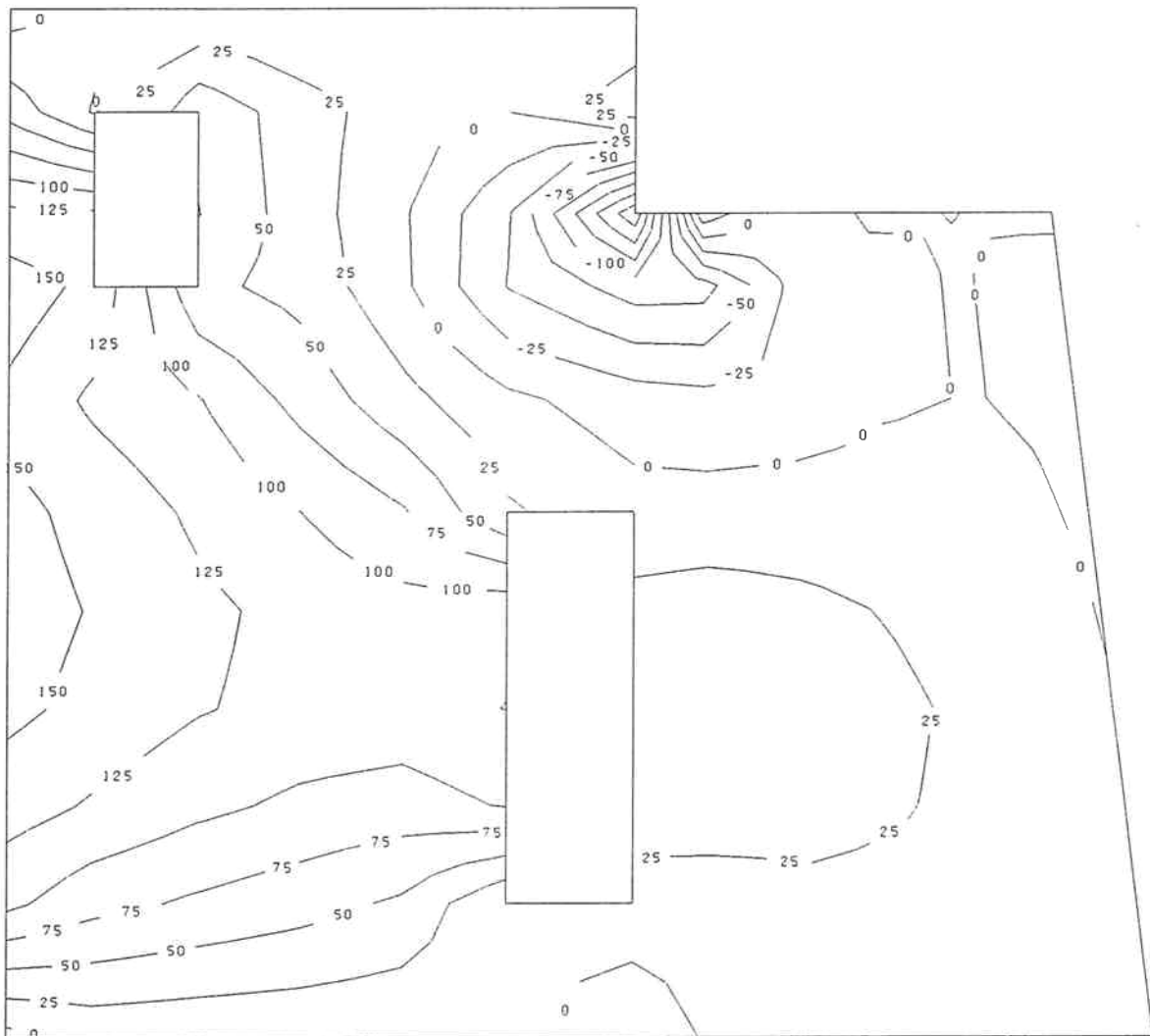


# FEM Platte

## Handbuch





# Inhaltsverzeichnis

---

<b>FEM Platte</b> .....	<b>1</b>
Menüfunktionen.....	1
<b>1. OBJEKTVERWALTUNG</b> .....	<b>1.1</b>
<b>2. TRAGWERK</b> .....	<b>2.1</b>
<b>2.1. Einleitung</b> .....	<b>2.2</b>
2.1.1. Koordinatensystem.....	2.3
2.1.2. Freiheitsgrade.....	2.3
2.1.3. Grundvoraussetzungen in der Plattentheorie.....	2.4
<b>2.2. Materialien, Querschnitte</b> .....	<b>2.5</b>
2.2.1. Materialtypen.....	2.5
2.2.2. Balkenquerschnittstypen.....	2.7
2.2.3. Plattenquerschnittstypen.....	2.8
<b>2.3. Das FE - Netz</b> .....	<b>2.9</b>
2.3.1. Definition des FE Netzes.....	2.10
2.3.2. Netzgenerierung von Dreieckselementen.....	2.11
2.3.2.1. Knoten.....	2.12
2.3.2.2. Knotengenerierung im kartesischen Koordinatensystem.....	2.13
2.3.2.3. Knotengenerierung im Polarkoordinatensystem.....	2.14
2.3.2.4. Knoten löschen.....	2.15
2.3.2.5. Dreieckselemente.....	2.16
2.3.2.6. Dreieckselemente Generieren.....	2.17
2.3.3. Netzgenerierung von Viereckselementen.....	2.18
2.3.3.1. Netzgenerierung im kartesischen Koordinatensystem.....	2.18
2.3.3.2. Netzgenerierung im Polarkoordinatensystem.....	2.19
2.3.4. Aussparung Generator.....	2.20
2.3.5. Viereckselemente generieren.....	2.21
2.3.6. Querschnittstyp Generator.....	2.22
2.3.7. Elastische Bettungsgenerator.....	2.23
2.3.8. Balkenelemente.....	2.24
2.3.8.1. Generieren der Balkenelemente.....	2.25
2.3.9. Netzgenerator für unregelmäßige Masche.....	2.27
<b>2.4. Randbedingungen</b> .....	<b>2.31</b>
2.4.1. Auflager.....	2.31
2.4.1.1. Auflager generieren.....	2.32
2.4.2. Federauflager.....	2.33
2.4.2.1. Federauflager generieren.....	2.34
<b>2.5. Ausgabe-Drucker</b> .....	<b>2.35</b>
<b>2.6. Ausgabe-Graphik</b> .....	<b>2.36</b>

<b>3. LASTFÄLLE .....</b>	<b>3.1</b>
<b>3.1. Eingabe .....</b>	<b>3.2</b>
3.1.1. Auflagerverformungen .....	3.3
3.1.2. Einzellast in Knoten.....	3.3
3.1.3. Einzellast in Punkte .....	3.4
3.1.4. Eigengewicht .....	3.4
3.1.5. Gleichlast über Elemente.....	3.5
3.1.6. Gleichlast über Fläche.....	3.5
3.1.7. Linienlast zwischen Knoten .....	3.6
3.1.8. Linienlast zwischen Punkte .....	3.7
3.1.9. Temperaturlast über Elemente.....	3.8
3.1.10. Temperaturlast über Fläche .....	3.8
3.1.11. LKW-Belastung .....	3.9
3.1.12. Generierung einer Lastfallserie für LKW Belastung .....	3.10
<b>3.2. Rechnen, Bemessen.....</b>	<b>3.11</b>
<b>3.3. Ausgabe Bildschirm.....</b>	<b>3.14</b>
3.3.1. Knotenverformungen .....	3.15
3.3.2. Auflagerkräfte.....	3.15
3.3.3. Balkenschnittkräfte .....	3.16
3.3.4. Plattenschnittkräfte .....	3.17
3.3.5. Bewehrung.....	3.18
3.3.6. Info.....	3.18
<b>3.4. Ausgabe Drucker.....</b>	<b>3.19</b>
<b>3.5. Ausgabe Graphik.....</b>	<b>3.23</b>
3.5.1. Knotenverformungen .....	3.24
3.5.2. Auflagerkräfte.....	3.26
3.5.3. Balkenschnittkräfte .....	3.27
3.5.4. Plattenschnittkräfte .....	3.28
3.5.5. Hauptmomente.....	3.29
3.5.6. Bewehrung.....	3.30
3.5.7. Bodenpressung.....	3.31
3.5.8. Lasteingaben .....	3.32
<b>4. LASTFALLÜBERLAGERUNG.....</b>	<b>4.1</b>
<b>4.1. Eingabe.....</b>	<b>4.2</b>
<b>4.2. Rechnen, Bemessen.....</b>	<b>4.3</b>
<b>4.3. Ausgabe Bildschirm.....</b>	<b>4.4</b>
<b>4.4. Ausgabe Drucker.....</b>	<b>4.5</b>
<b>4.5. Ausgabe Graphik.....</b>	<b>4.6</b>

<b>5. LASTEXTREME .....</b>	<b>5.1</b>
5.1. Eingabe .....	5.2
5.2. Rechnen, Bemessen .....	5.4
5.3. Ausgabe Bildschirm .....	5.6
5.3.1. Knotenverformungen .....	5.7
5.3.2. Auflagerkräfte .....	5.7
5.3.3. Balkenschnittkräfte .....	5.8
5.3.4. Plattenschnittkräfte .....	5.9
5.3.5. Bewehrung .....	5.10
5.3.6. Info .....	5.10
5.4. Ausgabe Drucker .....	5.11
5.5. Ausgabe Graphik .....	5.16
5.5.1. Knotenverformungen .....	5.17
5.5.2. Auflagerreaktionen .....	5.19
5.5.3. Balkenschnittkräfte .....	5.20
5.5.4. Plattenschnittkräfte .....	5.21
5.5.5. Hauptmomente .....	5.22
5.5.6. Bewehrung .....	5.23
5.5.7. Bodenpressung .....	5.24
<b>A. Graphik - Ausgabe .....</b>	<b>A.1</b>
A.1. Kapitelspezifische Ausgabesteuerung .....	A.1
A.2. Allgemeine Ausgabesteuerung für die Graphik .....	A.1
<b>B. Theorie .....</b>	<b>B.1</b>
B.1. Allgemeines zu den verwendeten Elementen .....	B.1
B.1.1. Einleitung .....	B.1
B.1.2. Eigenschaften der Elementtypen .....	B.2
B.1.2.1. Kirchhoffsche Theorie .....	B.2
B.1.2.2. Mindlin'sche Theorie .....	B.2
B.2. Konvergenz .....	B.3
B.3. Stahlbetonbemessung .....	B.5
B.4. Programmgrenzen .....	B.6



# FEM Platte

---

(C) ALLPROJEKT GmbH	F E M - P L A T T E	Version 2.20
Objekt : DEMO		Objektteil : HB
 <b>1. OBJEKTVERWALTUNG</b> <b>2. TRAGWERK</b> <b>3. LASTFÄLLE</b> <b>4. LASTFALLÜBERLAGERUNGEN</b> <b>5. LASTEXTREME</b> <b>6. ÜBERNAHME VON CAD</b>  Ihre Wahl		

## Menüfunktionen

### **1. Objektverwaltung**

Auswahl, welches Objekt- bzw. Objektteil berechnet werden soll. Anlegen von neuen Objekten und Kopieren von bereits bestehenden Objekten.

### **2. Tragwerk**

Eingabe von Material- und Querschnittswerten sowie Geometrie des FEM - Netzes. Kontrolle des FE - Netzes. Alphanumerische und graphische Dokumentation des Tragwerkes.

### **3. Lastfälle**

Definition der Lastfälle, welche aus verschiedenen Lastarten zusammengestellt werden können. Berechnung der Zustandsgrößen wie Durchbiegungen, Balken- und Plattenschnittkräfte und Reaktionen. Alphanumerische und graphische Dokumentation der Lastfallergebnisse.

### **4. Lastfallüberlagerungen**

Superposition der Lastfallergebnisse. Alphanumerische und graphische Dokumentation der überlagerten Zustandsgrößen.

### **5. Lastextreme**

Berechnung der maßgebenden Zustandsgrößen durch Kombination der Lastfallergebnisse. Die einzelnen Lastfällen können als ständige Last, Nutzlast oder Nutzlast mit +/- Vorzeichen sowie einander gegenseitig ausschließend definiert werden. Alphanumerische und graphische Dokumentation der maßgebenden und zugehörigen Zustandsgrößen.

### **Übernahme von CAD**

Übernahme von Daten, welche mit dem Netzgenerator erzeugt wurden.



# 1. OBJEKTVERWALTUNG

---

Bevor mit der Bearbeitung eines statischen Programms begonnen werden kann, muß die Objektverwaltung aufgerufen werden. Hier wird ein bereits vorhandenes Objekt bzw. Objektteil zur Bearbeitung ausgewählt oder ein neues Objekt/Objektteil angelegt.

## **Eingabefelder:**

*Sachbearbeiter:*

muß nicht angegeben werden, dient nur der Dokumentation.

*Objekt:*

Objektkennung, alphanumerisch und Sonderzeichen z.B. Eingabe der Geschäftszahl, das zugehörige Textfeld dient zur näheren Beschreibung des Objekts

*Objektteil:*

Objektteilkennung, wie Eingabe Objekt

Es können beliebig viele Objekte und beliebig viele zu den einzelnen Objekten gehörige Objektteile verwaltet werden. Nach Eingabe des gewünschten Objekt/-teils erfolgt durch **VORIGE MASKE** die Aktivierung der Daten und gleichzeitig die Rückkehr ins Hauptmenü.

## **Verwaltungsfunktionen:**

Cursor muß im Eingabefeld Objekt oder Objektteil stehen.

### **SICHTEN:**

Durch die Funktionstaste **SICHTEN** wird eine Tabelle mit den vorhandenen Objekten/-teilen angezeigt. Mit **TABELLE RÜCKWÄRTS** wird der Cursor wieder ins Eingabefeld positioniert.

### **LÖSCHEN:**

Nach Eingabe des zu löschenden Objekt/-teils durch Funktionstaste **LÖSCHEN**. Falls ein Objekt gelöscht wird, werden auch alle zum Objekt gehörigen Objektteile gelöscht.

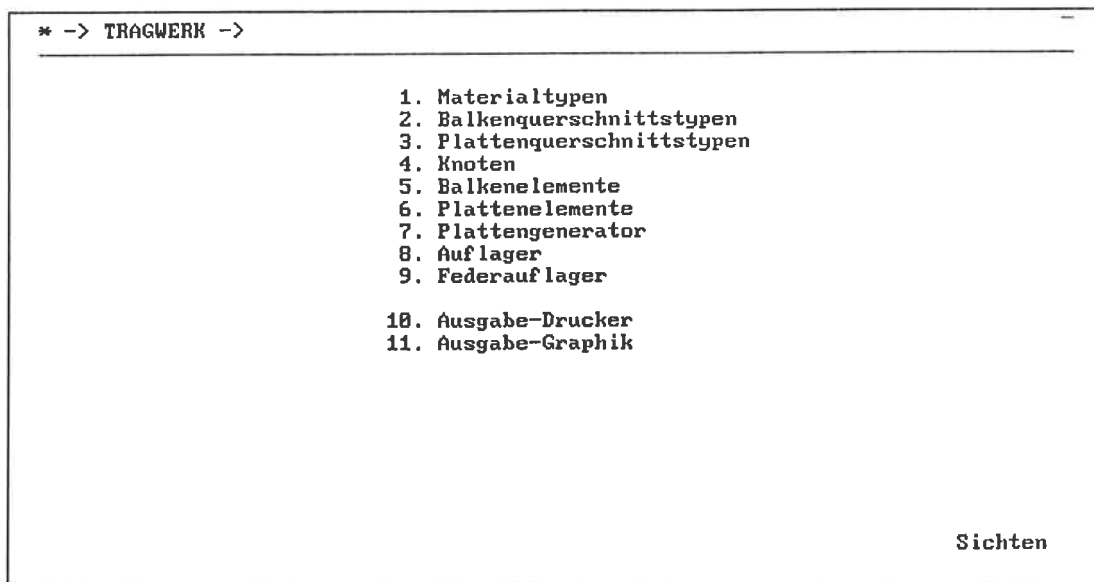
### **KOPIEREN:**

Nur für Objektteile verfügbar. Nach Eingabe des zu kopierenden Objektteils durch Funktionstaste **KOPIEREN**. Darauf erfolgt die Eingabe des Zielobjektteils mit zugehörigem Text (die Texteingabe kann unterbleiben, das Textfeld muß aber mit **NEU LINE (ENTER)** verlassen werden. Mit Ausführen von **KOPIEREN** werden alle Eingabedaten des zu kopierenden Objektteils in das neue Objektteil übernommen, die Ergebnisse werden nicht kopiert. Das neue Objektteil steht nunmehr für Modifikationen zur Verfügung. In ein Objektteil welches bereits Daten enthält, kann nicht kopiert werden.



## 2. TRAGWERK

---



### Allgemeines

In diesem Menüpunkt wird das FE - Model definiert, welches der Tragwerkberechnung zugrunde gelegt wird.

Durch Auswahl der Untermenüpunkte 1 - 3 werden die nötige Materialien und Querschnittstypen eingegeben, in den Punkten 4 - 7 wird das FE Netz definiert, welches dann mit Hilfe der Punkten 8 - 9 mit Randbedingungen noch ergänzt wird.

Die Punkte 10 und 11 dienen für die alphanumerische bzw. grafische Ausgabe der Tragwerkseingaben.

## 2.1. Einleitung

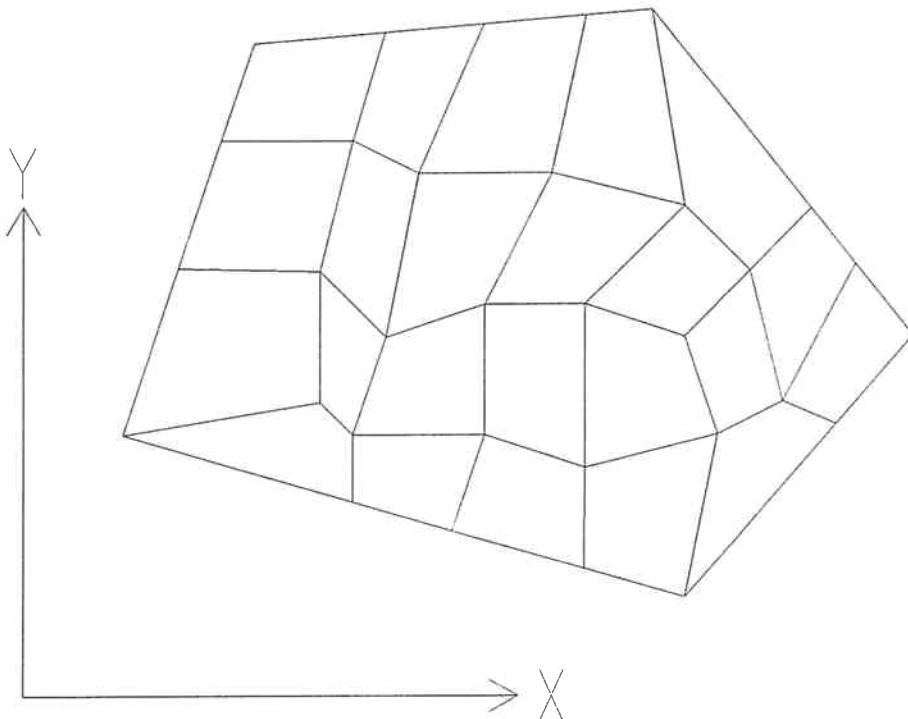
Wenn das Tragwerk (Platte) durch gedachte Linien in eine Anzahl "finiter Elemente" zerlegt wird, bekommt man ein FE Netz.

Dabei wird angenommen, daß die Elemente durch eine bestimmte Anzahl der Knotenpunkte - angeordnet an den Elementrändern - untereinander verbunden sind. Die Verschiebungen dieser Knotenpunkte werden in der Folge als die grundlegenden unbekanntenen Größen des Problems aufgefaßt.

Der Verschiebungszustand innerhalb jedes "finiten Elementes" wird mit Hilfe eines Systems gewählter Funktionen in Abhängigkeit von den Knotenpunktverschiebungen eindeutig festgelegt.

Durch diese Verschiebungsfunktionen ist auch der Verzerrungszustand im Inneren eines Elementes eindeutig in Abhängigkeit von den Knotenverschiebungen bestimmt. Aus diesen Verzerrungen kann mit dem Stoffgesetz des Materials die Spannungsverteilung im gesamten Element und damit auch an dessen Rändern ermittelt werden.

Für die Berechnung wird noch ein System von Knotenkräften bestimmt, das im Gleichgewicht mit den Flächen und Linienlasten und anderen äußeren Belastungen steht und als "Ersatzbelastung" betrachtet wird.

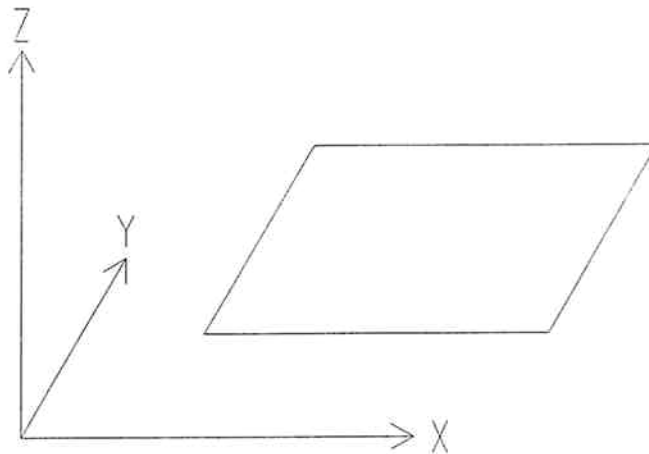


### 2.1.1. Koordinatensystem

Das globale Koordinatensystem ist ein orthogonales, rechtsdrehendes Koordinatensystem, in welchem die  $XY$ -Ebene als horizontale Grundrißebene zu betrachten ist, und die positive  $Z$ -Achse nach oben zeigt. (Wegen Kompatibilität mit anderen AP-Statikprogrammen) Die Abbildung zeigt das verwendete Koordinatensystem mit der Platte.

### Vorzeichenkonvention

Allgemein gilt für Vektoren sowohl im globalen als auch im lokalen Koordinatensystem, daß alle Vorzeichen positiv in Richtung der jeweiligen Achse sind, bzw. positive Drehrichtung in Richtung der Achsen haben.

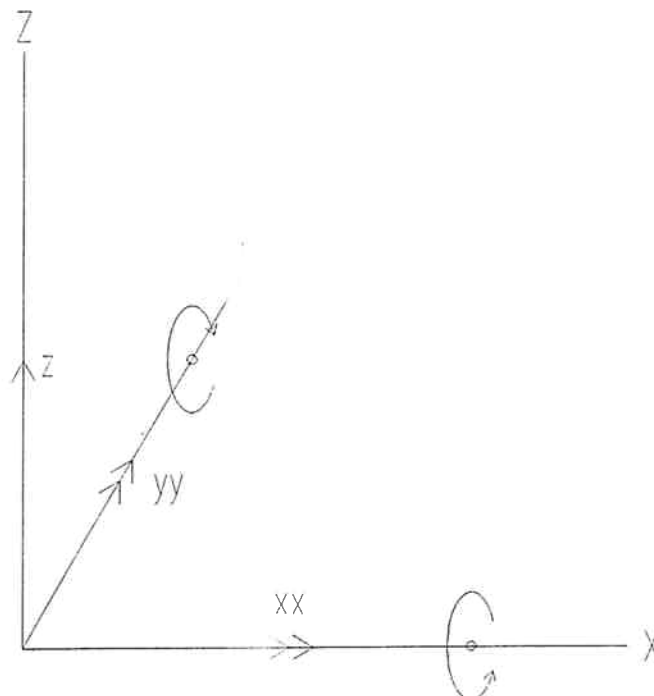


### 2.1.2. Freiheitsgrade

Der Verformungszustand der ganzen Platte läßt sich mit der Kombination folgender Knotenverformungskomponenten eindeutig definieren:

- Verschiebung in Richtung  $Z$
- Verdrehung um die Achse  $X$
- Verdrehung um die Achse  $Y$

Die Abbildung zeigt das verwendete Koordinatensystem mit den Freiheitsgraden.

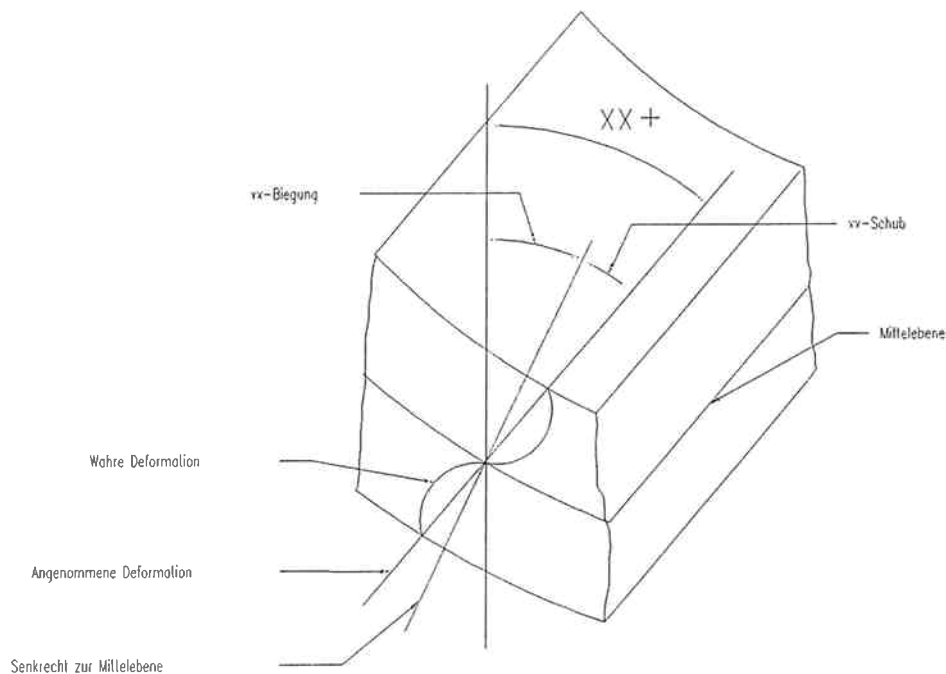


### 2.1.3. Grundvoraussetzungen in der Plattentheorie

Das Programm FE Platte rechnet auf Wunsch vom Anwender nach der Kirchhoff'schen oder Mindlin'schen Theorie. Da bei der Kirchhoff'schen Theorie ("Biegung dünner Platten") die Schubverformungen vernachlässigt werden, sollte die Mindlin'sche Theorie in jenen Fällen eingesetzt werden, wenn die Schubverformungen größere Bedeutung haben, wie dicke Platten und "Sandwich" Konstruktionen.

Folgendes sind die wichtigsten Voraussetzungen:

- Die Durchbiegungen der Platte sind klein gegenüber deren Plattendicke
- Die Spannungen senkrecht auf die Mittelebene sind vernachlässigbar klein
- Die Querschnitte bleiben nach der Deformation auch gerade und senkrecht auf die Mittelebene (Kirchhoff)
- Die Querschnitte bleiben nach der Deformation auch gerade aber nicht unbedingt senkrecht auf die Mittelebene (Mindlin)



## 2.2. Materialien, Querschnitte

### 2.2.1. Materialtypen

* -> TRAGWERK -> Materialtypen (-> Katalog)							
Mat. typ Nr	Baustoff (Name)	E-Modul (N/mm <sup>2</sup> )	Querdehnungszahl		Wichte (kN/m <sup>3</sup> )	Temp. Koeff. (1/°C)	
			X	Y			
1	B 300 ÖNORM	30000.0	0.200	0.200	25.00	0.0000100	
2	B 225 ÖNORM	26000.0	0.204	0.204	25.00	0.0000100	

S:

D-Tabelleneingabe

In einem Tragwerk können mehrere Arten von Materialtypen in beliebiger Anzahl verwendet werden. Die Kennwerte für Materialien können direkt in die Materialtabelle eingetragen werden, wo alle Funktionen zum Bearbeiten von Tabellen gelten.

Pro Materialtyp sind der Baustoffname, der E-Modul, die Querdehnungszahlen in X und Y Richtung, die Wichte und der Temperaturkoeffizient einzugeben.

Durch die Definition verschiedener Querdehnungszahlen in X- und Y- Richtung ist es auch möglich eine orthotrope Platte zu berechnen.

Die Wichte und der Temperaturkoeffizient werden bei den Belastungen Eigengewicht bzw. Temperaturlast automatisch von der Materialtabelle genommen.

Die gebräuchlichsten Baustoffkennwerte sind in einem Katalog gespeichert. Die zugehörige Eingabemaske erreicht man mit **MASKE VORWÄRTS**.

```

* -> TRAGWERK -> Materialtypen -> Katalog
-----
Materialgruppe : 1

Nr      Gruppenname
-----
1      Beton nach ÖNORM
2      Stahl nach ÖNORM
3      Beton nach DIN
4      Stahl nach DIN
5      Bauholz

```

In dem Eingabefeld Materialgruppe wählt man mit der entsprechenden Kennzahl den Baustoff an. Danach erscheinen am Bildschirm die im Katalog gespeicherten Baustoffgütern, aus welchen man durch Eingabe der Materialtypnummer und einer Kennzahl den gewünschten Baustoff auswählt.

```

* -> TRAGWERK -> Materialtypen -> Katalog
-----
Materialgruppe : 1

Materialtyp Nr : 1      Wahl vom Katalog : 5

Katalog Nr      Bezeichnung
-----
1      B 80 ÖNORM
2      B 120 ÖNORM
3      B 160 ÖNORM
4      B 225 ÖNORM
5      B 300 ÖNORM
6      B 400 ÖNORM
7      B 500 ÖNORM
8      B 600 ÖNORM

Suchen:

```

**2.2.2. Balkenquerschnittstypen**

\* -> TRAGWERK -> Balkenquerschnittstypen (-> Generieren)

Que.typ Nr	Mat.typ Nr	Balkenname	Fläche (cm <sup>2</sup> )	Schubfläche (cm <sup>2</sup> )	Biegetr.mom. (cm <sup>4</sup> )	Tors.tr.mom. (cm <sup>4</sup> )
1	1	B: 20/ 40	800.0	800.0	773772.	73227.

S:

D-Tabelleneingabe

In einem Tragwerk kann eine beliebige Anzahl von Balkenquerschnittstypen verwendet werden. Die Querschnittswerte können direkt in die Querschnittstabelle eingetragen werden, wo alle Funktionen zum Bearbeiten von Tabellen gelten.

Pro Querschnittstyp ist die Materialtypnummer, die Bezeichnung des Balkens, die Fläche, die Schubfläche, das Biegeträgheitsmoment und das Torsionsträgheitsmoment einzugeben.

Mit der Taste **MASKE VORWÄRTS** erreicht man eine Eingabemaske zur Definition der Abmessungen des Balkens, mit welchen die zuvor beschriebenen Querschnittskennwerte berechnet werden.

\* -> TRAGWERK -> Balkenquerschnittstypen -> Generieren

Querschnittstyp: 1

Materialtyp: 1

Balkenbreite (B): 20.0 cm

Balkenhöhe (H): 40.0 cm

Plattendicke (U): 25.0 cm

mitwirkende Plattenbreite (B0): 120.0 cm

Bewehrungslage oben (BLO): 2.5 cm

Bewehrungslage unten (BLU): 4.0 cm

**2.2.3. Plattenquerschnittstypen**

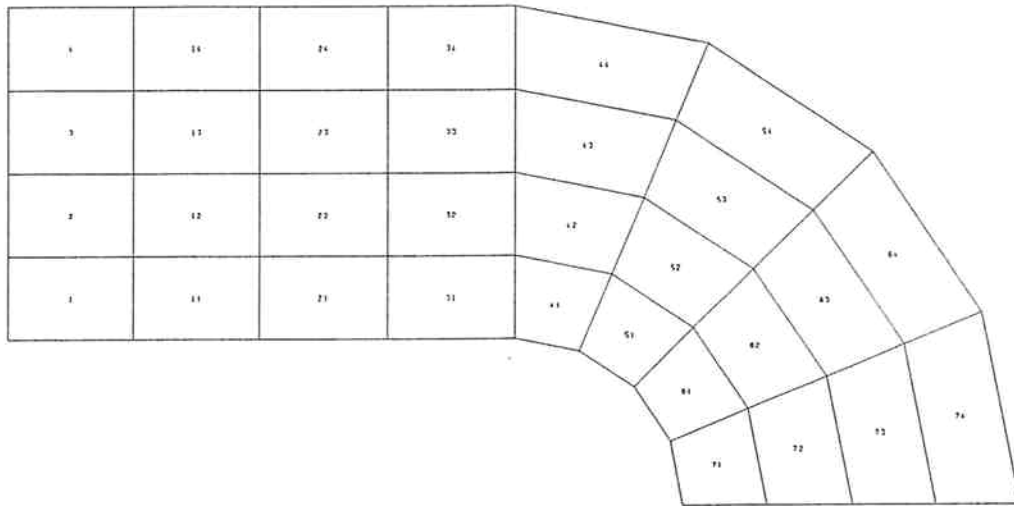
* -> TRAGWERK -> Plattenquerschnittstypen							
Querschn. typ Nr	Materialtyp Nr	Dicke (cm)	Bewehrungslage-1		Bewehrungslage-2		
			oben(cm)	unten(cm)	oben(cm)	unten(cm)	
1	1	25.0	3.0	3.0	3.5	3.5	
2	2	20.0	3.0	3.0	3.5	3.5	

S:

In einem Tragwerk kann eine beliebige Anzahl von Plattenquerschnittstypen verwendet werden. Die Querschnittswerte können direkt in die Querschnittstabelle eingetragen werden, wo alle Funktionen zum Bearbeiten von Tabellen gelten.

Pro Querschnittstyp sind die Materialtypnummer, die Dicke des Plattenelementes und die Randabstände zu den Schwerpunktlagen der Bewehrung, getrennt nach Richtung, einzugeben. Auf diese Weise ist es möglich Plattenteile verschiedener Materialkennwerte und Dicke in der Berechnung zu berücksichtigen.

### 2.3. Das FE - Netz

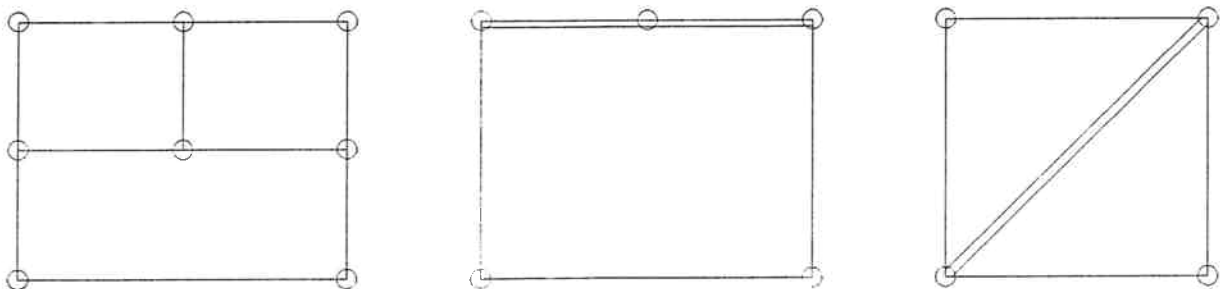


Das finite Element Netz kann aus dreiecksförmigen, allgemeinen viereckigen Plattenelementen und Balkenelementen definiert werden. Das Programm verwendet folgende Elementtypen (siehe auch Anhang B) :

- 4 knotiges allgemeines Viereckelement mit bilinearen Verschiebungsfunktionen (Mindlin'sches Element)
- 4 knotiges Rechteck- oder Parallelogrammelement mit bikubischen Verschiebungsfunktionen (Kirchhoff'sches Element)
- 3 knotiges Dreieckselement mit linearen Verschiebungsfunktionen (Mindlin)
- 3 knotiges Dreieckselement mit kubischen Verschiebungsfunktionen (DKT - Element)
- 2 knotiges Balkenelement mit linearen Verschiebungsfunktionen (Mindlin)
- 2 knotiges Balkenelement mit kubischen Verschiebungsfunktionen (Kirchhoff)

Diese Elemente sind untereinander in den Eckpunkten (Knotenpunkten) verbunden, die Balkenelemente können an den Elementrändern, aber auch in der Diagonale eines Viereckelementes liegen.

In der nachfolgenden Abbildung sind im linken und mittleren Bild falsche Elementverbindungen dargestellt. Im rechten Bild ist ein Balkenelement entlang der Plattenelementdiagonale richtig definiert.



### **2.3.1. Definition des FE Netzes**

Das FE Netz wird also mit den Elementen bzw. deren Knoten (Topologie) und mit den Koordinaten der Knotenpunkte (Geometrie) definiert.

#### **Netzdefinition**

Die unmittelbare Definition eines Knotens oder Elementes kommt sehr selten vor, es besteht jedoch die Möglichkeit einzelne Knoten oder Elemente direkt in der jeweiligen Tabelle einzugeben oder zu modifizieren.

Das FE Netz kann mit Hilfe folgenden Tabellen eingegeben werden

- Knoten - Tabelle
- Plattenelement - Tabelle
- Balkenelement - Tabelle

#### **Netzgeneratoren**

Da die Netze der Flächentragwerke in der Praxis meistens irgendwelche Regelmäßigkeit aufweisen, können sie mit Hilfe von Generatoren leicht definiert werden. Die folgenden Kapitel zeigen die umfangreichen Möglichkeiten des Generierens eines FE Netzes.

Das FE Netz kann mit Hilfe folgender Generatoren erstellt werden

##### **Netzgenerierung**

- *Netzgenerator im kartesischen Koordinatensystem*
- *Netzgenerator im Polarkoordinatensystem*

##### **Knotengenerierung**

- *Rastergenerator im kartesischen Koordinatensystem*
- *Rastergenerator im Polarkoordinatensystem*
- *Knoten Löschen*

##### **Elementgenerierung**

- *Aussparungsgenerator*
- *Querschnittstypgenerator*
- *Viereckselementgenerator*
- *Dreieckselementgenerator*
- *Elastische Bettungsgenerator*
- *Balkenelementgenerator*

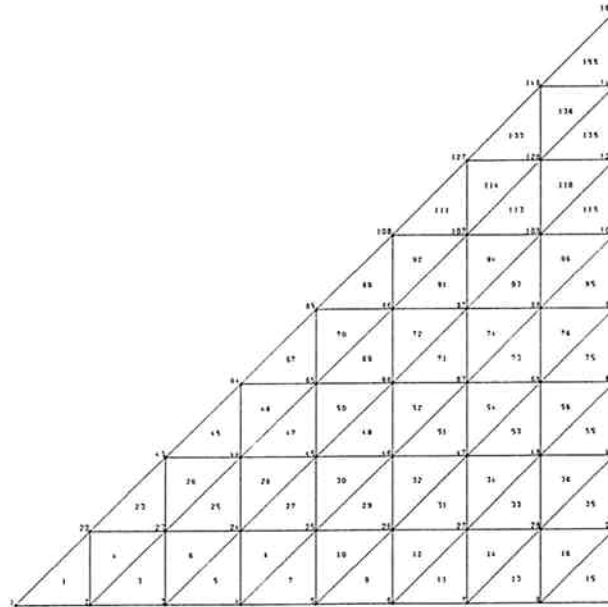
In den nächsten Punkten wird anhand eines einfachen Beispielen (siehe vorige Seite) die Anwendung der Knoten und Elementtabellen und der verschiedenen Generatoren gezeigt.

Anschließend wird bei einem anderen Beispiel vorgeführt, welche Möglichkeiten noch die Generatoren haben, um ein unregelmäßiges Netz auch relativ einfach definieren zu können.

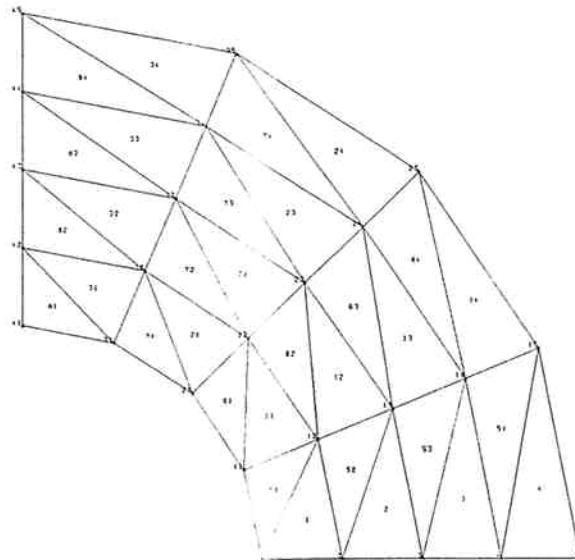
**2.3.2. Netzgenerierung von Dreieckselementen**

Die Generierung des FE - Netzes erfolgt unabhängig vom gewählten Koordinatensystem (kartesisch oder polar) in zwei Schritten, nämlich Generieren der Knotenkoordinaten und die Zuordnung der Elemente zu den Knoten. Die Reihenfolge der beiden Vorgänge ist beliebig. Nicht mehr benötigte Knoten können abschließend gelöscht werden.

Beispiel für generiertes Netz im kartesischen Koordinatensystem



Beispiel für generiertes Netz im Polarkoordinatensystem



**2.3.2.1. Knoten**

* -> TRAGWERK -> Knoten (-> Generieren)			
Knoten Nr	X-Koordinate (m)	Y-Koordinate (m)	
1	0.000	0.000	
2	1.000	0.000	
3	2.000	0.000	
4	3.000	0.000	
5	4.000	0.000	
6	5.000	0.000	
7	6.000	0.000	
8	7.000	0.000	
9	8.000	0.000	
22	1.000	1.000	
23	2.000	1.000	
24	3.000	1.000	
25	4.000	1.000	
26	5.000	1.000	
27	6.000	1.000	
28	7.000	1.000	

Suchen :

D-Tabelleneingabe

In einem Tragwerk kann eine beliebige Anzahl von Knoten definiert werden, wobei zu beachten ist, daß die größtmögliche Knotennummer für MS-DOS Versionen programmintern mit 5500 angenommen wurde. Die Knoten werden durch Knotennummer und zugehörige X und Y Koordinaten eingegeben.

Die Numerierung der Knoten muß nicht lückenlos sein und hat keine Auswirkung auf die Größe der Frontbreite der Gesamtsteifigkeitsmatrix.

Es wird jedoch empfohlen, die Knotennummern nicht zu großzügig und möglichst kompakt auszugeben um in der Datenbank große Lücken zu vermeiden und dadurch Rechenzeit zu gewinnen.

Die Knoten können direkt in die Tabelle eingetragen werden, wo alle Funktionen zum Bearbeiten von Tabellen gelten. Sollten die Knotenkoordinaten irgendwelche Regelmäßigkeit aufweisen, können diese selbstverständlich generiert werden. Der Generator kann von der Knotentabelle mit **MASKE VORWÄRTS** erreicht werden. (Siehe Kapitel 2.3.2.2 bis 2.3.2.4)

### 2.3.2.2. Knotengenerierung im kartesischen Koordinatensystem

```

* -> TRAGWERK -> Knoten -> Generieren
-----
                          Generiertyp: K

Knoten      Knoten Nr      Koordinaten-von      Koordinaten-bis
von         von Sch-1 bis   X (m)   Y (m)           X (m)   Y (m)
von         1           1       9           0.000   0.000           8.000   0.000
Sch-2      20
bis        161          169           0.000   8.000           8.000   8.000

```

Der Generator kann von der Knotentabelle mit **NÄCHSTE MASKE** aufgerufen werden, in welchem der Generiertyp auf K (Kartesisch) gesetzt werden muß.

Dieser Generator erzeugt die Koordinaten für eine zweidimensionale regelmäßige Masche im kartesischen Koordinatensystem. Die generierten Knoten und deren Koordinaten können dann direkt in der Knotentabelle auf Wunsch weiter modifiziert werden.

Nach Generieren kann man mit **MASKE RÜCKWÄRTS** wieder in die Knotentabelle zurückkehren.

Mit den Eingaben in der obigen Maske wurden die Koordinaten der Knoten des in Kapitel 2.3.2 dargestellten oberen Beispiels generiert.

2.3.2.3. Knotengenerierung im Polarkoordinatensystem

* -> TRAGWERK -> Knoten -> Generieren							
Generatorotyp: P							
Mittelpunkt Koordinaten :				Xm=	0.000 m	Ym=	0.000 m
Knoten	von	Knoten Nr Sch-1	bis	Koordinaten-von R (m) Fi (°)		Koordinaten-bis R (m) Fi (°)	
von	1	1	5	3.000	0.000	7.000	0.000
Sch-2	10						
bis	41		45	3.000	90.000	7.000	90.000

Der Generator kann von der Knotentabelle mit **NÄCHSTE MASKE** aufgerufen werden, in welchem der Generator typ auf P (Polar) gesetzt werden muß, weiters die Mittelpunktskoordinaten des lokalen Polarkoordinatensystems, in welchem die Generierung erfolgen soll.

Dieser Generator erzeugt die Koordinaten für eine zweidimensionale regelmäßige Masche im Polarkoordinatensystem. Die generierten Knoten und deren Koordinaten können dann direkt in der Knotentabelle auf Wunsch weiter modifiziert werden.

Nach Generieren kann man mit **MASKE RÜCKWÄRTS** wieder in die Knotentabelle zurückkehren.

Mit den Eingaben in der obigen Maske wurden die Koordinaten der Knoten des in Kapitel 2.3.2 dargestellten unteren Beispiels generiert.

### 2.3.2.4. Knoten löschen

\* -> TRAGWERK -> Knoten -> Generieren

---

Generatortyp: L

Knoten löschen

von	Sch-1	Knoten Nr bis	Sch-2	bis
21	21	168	20	161

Der Generator kann von der Knotentabelle mit **NÄCHSTE MASKE** aufgerufen werden, in welchem dieser auf L (Löschen) gesetzt werden muß.

Dies hat den Vorteil, daß jene Knoten, welche nicht zum Tragwerk gehören, bei den Ergebnisausgaben nicht aufscheinen, im anderen Fall werden Resultate mit Wert 0.00 angezeigt.

Mit den Eingaben in der obigen Maske wurden die nichtbenötigten Knoten des in Kapitel 2.3.2 dargestellten oberen Beispielles gelöscht.

2.3.2.5. Dreieckselemente

* -> TRAGWERK -> Plattenelemente (-> Generieren)								
Element Nr	Elementtyp (3 oder 4)	K1	Knoten K2	Nr K3	K4	Que.typ Nr	el. Bettung (kN/m/m2)	
1	3	1	2	22	0	1	0.0	
2	3	1	22	21	0	1	0.0	
3	3	2	3	23	0	1	0.0	
4	3	2	23	22	0	1	0.0	
5	3	3	4	24	0	1	0.0	
6	3	3	24	23	0	1	0.0	
7	3	4	5	25	0	1	0.0	
8	3	4	25	24	0	1	0.0	
9	3	5	6	26	0	1	0.0	
10	3	5	26	25	0	1	0.0	
11	3	6	7	27	0	1	0.0	
12	3	6	27	26	0	1	0.0	
13	3	7	8	28	0	1	0.0	
14	3	7	28	27	0	1	0.0	
15	3	8	9	29	0	1	0.0	
16	3	8	29	28	0	1	0.0	

Suchen:

D-Tabelleneingabe

In einem Tragwerk kann eine beliebige Anzahl von Dreieckselementen definiert werden. Die Elemente werden durch Elementnummer, der Kennzahl des Elementtyps (3 = Dreiecks-, 4 = Viereckselement), drei zugeordneten Knoten im Gegenuhrzeigersinn, dem Querschnittstyp und der Größe einer eventuell vorhandenen Bettung (Bettungsziffer) eingegeben. Der nichtbenötigte vierte Knoten wird in der Tabelle mit Knotennummer 0 ausgegeben. Die Numerierung der Elemente muß nicht lückenlos sein.

Die Größe der Frontbreite der Gesamtsteifigkeitsmatrix hängt aber sehr von der Elementnumerierung ab. Um große Frontbreiten zu vermeiden, sollten die geometrisch benachbarten Elemente nicht zu große Elementnummerdifferenzen aufweisen.

Es wird auch empfohlen, die Elementnummern nicht zu großzügig und möglichst kompakt auszugeben um in der Datenbank große Lücken zu vermeiden und dadurch Rechenzeit zu gewinnen.

Die Elemente können direkt in die Tabelle eingetragen werden, wo alle Funktionen zum Bearbeiten von Tabellen gelten. Sollten die Elemente und die zugehörigen Knoten irgendwelche Regelmäßigkeit aufweisen, können diese selbstverständlich generiert werden. Der Generator kann von der Elementtabelle mit **MASKE VORWÄRTS** erreicht werden. (Siehe Kapitel 2.3.2.6)

### 2.3.2.6. Dreieckselemente Generieren

\* -> TRAGWERK -> Plattenelemente -> Generieren

---

Generatortyp : D

Querschnittstyp : 1

	Element Nr			Knoten Nr			Knoten
	von	Sch-1	bis	K1	K2	K3	Sch-1
von	2	2	16	1	22	21	1
Sch-2							Sch-2
bis	20			148	169	168	20

Der Generator kann von der Plattenelementtabelle mit **NÄCHSTE MASKE** aufgerufen werden, in welcher der Generatortyp auf D (Dreieckselementgenerator) gesetzt werden muß.

Dieser Generator erzeugt die Elemente mit den zugeordneten Knotennummern, also die Topologie. Die zugewiesenen Knoten brauchen vor der Generierung nicht existieren, deren Koordinaten können auch später eingegeben oder generiert werden. Die erzeugten Elemente mit den zugeordneten Knoten können dann direkt in der Elementtabelle auf Wunsch weiter modifiziert werden. Die Knotennummerierung des Elements muß im Gegenurzeigersinn vorgenommen werden.

Nach Generieren kann man mit **MASKE RÜCKWÄRTS** wieder in die Elementtabelle zurückkehren.

Mit den Eingaben in der obigen Maske wurden die geradzahligen Elemente des in Kapitel 2.3.2 dargestellten oberen Bildes erzeugt.

### 2.3.3. Netzgenerierung von Viereckselementen

Die Generierung des FE - Netzes kann vom Tragwerksmenü im Menüpunkt 7. Plattengenerator (vgl. Kap 2, Allgemeines) in einem Schritt erfolgen.

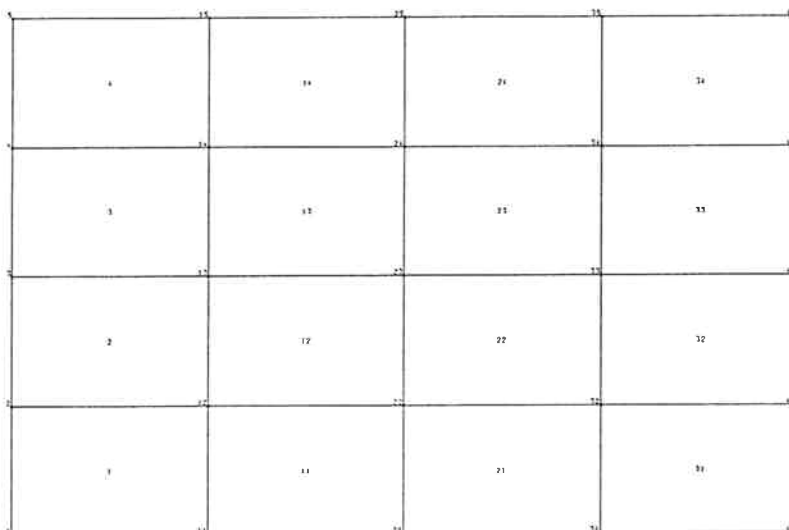
#### 2.3.3.1. Netzgenerierung im kartesischen Koordinatensystem

* -> TRAGWERK -> Plattengenerator							
Koordinatensystem: K							
Querschnittstyp: 1							
Knoten	Knoten Nr			Koordinaten-von		Koordinaten-bis	
	von	Sch-1	bis	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
von	1	1	5	-6.000	2.000	-6.000	6.000
Sch-2	10						
bis	41		45	0.000	2.000	0.000	6.000

Der Netzgenerator erzeugt die Knotenkoordinaten und die Topologie der Elementen in einem Schritt innerhalb eines Makroelementes. Die Elementnumerierung erfolgt in diesem Fall automatisch, die Elementnummer ist identisch mit der Nummer des links unten liegenden Knoten.

Der Generator kann vom Tragwerkmenü mit der Wahl 7 - Plattengenerator aufgerufen werden. Nach dem Generieren kann man mit **MASKE RÜCKWÄRTS** wieder ins Tragwerkmenü zurückkehren. Die zuletzt eingegebenen Werte des Generierens werden aufgehoben, bei nochmaligem Aufruf des Generators können die Werte modifiziert werden.

Das untere Bild zeigt das mit obigen Eingaben generierte FE - Netz.



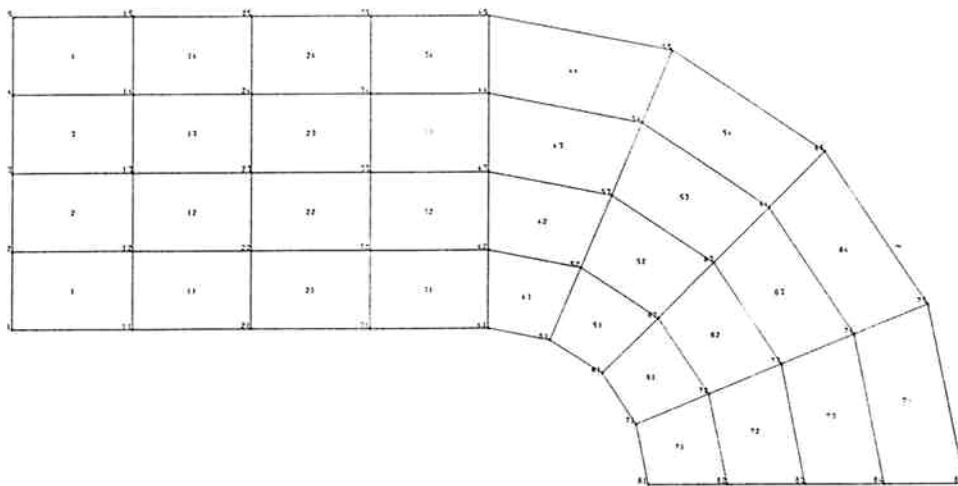
**2.3.3.2. Netzgenerierung im Polarkoordinatensystem**

* -> TRAGWERK -> Plattengenerator <span style="float: right;">0</span>							
Koordinatensystem: P							
Querschnittstyp: 1							
Knoten	Knoten Nr			Koordinaten-von		Koordinaten-bis	
	von	Sch-1	bis	R (m)	Fi (°)	R (m)	Fi (°)
von	41	1	45	2.000	90.000	6.000	90.000
Sch-2	10						
bis	81		85	2.000	0.000	6.000	0.000

Der Netzgenerator generiert die Knotenkoordinaten und die Topologie der Elementen in einem Schritt innerhalb eines Makroelementes. Die Elementnumerierung erfolgt in diesem Fall automatisch, die Elementnummer ist identisch mit der Nummer des links unten liegenden Knoten.

Der Generator kann vom Tragwerkmenü mit der Wahl 7 (Tragwerksgenerator) aufgerufen werden. Nach Generieren kann man mit **MASKE RÜCKWÄRTS** wieder ins Tragwerkmenü zurückkehren. Die zuletzt eingegebenen Werte des Generierens werden aufgehoben, bei nochmaligem Aufruf des Generators können die Werte modifiziert werden.

Mit den Eingaben der obigen Maske wird der rechte bogenförmige Teil, wie nachfolgend abgebildet, erzeugt.



### 2.3.4. Aussparung Generator

Der Generator kann von der Elementtabelle mit **NÄCHSTE MASKE** aufgerufen werden, wo dann der Generatortyp auf A (Aussparungsgenerator) gesetzt werden muß.

Dieser Generator löscht die gewünschten Elemente von der Elementtabelle. Die - zu den gelöschten Elementen zugeordneten - Knoten und deren Koordinaten bleiben erhalten, die gelöschten Elemente können mit dem Elementgenerator wieder aktiv gesetzt werden.

Nach Generieren kann man mit **MASKE RÜCKWÄRTS** wieder in die Elementtabelle zurückkehren.

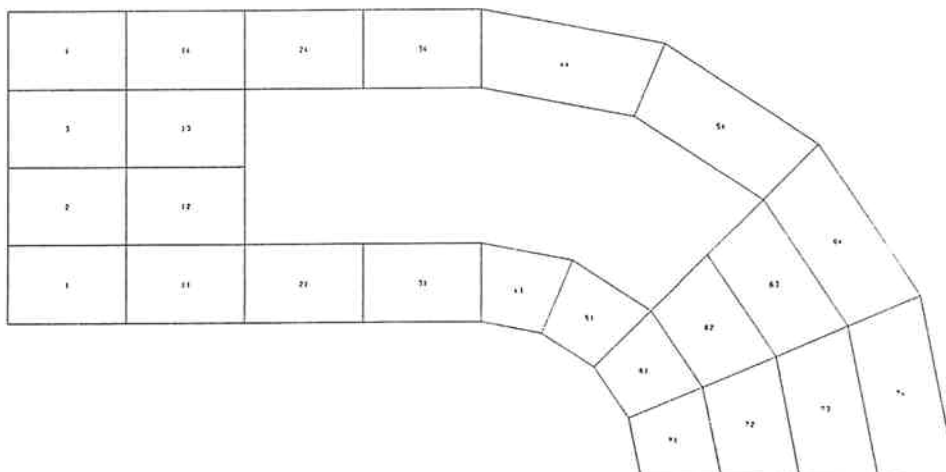
```

* -> TRAGWERK -> Plattenelemente -> Generieren
-----
                          Generatortyp : A

                          Aussparung generieren

                          Element Nr
                          von  Sch-1  bis  Sch-2  bis
                          22    10    52   1      23
  
```

Mit den Eingaben in der obigen Maske können die Aussparungen, wie im unteren Bild dargestellt, generiert werden.



**2.3.5. Viereckselemente generieren**

Der Generator kann von der Elementtabelle mit **NÄCHSTE MASKE** aufgerufen werden, wo dann der Generatortyp auf V (Viereckselementgenerator) gesetzt werden muß.

Dieser Generator generiert die Elementen mit den zugeordneten Knotennummern, also die Topologie. Die zugewiesenen Knoten brauchen vor der Generierung nicht existieren, deren Koordinaten können auch später eingegeben oder generiert werden. Die generierten Elemente mit den zugeordneten Knoten können dann direkt in der Elementtabelle auf Wunsch weiter modifiziert werden.

Nach Generieren kann man mit **MASKE RÜCKWÄRTS** wieder in die Elementtabelle zurückkehren.

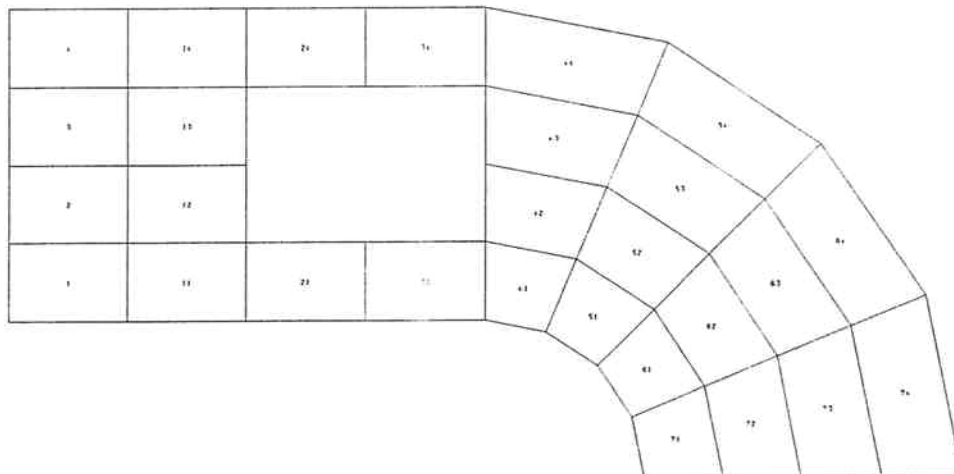
```

* -> TRAGWERK -> Plattenelemente -> Generieren
-----
                          Generatortyp : V

                          Querschnittstyp : 1

      Element Nr
      von  Sch-1  bis      K1      Knoten Nr      Knoten
      von  81    1   85     81     K2      K3      K4      Sch-1
Sch-2  10
      bis  91    95     95    105    106    96
    
```

Mit den Eingaben in der obigen Maske wurden Elemente im bogenförmigen Teil (vgl Kap 2.3.4) generiert. Das untere Bild zeigt das FE - Netz mit hinzugefügten Elementen.



### 2.3.6. Querschnittstyp Generator

Der Generator kann von der Elementtabelle mit **NÄCHSTE MASKE** aufgerufen werden, wo dann der Generatortyp auf Q (Querschnittsgenerator) gesetzt werden muß.

Dieser Generator weist den gewünschten Elementen einen neuen Querschnittstyp zu. Der Generator modifiziert den Querschnittstyp nur bei existierenden Elementen, hier können neue Elemente nicht erzeugt werden. Die generierten Elemente können dann direkt in der Elementtabelle auf Wunsch weiter modifiziert werden.

Nach Generieren kann man mit **MASKE RÜCKWÄRTS** wieder in die Elementtabelle zurückkehren.

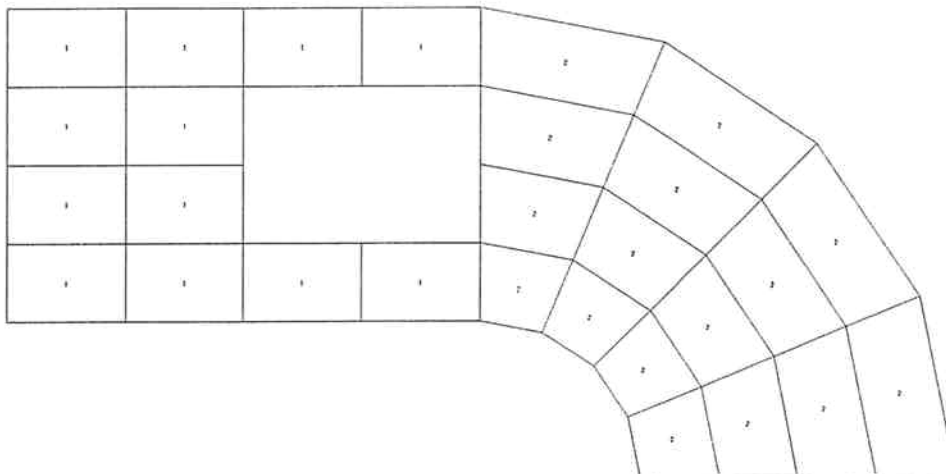
```

* -> TRAGWERK -> Plattenelemente -> Generieren
-----
                          Generatortyp : Q

                          Querschnittstyp :      2

                          Element Nr
                          von  Sch-1  bis  Sch-2  bis
                          41    1    44    10    71
  
```

Mit den Eingaben in der obigen Maske wurde der neue Querschnittstyp 2 zum Teil B der Platte (Elemente 41 - 44, 51-54, 61-64 und 71-74) zugeordnet. Das untere Bild zeigt das Tragwerk nach dieser Änderung.



### 2.3.7. Elastische Bettungsgenerator

```
* -> TRAGWERK -> Plattenelemente -> Generieren
```

---

```
Generatorotyp : B
```

elastische Bettung generieren

von	Schr-1	Element Nr bis	Schr-2	bis	el. Bettung (kN/m <sup>2</sup> )
1	10	31	1	4	300000.0

Der Generator kann von der Elementtabelle mit **NÄCHSTE MASKE** aufgerufen werden, wo dann der Generatorotyp auf E (elastische Bettungsgenerator) gesetzt werden muß.

Dieser Generator weist den gewünschten Elementen durch Eingabe der Bettungsziffer die elastische Bettung zu.

Nach Generieren kann man mit **MASKE RÜCKWÄRTS** wieder in die Elementtabelle zurückkehren.

**2.3.8. Balkenelemente**

* -> TRAGWERK -> Balkenelemente (-> Generieren)				S
Element Nr	Anfangsknoten Nr	Endknoten Nr	Querschnittstyp Nr	
1	121	122	1	
2	122	123	1	
3	123	124	1	
4	124	125	1	
5	125	126	1	
6	126	127	1	
7	127	128	1	
8	128	129	1	
9	129	130	1	
10	130	131	1	

Suchen:

D-Tabelleneingabe

In einem Tragwerk kann eine beliebige Anzahl von Balkenelemente definiert werden. Die Elemente werden durch Elementnummer, Anfangs- und Endknoten und Balkenquerschnittstyp eingegeben.

Die Elemente können direkt in die Tabelle eingetragen werden, wo alle Funktionen zum Bearbeiten von Tabellen gelten. Sollten die Elemente und die zugehörigen Knoten irgendeine Regelmäßigkeit aufweisen, können diese selbstverständlich generiert werden. Der Generator kann von der Elemententabelle mit **MASKE VORWÄRTS** erreicht werden. (Siehe Kapitel 2.3.13)

Die Numerierung der Balken muß nicht lückenlos sein und hat keine Auswirkung auf die Größe der Frontbreite der Gesamtsteifigkeitsmatrix.

Es wird jedoch empfohlen die Balkennummern nicht zu großzügig und möglichst kompakt auszugeben um in der Datenbank große Lücken zu vermeiden und dadurch Rechenzeit zu gewinnen.

2.3.8.1. Generieren der Balkenelemente

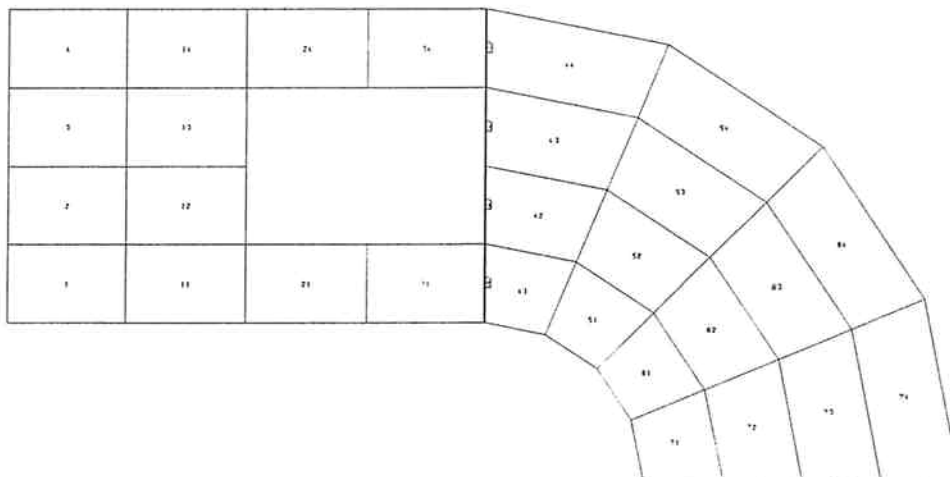
* -> TRAGWERK -> Balkenelemente -> Generieren					0
	Element Nr	Anfangsknoten Nr	Endknoten Nr	Querschnittstyp Nr	
von	1	41	42	1	
Schritt	1	1	1	0	
bis	4				

Der Generator kann von der Balkenelementabelle mit **NÄCHSTE MASKE** aufgerufen werden.

Dieser Generator generiert die Balkenelemente mit den zugeordneten Knotennummern und Balkenquerschnittstyp. Die zugewiesenen Knoten brauchen vor der Generierung nicht existieren, deren Koordinaten können auch später eingegeben oder generiert werden. Die generierten Elemente mit den zugeordneten Knoten können dann direkt in der Balkenelementabelle auf Wunsch weiter modifiziert werden.

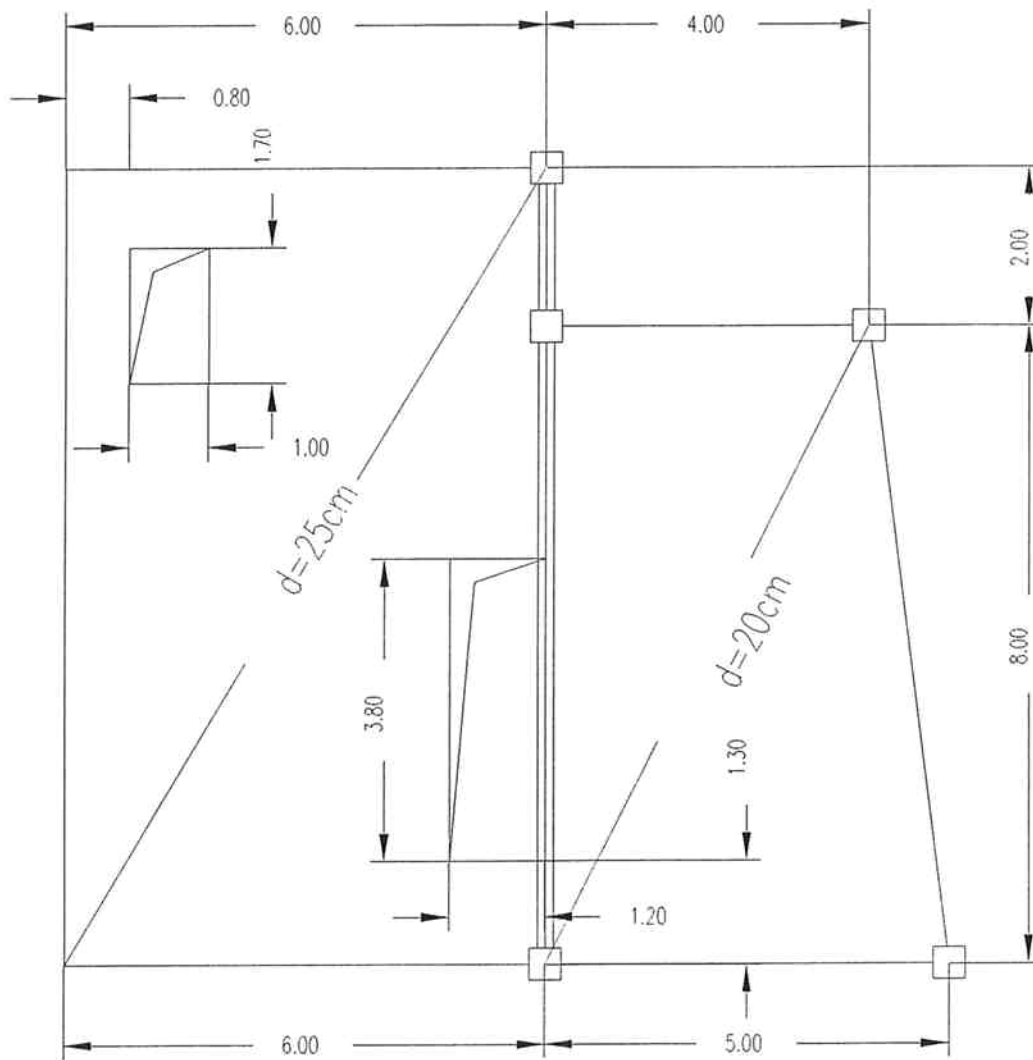
Nach Generieren kann man mit **MASKE RÜCKWÄRTS** wieder in die Elementtabelle zurückkehren.

Mit den Eingaben in der obigen Maske wurden vier Balkenelemente zwischen den Knoten 41 und 45 an den Rändern der Elemente 31 bis 34 generiert. Das untere Bild zeigt das Tragwerk nach dieser Änderung.



Beispiel

für unregelmäßige Masche



A )

**2.3.9. Netzgenerator für unregelmäßige Masche**

10	20	50	70	90	110					
9	19	49	69	89	109					
8	18	48	68	88	108	128	148	168	188	208
7	17	47	67	87	107	127	147	167	187	207
6	16	46	66	86	106	126	146	166	186	206
5	15	45	65	85	105	125	145	165	185	205
4	14	44	64	84	104	124	144	164	184	204
3	13	43	63	83	103	123	143	163	183	203
2	12	42	62	82	102	122	142	162	182	202
1	11	41	61	81	101	121	141	161	181	201

Das obige Bild zeigt ein mögliches FE Netz, welches an die Eigenschaften des Tragwerkes angepaßt ist (siehe vorige Seite). Die gegebene Geometrie der Platte macht es nicht möglich, ein regelmäßiges Netz zu generieren.

Der Tragwerkgenerator kann mit der Definition der Schritte in den zwei Richtungen auch solche unregelmäßige Masche einfach generieren.

Die untere Maske zeigt die Definition des Makroelementes. Hätte man die Generierung mit diesen Angaben gestartet, hätte das Programm ein regelmäßiges Netz generiert, siehe den Punkt 2.4.3.1.

* -> TRAGWERK -> Plattengenerator								0
Koordinatensystem: K								
Querschnittstyp: 1								
Knoten	Knoten Nr			Koordinaten-von		Koordinaten-bis		
	von	Sch-1	bis	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
von	1	1	11	0.000	0.000	0.000	10.000	
Sch-2	20							
bis	121		131	6.000	0.000	6.000	10.000	