

Beispiel 4

Berechnung eines Trägerrostes

Inhalt	Seite	
1	Beschreibung des Problems	3
1.1	Lasten und Abmessungen	3
1.2	Material des Trägerrostes	3
1.3	Berechnung	3
2	Erstellen der Daten	4
2.1	Wahl des Berechnungsverfahrens	4
2.2	Auftragsdaten	6
2.3	FE-Netzdaten	7
2.4	Daten der Stäbe	9
2.5	Daten der Auflager/ Randbedingungen	13
2.6	Lastdaten	18
3	Durchführung der Berechnung	20
3.1	Starten des Programms <i>ELPLA-Berechnung</i>	20
3.2	Durchführung aller Berechnungen	21
4	Graphische Darstellung von Daten und Ergebnissen	22
5	Stichwortverzeichnis	24

1 Beschreibung des Problems

In diesem Beispiel wird ein Trägerrost auf 8 Auflagern gewählt, um einige Besonderheiten des Programms *ELPLA* für die Berechnung von Trägerrosten zu erläutern.

1.1 Lasten und Abmessungen

Der Trägerrost besteht aus gleichen Trägern mit den Abmessungen von 0.15 [cm] * 0.60 [cm]. Die Lasten auf dem Trägerrost einschließlich des Eigengewichts werden im Bild 4-1 gezeigt.

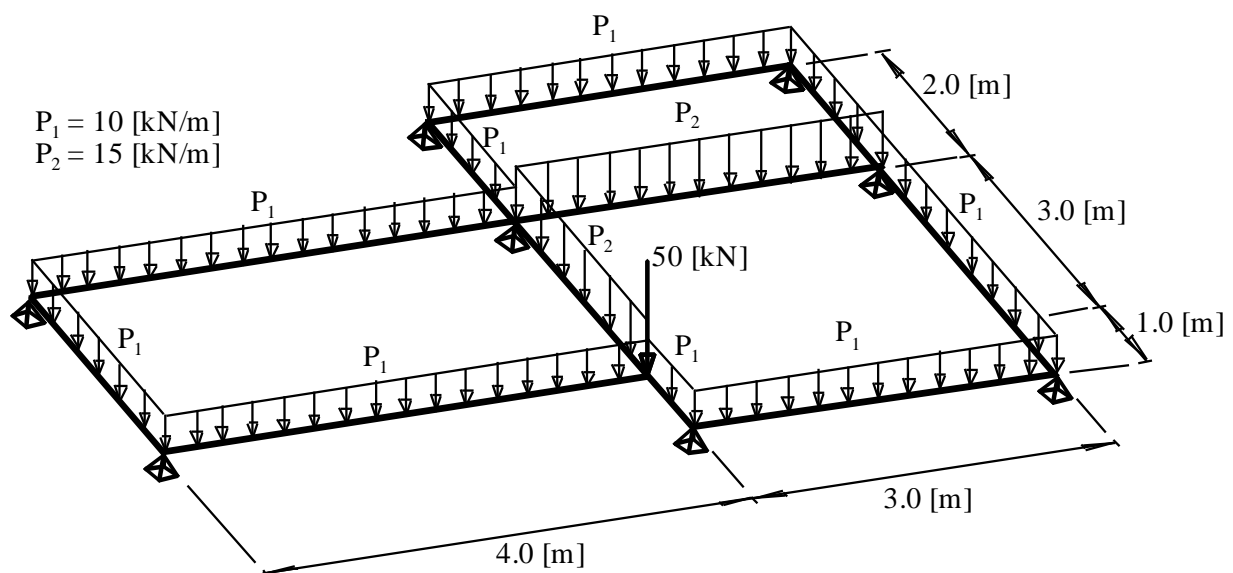


Bild 4-1 Geometrie des Trägerrostes und Lasten

1.2 Material des Trägerrostes

Das Material des Trägerrostes hat die folgenden Parameter:

Elastizitätsmodul	E_b	=	$3.2 \cdot 10^7$	[kN/m ²]
Schubmodul	G_b	=	$1.3 \cdot 10^7$	[kN/m ²]

1.3 Berechnung

Für die Berechnung des Trägerrostes werden die Stäbe in Stabelemente von je 1.0 [m] Länge in x - und y -Richtung unterteilt. Die Auflager sind starr nur in z -Richtung (lotrecht).

Für weitere Informationen über Berechnungsverfahren, Baugrundmodelle und numerische Berechnungsverfahren steht der Teil "*ELPLA*-Theorie" des Benutzerhandbuchs zur Verfügung.

2 Erstellen der Daten

In diesem Abschnitt werden die Daten für die Berechnung von Trägerrosten 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 4-2.

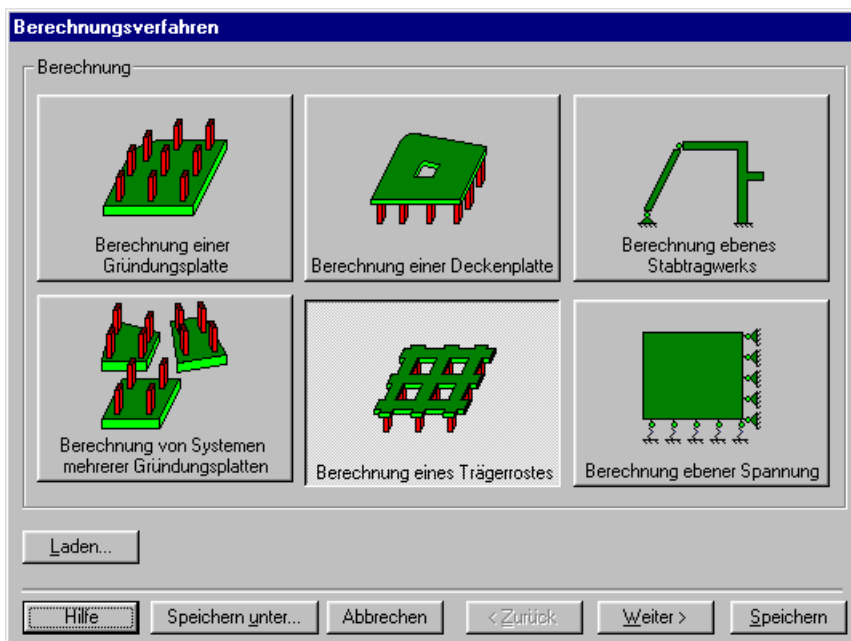


Bild 4-2 Wizard-Assistent "Berechnung"

In diesem Wizard-Assistent

- Wählen Sie "Berechnung eines Trägerrostes"
- Klicken Sie auf "Weiter"

Das nächste Menü ist die "Symmetrie des Plattengrundrisses" (Bild 4-3). In diesem Menü

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

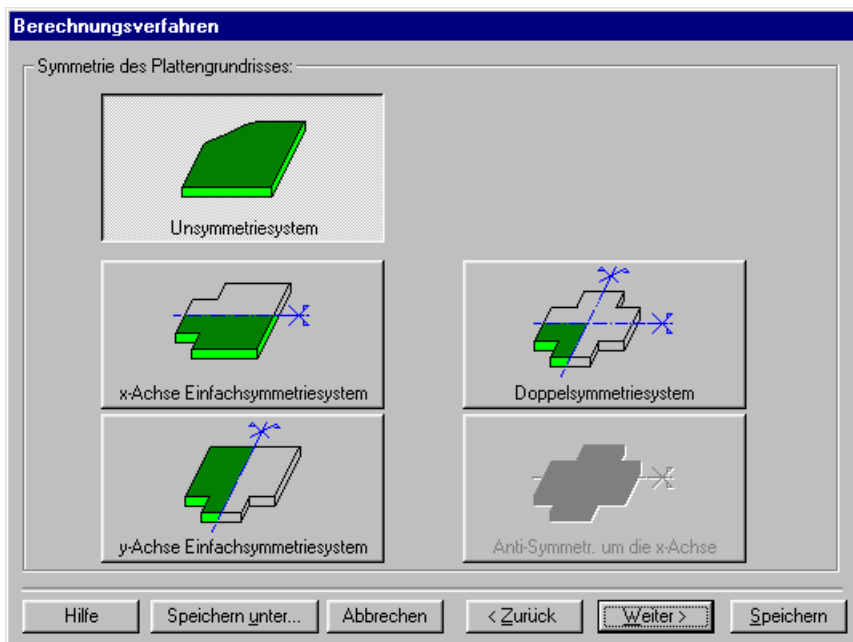


Bild 4-3 Menü "Symmetrie des Plattengrundrisses"

Nach Klicken von "Weiter" erscheint das Optionsfeld "Optionen" (Bild 4-4). 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"

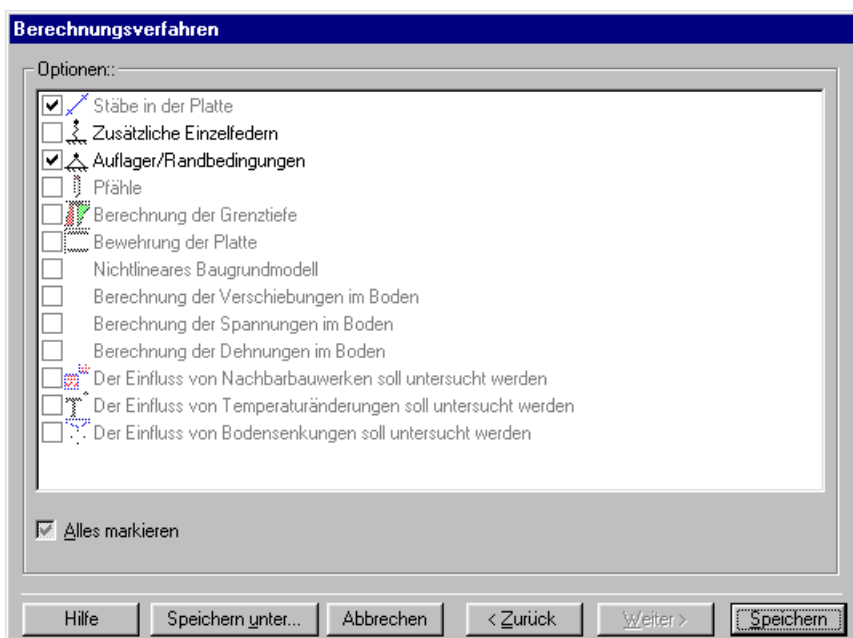


Bild 4-4 Optionsfeld "Optionen"

Nach Klicken von "Speichern" erscheint das Dialogfeld "Speichern unter" (Bild 4-5).

In diesem Dialogfeld

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

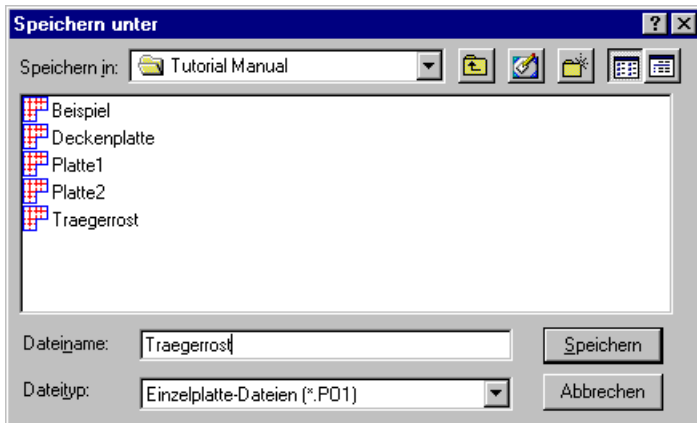


Bild 4-5 Dialogfeld "Speichern unter"

2.2 Auftragsdaten

Um die Auftragsdaten zu definieren

- Wählen Sie "Auftragsdaten" aus dem "Daten"-Menü des *ELPLA-Daten*-Fensters. Das Dialogfeld im Bild 4-6 erscheint

In diesem Dialogfeld

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



Bild 4-6 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 4-7)
- Klicken Sie auf "Rechteckplatte" in der Auswahl von Netzschablonen, um ein imaginäres Netz einer rechteckigen Fläche zu erstellen
- Schreiben Sie 7 in das Textfeld "Länge der Rechteckplatte"
- Schreiben Sie 6 in das Textfeld "Breite der Rechteckplatte"
- Klicken Sie auf "Weiter"

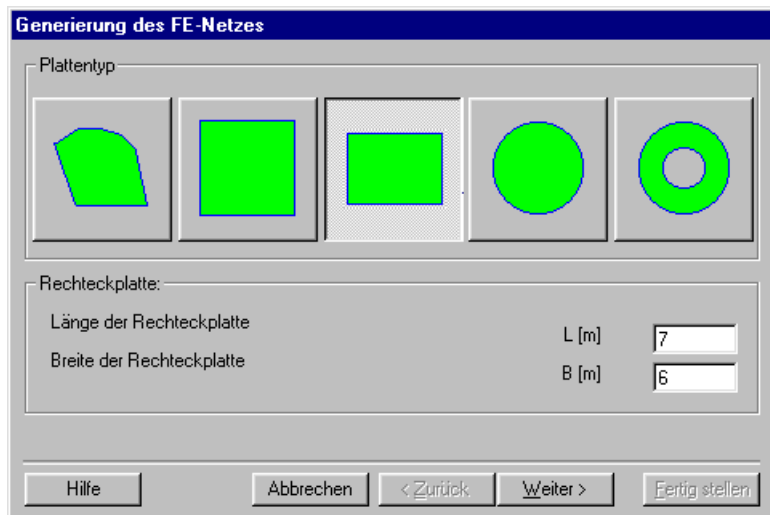


Bild 4-7 Auswahl von Netzschablonen

Danach erscheint das folgende Menü "Generierungstyp" (Bild 4-8). *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"

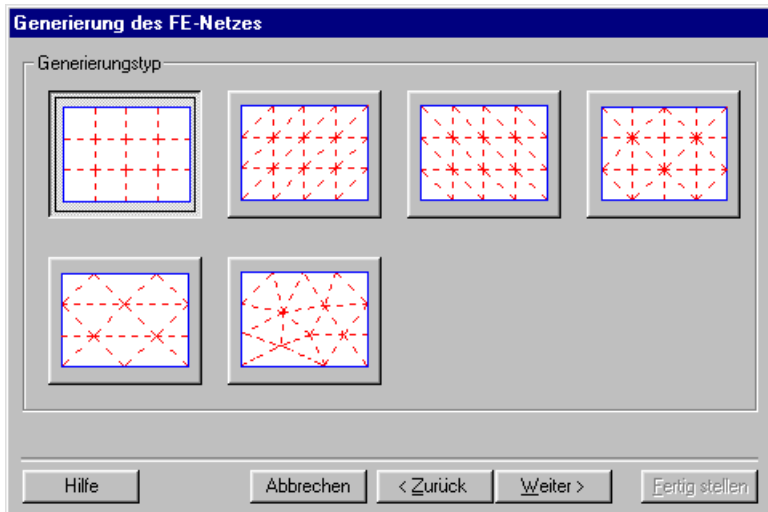


Bild 4-8 Menü "Generierungstyp"

Nach Klicken der Schaltfläche "Weiter" erscheint das Dialogfeld "Rasterdefinition" (Bild 4-9).

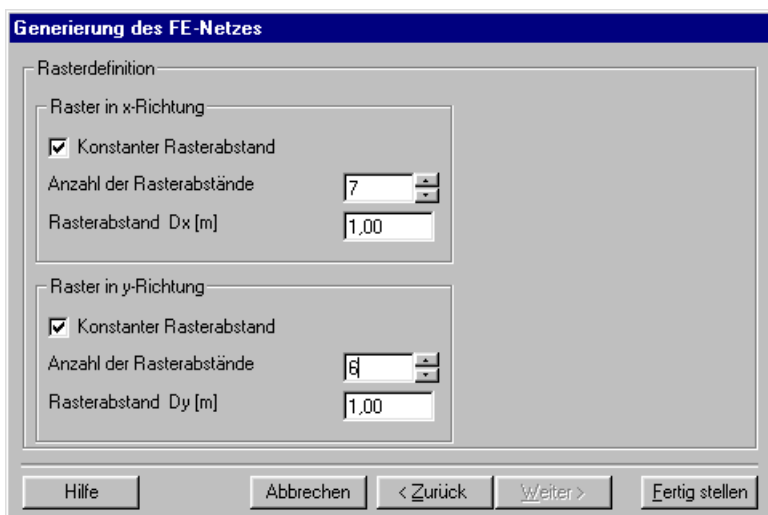


Bild 4-9 Dialogfeld "Rasterdefinition"

In diesem Dialogfeld

- Schreiben Sie 7 in die Dialogbox "Raster in x -Richtung" im Textfeld "Anzahl der Rasterabstände"
- Schreiben Sie 6 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 $L = 7$ [m] Länge und der Breite $B = 6$ [m] mit viereckigen Elementen von 1.0 [m] Seitenlänge. Im Bild 4-10 erscheint dann das generierte imaginäre Netz.

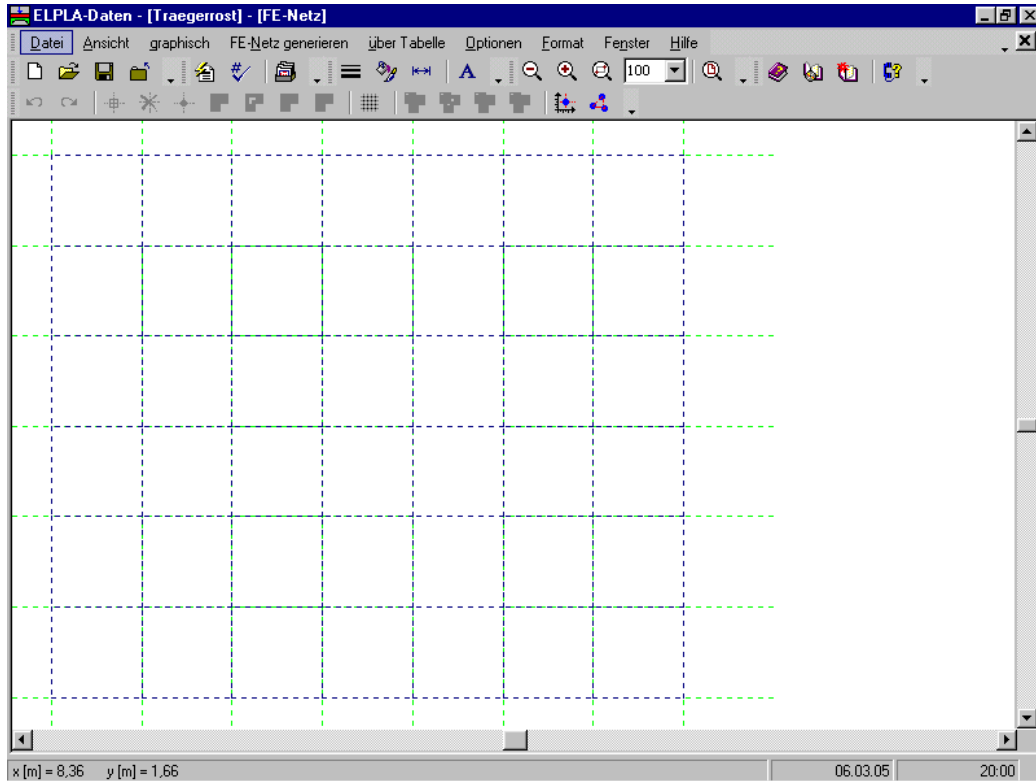


Bild 4-10 Imaginäres Netz einer rechteckigen Fläche auf dem Bildschirm

2.4 Daten der Stäbe

Um die Stäbe zu definieren

- Wählen Sie "Daten der Stäbe" aus dem "Datei"-Menü des *ELPLA-Daten*-Fensters. Damit erscheint das folgende Menü in Bild 4-11

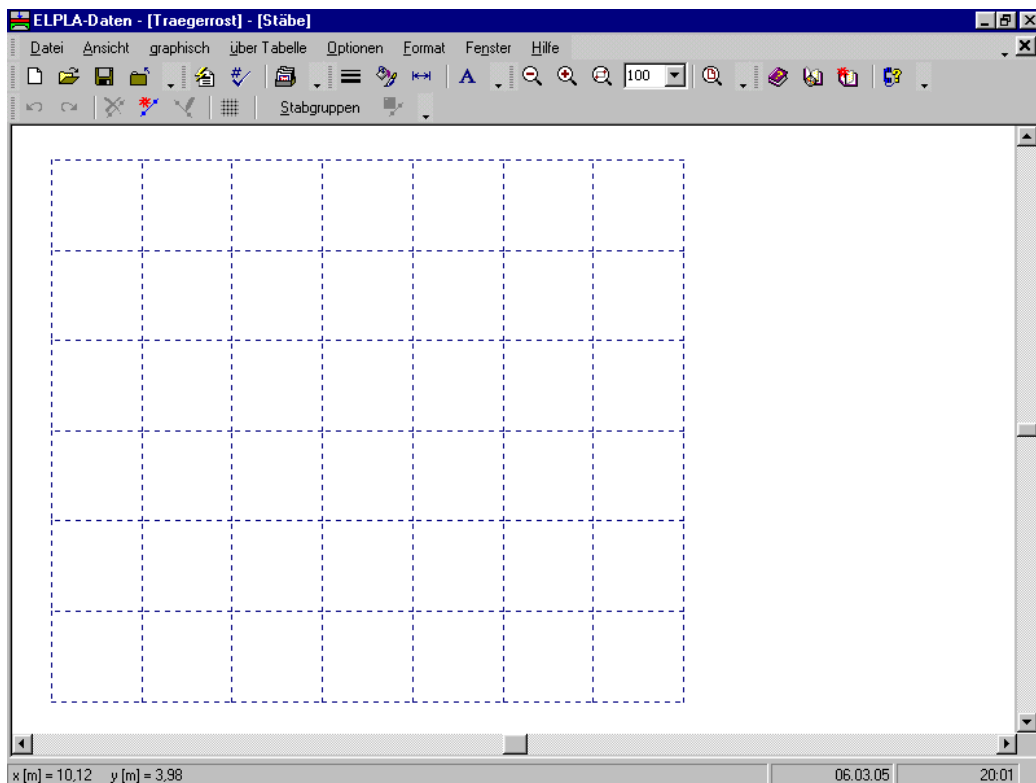


Bild 4-11 Eingebettetes Programm "Stäbe"

Um die Querschnitte der Stäbe einzugeben

- Wählen Sie im Fenster von Bild 4-11 den Befehl "Beschreibung der Stabgruppen" aus dem Menü "über Tabelle". Das folgende Optionsfeld im Bild 4-12 erscheint
- In diesem Optionsfeld wählen Sie die Option "Rechteckquerschnitt"
- Klicken Sie auf "OK"

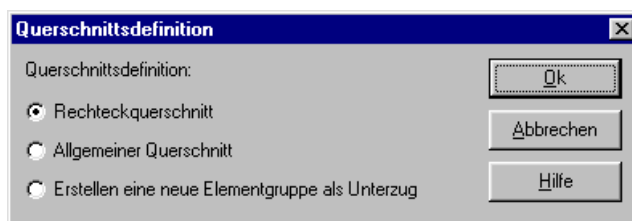


Bild 4-12 Optionsfeld "Querschnittsdefinition"

Danach erscheint das folgende Listenfeld im Bild 4-13. In diesem Listenfeld

- Geben Sie die Materialeigenschaften des Trägers, Querschnittabmessungen und das Trägergewicht ein, wie im Bild 4-13 gezeigt. Dies geschieht durch Eingabe des Wertes in der entsprechenden Zelle und Drücken der "Eingabe"-Taste. Zur Vereinfachung werden die Linienlasten, die das Eigengewicht des Trägers einschließen, in die Zelle "Balkengewicht" eingegeben. Hier werden zwei Gruppen von Trägern definiert, die erste Gruppe für die Träger mit einer Linienlast von 10 [kN/m], die zweite Gruppe für Träger mit einer Linienlast von 15 [kN/m]
- Klicken Sie auf "OK"

Gruppe Nr.	E-Modul des Balken E [kN/m ²]	G-Modul des Balken G [kN/m ²]	Höhe des Balken h [m]	Breite des Balken b [m]	Balkengewicht pb [kN/m]
1	3,2E+07	1,3E+07	0,60	0,15	10,0
2	3,2E+07	1,3E+07	0,60	0,15	15,0

Bild 4-13 Listenfeld "Beschreibung der Stabgruppen"

Definieren der Trägerstandorte im Netz

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

- Wählen Sie "Stäbe einfügen" aus dem Menü "graphisch" im Bild 4-11. Dabei wechselt der Cursor von einem Pfeil zu einem Kreuz. Klicken Sie die linke Maustaste auf den Anfangsknoten des ersten Trägers und schleifen Sie mit der Maus bis zum Endknoten dieses Trägers (Bild 4-14), dann klicken Sie auf dem Endknoten. Das Dialogfeld "Stabelemente" im Bild 4-15 erscheint

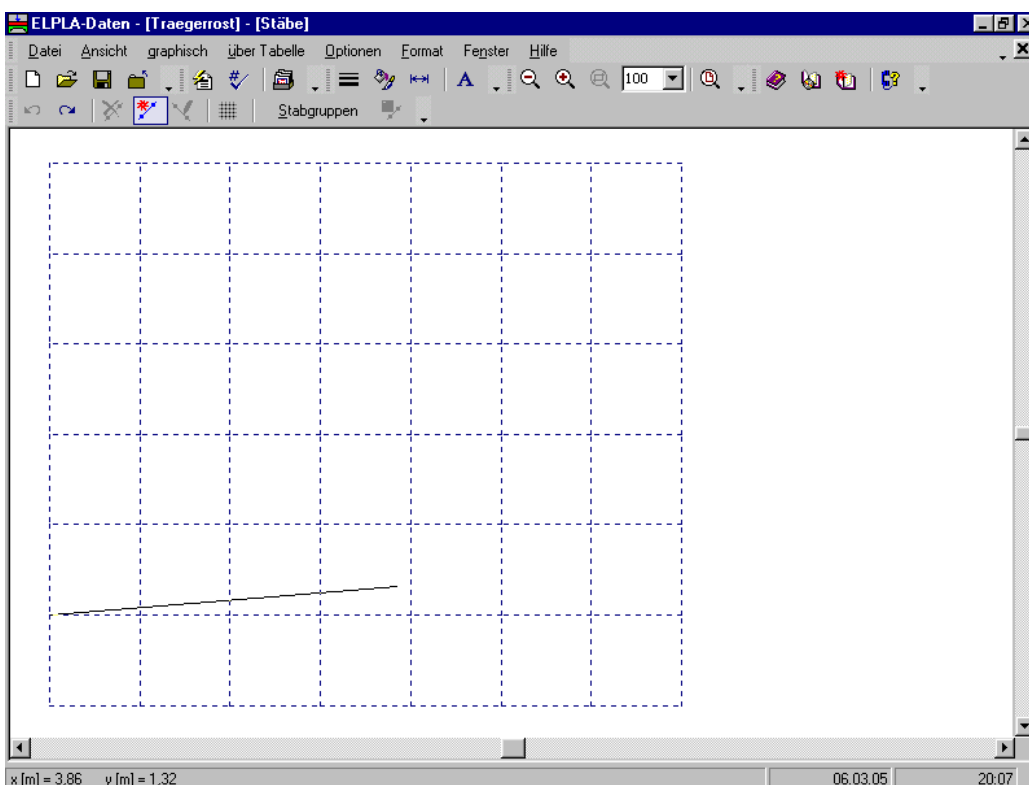


Bild 4-14 Einfügen des ersten Trägers mit der Maus

- In diesem Dialogfeld klicken Sie auf die Schaltfläche "OK"

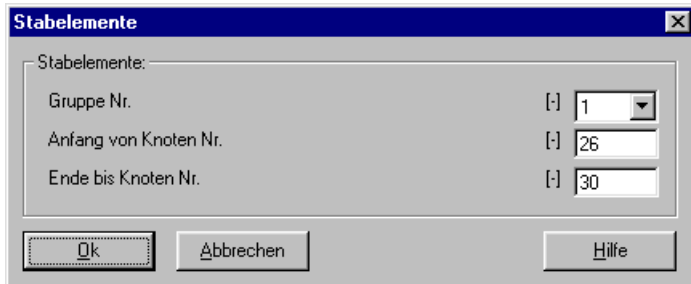


Bild 4-15 Dialogfeld "Stabelemente"

Nun ist der erste Träger definiert, wie im Bild 4-16 gezeigt. Beachten Sie, dass *ELPLA* schon 1 auf den Träger geschrieben hat, als Hinweis auf die Trägergruppen-Nummer.

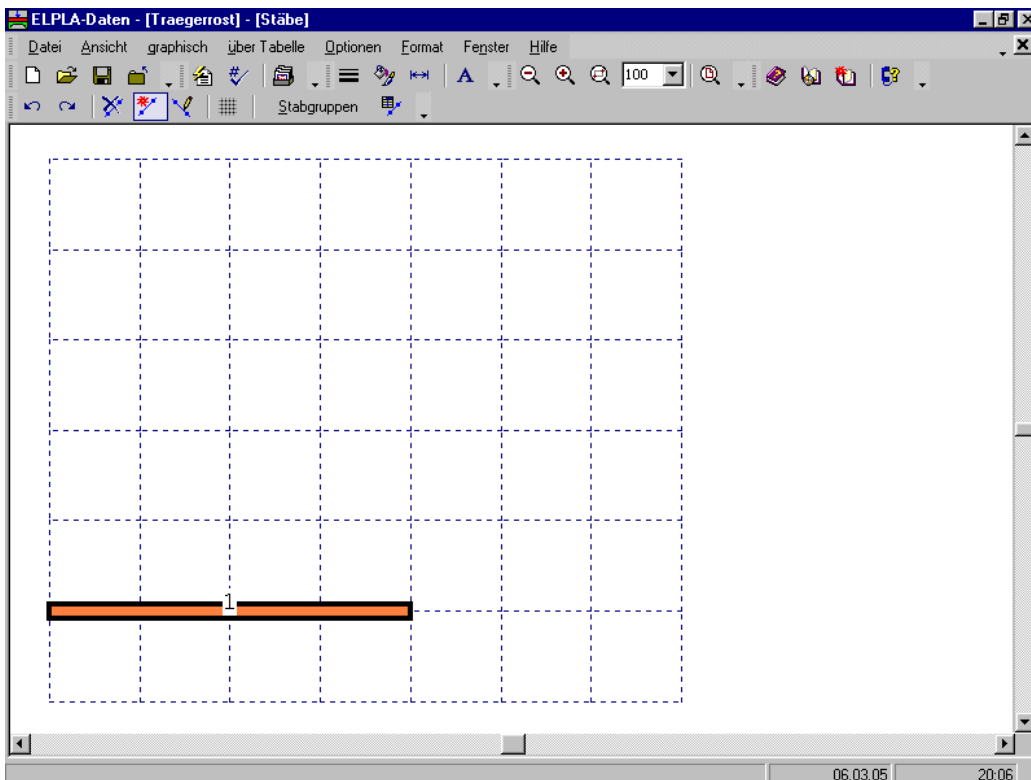


Bild 4-16 Der erste Träger mit Querschnitt 1 auf dem Bildschirm

Wiederholen Sie die vorherigen Schritte, um die übrigen Träger im Netz einzufügen. Nachdem Sie die Definition aller Träger beendet haben, sollte der Bildschirm wie das folgende Bild 4-17 aussehen.

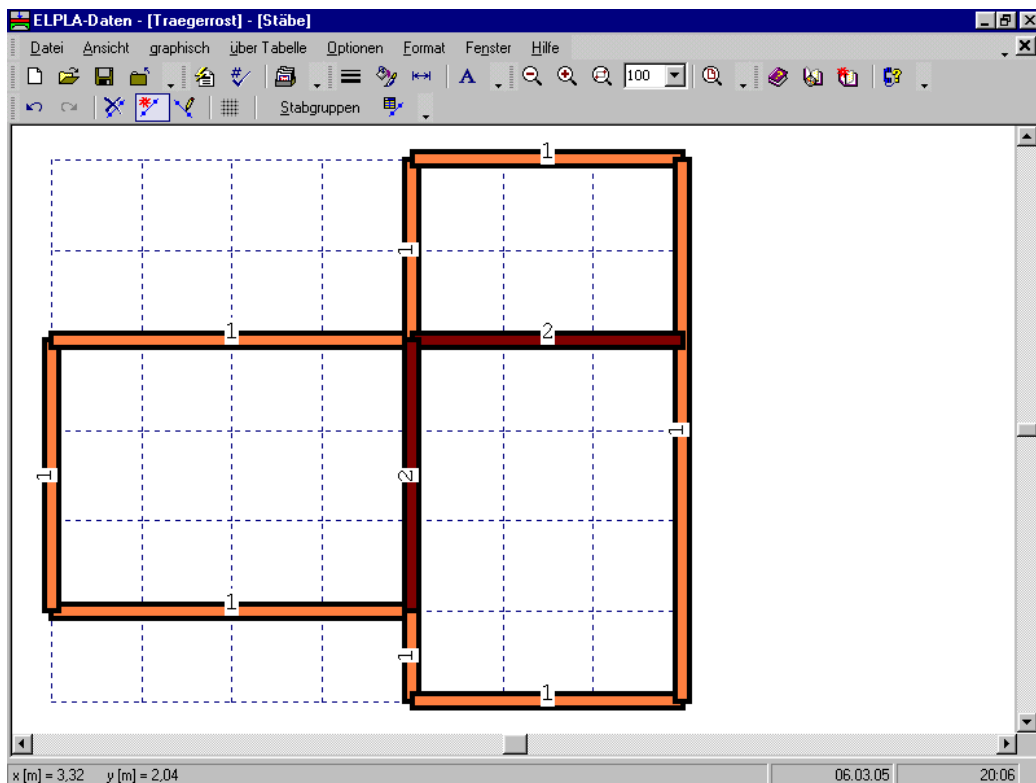


Bild 4-17 Dialogfeld "Trägerrost mit Trägern (Stäben) Querschnitt 1 + 2"

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

- Wählen Sie "Stäbe speichern" aus dem "Datei"-Menü im Bild 4-17, um die Daten der Stäbe zu speichern
- Wählen Sie "Stäbe schließen" aus dem "Datei"-Menü im Bild 4-17, um das eingebettete Programm "Stäbe" zu schließen und zum Hauptfenster des Programms *ELPLA-Daten* zurückzukehren

2.5 Daten der Auflager/ Randbedingungen

Im Allgemeinen werden Stützen unter dem Trägerrost als starre Auflager berücksichtigt. Diese Auflager sind durch den Befehl "Daten der Auflager/ Randbedingungen" definiert.

Um die Auflager zu definieren

- Wählen Sie "Daten der Auflager/ Randbedingungen" aus dem "Datei"-Menü des *ELPLA-Daten*-Fensters. Das folgende eingebettete Programm im Bild 4-18 erscheint

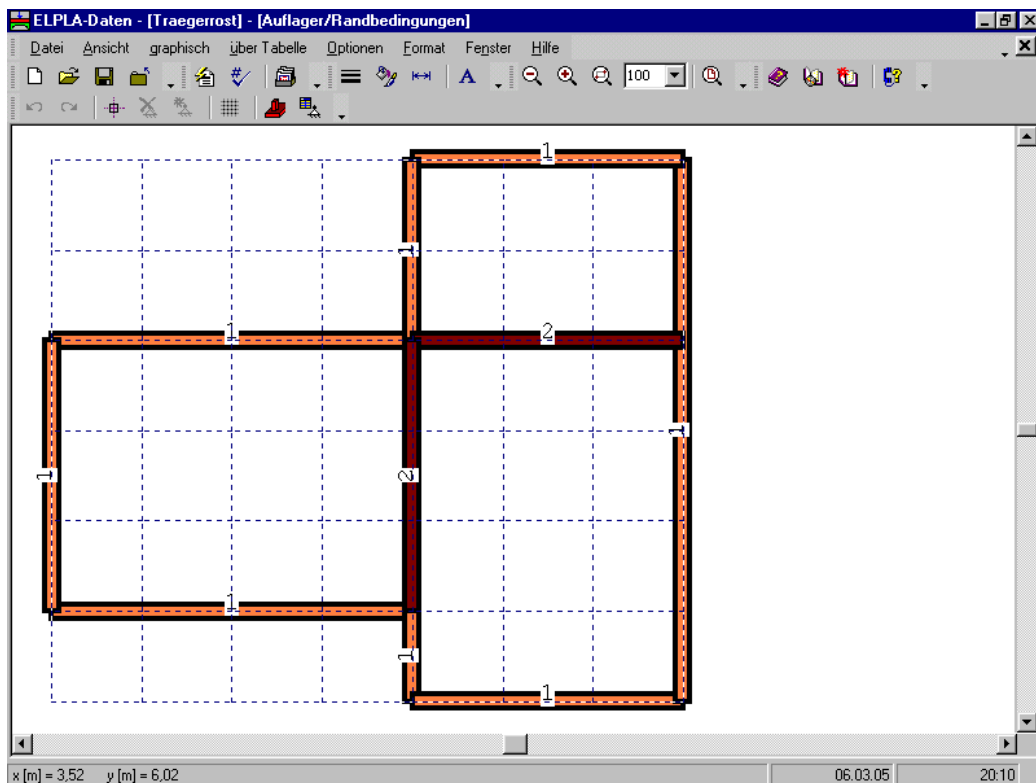


Bild 4-18 Eingebettetes Programm "Auflager/ Randbedingungen"

ELPLA kann die Träger, Auflager und Lasten in einer Darstellung zusammen anzeigen. Dadurch kann der Benutzer während der Eingabe der Stützen oder Lasten leicht die Standorte von Stützen oder Lasten in Bezug auf Träger definieren. Wie in Bild 4-18 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 4-18). Das folgende Dialogfeld im Bild 4-19 erscheint
- In diesem Dialogfeld inaktivieren Sie das Kontrollkästchen "Trägerdicke zeichnen"
- Klicken Sie auf "OK"



Bild 4-19 Dialogfeld "Zeichnungsparameter"

Nach dem Klicken von "OK" im Dialogfeld "Zeichnungsparameter" sollte der Bildschirm wie das folgende Bild 4-20 aussehen.

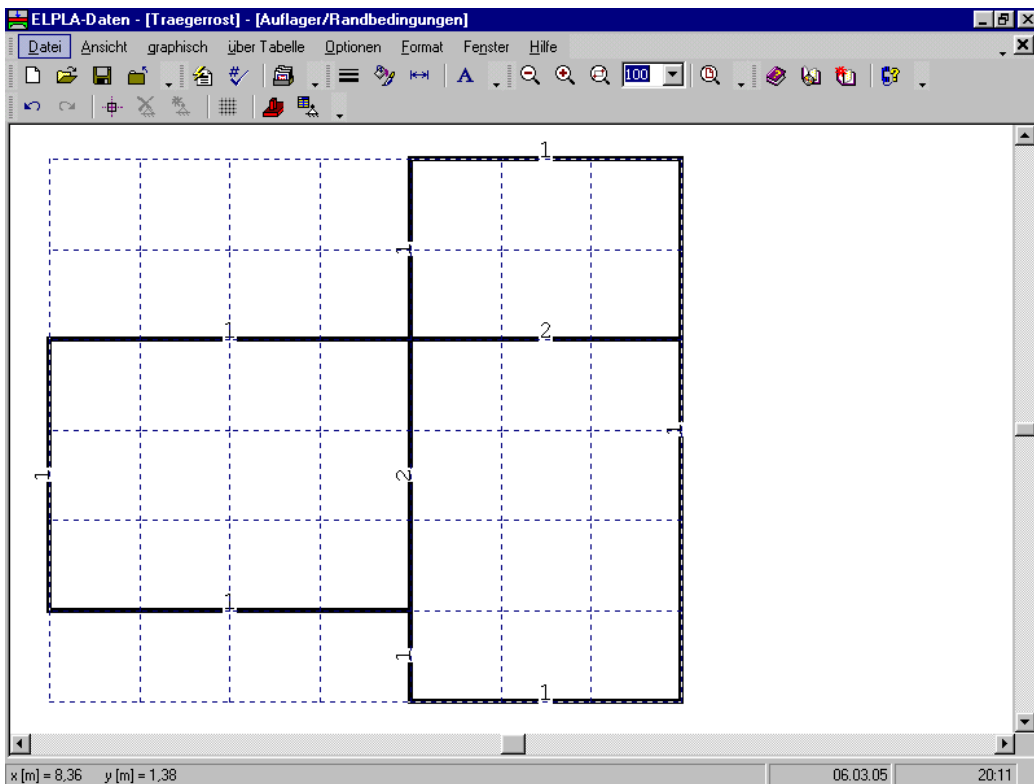


Bild 4-20 Stäbe im Fenster des eingebetteten Programms "Daten der Auflager/ Randbedingungen"

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 4-20. Wenn der Befehl "Knoten markieren" gewählt wird, ändert sich der Cursor von einem Pfeil zu einem Kreuz
- Klicken Sie die linke Maustaste auf den gewünschten Knoten mit Auflager, wie im Bild 4-21 gezeigt
- Nach dem Auswählen von Knoten der Auflager wählen Sie "Auflager einfügen" aus dem Menü "graphisch" im Bild 4-21

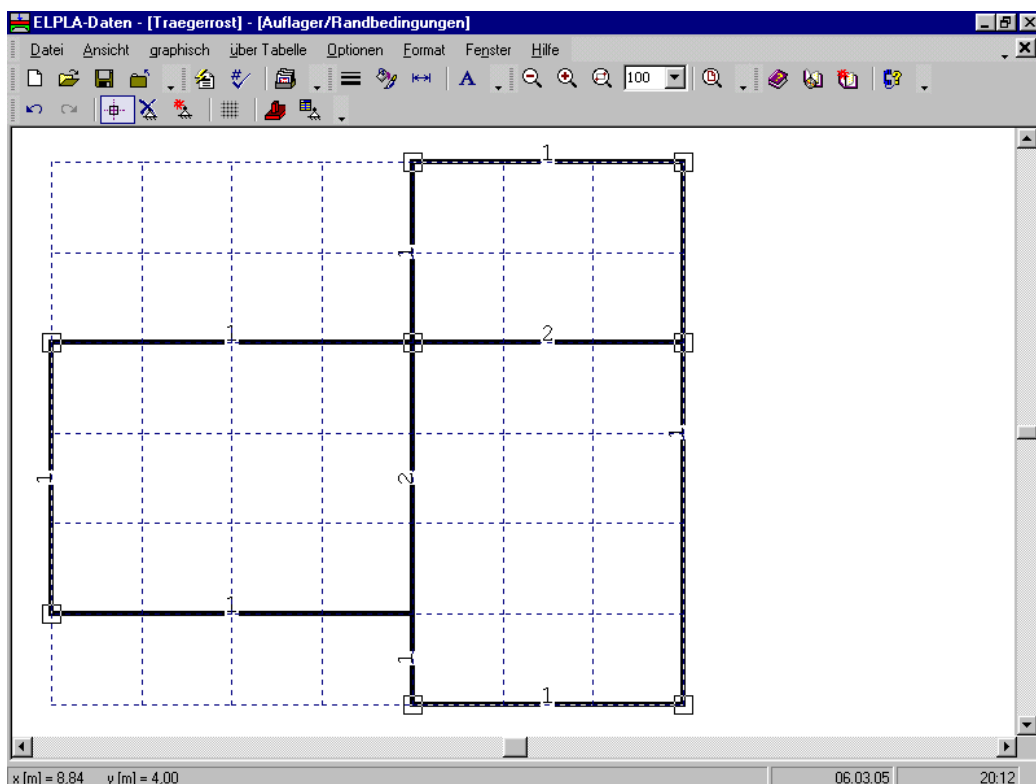


Bild 4-21 Markierung der Knoten mit Auflagern (kleine Rechtecke an den Ecken)

Das Dialogfeld "Auflager/ Randbedingungen" im Bild 4-22 erscheint.

In diesem Dialogfeld

- Schreiben Sie 0 im Textfeld "Verschiebung", um ein starres Auflager zu definieren
- Klicken Sie auf "OK"

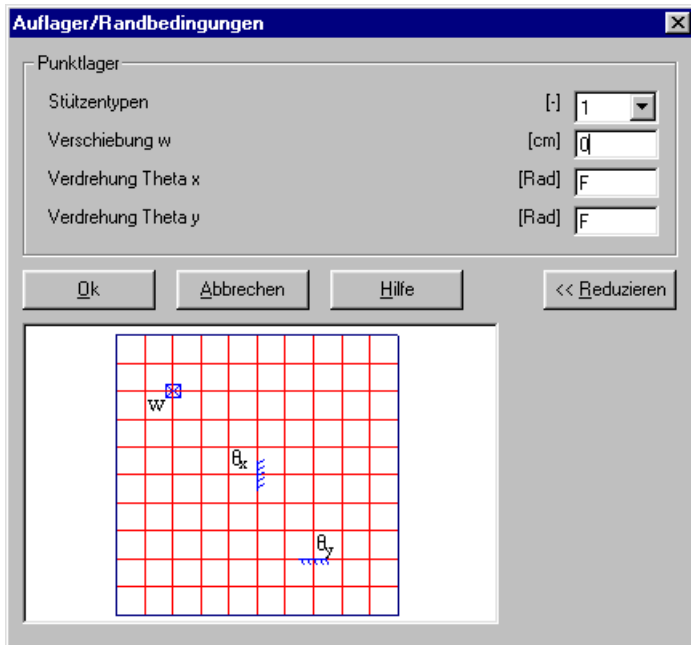


Bild 4-22 Dialogfeld "Auflager/ Randbedingungen"

Nach der Definition der Auflager sollte der Bildschirm wie das folgende Bild 4-23 aussehen.

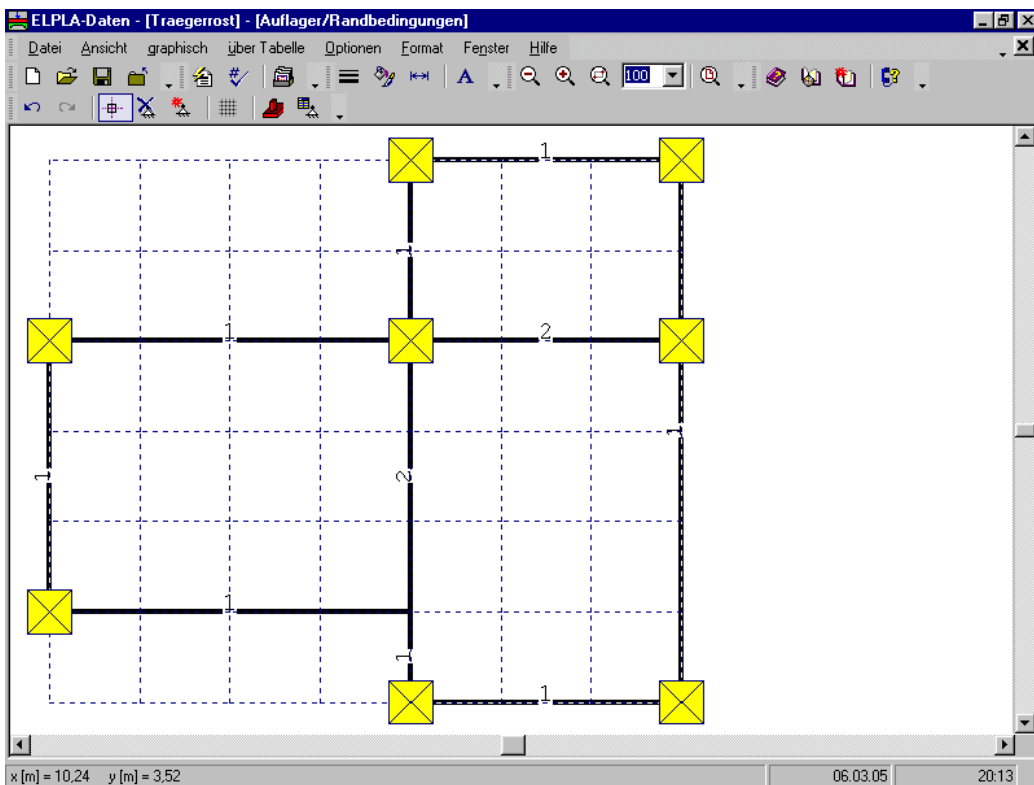


Bild 4-23 Auflager auf dem Bildschirm (kleine Rechtecke mit Kreuz)

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

- Wählen Sie "Auflager/ Randbedingungen speichern" aus dem "Datei"-Menü im Bild 4-23, um die Daten der Auflager zu speichern

- Wählen Sie "Auflager/ Randbedingungen schließen" aus demselben Menü, 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 4-24) mit den Stäben auf dem Netz erscheint.

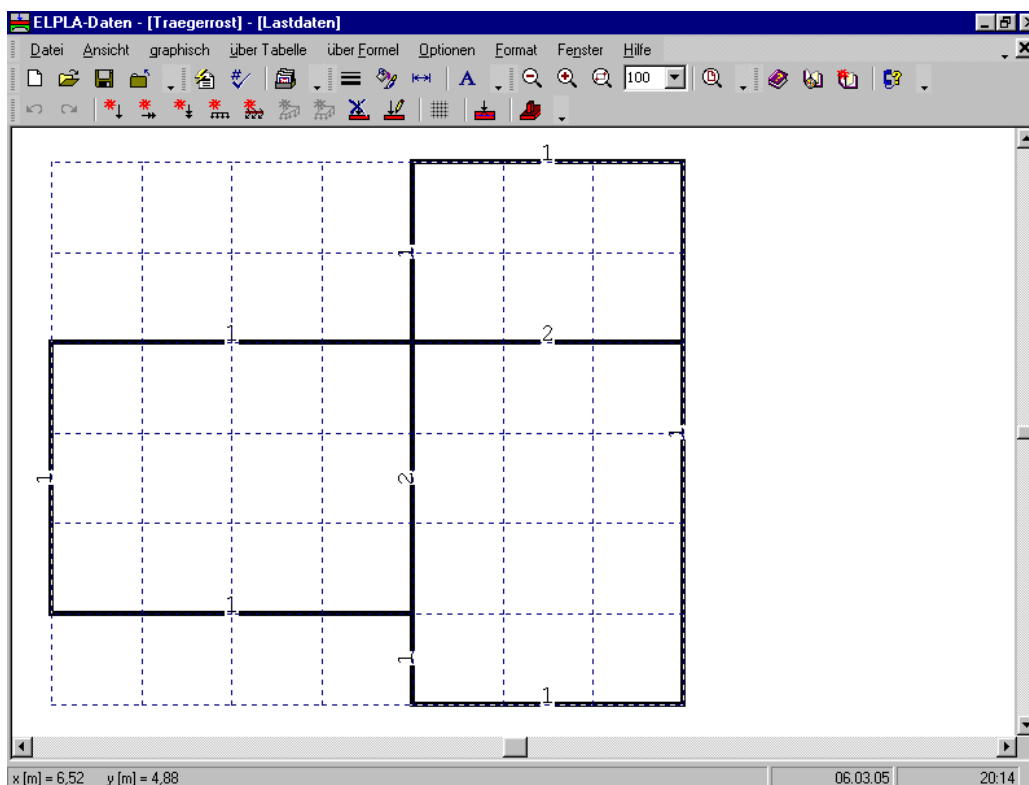


Bild 4-24 Eingebettetes Programm "Lastdaten"

Die Punktlasten auf dem Trägerrost können an jeder Stelle (x, y) auf dem Trägerrost definiert werden. Die Stelle der Last ist unabhängig von Knoten des Netzes.

Um die Punktlast einzugeben

- Wählen Sie "Punktlasten" aus dem Menü "graphisch" im Fenster von Bild 4-24
- Jetzt ändert sich der Cursor von einem Pfeil zu einem Kreuz. Dann kann die Punktlast durch Klicken auf dem Bildschirm (Trägerrost) definiert werden. Danach erscheint das Dialogfeld (Bild 4-25) mit der Lastgröße und den Koordinaten

In diesem Dialogfeld

- Schreiben Sie 50 im Textfeld "Lastgröße"
- Klicken Sie auf "OK"

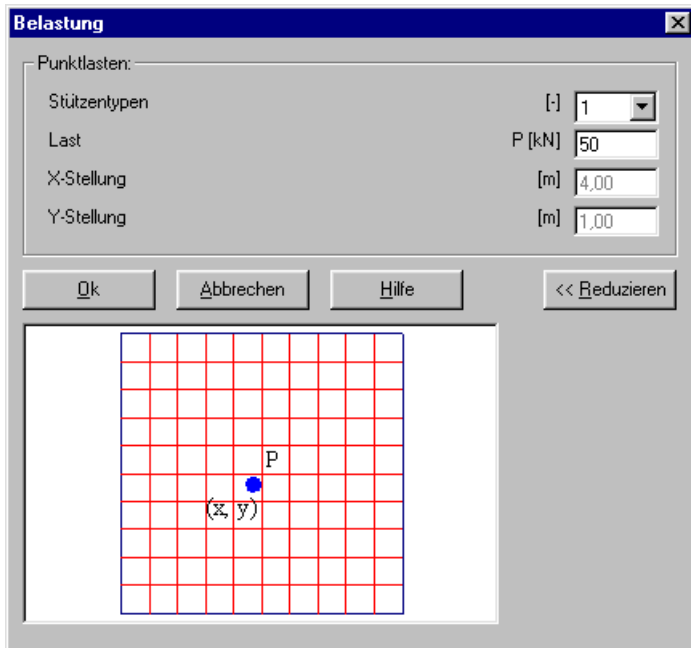


Bild 4-25 Dialogfeld "Belastung"

Nach der Definition der Punktlast sollte der Bildschirm wie das folgende Bild 4-26 aussehen. Die Punktlasten P auf die Stäbe wurden schon mit der Lage der Stäbe (am Rand $P_1 = 10$ [kN/m] und bei den anderen Trägern $P_2 = 15$ [kN/m]) eingegeben. Sie sind in Bild 4-26 als Stabnummern 1 oder 2 bezeichnet.

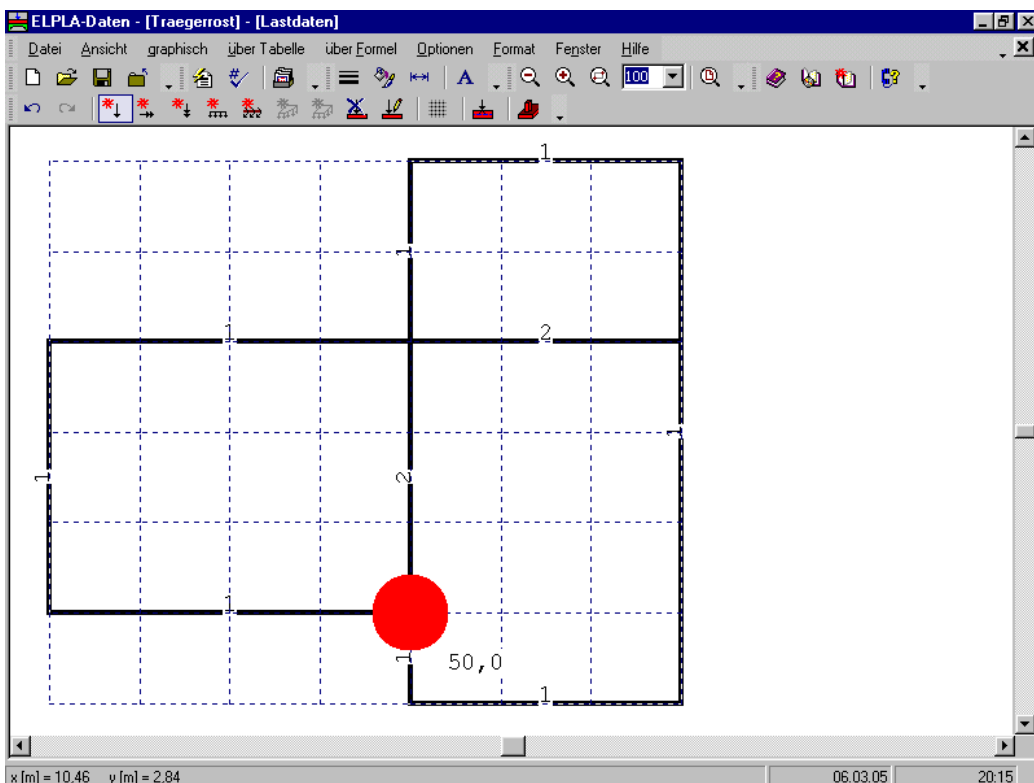


Bild 4-26 Punktlast 50 [kN] auf dem Bildschirm

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

- Wählen Sie den Befehl "Lastdaten speichern" aus dem "Datei"-Menü im Bild 4-26, um die Lastdaten zu speichern
- Wählen Sie "Lastdaten schließen" aus demselben Menü, um das eingebettete Programm "Lastdaten" zu schließen und zum Hauptfenster des Programms *ELPLA-Daten* zurückzukehren

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 rechts oben im *ELPLA-Daten*-Fenster. Das *ELPLA-Berechnung*-Fenster erscheint (Bild 4-27).

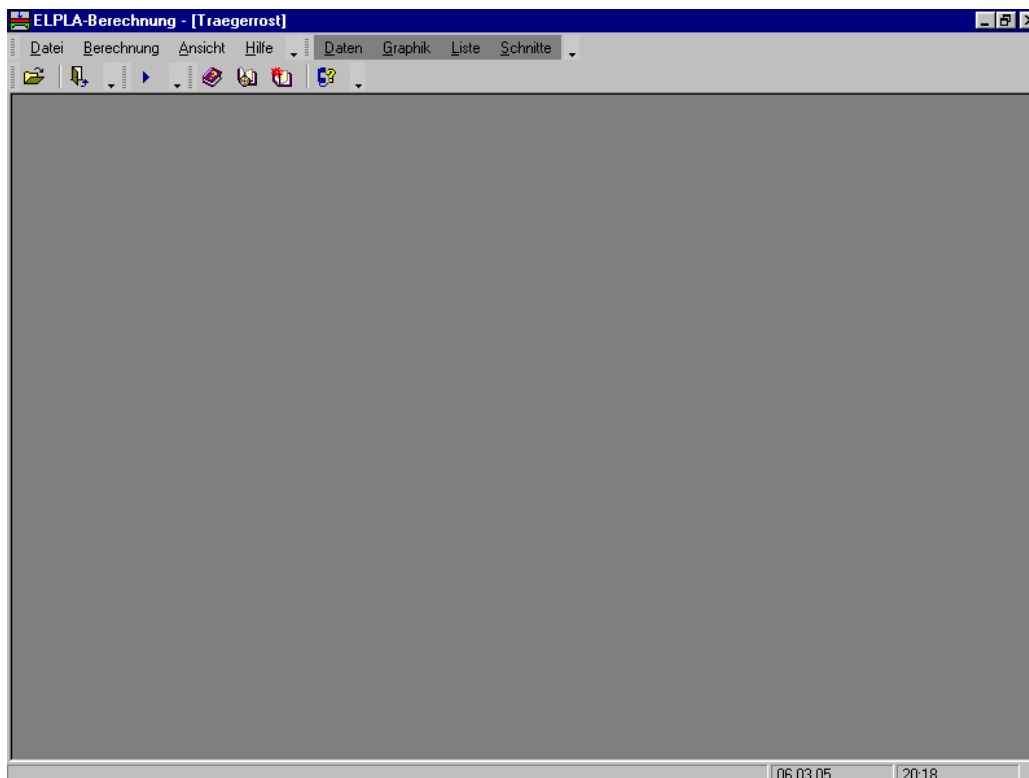


Bild 4-27 Oberfläche des Unterprogramms *ELPLA-Berechnung*

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:

- Lastvektor aufstellen
- Steifigkeitsmatrix der Stäbe aufbauen
- Plattensteifigkeitsmatrix aufbauen
- Gleichungssystem (Bandstruktur) lösen
- Verformungen, Schnittgrößen berechnen

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 4-28 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.

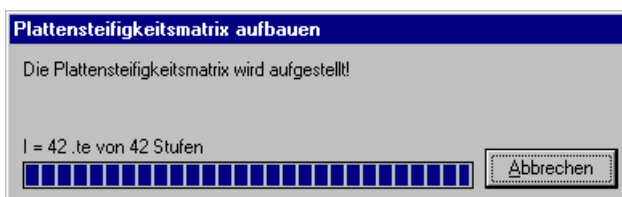


Bild 4-28 Berechnungsfortschrittsmenü

Kontrolle der Rechenergebnisse

Nach der Berechnung erscheint ein Kontrollmenü der Lösung (Bild 4-29). Dieses vergleicht zwischen Istwert und Sollwert. Dadurch kann die Rechengenauigkeit abgeschätzt werden.

Um die Berechnung des Problems zu beenden

- Klicken Sie auf die Schaltfläche "OK"

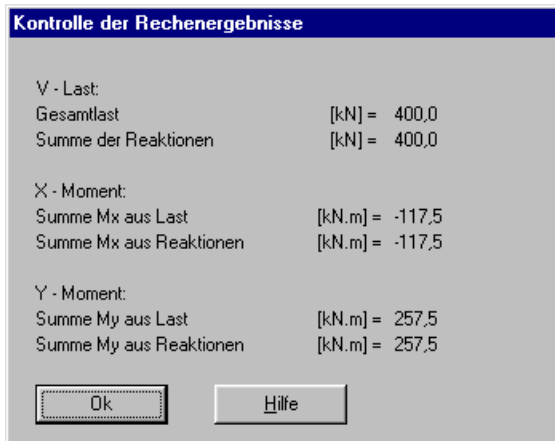


Bild 4-29 Menü "Kontrolle der Rechenergebnisse"

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* durch Klicken auf "Graphik" in der Menüleiste der Unterprogramme oben rechts im *ELPLA-Berechnung*-Fenster. Das Fenster des Programms *ELPLA-Graphik* erscheint (Bild 4-30). *ELPLA-Graphik* öffnet automatisch die Datendatei des gegenwärtigen Beispiels und zeigt den Datendateinamen an der Fenstertitelleiste des Programms *ELPLA-Graphik*.

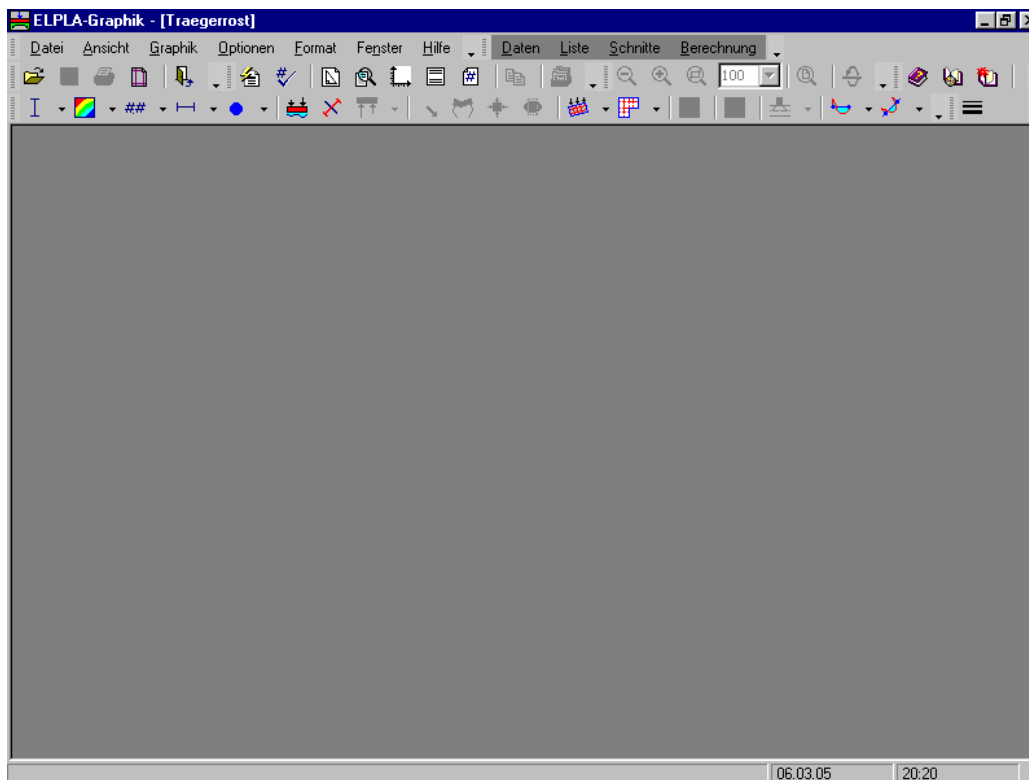


Bild 4-30 Oberfläche des Unterprogramms *ELPLA-Graphik*

Um die Ergebnisse der Stäbe zu zeichnen

- Wählen Sie "Stäbe" und dann "Isometrische Darstellung von Schnittgrößen" aus dem "Graphik"-Menü von *ELPLA-Graphik*. Das folgende Optionsfeld im Bild 4-31 erscheint

In diesem Optionsfeld

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

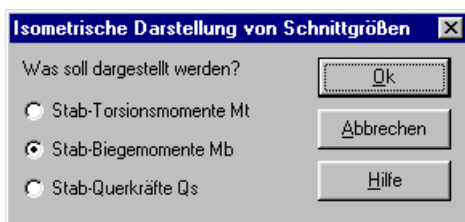


Bild 4-31 Optionsfeld "Isometrische Darstellung von Schnittgrößen"

Die Momente der Stäbe werden jetzt angezeigt (Bild 4-32).

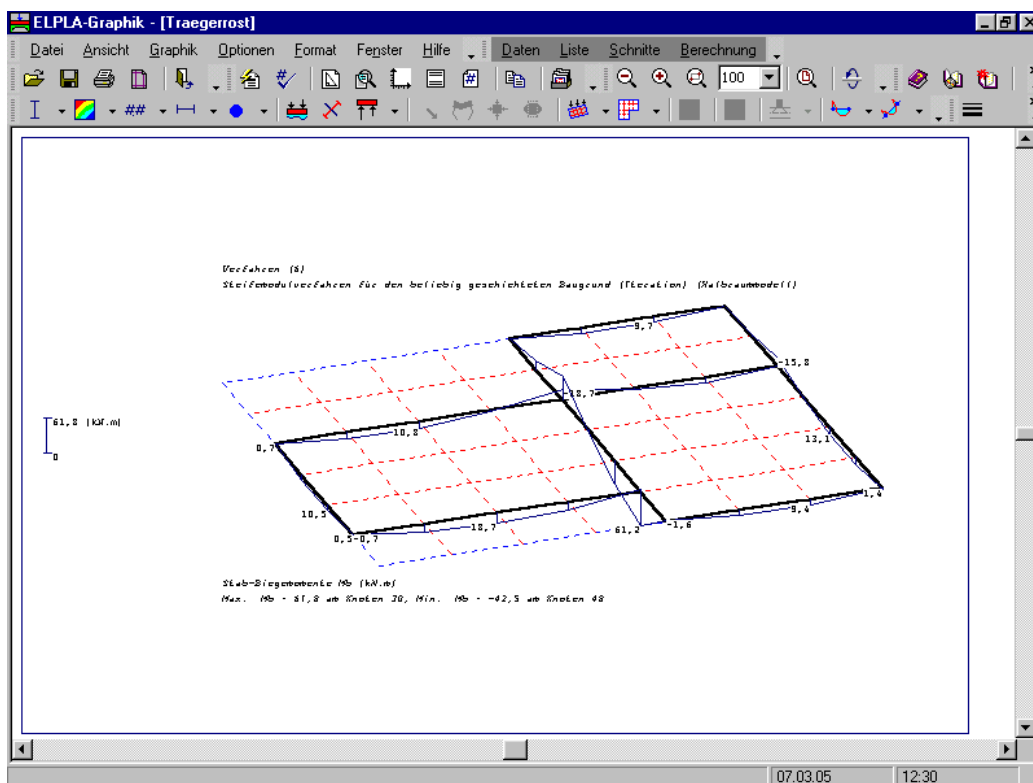


Bild 4-32 Stab-Biegemomente M_b

5 Stichwortverzeichnis

A

Auflager3, 5, 13, 14
 Auftragsdaten.....6

B

Berechnung3, 4, 20, 21

E

Elastizitätsmodul3

G

Generierungstyp.....7, 8

L

Lastdaten..... 18, 20

M

Material3

N

Netzdaten.....7

Q

Querschnittsdefinition 10

R

Randbedingungen..... 5, 13, 14, 16
 Rasterdefinition 8
 Rechengenauigkeit 21

S

Schubmodul..... 3
 Stäbe 9, 14, 18
 Stabelemente 12
 Stabgruppen 11
 Symmetrie 4

T

Trägerrost..... 3, 13, 18

Z

Zeichnungsparameter 14, 15