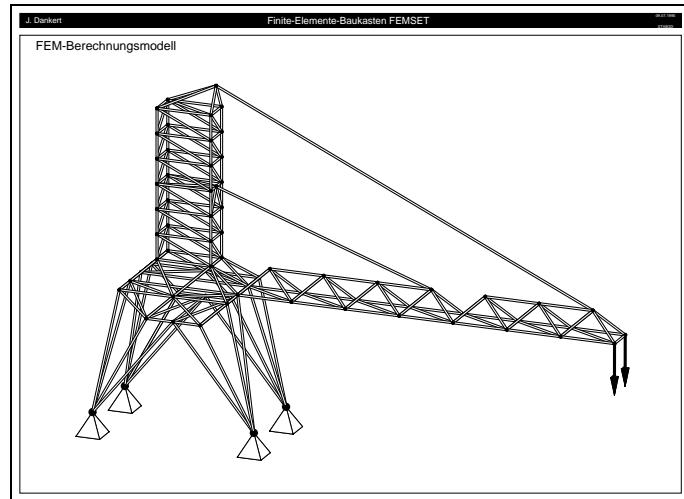


## 10 Programm FACH3D (räumliche Fachwerke)

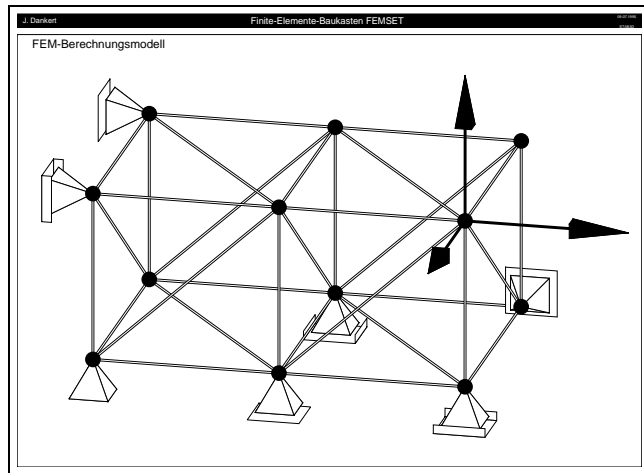
Das Programm FACH3D berechnet die Verformungen und Stabkräfte dreidimensionaler Fachwerke, die durch folgende Eingabewerte beschrieben werden:

- ◆ **Anzahl der Elemente NE**, die Elemente sind Fachwerkstäbe mit elementweise konstanter Dehnsteifigkeit, die nur Zug- und Druckbelastung übertragen können und mit den anderen Stäben über reibungsfreie Gelenke verbunden sind (ideales Fachwerk), die Elemente sind von 1 ... NE zu nummerieren.
- ◆ **Anzahl der Knoten NK**, es sind die (reibungsfreien) Fachwerkknoten, die die Stäbe verbinden, auch die gelagerten Knoten müssen mitgezählt werden, die Knoten sind von 1 ... NK zu nummerieren.
- ◆ **NK Knotenkoordinatentripel**, bezogen auf ein vom Benutzer frei wählbares kartesisches  $x$ - $y$ - $z$ -Koordinatensystem (mit der Definition dieses Koordinatensystems liegen dann auch die Richtungen positiver Knotenkräfte, die Richtungen der Verschiebungsmöglichkeiten von Loslagern und die Richtungen der zu berechnenden Knotenverschiebungen fest).
- ◆ **NE Knotennummernpaare** (Koinzidenzmatrix), mit denen die Zuordnung der Stäbe zu den Knoten definiert wird, welcher Knoten als erster bzw. zweiter Knoten angegeben wird, ist bedeutungslos.
- ◆ **NE Dehnsteifigkeiten** (Produkt aus Elastizitätsmodul und Querschnittsfläche) für die Stäbe, bei deren Eingabe man gegebenenfalls vom Angebot, durch Drücken der Taste F2 allen Stäben den gleichen Wert zukommen zu lassen, Gebrauch machen kann.
- ◆ **NK Knotenkrafttripel** (für jeden Knoten drei Komponenten mit den Richtungen der für die Knotenkoordinaten festgelegten Koordinatenachsen), da alle Werte mit Null vorbelegt sind, müssen meist nur einige Werte eingegeben werden.
- ◆ **NK Indikatoren für die Knotenlagerung:**
  - 0 ---> Knoten ist nicht gelagert (Vorbelegung für alle Knoten),
  - 1 ---> Verschiebung in  $x$ -Richtung behindert (Knoten kann sich in einer zur  $y$ - $z$ -Ebene parallelen Ebene frei bewegen),
  - 2 ---> Verschiebung in  $y$ -Richtung behindert (Knoten kann sich in einer zur  $x$ - $z$ -Ebene parallelen Ebene frei bewegen),
  - 3 ---> Verschiebung in  $z$ -Richtung behindert (Knoten kann sich in einer zur  $x$ - $y$ -Ebene parallelen Ebene frei bewegen),



3D-Fachwerk mit 215 Stäben und 71 Knoten

- 12 ---> Verschiebung in  $x$ - und  $y$ -Richtung behindert (Knoten kann sich parallel zur  $z$ -Achse frei bewegen),
- 13 ---> Verschiebung in  $x$ - und  $z$ -Richtung behindert (Knoten kann sich parallel zur  $y$ -Achse frei bewegen),
- 23 ---> Verschiebung in  $y$ - und  $z$ -Richtung behindert (Knoten kann sich parallel zur  $x$ -Achse frei bewegen),
- 123 ---> Knoten unverschieblich (Festlager).



Die Skizze rechts oben zeigt für alle 7 Lagervarianten die Symbole, die in den graphischen Darstellungen verwendet werden.

- ◆ **3\*NK Federsteifigkeiten** (an jedem Knoten darf je eine lineare Feder in  $x$ -,  $y$ - und  $z$ -Richtung angebracht sein), alle Werte mit Null vorbelegt.

Das Programm arbeitet mit den Annahmen der klassischen Fachwerktheorie (reibungsfreie Gelenke, kleine Verformungen). Es liefert für statisch bestimmte und statisch unbestimmte Systeme im Rahmen dieser Theorie exakte Ergebnisse.

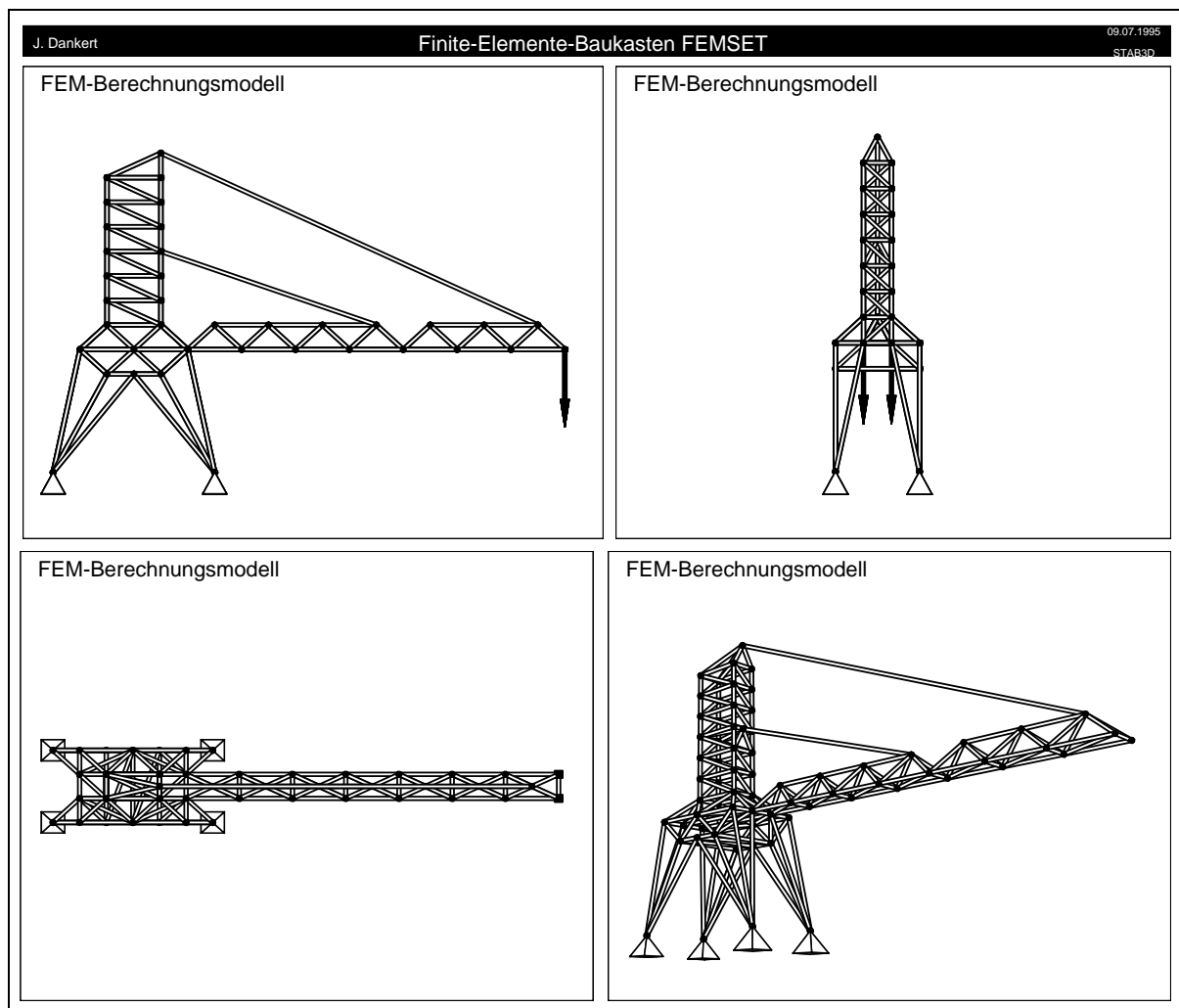
Die graphische Kontrolle der Richtigkeit des eingegebenen Berechnungsmodells ist bei 3D-Objekten wesentlich schwieriger als für 2D-Modelle. Deshalb stehen zahlreiche Funktionen zur Modifikation der graphischen Darstellungen zur Verfügung.

Die Berechnungsmodelle können in Zentralprojektion oder Parallelprojektion dargestellt werden (Voreinstellung ist Zentralprojektion):

- ◆ Bei der **Zentralprojektion** wird von einem Projektionszentrum, dem "**Eye Point**" (über das Menü einstellbar), zu jedem Punkt des Körpers ein Sehstrahl gezogen. Der Schnittpunkt des Sehstrahls mit der Ebene, auf der die Abbildung entstehen soll (Projektionsebene), ist die Abbildung des Punktes in der Zeichenebene.

Die Projektionsebene wird durch die Festlegung eines **Hauptpunktes** (über das Menü einstellbar) definiert: Sie verläuft durch den Hauptpunkt und liegt senkrecht zur Verbindungsgeraden vom "Eye Point" zum Hauptpunkt.

- ◆ Die **Parallelprojektion** kann als Sonderfall der Zentralprojektion angesehen werden, bei der das Projektionszentrum ("Eye Point") im Unendlichen liegt, so daß alle Sehstrahlen parallel verlaufen. Sie wird definiert durch einen **Vektor der Blickrichtung** (müßte für eine mit der Zentralprojektion vergleichbare Darstellung die negativen Werte der "Eye Point"-Komponenten enthalten) und den **Hauptpunkt**, der die zum Vektor der Blickrichtung senkrecht liegende Projektionsebene festlegt.

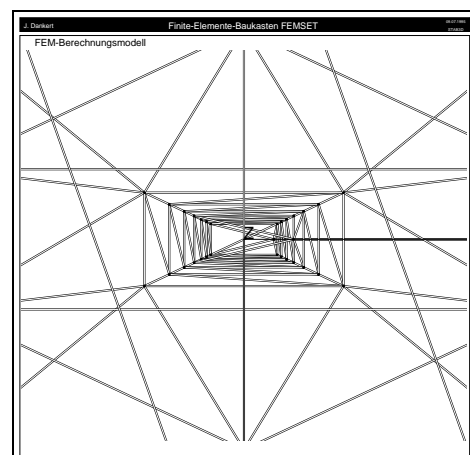


Vorderansicht, Seitenansicht, Draufsicht (Parallelprojektion) und Zentralprojektion

Die Zentralprojektion offeriert beinahe beliebige Möglichkeiten, das Fachwerk zu betrachten, und liefert meist auch "schönere Bilder", weil der räumliche Eindruck (besonders bei nicht zu großer Entfernung des "Eye Points" vom Objekt) besonders gut vermittelt wird. Die nebenstehende Skizze zeigt ein Beispiel, wie durch geeignete Wahl des "Eye Points" das Fachwerk auch "von innen" betrachtet werden kann.

Die Parallelprojektion hat dagegen die angenehme Eigenschaft, vertikale Linien in der Projektionsebene auch vertikal wiederzugeben. Sie sollte auch unbedingt für die "klassischen" Ansichten (Vorderansicht, Seitenansicht und Draufsicht) verwendet werden.

Die darzustellenden Zeichnungselemente werden bei Zentralprojektion in der Reihenfolge ihrer Entfernung vom "Eye Point" gezeichnet (die am weitesten entfernten Elemente zuerst), bei der Parallelprojektion wird die Reihenfolge sinngemäß mit dem Blickrichtungs-



"Eye Point" unter dem Turm, Hauptpunkt senkrecht darüber

vektor festgelegt. So überdecken die näher zum Betrachter liegenden Elemente die weiter entfernten. Da die Elemente mit "breiten und zweifarbigen Linien" gezeichnet werden (Seitenkanten haben andere Farbe als die Mitte der Linie), enthält die Zeichnung die Information, welche Zeichnungselemente vor anderen liegen (einfache "Hidden Line"-Strategie). Da die PostScript-Ausgabe mit der gleichen "Überdeckungsstrategie" arbeitet wie die Bildschirm-Ausgabe, wird der gleiche Effekt für die Drucker-Ausgabe erreicht.

Als Ergebnisse der Berechnung ergeben sich drei Verschiebungen (in Richtung der bei der Eingabe definierten Koordinaten) für jeden Knoten und eine Stabkraft für jedes Element. Die Ergebnisse können in Listen ausgegeben und durch eine graphische Darstellung anschaulich gemacht werden.

