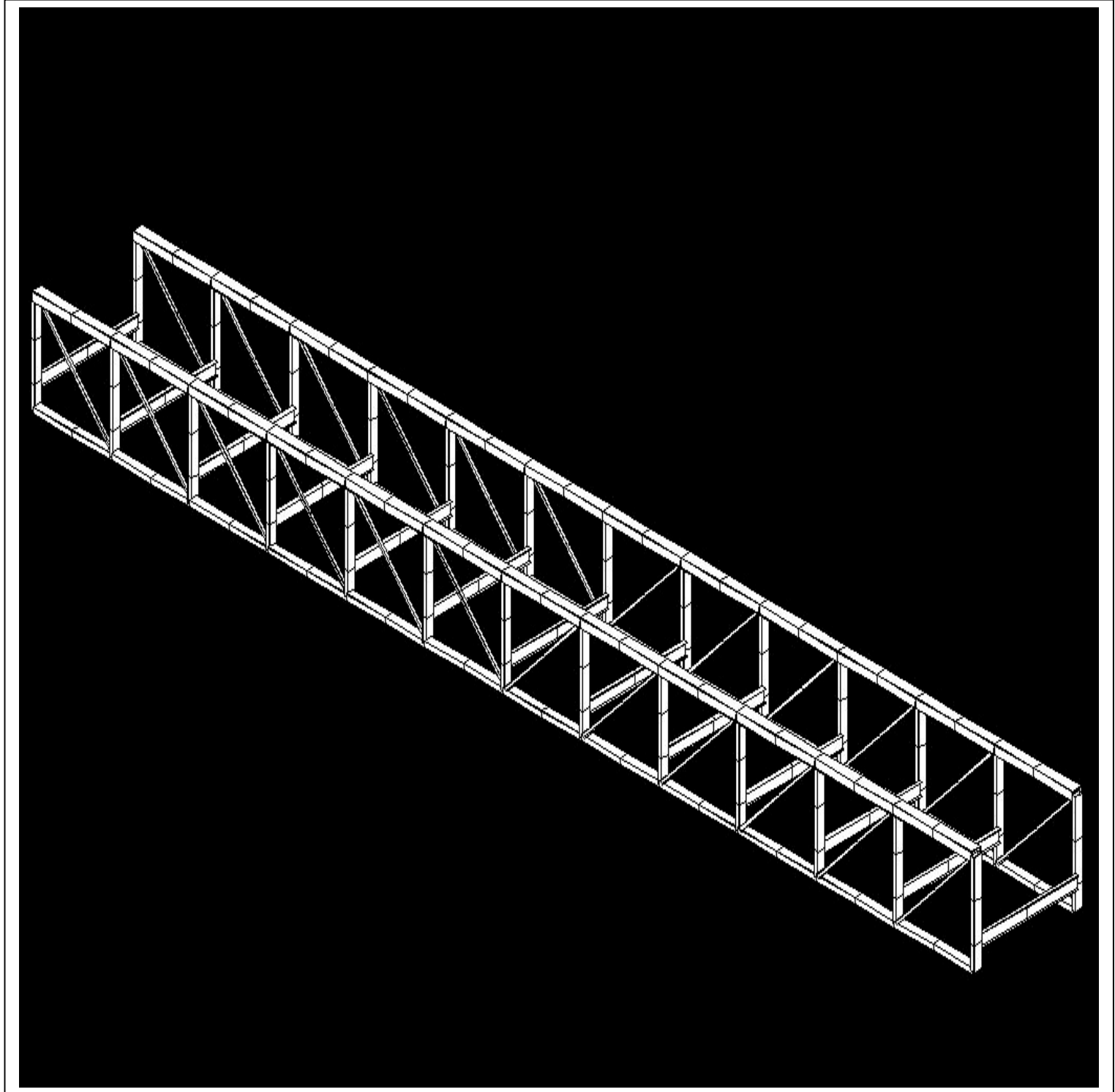
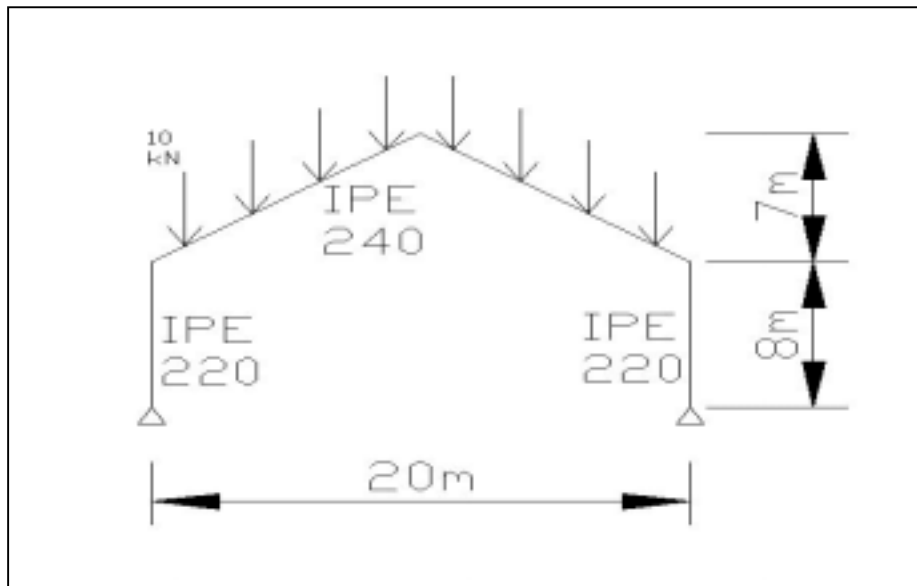


Kap.1 Stabtragwerke



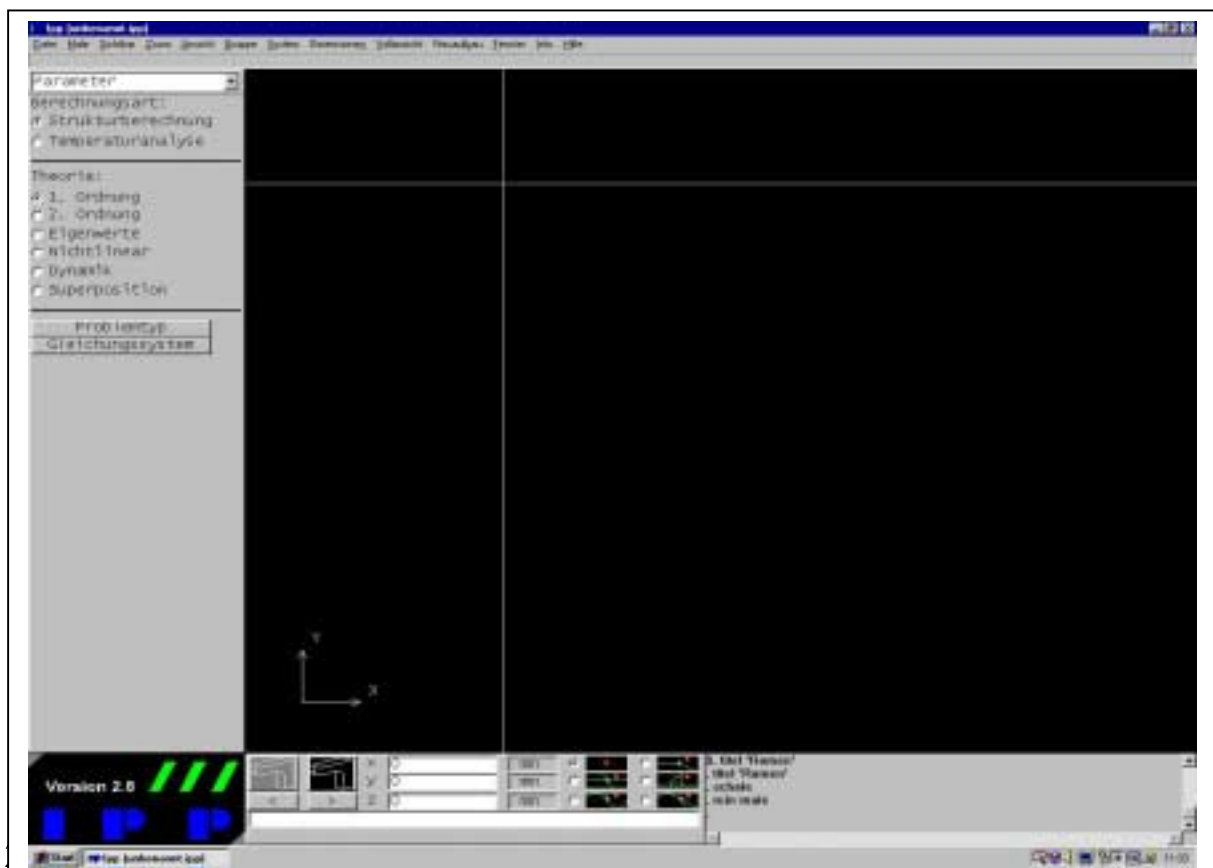
Problem:



Das gesamte
Tragwerk besteht
aus Stahl ST37

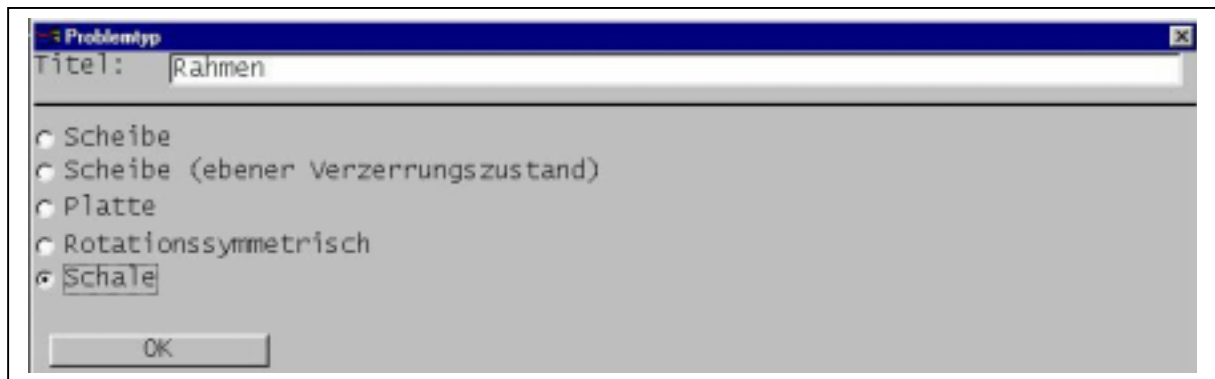
1. Starten von Eccon-ipp

Um das Programm Eccon-ipp zu starten, klicken Sie bitte das entsprechende Icon auf Ihrem Desktop. Es sollte die Folgende Maske geöffnet werden:



2. Problemtyp wählen

Um den Problemtypen zu wählen, klicken Sie bitte auf den Knopf *Problemtyp* am linken Rand des Fensters. Es erscheint das folgende Dialogfeld:



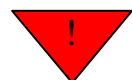
Geben Sie einen Titel (z.B. Rahmen) ein und wählen Sie *Schale*. Diese Optionen werden später erklärt.

3. Maßeinheiten wählen

Da es anschaulicher ist dieses Beispiel mit der Maßeinheit Meter und Kilonewton einzugeben, verändern Sie die Maßeinheiten in der *Menuleiste* unter dem Punkt *Dimensionen*.

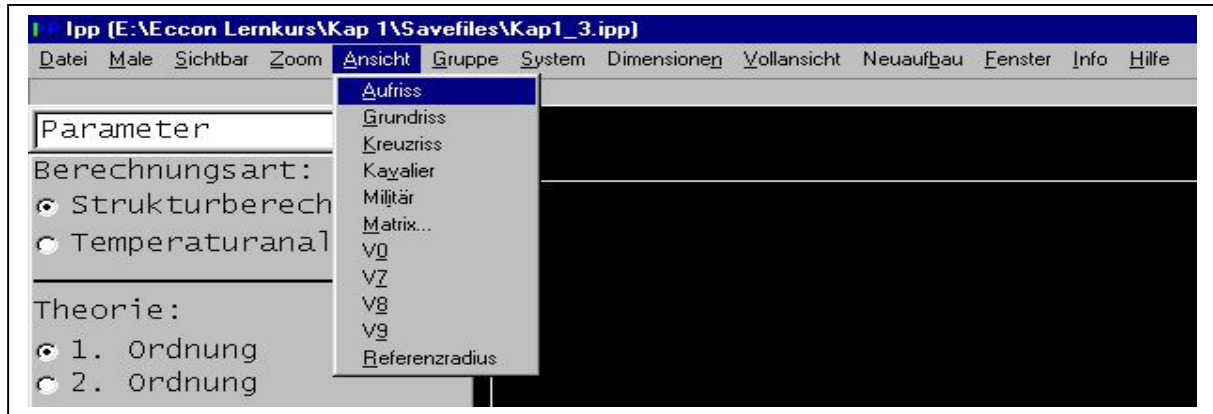


Sie können die Maßeinheiten jederzeit während der Eingabe wieder ändern, wobei alle bis anhin eingegebenen Daten automatisch umgerechnet werden. Beachten Sie nur, dass alle Eingaben in den zur Zeit gerade aktiven Maßeinheiten erfolgen!



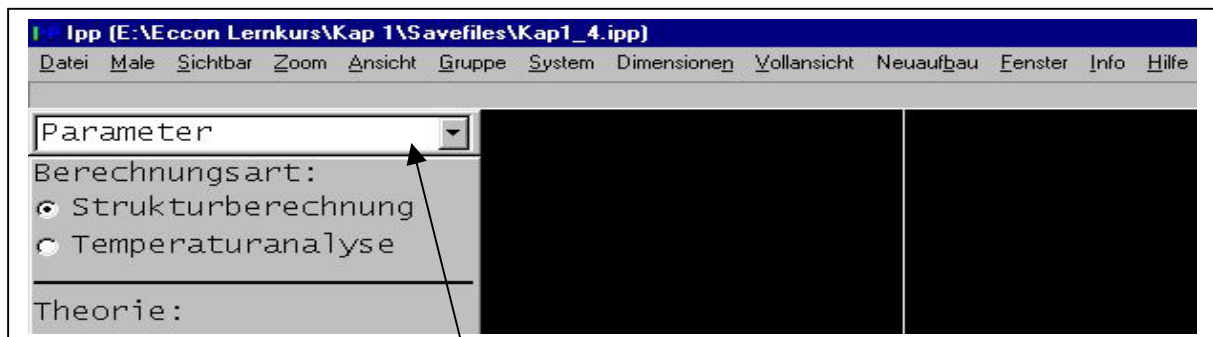
4. Ansicht wählen

Um eine neue Ansicht zu wählen klicken Sie in der *Menuleiste* auf *Ansicht*. Für unser Beispiel ist der Aufriss günstig. Wählen Sie also den Menüpunkt *Aufriss*.



5. Punkte eingeben

Beginnen wir nun die Stützpunkte der Struktur einzugeben. Wählen Sie im *Eccon-ipp Funktionsmenu* den Menüpunkt *Punkte*.

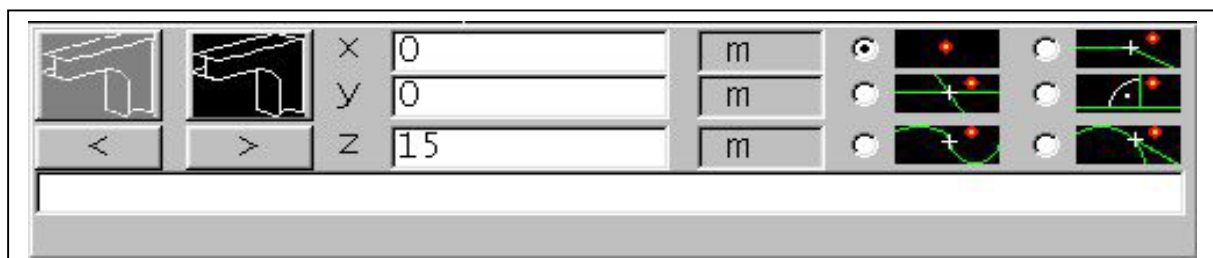


Eccon-ipp Funktionsmenu

a) Klicken Sie auf *Neu*

b) Tragen Sie die Koordinaten für den Punkt (0,0,15) in den Eingabefeldern am unteren Rand des Bildschirms ein und drücken Sie *Enter*, sobald sie die Eingabe abgeschlossen haben.

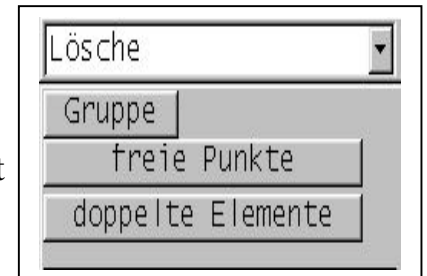
Es sollte ein Punkt in der Form eines „x“ auf dem Bildschirm erscheinen.



c) Geben Sie die Punkte mit den Koordinaten (-10,0,0), (10,0,0) und (-10,0,8), (10,0,8) ein indem Sie b) wiederholen.

d) Sollten Sie einen Punkt falsch eingegeben haben, können Sie ihn wie folgt löschen:

Wechseln Sie im *Eccon-ipp Funktionsmenu* zum Menüpunkt *Lösche* und wählen Sie den Knopf *Gruppe*.



Es erscheint die Maske *Gruppe*:

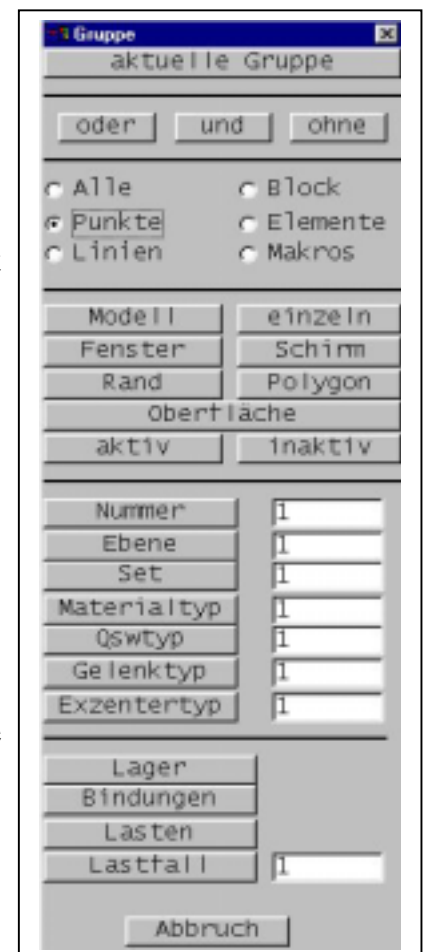
Die Maske *Gruppe* dient generell dazu aus der ganzen Struktur gewisse Elemente auszuwählen und auf diese dann eine bestimmte Funktion auszuüben. In diesem Falle die Funktion , löschen'.

Diese Eingabemaske wird auch noch im Zusammenhang mit anderen Funktionen immer wieder verwendet und erklärt.

Um nun den oder die falschen Punkte zu löschen, wählen Sie zuerst die Option *Punkte* und klicken dann auf *einzeln*.

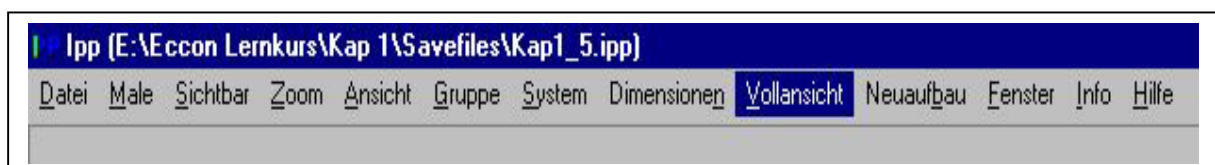
Sie können nun in der Nähe aller zu löschenden Punkte mit der *linken Maustaste* klicken und dann auf *Ende* drücken. Die gewählten Punkte werden gelöscht.

Die LösCHFunktion lässt sich grundsätzlich auf alle Elemente anwenden



6. Bildausschnitt verändern

Um einen besseren Bildausschnitt mit adäquater Vergrößerung zu erhalten, klicken Sie auf *Vollansicht* in der *Menuleiste*.



Um Feineinstellungen des Zooms vorzunehmen, halten Sie die *Ctrl* Taste auf der Tastatur gedrückt und rotieren Sie das *Mousewheel*.

Halten Sie die *Ctrl* Taste und die *linken Maustaste* gedrückt und bewegen Sie die Maus. So lässt sich das Modell verschieben.

Um das Modell zu rotieren, halten Sie *Ctrl* und die *rechte Maustaste* gedrückt und bewegen Sie die Maus.

Kehren Sie wieder in die Ansicht *Aufriss* zurück (siehe unter 4.).

7. Elemente generieren

Nun sind Sie bereit die ersten Elemente zu generieren.

a) Wählen Sie im *Eccon-ipp Funktionsmenu* den Menüpunkt *Elemente*.

b) Ändern Sie im *Untermenu* des *Eccon-ipp Funktionsmenus* die Einstellung *Flächenelemente* auf *Stabelement*.

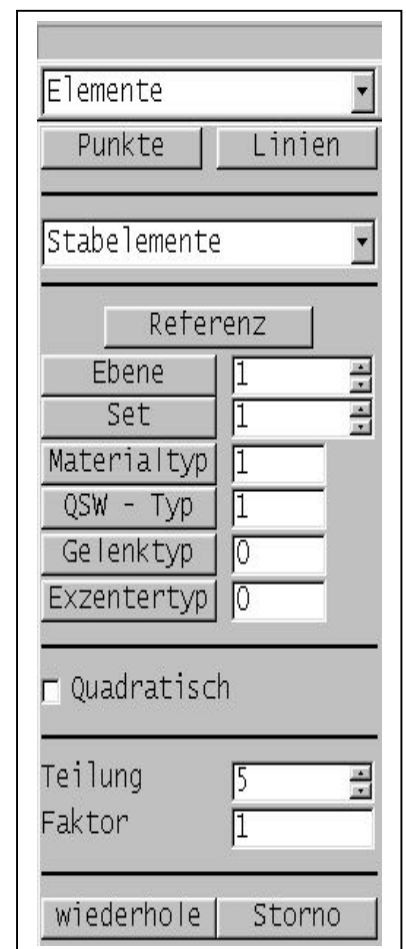
c) Geben Sie die *Teilung 5* ein.

d) Bewegen Sie die Maus in die Nähe des linken unteren Punktes. Klicken Sie nun mit der *rechten Maustaste* (Drücken der *rechten Maustaste* bedeutet: „Wähle nächstgelegenen Punkt“).

Der linke untere Punkt wird zu einem kleinen roten Kreis um anzuzeigen, dass er ausgewählt wurde.

Bewegen Sie die Maus zum oberen linken Punkt und klicken Sie erneut die *rechte Maustaste*. Die beiden Punkte werden nun durch 5 Elemente verbunden.

Verfahren Sie analog, um den rechten oberen Punkt mit dem rechten unteren zu verbinden. Beachten Sie, dass die Richtung wichtig ist, denn die x-Achsen der Elemente haben später die Richtung von Anfang zu Endpunkt und es gibt schönere Bilder wenn die Achsen konsistent gewählt sind.



e) Der Riegel besteht aus einem anderen Profil. Deshalb teilen Sie dem Riegel einen anderen Querschnittswerte-Typ zu.

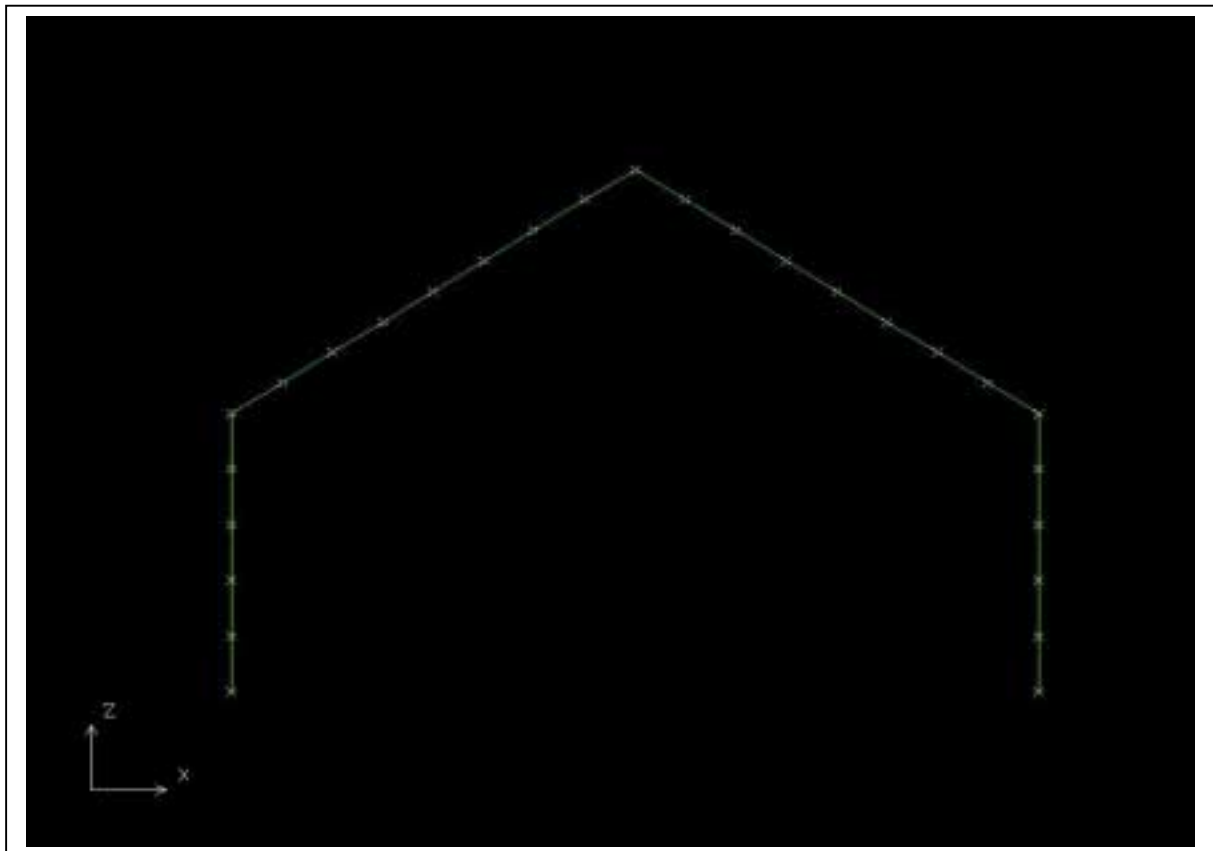
Sie tun dies indem Sie im Fenster neben dem Knopf *QSW-Typ* eine 2 ins Eingabefenster eintragen. Der Riegel besitzt also den Querschnittswerte-Typ 2.

Wie Sie festlegen welches Profil der Querschnittswerte-Typ 2 darstellt, wird im folgenden Abschnitt erläutert.

Generieren Sie nun die Element für die beiden Abschnitte des Riegels indem Sie analog zu **d)** verfahren. Stellen Sie allerdings zuvor die Teilung auf 8, um für die Riegelabschnitte etwas mehr als nur 5 Elemente zu erhalten. Bilden Sie den Riegel von links nach rechts (Richtung der Elementachsen).

Referenz	
Ebene	1
Set	1
Materialtyp	1
QSW - Typ	2
Gelenktyp	0
Exzentertyp	0
<input type="checkbox"/> Quadratisch	
Teilung	8
Faktor	1

f) Die Struktur sollte nun wie folgt aussehen:



Speichern Sie das Projekt ab, indem Sie in der *Menuleiste* den Menüpunkt *Datei* und dann *Speichern unter* wählen.

Um eine gespeicherte Datei wieder neu zu laden, klicken Sie auf *Datei, Neu* und anschliessend *Datei lesen*.

Falls Sie nicht zuerst auf *Datei, Neu* klicken, wird die ausgewählte Datei eingelesen, ohne dass die gegenwärtigen Modelldaten vorgängig gelöscht werden. Diese Option ist sinnvoll, wenn Sie eine abgespeicherte Teilstruktur zu der gerade aktuellen Struktur hinzufügen wollen.

8. Material und Profil wählen

Um Profile und Materialien festzulegen, begeben Sie sich im *Eccon-ipp Funktionsmenu* zum Punkt *Attribute*.

Unter *Neu:* kreieren Sie neue Materialien und Profile (QSW)



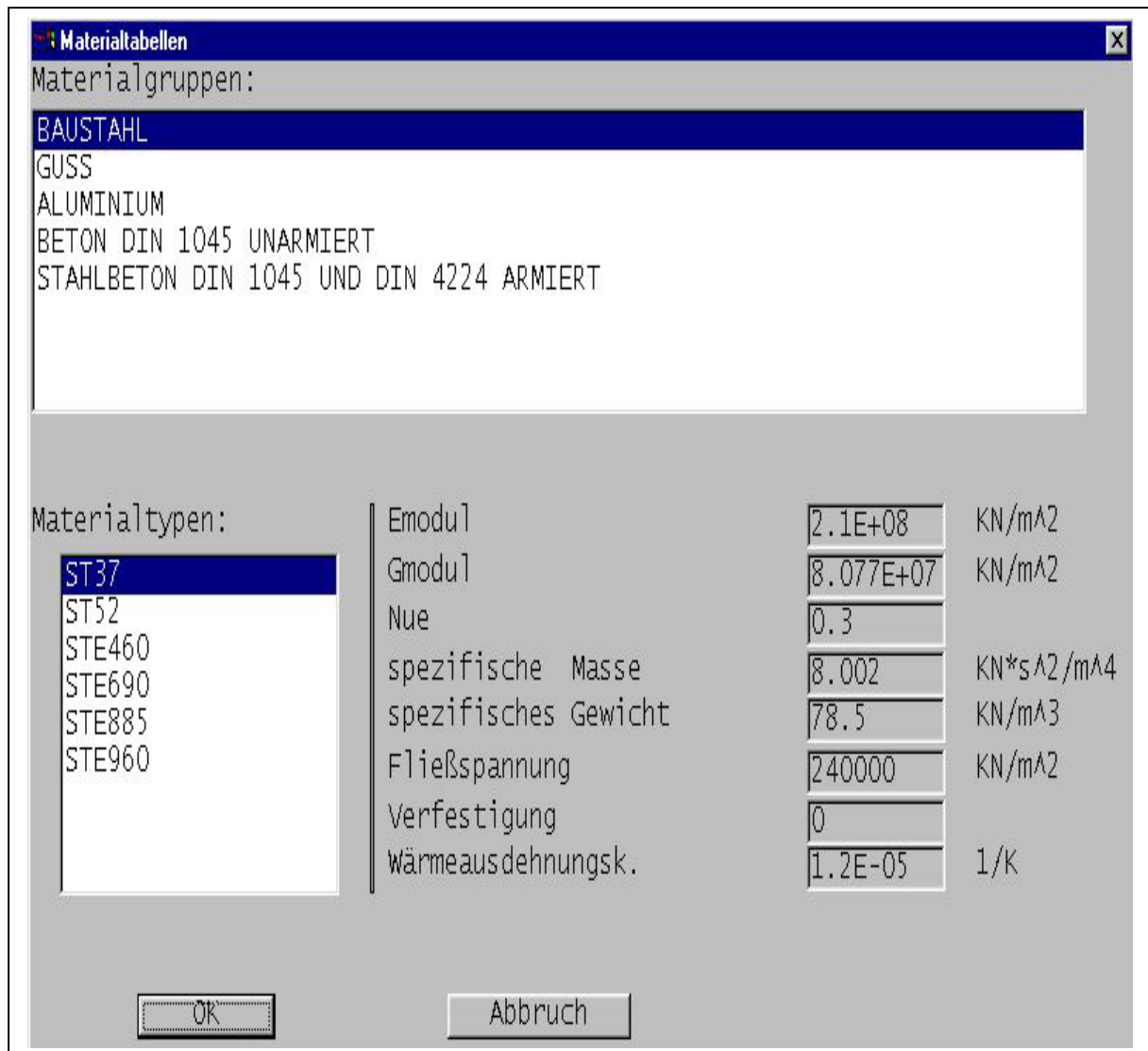
Klicken Sie auf *Material, Materialtabelle*. Es erscheint das auf der nächsten Seite abgebildete Fenster.

Wählen Sie *BAUSTAHL, ST37* und bestätigen Sie mit *OK*.

Das darauf erscheinende Fenster bietet Ihnen die Möglichkeit, einzelne physikalische Parameter des vordefinierten Baustahls *ST37* abzuändern oder anzupassen.

Lassen Sie es unverändert und klicken Sie *OK*.

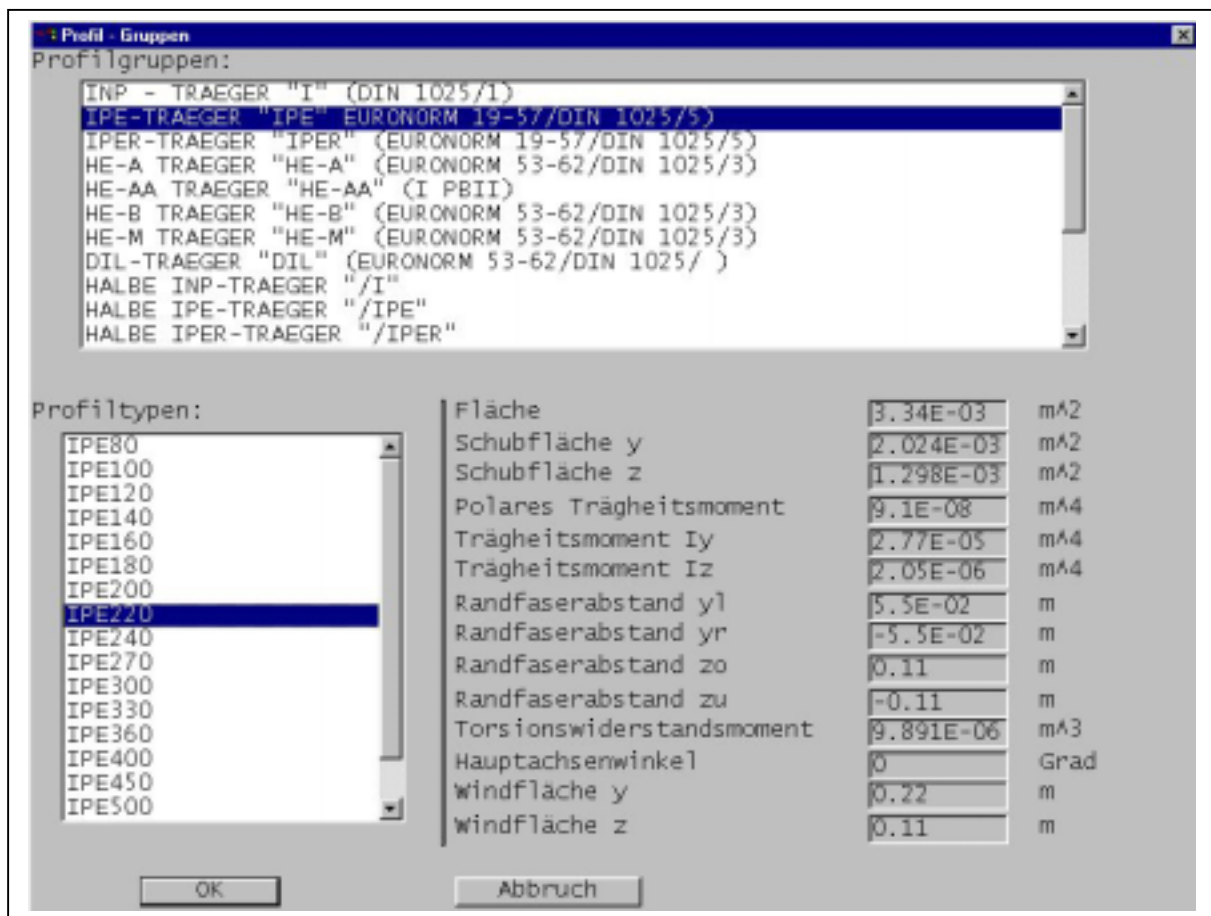
Schliessen Sie das Fenster *Material* mit *Beenden*.



Klicken Sie auf *QSW, Profiltab.*

In der Profiltabelle wählen Sie die Gruppe der *IPE-Traeger* und das Profil *IPE 220* und bestätigen Sie mit *OK*.

Wiederholen Sie diesen Vorgang um auch das Profil *IPE 240* einzulesen.



Es gilt zu beachten, dass der jeweils als erste eingegebene Materialtyp bzw. Querschnittwerte-Typ als Typ 1 definiert wird, und die darauf folgenden als Typ 2, 3, usw.

Um die verschiedenen Material- oder Querschnittswerte zu überprüfen oder zu verändern, können Sie unter dem Menüpunkt *Edit*: auf *Materialtyp* bzw. *QSW-Typ* klicken. In unserem Beispiel wurden das Material Typ 1 = Baustahl ST37 und die Querschnittswerte Typ 1 = IPE 220, Typ 2 = IPE 240 definiert.

Wir erinnern daran, dass für den Riegel der Querschnittswerte-Typ 2 zugewiesen wurde (Abschnitt 7e). Es handelt sich also um einen IPE 240 Träger.

Um zu veranschaulichen, welche Teile der Struktur aus welchem Material bzw. Querschnittstypen bestehen, klicken Sie auf *Male*, *Einstellungen*, *Farbwahl* und *Materialtyp* bzw. *QSWtyp*.

Um eine Legende für die verschiedenen Farben Anzuzeigen, klicken Sie auf *Male*, *Skala*.



9. Hilfspunkte und räumliche Darstellung des Profils

Um sicherzustellen, dass die Hauptachsen der verschiedenen Profile im Raum richtig orientiert sind, empfiehlt es sich stets Hilfspunkte zu definieren.

Wird zu einem Profil ein Hilfspunkt definiert, so gilt für das lokale Achssystem des Stabes:

Die x-Achse liegt in der Stabachse vom Anfangspunkt zum Endpunkt.

Die y-Achse liegt in der Ebene die durch die x-Achse und den Hilfspunkt aufgespannt wird. Sie steht senkrecht auf der x-Achse.

Die z-Achse bestimmt sich nach der Regel der Rechts-Schraube.

Für unsere Struktur sind die beiden Hilfspunkte (10,2,8) und (-10,2,8) geeignet. Geben Sie diese Punkte wie in Abschnitt 5 erklärt ein.

Um die Punkte zu sehen, wählen Sie in der Menuleiste unter Ansicht die Darstellung *V7*.

Wählen Sie nun eine Gruppe von Elementen aus, für die der linke Hilfspunkt gelten soll. Dies sind alle Elemente des linken Pfostens und alle Elemente des linken Teils des Riegels.

Sie tun dies indem Sie über das Menu *Gruppe* in der *Menuleiste* gehen. Es erscheint das bereits bekannte Fenster *Gruppe*.

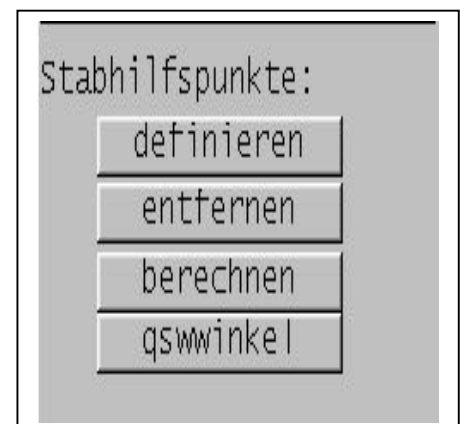
Am einfachsten geht die Auswahl der Elemente indem Sie den Knopf im oberen Teil des Fensters auf die Option *Elemente* setzen und dann mit dem Befehl *Fenster* ein Fenster um die gewünschten Elemente ziehen.

Beachten Sie, dass Elemente die nicht vollständig im gezogenen Fenster liegen, nicht gewählt werden.

Um der ausgewählten Gruppe nun einen Hilfspunkt zuzuordnen, wechseln Sie im *Eccon-ipp Funktionsmenu* zum Menüpunkt *Achsen*.

Klicken Sie in der Rubrik *Stabhilfspunkte* auf den Knopf *definieren* und Rechtsklicken Sie in der Nähe des linken Hilfspunktes.

Feine weiße Linien zeigen nun die Ausrichtung der einzelnen Elemente an.



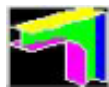
Wiederholen Sie den Vorgang für den rechten Teil der Struktur und den rechten Hilfspunkt.

Bemerkung: Das Graphikprogramm *Eccon-ipp* sowie das Rechenprogramm *Fenas* setzen bei fehlendem Hilfspunkt die Ausrichtung der Stäbe automatisch (Default). Selbst wenn die defaultmässige Richtung korrekt erscheint, sollten unbedingt Hilfspunkte definiert werden, da das Graphikprogramm und das Rechenprogramm nicht zwingend mit der selben Konvention arbeiten.

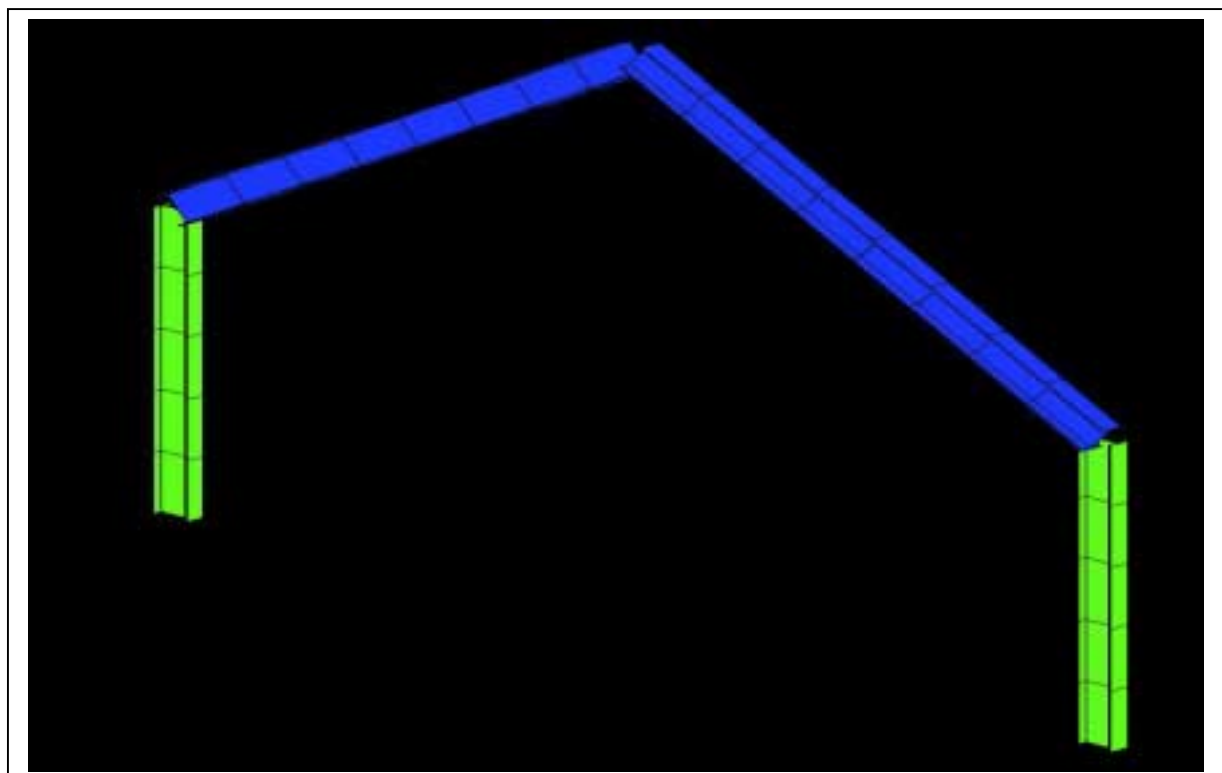


Um die Struktur oder Teile davon mit den verschiedenen Profilen räumlich darzustellen wird vorerst der gewünschte Teil zur aktuelle Gruppe erklärt. Dies geschieht indem Sie in der *Menuleiste* auf *Gruppe* klicken und dann in der Maske *Gruppe* auf *Modell* drücken.

Klicken Sie nun auf den *Newell* Knopf der sich links am unteren Rand des *Grafikfensters* befindet.



Es sollte folgendes Bild erscheinen (zur besseren Darstellung überhöhtes Profil):



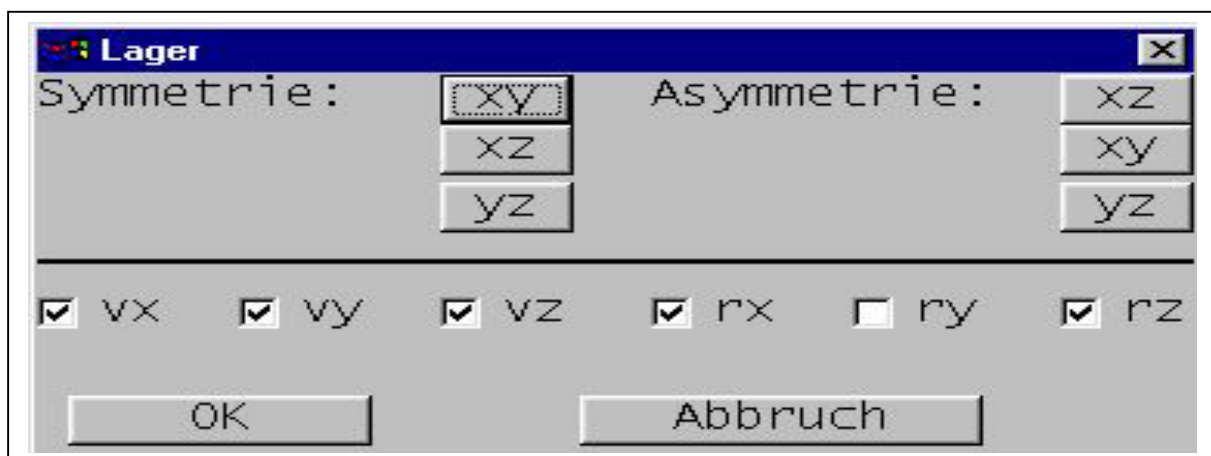
10. Lager

Wechseln Sie im *Eccon-ipp Funktionsmenu* zum Punkt *Lager*.

a) Erstellen Sie ein neues Lager, indem Sie unter *Neu:* auf *Lager* drücken.

Es erscheint die Maske *Lager*, wobei unten die Blockierungen der einzelnen Freiheitsgrade angezeigt werden.

Deaktivieren Sie die Blockierung der Rotation um die y-Achse (*ry*) und klicken Sie auf *OK*.



Es erscheint die Maske *Gruppe*. Klicken Sie auf den Knopf *einzeln* um einzelne gezielte Punkte zu wählen. *Rechtsklicken* Sie in der Nähe der beiden unteren Punkte und beenden Sie die Eingabe mit *Ende*.

Es erscheint das Symbol für ein Lager in beiden Punkten und daneben steht jeweils NNNNFN. Ein N bedeutet Freiheitsgrad blockiert, ein F Freiheitsgrad frei. Die ersten drei Buchstaben beschreiben die Verschiebungen in x-, y- und z-Richtung, die letzten drei die Rotationen um die drei Achsen. In unserem Beispiel ist als nur die Rotation um die y-Achse frei.

b) Sie können ein falsch eingegebenes Lager auch editieren, indem Sie unter *edit:* auf *Lager* klicken.

Rechtsklicken Sie nun mit der Maus in der Nähe des gewünschten Lagers um dieses zu editieren.

c) Klicken Sie in der *Menuleiste* auf den Menüpunkt *Neuaufbau* um das *Grafikfenster* neu aufzubauen, wobei die Lager nicht mehr gezeichnet werden.

Wenn Sie letztere zu einem späteren Zeitpunkt wieder sichtbar machen wollen, klicken Sie in der *Menuleiste* auf *Male* und dann *Lager*.

11. Lasten

Wechseln Sie im *Eccon-ipp Funktionsmenu* zum Punkt *Lasten*.

a) Klicken Sie zuerst auf *neuer Lastfall* und geben Sie einen Titel für den Lastfall ein (z.B. Punktlasten der Längsträger).

Klicken Sie auf den Knopf *Punktlast* und geben Sie eine Last von -10 kN in z-Richtung in der Maske ein. Bestätigen Sie mit *OK*.

FX	Fy	Fz	Unit
0	0	-10	kN
Mx	My	Mz	Unit
0	0	0	kNm

Buttons: OK, Abbruch

Es erscheint die Maske *Gruppe*. Wählen Sie jeden zweiten oberen Zwischenknoten über die Option *Punkte einzeln*. Am besten geschieht dies in der räumlichen Ansicht *V7* um nicht versehentlich die Lasten auf die Hilfspunkte zu legen.

b) Um die Lasten darzustellen, wählen Sie in der *Menuleiste Male* die Option *Lasten*.

Wählen Sie Ihren Lastfall aus, und klicken Sie auf den Knopf *Lastvektor*. Auf diese Weise können die Lasten auch später wieder sichtbar gemacht werden. Um die Graphik nicht zu überlasten, verschwinden sie beim *Neuaufbau* des Bildschirms.

12. Teilstrukturen verknüpfen

Obwohl sowohl die horizontalen Pfosten wie auch die beiden Teile des Riegels in den Endpunkten zusammenstossen, sind sie noch nicht miteinander verknüpft. Dies ist nicht zu erkennen, da ihre Endknoten genau übereinander liegen. Diese Verknüpfung geschieht bewusst nicht automatisch, da sie zum Beispiel bei Plattenfugen oder gekreuzten Windverbänden nicht erwünscht ist.

Wechseln Sie im *Eccon-ipp Funktionsmenu* zum Punkt *Tools*.

Klicken Sie auf den Knopf *min. Suchradius* und wählen Sie in der *Gruppen-Maske* die Option *Modell*. Es wird die Länge des kleinsten Stabelementes im Modell angezeigt. In unserem Beispiel beträgt sie 1.526m.



Geben Sie nun im *Eingabefeld* hinter dem Knopf *Radius* die Distanz 0.01 ein und drücken Sie anschließend den Knopf *Radius*.

In der darauf erscheinenden *Gruppen-Maske* wählen Sie *Modell*.

Dadurch werden alle Knoten mit einem Abstand kleiner als 1 cm miteinander verknüpft.



13. Überprüfung der Modelldaten

Um auf allfällige Eingabefehler aufmerksam gemacht zu werden, wechseln Sie im *Eccon-ipp Funktionsmenu* zum Punkt *Prüfe*.

Um die häufigsten Probleme automatisch zu beheben, klicken Sie auf die entsprechenden Knöpfe. Zum Beispiel unter *Lösche*: den Knopf *freie Punkte*.

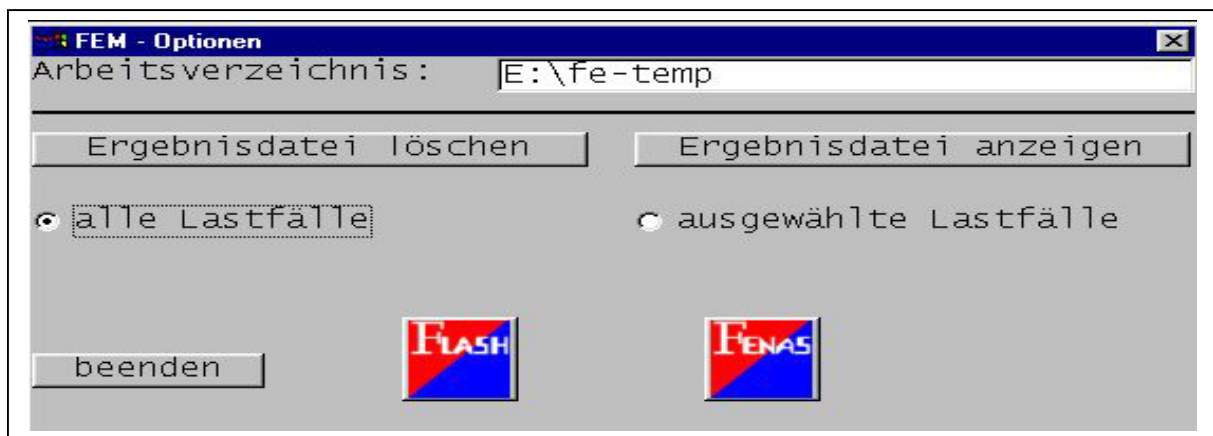
Die Knöpfe *Material*, *QSW* usw löschen nur Materialien oder Querschnittswerte, wenn sie von keinem Element referenziert werden.

14. Berechnung und Resultate

Wählen Sie mit dem *Gruppenmenu*, das Sie in der *Menuleiste* finden, den Bereich der Struktur für den Sie nach der Berechnung die Resultate anzeigen wollen. In unserem Beispiel das ganze Modell.

Um die Berechnung der Struktur mit dem finiten Elementprogramm FENAS zu starten, klicken sie in der *Menuleiste* auf *Datei* und dann *Berechnung*. Es erscheint die *FEM-Optionen* Maske.

Klicken sie nun auf den rot-blauen Knopf mit der Aufschrift FENAS. Die Berechnung wird ausgeführt, und die Maske kann danach mit *beenden* geschlossen werden.



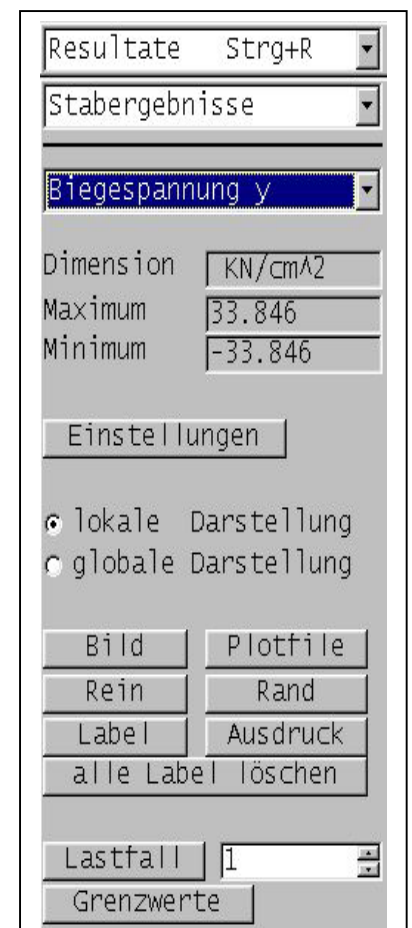
Das *Eccon-ipp Funktionsmenu* steht nach der Berechnung automatisch auf *Resultate*.

Sie können nun in den *Untermenüs* des *Eccon-ipp Funktionsmenus* die gewünschten Resultate darstellen.

Auf der nächsten Seite sind zwei Beispiele aufgeführt.

Um die Resultate in sinnvollen Einheiten anzuzeigen, können Sie in der *Menuleiste* unter *Dimensionen* z.B. auf kN und cm umschalten.

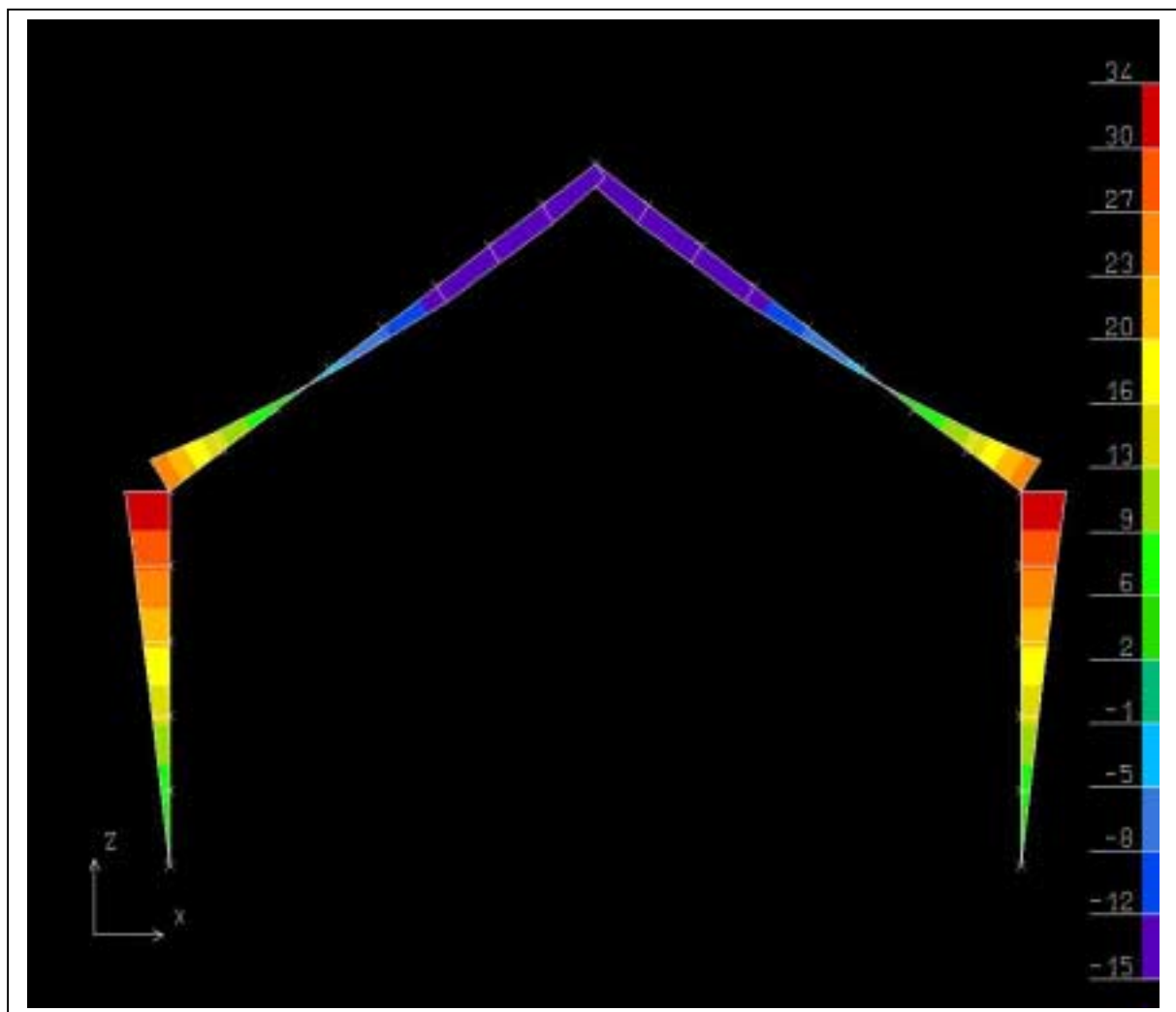
Zum Löschen einer Resultatdarstellung dient der Schalter *Rein* und zum neuen Aufbau der Darstellung die Funktion *Bild*.



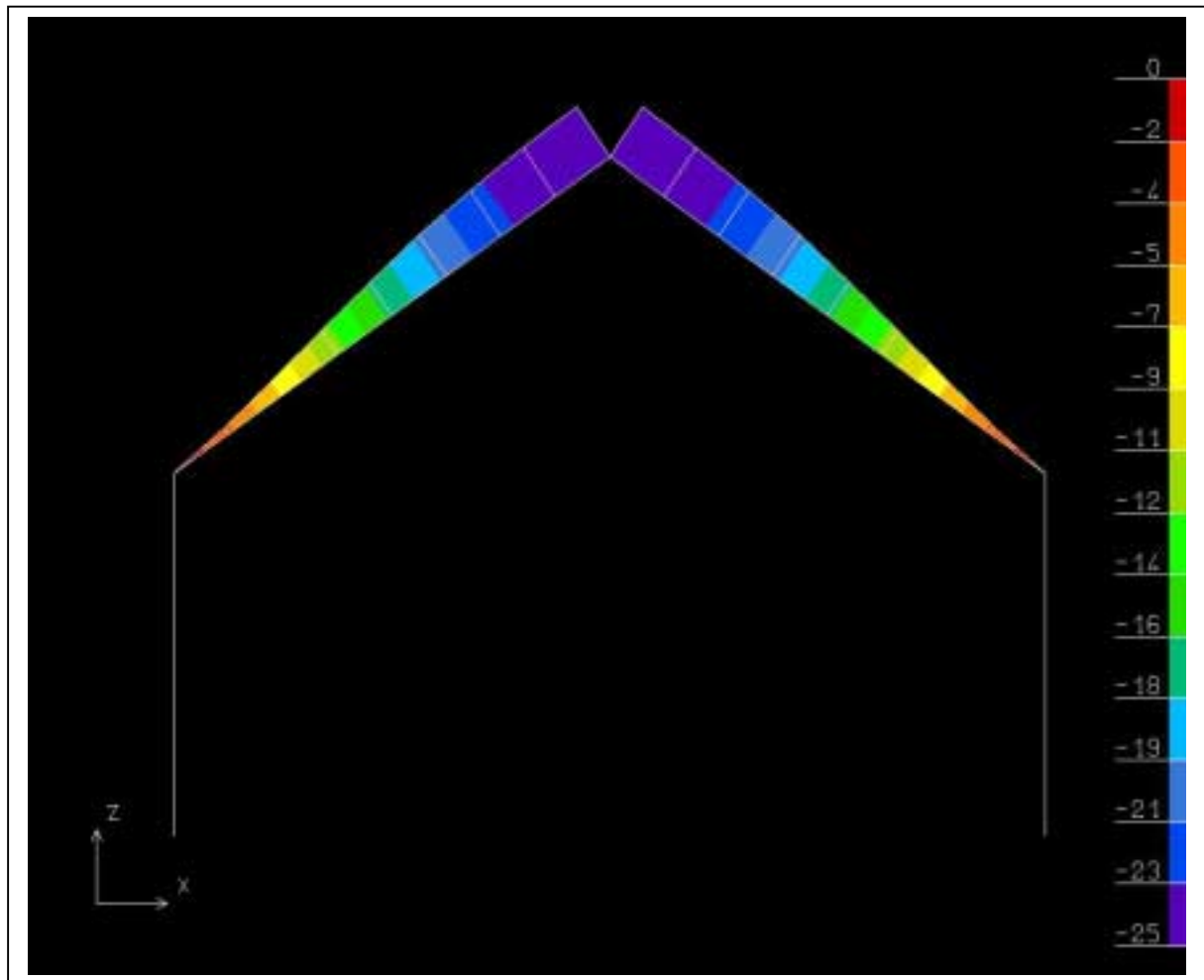
a) Biegespannung y

Um Kräfte, Momente oder Spannungen an den Stäben anzuzeigen, wechseln Sie zuerst in das *Untermenu Stabergebnisse*. Beachten Sie, dass bei Stäben alle Resultate in den lokalen Koordinatensystemen der Stäbe dargestellt werden.

Wählen Sie unter diesem Menu zum Beispiel die Funktion *Beigespannung y* . Folgendes Resultat sollte angezeigt werden:

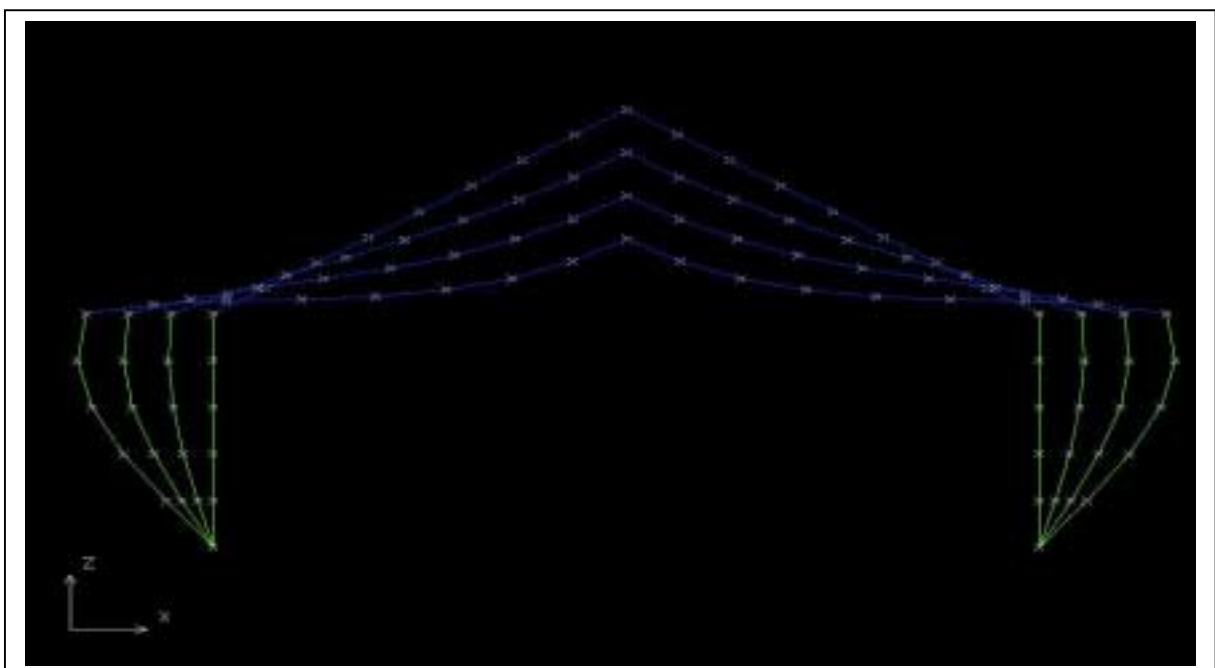
**b) Deformation**

Um die Deformationen darzustellen, wechseln Sie zuerst in das *Untermenu Deformationen* und wählen Sie unter diesem Menüpunkt zum Beispiel die Funktion *Verschiebung z* . Sie erhalten folgendes Bild:



c) Animation

Das Verformungsverhalten der Struktur kann auch mit Hilfe einer Animation gut kontrolliert werden. Wählen Sie dazu im Menu *Deformationen* den Punkt *Animation* und die gewünschte Skalierung (hier z.B. 10).



15. Gelenke (Zusatz für Fortgeschrittene)

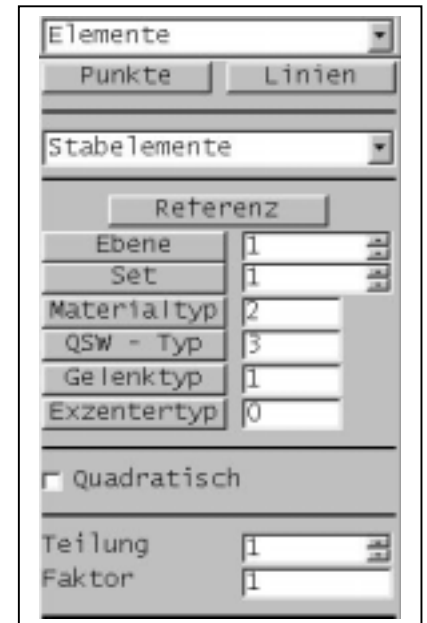
Nehmen wir an, Sie möchten die Tragfähigkeit des Rahmens erhöhen, indem Sie einen Zugstab mit Gelenken auf beiden Seiten unter dem Riegel einbauen.

Dazu gehen Sie wie folgt vor:

- Wechseln Sie zum Menüpunkt *Elemente* im *Eccon-ipp Funktionsmenu*
- Geben Sie ein Stabelement des Materials 2, QSW 3 und der Teilung 1 ein, wobei Sie als neue Option auch bei Gelenktyp eine 1 eintragen.

Verbinden Sie mit diesem Element die beiden Pfosten direkt unter dem Riegel.

ACHTUNG: Arbeiten Sie am besten in einer räumlichen Darstellung um nicht versehentlich die Hilfspunkte zu erwischen. (Zur Generierung von Elementen siehe auch Abschnitt 7).



- Generieren Sie im Menu *Attribute* den Materialtyp 2 =ST52 und den Querschnittstyp 3 = Rohr mit Durchmesser 200 mm und Wanddicke 8 mm (Siehe Abschnitt 8).
- Definieren Sie nun im Menu *Attribute* unter *Neu:* auch einen neuen Gelenktypen indem Sie auf *Gelenk* klicken.

Definieren Sie die nachfolgend gezeigten Gelenke am Anfang und Ende des Zugstabes.



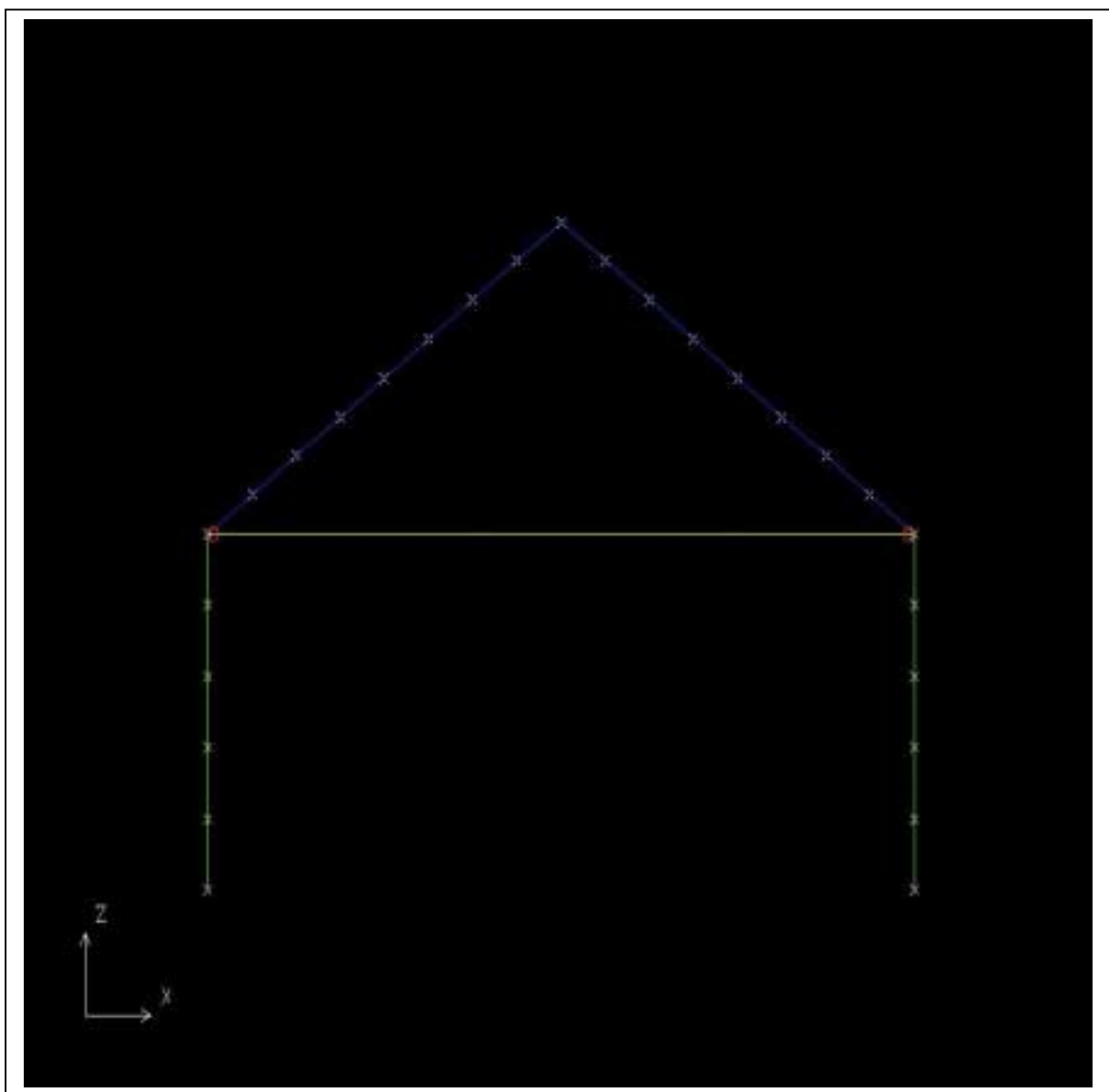
Bemerkungen: Die Freiheitsgrade der Gelenke sind jeweils relativ zu den Stabachsen zu verstehen.

Die Rotation um die x-Achse (Stabachse) wurde am Stabanfang nicht gelöst, da sonst der Stab in Längsrichtung um sich selber rotieren könnte.

Die Gelenke werden als rote Kreise dargestellt.

Sie können Gelenke je nach Bedarf auch über *editieren, Gelenk* noch verändern.

Das Resultat sollte ungefähr wie folgt aussehen:



Nach einem *Neuaufbau* des Bildes werden die Gelenke nicht mehr automatisch dargestellt. Sollen die Gelenke wieder angezeigt werden, so klicken Sie in der *Menuleiste* auf *Male, Gelenke*.

Bevor Sie die veränderte Struktur erneut berechnen, vergessen Sie nicht das neue Stabelement mit dem Rest der Struktur zu verknüpfen. (Wie Sie dazu vorgehen, sehen Sie in Abschnitt 12)

Ein Vergleich der Resultate mit und ohne Zugstab zeigt, dass die maximalen Spannungen massiv gesunken sind.

Hier sind die Biegespannungen y der verbesserten Struktur aufgezeigt:

