

## **Beispiel 8**

### **Berechnung eines Balkens**

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>	
1	Beschreibung des Problems	3
1.1	Lasten und Abmessungen	3
1.2	Material des Balkens	3
1.3	Berechnung	3
2	Erstellen der Daten	3
2.1	Wahl des Berechnungsverfahrens	3
2.2	Auftragsdaten	6
2.3	FE-Netzdaten	6
2.4	Daten der Stäbe	9
2.5	Daten der Auflager/ Randbedingungen	13
2.6	Lastdaten	20
3	Durchführung der Berechnung	26
3.1	Starten des Programms <i>ELPLA-Berechnung</i>	26
3.2	Durchführung aller Berechnungen	27
4	Graphische Darstellung von Daten und Ergebnissen	28
5	Stichwortverzeichnis	30

## 1 Beschreibung des Problems

In diesem Beispiel wird ein Balken gewählt, um einige Besonderheiten des Programms *ELPLA* für die Berechnung von Balken zu erläutern.

### 1.1 Lasten und Abmessungen

Der Balken besteht aus gleichen Stäben mit den Abmessungen von 0.2 [m] \* 0.5 [m]. Die Lasten auf dem Balken einschließlich des Eigengewichts werden im Bild 8-1 gezeigt.

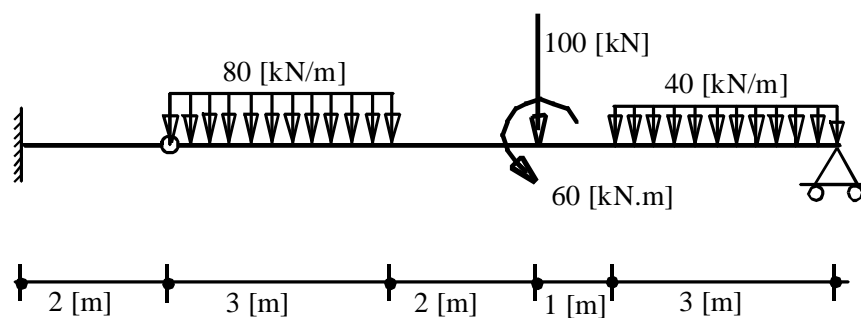


Bild 8-1 Geometrie des Balkens und Lasten

### 1.2 Material des Balkens

Das Material des Balkens hat folgenden Parameter:

$$\text{Elastizitätsmodul } E_b = 2 * 10^7 \quad [\text{kN/m}^2]$$

### 1.3 Berechnung

Zur Berechnung des Balkens wird der Balken in Stabelemente von je 1.0 [m] Länge unterteilt. Dieses Übungshandbuch beschreibt nicht die Theorie zur Modellierung des Problems. Für weitere Informationen über das Berechnungsverfahren, die Baugrundmodelle und numerische Berechnungsverfahren steht der Teil "*ELPLA*-Theorie" des Benutzerhandbuchs zur Verfügung.

## 2 Erstellen der Daten

In diesem Abschnitt werden die Daten zur Berechnung des Balkens erstellt. In diesem Beispiel werden die Möglichkeiten und Fähigkeiten des Programms *ELPLA* gezeigt. Um die Daten des Beispiels einzugeben, befolgen Sie die Anweisungen und Schritte in den nächsten Absätzen.

### 2.1 Wahl des Berechnungsverfahrens

Wählen Sie den Befehl "Neues Projekt" aus dem "Daten"-Menü des *ELPLA-Daten*-Fensters. Nach Auswahl dieser Option erscheint der folgende Wizard-Assistent im Bild 8-2.

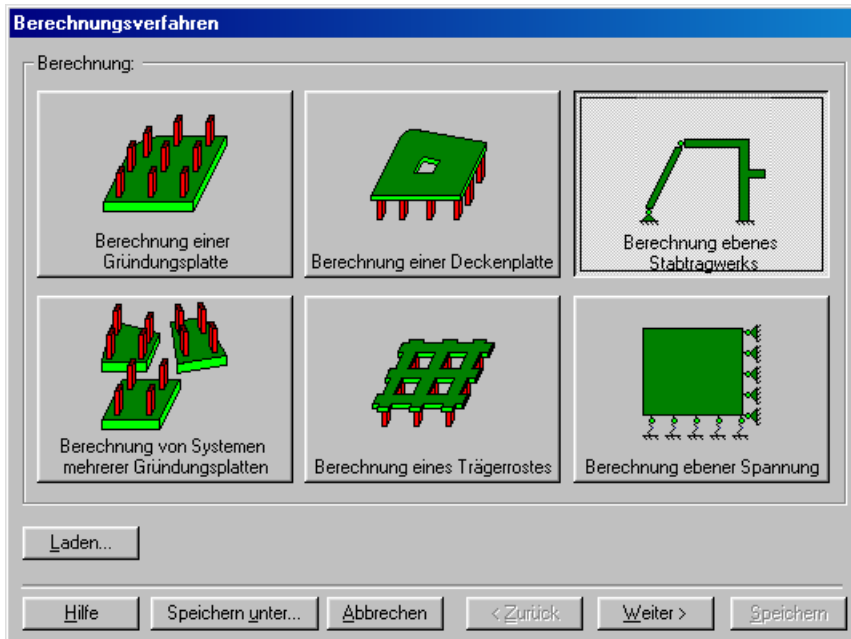


Bild 8-2 Wizard-Assistent "Berechnung"

In diesem Wizard-Assistent

- Wählen Sie "Berechnung ebenes Stabtragwerk"
- Klicken Sie auf "Weiter"

Das nächste Menü ist "Symmetrie des Plattengrundrisses" (Bild 8-3). In diesem Menü

- Wählen Sie "Unsymmetriesystem"
- Klicken Sie auf "Weiter"

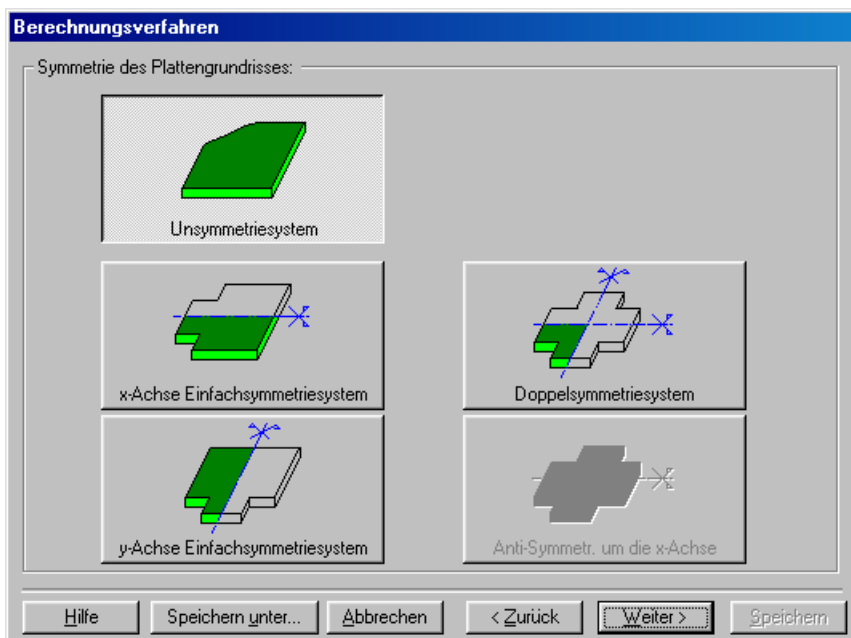


Bild 8-3 Menü "Symmetrie des Plattengrundrisses"

Nach Klicken von "Weiter" erscheint das Optionsfeld "Optionen" (Bild 8-4). Hier zeigt *ELPLA* einige der verfügbaren Optionen für die numerischen Verfahren an, die sich von Verfahren zu Verfahren unterscheiden.

In diesem Optionsfeld

- Wählen Sie die Option "Auflager/ Randbedingungen"
- Klicken Sie auf die Schaltfläche "Speichern"

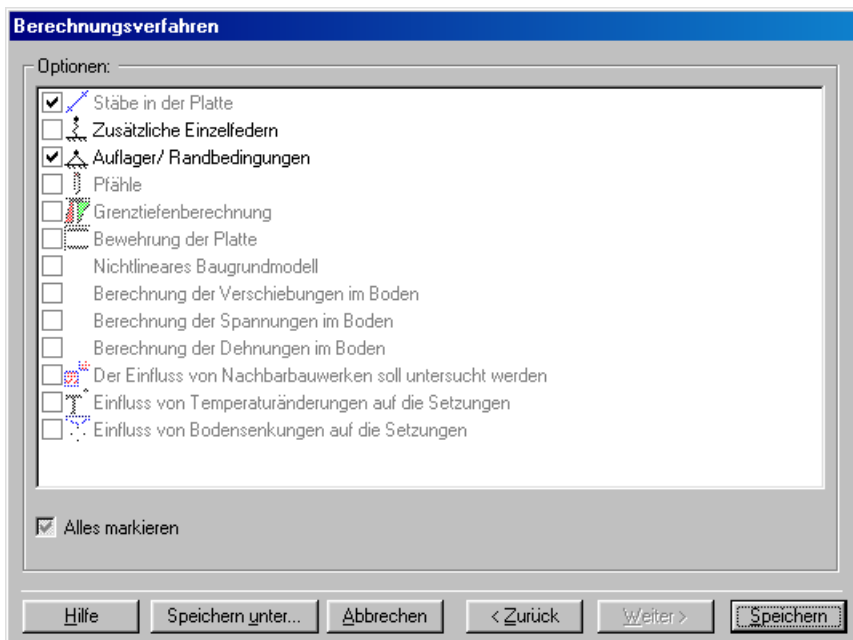


Bild 8-4 Optionsfeld "Optionen"

Nach Klicken von "Speichern" erscheint das Dialogfeld "Speichern unter" (Bild 8-5).

In diesem Dialogfeld

- Schreiben Sie einen Dateinamen für das gegenwärtige Projekt im Textfeld "Dateiname", z.B. "Balken"
- Klicken Sie auf "Speichern"

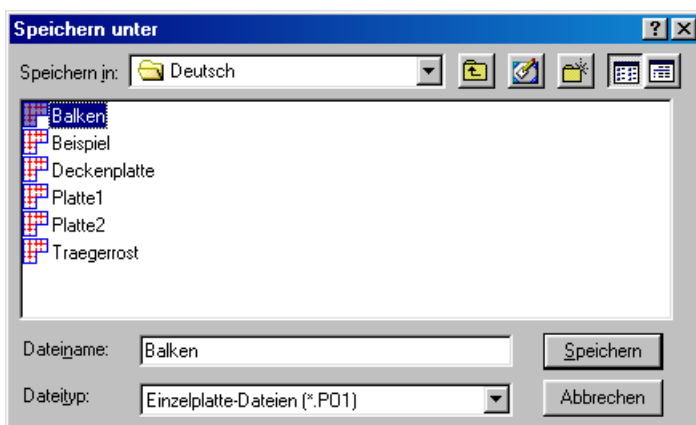


Bild 8-5 Dialogfeld "Speichern unter"

## 2.2 Auftragsdaten

Um die Auftragsdaten zu definieren

- Wählen Sie den Befehl "Auftragsdaten" aus dem "Daten"-Menü des *ELPLA-Daten*-Fensters. Das Dialogfeld im Bild 8-6 erscheint

In diesem Dialogfeld

- Schreiben Sie "Berechnung eines Balkens" im Textfeld "Auftrag", um das Problem zu beschreiben
- Schreiben Sie das Datum des Projekts im Textfeld "Datum"
- Schreiben Sie "Balken" im Textfeld "Projekt"
- Klicken Sie auf "Speichern"



Bild 8-6 Dialogfeld "Auftragsdaten"

## 2.3 FE-Netzdaten

Um das FE-Netz zu generieren

- Wählen Sie "FE-Netzdaten" aus dem "Daten"-Menü des *ELPLA-Daten*-Fensters. Eine Auswahl von Schablonen verschiedener Netzformen erscheint (Bild 8-7)
- Klicken Sie auf "Rechteckplatte" in der Auswahl von Netzschablonen, um ein imaginäres Netz einer rechteckigen Fläche zu erstellen
- Schreiben Sie 11 in das Textfeld "Länge der Rechteckplatte"
- Schreiben Sie 2 in das Textfeld "Breite der Rechteckplatte"
- Klicken Sie auf "Weiter"

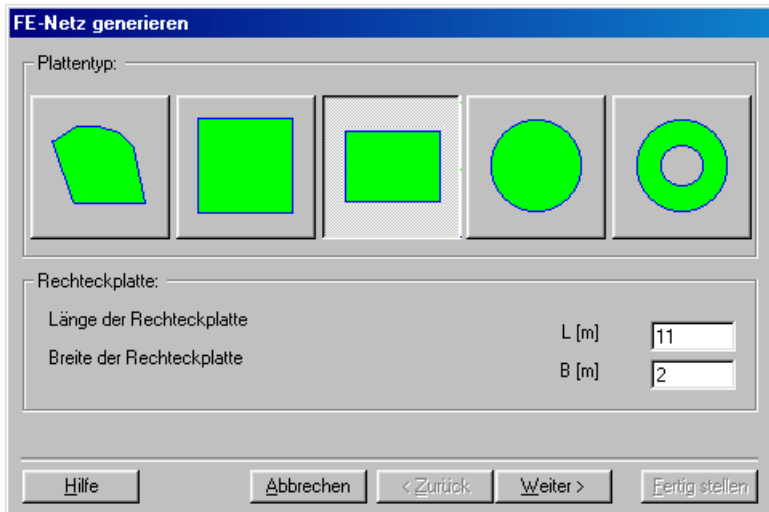


Bild 8-7 Auswahl von Netzschablonen

Danach erscheint das folgende Menü "Generierungstyp" (Bild 8-8). *ELPLA* kann ein FE-Netz mit Verwendung von 6 verschiedenen Typen von Netzen generieren.

In diesem Menü

- Wählen Sie rechteckige Elemente
- Klicken Sie auf "Weiter"

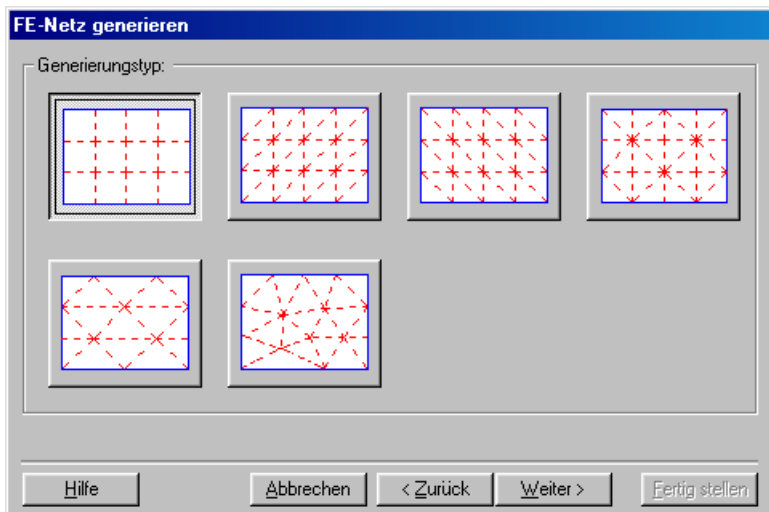


Bild 8-8 Menü "Generierungstyp"

Nach Klicken der Schaltfläche "Weiter" erscheint das folgende Dialogfeld "Rasterdefinition" (Bild 8-9).

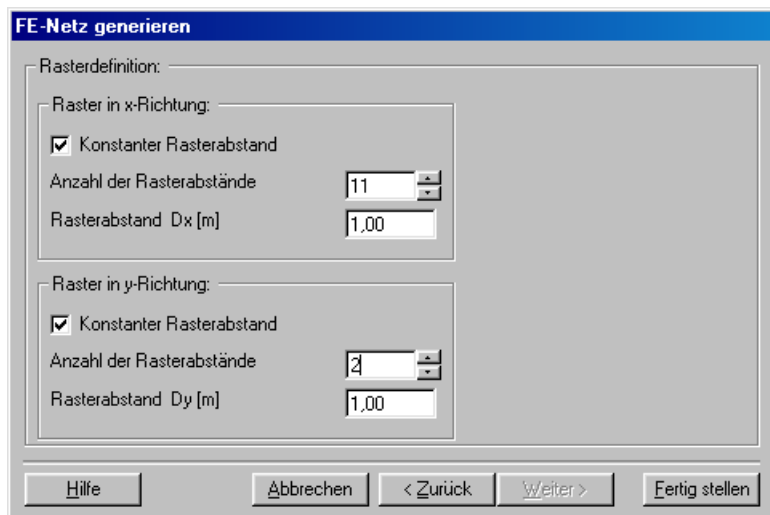


Bild 8-9 Dialogfeld "Rasterdefinition"

In diesem Dialogfeld

- Schreiben Sie 11 in die Dialogbox "Raster in  $x$ -Richtung" im Textfeld "Anzahl der Rasterabstände"
- Schreiben Sie 2 in die Dialogbox "Raster in  $y$ -Richtung" im Textfeld "Anzahl der Rasterabstände"
- Schreiben Sie 1 in das Textfeld "Rasterabstand  $D_x$ "
- Schreiben Sie 1 in das Textfeld "Rasterabstand  $D_y$ "
- Klicken Sie auf "Fertig stellen"

*ELPLA* generiert ein imaginäres FE-Netz für eine rechteckige Fläche von  $L = 11$  [m] Länge und  $B = 2$  [m] Breite mit viereckigen Elementen von 1.0 [m] Seitenlänge. Im Bild 8-10 erscheint dann das generierte imaginäre Netz.



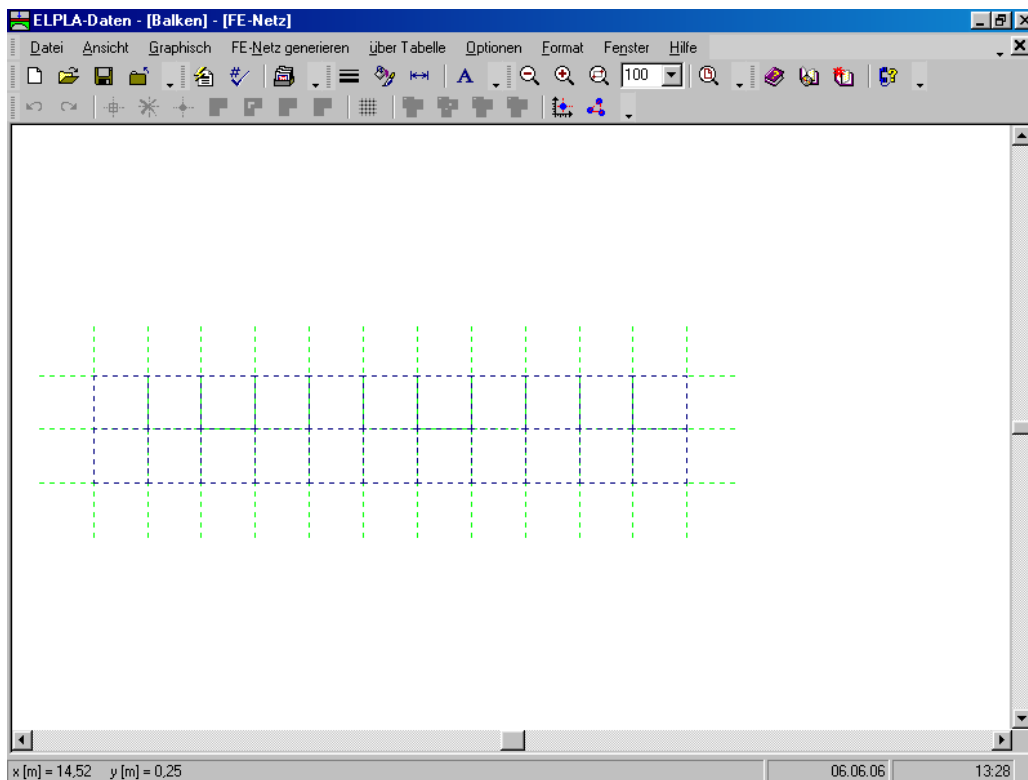


Bild 8-10 Imaginäres Netz einer rechteckigen Fläche auf dem Bildschirm

## 2.4 Daten der Stäbe

Um die Stäbe zu definieren

- Wählen Sie "Daten der Stäbe" aus dem "Daten"-Menü des *ELPLA-Daten*-Fensters. Damit erscheint das folgende Menü, Bild 8-11

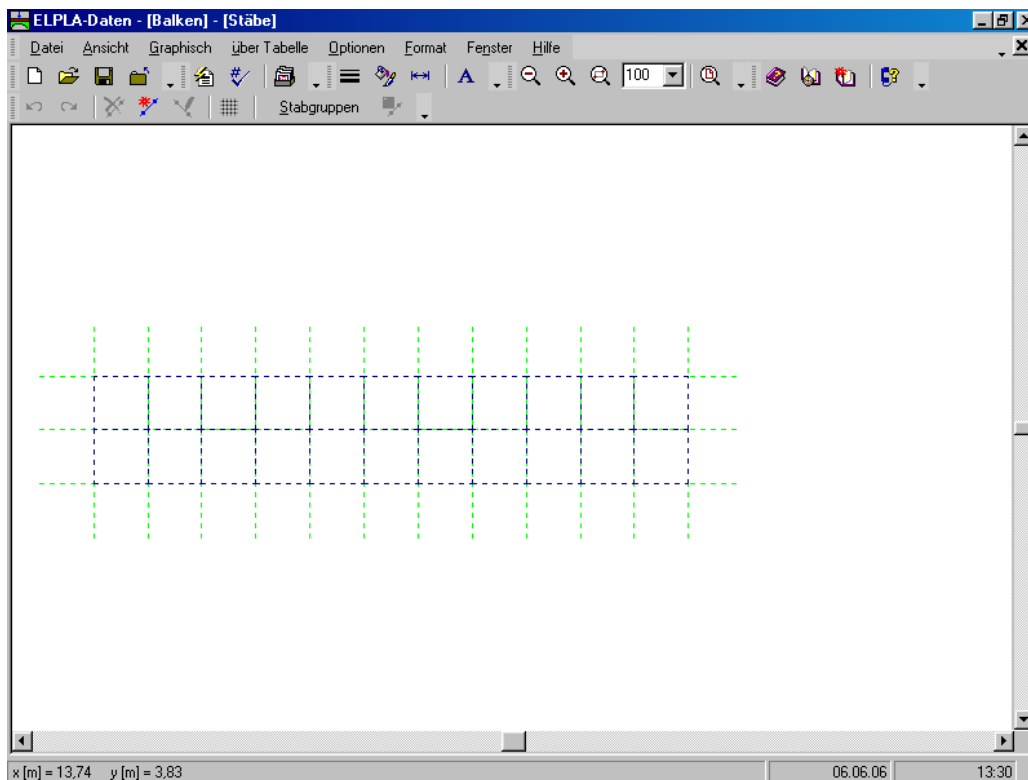


Bild 8-11 Eingebettetes Programm "Stäbe"

Um die Querschnitte der Stäbe einzugeben

- Wählen Sie im Fenster von Bild 8-11 den Befehl "Beschreibung der Stabgruppen" aus dem Menü "über Tabelle". Das folgende Optionsfeld im Bild 8-12 erscheint
- In diesem Optionsfeld wählen Sie die Option "Rechteckquerschnitt"
- Klicken Sie auf "OK"

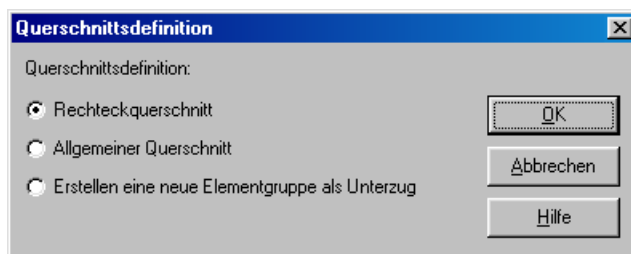


Bild 8-12 Optionsfeld "Querschnittsdefinition"

Danach erscheint das folgende Listenfeld im Bild 8-13.

In diesem Listenfeld

- Geben Sie die Materialeigenschaften des Balkens, Querschnittabmessungen und das Balkengewicht ein, wie im Bild 8-13 gezeigt. Dies geschieht durch Eingabe des Wertes in der entsprechenden Zelle und Drücken der "Eingabe"-Taste
- Klicken Sie auf "OK"

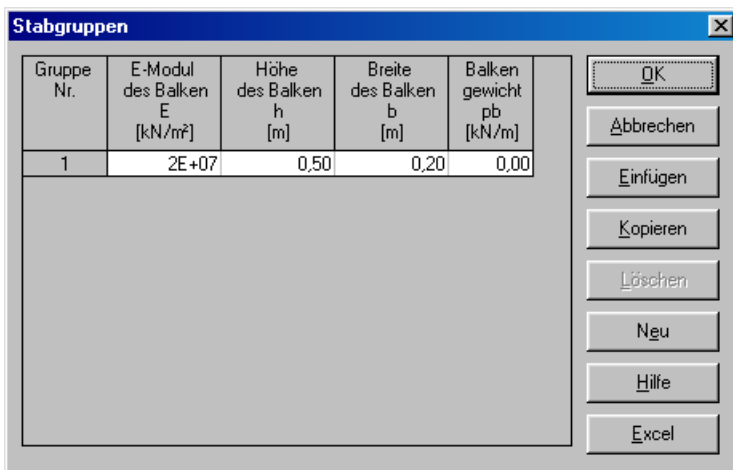


Bild 8-13 Listenfeld "Beschreibung der Stabgruppen"

### Definieren der Stäbe im Netz

Dies kann entweder graphisch oder numerisch (über Tabelle) durchgeführt werden. In diesem Beispiel wird gezeigt, wie Stabstandorte im Netz graphisch definiert werden können.

Um die Stabstandorte im Netz graphisch zu definieren

- Wählen Sie "Stäbe einfügen" aus dem Menü "Graphisch" im Bild 8-11, der Cursor wechselt vom Pfeil zum Kreuz. Klicken Sie die linke Maustaste auf den Anfangsknoten des ersten Stabs und schleifen mit der Maus bis zum Endknoten (Bild 8-14), dann klicken Sie auf dem Endknoten. Das Dialogfeld "Stabelemente" (Bild 8-15) erscheint
- In diesem Dialogfeld klicken Sie auf die Schaltfläche "OK"

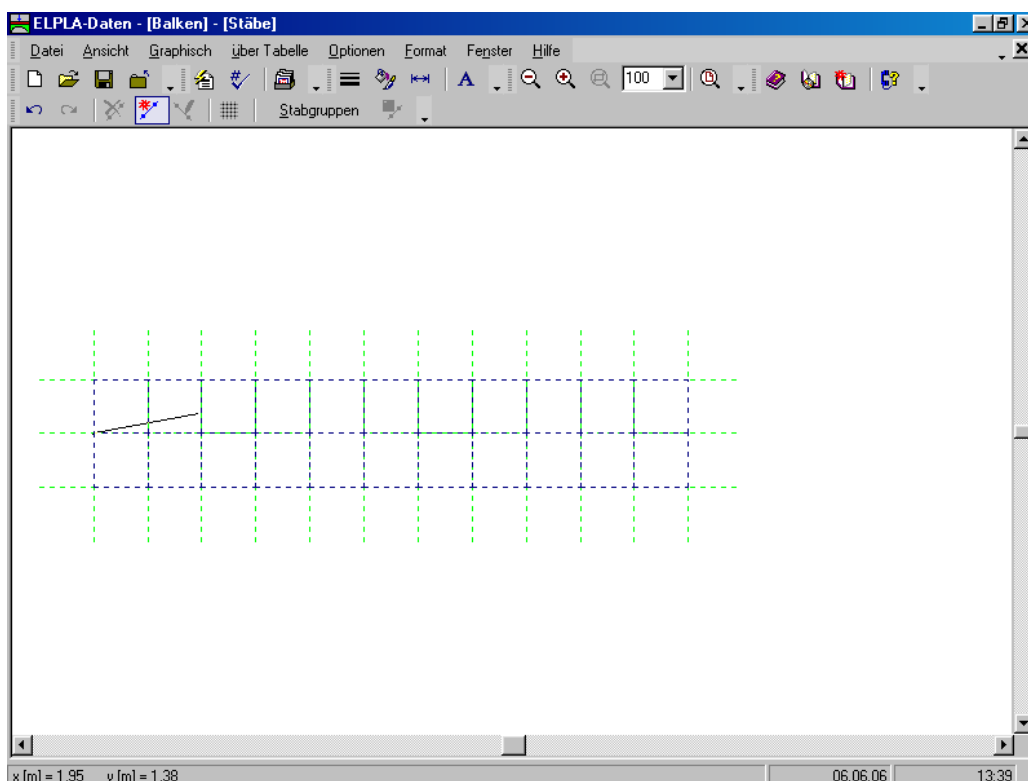


Bild 8-14 Einfügen des ersten Stabs mit der Maus

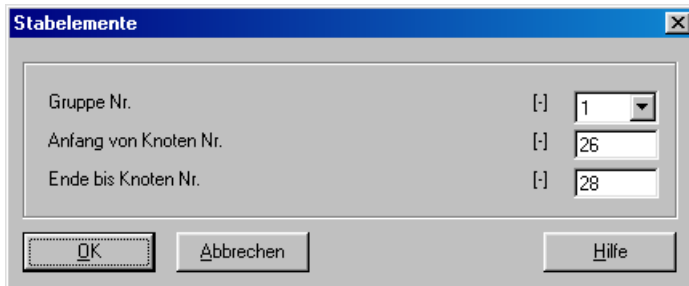


Bild 8-15 Dialogfeld "Stabelemente"

Nun ist der erste Stab definiert, wie im Bild 8-16 gezeigt. Beachten Sie, dass *ELPLA* schon 1 auf den Stab geschrieben hat, als Hinweis auf die Stabgruppen-Nummer.

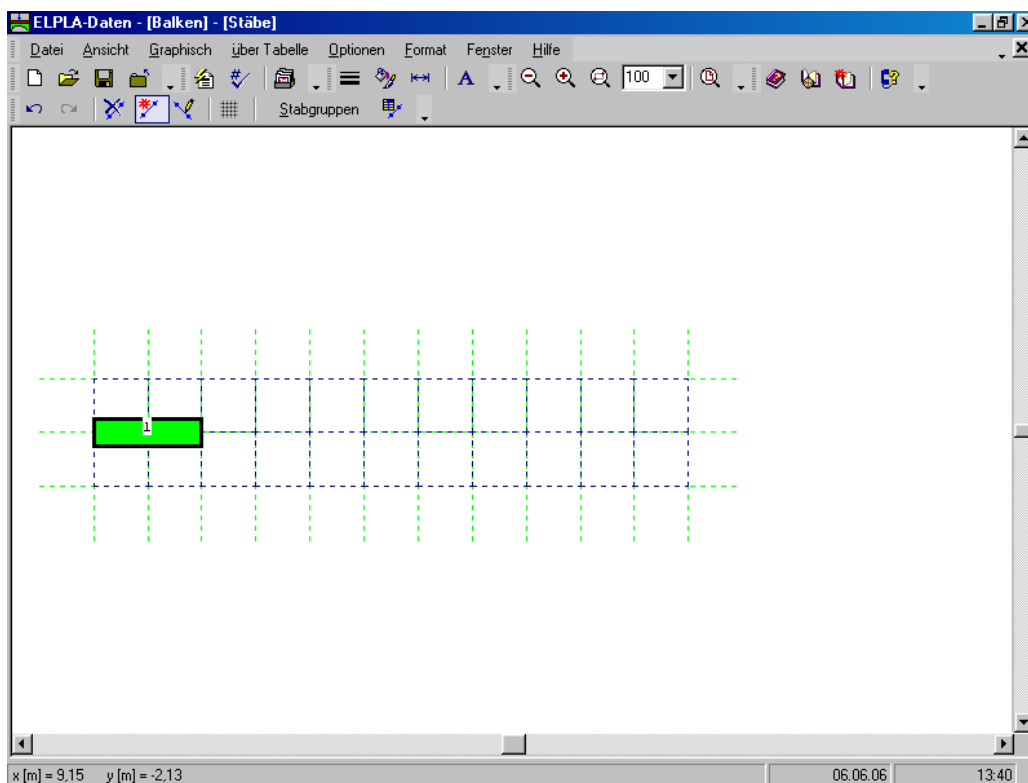


Bild 8-16 Der erste Stab mit Querschnitt 1 auf dem Bildschirm

Wiederholen Sie die vorherigen Schritte, um die übrigen Stäbe im Netz einzufügen. Nach der Definition aller Stäbe sollte der Bildschirm wie das folgende Bild 8-17 aussehen.

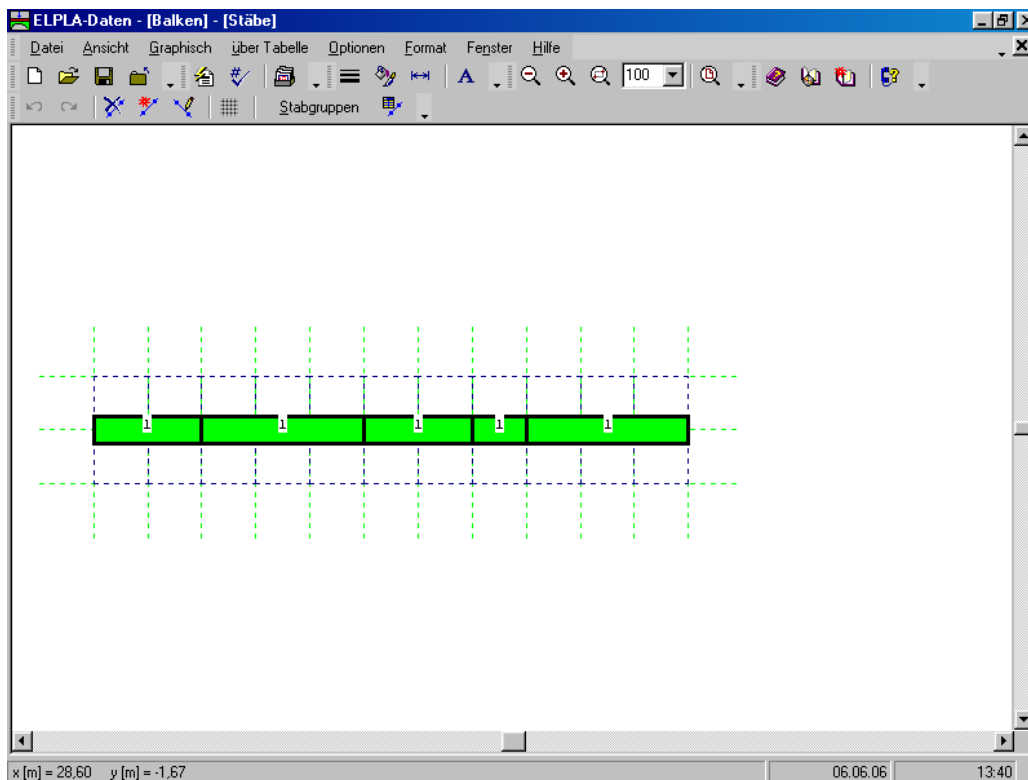


Bild 8-17 Balken auf dem Bildschirm

Nach Eingabe aller Daten und Parameter von Stäben machen Sie die folgenden zwei Schritte:

- Wählen Sie "Stäbe speichern" aus dem "Datei"-Menü im Bild 8-17, um die Daten der Stäbe zu speichern
- Wählen Sie "Stäbe schließen" aus dem "Datei"-Menü im Bild 8-17, um das eingebettete Programm "Stäbe" zu schließen und zum Hauptfenster des Programms *ELPLA-Daten* zurückzukehren

## 2.5 Daten der Auflager/ Randbedingungen

Um die Auflager zu definieren

- Wählen Sie "Daten der Auflager/ Randbedingungen" aus dem "Daten"-Menü des *ELPLA-Daten*-Fensters. Das folgende eingebettete Programm im Bild 8-18 erscheint

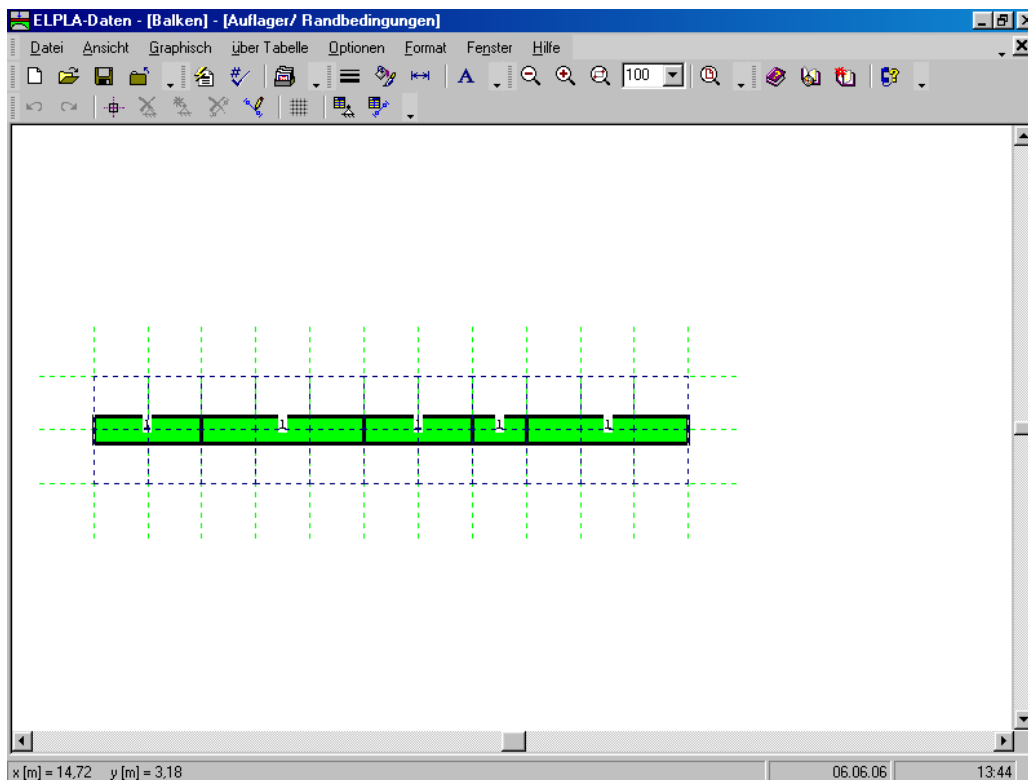


Bild 8-18 Eingebettetes Programm "Auflager/ Randbedingungen"

*ELPLA* kann die Stäbe, Auflager und Lasten in einer Darstellung zusammen anzeigen. Dadurch kann der Benutzer während der Eingabe der Auflager oder Lasten leicht die Standorte von Auflagern oder Lasten in Bezug auf die Stäbe definieren. Wie in Bild 8-18 gezeigt, werden die Stäbe mit der tatsächlichen Dicke gezeichnet.

Um die Stäbe als einfache Linien zu zeichnen

- Wählen Sie den Befehl "Zeichnungsparameter" aus dem Menü "Optionen" (Bild 8-18). Das folgende Dialogfeld im Bild 8-19 erscheint
- In diesem Dialogfeld inaktivieren Sie das Kontrollkästchen "Stabdicke zeichnen"
- Klicken Sie auf "OK"

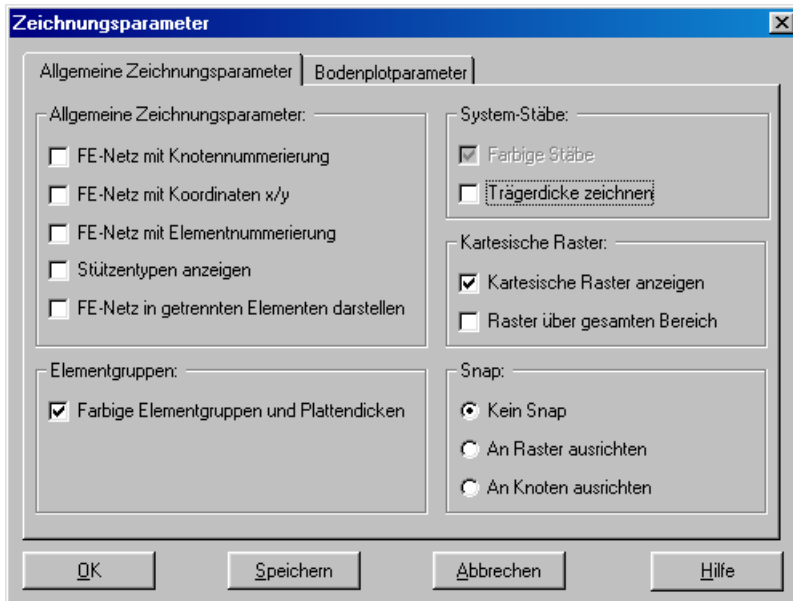


Bild 8-19 Dialogfeld "Zeichnungsparameter"

Nach dem Klicken von "OK" im Dialogfeld "Zeichnungsparameter" sollte der Bildschirm wie das folgende Bild 8-20 aussehen.

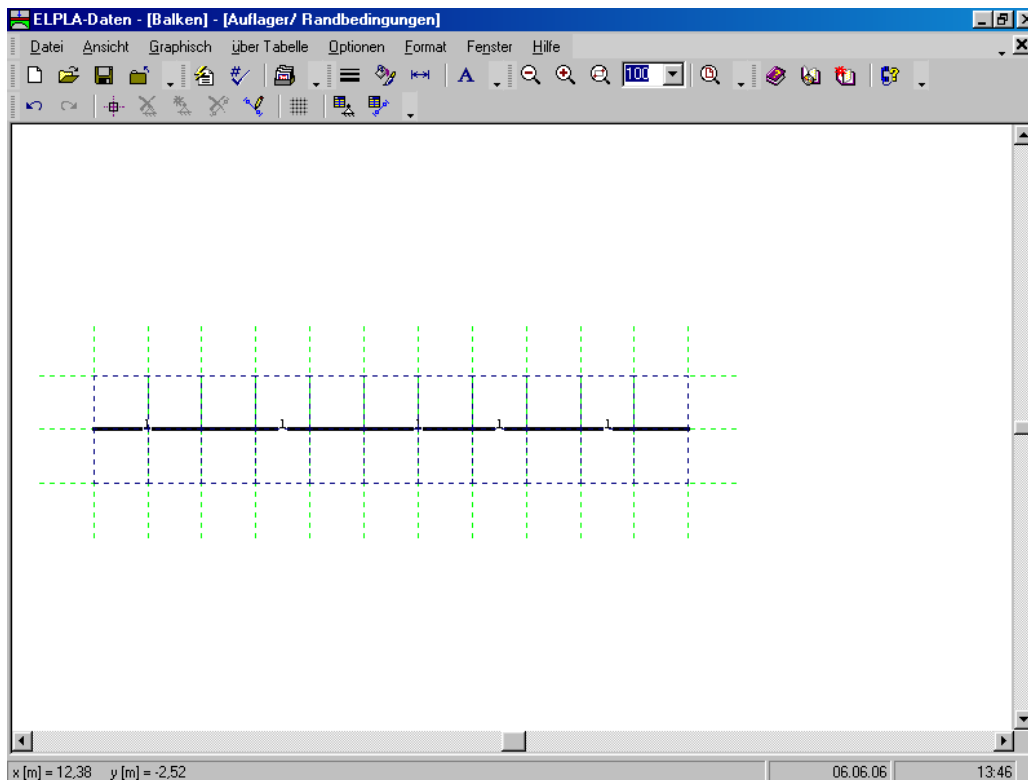


Bild 8-20 Stäbe im Fenster des eingebetteten Programms "Daten der Auflager/ Randbedingungen"

## Definieren der Auflager im Netz

Definieren der Auflager oder Randbedingungen im Netz kann entweder graphisch oder numerisch (über Tabelle) durchgeführt werden. Im gegenwärtigen Beispiel wird gezeigt, wie die Auflager im Netz graphisch definiert werden können.

Um die Auflager im Netz graphisch zu definieren

- Wählen Sie den Befehl "Knoten markieren" aus dem Menü "Graphisch" im Bild 8-20, dabei wechselt der Cursor von einem Pfeil zu einem Kreuz
- Klicken Sie die linke Maustaste auf den gewünschten Knoten mit Auflager, wie im Bild 8-21 gezeigt
- Nach dem Auswählen von Knoten der Auflager wählen Sie "Auflager einfügen" aus dem Menü "Graphisch" im Bild 8-21

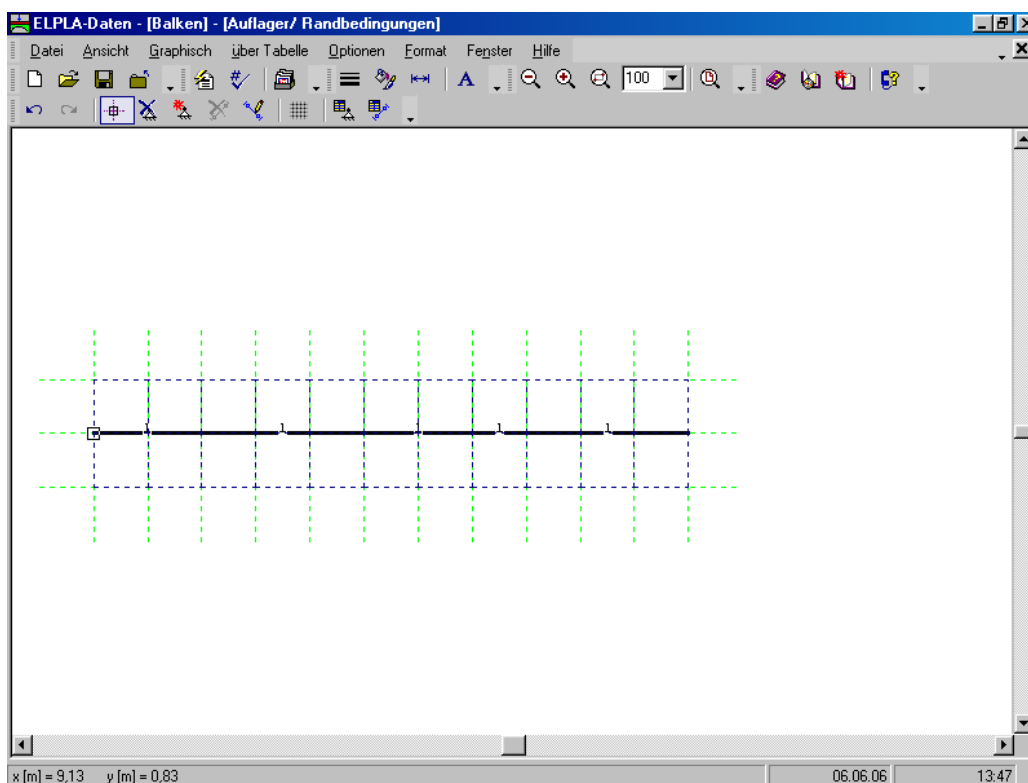


Bild 8-21 Markierung der Knoten mit Auflagern (kleine Rechtecke an den Ecken)

Das Dialogfeld "Auflager/ Randbedingungen" im Bild 8-22 erscheint.

In diesem Dialogfeld

- Schreiben Sie 0 im Textfeld "Verschiebung  $u$ ", um ein starres Auflager in horizontaler Richtung zu definieren
- Schreiben Sie 0 im Textfeld "Verschiebung  $w$ ", um ein starres Auflager in vertikaler Richtung zu definieren
- Schreiben Sie 0 im Textfeld "Verdrehung Theta" (starres Auflager gegen Verdrehung)
- Klicken Sie auf "OK"



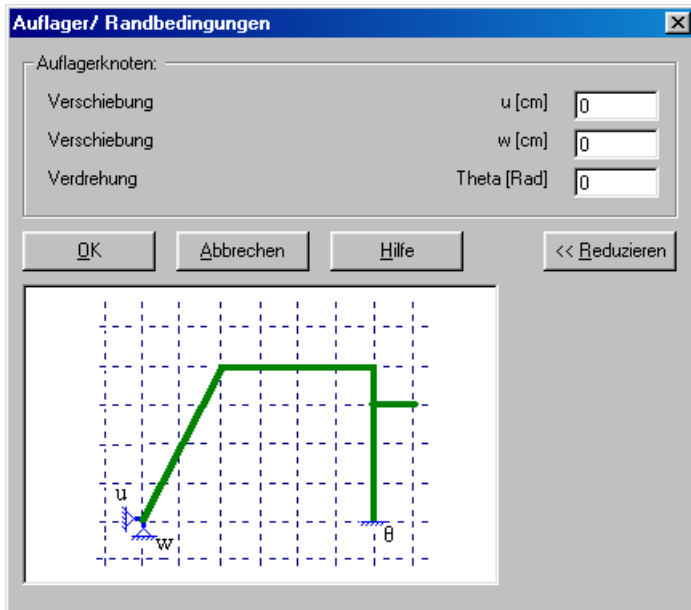


Bild 8-22 Dialogfeld "Auflager/ Randbedingungen"

Nach der Definition der Auflager sollte der Bildschirm wie das folgende Bild 8-23 aussehen.

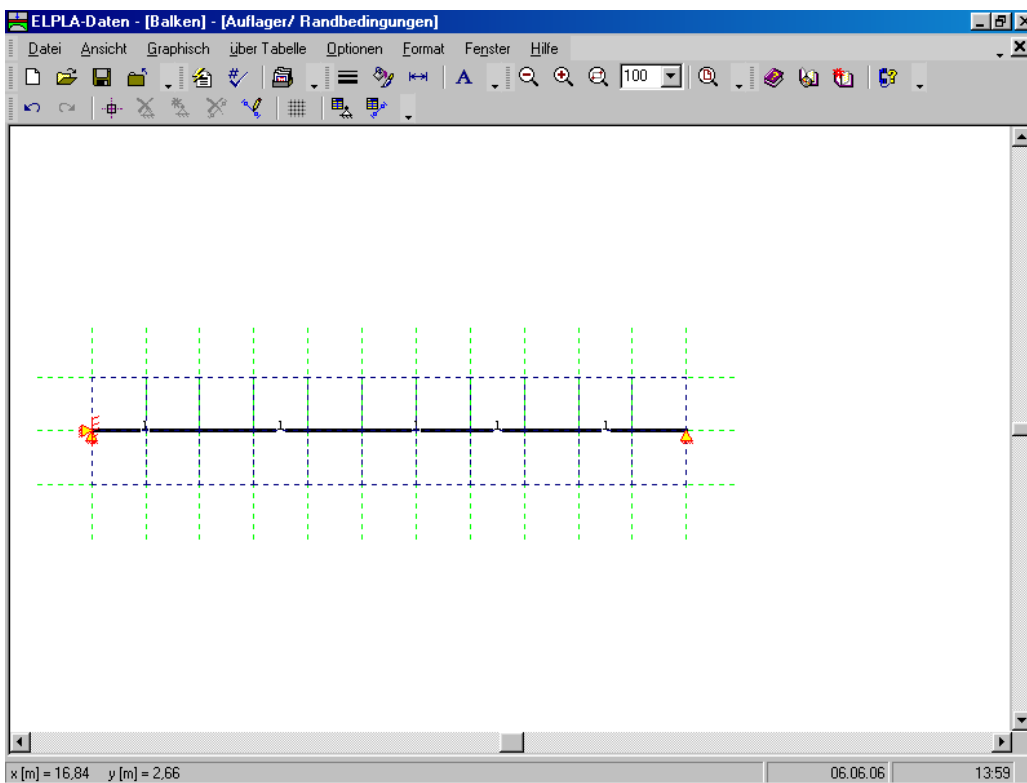


Bild 8-23 Auflager auf dem Bildschirm

## Definieren von Gelenken für die Stäbe

Das Definieren der Gelenke im Netz kann entweder graphisch oder numerisch (über Tabelle) durchgeführt werden. Im gegenwärtigen Beispiel gezeigt, wie Gelenke im Netz graphisch definiert werden können.

Um die Gelenkknoten zu definieren, wird das Gelenk von zwei Seiten sowohl links als auch rechts durch Elemente definiert. Wählen Sie den Befehl "Gelenke" aus dem Menü "Graphisch" im Bild 8-20. Wenn der Befehl "Gelenke" gewählt wird, ändert sich der Cursor von einem Pfeil zu einem Kreuz. Doppelklicken Sie auf dem Element am Gelenkende. Das Dialogfeld "Gelenke bearbeiten" im Bild 8-24 erscheint.

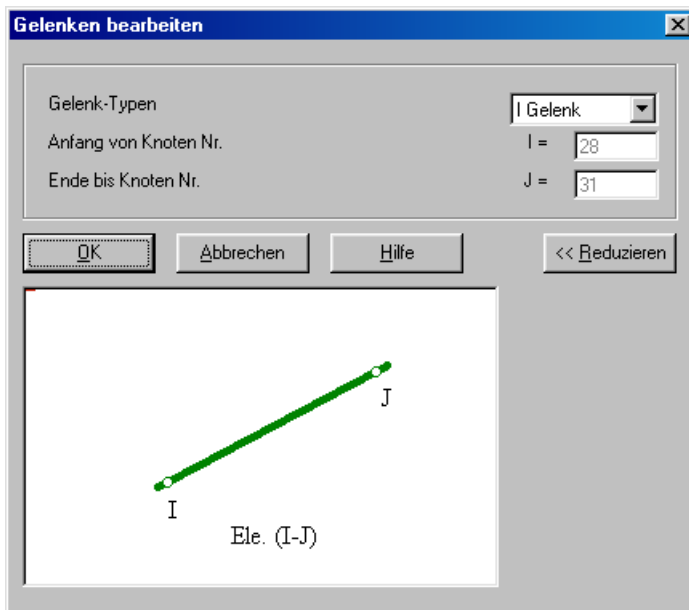


Bild 8-24 Dialogfeld "Gelenke bearbeiten"

In diesem Dialogfeld wählen Sie "I-Gelenk" aus der Liste "Gelenk-Typen", um ein Ende des Elements als Gelenk zu definieren. Dann klicken Sie auf "OK". Der Bildschirm sollte wie das folgende Bild 8-25 aussehen.

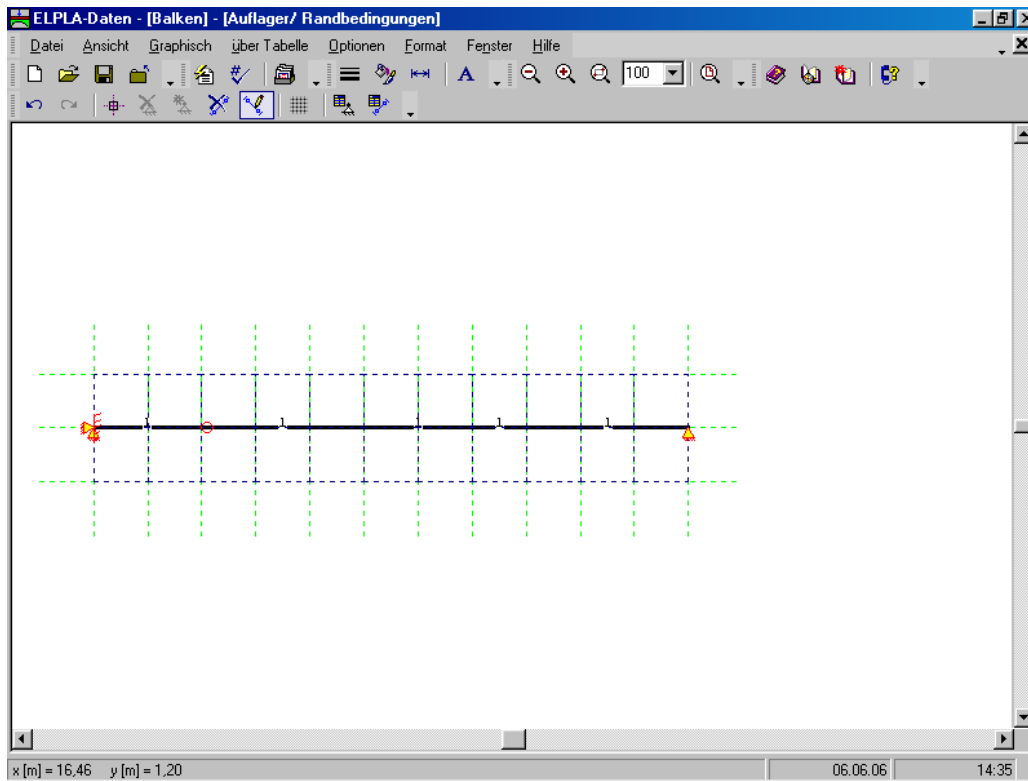


Bild 8-25 Gelenk am Ende des Elements

Nach Doppelklicken auf das Gelenk am anderen Ende des Elements erscheint das Dialogfeld "Gelenke bearbeiten" im Bild 8-24.

Wählen Sie "J-Gelenk" aus der Liste "Gelenk-Typen", um ein Ende des Elements als Gelenk zu definieren. Dann klicken Sie auf "OK".

Nach der Definition von Elementgelenken sollte der Bildschirm wie das folgende Bild 8-26 aussehen.

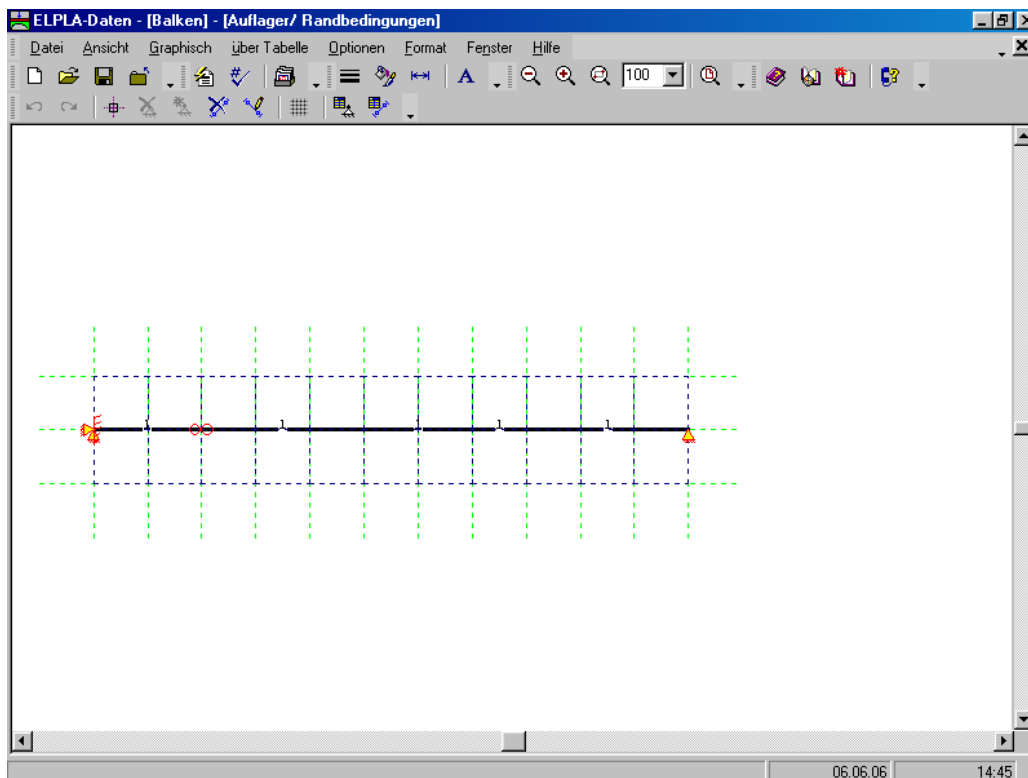


Bild 8-26 Auflager und Gelenke auf dem Bildschirm

Nach der Eingabe der Auflager machen Sie die folgenden zwei Schritte:

- Wählen Sie "Auflager/ Randbedingungen speichern" aus dem "Datei"-Menü im Bild 8-23, um die Daten der Auflager zu speichern
- Wählen Sie "Auflager/ Randbedingungen schließen" aus dem "Datei"-Menü im Bild 8-23, um das eingebettete Programm "Auflager/ Randbedingungen" zu schließen und zum Hauptfenster des Programms *ELPLA-Daten* zurückzukehren

## 2.6 Lastdaten

Um die Lastdaten zu definieren

- Wählen Sie den Befehl "Lastdaten" aus dem "Daten"-Menü des *ELPLA-Daten*-Fensters. Das folgende eingebettete Programm (Bild 8-27) mit den Stäben auf dem Netz erscheint

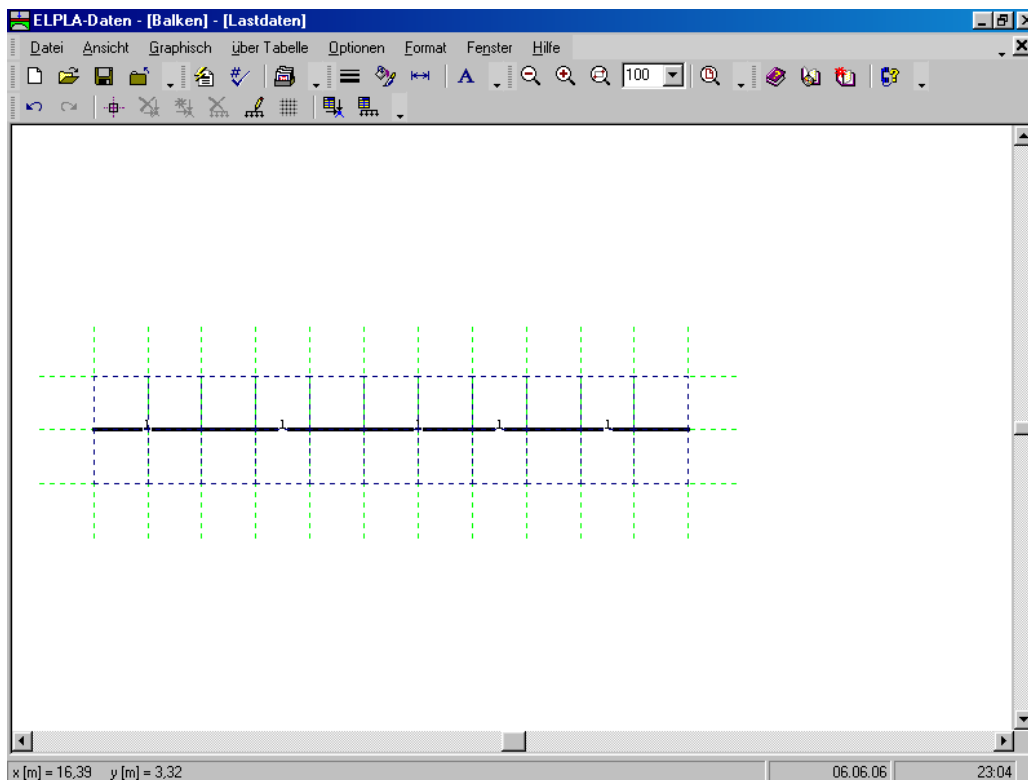


Bild 8-27 Eingebettetes Programm "Lastdaten"

Um die Knotenlast einzugeben

- Wählen Sie "Knoten markieren" aus dem Menü "Graphisch" im Bild 8-27. Dabei wechselt der Cursor von einem Pfeil zu einem Kreuz. Markieren Sie den Knoten, der belastet wird, wie im Bild 8-28 gezeigt

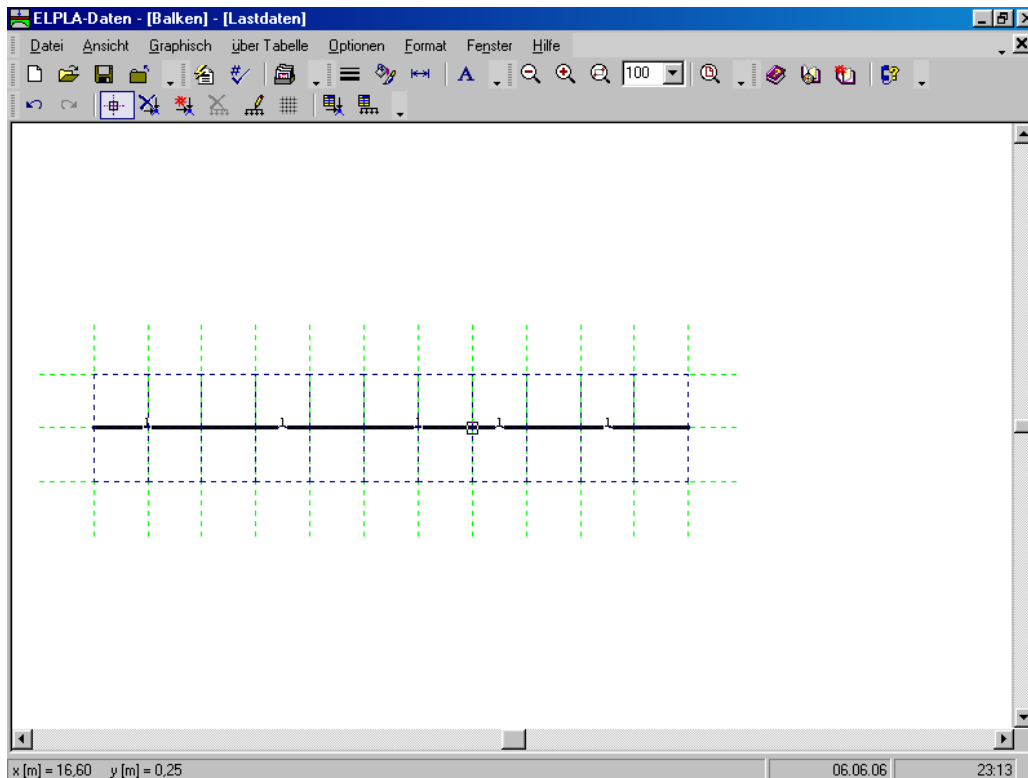


Bild 8-28 Markierung des belasteten Knotens

Wählen Sie "Knotenlasten einfügen" aus dem Menü "Graphisch", es erscheint Bild 8-29.

In diesem Dialogfeld

- Schreiben Sie 100 im Textfeld "Last  $P_v$ ", um die vertikale Last zu definieren
- Schreiben Sie -60 im Textfeld "Moment  $M$ ", um die Momente zu definieren
- Klicken Sie auf "OK"

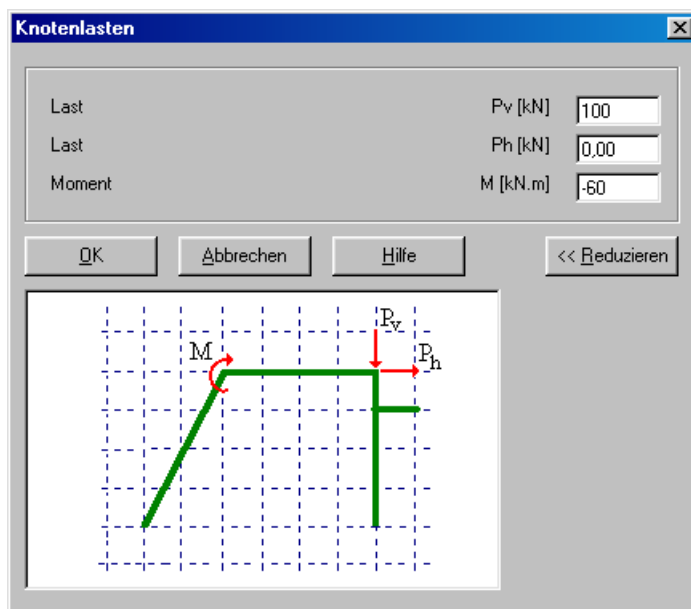


Bild 8-29 Dialogfeld "Knotenlasten"

Nach der Definition der Knotenlast sollte der Bildschirm wie das folgende Bild 8-30 aussehen.

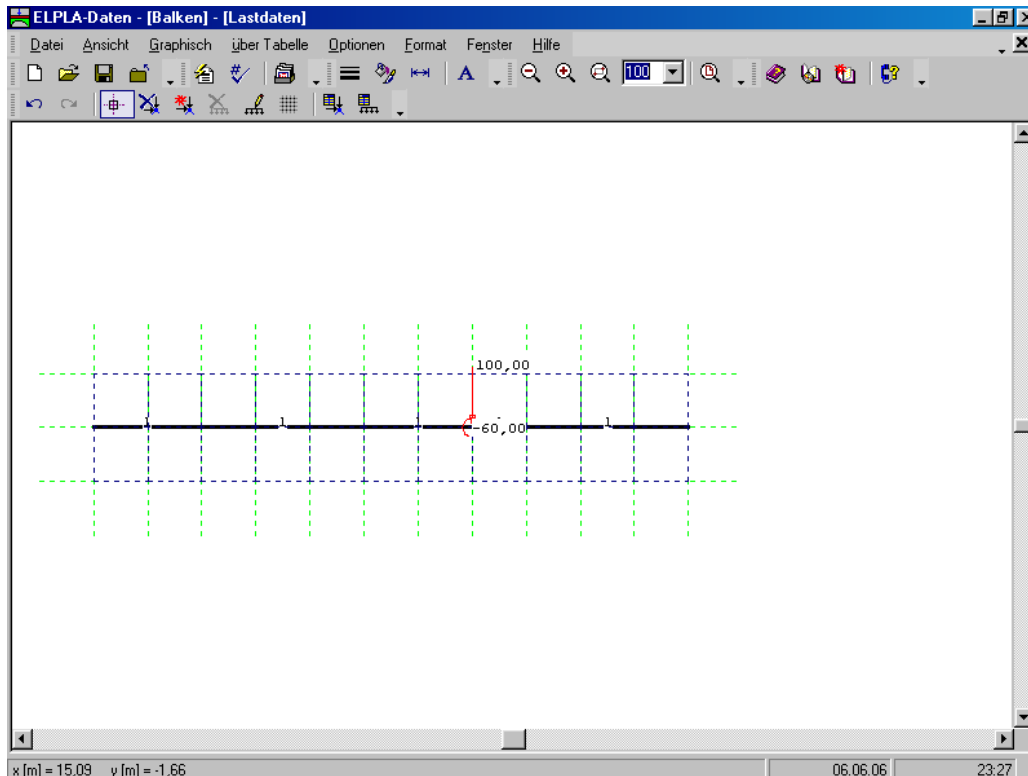


Bild 8-30 Knotenlasten auf dem Bildschirm

Um die gleichförmig verteilten Lasten zu definieren

- Wählen Sie den Befehl "Stablast bearbeiten" aus dem Menü "Graphisch". Wenn der Befehl "Stablast bearbeiten" gewählt wird, wechselt der Cursor von einem Pfeil zu einem Kreuz
- Doppelklicken Sie die linke Maustaste auf dem gewünschten Stab mit der gleichförmig verteilten Last. Das folgende Dialogfeld im Bild 8-31 erscheint

In diesem Dialogfeld

- Schreiben Sie 80 im Textfeld "Stablasten", um die Stablast zu definieren
- Klicken Sie auf "OK"

Der belastete Stab wird im Bild 8-32 gezeigt. Die verteilten Lasten in diesem Beispiel sind "Eigengewicht"-Typen. Mehr über verteilte Lastarten erfahren Sie im Benutzerhandbuch des Programms *ELPLA*.

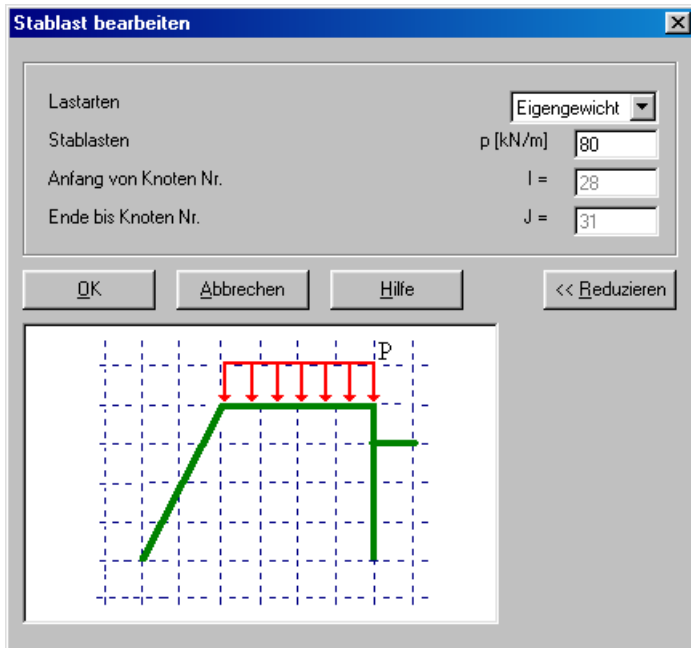


Bild 8-31 Dialogfeld "Stablast bearbeiten"

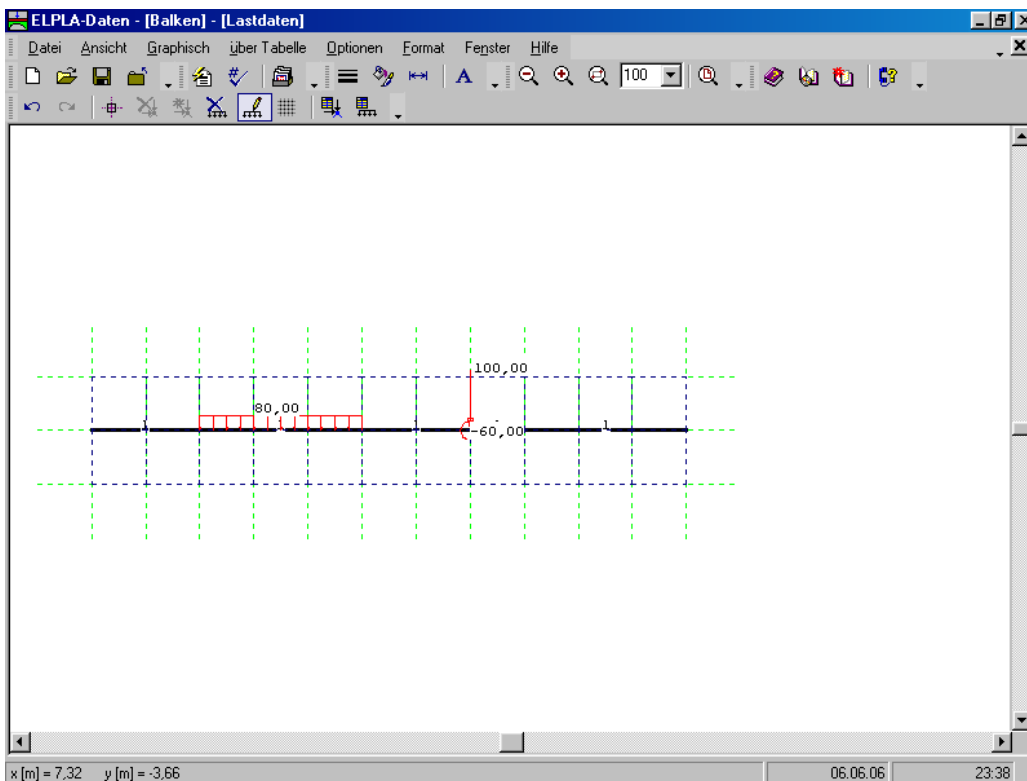


Bild 8-32 Belasteter Stab

Verwenden Sie dieselben Schritte, um die gleichförmig verteilte Last für den anderen belasteten Stab zu definieren.

Nach der Definition von Lastdaten sollte der Bildschirm wie das folgende Bild 8-33 aussehen.



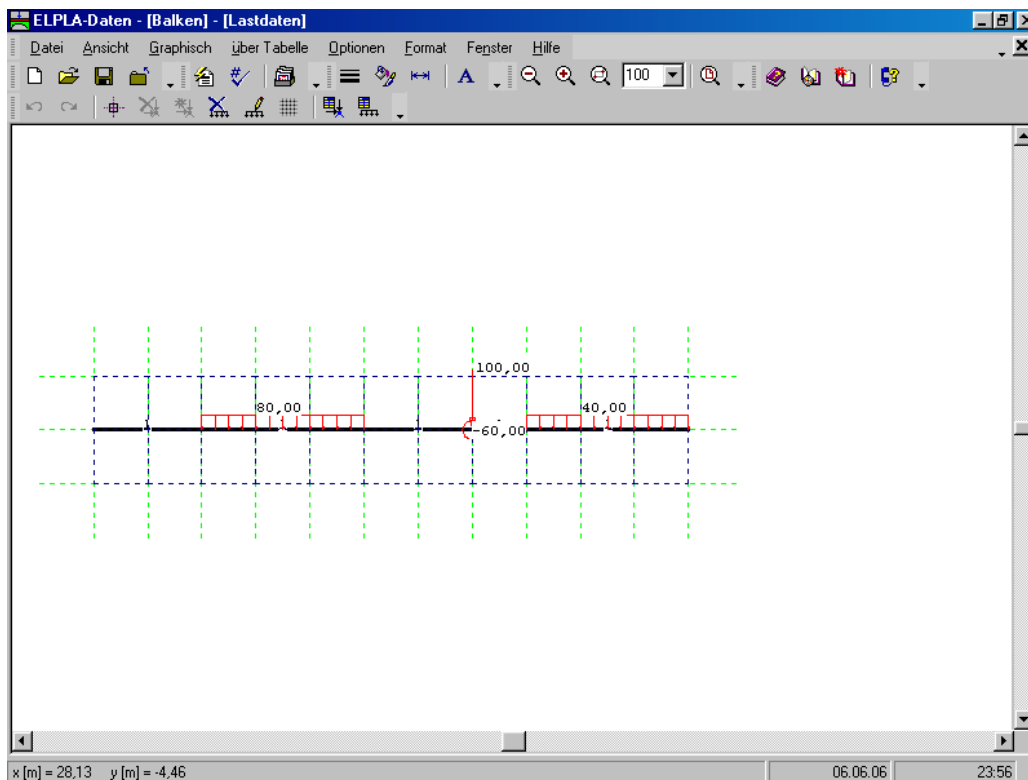


Bild 8-33 Balkenlasten auf dem Bildschirm

Nach der Definition von Lastdaten machen Sie die folgenden zwei Schritte:

- Wählen Sie den Befehl "Lastdaten speichern" aus dem "Datei"-Menü im Bild 8-30, um die Lastdaten zu speichern
- Wählen Sie "Lastdaten schließen" aus dem "Datei"-Menü im Bild 8-30, um das eingebettete Programm "Lastdaten" zu schließen und zum Hauptfenster des Programms *ELPLA-Daten* zurückzukehren

Um die anderen Daten der Stäbe im FE-Netz anzuzeigen

- Wählen Sie "Gruppierung anzeigen" aus dem Menü "Optionen" im Bild 8-33. Das folgende Kontrollfeld im Bild 8-34 erscheint
- In diesem Kontrollfeld markieren Sie das Kontrollkästchen "Auflager/ Randbedingungen"
- Klicken Sie auf "OK"

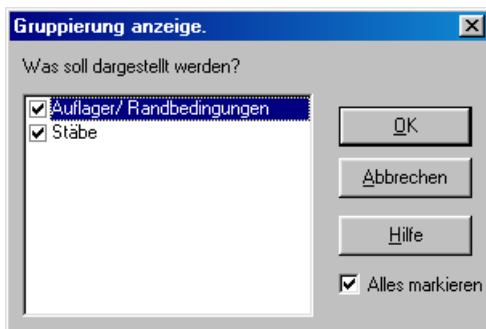


Bild 8-34 Kontrollfeld "Gruppierung anzeigen"

Nach Klicken von "OK" im Kontrollfeld "Gruppierung anzeigen" sollte der Bildschirm wie das folgende Bild 8-35 aussehen.

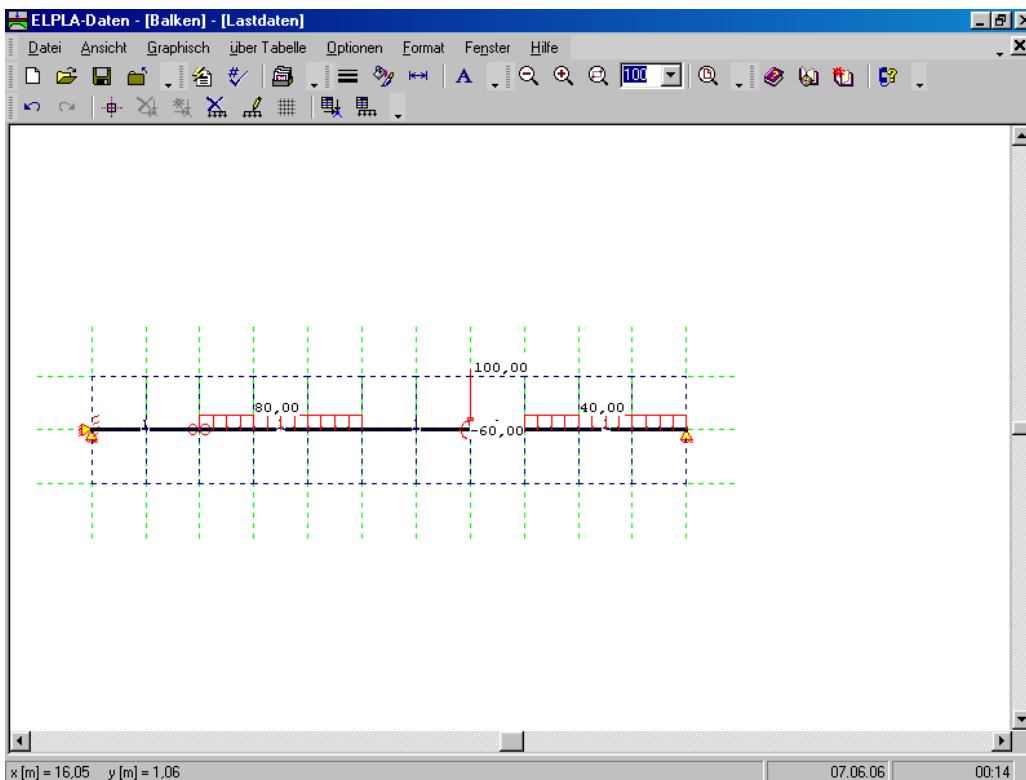


Bild 8-35 Auflager der Stäbe und Systemlasten auf dem Bildschirm

Die Erstellung eines neuen Projekts ist jetzt vollständig.

### 3 Durchführung der Berechnung

#### 3.1 Starten des Programms *ELPLA-Berechnung*

Um ein Problem zu berechnen, überlassen Sie das Programm *ELPLA-Daten* dem Programm *ELPLA-Berechnung*. Dies erfolgt durch Klicken auf "Berechnung" in der Menüleiste der Unterprogramme an der oberen rechten Ecke des *ELPLA-Daten*-Fensters. Das *ELPLA-Berechnung*-Fenster erscheint (Bild 8-36).

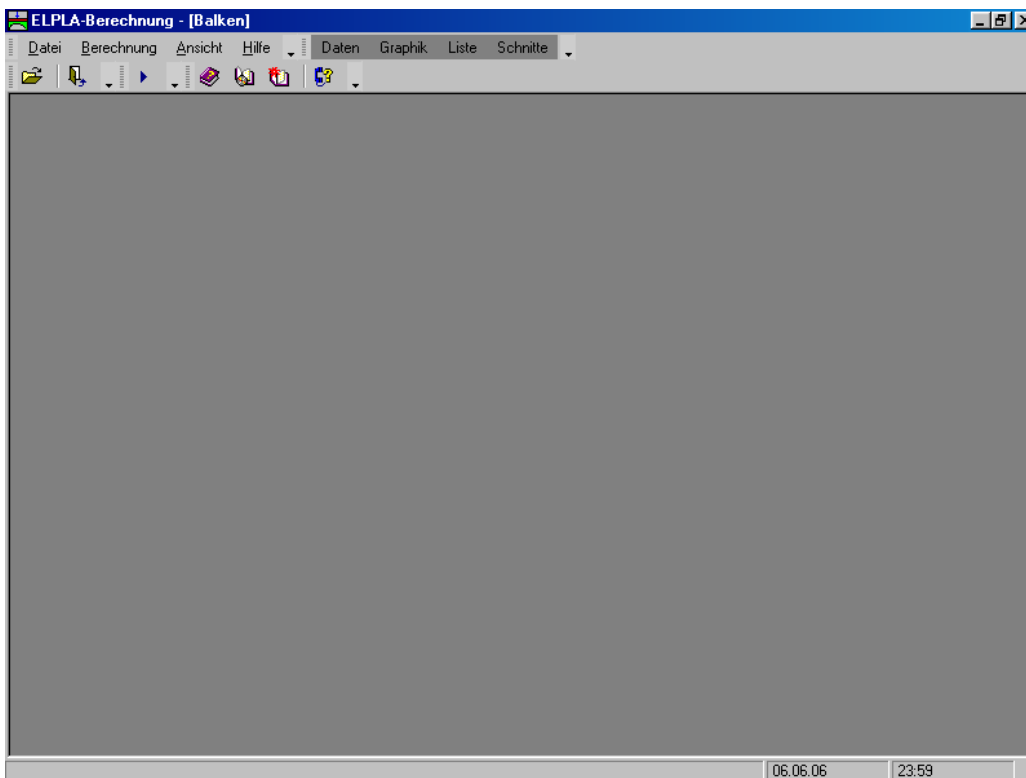


Bild 8-36 Oberfläche des Unterprogramms *ELPLA-Berechnung*

*ELPLA-Berechnung* öffnet die Datendatei des gegenwärtigen Beispiels und zeigt automatisch den Datendateinamen in der *ELPLA-Berechnung*-Fenstertitelleiste an. Dieses Menü enthält Befehle aller Berechnungen. Sie hängen vom benutzten Verfahren in der Berechnung ab. Für das gegenwärtige Beispiel sind die benötigten Berechnungen:

- Vorbereitung der Berechnung
- Berechnung ebenes Stabtragwerk

Diese Berechnungen können individuell oder auf einmal durchgeführt werden.

### 3.2 Durchführung aller Berechnungen

Um alle Berechnungen auf einmal durchzuführen

- Wählen Sie "Alles berechnen" aus dem Menü "Berechnung" im Fenster des Programms *ELPLA-Berechnung*

Der Fortschritt aller Berechnungen entsprechend dem definierten Verfahren wird automatisch mit Darstellung der Information durch Menüs durchgeführt.

### Berechnungsfortschritt

Das Berechnungsfortschrittsmenü im Bild 8-37 erscheint, in dem verschiedene Phasen der Berechnung progressiv gemeldet werden, während das Programm das Problem berechnet. Auch zeigt eine Statusleiste unten auf dem Bildschirm des *ELPLA-Berechnung*-Fensters Information über den Fortschritt der Berechnung an.

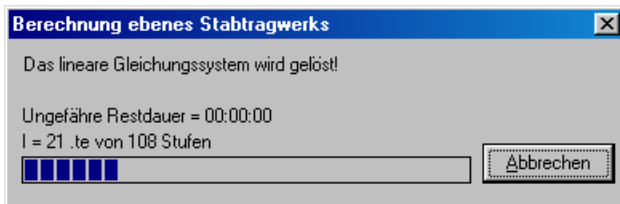


Bild 8-37 Berechnungsfortschrittsmenü

## 4 Graphische Darstellung von Daten und Ergebnissen

Um die Daten und Ergebnisse eines Problems, das schon definiert und berechnet worden ist, graphisch darzustellen, überlassen Sie das Programm *ELPLA-Berechnung* dem Programm *ELPLA-Graphik*. Dies geschieht durch Klicken auf "Graphik" in der Menüleiste der Unterprogramme an der oberen rechten Ecke des *ELPLA-Berechnung*-Fensters. Das Fenster des Programms *ELPLA-Graphik* erscheint (Bild 8-38). *ELPLA-Graphik* öffnet automatisch die Datendatei des gegenwärtigen Beispiels und zeigt den Datendateinamen an der Fenstertitelleiste des Programms *ELPLA-Graphik*.

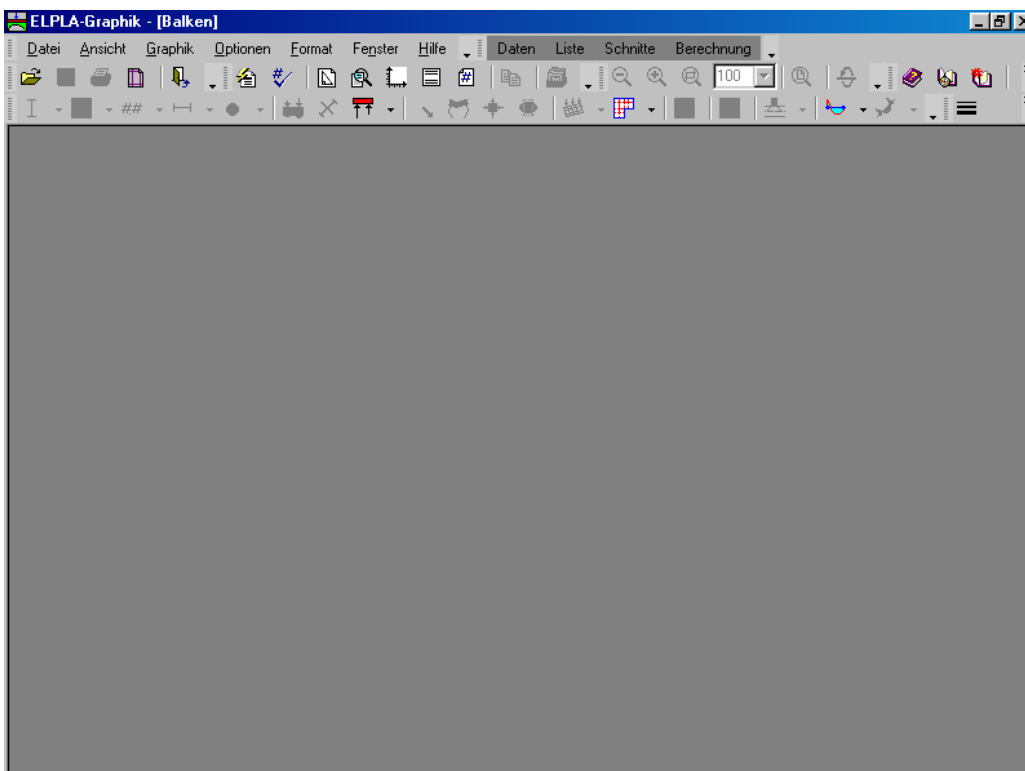


Bild 8-38 Oberfläche des Unterprogramms *ELPLA-Graphik*

Um die Ergebnisse der Stäbe zu zeichnen

- Wählen Sie "Stäbe" und dann "Verlauf der Schnittgrößen (in der Ebene)" aus dem "Graphik"-Menü von *ELPLA-Graphik*. Das folgende Optionsfeld im Bild 8-39 erscheint

In diesem Optionsfeld

- Wählen Sie "Stab-Biegemomente  $M_b$ ", um probeweise die Ergebnisse darzustellen
- Klicken Sie auf "OK"

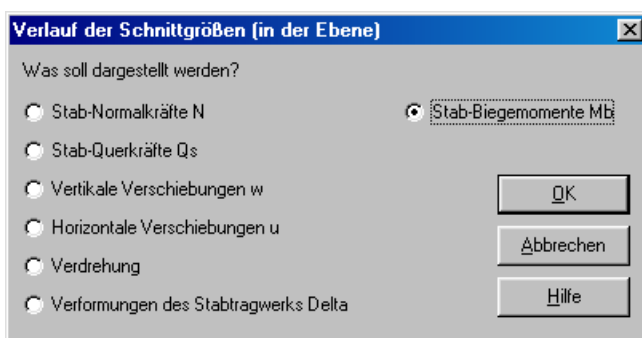


Bild 8-39 Optionsfeld "Verlauf der Schnittgrößen (in der Ebene)"

Die Momente der Stäbe werden jetzt angezeigt (Bild 8-40).

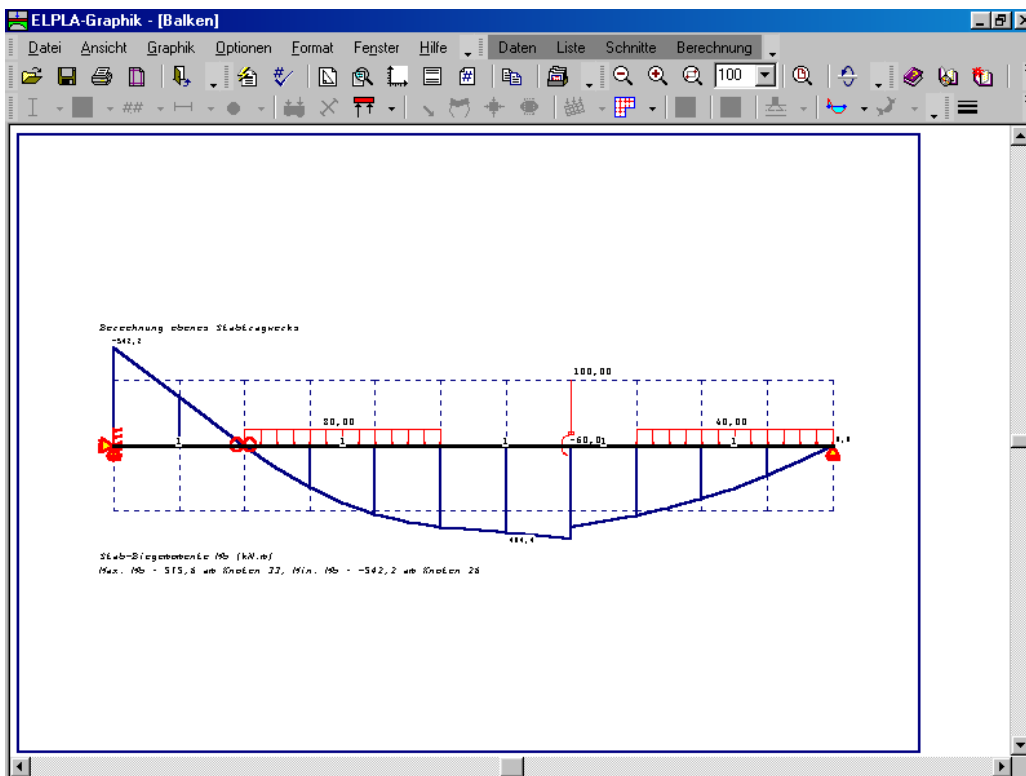


Bild 8-40 Stab-Biegemomente  $M_b$

**5 Stichwortverzeichnis**

---

**A**

Auflager .....5, 13, 16  
 Auftragsdaten.....6

---

**B**

Berechnung .....3, 4, 26, 27

---

**E**

Elastizitätsmodul .....3

---

**G**

Generierungstyp.....7

---

**L**

Lastdaten.....20

---

**M**

Material.....3

---

**N**

Netzdaten ..... 6

---

**Q**

Querschnittsdefinition ..... 10

---

**R**

Randbedingungen..... 5, 14  
 Rasterdefinition..... 8

---

**S**

Stäbe ..... 9, 12, 14  
 Stabelemente ..... 11, 12  
 Stabgruppen ..... 10, 11  
 Symmetrie ..... 4

---

**Z**

Zeichnungsparameter ..... 14, 15