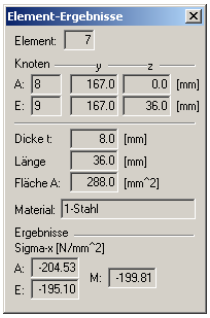


Bild 8.2

Fenster *Element-Ergebnisse*

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

9. Bemaßungen, Kommentare

Sie können den Querschnitt mit punktbezogenen Maßlinien und freien Texten versehen. Die beiden Funktionen lassen sich über das Pulldownmenü **Einfügen** mit den Untermenüs **Bemaßungen** bzw. **Kommentare** oder über die entsprechenden Schaltflächen aktivieren.

9.1 Bemaßungen

Nach dem Aufruf dieser Funktion öffnet sich der Dialog **Bemaßung**.

Bild 9.1

Dialog *Bemaßung*

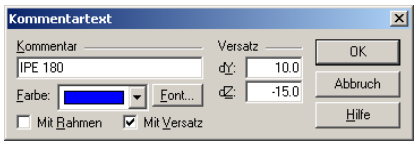
Wenn Sie die beiden Maßbezugspunkte im Arbeitsfenster nacheinander angeklickt haben, steht im Dialog **Bemaßung** der *Maßbezug* zur Auswahl: Dieser kann die Länge (also der wahre Abstand), die Projektion **dY** oder die Projektion **dZ** sein. Durch Bewegen des Mauszeigers in der Grafik bestimmen Sie die Endlage der Maßlinie, indem Sie sie mit einem einfachen Mausklick setzen.

Bemaßen lassen sich nicht nur die Knoten, sondern auch der Schwerpunkt **S**, der Schubmittelpunkt **M** (und ggf. $\mathbf{M_1}$, $\mathbf{M_2}$ etc. Teilquerschnitten) sowie die Elementkanten über deren Greifpunkte.

9.2 Kommentare

Nach dem Aufruf dieser Funktion erscheint der Dialog **Kommentartext**.

Bild 9.2



Dialog *Kommentartext*

Neben der Eingabe des Kommentars können hier Änderungen bezüglich der Farbe und Schriftart vorgenommen werden. Sie können den Kommentar auch mit Rahmen und/oder mit Versatz versehen. Wenn Sie letztere Option anhaken, können Sie den Versatz nach dem Setzen dessen Endpunkts (der "Pfeilspitze") entweder per Dialogeingabe mit den exakten Werten **dY** und **dZ** oder direkt in der Grafik durch einen Mausklick platzieren.

10. Projekt-Manager

DUENQ verfügt über eine eigene Verwaltung der Projekte - den **Projekt-Manager**. Unter einem Projekt lassen sich mehrere Querschnitte verwalten.

10.1 Fenster

Der Projekt-Manager wird über das Pulldownmenü **Datei** und das Untermenü **Projekt-Manager** oder über die zugeordnete Schaltfläche aufgerufen. Beim Anlegen eines neuen Querschnitts ist der Projekt-Manager auch über den Button **Projekt-Manager** im Register **Basisangaben** des Dialogs **Neuer Querschnitt - Basisangaben** zugänglich. Nach dem Aufruf erscheint das dreigeteilte Fenster **Projekt-Manager**.

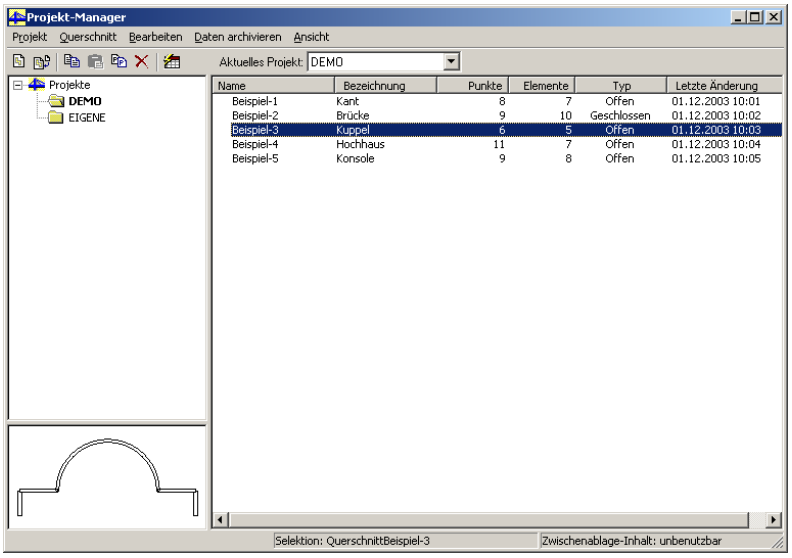


Bild 10.1

Fenster *Projekt-Manager*

Der linke obere Teil des Fensters enthält den Projekt-Navigator mit allen angelegten Projekten. Im rechten Fensterabschnitt erscheint eine tabellarische Auflistung der im aktuellen Projekt enthaltenen Querschnitte. Neben Namen und Bezeichnung der Profile sind die Anzahl der Knoten und Elemente sowie der Typ und die letzte Änderung angegeben. Zusätzlich erscheint nach einem einfachen Mausklick auf einen Querschnittnamen das zugehörige Profilschema im linken unteren Teil des Fensters.

Die Auswahl eines Projekts kann durch Anklicken im Projekt-Navigator oder durch Anwählen in der Liste **Aktuelles Projekt** geschehen. Diese Liste befindet sich oberhalb der drei Teilfenster in der Symbolleiste, die auch die wichtigsten Schaltflächen enthält. Unterhalb der Teilfenster befindet sich eine Statusleiste, die Aufschluss über die Selektion des aktuellen Projekts bzw. Profils sowie über den Inhalt der Zwischenablage gibt.

Aus dem Projekt-Manager kann ein Querschnitt wie folgt geöffnet werden:

- Markieren der Zeile für das Profil in der Liste und Wählen des Befehls **Öffnen** im Pulldownmenü **Querschnitt**
- Doppelklicken der Zeile für den Querschnitt in der Liste
- Markieren der Zeile für das Profil in der Liste und dann Doppelklicken des links unten angezeigten Profilschemas

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

10.2 Pulldownmenüs

Die Pulldownmenüs der Symbolleiste ermöglichen den Zugang zu allen wichtigen Funktionen des Projekt-Managers.

Im Projekt-Navigator steht auch ein projektbezogenes Kontextmenü mit den Funktionen **Löschen**, **Trennen**, **Umbenennen**, **Archivieren** und **Bezeichnung** (siehe unten) zur Verügung. Dieses können Sie durch Anklicken eines Projekts im Projekt-Navigator mit der rechten Maustaste aktivieren.

Das profilbezogene Kontextmenü mit den Funktionen **Öffnen**, **Kopieren**, **Löschen**, **Umbenennen**, **Schreibschutz aktivieren** und **Schreibschutz deaktivieren** (siehe unten) können Sie durch Anklicken eines Querschnitts mit der rechten Maustaste aktivieren. Sie brauchen somit nicht unbedingt den Weg über die Pulldownmenüs gehen.

10.2.1 Projekt [Alt+R]

Neu… [Strg+N]

… legt ein neues Projekt an.

Verzeichnis einbinden… [Strg+I]

… bindet ein existierendes Verzeichnis als neues Projekt in die interne Verwaltung des Projekt-Managers ein. Dabei spielt es keine Rolle, in welchem Ordner sich das Projekt befindet: Es wird lediglich registriert, jedoch am Standort belassen.

Verzeichnis erneuen

… erneut ein getrenntes Verzeichnis.

Trennen [Strg+Entf]

… entfernt das markierte Projekt aus der internen Verwaltung des Projekt-Managers. Damit bleibt der betreffende Ordner erhalten, es wird nur die Verknüpfung gelöscht.

Bezeichnung…

… dient zur Eingabe bzw. Änderung der Bezeichnung des ausgewählten Projekts.

Beenden [Alt+F4]

… beendet den Projekt-Manager.

10.2.2 Querschnitt [Alt+Q]

Neu…

… ruft den Dialog **Neuer Querschnitt - Basisangaben** zum Anlegen eines neuen Querschnitts auf.

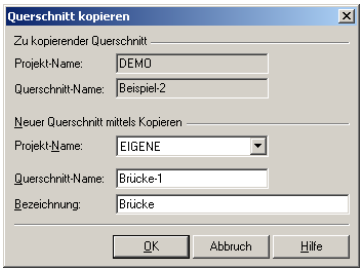
Öffnen

… öffnet den bereits bestehenden Querschnitt, der in der Liste markiert ist.

Kopieren…

… kopiert den ausgewählten Querschnitt, wobei sowohl das Ziel-Projekt als auch der Name und die Bezeichnung des neuen Profils im erscheinenden Dialog **Querschnitt kopieren** festgelegt werden können.

Bild 10.2



Dialog *Querschnitt kopieren*

Schreibschutz aktivieren

… versieht den selektierten Querschnitt mit einem Schutz gegen Überschreiben.

Schreibschutz deaktivieren

… hebt den Schreibschutz für den ausgewählten Querschnitt wieder auf.

10.2.3 Bearbeiten [Alt+B]

Kopieren in Zwischenablage [Strg+C]

… kopiert das selektierte Projekt oder die selektierten Querschnitte in die Zwischenablage. Eine Mehrfachselektion ist nur bei Querschnitten möglich.

Einfügen aus Zwischenablage [Strg+V]

… fügt den Inhalt der Zwischenablage an der gewünschten Stelle ein.

Umbenennen [F2]

… ermöglicht die Namensänderung des ausgewählten Projekts bzw. Querschnitts.

Löschen [Entf]

… ermöglicht das Löschen des selektierten Projektes bzw. Querschnitts.

10.2.4 Daten archivieren [Alt+D]

Archivieren…

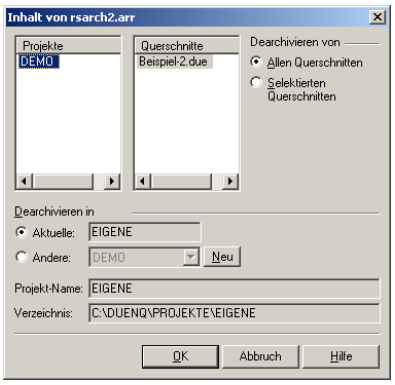
… sichert die ausgewählten Querschnitte oder das ganze ausgewählte Projekt in einem komprimierten DUENQ-Archiv mit der Endung ***.arr**. Nach dem Aufruf dieser Funktion erscheint die Abfrage, ob die Ergebnisse und Ausdruckprotokolle ebenfalls archiviert werden sollen. Danach öffnet sich der Dialog zur Eingabe eines Dateinamens und Festlegung des Pfades. Mit dem Button **Speichern** wird dann die Archivierung gestartet.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Dearchivieren…

… ermöglicht das Wiedereinlesen von DUENQ-Archiven. Nach der Wahl des zu entpackenden Archivs im ***.arr**-Format erscheint der Dialog zur Markierung der Namen in den Fenstern **Projekte** und **Querschnitte**.

Bild 10.3



Dialog *Inhalt von … *.arr* zum Dearchivieren

Hier ist festzulegen, ob die Profile in das aktuelle, ein anderes oder ein neu anzulegendes Zielprojekt dearchiviert werden sollen. Weiterhin können Sie entscheiden, ob Sie alle oder nur ausgewählte Querschnitten dearchivieren möchten. Das Wiederherstellen der Archivdateien wird dann mit **OK** gestartet.

10.2.5 Ansicht [Alt+A]

Werkzeugleiste

… blendet die Werkzeugleiste durch Anklicken ein und aus.

Statusleiste

… blendet die Statusleiste durch Anklicken ein und aus.

Strukturschema

… blendet das Profilschema durch Anklicken ein und aus.

Sortieren Querschnitte

… führt zu den weiteren Menüpunkten - **Name**, **Bezeichnung**, **Knoten**, **Elemente**, **Typ** und **Letzte Änderung**, die die einzelnen Spalten in der tabellarischen Detailauflistung der Profile darstellen. Einer dieser Menüpunkte kann angehakt werden, nach dem die Querschnitte in der Liste dann geordnet werden.

Sortieren Projekte

… führt zu den weiteren Menüpunkten - **nach Name**, **nach Datum**, **nach Bezeichnung** und **nach Pfad**, von denen einer angehakt werden kann. Nach diesem Menüpunkt werden die Projekte im Projekt-Navigator geordnet.

Aktualisieren [F5]

… bringt die Anzeige der Projekte und Querschnitte auf den neuesten Stand, indem die registrierten Verzeichnisse neu eingelesen werden.

Automatisch anordnen [Strg+A]

… optimiert die Spaltenbreiten der tabellarischen Detailauflistung.

11. Ausdruckprotokoll

Die Ein- und Ausgabedaten lassen sich im sogenannten **Ausdruckprotokoll** für die Dokumentation aufbereiten. Es können mehrere Ausdruckprotokolle mit verschiedenen Inhalten für ein Profil angelegt werden.

Das Ausdruckprotokoll ist ein separater Programmteil von DUENQ. Es besitzt einen zweigeteilten Aufbau. Links befindet sich der Druck-Navigator, der hierarchisch die Inhalte des Ausdruckprotokolls anzeigt; rechts werden die Inhalte in einer Druckvorschau angezeigt.

11.1 Ausdruckprotokoll erstellen

Das Ausdruckprotokoll lässt sich über das Pulldownmenü **Datei** und das Untermenü **Ausdruckprotokoll** oder über die zugeordnete Schaltfläche aufrufen. Wenn bei einem Querschnitt noch kein Ausdruckprotokoll existiert, öffnet sich nach dem Aufruf der Funktion der Dialog **Neues Ausdruckprotokoll**.

Bild 11.1

Dialog *Neues Ausdruckprotokoll*

Dem neuen Ausdruckprotokoll ist eine *Nummer* zuzuweisen. Optional kann eine *Bezeichnung* für das Ausdruckprotokoll vergeben werden. Es besteht auch die Möglichkeit, die Bezeichnung sowie die Inhalte von einem Ausdruckprotokoll-Muster zu übernehmen. Das *Ausdruckprotokoll-Muster* ist eine Vorlage, die als Schema der speziell benötigten Inhalte abgespeichert werden kann. Über den Button **Edit** bzw. **Neu** lässt sich das Muster bearbeiten bzw. neu erstellen. Beide Male gelangen Sie wie beim Anlegen eines neuen Ausdruckprotokolls über den Button **Edit** (rechts neben der Ausdruckprotokoll-Nummer) in den Dialog **Selektion Ausdruckprotokoll**. Er enthält die Detailregister **Haupt-Selektion**, **Eingabedaten**, **Lastfälle**, **Ergebnisse** und **Ergebnisse – Effektive Querschnitte**.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

11.1.1 Selektion Ausdruckprotokoll

Haupt-Selektion

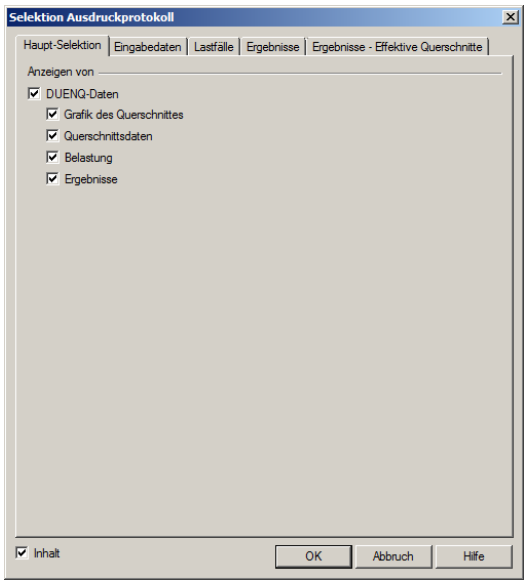


Bild 11.2

Register *Haupt-Selektion* im Dialog *Selektion Ausdruckprotokoll*

In diesem Register legen Sie die Oberkapitel des Ausdruckprotokolls fest. Wenn Sie hier das Häkchen für ein Thema entfernen, wird das zugehörige Detailregister ausgeblendet.

Eingabedaten

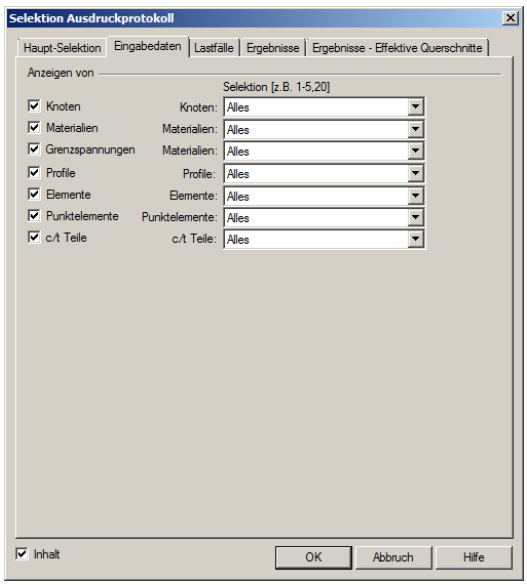


Bild 11.3

Register *Eingabedaten* im Dialog *Selektion Ausdruckprotokoll*

Hier können Sie durch Anhaken festlegen, welche Eingabedaten im Ausdruckprotokoll angezeigt werden sollen. Für jede aktive Kategorie können Sie in der Liste **Selektion** entweder alle oder nur bestimmte Objekte anzeigen lassen, die sich anhand ihrer Nummern festlegen lassen.

Lastfälle

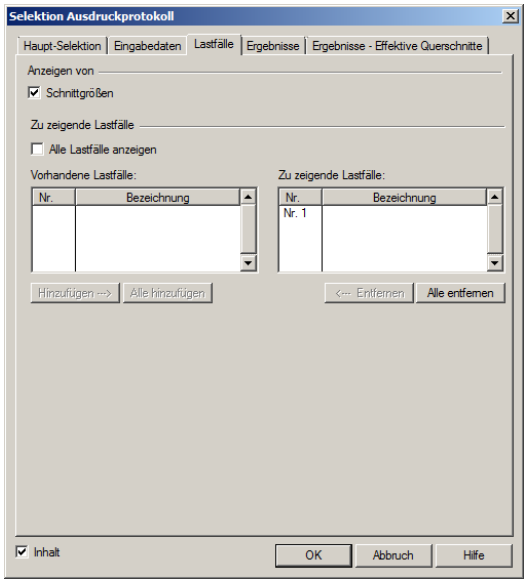


Bild 11.4

Register *Lastfälle* im Dialog *Selektion Ausdruckprotokoll*

In diesem Register ist zunächst zu entscheiden, ob Schnittgrößen im Ausdruckprotokoll angezeigt werden sollen. Wenn diese Option angehakt ist, können Sie die in der Liste die relevanten Lastfälle auswählen.

Ergebnisse

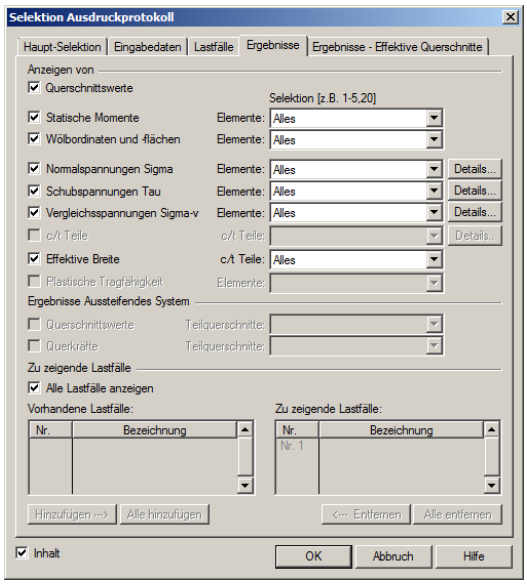


Bild 11.5

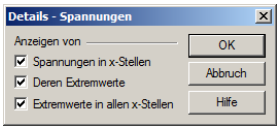
Register *Ergebnisse* im Dialog *Selektion Ausdruckprotokoll*

Für die Selektion in diesem Register gelten die für das Register **Eingabedaten** genannten Erläuterungen.

Über den Button **Details** in den Kategorien der Spannungen und c/t-Teile gelangen Sie in den Dialog **Details - Spannungen** bzw. **Details - c/t-Teile**, der eine Verkürzung des Ausgabeumfangs im Hinblick auf Spannungen bzw. c/t-Teile ermöglicht (siehe folgendes Bild).

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Bild 11.6

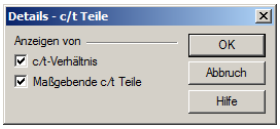


Dialog *Details - Spannungen*

Wenn Sie in diesem Dialog z. B. die Optionen **Spannungen in x-Stellen** und **Deren Extremwerte** deaktivieren und nur die **Extremwerte von allen x-Stellen** anhaken, werden nur die maximalen und minimalen Spannungen aller Schnittgrößenkonstellationen gedruckt.

Im Dialog **Details - c/t-Teile** besteht die Auswahl unter den Optionen **c/t-Verhältnis** und/oder **Maßgebende c/t-Teile**.

Bild 11.7

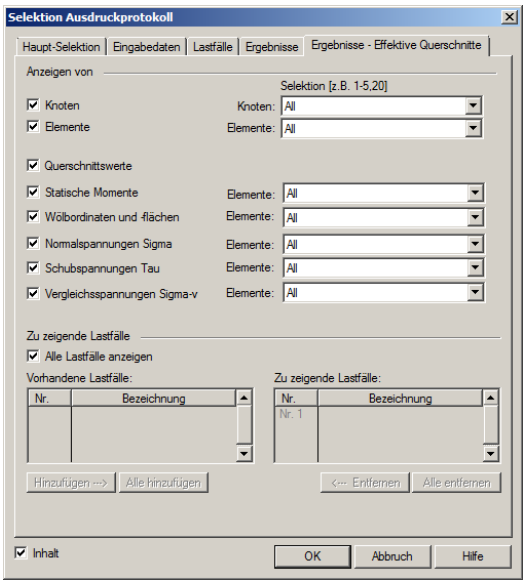


Dialog *Details - c/t Teile*

Des Weiteren können Sie entscheiden, ob alle Lastfälle im Ausdruck erscheinen sollen. Ist dies nicht gewünscht, so ist das entsprechende Häkchen zu entfernen. Damit werden die Listen **Vorhandene Lastfälle** und **Zu zeigende Lastfälle** zugänglich. Die relevanten Lastfälle lassen sich hier über die Buttons **Hinzufügen** und **Alle hinzufügen** auswählen bzw. mit **Entfernen** und **Alle hinzufügen** wieder zurücksetzen.

Ergebnisse – Effektive Querschnitte

Bild 11.8



Register *Ergebnisse - Effektive Querschnitte* im Dialog *Selektion Ausdruckprotokoll*

Für die Selektion in diesem Register gelten die für das Register **Ergebnisse** genannten Erläuterungen.

Mit dem Anhaken der Option **Inhalt** links unten im Dialog **Selektion Ausdruckprotokoll** wird am Anfang des Protokolls das Inhaltsverzeichnis angezeigt. Diese Option ist stets unabhängig vom aktuell geöffneten Register zugänglich.

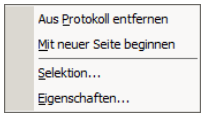
Mit **OK** können Sie in jedem Register die Auswahl bestätigen und den Dialog beenden. Damit kehren Sie zurück in den Dialog **Neues Ausdruckprotokoll**, in dem Sie über den Button **OK** die Erstellung des Protokolls starten können.

11.1.2 Druck-Navigator, Kontextmenü

Im linken Bereich des Ausdruckprotokolls wird der Druck-Navigator mit dem Inhalt des Protokolls angezeigt. Dieser Inhalt entspricht Ihren durch die Selektion getroffenen Vorgaben. Rechts davon befindet sich die Seitenansicht, in der Sie das zu erwartende Aussehen der Seiten überprüfen können. Die einzelnen Teile des Ausdruckprotokolls können Sie im Druck-Navigator per Drag & Drop an jede beliebige Stelle verschieben.

Weitere Möglichkeiten zur Anpassung bietet das Kontextmenü, das durch Anklicken der einzelnen Inhaltspunkte mit der rechten Maustaste aufgerufen wird.

Bild 11.9



Kontextmenü im Druck-Navigator

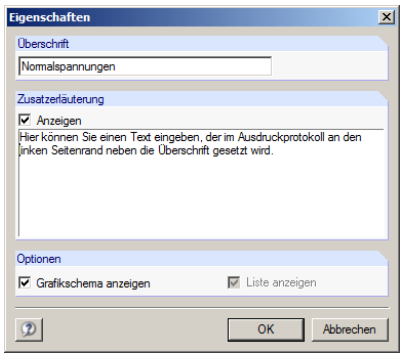
Aus Protokoll entfernen

… löscht den markierten Teil vollständig aus dem Ausdruckprotokoll. Das aus dem Protokoll entfernte Thema kann über das Pulldownmenü **Bearbeiten** und das Untermenü **Selektion** oder über die Funktion **Selektion** im Kontextmenü wieder eingefügt werden.

Eigenschaften…

… öffnet den Dialog **Eigenschaften** mit den Möglichkeiten, beliebige Anmerkungen zu einem Abschnitt einzufügen und die Überschrift zu ändern.

Bild 11.10



Dialog *Eigenschaften*

In diesem Dialog kann man auch durch Anhaken entscheiden, ob das Grafikschema angezeigt werden soll.

Selektion…

… ruft den Dialog **Selektion Ausdruckprotokoll** (siehe Kapitel 11.1.1) mit dem aktuell geöffneten Detailregister je nach angeklicktem Inhaltspunkt auf.

Mit neuer Seite beginnen

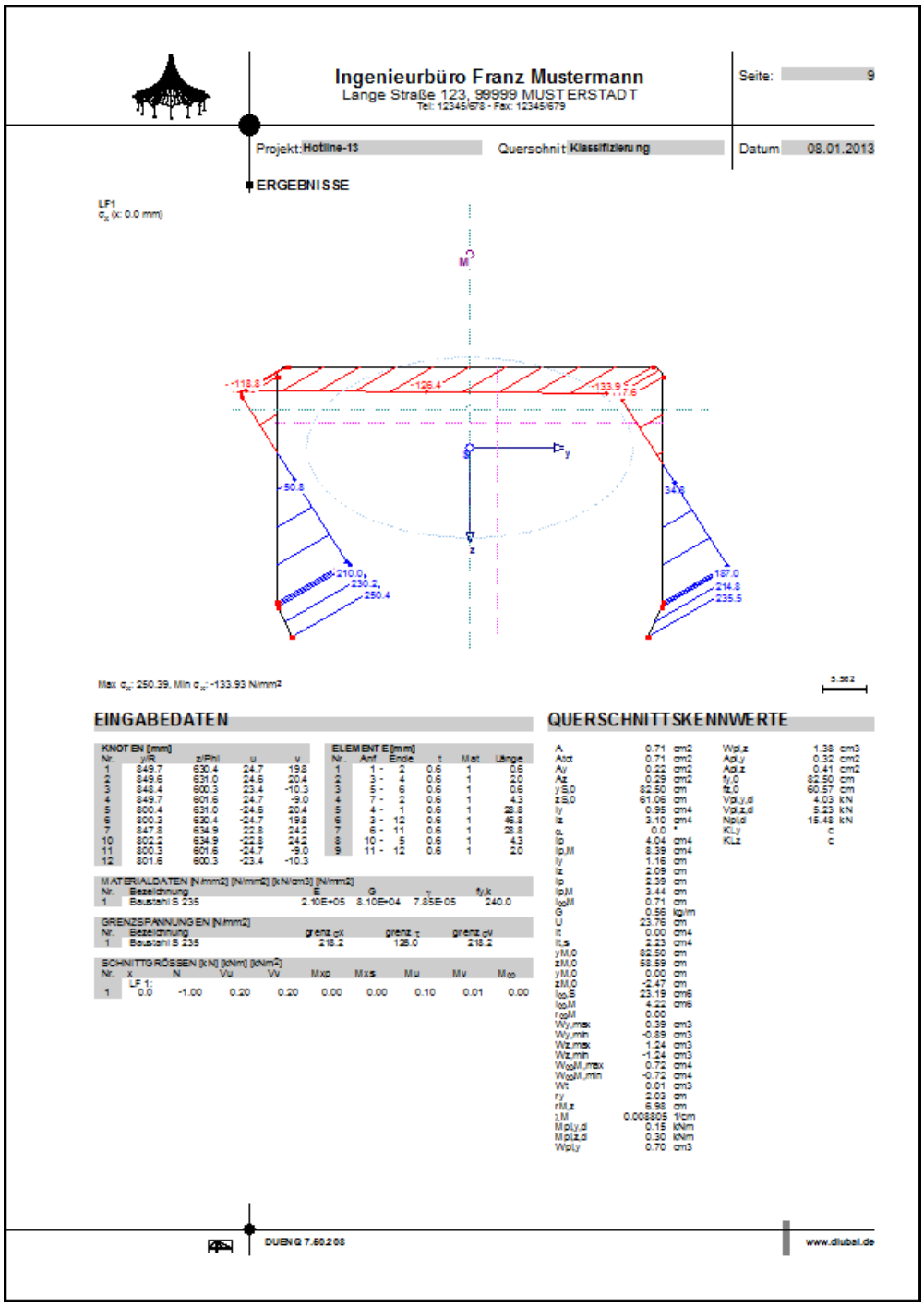
… veranlasst, dass der Ausdruck hier mit einer neuen Seite beginnt. Dieses Kapitel wird dann mit einem roten Punkt im Verzeichnisbaum des Druck-Navigators gekennzeichnet.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

11.2 Kurzausdruck

Im Dialog **Grafikausdruck**, der im DUENQ-Hauptfenster über das Pulldownmenü **Datei** und das Untermenü **Drucken** oder über die zugeordnete Schaltfläche erreichbar ist (siehe Kapitel 6.1, Bild 6.3), können Sie die Option **Kurz-Ausdruck (1 Seite)** anhaken.

Damit lässt sich ein komprimierter Ausdruck mit allen wesentlichen Querschnittsinformationen und einer aussagekräftigen Grafik erzeugen. Der eine Seite umfassende Kurzausdruck kann in das Ausdruckprotokoll oder direkt gedruckt werden.



Ingenieurbüro Franz Mustermann
Lange Straße 123, 99999 MUSTERSTADT
Tel: 12345/678 - Fax: 12345/679

Seite: 9

Projekt: Hotline-13 | Querschnitt: Klassifizierung | Datum: 08.01.2013

ERGEBNISSE

LF1
σ_x (x: 0.0 mm)

Max σ_x: 250.39, Min σ_x: -133.93 N/mm²

5.562

EINGABEDATEN

KNOTEN [mm]

Nr.	y/R	z/Phi	u	v
1	849.7	630.4	24.7	19.8
2	849.6	631.0	24.6	20.4
3	848.4	600.3	23.4	-10.3
4	849.7	601.6	24.7	-9.0
5	800.4	631.0	-24.6	20.4
6	800.3	630.4	-24.7	19.8
7	847.8	634.9	22.8	24.2
10	802.2	634.9	-22.8	24.2
11	800.3	601.6	-24.7	-9.0
12	801.6	600.3	-23.4	-10.3

ELEMENTE [mm]

Nr.	Anf	Ende	t	Mat	Länge
1	1 -	2	0.6	1	0.6
2	3 -	4	0.6	1	2.0
3	5 -	6	0.6	1	0.6
4	7 -	2	0.6	1	4.3
5	4 -	1	0.6	1	28.8
6	3 -	12	0.6	1	46.8
7	6 -	11	0.6	1	28.8
8	10 -	5	0.6	1	4.3
9	11 -	12	0.6	1	2.0

MATERIALDATEN [N/mm2] [N/mm2] [kN/cm3] [N/mm2]

Nr.	Bezeichnung	E	G	γ	fy,k
1	Baustahl S 235	2.10E+05	8.10E+04	7.85E-05	240.0

GRENZSPANNUNGEN [N/mm2]

Nr.	Bezeichnung	grenz σx	grenz τ	grenz σV
1	Baustahl S 235	218.2	126.0	218.2

SCHNITTGRÖSSEN [kN] [kNm] [kNm2]

Nr.	x	N	Vu	Vv	Mxp	Mxs	Mu	Mv	Mω
	LF 1:								
1	0.0	-1.00	0.20	0.20	0.00	0.00	0.10	0.01	0.00

QUERSCHNITTSKENNWERTE

A	0.71	cm2	Wpl,z	1.38	cm3
Atot	0.71	cm2	Aql,y	0.32	cm2
Av	0.22	cm2	Aql,z	0.41	cm2
Atz	0.29	cm2	fy,0	82.50	cm
y S,0	82.50	cm	fz,0	60.57	cm
z S,0	61.06	cm	Vpl,y,d	4.03	kN
Iy	0.95	cm4	Vpl,z,d	5.23	kN
Iz	3.10	cm4	Npl,d	15.48	kN
σ0	0.0	°	KLy	c	
Ip	4.04	cm4	KLz	c	
Ip,M	8.39	cm4			
iy	1.16	cm			
iz	2.09	cm			
ip	2.39	cm			
ip,M	3.44	cm			
iωM	0.71	cm			
G	0.56	kg/m			
u	23.75	cm			
It	0.00	cm4			
It,s	2.23	cm4			
y M,0	82.50	cm			
z M,0	58.59	cm			
y M,0	0.00	cm			
z M,0	-2.47	cm			
Iω,S	23.19	cm6			
Iω,M	4.22	cm6			
rωM	0.00				
Wy,max	0.39	cm3			
Wy,min	-0.89	cm3			
Wz,max	1.24	cm3			
Wz,min	-1.24	cm3			
WωM,max	0.72	cm4			
WωM,min	-0.72	cm4			
Wt	0.01	cm3			
ry	2.03	cm			
rM,z	5.98	cm			
χM	0.008805	1/cm			
Mpl,y,d	0.15	kNm			
Mpl,z,d	0.30	kNm			
Wpl,y	0.70	cm3			

DUENQ 7.60.2.08 www.dlubal.de

Bild 11.11

Kurzausdruck (1 Seite)

11.3 Pulldownmenüs

11.3.1 Datei [Alt+D]

In diesem Menü stehen die üblichen Befehle zum Verwalten und Drucken von Ausdruckprotokollen zur Verfügung.

Neu

… ruft den Dialog **Neues Ausdruckprotokoll** zum Anlegen eines neuen Protokolls auf.

Öffnen… [Strg+O]

… öffnet ein bestehendes Ausdruckprotokoll, das im erscheinenden Dialog **Ausdruckprotokolle** ausgewählt werden kann.

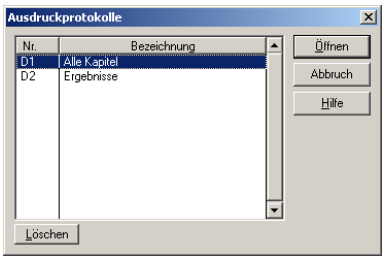


Bild 11.12

Dialog *Ausdruckprotokolle*

Export in RTF-Datei oder Bautext

… ermöglicht das Speichern des Ausdruckprotokolls im Rich Text Format und dessen Export in einen festzulegenden Ablagepfad oder in das Programm BAUTEXT. Im Dialog **Ausdruck-Protokoll im RTF-Format exportieren** kann durch Anhaken auch entschieden werden, ob nur die selektierten Daten exportiert werden sollen.

Bild 11.13

Dialog *Ausdruck-Protokoll im RTF-Format exportieren*

Drucken… [Strg+P]

… druckt das aktuelle Protokoll.

Drucker einrichten…

… ermöglicht die Detaileinstellungen des Druckers für die Ausgabe.

Seitenlayout…

… ruft den Dialog **Seitenlayout** mit den Einstellungen zur Ausdruckgestaltung auf.

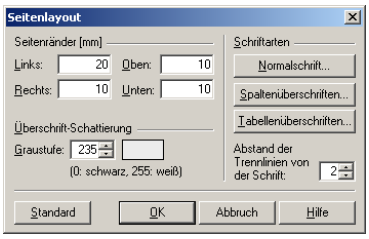


Bild 11.14

Dialog *Seitenlayout*

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Sie können hier die Abstände des Druckbereiches für jeden Seitenrand getrennt festlegen sowie die Graustufe der Überschrift-Schattierung durch Werte zwischen 0 (für schwarz) und 255 (für weiß) variieren. Ferner lassen sich hier die Schriftarten für Normalschrift, Spaltenüberschriften und Tabellenüberschriften gesondert definieren und der Abstand der Trennlinien von der Schrift bestimmen.

Der Button **Standard** stellt voreingestellten Werte wieder her.

Beenden [Alt+F4]

… beendet das Ausdruckprotokoll und wechselt zurück zum DUENQ-Hauptfenster.

11.3.2 Bearbeiten [Alt+B]

Dieses Menü bietet weitere Bearbeitungsmöglichkeiten für den Ausdruck.

Globale Selektion…

… ruft den Dialog **Selektion Ausdruckprotokoll** auf (siehe Kapitel 11.1.1).

Umbenennen…

… ermöglicht es, im Dialog **Ausdruckprotokoll umbenennen** die Bezeichnung des Protokolls zu ändern.

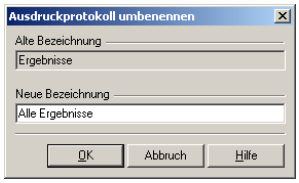


Bild 11.15

Dialog *Ausdruckprotokoll umbenennen*

Kopfzeilen, Firmenkopf…

… ruft den gleichnamigen Dialog auf, in dem Sie zunächst durch Anhaken festlegen, ob Firmenkopf, Projekt, Position und Seitennummerierung sowie Datum angezeigt werden sollen.

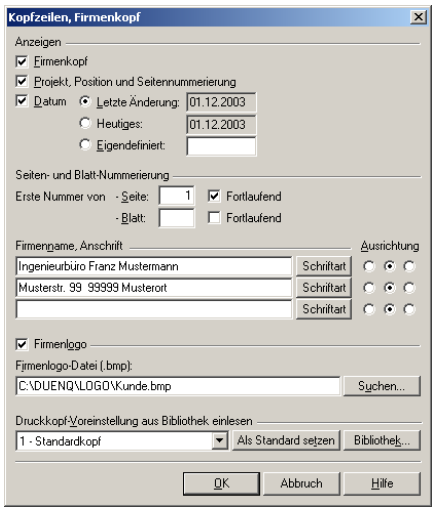


Bild 11.16

Dialog *Kopfzeilen, Firmenkopf*

In Abhängigkeit von der Vorauswahl lässt sich die Seiten- und Blatt-Nummerierung, der Firmenname mit der Anschrift und das Firmenlogo festlegen. Das Firmenlogo, das Sie über den Button **Suchen** auswählen können, muss als ***.bmp**-Datei vorliegen. Es besteht auch die Möglichkeit, eine Druckkopf-Voreinstellung aus der Bibliothek einzulesen. Der Klick auf

den Button **Bibliothek…** bringt Sie in den Dialog **Druckkopf-Bibliothek**, in dem Sie eine bestehende Druckkopf-Einstellung einlesen, bearbeiten oder löschen bzw. eine neue Druckkopf-Einstellung anlegen können.

Bild 11.17

Dialog *Druckkopf-Bibliothek*

Fußzeilen anzeigen

… blendet die Fußzeilenanzeige durch Anklicken ein und aus.

Aus Protokoll entfernen
Eigenschaften
Selektion
Mit neuer Seite beginnen

… entsprechen den Funktionen, die auch im Kontextmenü des Druck-Navigators zur Verfügung stehen (siehe Kapitel 11.1.2).

11.3.3 Ansicht [Alt+A]

Dieses Menü steuert die Seitenansicht sowie das Ein- und Ausblenden der Symbol- und Statusleiste.

Vorherige Seite

… springt zur vorherigen Seite des Ausdruckprotokolls.

Nächste Seite

… springt zur nächsten Seite des Ausdruckprotokolls.

Anfang

… springt zur ersten Seite des Ausdruckprotokolls.

Ende

… springt zur letzten Seite des Ausdruckprotokolls.

Gehe zu…

… springt zu der Seite, deren Nummer im Dialog **Gehe zu Seite** angegeben werden kann.

Ein- oder zweiseitig

… wechselt zwischen der Anzeige von einer oder zwei Seiten.

Vergrößern

… vergrößert die Ansicht des Ausdruckprotokolls.

Verkleinern

… vergrößert die Ansicht des Ausdruckprotokolls.

Werkzeugleiste

… blendet die Werkzeugleiste durch Anklicken ein und aus.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Statusleiste

… blendet die Statusleiste durch Anklicken ein und aus.

Neuzeichnen

… baut die Ansicht des Ausdruckprotokolls neu auf.

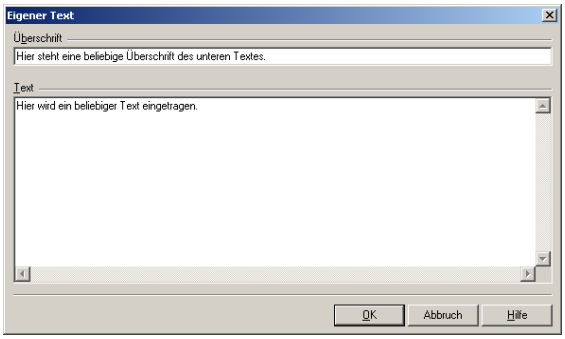
11.3.4 Einfügen [Alt+E]

Über dieses Menü lassen sich Texte aus einer Datei oder Inhalte der Zwischenablage einzufügen bzw. Texte direkt eintragen.

Text…

… öffnet den Dialog **Eigener Text** zum Einfügen eines Textblocks, der mit einer Überschrift versehen werden muss.

Bild 11.18



Dialog *Eigener Text*

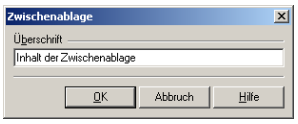
Text-Datei (ASCII)…

… fügt eine Textdatei in das Ausdruckprotokoll ein. Nach dem Aufruf der Funktion können Sie im Dialog mit der Browse-Funktion nach der Datei suchen und sie öffnen. Es erscheint der Dialog **Eigener Text**, in dem der Pfad der Datei als Überschrift über dem eingefügten Text erscheint. Sie können dort eine eigene Überschrift eintragen.

Grafik aus Zwischenablage…

… fügt eine Grafik ein, die sich in der Zwischenablage befindet. Dabei erscheint der Dialog **Zwischenablage**, in dem eine Überschrift für die Grafik anzugeben ist.

Bild 11.19

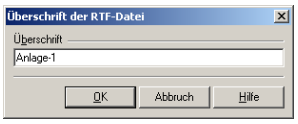


Dialog *Zwischenablage*

RTF-Datei

… fügt eine Textdatei im Rich Text Format in das Ausdruckprotokoll ein. Nach dem Aufruf der Funktion können Sie im Dialog mit der Browse-Funktion nach der RTF-Datei suchen und sie öffnen. Es erscheint der Dialog **Überschrift der RTF-Datei**, in dem als Textüberschrift der Dateiname angeboten wird, den Sie dort ändern können.

Bild 11.20



Dialog *Überschrift der RTF-Datei*

11.3.5 Einstellungen [Alt+U]

Über dieses Menü lassen sich Ausdruckprotokoll-Muster und Sprache einstellen.

Ausdruckprotokoll-Muster…

… führt weiter zu den folgenden Menüpunkten:

Neu…

… ruft den Dialog **Selektion Ausdruckprotokoll** (siehe Kapitel 11.1.1) zum Anlegen eines neuen Musters auf.

Neu aus aktuellem Protokoll…

… übernimmt die selektierten Themen des aktuellen Protokolls als neu anzulegendes Ausdruckprotokoll-Muster. Diesem kann im Dialog **Neues Ausdruckprotokoll-Muster** eine Bezeichnung zugewiesen werden.

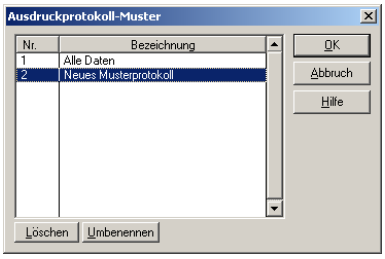
Bild 11.21

Dialog *Neues Ausdruckprotokoll-Muster*

Wählen…

… ruft den Dialog **Ausdruckprotokoll-Muster** mit der Liste aller vorhandenen Ausdruckprotokoll-Muster auf. Wenn Sie ein Muster ausgewählt haben, können Sie die Selektion in das aktuelle Ausdruckprotokoll übernehmen. Im Dialog besteht auch die Möglichkeit, ein Ausdruckprotokoll-Muster zu löschen oder umzubenennen (mit Ausnahme des ersten voreingestellten Musters mit der Bezeichnung **Alle Daten**).

Bild 11.22



Dialog *Ausdruckprotokoll-Muster*

Sprache

… steuert die Sprache des Ausdruckprotokolls. Zurzeit sind die Sprachen Deutsch, Englisch, Tschechisch, Spanisch und Holländisch implementiert.

Zoom-Modus
Selektion-Modus

… ermöglichen den Wechsel zwischen zwei Mausfunktionen: Ist der **Zoom-Modus** aktiv, so wird bei einem einfachen Mausklick in das Ausdruckprotokoll der entsprechende Bereich vergrößert dargestellt. Beim **Selektion-Modus** hingegen ist es möglich, durch einen einfachen Klick in das Protokoll das übergeordnete Thema zu markieren. Mit einem Doppelklick in das Protokoll werden das entsprechende Selektionsregister bzw. die Eigenschaften des Protokollthemas aufgerufen.

11.3.6 Hilfe [Alt+H]

Dieses Menü bietet Unterstützung bei Problemen und hat die gleichen Untermenüs wie das Pulldownmenü **Hilfe** in der DUENQ-Menüleiste (siehe Kapitel 6.10).

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

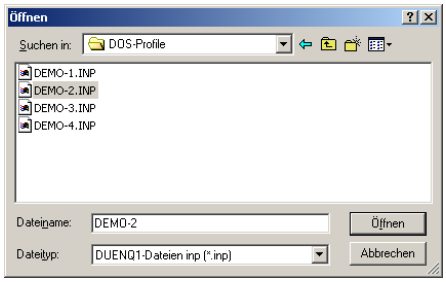
12. Import

Dieses Kapitel beschreibt die Übernahme von DUENQ-Dateien aus DOS-Versionen und den Import von DXF-Dateien. Profile aus DUENQ 5.xx und 6.xx brauchen Sie normalerweise nicht importieren: Der DUENQ-Projektmanager bindet diese Projekte automatisch ein.

12.1 DOS-Dateien *.inp

Die Eingabedaten von DUENQ-Profilen aus DOS-Versionen können einzeln übernommen werden. Nach dem Aufruf der Funktion im Menü **Datei** → **Importieren** erscheint folgender Dialog:

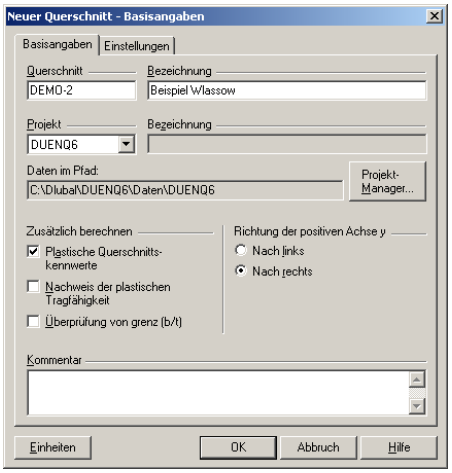
Bild 12.1



Dialog *Öffnen* zum Import von DOS-Dateien *.inp

Stellen Sie mit der Browse-Funktion den Ordner ein, in dem sich das DUENQ-Profil befindet. Wenn Sie dann in der Liste der Querschnitte in diesem Verzeichnis das relevante Profil doppelklicken oder mit **Öffnen** auswählen, wird der Importvorgang ausgeführt.

Bild 12.2



Dialog *Neuer Querschnitt - Basisangaben* zum Einlesen einer DOS-Datei *.inp

DUENQ behandelt die eingelesenen Daten als neuen Querschnitt. Sie können die Basisangaben der importierten Datei überprüfen und diese ebenso wie den Namen oder die Bezeichnung abändern. Letzteres kann notwendig sein, wenn bereits ein DUENQ-Profil gleichen Namens existiert.

Ein Verzeichnis kann mit allen DOS-Querschnitten auch komplett als Projekt in den Projekt-Manager eingebunden werden: Rufen Sie über das Menü **Datei** den **Projekt-Manager** auf. Dort können Sie über das Menü **Projekt** → **Verzeichnis einbinden** den Ordner mit den alten Profilen in die Projektverwaltung aufnehmen.

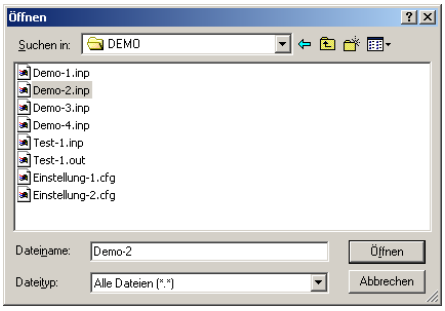
Bild 12.3

Dialog *Existierendes Verzeichnis als neues Projekt in DUENQ einbinden*

Stellen Sie über den Button **Suchen** den Ordner der DOS-Querschnitte ein. Nehmen Sie dann geeignete Einträge in den Feldern **Projekt-Name** und **Projekt-Bezeichnung** für das neue DUENQ-Projekt vor und bestätigen mit [**OK**].

Da die alten Querschnitte in einem anderen Datenformat vorliegen, werden sie im Projekt-Manager noch nicht angezeigt. Schließen Sie den Projekt-Manager und wählen im Menü **Datei** die Option **Öffnen**. Im Dialog ist nun bei **Suchen in:** bereits das DOS-Verzeichnis voreingestellt (falls nicht, bitte mit der Browse-Funktion einstellen).

Bild 12.4



Dialog *Öffnen* mit der gewählten Option Alle Dateien (*.*)

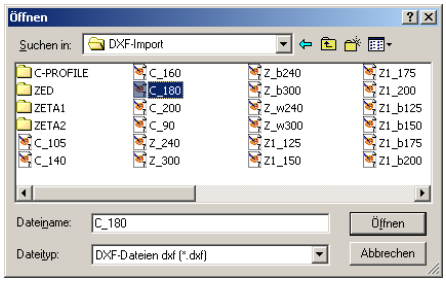
Wählen Sie nun als **Dateityp** mit einem Klick auf [▼] in der Liste die Option **Alle Dateien (*.*)**. Sie können nun jede der angezeigten Dateien im Format ***.inp** über die Schaltfläche **Öffnen** aufrufen. Die DOS-Eingabedaten des Profils werden dann als neuer Querschnitt eingelesen.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

12.2 ASCII-Dateien *.dxf

Wenn die Geometrie eines Querschnitts in Form einer DXF-Datei als Umriss- oder Schwerelinienmodell vorliegt, kann das Profil über das Menü **Datei** → **DXF-Vorlage einlesen** importiert werden. Beachten Sie bitte, dass im DXF-Modell ausschließlich die Umriss- oder Mittellinien abgelegt sind. Maßlinien, Beschriftungen oder Hilfslinien stören das korrekte Einlesen nach DUENQ. Lösen Sie ggf. zusammengesetzte Objekte im CAD-Programm in seine Teilobjekte auf (z. B. Befehl "Ursprung").

Bild 12.5



Dialog *Öffnen* mit der Wahl des Dateityps *.dxf

Stellen Sie über die Browse-Funktion den Ordner ein, in dem sich die einzulesende Zeichnung des Dateityps ***.dxf** befindet. Durch Doppelklicken der Datei bzw. Selektieren und **Öffnen** wird der Import gestartet. Es erscheint der Dialog **DXF-Vorlage importieren** mit den Import-Details (siehe Bild 6.73 auf Seite 76). Dieser Dialog ist im Kapitel 6.6 auch ausführlich beschrieben.

Geben Sie im Dialogabschnitt **DUENQ-Modell erzeugen** den Typ der DXF-Vorlage an. Handelt es sich um ein Modell mit Umrisslinien, so ist die Option **Elemente automatisch erzeugen und weiterbearbeiten** zu empfehlen. Bei einem Schwerelinienmodell sollten Sie die zweite Möglichkeit **DXF-Mittellinien Elemente mit Dicke zuordnen** aktivieren. Legen Sie dann die Dicke **t** für alle DUENQ-Elemente fest, die aus den Mittellinien erzeugt werden sollen. Die dritte Möglichkeit **DXF-Vorlage zu weiterer Bearbeitung erzeugen** bietet sich an, wenn die Zeichnung zum manuellen Setzen von Elementen nur grafisch hinterlegt werden soll.

Die übrigen Einstellmöglichkeiten zu **Positionierung**, **Drehung** und **Offsetpunkt-Lage** der DXF-Vorlage entsprechen den Parametern aus dem Dialog zum Setzen eines Bibliothek-Profils. Die Dialoge **Linien in der DXF-Vorlage entfernen** und **Elemente aus DXF-Kontur erzeugen** mit weiteren Optionen zum DXF-Import sind im Kapitel 6.6 ab Seite 75 beschrieben.

13. Beispiele

Die folgenden Beispiele werden bei der Installation mit auf Ihren Rechner kopiert. Die Querschnitte sind bereits berechnet und mit Ausdruckprotokollen im Demo-Projekt abgelegt. Sie können sie ausdrucken, bearbeiten oder selbst eine Eingabe versuchen.

13.1 KANT

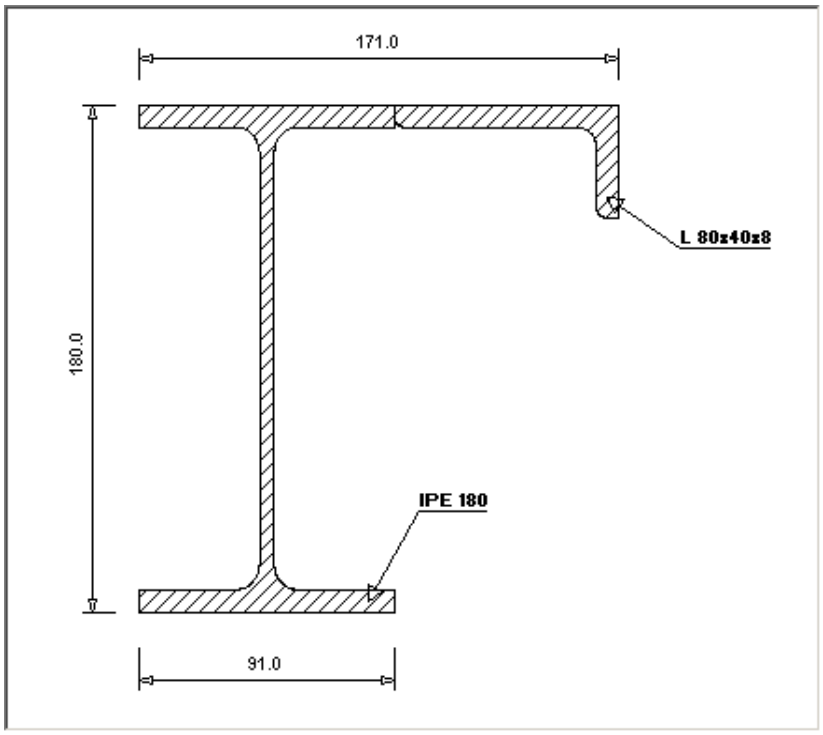


Bild 13.1

Skizze des Querschnitts KANT

Es sind die Querschnittswerte eines Kantprofils zu ermitteln, das aus einem **IPE 180** Walzprofil und einem ungleichschenkligen Winkel **L 80x40x8** zusammengesetzt ist.

Der Querschnitt könnte grafisch oder numerisch über Einzelelemente definiert werden. Schneller jedoch gelangt man über die Profile aus der Bibliothek ans Ziel: Setzen Sie zunächst das IPE-Profil und platzieren dann das L-Profil unter Angabe eines Drehwinkels von -90° am rechten oberen Knoten des **IPE 180**.

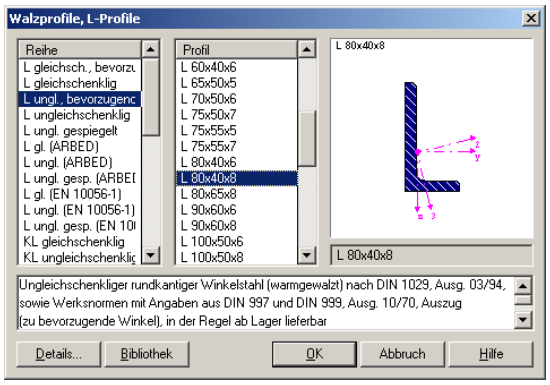


Bild 13.2

Bibliothek: *Walzprofile, L-Profile*: L 80x40x8 auswählen

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

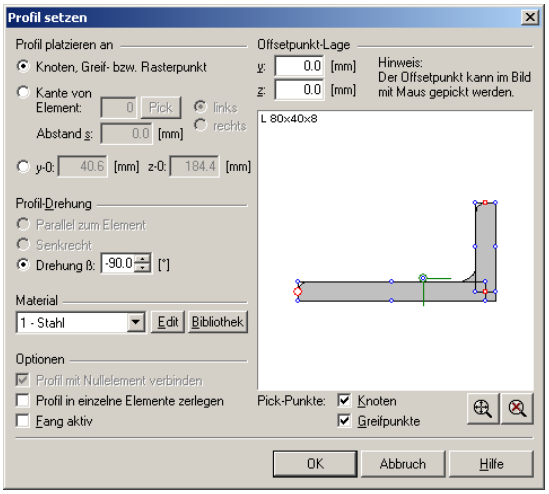


Bild 13.3

Profil setzen: Profil-Drehung und Offsetpunkt-Lage bestimmen

Klicken Sie anschließend das L-Profil mit der rechten Maustaste an und wählen im Kontextmenü die Option **Spiegeln/Kopieren**. Definieren Sie im folgenden Dialog die Spiegellinie über einen Punkt und die parallele Achse **y** und klicken dann einen der beiden Knoten im längeren Schenkel des L-Profils an.

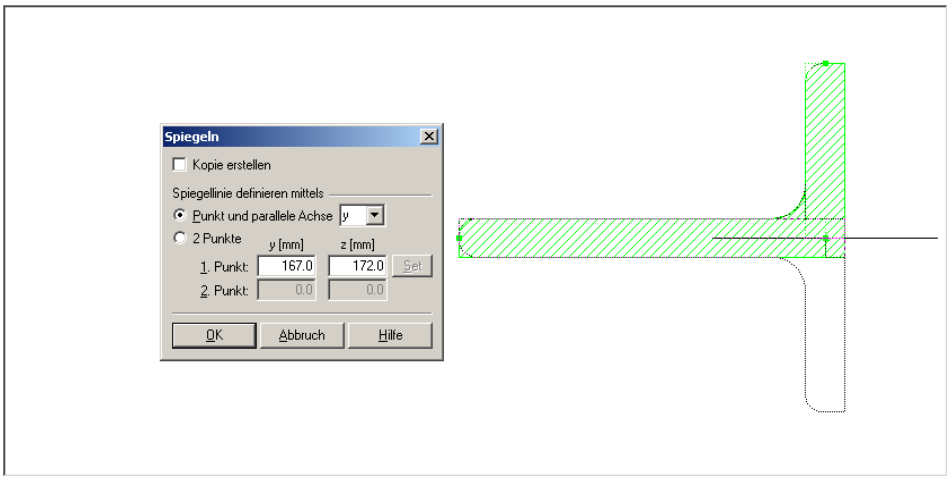
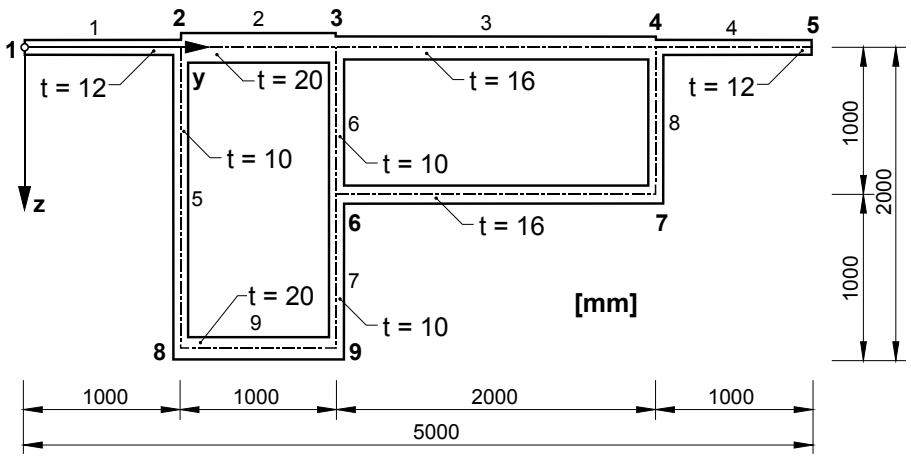


Bild 13.4

Spiegeln: Spiegellinie definieren durch Punkt und parallele Achse y

13.2 BRÜCKE



Stahl St 37

Bild 13.5

Skizze des Querschnitts BRÜCKE

Bei diesem unsymmetrischen zweizelligen Brückenquerschnitt (vgl. [10], S. 1357 ff.) kann sich das Profil aufgrund einer konstruktiven Maßnahme nicht um den Schubmittelpunkt **M**, sondern um den Schwerpunkt **S** drehen. Somit liegt eine gebundene Drillachse vor.

In einem ersten Rechengang wird die Lage des Schwerpunkts **S** ermittelt. Dessen Koordinaten werden dann über Menü **Bearbeiten** → **Querschnittsdaten** → **Basisangaben** und Register **Einstellungen** in die entsprechenden Eingabefelder als Drillpunkt **D** eingetragen. Anschließend wird die Berechnung nochmals gestartet.

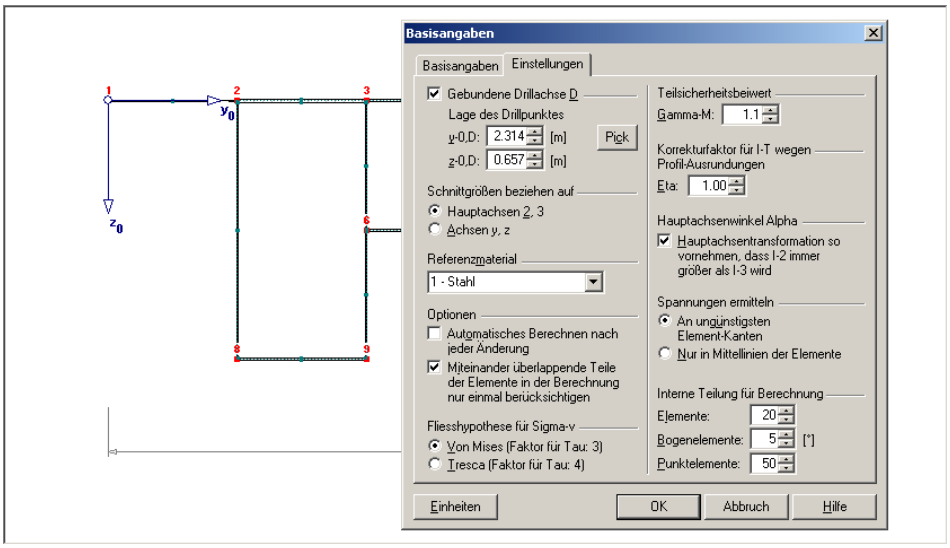


Bild 13.6

Dialog *Basisangaben*, Register *Einstellungen*

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

13.3 KUPPEL

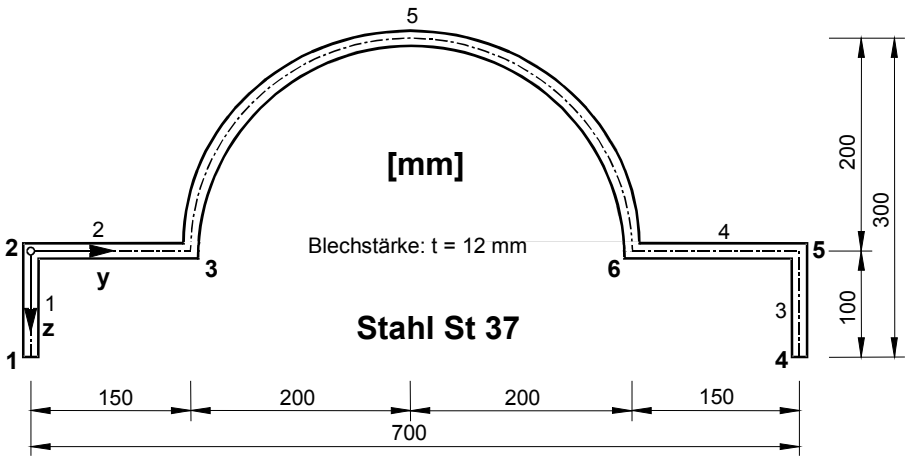


Bild 13.7

Skizze des Querschnittes KUPPEL

Es soll ein kuppelartiges Profil mit Hilfe der Funktion **Bogenelement setzen** generiert werden.

Definieren Sie zunächst die Elemente **1** bis **4** mit den Knoten **1** bis **6** grafisch oder in den Tabellen 1.1 und 1.4. Rufen Sie dann im Menü **Einfügen** den Unterpunkt **1.4 Elemente** → **Grafisch** → **Bogen** auf. Klicken Sie in der Grafik zuerst den Knoten **3** als Anfangs- und anschließend den Knoten **6** als Endknoten an.

Der Bogen wird strichlinienhaft angezeigt. Legen Sie die Dicke mit **12 mm** fest und verschieben nun die Maus so lange, bis als **Radius** und **Stich 200 mm** angezeigt werden. Diese Werte können Sie natürlich auch manuell eintragen und anschließend über die Schaltfläche **Setzen** bestätigen (achten Sie aber darauf, mit der Maus nicht versehentlich das Dialogfenster zu verlassen, sonst wird wieder der grafische Wert der Cursorposition maßgebend).

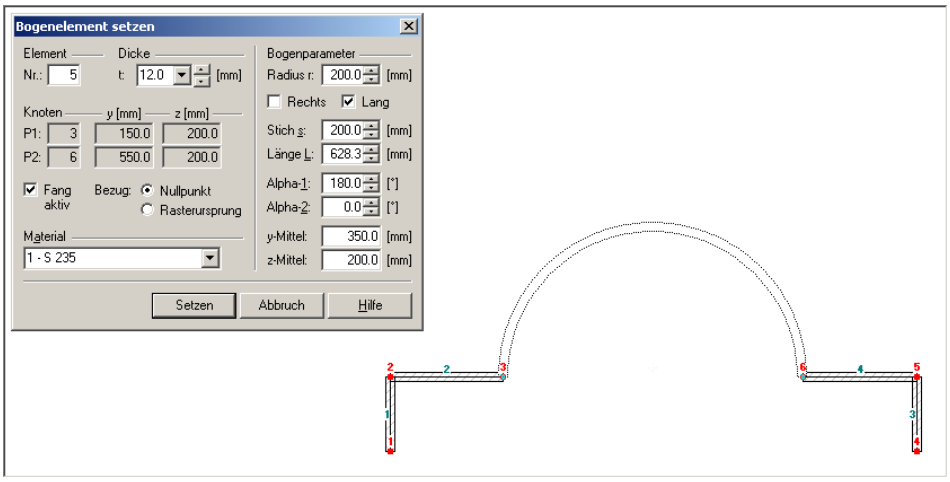


Bild 13.8

Bogenelement setzen

13.4 HOCHHAUS

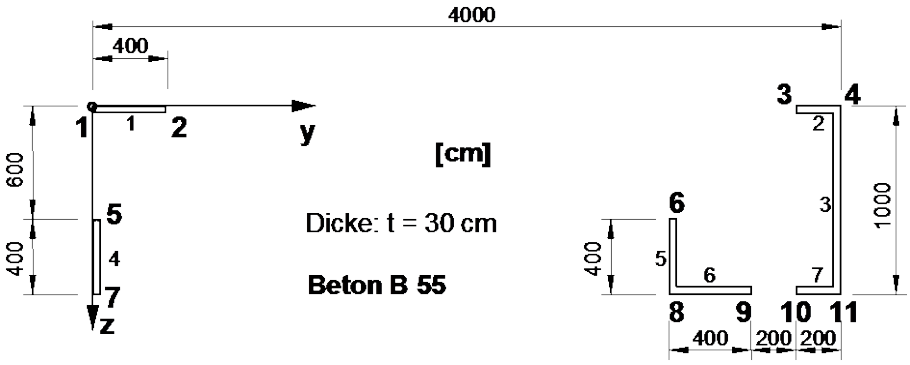


Bild 13.9

Skizze des Querschnitts HOCHHAUS

Für das oben dargestellte Aussteifungssystem werden die Querschnittswerte und Teilquerschnittswerte ermittelt. Vor der Berechnung erfolgt die Abfrage, ob auch tatsächlich nach der Theorie aussteifender Systeme vorgegangen werden soll.

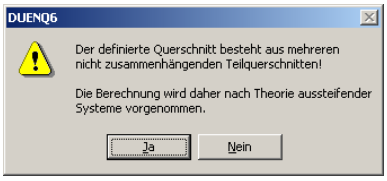


Bild 13.10

Berechnung nach Theorie aussteifender Systeme

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

13.5 KONSOLE

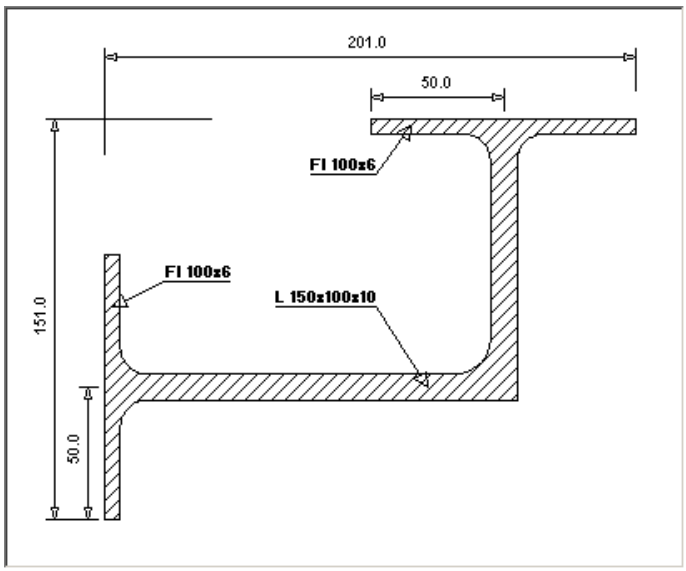


Bild 13.11

Skizze des Querschnitts KONSOLE

Das Beispiel enthält eine plastische Berechnung und einen c/t-Nachweis nach dem Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch gemäß DIN 18 800. Bei diesem Querschnitt werden zwei Flachstähle **100x6** beidseits an ein ungleichschenkliges Winkelprofil **L 150x100x10** angefügt.

Bei den Basisangaben sind folgende Einstellungen zu treffen.

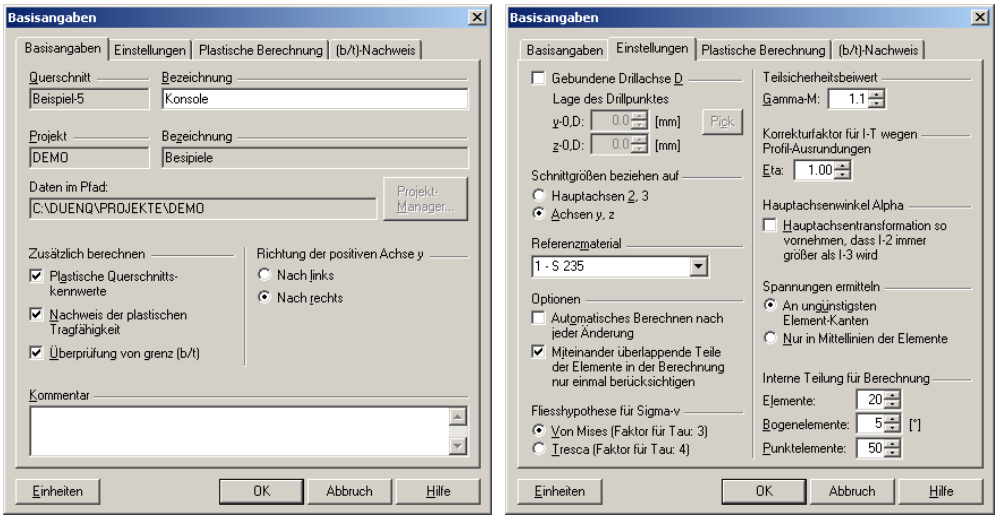


Bild 13.12

Dialog *Basisangaben*, Register *Basisangaben* und *Einstellungen*

Im Register **Plastische Berechnung** gelten die Standardeinstellungen. Der c/t-Nachweis erfolgt nach dem Verfahren Elastisch-Plastisch.

Die Bemessungsschnittgrößen sind:

N = -12 kN; V_y = 85 kN; V_z = 55 kN; M_y = 16 kNm; M_z = 21 kNm

Die Werte sind in Tabelle 1.7 einzutragen.

Der Querschnitt wird grafisch eingegeben: Definieren Sie zunächst in der Profilbibliothek bei den "Geschweißten Querschnitten" einen Flachstahl **100x6** (wichtig: die Breite **b** muss wegen dünnwandiger Theorie größer als Dicke **d** sein). Platzieren Sie den Flachstahl unter einem Drehwinkel von 90° an eine beliebige Stelle.

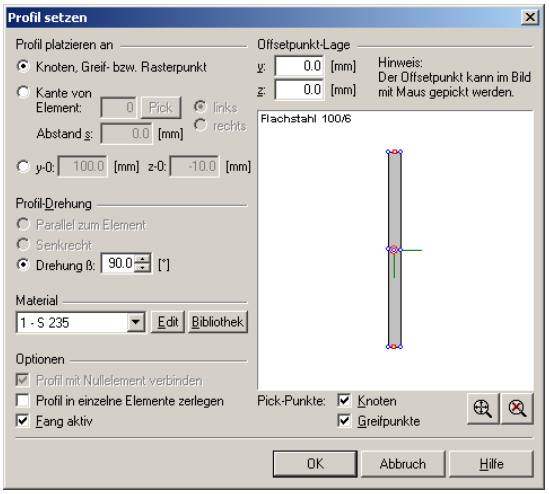


Bild 13.13

Flachstahl 100x6 setzen

Wählen Sie dann in der Profilbibliothek aus der L-Reihe das Profil **L 150x100x10** aus. Im folgenden Dialog geben Sie als Drehwinkel -90° an und legen per Mausklick den Endknoten des längeren Schenkels als Offsetpunkt fest (im Bild unten rot markiert).

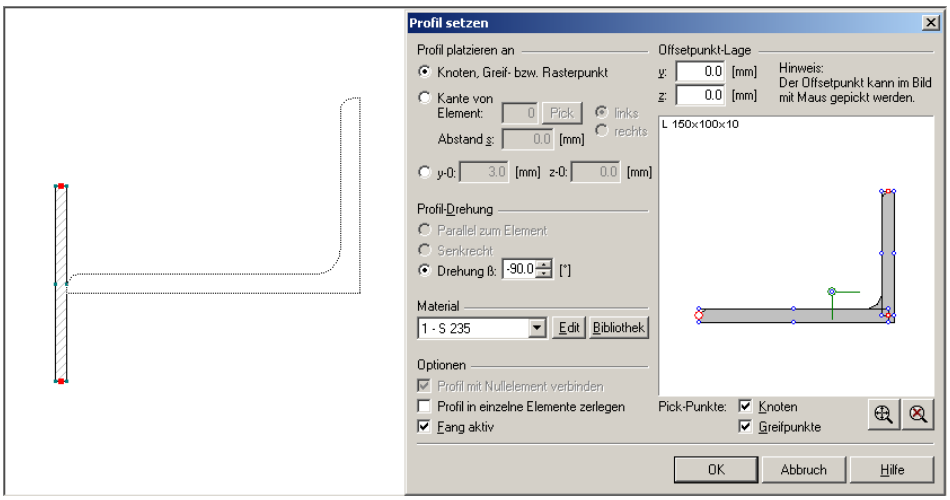


Bild 13.14

L 150x100x10 setzen

Beim Verlassen des Dialogs wird das Profil strichlinienhaft angezeigt. Schieben Sie es genau auf den rechten Greifpunkt in der Mitte des Flachstahls und setzen es dann mit einem Mausklick. DUENQ stellt automatisch eine Verbindung mit einem Nullelement her und unterteilt den Flachstahl in zwei Elemente.

Definieren Sie nun nochmals einen Flachstahl **100x6** in der Profilbibliothek unter den "Geschweißten Querschnitten". Belassen Sie im Dialog den Drehwinkel auf 0°. Als Offsetpunkt wählen Sie diesmal den unteren Greifpunkt in der Profilmitte (siehe folgendes Bild).

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH

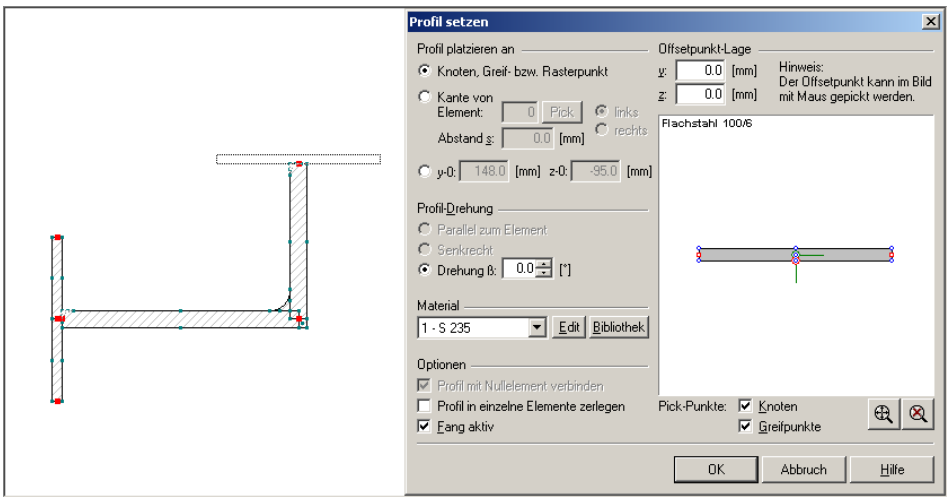


Bild 13.15

Flachstahl 100x6 setzen

Schieben Sie dann das strichlinienhaft angezeigte Profil auf den roten Endknoten des kurzen L-Schenkels. Beim Setzen per Mausklick stellt DUENQ wieder eine Teilung und Anbindung über ein Nullelement her.

Klicken Sie nun das L-Profil mit der rechten Maustaste an und wählt im Kontextmenü die Option **Profil in Elemente zerlegen**. Anschließend löschen Sie die beiden Punktelemente an den Schenkelenden, die als Aussparungen definiert sind: Markieren Sie diese per Mausklick (ggf. hierfür Bereich zoomen) und löschen sie diese dann mit der [Entf]-Taste.

Die Schweißnähte werden in das Modell ebenfalls mit einbezogen. Setzen Sie diese an den Anschlussbereichen vereinfacht als Punktelemente vom Typ Ausrundung mit einem Radius von 10 mm, was einer Schweißnaht von etwa 4 mm entspricht. Mit dem Drehwinkel kann die Lage der Ausrundung jeweils vor dem Setzen angepasst werden.

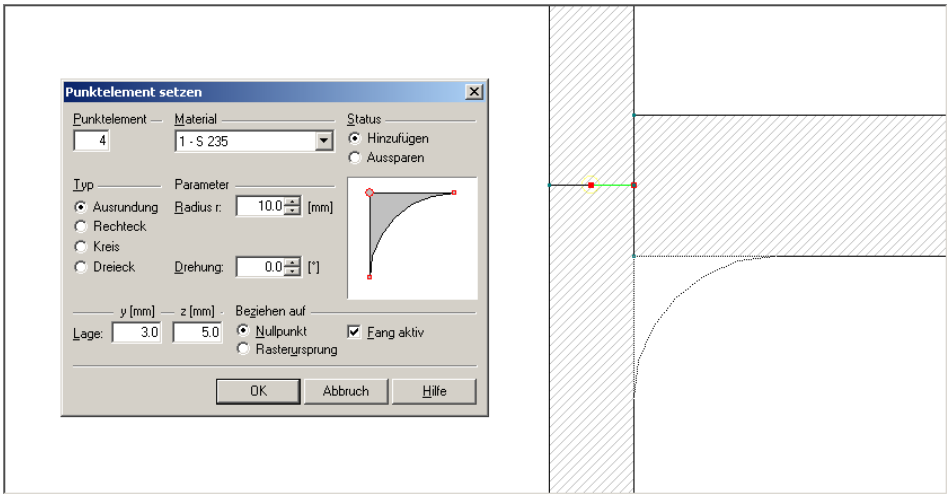


Bild 13.16

Punktelement setzen

Damit ist die Eingabe abgeschlossen. Die Berechnung kann gestartet werden.

A: Literaturverzeichnis

[1] DASt-Richtlinie 016: Bemessung und konstruktive Gestaltung von Tragwerken aus dünnwandigen kaltgeformten Bauteilen. Deutscher Ausschuss für Stahlbau. Stahlbau-Verlagsgesellschaft, Köln, Juli 1988.

[2] DIN 18 800 Teil 1: Stahlbauten, Bemessung und Konstruktion. November 1990.

[3] EN 1993-1-1: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, 2005.

[4] Goris, A.; Richter, G.: Schneider-Bautabellen, 14. Auflage, Kapitel 5 B, Stahlbeton- und Spannbetonbau nach DIN 1045-1 (neu). Werner Verlag, Düsseldorf, 2001.

[5] Kindmann, R.; Frickel, J.: Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit. Grundlagen, Methoden, Berechnungsverfahren, Beispiele. Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2002.

[6] Lindner, J., Scheer, J., Schmidt, H.: Erläuterungen zu DIN 18 800 Teil 1 bis Teil 4. Beuth-Kommentare. Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1998.

[7] Maier, W., Weiler, P.: Bemessungshilfen für den Nachweis von Stabquerschnitten im plastischen Zustand nach DIN 18 800, November 1990. Forschungsbericht 2/1997. Deutscher Ausschuss für Stahlbau.

[8] Osterrieder, P.: Tragfähigkeit von Stahlquerschnitten mit Schnittkraftinteraktion. Wissenschaft und Praxis, Veröffentlichung der Fachhochschule Biberach, 24. Stahlbauseminar 2002, S. 6-1 bis 6-10.

[9] Osterrieder, P., Werner, F., Kretzschmar, J.: Biegedrillknicknachweis Elastisch-Plastisch für gewalzte I-Querschnitte. Stahlbau 67 (1998), H. 10, S. 794-801.

[10] Petersen, C.: Stahlbau. Grundlagen der Berechnung und baulichen Ausbildung von Stahlbauten. Verlag Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden, 1993.

Programm DUENQ © 2013 Ingenieur-Software Dlubal GmbH