

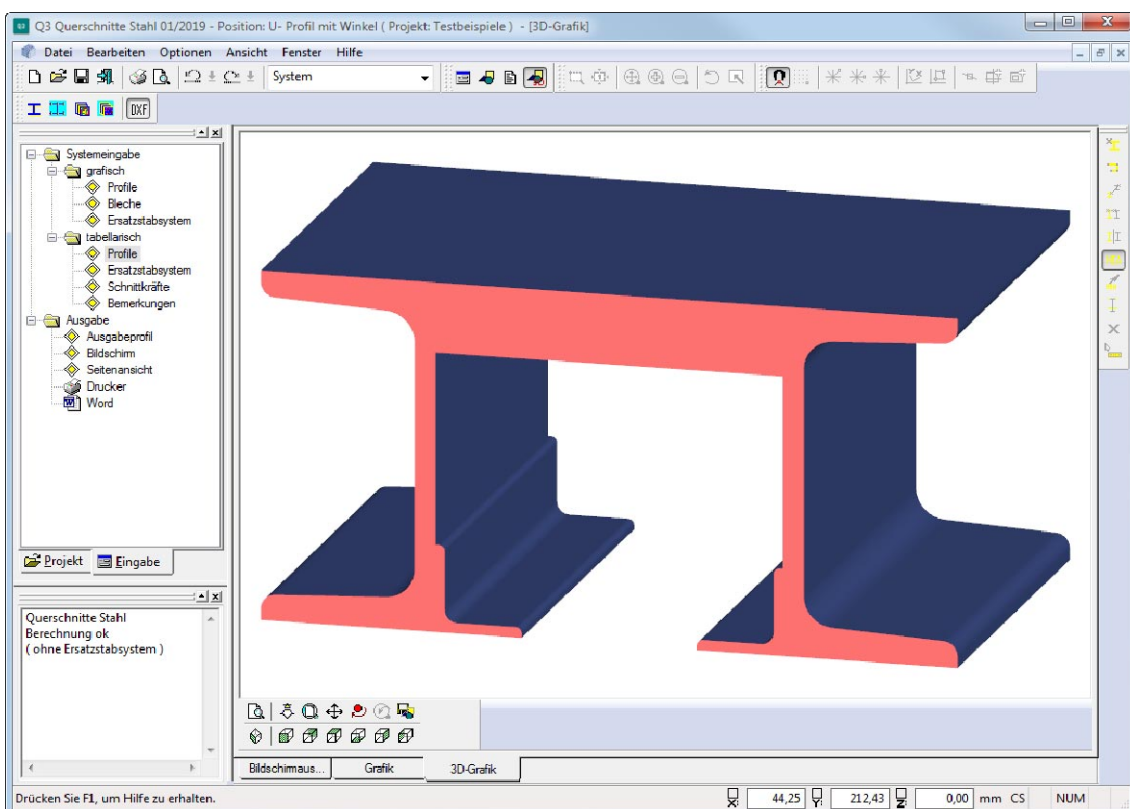
## Q3 – Querschnitte Stahl

FRILO Software GmbH

[www.friilo.eu](http://www.friilo.eu)

[info@friilo.eu](mailto:info@friilo.eu)

Stand: 04.12.2018



# Q3 – Querschnitte Stahl

## Inhaltsverzeichnis

<b>Anwendungsmöglichkeiten</b>	<b>3</b>
<b>Berechnungsgrundlagen</b>	<b>5</b>
<b>Systemeingabe</b>	<b>6</b>
Eingabe grafisch	6
Profile	6
Bleche	8
Ersatzstabsystem	9
Eingabe tabellarisch	10
Profile	10
Ersatzstabsystem	11
Schnittkräfte	11
<b>Querschnitte und Profilauswahl</b>	<b>12</b>
<b>Ausgabe und Ergebnisse</b>	<b>13</b>
Ausgabeprofil	13
Koordinatensysteme für die Ausgabe	14
Querschnittswerte allgemeines System	15
Kernfläche	16
Spannungen in den Eckpunkten	16
Ersatzstabsystem	16
<b>Symbolleisten in Q3</b>	<b>17</b>
Symbolleiste Systemeingabe	18
Symbolleiste System Ergebnisse	18
Symbolleisten des Ersatzstabsystems	19
Symbolleiste für allgemeine Grafikfunktionen	20

## Grundlegende Dokumentationen - Übersicht

Neben den einzelnen Programmhandbüchern (Manuals) finden Sie grundlegende Erläuterungen zur Bedienung der Programme auf unserer Homepage [www.frilo.eu](http://www.frilo.eu) ( ▶ Service ▶ Fachinformationen ▶ Bedienungsgrundlagen).

## Anwendungsmöglichkeiten

Das Programm ermittelt für beliebig zusammengesetzte dünnwandige Profile des Stahlbaus folgende Werte:

### Querschnittswerte allgemeines System

- Querschnittsfläche
- Lage des Schwerpunkts
- Flächenmomente 2.Grades
- Winkel der Hauptachsen
- Flächenmomente 2.Grades bezogen auf die Hauptachsen
- Widerstandsmomente
- Trägheitsradien
- [Kernfläche](#)
- Abmessungen des umhüllenden Rechtecks
- [siehe Querschnittswerte allgemeines System](#)

### Erweiterte Querschnittswerte für das Ersatzstabsystem

- Lage des Schubmittelpunktes
- Schubflächen für die Schubverformung
- Schubflächen für die Spannungsermittlung
- Torsionsträgheitsmoment
- Torsionswiderstandsmoment
- Wölbwiderstandsmoment
- Kindemische Querschnittsstrecken
- Flächenmomente 1.Grades

### Spannungen am allgemeinen System

Biegenormalspannungen infolge Normalkraft und  $M_y$  und  $M_z$  in den Eckpunkten jedes Profils (max. und min. Wert, alle weiteren Schnittkräfte werden ignoriert).

Die Berechnung setzt voraus, dass die Einzelprofile schubsteif verbunden sind.

→ [siehe Spannungen in den Eckpunkten](#)

### Spannungen am Ersatzstabsystem

- Biegenormalspannungen infolge Normalkraft und  $M_y$  und  $M_z$
- Normalspannungen infolge Wölbkrafttorsion
- Resultierende Normalspannung
  
- Schubspannung infolge Querkraft
- Schubspannungen infolge ST.Venantscher Torsion am geschlossenen Querschnitt
- Schubspannungen infolge ST.Venantscher Torsion am offenen Querschnitt
- Schubspannungen infolge Wölbkrafttorsion
- Resultierende Schubspannung
  
- Vergleichsspannungen

### Einheitsverwölbung am Ersatzstabsystem

Einheitsverwölbung bezogen auf den Schubmittelpunkt

Einheitsverwölbung bezogen auf den Schwerpunkt

### Ergebnisse am allgemeinen System

#### Kernfläche

Lastbild allgemeines System – nur Normalkraft und Biegemomente

Querschnittswerte (Hauptachsen usw.) am allgemeinen System

Spannungen nur infolge  $N, M_y, M_z$

### Profilauswahl

Genormte Profile (DIN, ARBED) stehen in einer Datenbank zur Verfügung.

Die Eingabe einfachsymmetrischer Doppel-T-Profile, von Blechen und von Rundstahl erfolgt über die Abmessungen.

Weiterhin ist die Eingabe (Auswahl) von selbstdefinierten U-, Winkel-, Hohlprofilen und dünnwandig offenen Profilen (Querschnitt Q20) möglich.

Aus diesen Profilen können beliebige Querschnitte zusammengesetzt werden. Die Eingabe erfolgt entweder in einer Tabelle oder über grafische Funktionen.

### Ersatzstabsystem

Die Berechnung der erweiterten Querschnittswerte (Wölbwiderstandsmoment usw.) erfolgt für ein Ersatzstabsystem, das in sich geschlossen sein muss.

Der eingegebene Querschnitt wird vom Programm in ein solches Stabsystem zerlegt.

Jeder Stab hat eine konstante Dicke. Falls das System nicht zusammenhängend ist (i.d.R. bei mehr als einem Profil), müssen Verbindungen zwischen den Profilen definiert werden. Diese Eingabe kann wiederum grafisch oder in einer Tabelle erfolgen.

Jeder Stab hat eine Nummer und ist durch eine Knotenanfangs- und -endnummer gekennzeichnet. Verbindungen werden zwischen zwei Knoten oder einem Knoten und einem Stab gebildet. Im letzteren Fall wird von dem zuerst ausgewählten Knoten auf den ausgewählten Stab das Lot gefällt – am Schnittpunkt wird ein neuer Knoten gebildet und der ausgewählte Stab in zwei Stäbe geteilt.

In der Praxis werden diese Verbindungen möglicherweise durch Schweißnähte gebildet.

Das Programm führt aber keinen Schweißnahtnachweis, die Verbindungen werden wie Stäbe bzw. Knoten des Ersatzstabsystems behandelt.

### Tabellarische Eingabe der Schnittkräfte

$N, M_y, M_z$

Folgende Schnittkräfte werden nur beim Ersatzstabsystem berücksichtigt:

$V_z, V_y, M_{tp}, M_{ts}, B$

→ Siehe hierzu das Kapitel [Schnittkräfte](#)

## Berechnungsgrundlagen

### Ersatzstabsystem

Für das Ersatzstabsystem wird der Schubmittelpunkt (auch Querkraftmittelpunkt oder Drillruhepunkt) errechnet. Dies ist der Querschnittspunkt, in dem die Querkraft als Resultierende aller Querkraftschubspannungen angreift.

Greift die resultierende Querkraft außerhalb des Schubmittelpunkts an, entsteht ein Moment, das den Stab tordiert – das Torsionsmoment – welches zusätzliche Schubspannungen und Verformungen hervorruft. Diese Schubspannungen müssen mit den Querkraftschubspannungen überlagert werden.

Bei Torsion unterscheidet man die ST.Venantsche (primäre Torsion) und die Wölbkrafttorsion (sekundäre Torsion).

### Wölbkrafttorsion – sekundäre Schubspannungen und Normalspannungen

Verwölbung eines Querschnitts bedeutet, der Querschnitt bleibt nicht eben, es erfolgt eine Verschiebung der Querschnittspunkte in Richtung der Stabachse. Diese Eigenschaft ist querschnittsabhängig:

- wölbfreie Querschnitte – Rohre , L-, T- , Kreuzprofile
- quasi wölbfreie Querschnitte – mehrzellige Hohlquerschnitte
- nicht wölbfreie Querschnitte – offene dünnwandige Querschnitte

Wird diese Verwölbung des Querschnitts verhindert , entstehen Schubspannungen (infolge des sekundären Torsionsmoments) und Normalspannungen (infolge Bimoment bzw. Wölbmoment).

Bei der Verhinderung der Verwölbung tritt gleichzeitig eine Versteifung des Querschnitts auf. Diese Eigenschaft wird durch den Wölbwiderstand  $CM$  definiert. Da dies nur bei Querschnitten auftritt, die sich auch verwölben können, ist der Wölbwiderstand für diese Querschnitte groß im Gegensatz zu wölbfreien Querschnitten wie Rohren usw.

Für eine Drehung um den Schubmittelpunkt ist der Wölbwiderstand am geringsten.

### ST.Venantsche Torsion

Wird dieser o.g. Wölbeffekt vernachlässigt , spricht man von der primären („reinen“) Torsion. Es bildet sich innerhalb der einzelnen dünnwandigen Querschnittsteile ein geschlossener Schubfluss aus, wobei die Größtwerte der Schubspannungen an den Rändern auftreten und entlang der Mittellinie der einzelnen Querschnittsteile (Ersatzstäbe) gleich Null sind.

Die Anteile von primärer und sekundärer Torsion am Querschnitt sind abhängig von der Querschnittsart, dem statischen System und der Belastung.

## Systemeingabe

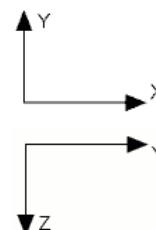
Die Eingabe kann tabellarisch oder grafisch erfolgen - siehe die entsprechenden Menüpunkte (grafisch/tabellarisch) in der Hauptauswahl.

### Eingabe grafisch

! Einige Funktionen im Grafikfenster stehen ausschließlich in "**kontextsensitiven Menüs**" zur Verfügung. Klicken Sie hierzu mit der **rechten Maustaste** auf die Oberfläche des Grafikfensters. Siehe Beispiel im Kapitel "[Bleche](#)".

Alle graphischen Eingaben sind auf das x/y-Koordinatensystem bezogen.

Ausgaben können wahlweise auch auf das y/z-Koordinatensystem bezogen werden.



Die grafische Eingabe wird über zwei Symbolleisten gesteuert:



[System](#)

Eingeblendet werden die Symbole für die Eingabe von Profilen / Blechen, Verschieben, Kopieren, Beschriftung, Löschen ...




[Ersatzstabsystem](#)

Eingeblendet werden die Symbole für die Eingabe und das Löschen von Verbindungen sowie Tooltips.

Die grafische Eingabe erfolgt immer im x/y-System.

### Profile

Über den Menüpunkt „Profile“ rufen Sie die Profilauswahl auf. Alternativ können Sie die Profilauswahl auch über das Symbol  aufrufen.

In der Profilauswahl können Sie aus einer Liste von Standardprofilen auswählen oder ein Profil über seine Abmessungen eingeben.

→ Siehe Kapitel „[Querschnitte und Profilauswahl](#)“.

Nach Auswahl des gewünschten Profils wird ein Eingabedialog für verschiedene Parameter gestartet - siehe folgende Seite.

### Referenzpunkt

Im dargestellten Profil im Grafikfenster werden Referenzpunkte angezeigt - siehe Grafik auf der folgenden Seite.

Per Mausklick auf einen Referenzpunkt wird dieser aktiviert/ausgewählt - Sie erkennen dies an der farblichen Darstellung.

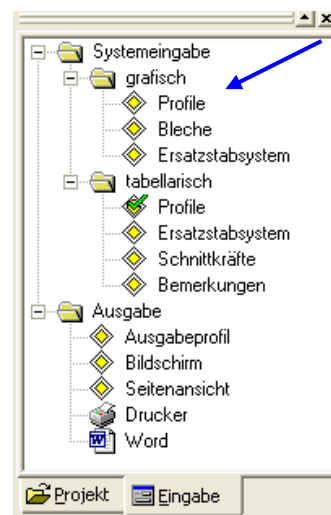
Der ausgewählte Punkt dient als Referenzpunkt beim anschließenden Positionieren des Profils.

### Abstand zum markierten Referenzpunkt

Über X= und Y= können Sie den Referenzpunkt bei Bedarf verschieben.

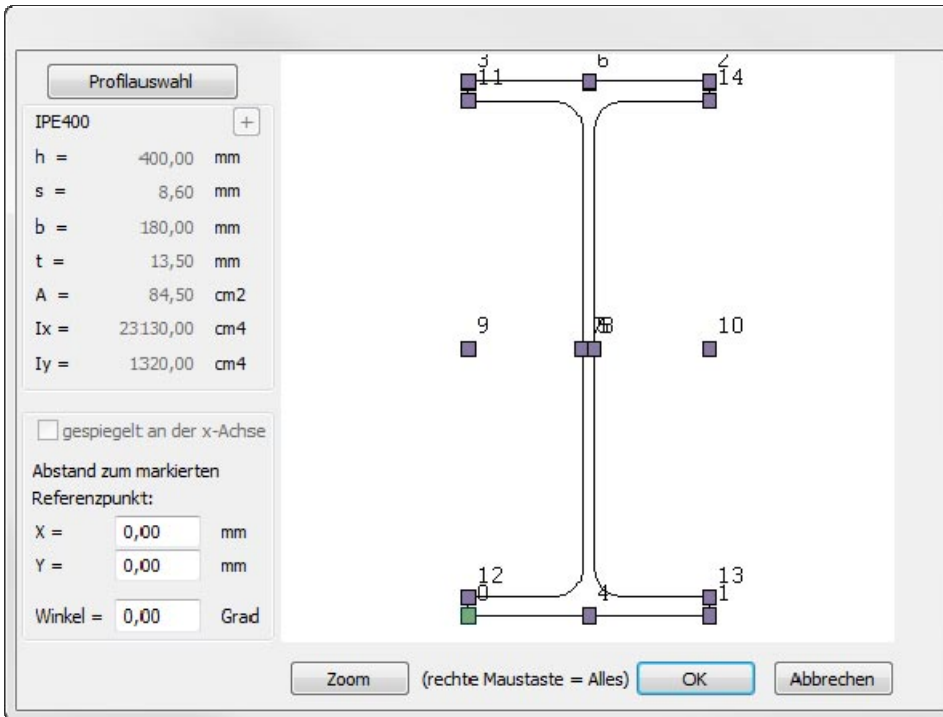
### Winkel

Über die Eingabe eines Winkels (positiv linksdrehend) wird das Profil gedreht.



### gespiegelt an der x-Achse

Z- und L-Profile können an der x-Achse gespiegelt werden - klicken Sie hierzu diese Option an.



### Zoom

Vergrößern bzw. Verkleinern der Profildarstellung im Grafikenfenster.


### Profilauswahl

Über diese Schaltfläche wird wieder die [Profilauswahl](#) eingeblendet und Sie können ein anderes Profil wählen.

### Positionieren des ausgewählten Profils

Nach Eingabe der oben beschriebenen Parameter und Bestätigen mit OK können Sie das Profil (den Referenzpunkt) per Mausklick im Grafikenfenster positionieren.

## Bleche

Symbol: 

Der Cursor wird als Fadenkreuz angezeigt und Sie können ein Blech als Polygonzug mit der Maus eingeben oder Sie benutzen die [numerische Koordinateneingabe](#). Die Eingabe des Polygonzuges beenden Sie über den Punkt „Beenden“ im Kontextmenü (rechte Maustaste, siehe folgenden Abschnitt).

*Hinweis: Benutzen Sie als Orientierungshilfe das Hintergrundnetz und den Fangmodus.*



Abb: Numerische Koordinateneingabe, Symbole für Fangmodus, Hintergrundnetz ...



Die Grundlagen der grafischen Eingabe sind im Dokument „[Grafische Eingabe](#)“ beschrieben.

### Kontextsensitives Funktionsmenü

Um einen Polygonzug zu schließen oder die Eingabe zu Beenden, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Grafikoberfläche - ein kontextsensitives Menü mit den entsprechenden Funktionen (siehe Abb.) wird eingeblendet.

<b>Schließen</b>	Der letzte gesetzte Polygonpunkt wird mit dem ersten Punkt verbunden (geschlossenes Profil).
<b>Beenden</b>	Die Eingabe des Profils wird beendet.
<b>Abbruch</b>	Die Eingabe wird verworfen.
<b>Schritt zurück</b>	Der (jeweils) letzte gesetzte Polygonpunkt wird wieder gelöscht.
<a href="#">Orthogonal ...Snap</a>	Allgemeine Funktionen für die Grafikeingabe.
<b>Eigenschaften</b>	Anzeigeoptionen - Abmessungen, Drehen, Hintergrundnetz.

Beenden	B
Abbruch	ESC
Schritt zurück	Back
Zoom	
Alles	
Orthogonal	O
Horizontal	H
Vertikal	V
Grid	G
Snap	
Schliessen	S
Eigenschaften	

Nach "Schließen" bzw. "Beenden" wird das Dialogfenster "Blecheingabe" geöffnet. Hier geben Sie die Dicke des Blechs in mm ein und die gewünschte Ausbreitungsrichtung des Blechs zum eingegebenen Polygonzug.

*Hinweis: Die Ausrichtung "links" bzw. "rechts" bezieht sich auf die Eingaberichtung des Polygonzuges.*

**Blecheingabe**

Dicke des Blechs in mm =

Ausrichtung der Blechdicke zum Eingabepolygon:

mittig

links

rechts



## Ersatzstabsystem

Mit dem Mausfangrechteck wird ein Knoten ausgewählt (angeklickt) – anschließend noch ein Knoten oder ein Stab. Nach erfolgreicher Eingabe wird die Verbindung sofort grafisch dargestellt.

Lesen Sie hierzu auch das Kapitel für die [tabellarische Eingabe des Ersatzstabsystems](#)

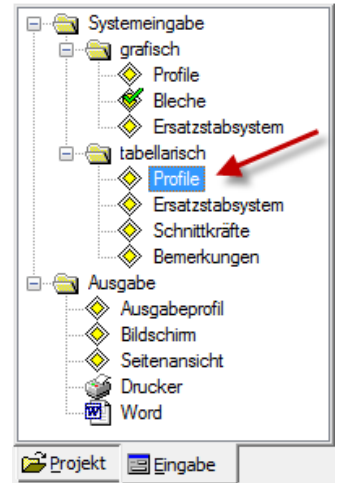
### Siehe auch

[Symbolleiste Ersatzstabsystem](#)

[Berechnungsgrundlagen Ersatzstabsystem](#)

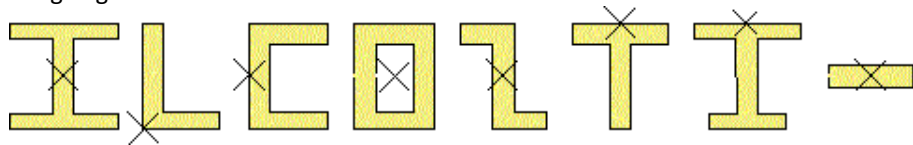
## Eingabe tabellarisch

- Profile** Aufruf der Profilauswahl. Positionieren Sie den Cursor in der Spalte Profil und drücken Sie die F5-Taste.
- Ersatzstabsystem** Die Profile werden automatisch in ein Stabsystem umgewandelt. Die Berechnung für dieses System kann nur erfolgen, wenn das System zusammenhängend ist. Deshalb müssen u.U. Verbindungen eingegeben werden.
- Schnittkräfte** Tabellarische Eingabe der Schnittkräfte (N, My, Mz, Vz, Vy, Mtp, Mts, B).



### Profile

- Profil** Start der [Profilauswahl](#) über die Taste F5. Hier können Sie aus einer Liste von Standardprofilen auswählen oder ein Profil über seine Abmessungen eingeben.
- Pos** Eingabe einer Positionsbezeichnung. Vom Programm wird automatisch "Pos + laufende Nr." vorgeschlagen.
- Höhe, Dicke, Breite** Anzeige von 4 geometrischen Werten des Profils.
- X, Y** Eingabe des Positionierungspunktes des Profils im x/y-System ( x nach rechts = positives Vorzeichen, y nach oben = positives Vorzeichen).  
Der Positionierungspunkt ist für jede Profilarart festgelegt.



- Winkel** Eingabe des Drehwinkels des Profils – linksdrehend positiv.
- gespiegelt** Diese Option kann bei L- und Z-Profilen aktiviert werden, dabei wird das Profil um die x-Achse gespiegelt.


	Profil	Pos	Höhe [mm]	Dicke [mm]	Breite [mm]	Dicke [mm]	X [mm]	Y [mm]	Winkel Grad	gespiegelt
1	U100	Pos 1	100,0	6,0	50,0	8,5	0,0	50,0	0,0	<input type="checkbox"/>
2	L25X3	Pos 6	25,0	3,0	25,0	3,0	-100,0	0,0	0,0	<input type="checkbox"/>
3	U100	Pos 5	100,0	6,0	50,0	8,5	-100,0	50,0	180,0	<input type="checkbox"/>
4	L25X3	Pos 7	25,0	3,0	25,0	3,0	-0,0	0,0	180,0	<input checked="" type="checkbox"/>
5	BL100X20	Pos 8	20,0	0,0	100,0	0,0	-50,0	90,0	0,0	<input type="checkbox"/>
6										<input type="checkbox"/>
7										<input type="checkbox"/>

→ Eingabe des Profils z.B mit F5 oder Eingabe des Namens

## Ersatzstabsystem

Die Profile werden automatisch in ein Stabsystem umgewandelt. Die Berechnung für dieses System kann nur erfolgen, wenn das System zusammenhängend ist. Deshalb müssen u.U. Verbindungen eingegeben werden. Diese werden durch Eingabe einer Knotennummer und einer zweiten Knotennummer bzw. einer Stabnummer definiert. Falls als zweiter Wert eine Stabnummer eingegeben wird, wird von dem zuerst eingegebenen Knoten das Lot auf diesen Stab gefällt und auf diese Art die Verbindung gebildet. Der betreffende Stab wird dabei geteilt.

Alle Knoten und Stäbe des Systems werden in den zwei Auswahllisten neben der Tabelle angezeigt und können dort auch ausgewählt werden.

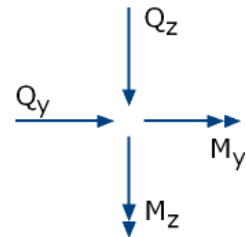


	1. Knoten	2. Knoten	oder 2. Stab	Dicke [mm]
1	16	2	0	10,0
2	15	9	0	10,0
3	5	10	0	10,0
4	12	3	0	10,0
5				

## Schnittkräfte

Vorzeichendefinition: siehe Skizze

- N** Normalkraft (Druck -) im Schwerpunkt in kN → Normalspannungen
- My** Moment um die y-Achse in kNm → Biegenormalspannungen. Positiv, wenn der Momentenvektor in Richtung der positiven Achsrichtung zeigt.
- Mz** Moment um die z-Achse in kNm → Biegenormalspannungen. Positiv, wenn der Momentenvektor in Richtung der positiven Achsrichtung zeigt.



Folgende Schnittkräfte werden nur beim Ersatzstabsystem berücksichtigt:

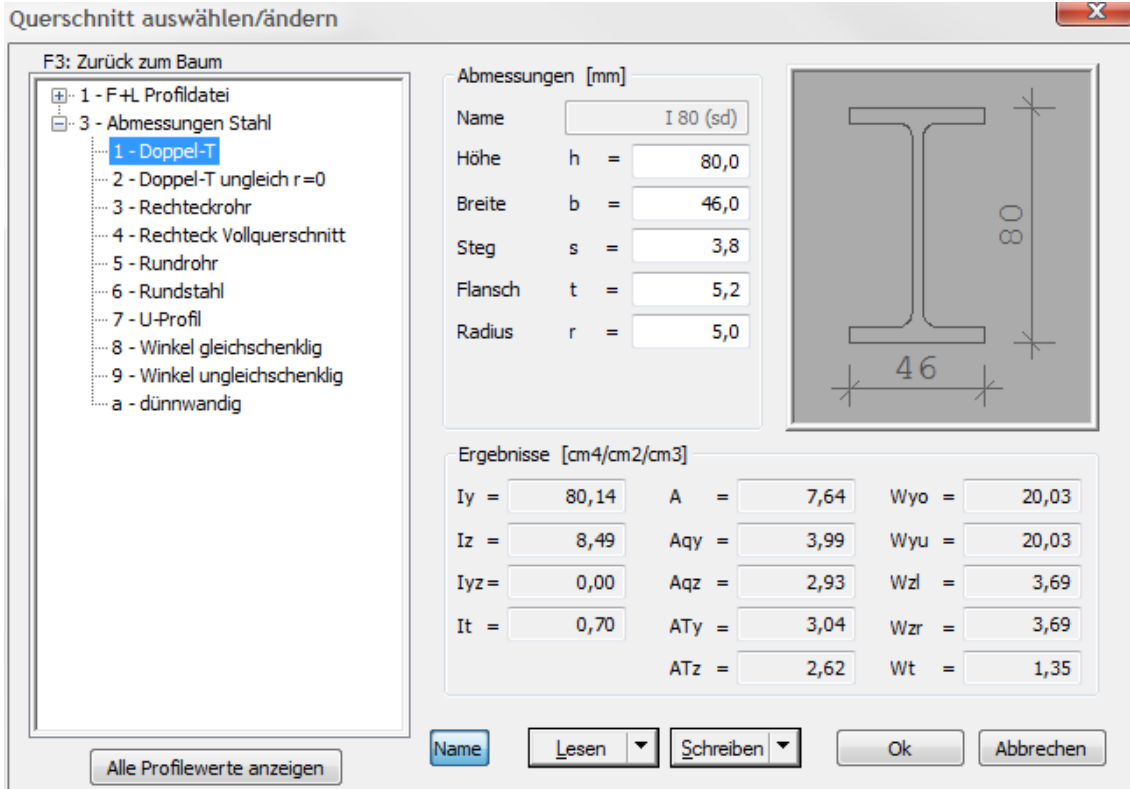
- Vz** Querkraft in z-Richtung in kN → Schubspannungen
- Vy** Querkraft in y-Richtung in kN → Schubspannungen
- Mtp** primäres Torsionsmoment (ST.Venant) in kNm → Schubspannungen
- Mts** sekundäres Torsionsmoment (Wölbkrafttorsion) in kNm → Schubspannungen
- B** Bimoment ( Wölbmoment ) in kNcm<sup>2</sup> → Normalspannungen



Normalkraft (Druck -)	Moment	Querkraft	Torsionsmoment	Bimoment
N = 0,00 kN	My = 0,00 kNm Mz = -0,00 kNm	Vz = -0,00 kN Vy = 0,00 kN	Mtp = -0,00 kNm Mts = -0,00 kNm	B = -0,00 kNcm <sup>2</sup>

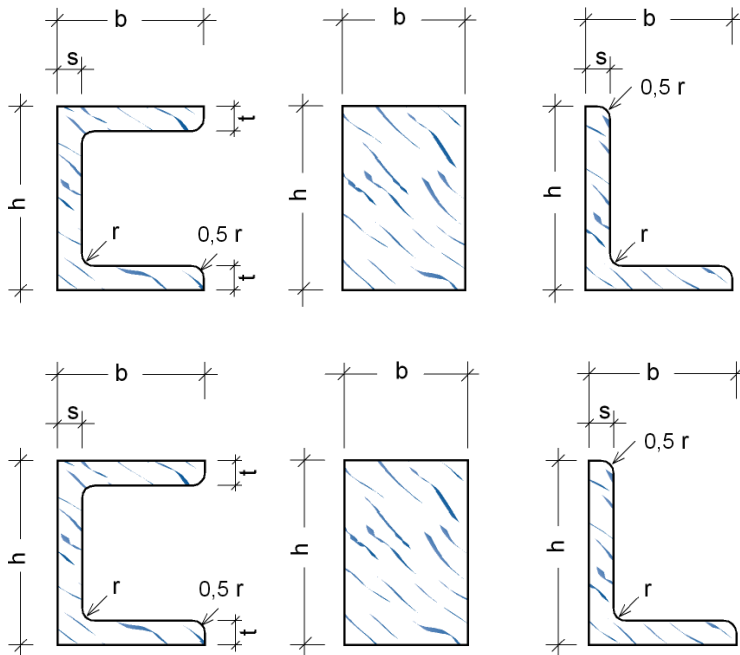
## Querschnitte und Profilauswahl

Das Fenster der Profilauswahl erscheint, wenn ein neuer Querschnitt eingegeben oder ein vorhandener Querschnitt geändert wird.



Die Beschreibung hierzu finden Sie im Dokument [Querschnittsauswahl.pdf](#)

### Maßbezeichnungen



## Ausgabe und Ergebnisse

Ausgabe von Systemdaten, Ergebnissen und Grafik auf Bildschirm oder Drucker.

<a href="#">Ausgabeprofil</a>	Definieren des Umfangs der Ausgabe durch Auswahl entsprechender Optionen.
Bildschirm	Tabellarische Anzeige der Werte am Bildschirm.
<a href="#">Seitenansicht</a>	Aufruf der PDF-Druckvorschau.
<a href="#">Drucker</a>	Starten der Ausgabe auf den Drucker
Word	Das Textverarbeitungsprogramm MS-Word wird aufgerufen und die Ausgabe eingefügt, sofern dieses Programm auf Ihrem Rechner installiert ist. In Word können Sie dann die Ausgabe bei Bedarf nach Ihren Wünschen bearbeiten.

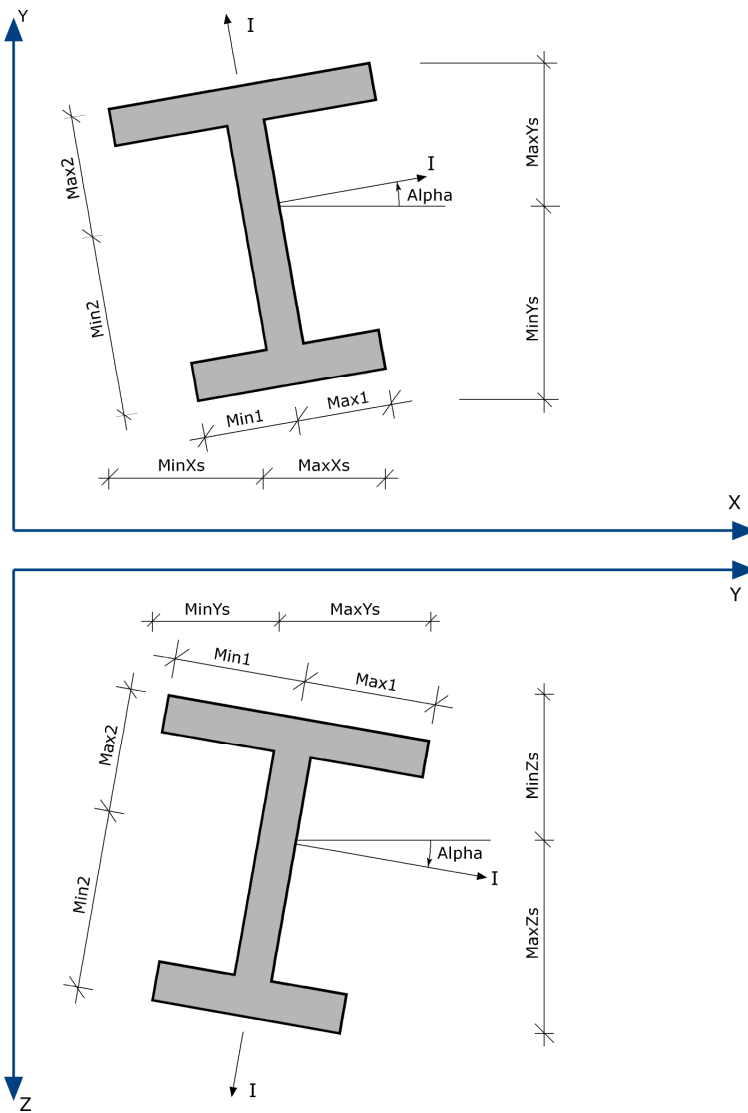
## Ausgabeprofil

Hier definieren Sie, welche Werte und Grafiken ausgegeben werden sollen, das [Bezugskoordinatensystem](#) für die Ausgabe und den Bezugspunkt für die Koordinatenausgaben. Weiterhin können Sie für die Profilbeschriftung zwischen Bezeichnung und Position wählen. Auch Maßstab und Schriftgröße (in mm) sind wählbar.

Auswahl der Druckausgaben

Profilsystem		Ersatzstabsystem	
Liste	Grafik	Liste	Grafik
<input checked="" type="checkbox"/> System	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Ersatzstabsystem	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Querschnittswerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Querschnittswerte	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Kernfläche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Belastung	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Belastung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Einheitsverwölbung	<input type="checkbox"/> bezügl. Schwerpunkt
<input type="checkbox"/> Spannungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Normalspannungen	<input type="checkbox"/> bezügl. Schubmittelpunkt
Lage der Profilnullpunkte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> resultierende	<input type="checkbox"/> linke Stabseite
<b>Allgemeine Einstellungen</b>		<input type="checkbox"/> Schubspannungen	<input type="checkbox"/> resultierende
Bezugskoordinatensystem für die Ausgabe	<input checked="" type="radio"/> y/z System	<input type="checkbox"/> Querkraft	<input type="checkbox"/> St. Ven. offener Querschnitt
	<input type="radio"/> x/y System	<input type="checkbox"/> St. Ven. geschl. Querschnitt	<input type="checkbox"/> Wölbkrafttorsion
Bezugspunkt für Koordinatenausgaben	<input checked="" type="radio"/> Schwerpunkt	<input type="checkbox"/> Vergleichsspannung	<input type="checkbox"/>
	<input type="radio"/> Nullpunkt	<input type="checkbox"/> nur max. Spannungen	<input type="checkbox"/>
Beschriftung der Profile	<input checked="" type="radio"/> Bezeichnung		
	<input type="radio"/> Position		
M 1 : 5,00	Schrifthöhe 4,00 mm	Stabteilung	2

### Koordinatensysteme für die Ausgabe



## Querschnittswerte allgemeines System

Für das zusammengesetzte Profil werden folgende Werte ermittelt:

- Querschnittsfläche
- Lage des Schwerpunkts im globalen Koordinatensystem
- Trägheitsmomente  $I_y$ ,  $I_z$  und  $I_{yz}$  (bzw.  $I_x$ ,  $I_y$  und  $I_{xy}$ )
- Winkel der Hauptachsen Alpha
- Trägheitsmomente  $I_1$  (max I) und  $I_2$  (min I) bezüglich der Hauptachsen
- maximale Randabstände vom Schwerpunkt in Richtung der globalen Achsen sowie der Hauptachsen
- maximale Widerstandsmomente
- Gewicht

Die Koordinaten des Schwerpunkts beziehen sich auf den Ursprung des globalen Koordinatensystems.

Alpha ist der Winkel zwischen der horizontalen Achse und der Hauptachse I (starke Achse) und liegt im Bereich zwischen  $-90^\circ$  und  $+90^\circ$ .

Im x/y-Koordinatensystem sind Winkel positiv, wenn sie entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn drehen, im y/z-Koordinatensystem sind sie positiv, wenn sie im Uhrzeigersinn drehen.

Die positive Richtung der Hauptachse II (schwache Achse) erhält man, indem man zu Alpha (vorzeichenbehaftet)  $90^\circ$  addiert.

MinYs (MaxYs) ist der größte Abstand eines Randpunktes vom Gesamtprofilschwerpunkt in Richtung der negativen (positiven) Y-Achse. Analog gilt dies für MinZs und MaxZs bzw. MinXs und MaxXs.

Min1 (Max1) ist der größte Abstand eines Randpunktes vom Gesamtschwerpunkt in Richtung der negativen (positiven) Hauptachse I. Analog gilt dies für Min2 und Max2.

Für die Widerstandsmomente bezüglich der Hauptachsen gelten folgende Beziehungen:

$$W_{1o} = I_1 / \text{Max2} \quad \text{für x / y - Koordinatensystem}$$

$$W_{1u} = I_1 / \text{Min2}$$

$$W_{1o} = I_1 / \text{Min2} \quad \text{für y / z - Koordinatensystem}$$

$$W_{1u} = I_1 / \text{Max2}$$

$$W_{2l} = I_2 / \text{Min1} \quad \text{für beide Koordinatensysteme}$$

$$W_{2r} = I_2 / \text{Max1}$$

$W_1$  = Widerstandsmoment um Hauptachse I

$W_2$  = Widerstandsmoment um Hauptachse II

o = oben, u = unten, l = links, r = rechts

Wenn man sich das Profil so gedreht vorstellt, dass das positive Ende der Hauptachse I nach rechts zeigt, dann kann aus dem Index des Widerstandsmomentes auf dessen Lage geschlossen werden. So hat derjenige Punkt das Widerstandsmoment  $W_{1o}$ , der am weitesten oberhalb der Hauptachse I liegt usw.

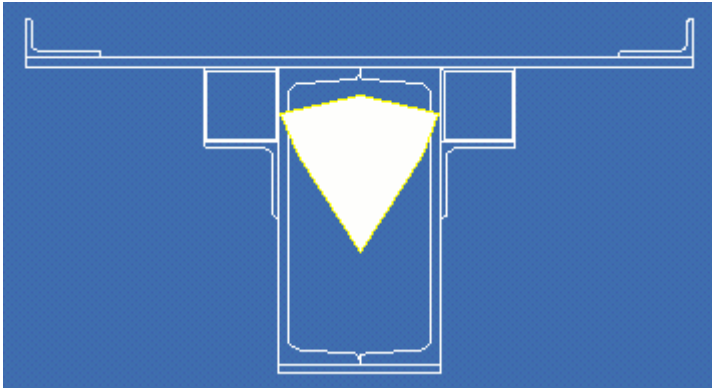
## Kernfläche

Berechnet wird die Kernfläche des Gesamtquerschnitts für ein allgemeines System.

Greift eine Normalkraft innerhalb der Kernfläche an, so entstehen im Querschnitt nur Längsspannungen gleichen Vorzeichens.

Liegt der Angriffspunkt der Normalkraft auf dem Rand der Kernfläche, so tangiert die dazugehörige Nulllinie den Querschnittsrand.

Die Lage der Nulllinien, die den Gesamtquerschnitt tangieren, wird berechnet. Daraus lassen sich die Koordinaten der Eckpunkte des Kernquerschnitts ermitteln.



## Spannungen in den Eckpunkten

Das Programm Q3 gestattet die Berechnung von Normalspannungen infolge Doppelbiegung mit Normalkraft für ein allgemeines System.

Es werden jeweils die maximalen und minimalen Spannungswerte für jedes Einzelprofil und für das Gesamtprofil mit den zugehörigen Koordinaten angezeigt.

Die Koordinaten können wahlweise bezogen auf den globalen Nullpunkt des Koordinatensystems oder auf den Schwerpunkt des Gesamtprofils ausgegeben werden.

Die Berechnung setzt voraus, dass die Einzelprofile schubsteif verbunden sind.

## Ersatzstabsystem

Siehe hierzu:

[Anwendungsmöglichkeiten](#), Ersatzstabsystem

[Berechnungsgrundlagen](#), Ersatzstabsystem



## Symbolleisten in Q3

### Eingabe



#### [Eingabe des Systems](#)

Eingeblendet werden die Symbole



#### [Eingabe des Ersatzstabsystems](#)

Eingeblendet werden die Symbole



### Ergebnisse



#### [Ergebnis System](#)

Eingeblendet werden die Symbole




#### [Ergebnis Ersatzstabsystem](#)

Eingeblendet werden die Symbole



**Hinweis:** Per Drag & Drop können die Symbolleisten verschoben werden (z.B. von einer Position unter der Menüleiste in eine senkrechte Position an den rechten Rand des Programmfensters).

## Symbolleiste Systemeingabe

Diese Symbole werden eingeblendet, wenn Sie auf das Symbol  (Eingabe allgemeines System) klicken.



[Eingabe von Profilen](#)



[Eingabe von Blechen](#)



Verschieben: Nach Auswahl des Profils klicken Sie auf einen Referenzpunkt. Während der Verschiebung bleibt diese geometrische Zuordnung erhalten. Der Referenzpunkt ist besonders nützlich, wenn die horizontale oder vertikale Ausgangs- und Zielposition gleich ist. Sie können das Fadenkreuz des Cursors dann als Hilfslinie benutzen.

Ein zweiter Mausklick fixiert den Zielpunkt der Verschiebung.

Mit den [grafischen Hilfsfunktionen](#) erleichtern Sie sich die Arbeit.



Kopieren: Das Kopieren funktioniert entsprechend, nur dass die Ausgangslage erhalten bleibt, so dass Sie hier ein neues Profil anlegen, das mit der Beschriftung Pos(n+1) versehen wird.



Profile spiegeln: Für die Spiegelung wählen Sie eine beliebige Linie, an der das Profil gespiegelt wird (Anweisungen in der Statuszeile beachten). Das Profil wird kopiert und gespiegelt.



Profilbeschriftung ein/ausschalten



Schrift verschieben



Profile löschen. Klicken Sie mit der Maus die Profile an, die gelöscht werden sollen - dabei werden die gewählten Profile auch farbig markiert. Beenden Sie die Auswahl mit der rechten Maustaste (kontextsensitives Menü) und "Beenden", um die Profile zu löschen.



Profil-Tooltips ein/aus. Profil-Tooltips = Anzeige von Name, Abmessungen, Positionierung und statischen Werten eines Profils, wenn der Mauscursor über ein Profil bewegt wird.

### Markieren/auswählen der zu bearbeitenden Profile

Sie können auch mehrere Elemente markieren. Die Markierung (Auswahl) erfolgt je nach [Auswahl-Modus](#) über Mausklick auf die Profile oder durch Ausziehen eines Bereiches mit der Maus.

Sind die gewünschten Elemente markiert, so beenden Sie die Markier-Aktion, indem Sie das kontextsensitive Menü mit der rechten Maustaste aufrufen und auf "Beenden" klicken.

## Symbolleiste System Ergebnisse

Anzeige der folgenden Werte/Grafiken



Querschnittswerte



Lastbild Normalsystem



Kernfläche



Spannung infolge M, N

## Symbolleiste des Ersatzstabsystems

### Eingabe



[Eingabe Ersatzstabsystem](#). Bei Mausklick auf dieses Symbol werden die folgenden Symbole eingeblendet.



Eingabe von Verbindungen



Löschen von Verbindungen

### Ausgabe



Ausgabe Ersatzstabsystem. Bei Mausklick auf dieses Symbol werden die folgenden Symbole eingeblendet.



Ergebnisse des durch Berechnung generierten Ersatzstabsystems



Spannungen infolge Biegung und Normalkraft, linke Stabseite



Spannungen infolge Biegung und Normalkraft, rechte Stabseite



Normalspannung infolge Wölbkrafttorsion



resultierende Normalspannung



Schubspannung infolge Querkraft



Schubspannung infolge St. Venantscher Torsion am offenen Querschnitt



Schubspannung infolge St. Venantscher Torsion am geschlossenen Querschnitt



Schubspannung infolge Wölbkrafttorsion



Resultierende Schubspannung



Vergleichsspannung



Einheitswölbung bezogen auf den Schwerpunkt



Einheitswölbung bezogen auf den Schubmittelpunkt



Maßlinien ein/ausblenden



Stabumriss ein/ausblenden



Knotennummern ein/ausblenden



Stabnummern ein/ausblenden



Hohlquerschnitte ein/ausblenden



Querschnittswerte ein/ausblenden

## Symbolleiste für allgemeine Grafikfunktionen

Die Funktionen und Bedienungsgrundlagen für die Grafische Eingabe werden ausführlich im Dokument „[Grafische Eingabe](#)“ beschrieben.



[Objektfangfunktion](#) ein/ausschalten.



[Hintergrundnetz](#) ein/ausschalten.



Orthogonal. Die Eingabe der Polygonlinien für Bleche ist nur orthogonal möglich, auch Verschieben von Profilen ist dann nur vertikal/horizontal möglich.



Horizontal. Die Eingabe der Polygonlinien für Bleche ist nur horizontal möglich.



Vertikal. Die Eingabe der Polygonlinien für Bleche ist nur vertikal möglich.



Lokales Koordinatensystem.



Relatives Koordinatensystem ein/ausschalten. Bei eingeschaltetem relativem Koordinatensystem werden die Koordinaten z.B. bei der Eingabe einzelner Polygonpunkte jeweils auf "0" gesetzt, so dass die nächste Koordinate relativ zur vorherigen angegeben werden kann.

### Auswahlmodi



[Fang klein](#)



[Kreuzen](#)



[Fenster](#)