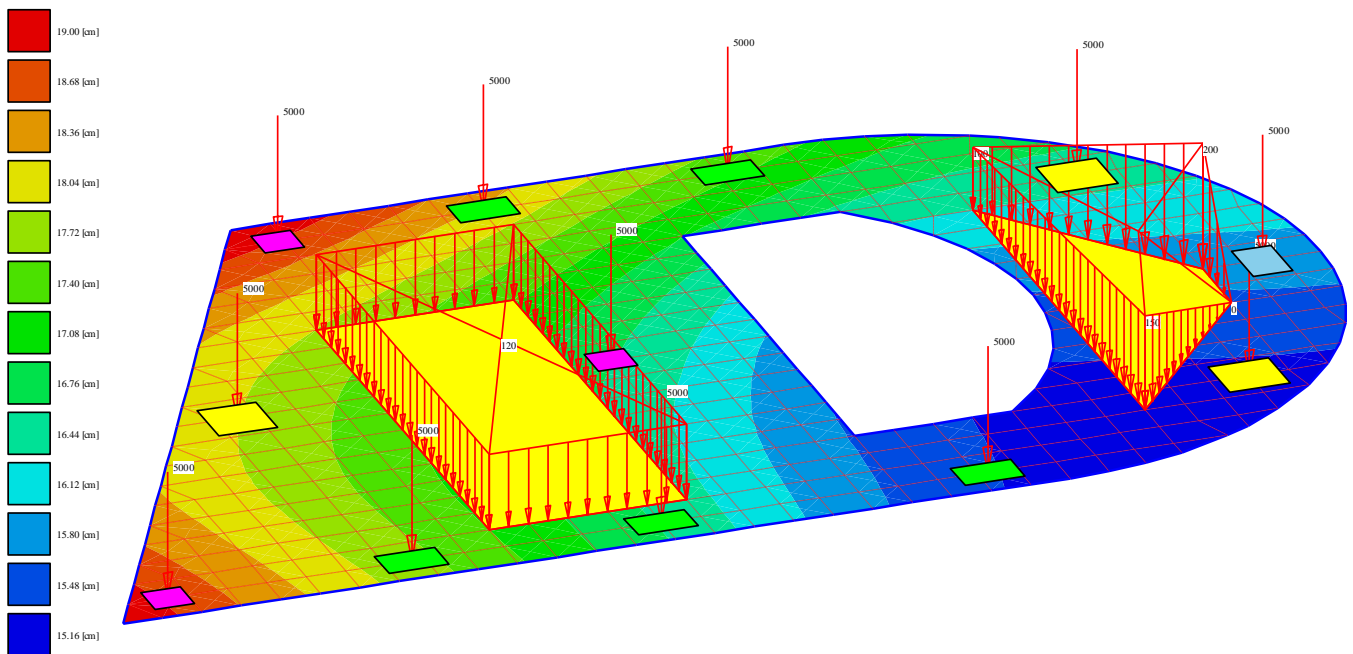
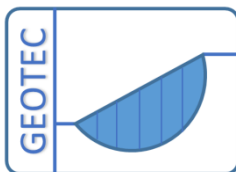


Berechnung und Bemessung mit dem Programm ELPLA

Beschreibung von dem Programm *ELPLA*



Programmautoren: *M. El Gendy*
A. El Gendy



Copyright ©
GEOTEC Software Inc.
PO Box 14001 Richmond Road PO, Calgary AB, Canada T3E 7Y7
Tele.: +1(587) 332-3323

www.geotecsoftware.com

geotec@geotecsoftware.com

2022

Content	Page
1 Preface.....	4
2 Beschreibung von dem Programm ELPLA	5
3 Leistungsmerkmale.....	7
4 Berechnungsverfahren.....	8
4.1 Berechnung einer Gründungsplatte.....	10
4.2 Berechnung einer Deckenplatte	11
4.3 Berechnung einer kombinierten Pfahl-Plattengründung.....	12
4.4 Berechnung einer Trägerrostes	13
4.5 Berechnung von Systemen mehrerer Gründungsplatten.....	13
4.6 Berechnung ebener Spannung.....	14
4.7 Berechnung ebenes Stabtragwerks.....	16
4.8 Dynamische Berechnung von Bauwerken	17
4.9 Koordinatensysteme.....	18
4.10 Elementlasten	19
4.11 Systemsymmetrie	20
4.12 Optionen.....	22
5 Bodenmodelle	23
5.1 Ermittlung der Bettungsmoduli.....	24
5.2 Einfache Annahmemodell.....	24
5.3 <i>Winkler-Modell</i>	25
5.4 Elastische isotrope Halbraummodell	26
5.5 Geschichtete Baugrundmodell	28
6 Pfahl-Plattengründungen	30
6.1 Einfache Annahmemodell.....	33
6.2 <i>Winkler-Modell</i>	34
6.3 Kontinuum-Modell.....	35
6.3.1 Nichtlineare Berechnung unter Verwendung eines hyperbolischen Funktionsmodells 35	
6.3.2 Nichtlinearen Berechnung nach deutscher Norm DIN-4014	36
6.3.3 Nichtlinearen Berechnung nach deutschen Empfehlungen EA-Pfähle.....	36
6.3.4 Nichtlineare Berechnung unter Verwendung einer gegebenen Last-Setzungskurve ³⁷	
7 Geometrie und Lastdaten.....	40
8 Auflagerbedingungen.....	42
9 Baugrund	43

10	Bemessung der Platten.....	46
11	Graphische Darstellungen der Daten und Ergebnisse.....	48
12	Darstellung der Schnitte.....	55
13	Tabellierung der Daten und Endergebnisse	58
14	View multiple projects together in a single view	60
15	Kombination von mehrer Projekte in Diagrammen.....	61
16	Projektelemente nach BIM exportieren.....	62
17	Tipps und Tricks	63
18	Typische Anwendungsgebiete	65
19	Literaturverzeichnis.....	66

1 Preface

GEOTEC and Prof. Dr.-Ing. Manfred Kany the founder of Numerical Analysis in Geotechnical Engineering and the father of Elastic Foundations



Prof. Dr.-Ing. Manfred Kany and Prof. M. El Gendy celebrated the first release of ELPLA at Zirndorf, Germany in 1994

In 1961, the Geotechnical Institute LGA Nuremberg in Germany was the first institute to propose the use of computers for settlement calculations. For this purpose, a computer program for a ZUSE Z-23 computer was developed and presented at the German Geotechnical Conference in Berlin in 1964. At that time, Prof. Kany, who was the head of the Geotechnical Institute LGA Nuremberg since 1955, developed computer programs for Geotechnical problems during his lifetime in LGA.

He was the first researcher in Germany who dealt with electronic calculations, with the collaboration of his friend Prof. Konrad Zuse - the inventor of the computer "Zuse 4". The computer accompanied the entire career of Prof. Kany until shortly before his death in 2011. He is considered the founder of Numerical Analysis in Geotechnical Engineering. After retirement in 1987, Prof Kany established his firm, GEOTEC and developed the series of GEOTEC programs.

In 1994, Prof. Mohamed El Gendy finished his Ph.D. under the supervision of Prof. Kany. Based on his Ph.D. research, Prof. El Gendy further developed the program ELPLA, which was initially developed by Prof. Kany for analyzing rafts by the Modulus of Compressibility method. Subsequently, Dr. Amin El Gendy joined the team during the development of the GEOTEC Office suite. Prof. Kany is considered the father of elastic foundations, while Prof. El Gendy is deemed his successor and the son of the father of elastic foundations.

GEOTEC SOFTWARE INC.

In 2014, GEOTEC Software Inc. was re-incorporated in Canada to continue developing GEOTEC Office suite.

2 Beschreibung von dem Programm *ELPLA*

Mit dem Programm *ELPLA* (*ELASTISCHE PLATTE*) können Plattengründungen und Pfahl-Plattengründungen mit beliebigem Grundriss, unterschiedlicher Dicke und Gründungstiefe auf in vertikaler und horizontaler Richtung ungleichmäßigem, auch mehrfach geschichtetem Baugrund mit bilinearem Last-Verformungsverhalten nach der Methode der Finiten Elemente berechnet werden.

Drei bekannte Baugrundmodelle zur Berechnung von Plattengründungen und Pfahl-Plattengründungen (Standardmodelle) werden berücksichtigt. Die Baugrundmodelle sind Einfaches Annahme-Modell (Spannungstrapezverfahren), Winkler-Modell (Bettungsmodulverfahren) und Kontinuum-Modell (Steifemodulverfahren).

Plattengründungen und Pfahl-Plattengründungen können mit den der Wirklichkeit am nächsten kommenden Baugrundmodellen dargestellt werden. Man kann mit den weitgehend gleichen Ausgangsdaten verschiedene Typen von Baugrundmodellen anwenden. Es ist auch möglich, beim dreidimensionalen Kontinuum-Modell unregelmäßige Schichtenverläufe zu berücksichtigen.

In der Berechnung werden die Platten als elastisch oder starr behandelt. In diesem Programm wird die Finite Element-Methode verwendet, um Platten zu berechnen.

ELPLA kann auch verwendet werden für:

- Stellen Sie die Wirkung von äußeren Lasten, benachbarten Fundamenten, Tunnelbau und den Einfluss der Temperaturdifferenz auf die Platte dar.
- Berechnung einer Deckenplatte, ebenes Stabtragwerks, ebener Spannung, eines Trägerrostes, von Systemen mehrerer Gründungsplatten, eines Balken oder eines Trägerrostes auf elastischem Baugrund, einer Rotationsschale, achsensymmetrischer Spannung.
- Bemessung der Sohlplatte, Pfahl-Platten und Deckenplatten nach ACI, EC 2, DIN 1045, und ECP.
- Dynamische Berechnung von Strukturen.
- Ermittlung von Spannungen, Dehnungen und Verschiebungen im Boden.

ELPLA ist ein grafisches Softwareprodukt, das unter Microsoft Windows läuft. Das übliche "Was Sie sehen ist, was Sie bekommen" von Windows-Anwendungen macht es leicht zu lernen, wie *ELPLA* zu verwenden, besonders wenn Sie bereits mit der Windows-Umgebung vertraut sind.

Die Verwendung des Programms ist in der Regel so, dass erste Datendateien erstellt werden, die ein bestimmtes Problem auf der Registerkarte Daten beschreiben. Anschließend wird das Projektproblem mit Hilfe der Registerkarte Berechnung analysiert. Schließlich können die Ergebnisse als grafische Zeichnungen, Grafiken und Tabellen dargestellt werden, indem die sechs separaten Befehlsgruppen Daten, Ergebnisse, Baugrunddaten, Bohrprofil, Schnitte und Liste in der Registerkarte Ergebnisse verwendet werden.

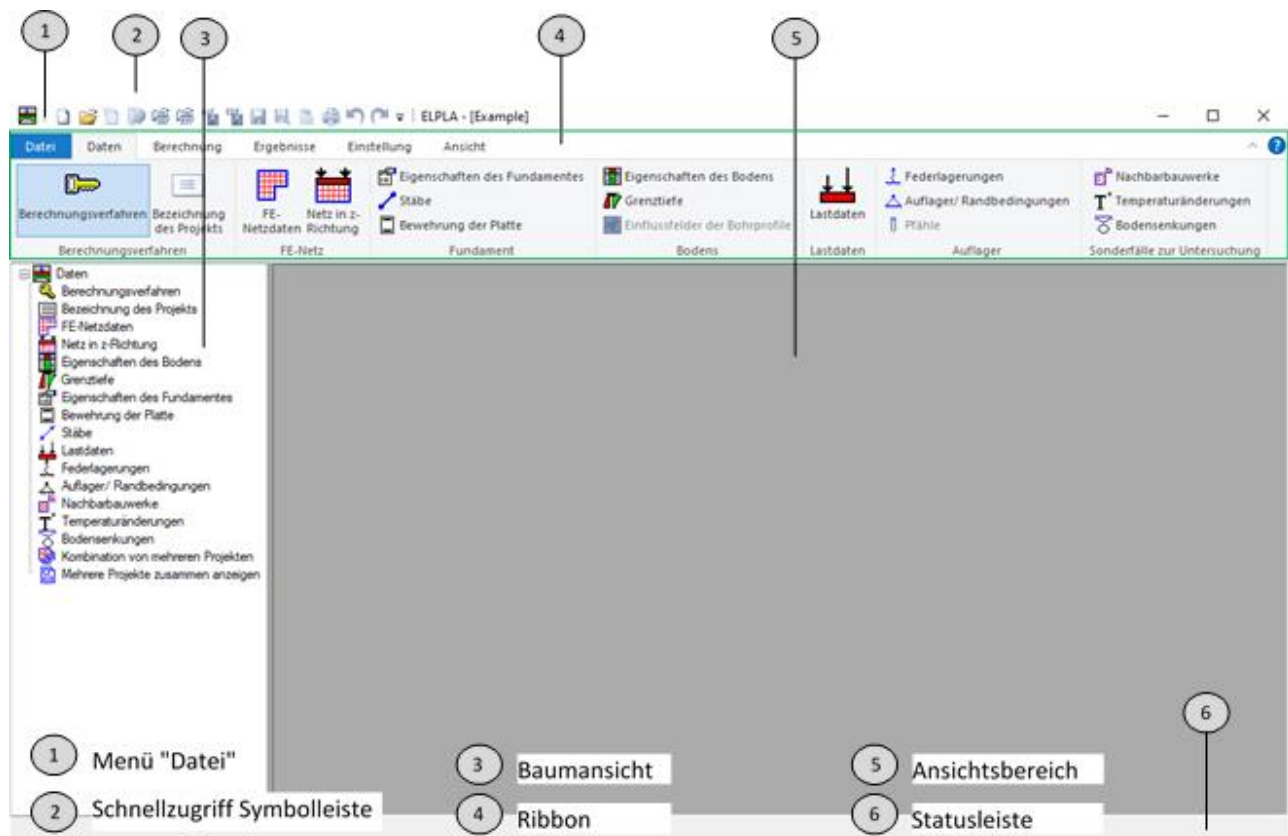


Bild 1 Startbildschirm des Programms ELPLA

3 Leistungsmerkmale

- Benutzeroberfläche und Hilfesystem sind in 3 Sprachen verfügbar: Englisch, Deutsch und Arabisch
- Berechnung einer elastischen oder starren Kombinierten Pfahl-Plattengründung
- Berechnungsmodell zu dem Baugrund/ Bauwerk-Wechselwirkung ist unter 9 Berechnungsverfahren
- Bemessung der Sohlplatte nach ACI, EC 2, DIN 1045 und ECP
- Generierung des FE-Netzes der Platte mit verschiedenen Elementtypen
- Eine automatische Generierung des FE-Netzes der Sohlplatte
- Glätten des FE-Netzes
- Randelemente einrichten
- Verfeinerung des FE-Netzes
- Verbinden von zwei oder mehr Netzen
- Aufteilen des FE-Netzes in zwei oder mehr Netze
- Leistungsfähiger Netzgenerator (u.a. für die Generierung von Quadrat-, Rechteck-, Kreis-, Kreisringplatten)
- Stabelemente zur Modellierung von steifen Mauern auf der Sohlplatte
- An Knoten können Senkfedersteifigkeiten und Drehfedersteifigkeiten für die Platte eingeführt werden
- Es können feste oder vorgegebene Verschiebungen und Verdrehungen berücksichtigt werden.
- Berechnung der Sohldrücke, Setzungen, Schnittgrößen, Bettungsmoduli, Bewehrung und Pfahllasten
- Knotenkoordinaten und Begrenzungsknoten des FE-Netzes aus Tabelle über MS Excel importierbar
- Beliebiger Plattengrundriss mit Aussparungen, Ecken und Löchern
- Unterschiedliche Plattendicke und Gründungstiefe auf in vertikaler und horizontaler Richtung
- Berücksichtigung der Abminderungsbeiwerte α nach DIN 4019 Teil 1
- Einzellasten, Linienlasten, Flächenlasten und Momente an beliebiger Stelle unabhängig vom Elementnetz
- Polygonlast mit variablen Ordinaten und Linienmoment
- Baugrund mit bilinearem Last-Verformungsverhalten
- Der Baugrund wird durch ein oder mehrere Bohrprofile definiert
- Bohrprofile bei beliebig geschichtetem Baugrund
- Berücksichtigung der Variation des Baugrundes in den drei Richtungen nach drei Verfahren
- Darstellung der Bohrprofile mit den Bezeichnungen, Symbolen und Farben nach DIN 4023
- Berücksichtigung der Grundwassereinflüsse und Erfassung der Vorbelastung
- Farbdarstellung der Abmessungen, Grundrisse und Ergebnisse auf dem Bildschirm oder Drucker
- Darstellung der Ergebnisse als Ergebniswerte im Grundriss, Isolinien, Kreisdiagramme
- Isometrische Darstellungen der Ergebnisse
- Aufzeichnung des Verlaufes der Ergebnisse im Grundriss
- Darstellung der Verformungen mit deformiertem Elementnetz
- Strichdarstellung der Hauptmomente
- Zeichnungsschnitte der Ergebnisse aus mehreren Berechnungsverfahren in einem Bild
- Daten und Ergebnisse von mehreren Projekten können zusammen dargestellt werden
- Tabellierung der Daten und Endergebnisse auf dem Bildschirm oder Drucker
- Ergebnisse können in einer ASCII-Datei abgespeichert werden
- Die Darstellungen können wahlweise als WMF-Datei ausgegeben werden
- Es gibt im Benutzerhandbuch ausführliche Erläuterungen mit Berechnungsbeispielen

- Zur Datenabfrage können kurze Hilfe-Informationen angefordert werden
- Exportieren der Ergebnisse als Tabellen und Diagrammen nach MS Excel
- Exportieren der Daten und Ergebnisse nach MS Word
- Eine Gruppe von Daten mit Ergebnissen zusammen in einer Darstellung
- Kopieren von Zeichnungen in die Zwischenablage zur Übernahme in den Textverarbeitungsprogrammen
- Berechnung von Systemen mehrerer Gründungsplatten oder Pfahl-Plattengründungen in einem Netz
- Berechnung einer starren Pfahlgruppe oder schlaffen Platte auf starrer Pfahlgruppe
- Berechnung einer Deckenplatte, ebenes Stabtragwerks, ebener Spannung und eines Trägerrostes
- Berechnung von Systemen mehrerer Gründungsplatten
- Berechnung einer Rotationsschale und achsensymmetrischer Spannung
- Berechnung von zylindrischen Tanks
- Berechnung eines Balken oder eines Trägerrostes auf elastischem Baugrund
- Dynamische Berechnung von Strukturen
- Ermittlung von Spannungen, Dehnungen und Verschiebungen im Boden
- Bezüge aus einer DXF-Datei in *ELPLA* importieren
- Erstellen einer DXF-Datei aus dem Finite-Elemente-Netz oder einer beliebigen Grafik im FE-Net-Modus
- Erstellen einer 3DFACE-Datei aus dem Finite-Elemente-Netz rechteckiger Elemente
- Reduzierung von Rechenzeit und Computerspeicher durch Nutzung der Systemsymmetrie

4 Berechnungsverfahren

ELPLA kann verwendet werden, um Gründungsplatten /Pfahl-Gründungsplatten oder andere strukturelle Probleme wie Deckenplatten, Trägerrost, ebene Stabtragwerke, ebene Spannung, ein System mehrerer

Gründungsplatten, Rotationsschalen, achsensymmetrische Spannung und achsensymmetrische Strukturen zu berechnen (Bild 2)

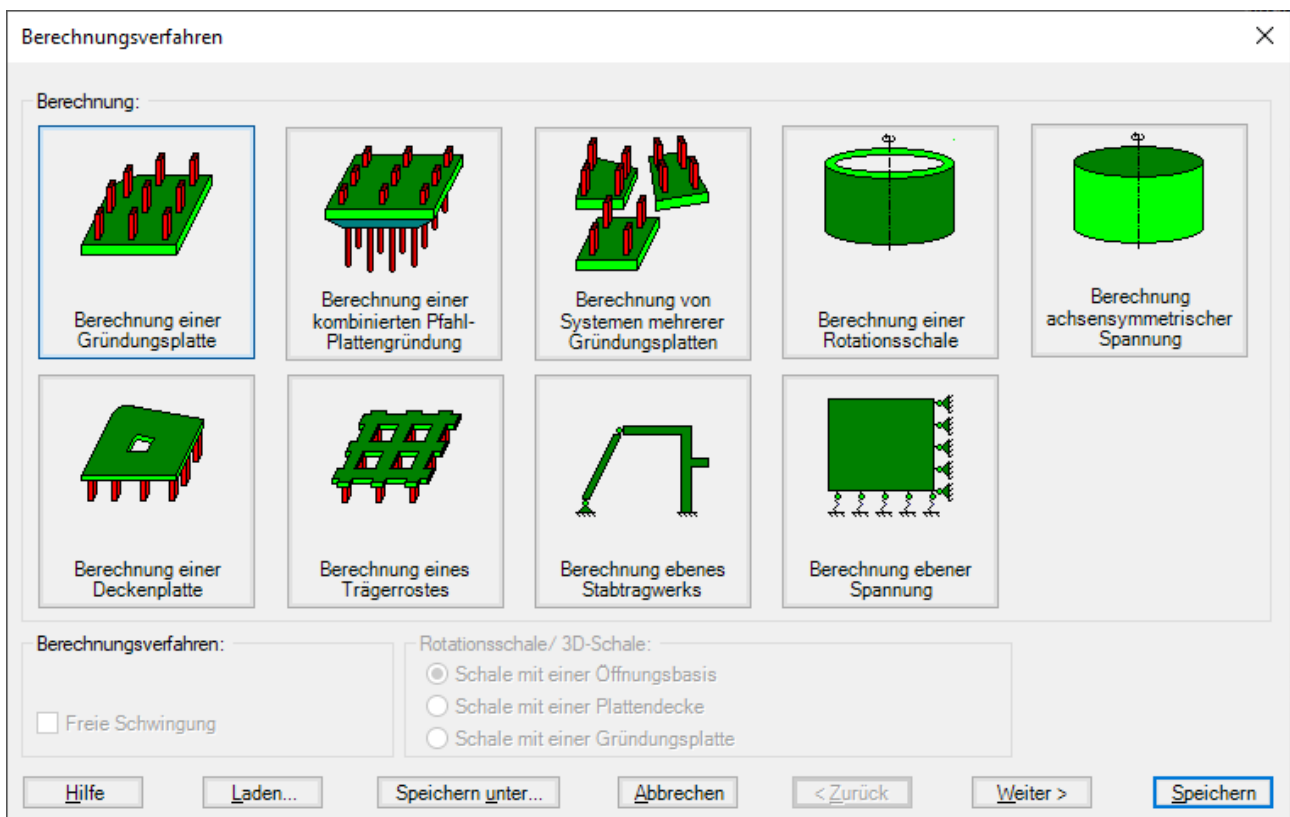


Bild 2 Berechnungsverfahren

4.1 Berechnung einer Gründungsplatte

Die Berechnung einer Gründungsplatte ist in *ELPLA* verfügbar (Bild 3 und Bild 4).

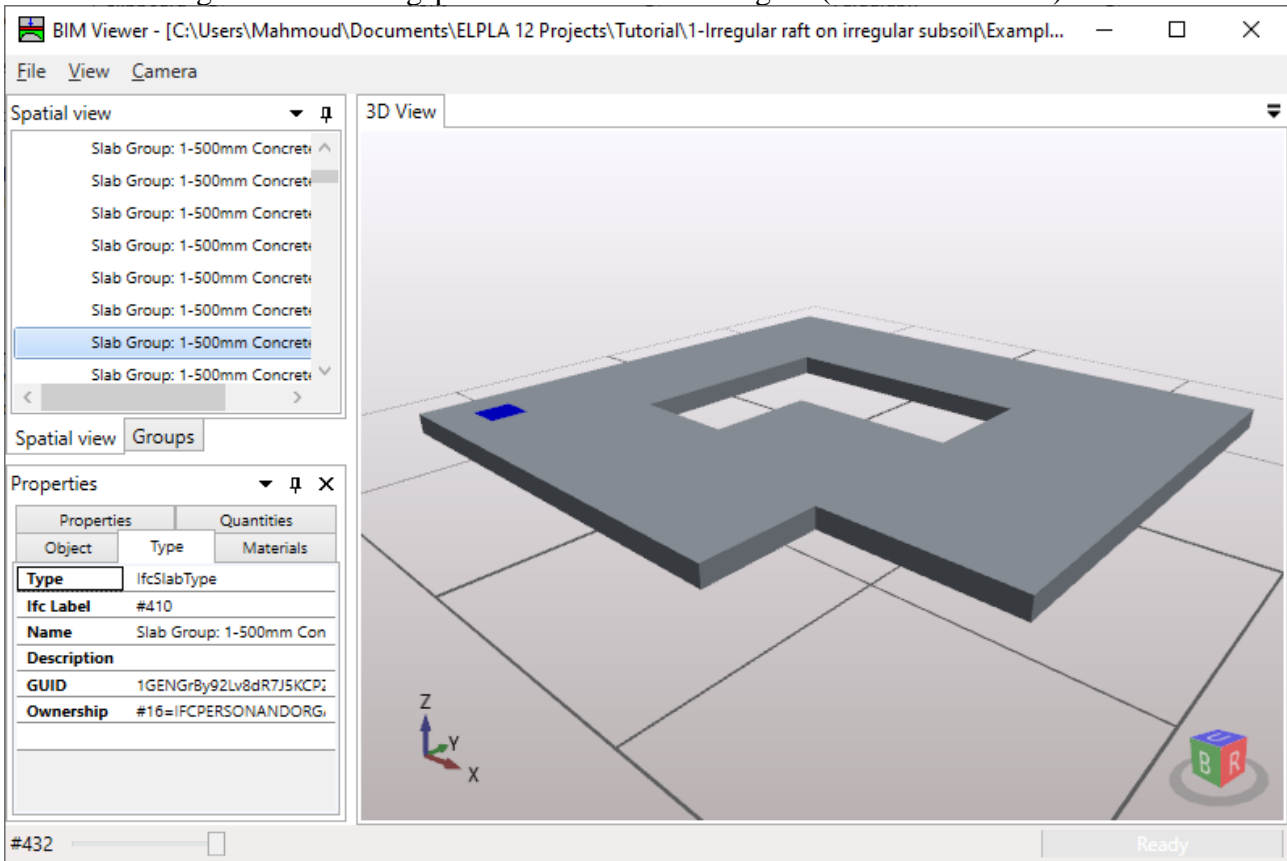


Bild 3 "Berechnung einer Gründungsplatte"

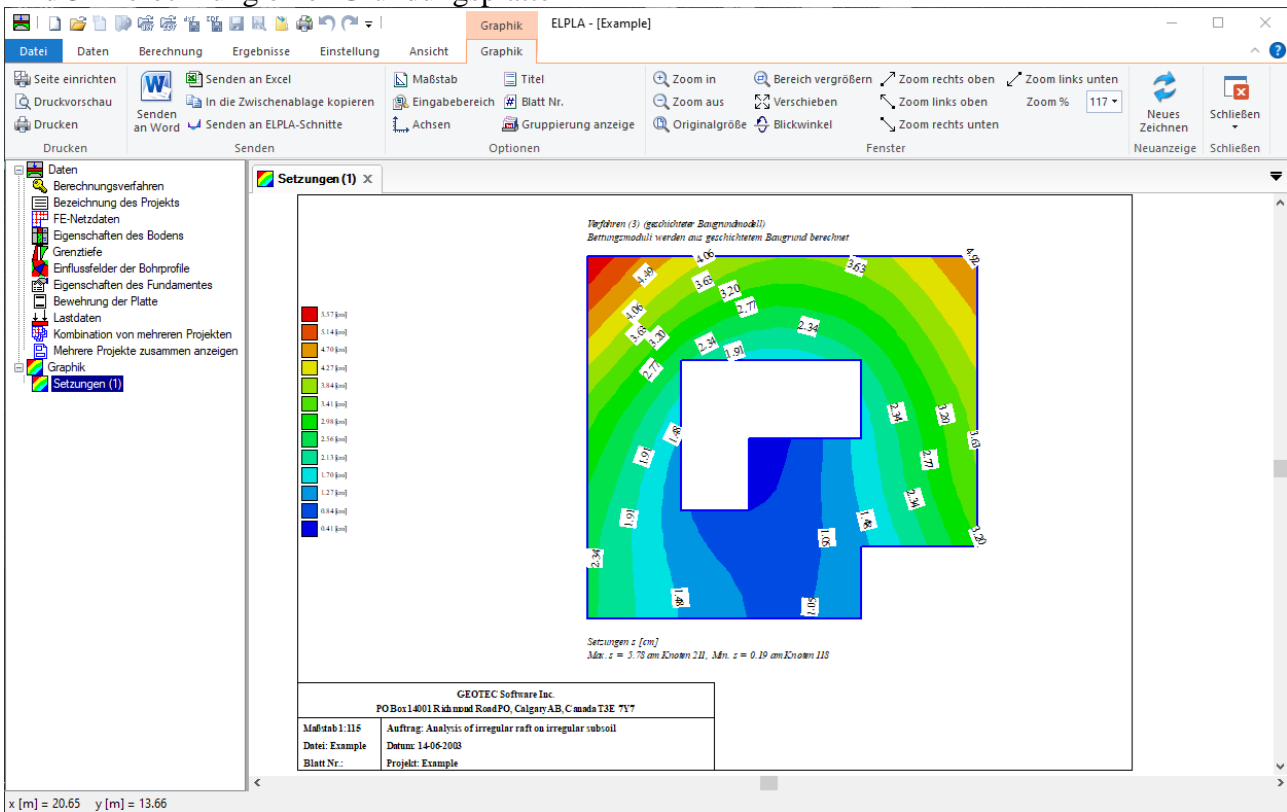


Bild 4 "Berechnung einer Gründungsplatte" Setzungen

4.2 Berechnung einer Deckenplatte

Die Berechnung einer Deckenplatte ist in *ELPLA* verfügbar (Bild 5 und Bild 6).

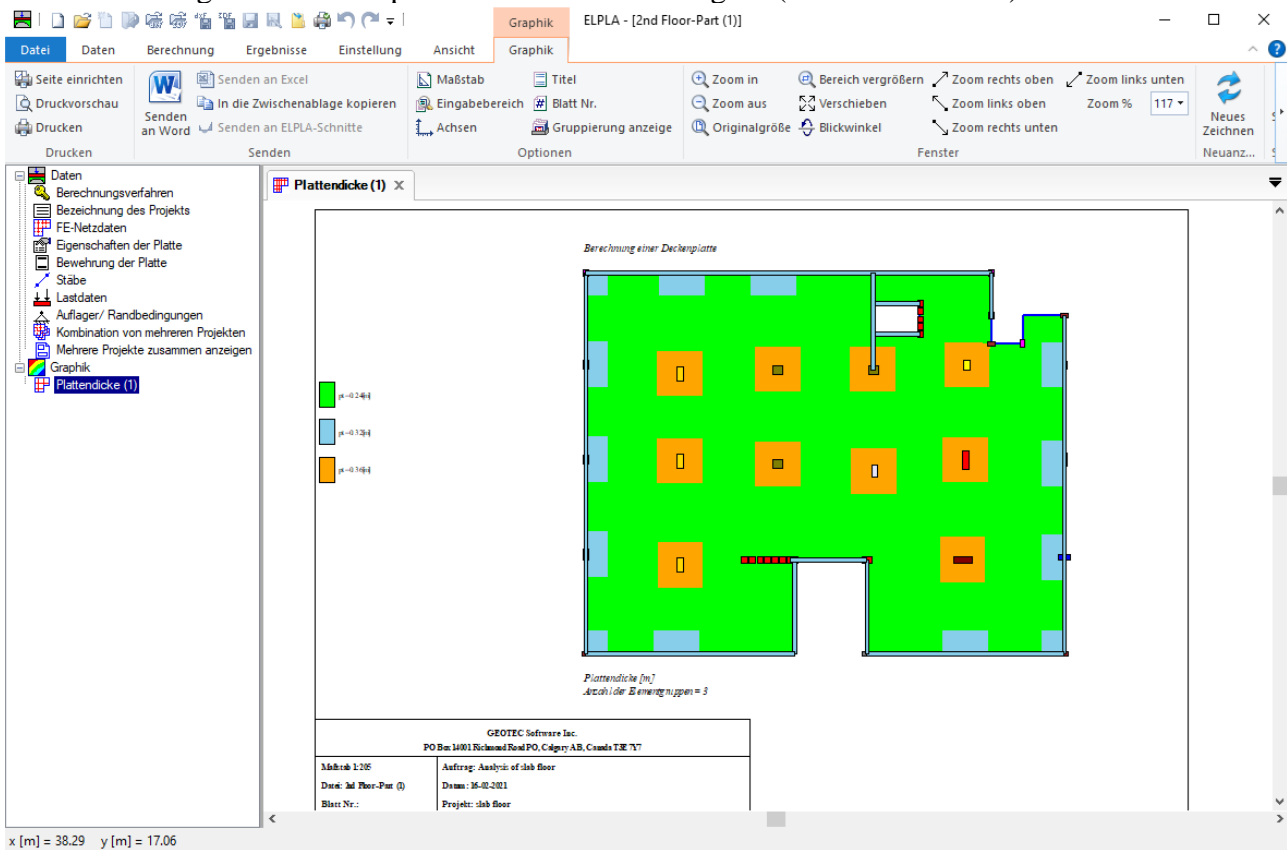


Bild 5 "Berechnung einer Deckenplatte" Plattendicke

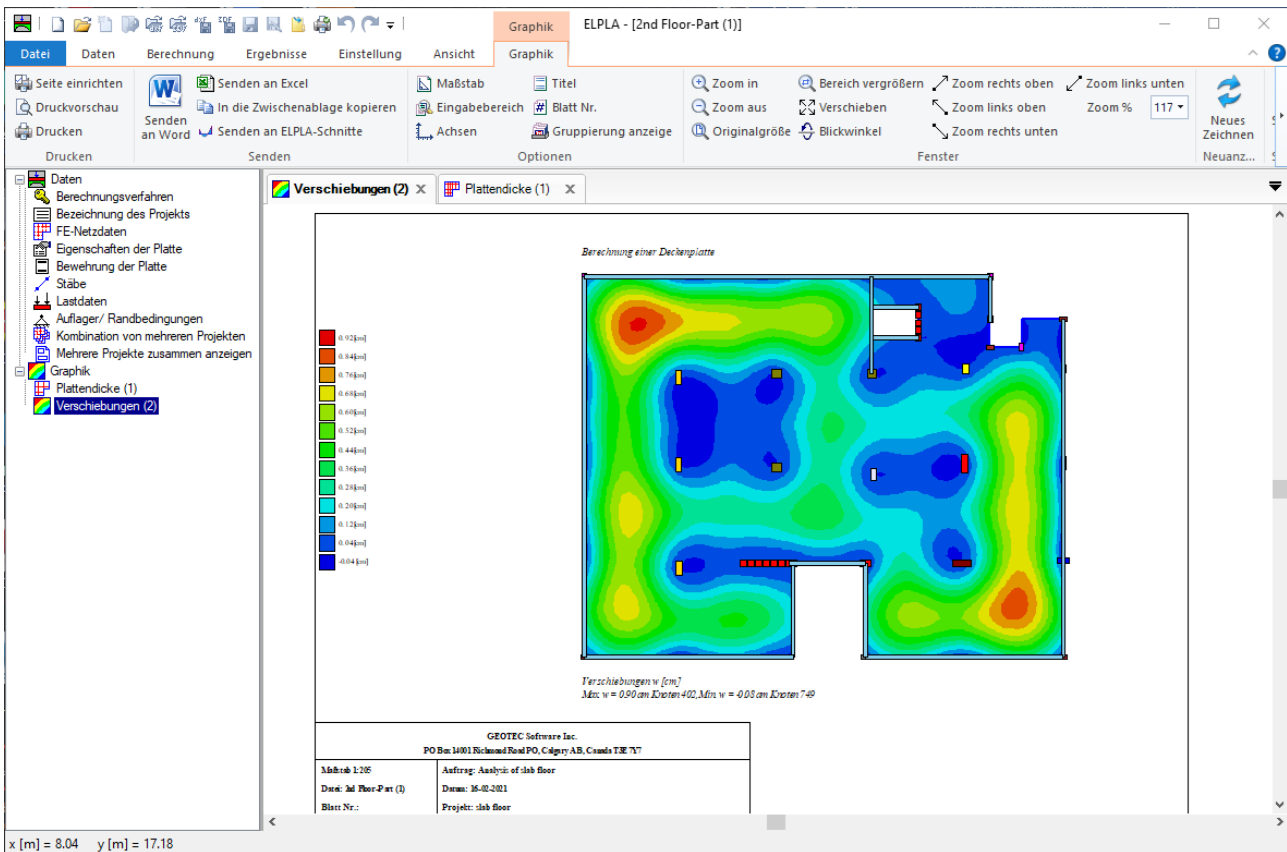


Bild 6 "Berechnung einer Deckenplatte" Setzungen

4.3 Berechnung einer kombinierten Pfahl-Plattengründung

Die Berechnung einer kombinierten Pfahl-Plattengründung ist in *ELPLA* verfügbar (Bild 7 und Bild 8).

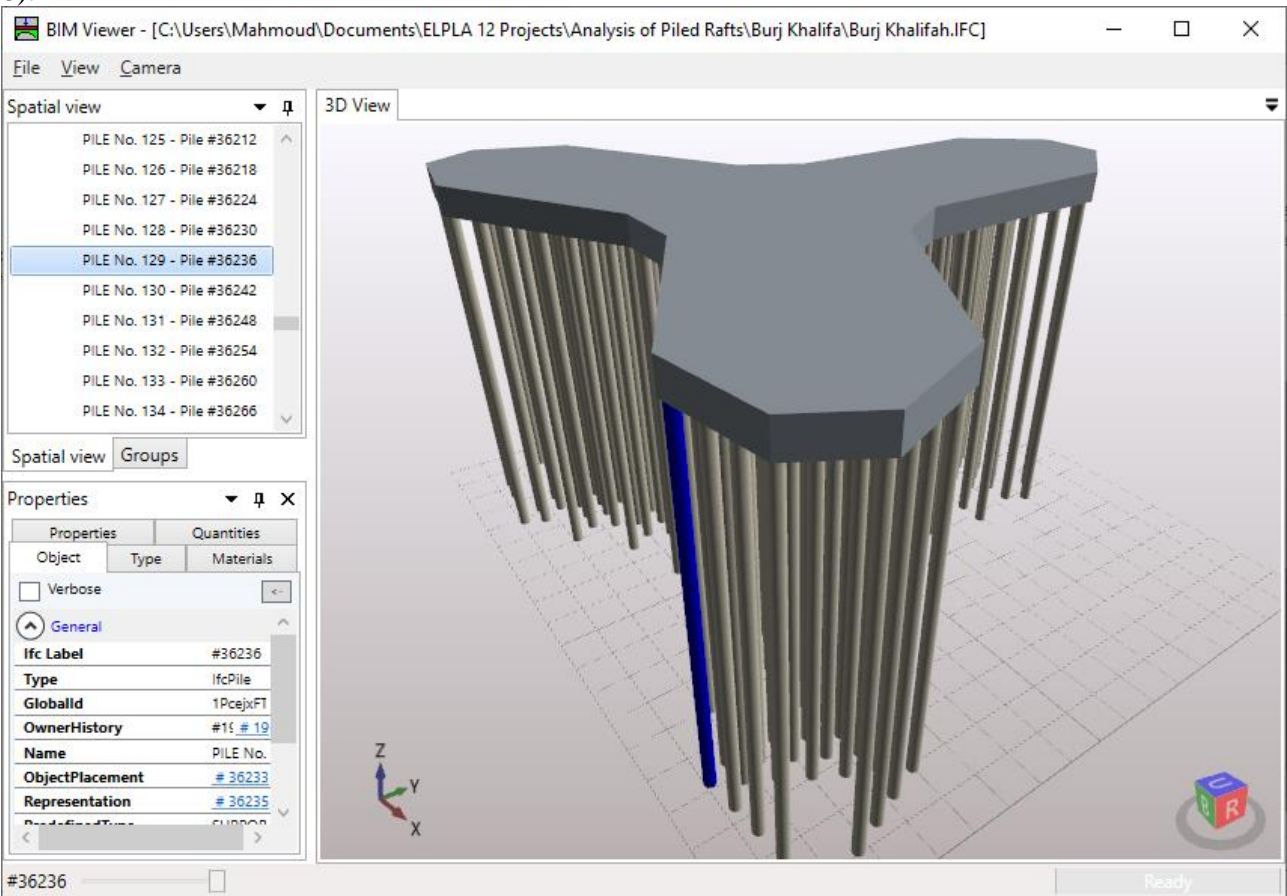
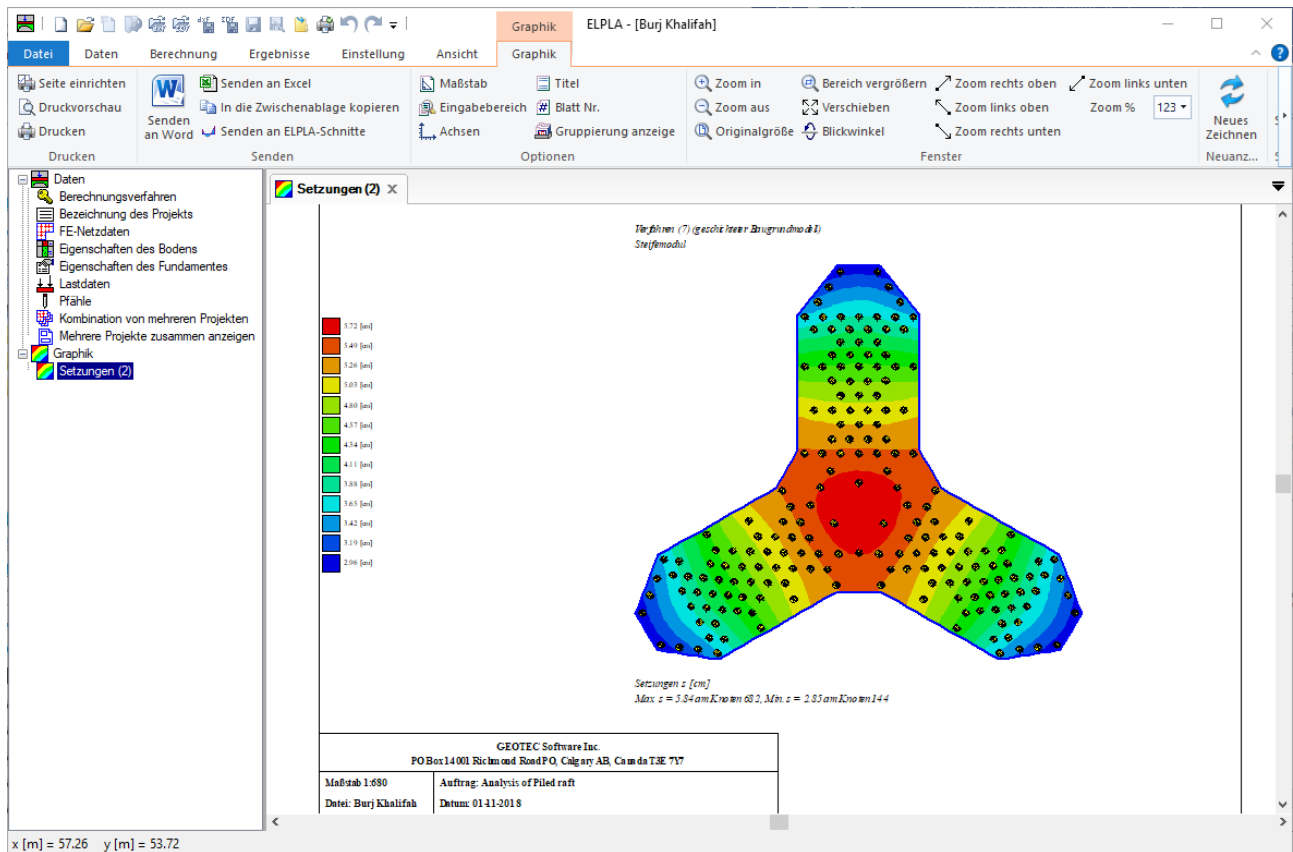


Bild 7 "Berechnung der Burj Khalifah kombinierten Pfahl-Plattengründung"



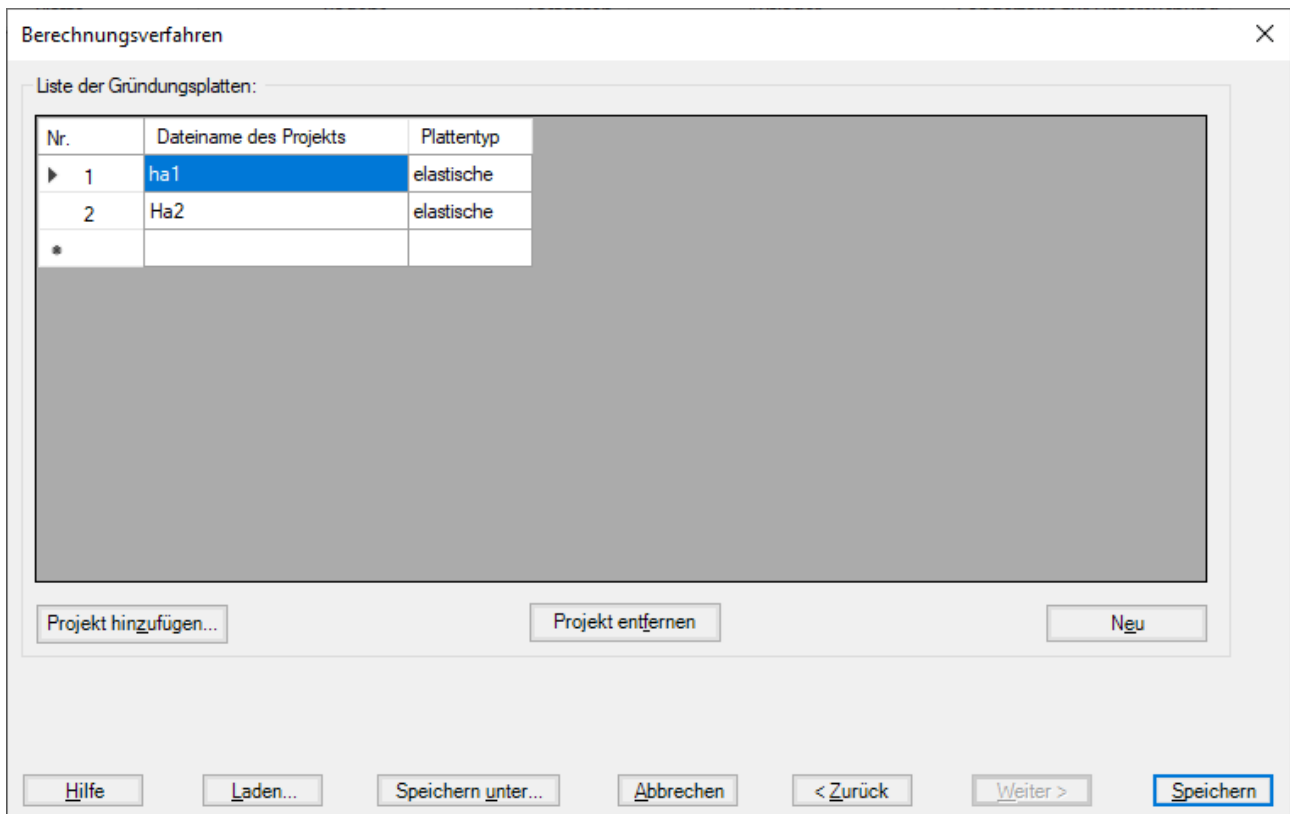


Bild 10 Listenfeld "Berechnung von Systemen mehrerer Gründungsplatten"

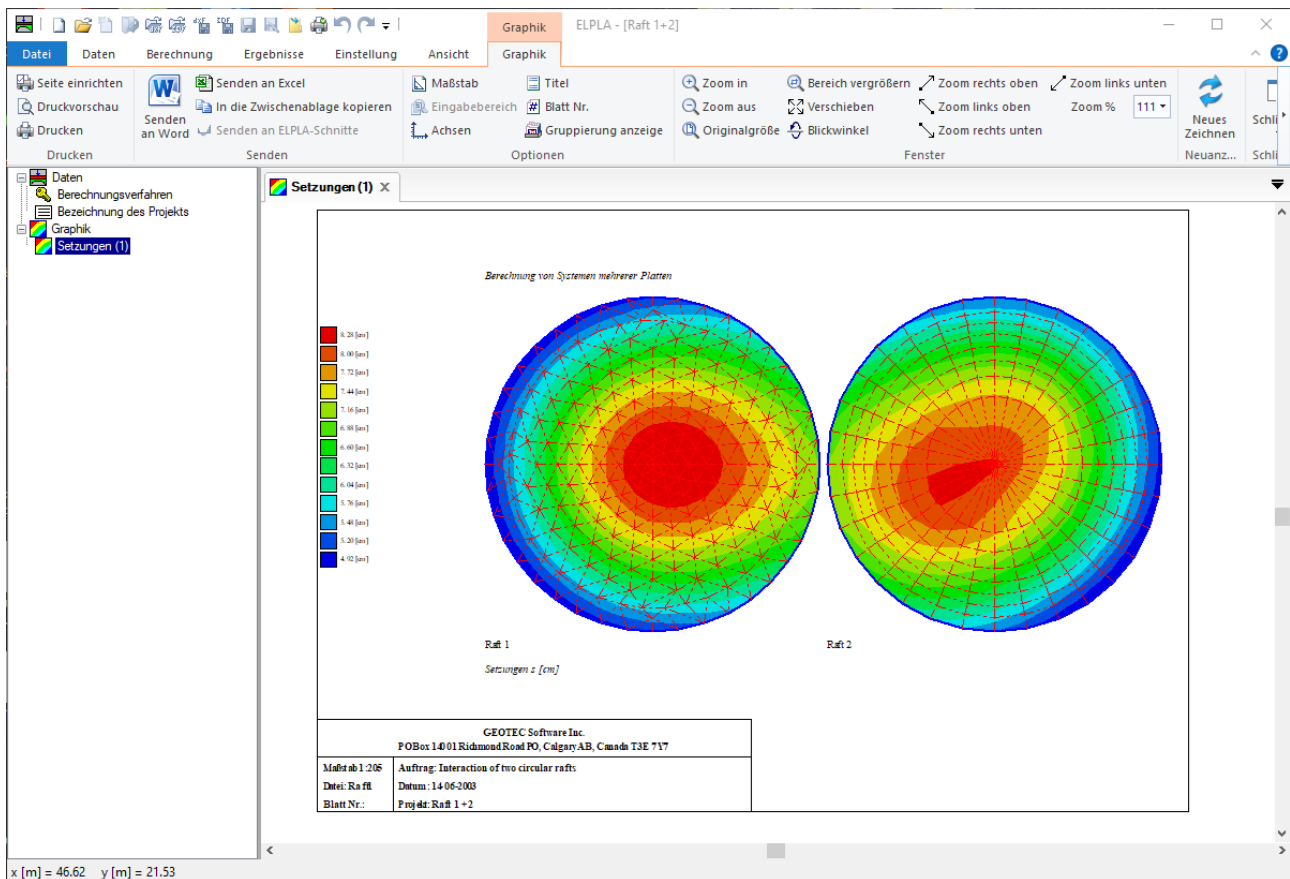


Bild 11 "Berechnung von Systemen mehrerer Gründungsplatten"

4.6 Berechnung ebener Spannung

Eine der Berechnungsverfahren, die in ELPLA verfügbar ist, ist die Ebene-Spannungsanalyse. (Bild 12).

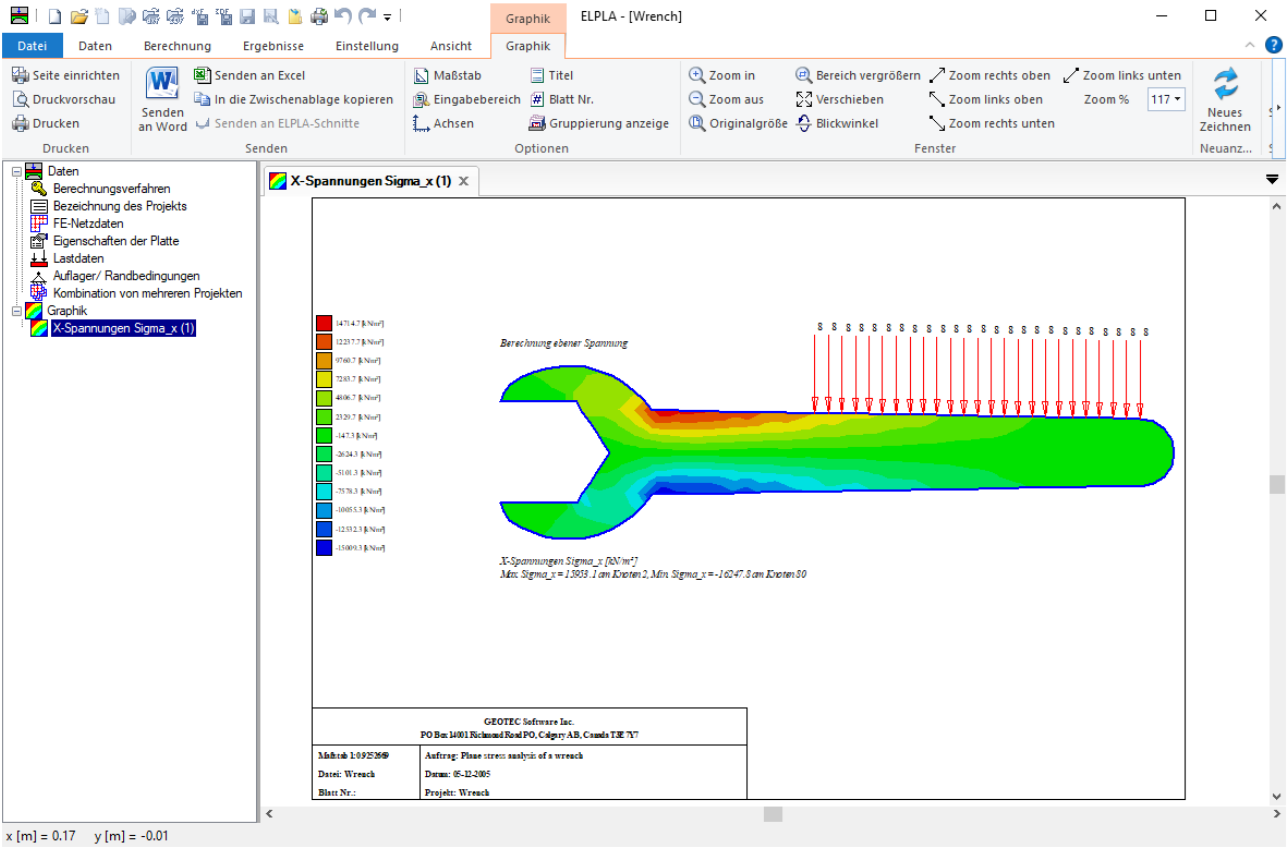


Bild 12 Berechnung ebener Spannung

4.7 Berechnung ebenes Stabtragwerks

Die Berechnung von zweidimensionalen Rahmenproblemen ist auch in ELPLA verfügbar (Bild 13).

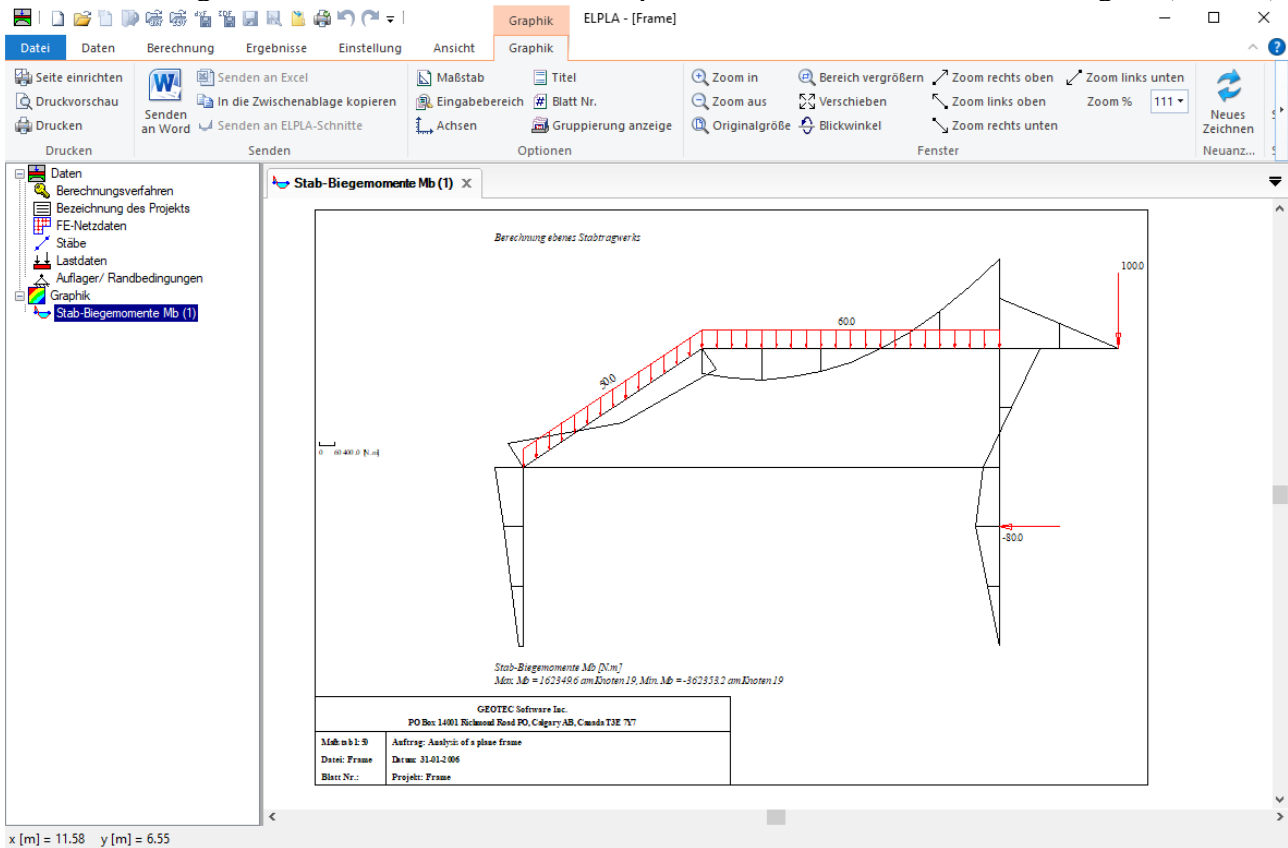


Bild 13 Berechnung ebenes Stabtragwerks

4.8 Dynamische Berechnung von Bauwerken

Es ist möglich, Eigenmoden und Eigenvektoren aufgrund freier Schwingung für die folgenden Bauwerke zu berechnen:

1. Balken
2. Fachwerke
3. Trägerroste
4. Stabtragwerke
5. Wandscheiben
6. Deckenplatten
7. Axisymmetrische Körper

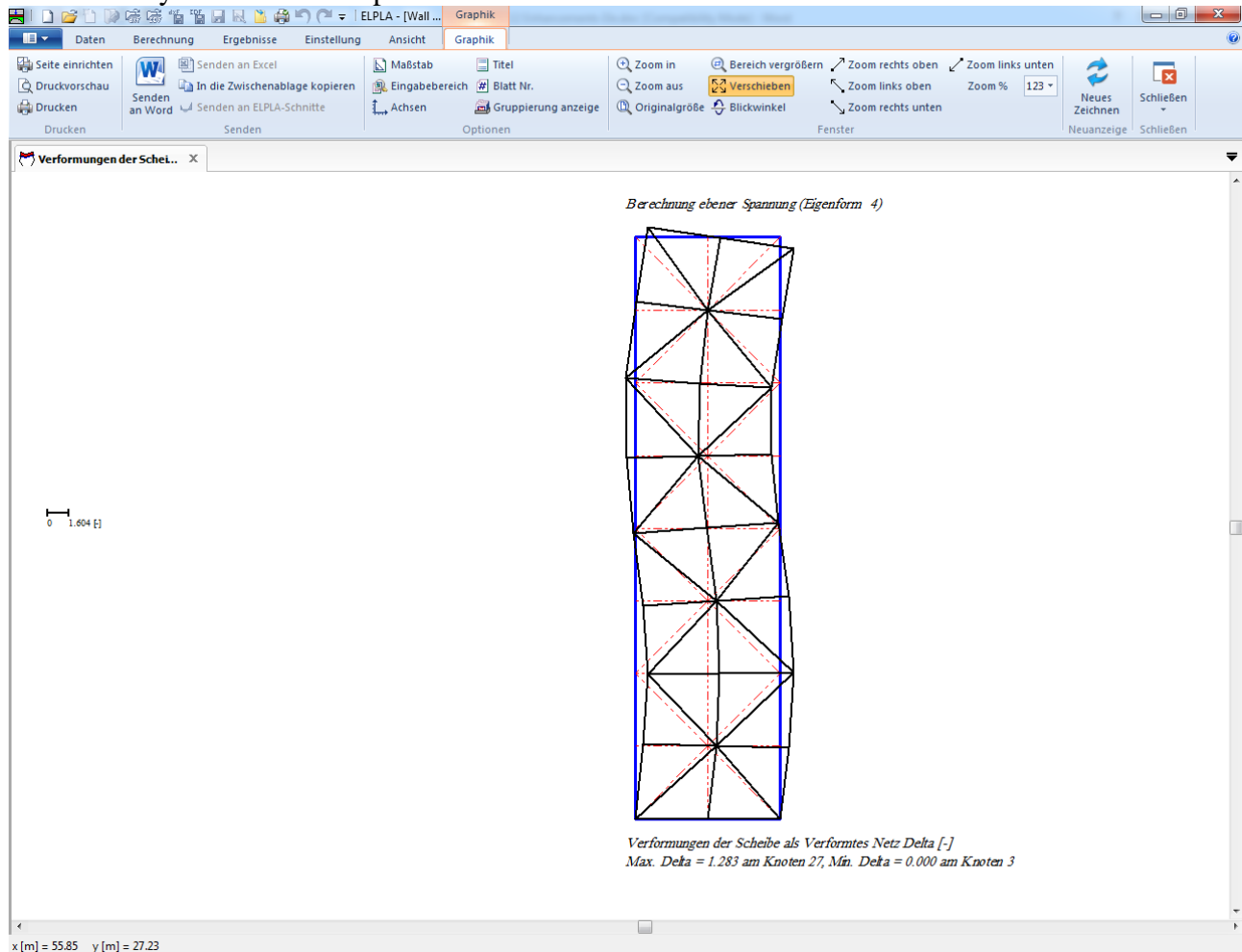


Bild 14 Dynamische Berechnung von Wandscheiben

4.9 Koordinatensysteme

Es gibt zwei verschiedene Koordinatensysteme für zweidimensionale Rahmenprobleme: globales Koordinatensystem und lokales Koordinatensystem (Bild 15). Jedes dieser Koordinatensysteme wird verwendet, um bestimmte Daten wie den Standort von Knoten oder der Richtung von Lasten, Verschiebungen, Schnittgrößen und Reaktionen zu beschreiben. Das Verständnis dieser verschiedenen Koordinatensysteme ist für den Benutzer wichtig, um das Problem richtig zu definieren.

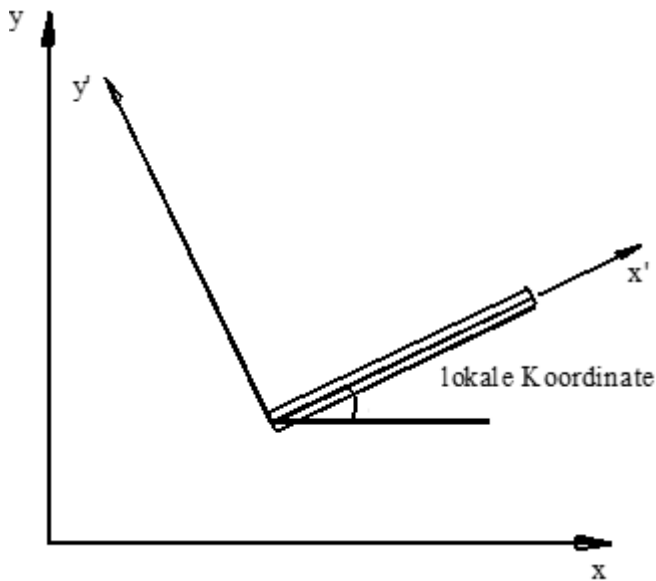


Bild 15 Koordinatensysteme

4.10 Elementlasten

Wie im Bild 16 gezeigt, verwendet ELPLA eine andere vertikale Richtung für das Definieren von Lasten. Der positive Wert der Last bedeutet, dass sie nach unten gerichtet ist. Knotenlasten werden bei globalen Koordinaten angewandt, während Elementlasten in drei verschiedenen Fällen angewandt werden, wie folgt:

- Eigengewicht: Eine vertikale gleichförmige Last, verteilt entlang der Länge des Elements.
- Schneelast: Eine vertikale gleichförmige Last, verteilt entlang der horizontalen Projektion des Elements.
- Windlast: Eine gleichförmige Last, verteilt entlang der Länge des Elements mit einer Richtungsenkrechten zum Element (lokale x' -Achse).

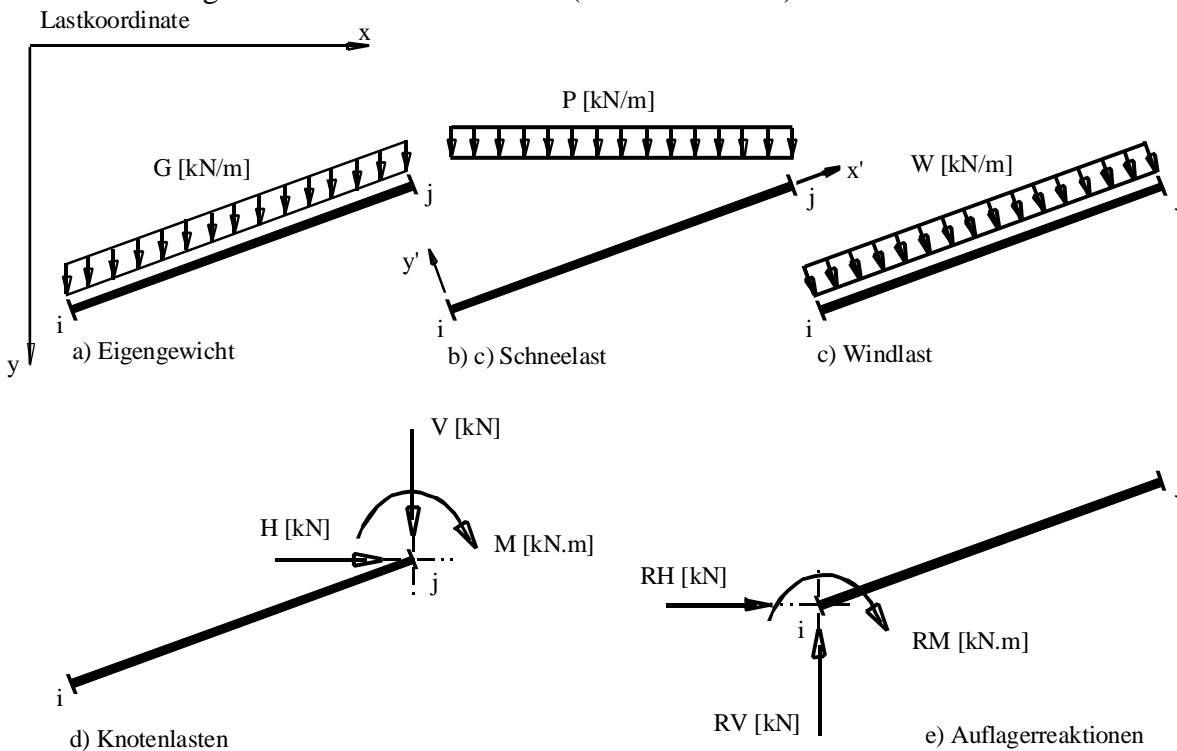


Bild 16 Fälle von Elementlasten, Knotenlasten und Knotenreaktionen mit Richtungen

4.11 Systemsymmetrie

Im nächsten Schritt definieren Sie die Systemsymmetrie, Bild 17. Wählen Sie in diesem Schritt die Systemsymmetrie und klicken Sie auf "Weiter", um zum nächsten Schritt zu gehen.

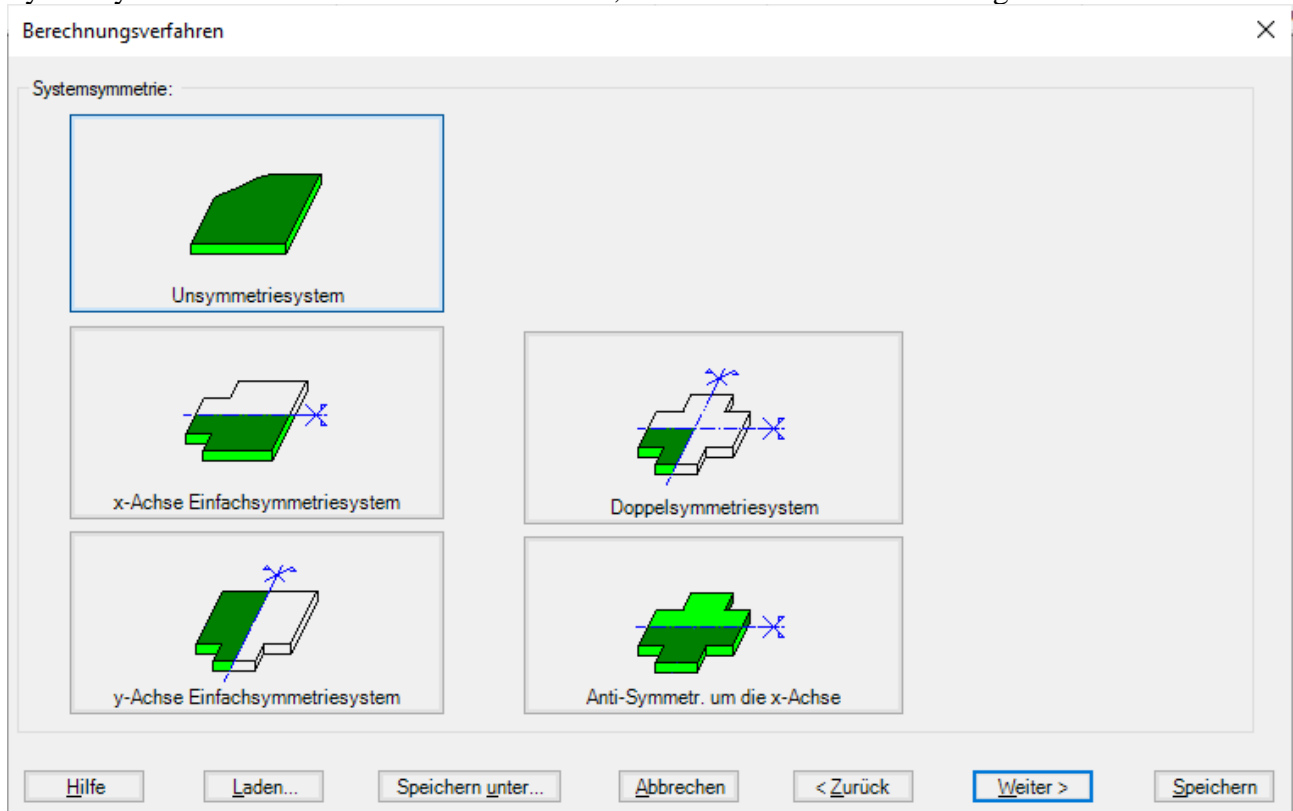


Bild 17 Dialogfeld "Symmetriesystem"

Bei der Eingabe der Daten für einfach-symmetrische oder antimetrische Plattensysteme werden die Daten gemäß Bild 18 so eingegeben, als bestünde die Platte nur aus der unteren Hälfte (bei Symmetrie in y-Richtung bzw. aus der linken Hälfte).

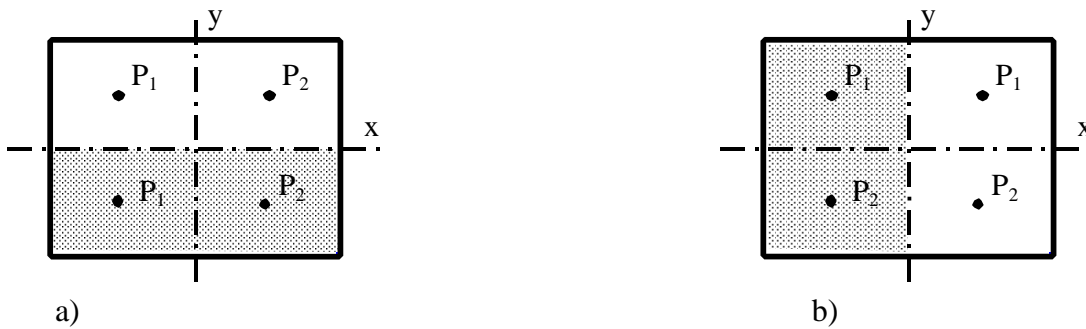


Bild 18 Einfach-symmetrische Plattensysteme

Bei doppelt-symmetrischen Plattensystemen Bild 19 werden nur die Systemdaten für das untere linke Plattenviertel eingegeben. Auch die Baugrunddaten bzw. Bettungsmoduli müssen Symmetrie aufweisen, ebenso die Lastdaten.

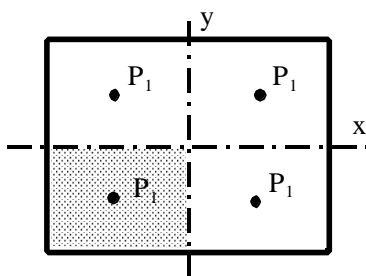


Bild 19 Doppelt-symmetrisch belastete Fundamentplatte

Die Nutzung vorhandener Symmetrien ist nur bei den Berechnungsverfahren 1 bis 8 möglich. Ebenso können mit dem Programm ELPLA einfach antimetrisch belastete Gründungsplatten mit Nutzung der Antimetrie berechnet werden Bild 20. Dabei müssen der Plattengrundriss und der Baugrund symmetrische Form haben. Bei Antimetrie ist nur eine Nutzung bei Verwendung der Berechnungsverfahren 4 bis 8 möglich.

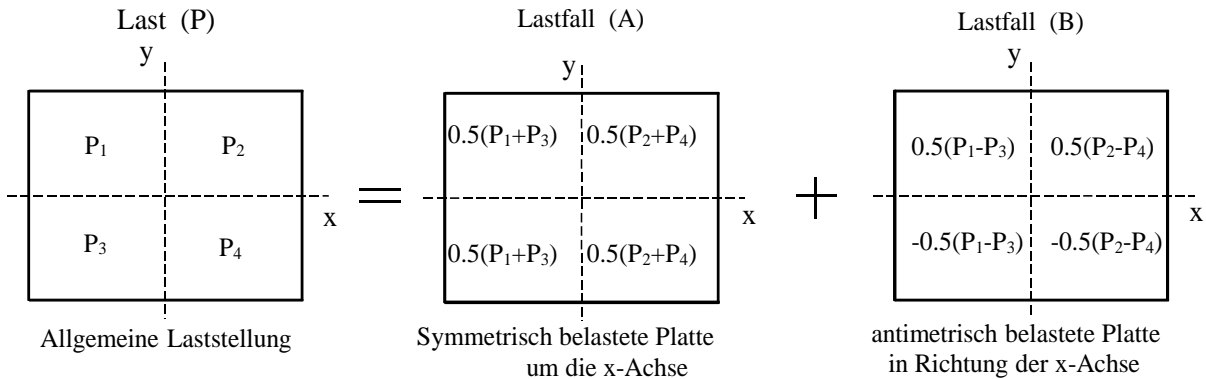


Bild 20 Lastgruppierung auf Rechteckfundament bei allgemeiner Laststellung

4.12 Optionen

Einige Optionen sind in *ELPLA* verfügbar wie Bewehrung der Platte, System mit zusätzlichen Einzelfedern, Auflager/ Randbedingungen, Stäbe in der Platte, Berechnung der Grenztiefe und nichtlineares Baugrundmodell. Auch kann *ELPLA* einige Nebeneinflüsse untersuchen wie Einfluss von Temperaturänderungen, Einfluss von Bodensenkungen und Einfluss von Nachbarbauwerken. In der Checkliste von Bild 21 aktivieren Sie die betreffenden Kontrollkästchen durch Anklicken der kleinen Rechtecke mit der Maus, um die Optionen zu verwenden.

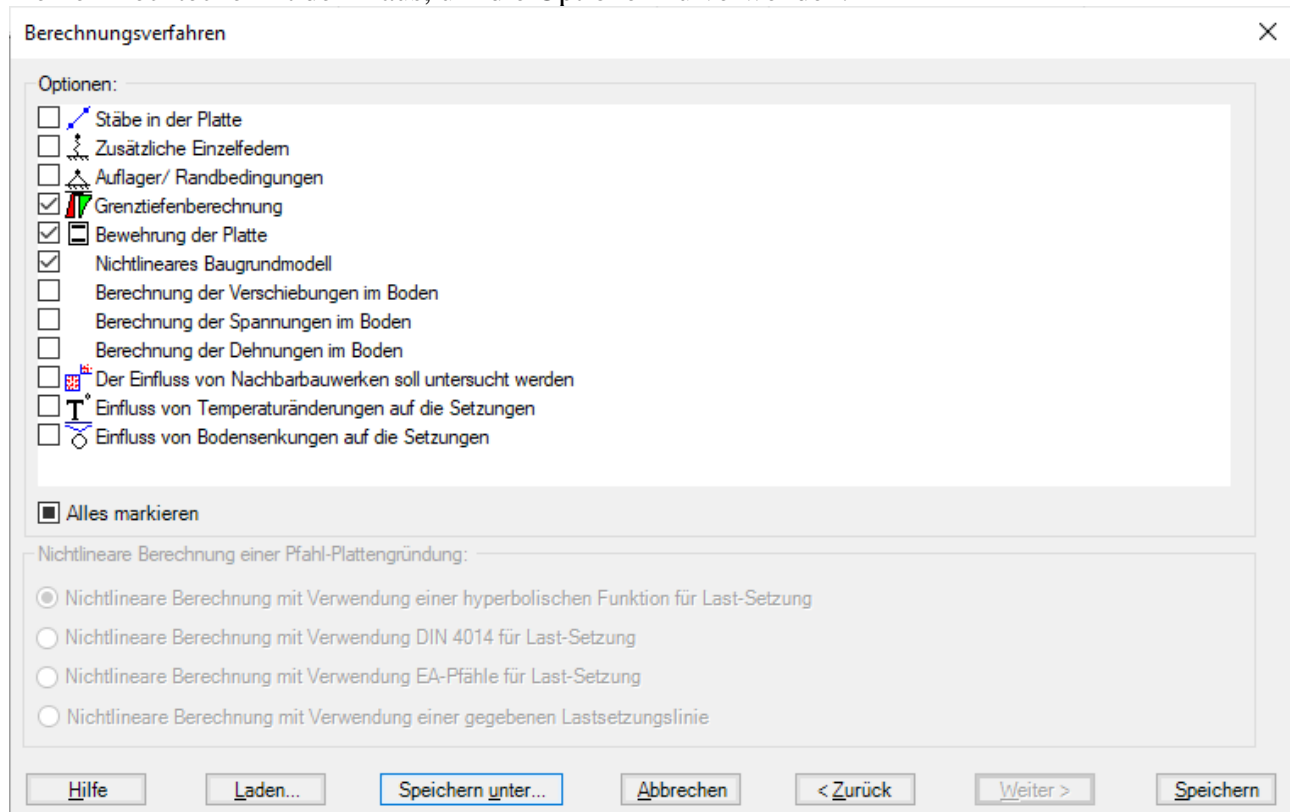


Bild 21 Checkliste "Optionen"

5 Bodenmodelle

Der Benutzer kann mit dem Programm ELPLA-Daten das Berechnungsmodell zu dem Baugrund/Bauwerk-Wechselwirkung unter folgenden 9 Berechnungsverfahren auswählen:

- 1) Einfache Annahme
(Spannungstrapezverfahren).
- 2) Bettungsmodulverfahren mit konstantem Bettungsmodul
(Bettungsmodulverfahren)
- 3) Bettungsmodulverfahren mit unterschiedlichen Bettungsmoduli
(Bettungsmodulverfahren)
- 4) Bettungsmodulverfahren mit iterativer Berechnung
(Bettungsmodulverfahren/ Steifemodulverfahren)
- 5) Steifemodulverfahren für den unendlichen Halbraum
(Halbraumverfahren)
- 6) Iteratives Steifemodulverfahren
(Halbraumverfahren / Steifemodulverfahren)
- 7) Steifemodulverfahren mit Lösung des Gleichungssystems ohne Iteration
(Steifemodulverfahren)
- 8) Steifemodulverfahren für die starre Platte
(Halbraumverfahren / Steifemodulverfahren)
- 9) Steifemodulverfahren für die schlaffe Platte
(Halbraumverfahren / Steifemodulverfahren)

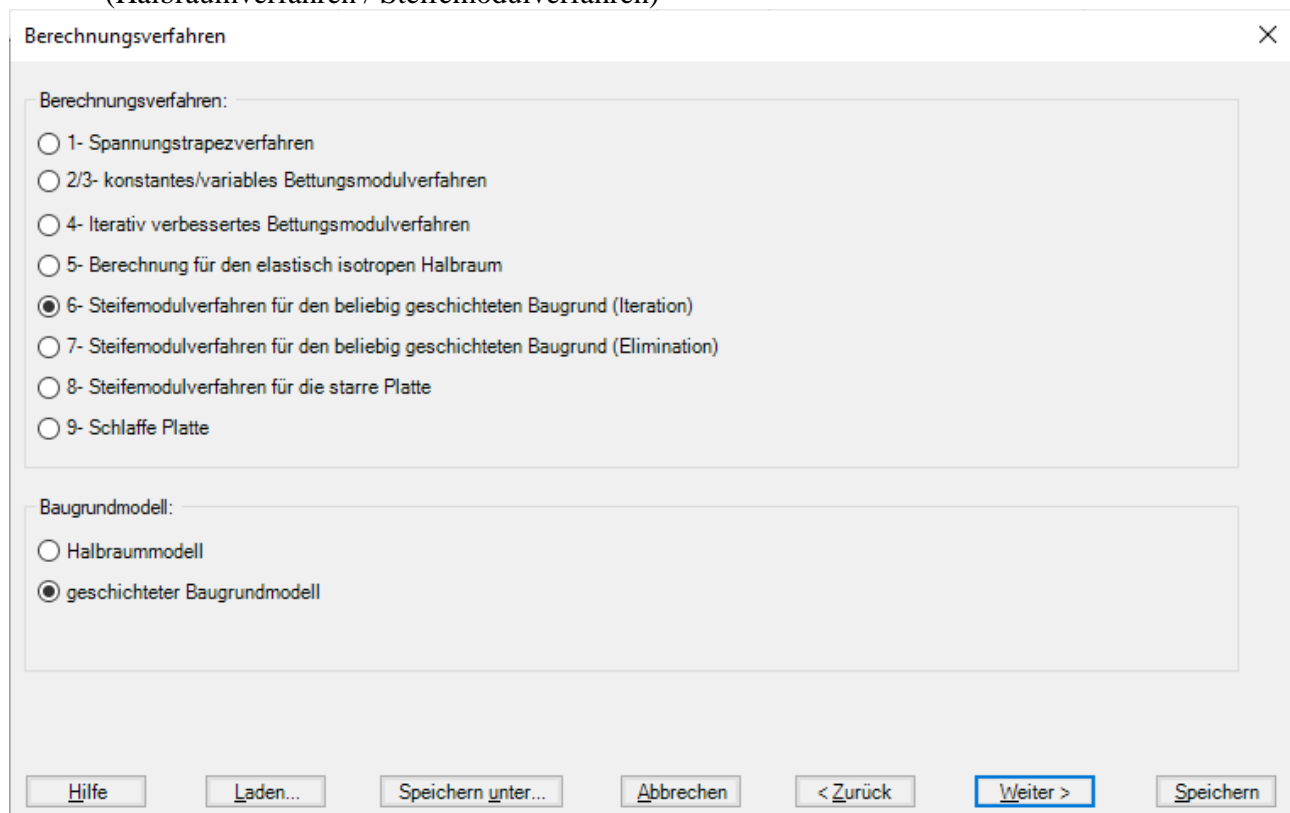


Bild 22 Dialogfeld "Berechnungsverfahren"

5.1 Ermittlung der Bettungsmoduli

Mit dem Programm *ELPLA* können Flächengründungen mit 3 unterschiedlichen Bettungsmodulverfahren berechnet werden. Hierbei werden die Bettungsmoduli (auch Bettungszahl oder Bettungsziffer genannt) wie folgt eingebracht:

- a) Ermittlung der Bettungsmoduli für den Halbraum
- b) Ermittlung der Bettungsmoduli für den geschichteten Baugrund
- c) Ermittlung der Bettungsmoduli durch den Benutzer

zu a) Der Benutzer kann entweder einen Bettungsmodul eingeben, der für die ganze Platte gültig ist (Verfahren 2). Er kann aber auch jedem Knoten einen anderen Bettungsmodul zuweisen (Verfahren 3).

zu b) und c) Bei dieser Methode wird der Bettungsmodul aufgrund der eingegebenen Bohrprofile mit Schichtenbildern und Bodenkennwerten bestimmt.

Es ist möglich, lineare und nichtlineare Berechnungen der Bodenmodelle durchzuführen.

5.2 Einfache Annahmemodell

Es gibt keine Interaktion zwischen dem Untergrund und dem Fundament für das einfache Annahmemodell (Spannungstrapezverfahren - Verfahren 1). Deshalb werden bei Anwendung des Spannungstrapezverfahrens keine Baugrunddaten (nur Grundwasser G_w und Gründungstiefe T_f) eingegeben. Wenn es erforderlich ist, die Baugrunddaten für das Berechnungsverfahren 1 (Spannungstrapezverfahren) zu definieren, erscheint das folgende Dialogfeld, Bild 23.

Wenn das Grundwasser über dem Fundament liegt, wird das Fundament einem zusätzlichen negativen Druck ausgesetzt sein. Im Dialogfeld wird die Grundwassertiefe unter Gelände G_w definiert, um die Wirkung des Grundwasserdrucks in der Berechnung zu berücksichtigen.

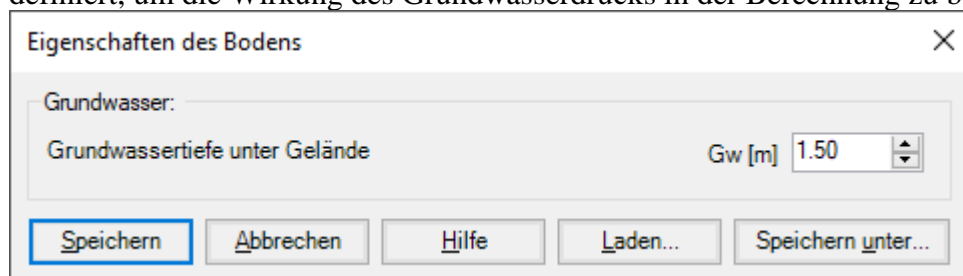


Bild 23 Dialogfeld "Eigenschaften des Bodens" (Verfahren 1)

5.3 Winkler-Modell

Der Benutzer kann aber auch selbst einen konstanten oder variable Bettungsmodul k_s eingeben. Wenn es bei Anwendung der zwei Verfahren für konstantes und variables Bettungsmodulverfahren (Verfahren 2 und 3) erforderlich ist, dass die Bettungsmodul durch den Benutzer eingegeben werden, sind in diesem Fall die Baugrunddaten die Bettungsmodul k_s [kN/m^3]. Danach werden zu den Bohrungsprofilen als Text die Bezeichnung der Profile (mit dem Vorschlag BPN*), die Koordinaten (X_{bp} , Y_{bp}) der Bohrungsstellen im globalen Koordinatensystem (X , Y) und Grundwassertiefe unter Gelände G_w [m] eingegeben. Es können auch Bohrungsstellen erfasst werden. Wenn die nichtlineare Berechnung erforderlich ist, muss die Bodenpressung beim Grundbruch q_{ult} [kN/m^2] im Dialogfeld von Bild 24 definiert werden.

Bohrprofil Nr. I	Bezeichnung des Bohrprofils	X-Koord. des Bohrprofils [m]	Y-Koord. des Bohrprofils [m]	Bettungsmoduli k_s [kN/m^3]	Sohlspannungen beim Grundbruch Q_{ul} [kN/m^2]
1	B1	4.00	3.00	2000	100
2	B2	1.00	9.00	3000	120
3	B3	10.00	11.00	5000	150
*					

Grundwasser:
Grundwassertiefe unter Gelände Gw [m] 1.50

Bild 24 Dialogfeld "Eigenschaften des Bodens" (Verfahren 2 und 3)

5.4 Elastische isotrope Halbraummodell

Zu dem Halbraumverfahren wird keine Schichtung eingegeben. Wenn die Baugrunddaten für das Berechnungsverfahren 2 (Bettungsmodul werden nach Halbraum bestimmt) und das Berechnungsverfahren 5 (Halbraumverfahren) zu definieren sind, erscheint das folgende Dialogfeld.

In diesem Dialogfeld werden der Abminderungsfaktor α für die Setzungen nach DIN 4019, die Poissonzahl des Bodens ν_s [-], die Grundwassertiefe G_w [m] unter Gelände und der Steifemodul des Bodens E_s [kN/m²] eingelesen. Wenn die nichtlineare Berechnung erforderlich ist, müssen Kohäsion des Bodens c [kN/m²] und Reibungswinkel des Bodens φ [°] definiert werden.

Bild 25 Dialogfeld "Eigenschaften des Bodens" (Verfahren 2 und 5)

Abminderungsfaktor für Setzungen α

Nach DIN 4019 können folgende Abminderungsbeiwerte in Ansatz gebracht werden:

- Sand und Schluff $\alpha = 0.66$
- Einfach verdichteter und leicht überverdichteter Ton $\alpha = 1.0$
- Stark überverdichteter Ton $\alpha = 0.5-1.0$

Flexibilitätskoeffizienten für innere Knoten

Für starre und elastische Platten ist es nützlich, den Flexibilitätskoeffizienten des inneren Knotens im kennzeichnenden Punkt für die belastete Fläche auf diesem Knoten zu bestimmen. Dagegen ist es für das schlaife Fundament sinnvoll, den Flexibilitätskoeffizienten des inneren Knotens in diesem Knoten zu bestimmen.

Jetzt ist es möglich, den Flexibilitätskoeffizienten des inneren Knotens infolge einer gleichförmig belasteten Fläche in diesem Knoten zu bestimmen (Bild 26):

- im kennzeichnenden Punkt der belasteten Fläche, in welchem die schlaife Setzung gleich der starren Setzung ist.
- im Mittelpunkt der belasteten Fläche, in welchem die maximale Setzung auftritt.
- im inneren Knoten auf der belasteten Fläche.

Flexibilitätskoeffizienten für äußere Knoten

Frühere Versionen von *ELPLA* bestimmen die Flexibilitätskoeffizienten für sowohl innere als auch äußere Knoten aus der Annahme, dass gleichförmige Flächen diesen Knoten belasten. Diese Annahme benötigt das Prinzip der Superposition zum Bestimmen der Flexibilitätskoeffizienten. Jetzt ist es möglich, wahlweise die Flächenlasten auf dem äußeren Knoten mit Punktlasten umzusetzen (Bild 26). Auf diese Weise muss das Programm das Prinzip der Superposition nicht bei der Berechnung verwenden. Damit erfolgt die neue Berechnung viel schneller als die Alte und ist folglich schneller und effizienter für Probleme, die ein großes FE-Netz enthalten.

Grenzabstand

Wenn der Abstand zwischen zwei Knoten zu groß ist, wird die Setzung eines Knotens infolge einer Last auf dem anderen Knoten klein genug, um vernachlässigt zu werden. Um die Zeit zu reduzieren, die dafür benötigt wird, die Flexibilitätskoeffizienten für große Platten zu bestimmen, kann ein Grenzabstand zwischen den Knoten i und j zur Berechnung der Flexibilitätskoeffizienten $c(i, j)$ definiert werden.

Bild 26 Dialogfeld "Berechnungsparameter der Flexibilitätskoeffizienten" (Verfahren 2 und 5)

Tragfähigkeitsbeiwerte

Die Tragfähigkeitsbeiwerte zur Bestimmung des Grundbruchs können wahlweise entsprechend der nationalen Norm definiert werden. Diese Beiwerte werden benötigt, um die nichtlineare Berechnung des Baugrunds durchzuführen. Die Tragfähigkeitsbeiwerte werden definiert nach (Bild 27):

- Deutsche Norm DIN 1054
- Eurocode EC 7
- Ägyptischer Code ECP
- Terzaghi
- Meyerhof

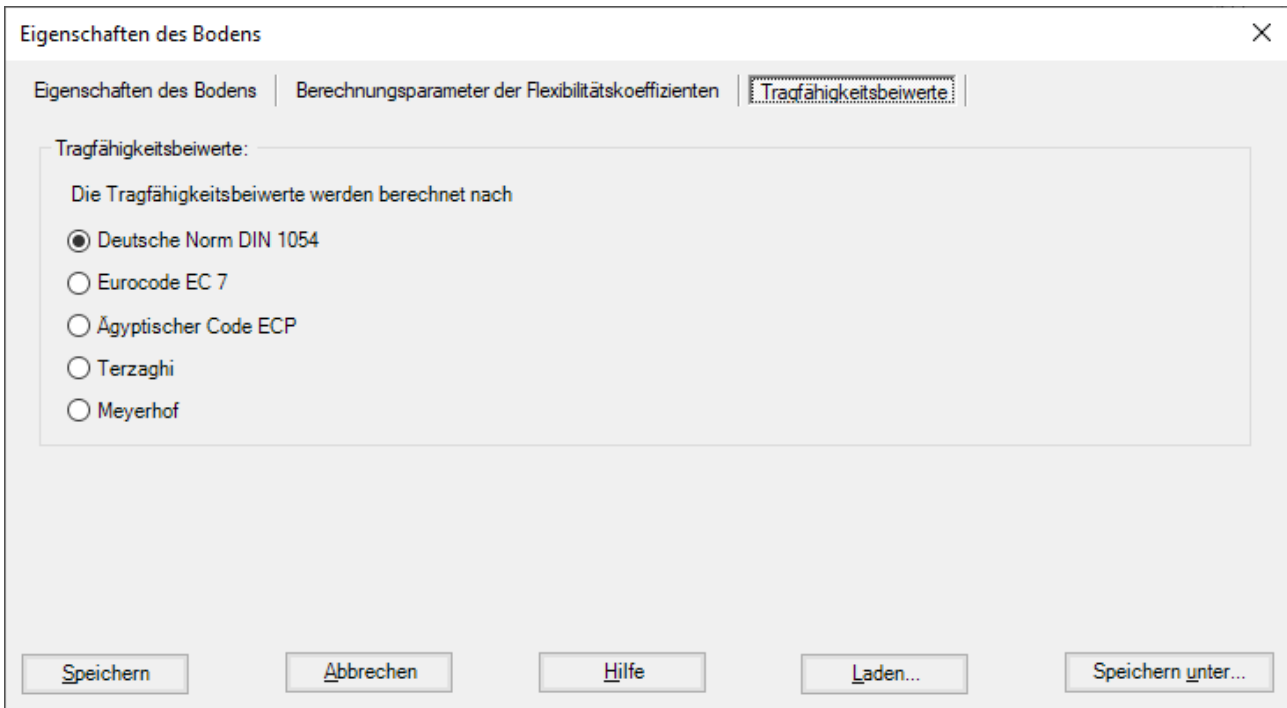


Bild 27 Dialogfeld "Tragfähigkeitsbeiwerte" (Verfahren 2 und 5)

5.5 Geschichtete Baugrundmodell

Bei den Berechnungsverfahren in Table 1 wird ein geschichtetes Baugrundmodell verwendet. Wenn die Baugrunddaten für eines der gezeigten Berechnungsverfahren in Table 1 zu definieren sind, erscheint die folgende Registerkarte mit einem Standard-Bohrprofil, (Bild 28).

Table 1 Numerische Berechnungsverfahren (geschichteter Baugrund)

Verfahren Nr.	Berechnungsverfahren
2	Berechnung mit konstantem Bettungsmodul (Bettungsmodulverfahren) (Ermittlung der Bettungsmodul nach geschichtetem Baugrund)
3	Berechnung mit variablen Bettungsmodul (Bettungsmodulverfahren) (Ermittlung der Bettungsmodul nach geschichtetem Baugrund)
4	Berechnung mit variablem, iterativ verbessertem Bettungsmodul (Bettungsmodulverfahren/ Steifemodulverfahren)
6	Steifemodulverfahren für den beliebig geschichteten Baugrund (Lösung des Gleichungssystems mit Iteration) (geschichteter Baugrund – Steifemodulverfahren)
7	Steifemodulverfahren für den beliebig geschichteten Baugrund (Lösung des Gleichungssystems mit Elimination) (geschichteter Baugrund – Steifemodulverfahren)
8	Steifemodulverfahren für die starre Platte (geschichteter Baugrund – Steifemodulverfahren)
9	Steifemodulverfahren für die schlaffe Platte (geschichteter Baugrund – Steifemodulverfahren)

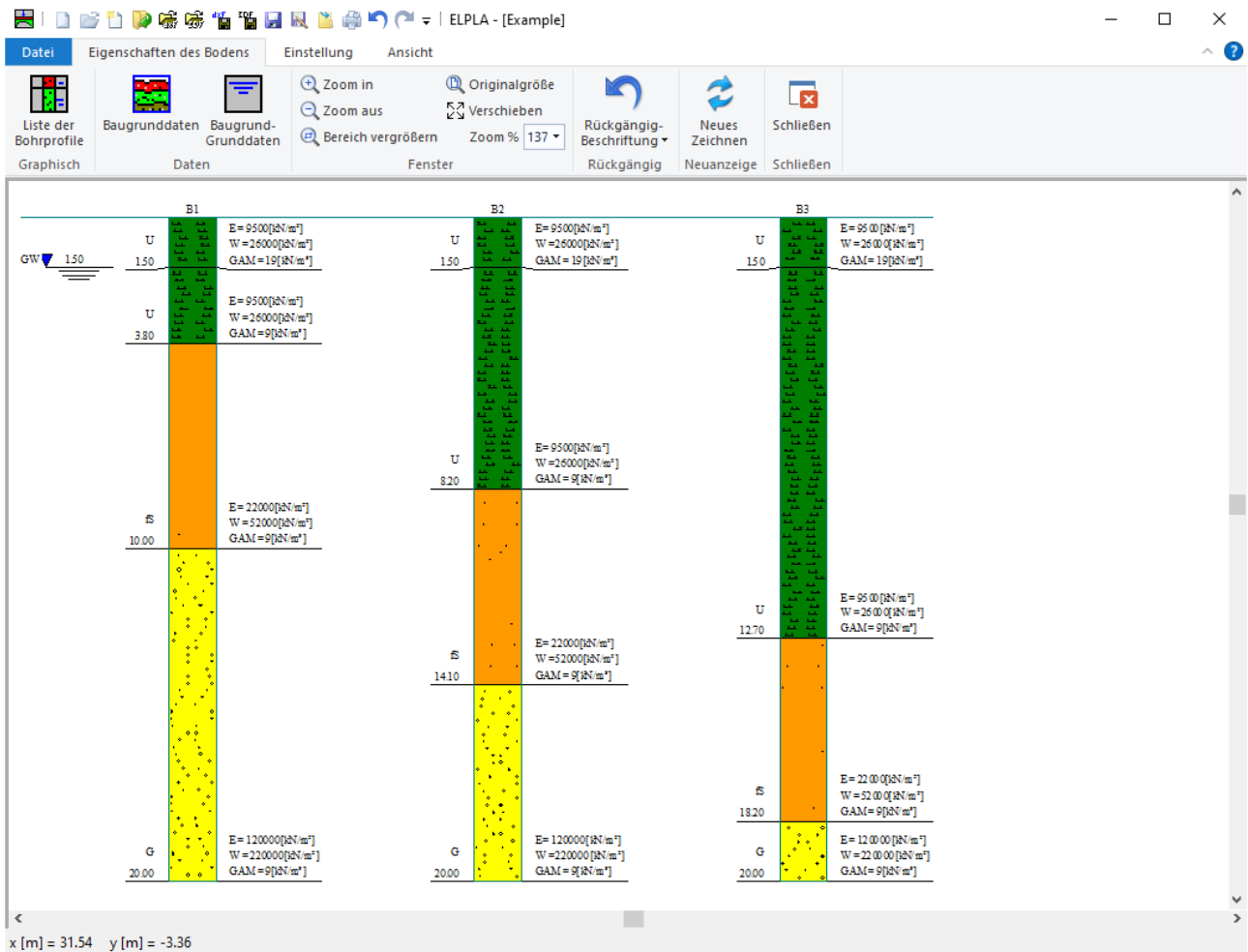
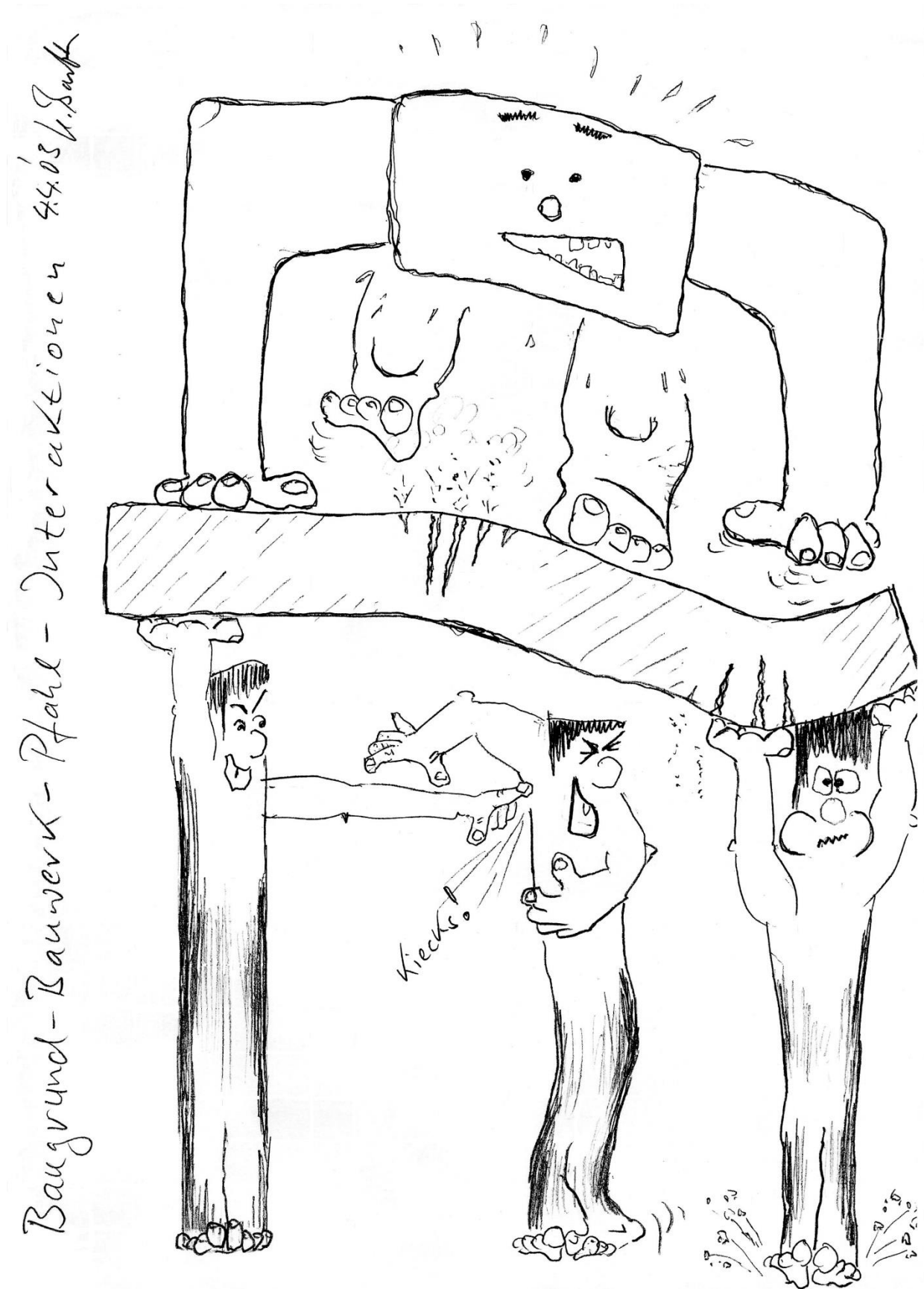


Bild 28 Registerkarte "Eigenschaften des Bodens"

6 Pfahl-Plattengründungen



ELPLA ist ein leistungsstarkes Werkzeug zur Berechnung von Pfahl-Plattengründungen. Heute hat fast jedes Ingenieurbüro seine eigenen Computerprogramme zur Berechnung und zum Entwurf von Pfahl-Plattengründungen. Dazu sind die meisten verfügbaren Programme unter Windows

benutzerfreundlich und bieten ausgezeichnete graphische Farbdarstellungen, sodass theoretisch eine Sekretärin, nicht nur ein Ingenieur, diese verwenden kann. Aber das Problem dabei ist, wie man die Daten kontrollieren und die Ergebnisse überprüfen kann.

Es stehen viele praktische Probleme, die mit Verwendung des Programms ELPLA berechnet werden können. Es ist wichtig, dass der Ingenieur mit diesen Informationen vertraut ist, wenn er Computerberechnungen von Pfahl-Plattengründungen durchführt. Ein Verständnis dieser Konzepte ist von großem Nutzen beim Ausführen der Computerberechnung, zur Lösung von Schwierigkeiten und zur Entscheidung der Annehmbarkeit der Ergebnisse. Drei bekannte Baugrundmodelle zur Berechnung von Pfahlplatten (Standardmodelle) werden berücksichtigt. Die Baugrundmodelle sind Einfaches Annahme-Modell (Spannungstrapezverfahren), Winkler-Modell (Bettungsmodulverfahren) und Kontinuum-Modell (Steifemodulverfahren). In der Berechnung werden die Platten als elastisch oder starr behandelt. Die Finite Element-Methode verwendet, um Platten zu berechnen. In der finiten Elementberechnung wird die Platte von Plattenelementen entsprechend der zweidimensionalen Natur des Fundaments dargestellt.

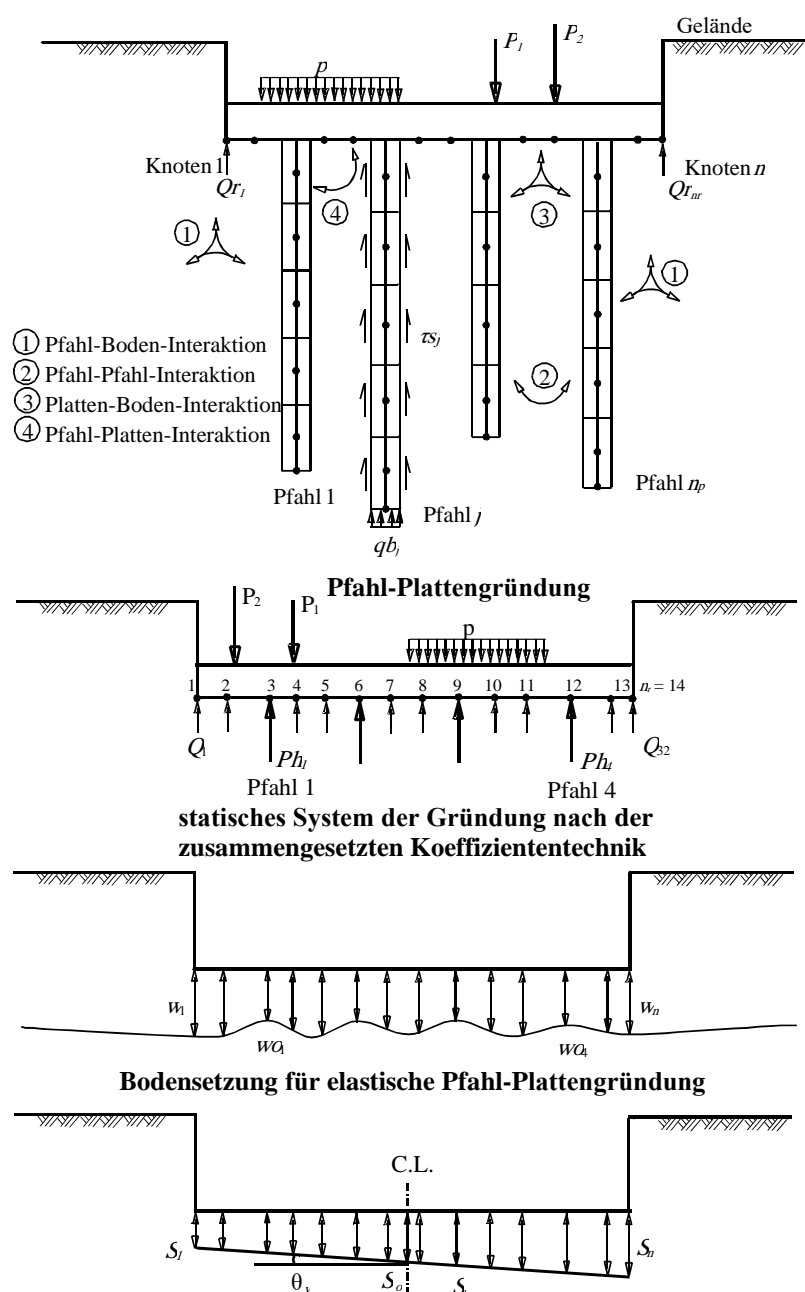
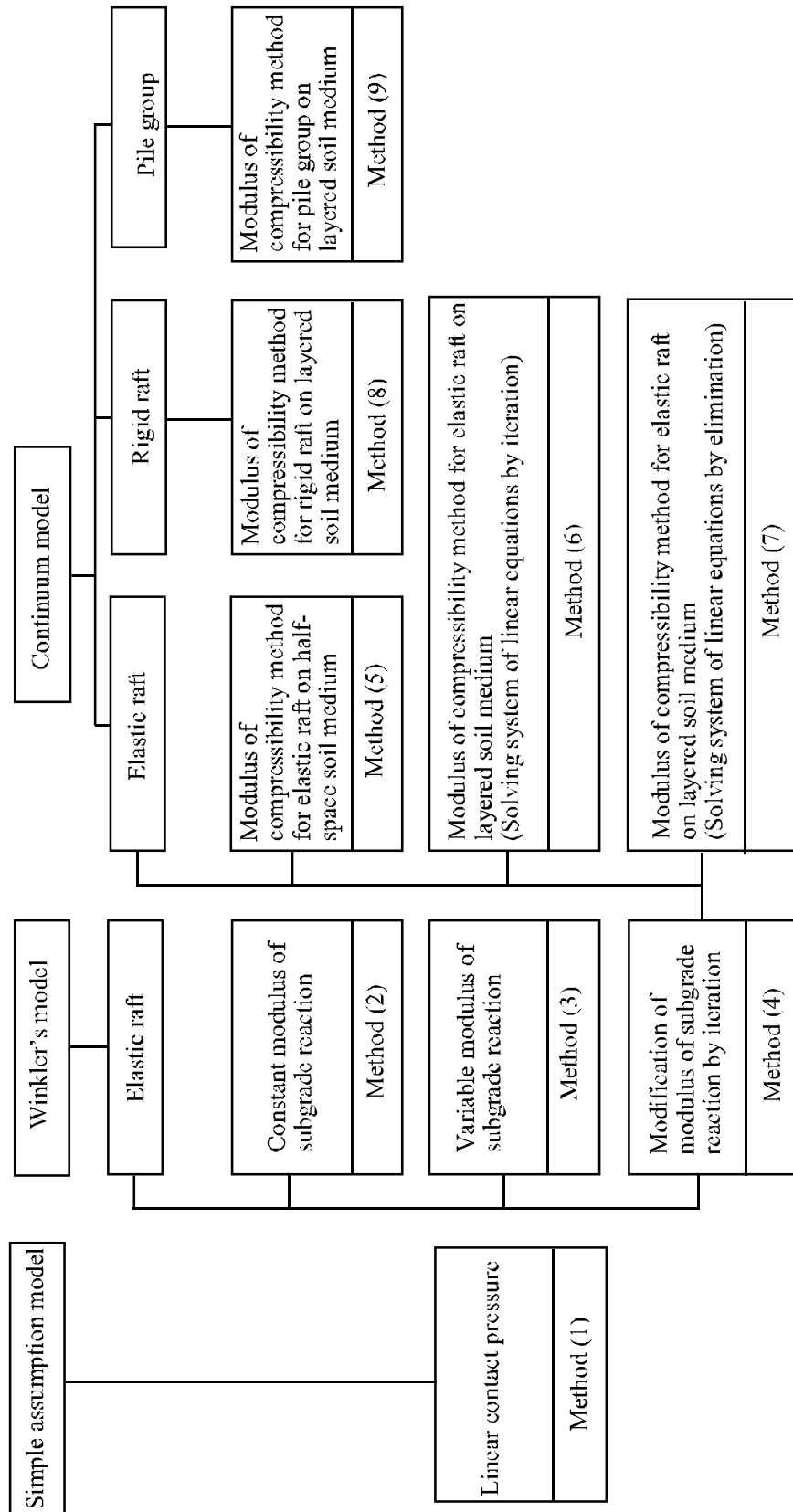


Bild 29 Pfahl-Platten- Boden-Interaktion



6.1 Einfache Annahmemodell

In diesem Modell wird keine Interaktion zwischen der Platte und dem Boden berücksichtigt. Das Modell nimmt eine lineare Sohldruckverteilung unter der Platte an.

Gruppe Nr.	Pfahl-durchmesser D [m]	Pfahl-länge L [m]	Bezeichnung der Pfahlgruppen PZ [-]
▶ 1	0.9	20	P1
*			

Buttons: OK, Abbrechen, Einfügen, Kopieren, Löschen, Neu, Senden an Excel, Einfügen von Excel, Hilfe

Bild 30 Eingabe der Pfahlgruppen für das Spannungstrapezverfahren

6.2 Winkler-Modell

Das Winkler-Modell ist das einfachste und älteste, das die Interaktion zwischen der Platte und dem Boden berücksichtigt. Das Modell stellt den Boden als elastische Federn dar. Es ist in zwei Verfahren des konstanten und variablen Bettungsmodulverfahrens (Verfahren 2 und 3) verfügbar.

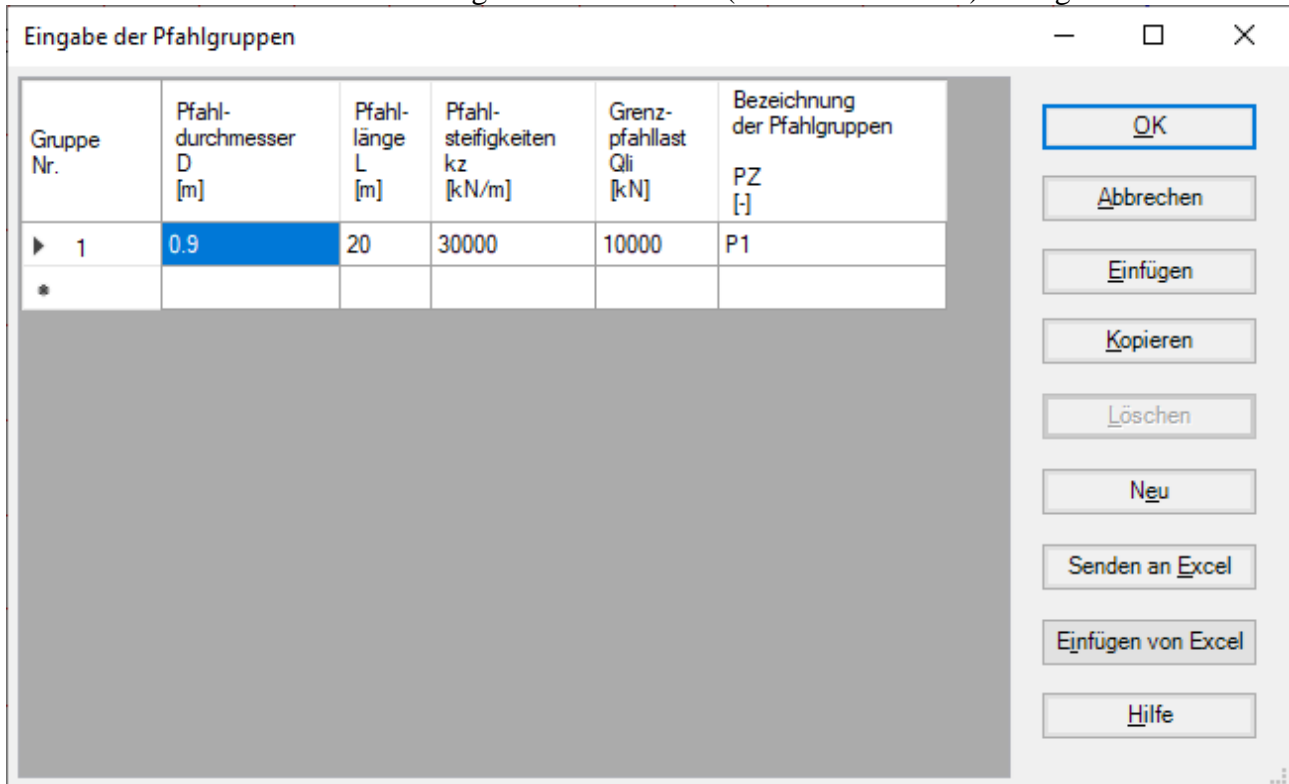


Bild 31 Eingabe der Pfahlgruppen für das Bettungsmodulverfahren

6.3 Kontinuum-Modell

Das Kontinuum-Modell ist kompliziert. Es berücksichtigt auch die Wechselwirkung zwischen der Platte und dem Boden. Es stellt den Boden als ein geschichtetes Kontinuum oder isotropes elastisches Halbraummedium dar.

Obwohl das Kontinuum-Modell eine sehr gute Methode zur Erfassung der Baugrundverhältnisse bereitstellt, konnte es früher aufgrund seiner mathematischen Schwierigkeiten nur selten genutzt werden. Die sinnvolle Anwendung des Verfahrens für allgemeine Baugrund- und Bauwerksverhältnisse verursacht einen relativ großen Rechenaufwand. Deshalb ist die praktische Verwendung ohne Computer nur möglich, wenn entsprechend aufbereitete Tafel- oder Tabellenwerke zur Verfügung stehen. Diese Tabellen sind auf ebene Probleme begrenzt.

Um unabhängig von Tabellen praxisnahe Eingangswerte über den Baugrund und das Bauwerk berücksichtigen zu können, wurde zunächst eine allgemeine, für Computer geeignete mathematische Lösung entwickelt, die auf einem FE-Modell für die Sohlplatte basiert. Damit können Gründungsplatten mit den der Wirklichkeit am nächsten kommenden Baugrundmodellen dargestellt werden. Es können Platten mit beliebiger Grundriss-Form gerechnet werden. Auch können Löcher in der Platte und die Interaktion von Nachbarplatten berücksichtigt werden. Mit dem für diese Zwecke für die Praxis entwickelten Computerprogramm *ELPLA* kann man mit den weitgehend gleichen Ausgangsdaten verschiedene Typen von Baugrundmodellen anwenden. Es ist auch möglich, beim dreidimensionalen Kontinuum-Modell unregelmäßige Schichtenverläufe zu berücksichtigen. Darüber hinaus kann mit dem Programm *ELPLA* der Einfluss der Struktursteifigkeit (feldweise veränderliche Dicke der Sohlplatte) auf das System Baugrund/ Bauwerk und der Einfluss von Temperaturänderung auf die Platte dargestellt werden.

6.3.1 Nichtlineare Berechnung unter Verwendung eines hyperbolischen Funktionsmodells

In diesem Modell werden alle auf die Platte einwirkenden Kräfte nichtlinear auf die Pfähle übertragen, wobei die hyperbolische Funktion zur Lastsetzung verwendet wird.

Gruppe Nr.	Pfahl-durchmesser D [m]	Pfahl-länge L [m]	Grenz-pfahllast Qli [kN]	Bezeichnung der Pfahlgruppen PZ [-]
▶ 1	0.9	20	10000	P1
*				

Bild 32 "Eingabe der Pfahlgruppen" Nichtlineare Berechnung mit hyperbolischer Funktion zur Last-Setzung

6.3.2 Nichtlineare Berechnung nach deutscher Norm DIN-4014

In diesem Modell werden alle auf die Platte einwirkenden Kräfte nichtlinear auf die Pfähle übertragen, wobei die deutsche Norm DIN-4014 zur Lastsetzung verwendet wird.

Eingabe der Pfahlgruppen

Pfahlgruppe Nr. 1 von 1 Pfahlgruppen:

Schicht-Nr. 1 von 1 Schichten:

Schicht kopieren
Schicht einfügen
Schicht löschen

Geotechnischen Daten der Schicht:

Die Werte der Tabelle 4 oder 5 aus DIN 4014 sollen übernommen werden

Schichtdicke L1 [m] 20

Mantelreibung Tau [kN/m²] 0

Sondier Spitzenwiderstand qs [kN/m²]

Undränierete Kohäsion Cu [kN/m²]

Baugrunddaten unter der Pfahlspitze:

Die Werte der Tabelle 1 oder 2 aus DIN 4014 sollen übernommen werden

Pfahlsitzenwiderstand (s/Df = 0.02) Sig [kN/m²]

Pfahlsitzenwiderstand (s/Df = 0.03) Sig1 [kN/m²]

Pfahlsitzenwiderstand (s/Df = 0.1) SigG [kN/m²]

Sondier-Spitzenwiderstand unter dem Pfahlfuß qs [kN/m²] 17500

Undränierete Kohäsion unter dem Pfahlfuß Cu [kN/m²]

Pfahldurchmesser D [m] 0.9

Pfahlfussdurchmesser Df [m] 0.9

Bezeichnung der Pfahlgruppen P1

Pfahlgruppe kopieren
Pfahlgruppe einfügen
Pfahlgruppe löschen
Senden an Excel

OK
Abbrechen
Neu
Hilfe

Bild 33 "Pfahlgruppen definieren" Nichtlineare Berechnung nach deutscher Norm DIN-4014

6.3.3 Nichtlineare Berechnung nach deutschen Empfehlungen EA-Pfähle

In diesem Modell werden alle auf die Platte einwirkenden Kräfte nichtlinear auf die Pfähle übertragen, wobei die deutschen Empfehlungen EA-Pfähle zur Lastsetzung verwendet wird.

Eingabe der Pfahlgruppen

Pfahlgruppe Nr. 1 von 1 Pfahlgruppen:

Schicht-Nr. 1 von 1 Schichten:

Schicht kopieren
Schicht einfügen
Schicht löschen

Geotechnischen Daten der Schicht:

Die Werte der Tabelle 5.13 oder 5.15 aus EA-Pfähle sollen übernommen werden

Schichtdicke L1 [m] 20

Mantelreibung Tau [kN/m²] 0

Sondier Spitzenwiderstand qs [kN/m²]

Undränierete Kohäsion Cu [kN/m²]

Baugrunddaten unter der Pfahlspitze:

Die Werte der Tabelle 5.12 oder 5.14 aus EA-Pfähle sollen übernommen werden

Pfahlsitzenwiderstand (s/Df = 0.02) Sig [kN/m²]

Pfahlsitzenwiderstand (s/Df = 0.03) Sig1 [kN/m²]

Pfahlsitzenwiderstand (s/Df = 0.1) SigG [kN/m²]

Sondier-Spitzenwiderstand unter dem Pfahlfuß qs [kN/m²] 17500

Undränierete Kohäsion unter dem Pfahlfuß Cu [kN/m²]

Pfahldurchmesser D [m] 0.9

Pfahlfussdurchmesser Df [m] 0.9

Bezeichnung der Pfahlgruppen P1

Pfahlgruppe kopieren
Pfahlgruppe einfügen
Pfahlgruppe löschen
Senden an Excel

Tabellenwerte:
 untere Tabellenwerte
 obere Tabellenwerte

OK
Abbrechen
Neu
Hilfe

Bild 34 "Pfahlgruppen definieren" Nichtlineare Berechnung nach deutschen Empfehlungen EA-Pfähle

6.3.4 Nichtlineare Berechnung unter Verwendung einer gegebenen Last-Setzungskurve

In diesem Modell werden alle auf die Platte einwirkenden Kräfte nichtlinear auf die Pfähle übertragen, wobei unter Verwendung einer gegebenen Last-Setzungskurve zur Lastsetzung verwendet wird. Lastsetzungslinie für Pfahlgruppe und Pfahl-Plattengründung, kann aus zwei Widerstand-Setzung Beziehungen wie folgt erhalten werden:

- Mantelwiderstand mit Spitzenwiderstand-Setzung, Bild 36.
- Pfahlwiderstand-Setzung, Bild 37.

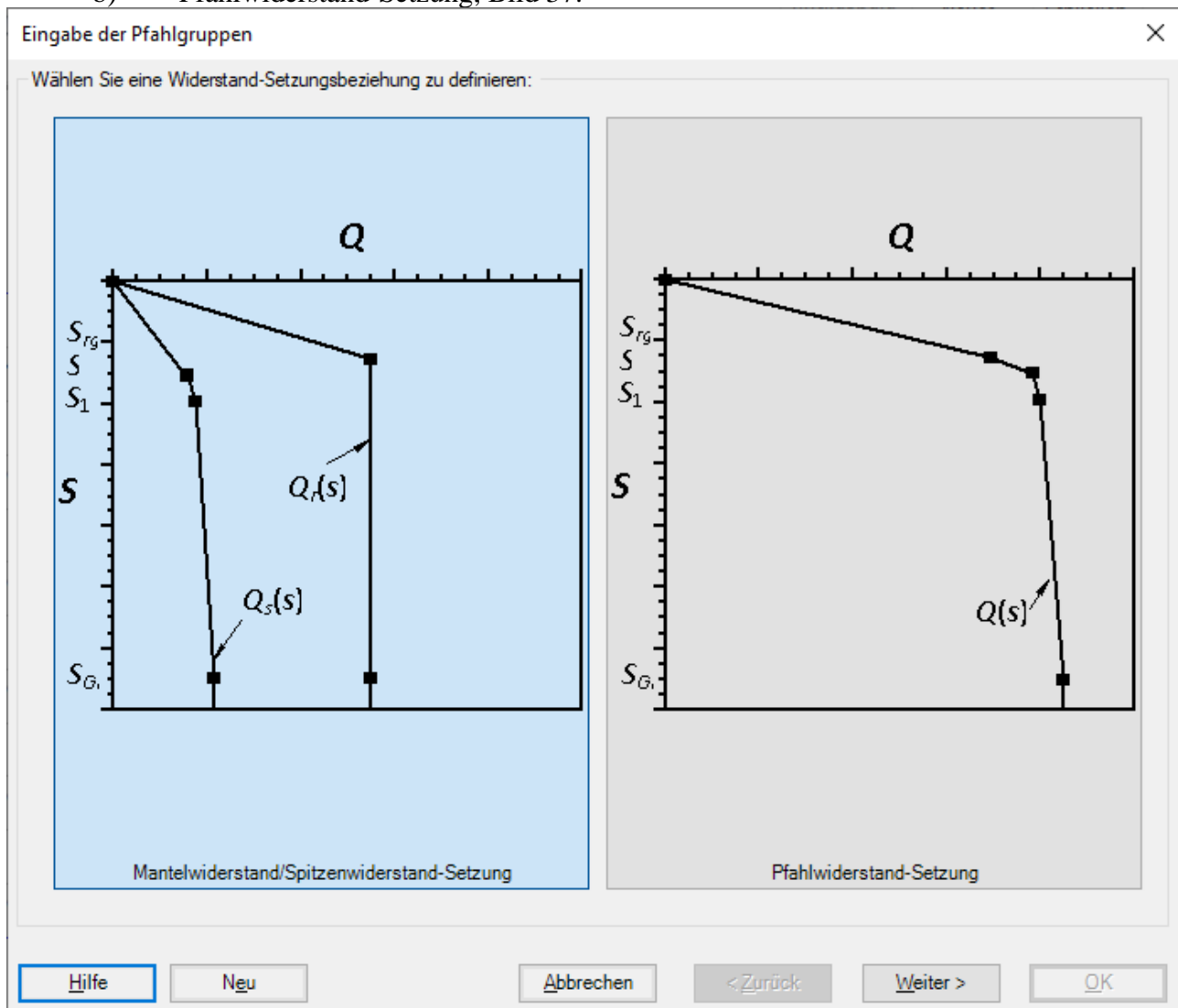


Bild 35 "Eingabe der Pfahlgruppen" Nichtlineare Berechnung unter Verwendung einer gegebenen Last-Setzungskurve

Eingabe der Pfahlgruppen ✕

Pfahlgruppe Nr. 1 von 1 Pfahlgruppen:

Mantelreibungsanteil:

Schicht-Nr. 1 von 1 Schichten:

Mantelreibung:	L1	[m]	<input type="text" value="20"/>	Schicht <u>k</u> opieren
Schichtdicke				Schicht <u>e</u> infügen
Mantelreibung	Tau	[kN/m ²]	<input type="text" value="0"/>	Schicht <u>l</u> öschen

Pfahlkopfsetzung für die bezogene Pfahlmantelwiderstand SigRg Srg [cm]

Spitzendruckanteil:

Pfahlspitzendruck	Sig	[kN/m ²]	<input type="text" value="0"/>
Pfahlspitzendruck	Sig1	[kN/m ²]	<input type="text" value="0"/>
Pfahlspitzendruck	SigGr	[kN/m ²]	<input type="text" value="0"/>
Pfahlkopfsetzung für die bezogene Pfahlspitzenwiderstand Sig	S	[cm]	<input type="text" value="0"/>
Pfahlkopfsetzung für die bezogene Pfahlspitzenwiderstand Sig1	S1	[cm]	<input type="text" value="0"/>
Pfahlkopfsetzung für die bezogene Pfahlspitzenwiderstand SigGr	SGr	[cm]	<input type="text" value="0"/>

Pfahldurchmesser D [m]

Pfahlfussdurchmesser Df [m]

Bezeichnung der Pfahlgruppen

Bild 36 "Eingabe der Pfahlgruppen" Mantelwiderstand mit Spitzenwiderstand-Setzung

Eingabe der Pfahlgruppen ×

Pfahlgruppe Nr. 1 von 1 Pfahlgruppen:

Pfahlwiderstand:

Pfahlwiderstand	Q _{rg}	[kN]	<input type="text" value="1900"/>
Pfahlwiderstand	Q	[kN]	<input type="text" value="2100"/>
Pfahlwiderstand	Q ₁	[kN]	<input type="text" value="2400"/>
Pfahlwiderstand	Q _{Gr}	[kN]	<input type="text" value="3400"/>

Pfahlkopfsetzung:

Pfahlkopfsetzung für die bezogene Pfahlwiderstand Q _{rg}	S _{rg}	[cm]	<input type="text" value="1.3"/>
Pfahlkopfsetzung für die bezogene Pfahlwiderstand Q	S	[cm]	<input type="text" value="1.8"/>
Pfahlkopfsetzung für die bezogene Pfahlwiderstand Q ₁	S ₁	[cm]	<input type="text" value="2.7"/>
Pfahlkopfsetzung für die bezogene Pfahlwiderstand Q _{Gr}	S _{Gr}	[cm]	<input type="text" value="9"/>

Pfahllänge L_p [m]

Pfahldurchmesser D [m]

Pfahlfussdurchmesser D_f [m]

Bezeichnung der Pfahlgruppen

Bild 37 "Eingabe der Pfahlgruppen" Pfahlwiderstand-Setzung

7 Geometrie und Lastdaten

Es können Fundamentplatten mit beliebigem Grundriss, mit Aussparungen, Ecken und Löchern eingegeben werden (Bild 38). Möglich sind auch Fundamentplatten mit unterschiedlichen Plattendicken und Gründungstiefen (Bild 39). Es können auch Stäbe eingegeben werden. Diese sind Elemente, mit denen auf der Sohlplatte gelagerte steife Mauern simuliert werden können. Auch können Einzellasten, Linienlasten, Flächenlasten und Momente an beliebiger Stelle unabhängig vom Elementnetz eingegeben werden (Bild 40). Auch mehrere Lastfälle sind möglich.

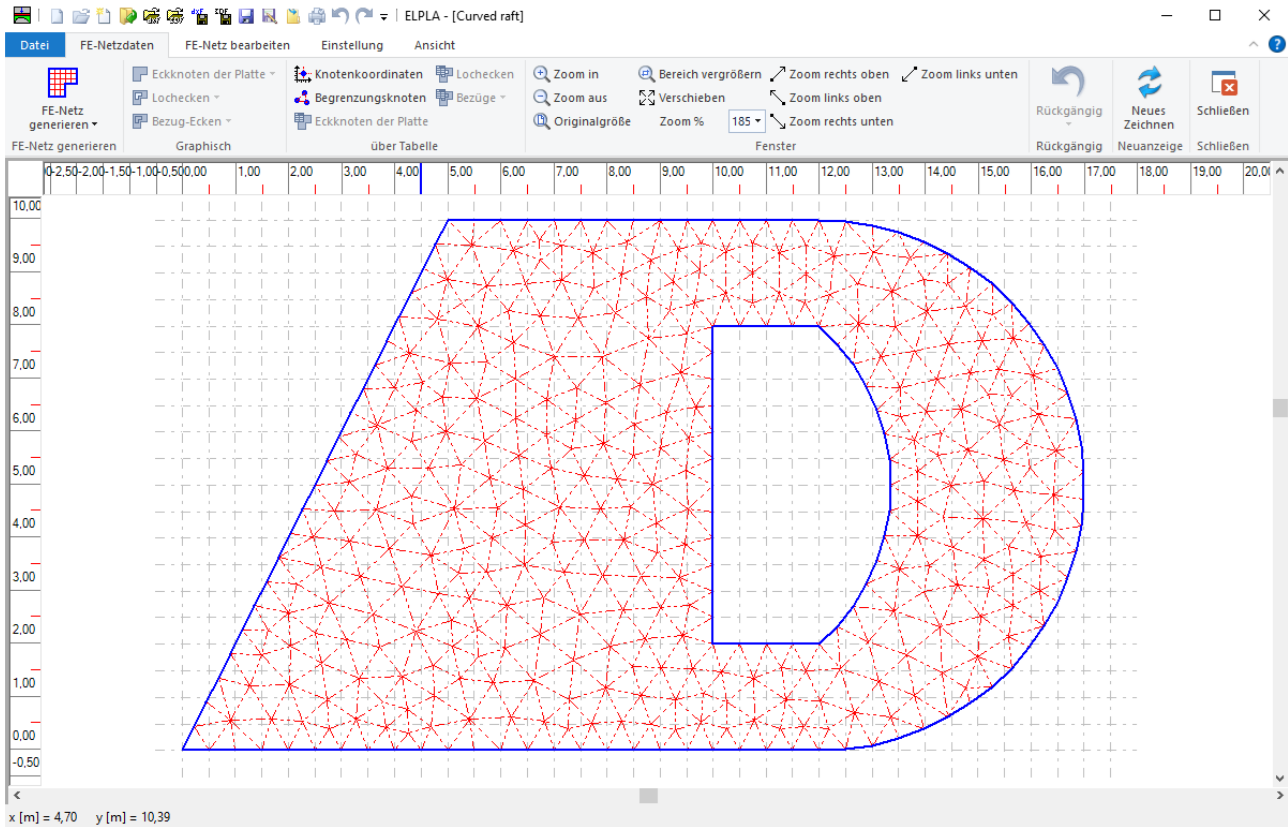


Bild 38 Beliebiger Plattengrundriss und Lastdaten, auch Löcher sind möglich

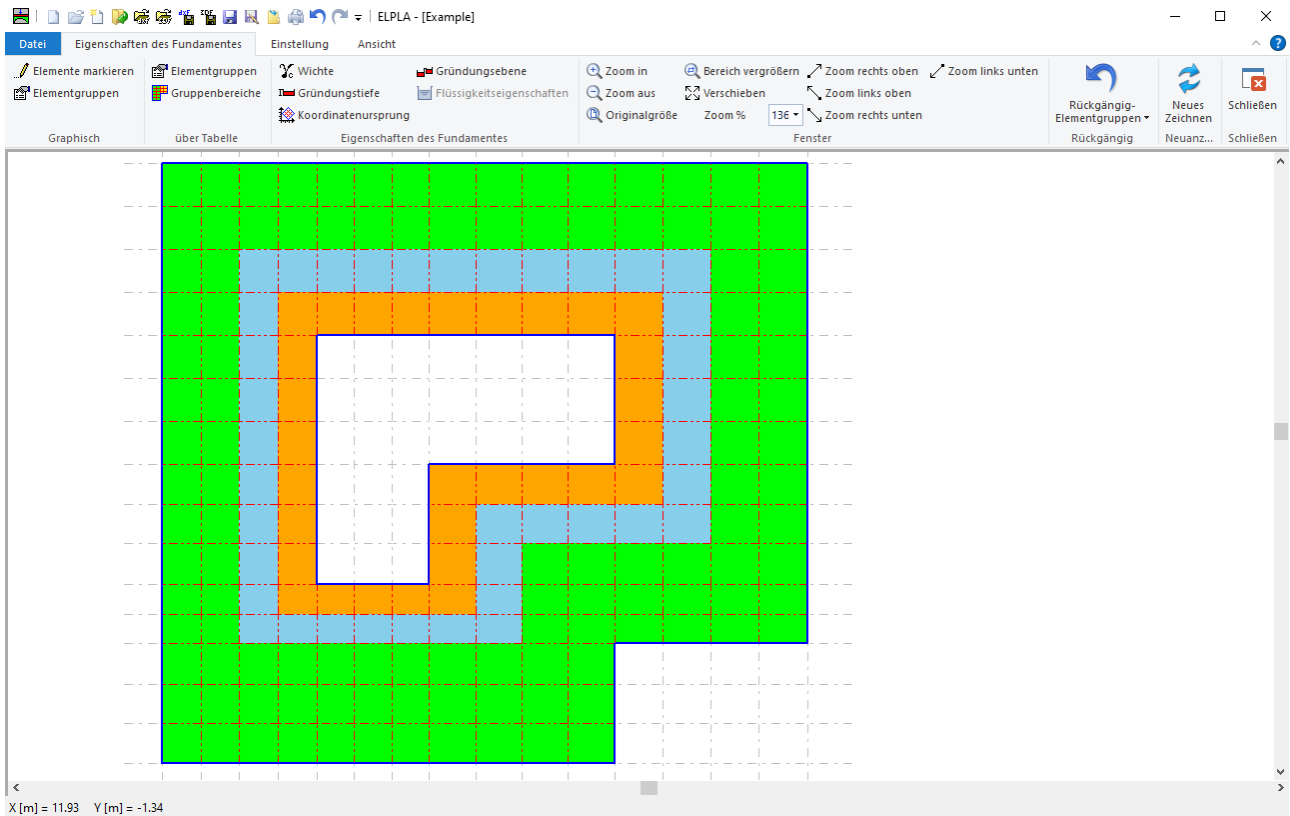


Bild 39 Unterschiedliche Plattendicke

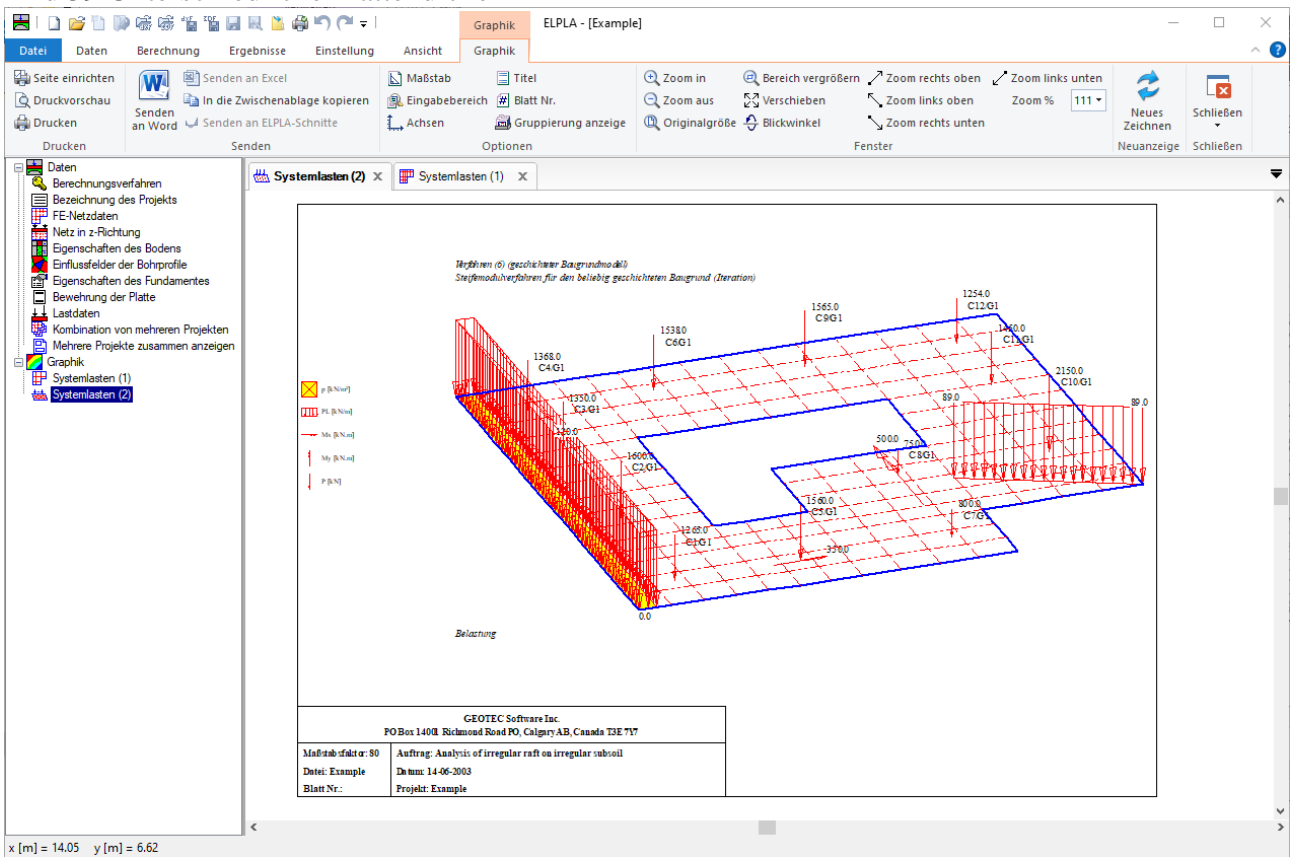


Bild 40 Verschiedene Lastarten

8 Auflagerbedingungen

Es ist möglich, feste (unverschiebliche) Punkt und Linienlager einzugeben. Es können aber auch elastische oder vorgegebene Verschiebungen und Verdrehungen mit konstanten oder federnden Auflagern berücksichtigt werden.

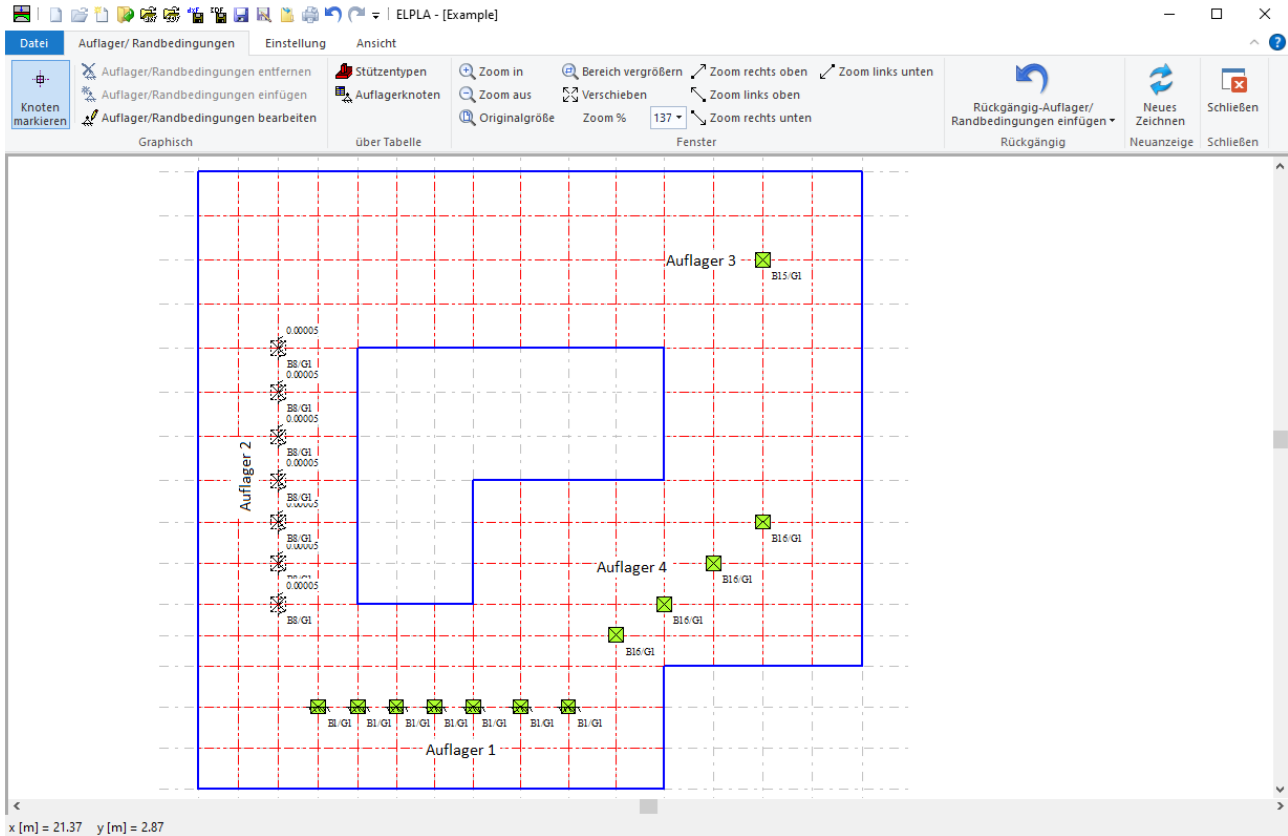


Bild 41 Elastische und feste Drehungen und Verschiebungen

9 Baugrund

Der Baugrund wird durch ein oder mehrere Bohrprofile definiert, deren Lage durch Koordinaten im Grundriss (Bild 42) festgelegt werden. Jedes Bohrprofil kann eine andere Schichtenfolge mit einer oder mehreren Schichten mit unterschiedlichen Bodenmaterialien aufweisen (Bild 45). Die Böden werden durch die Steifemoduli für Erstbelastung (E_s) und Wiederbelastung (W_s) und die Wichten γ definiert (Bild 46). Auch die Poissonzahl n des Bodens wird berücksichtigt. Zur Erfassung der Vorbelastung q_v kann eine Feldweise unterschiedliche Gründungstiefe t_f berücksichtigt werden. Es kann auch die Grenztiefe berechnet werden. Die Bohrprofile können mit den Bezeichnungen, Symbolen und Farben nach DIN 4023 oder nach eigener Wahl nebeneinander graphisch dargestellt werden (Bild 42).

Bei der Zuteilung der Bohrprofile zu den Bodeneigenschaften unter den einzelnen Elementknoten kann zwischen folgenden drei Verfahren gewählt werden:

1. Automatische bilineare Interpolation zwischen den Bohrprofilen (Bild 42).
2. Aufteilung der Fundamentfläche in Teilflächen mit gleichen Bohrprofilen (Bild 43).
3. Hand-Zuteilung der Bohrprofile zu den einzelnen Elementknoten (Bild 44).

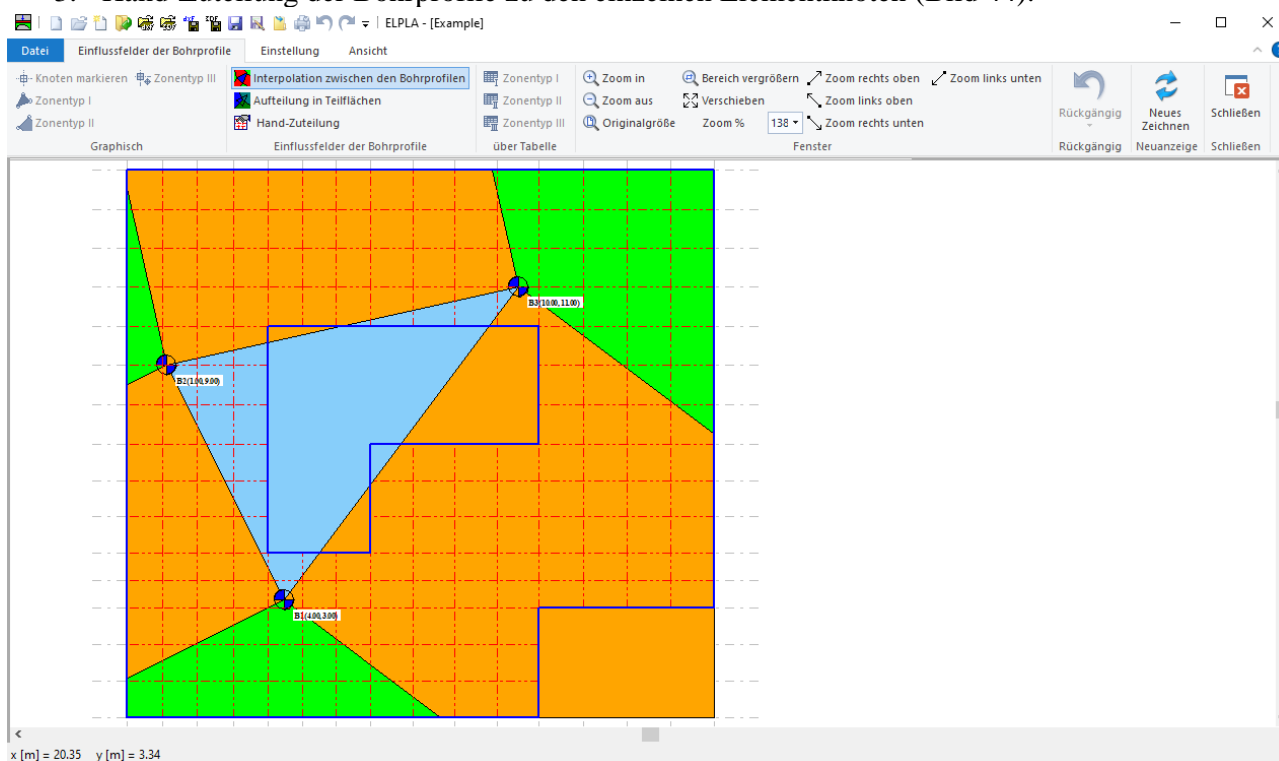


Bild 42 Automatische bilineare Interpolation zwischen den Bohrprofilen

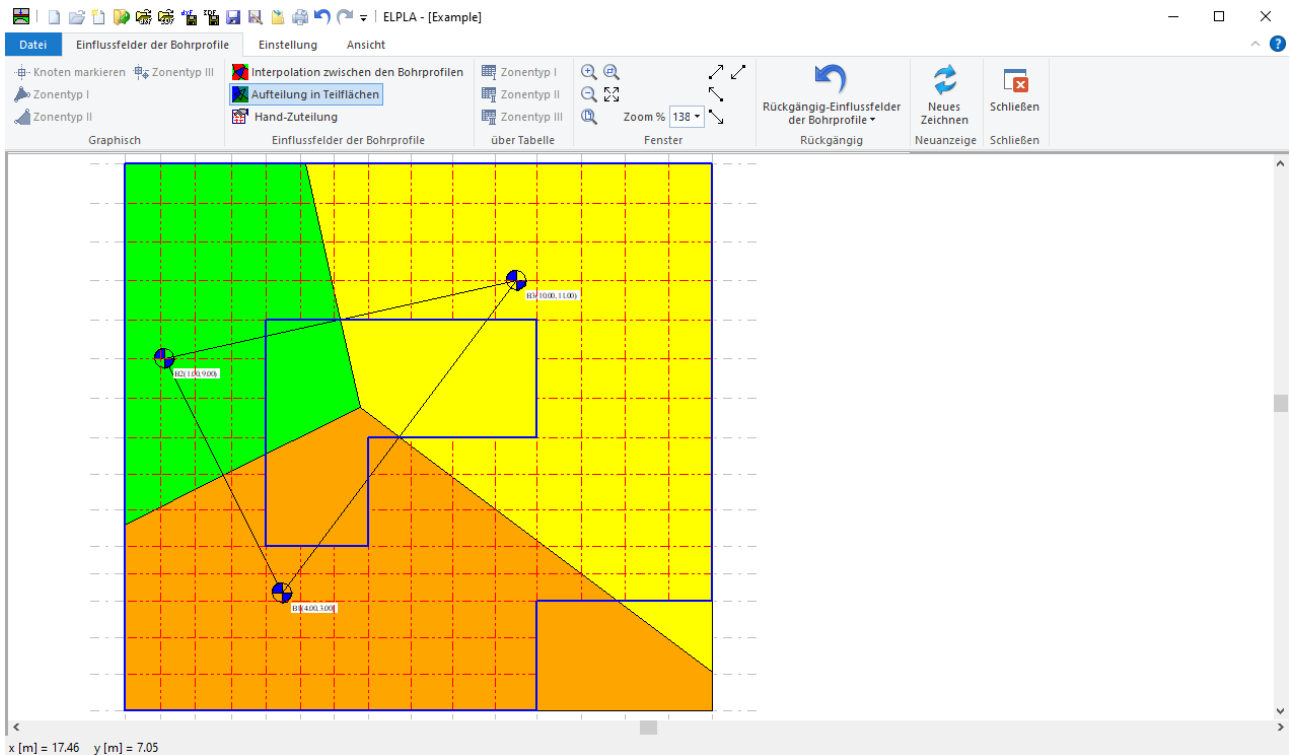


Bild 43 Aufteilung der Fundamentfläche in Teilflächen mit gleichen Bohrprofilen

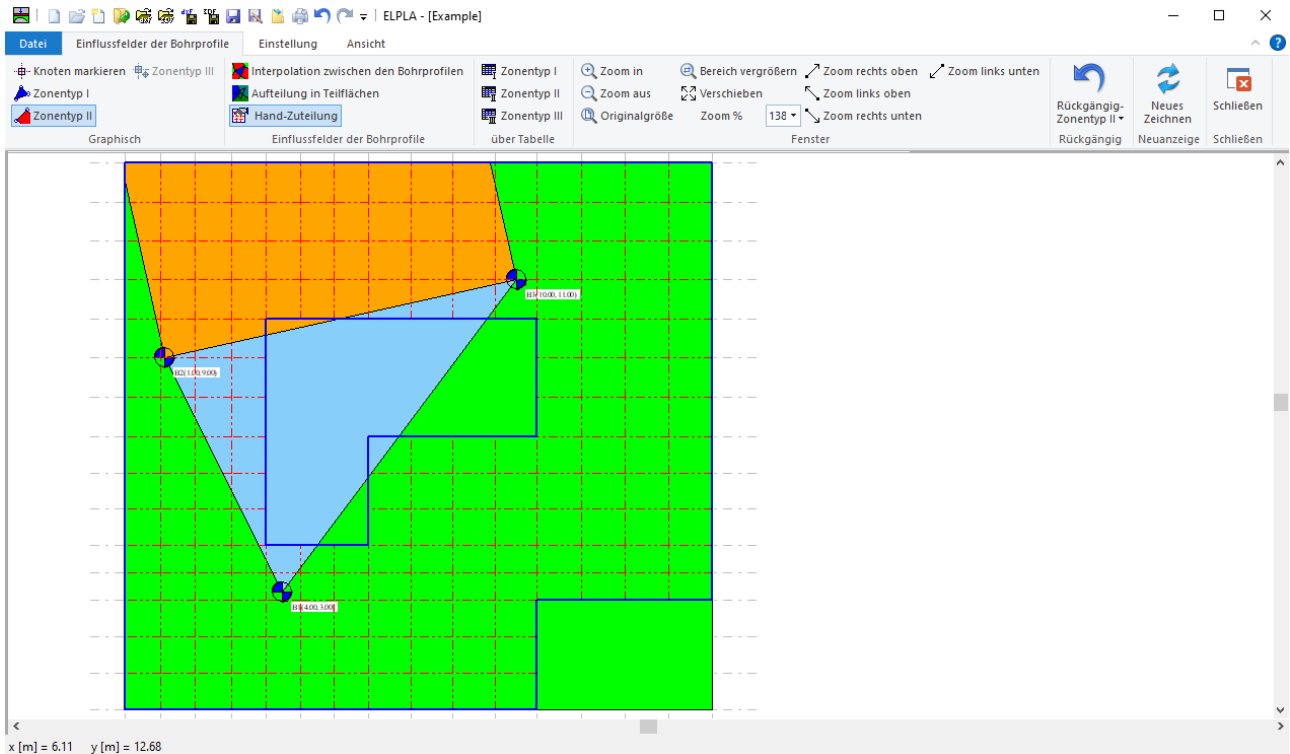


Bild 44 Hand-Zuteilung der Bohrprofile zu den einzelnen Elementknoten

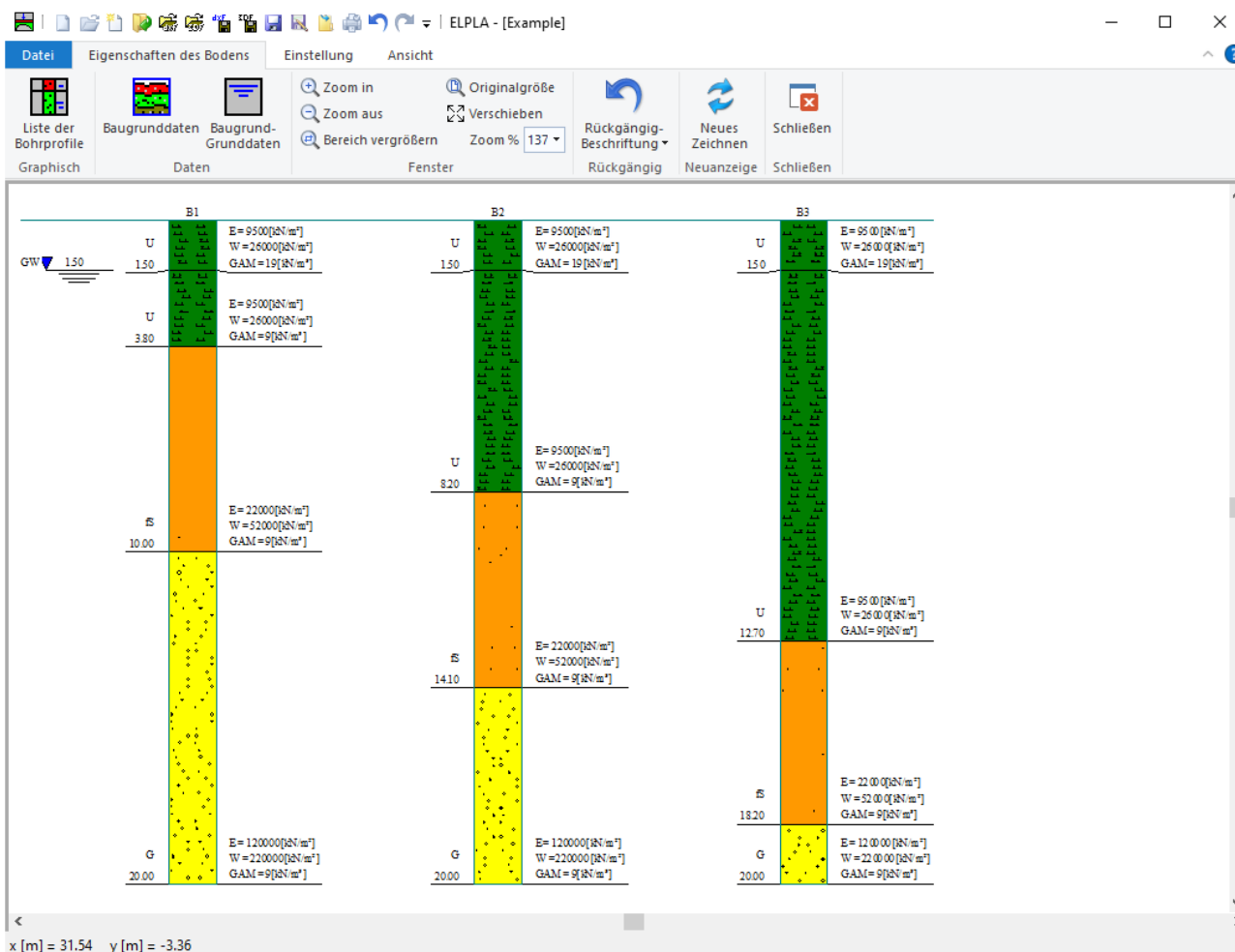


Bild 45 Beliebige Schichtdicke, unterschiedliche Schichtenfolge

The 'Baugrunddaten' dialog box is shown, detailing the configuration for a soil layer. It includes the following sections:

- Profil-Nr. 1 von 3 Profilen:** Profil-Nr. 1 von 4 Schichten:
- Kurzzeichen für Bodenarten und Fels:**
 - Hauptbodenart 1: U, Schluff
 - Hauptbodenart 2: -, keine
 - Nebenbodenart 1: -, keine
 - Nebenbodenart 2: -, keine
 - Farbe: ol, oliv
 - Kurztext: U
- Geotechnischen Daten der Schicht:**
 - Eigenschaften des Bodens werden mit Elastizitätsmodul E definiert
 - E: 9500 [kN/m²]
 - W: 26000 [kN/m²]
 - GA: 19 [kN/m²]
 - FHI: 30 [°]
 - c: 5 [kN/m²]
 - Nue: 0.3 [-]
 - Tiefe der Schicht unter Gelände: 1.50 [m]
- Buttons:** Schicht kopieren, Schicht einfügen, Schicht löschen, Profil kopieren, Profil entfernen, Profil einfügen (Aus Datei), Neu, Hilfe

Bild 46 Steifemoduli für Erst- und Wiederbelastung

10 Bemessung der Platten

Die Bemessung von Stahlbetonplatten erfolgt nach den Normen:

- EC 2 Europäisches Komitee für Normung, Planung von Stahlbeton und Spannbetontragwerken - Eurocode 2
- DIN 1045 Deutsches Institut für Normung, Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung
- ACI Amerikanisches Institut für Beton, Normerfordernisse für Stahlbetonbau
- ECP Ägyptische Norm der Praxis für Bemessung und Konstruktion von Stahlbetonbau

Bemessungsnorm-Parameter

EC 2 | **DIN 1045** | ACI | ECP | Mindestbewehrung

Teilsicherheitsbeiwerte:

Sicherheitsfaktor γ 1.75

Faktoren:

Abminderungsbeiwert der Betondruckfestigk α_R 0.95

Begrenzung der Druckzonenhöhe:

Bezogene Druckzonenhöhe nach DIN 1045 (Chi=0.8)

Bezogene Druckzonenhöhe eingeben χ 0.8

Speichern Abbrechen Standardparameter Hilfe

Bild 47 Dialogfeld "Bemessungsnorm-Parameter"

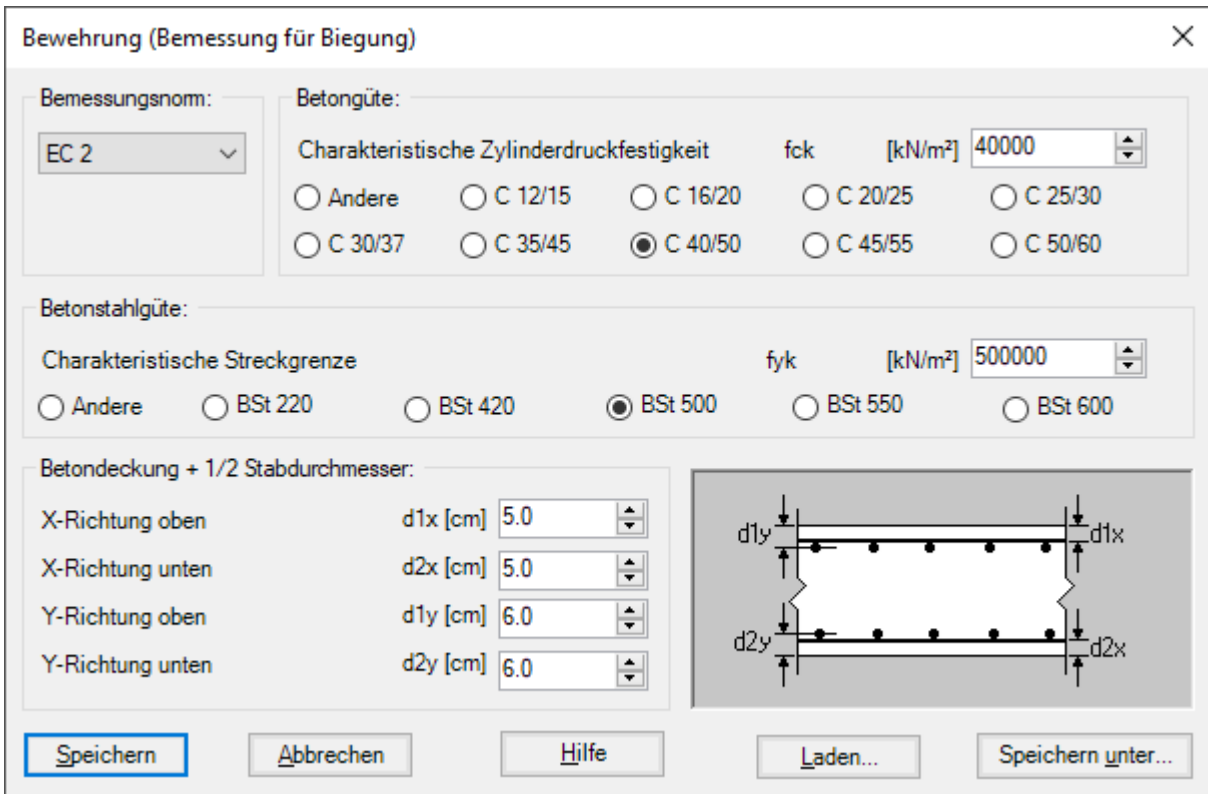


Bild 48 Dialogfeld "Bewehrung (Bemessung für Biegung)"

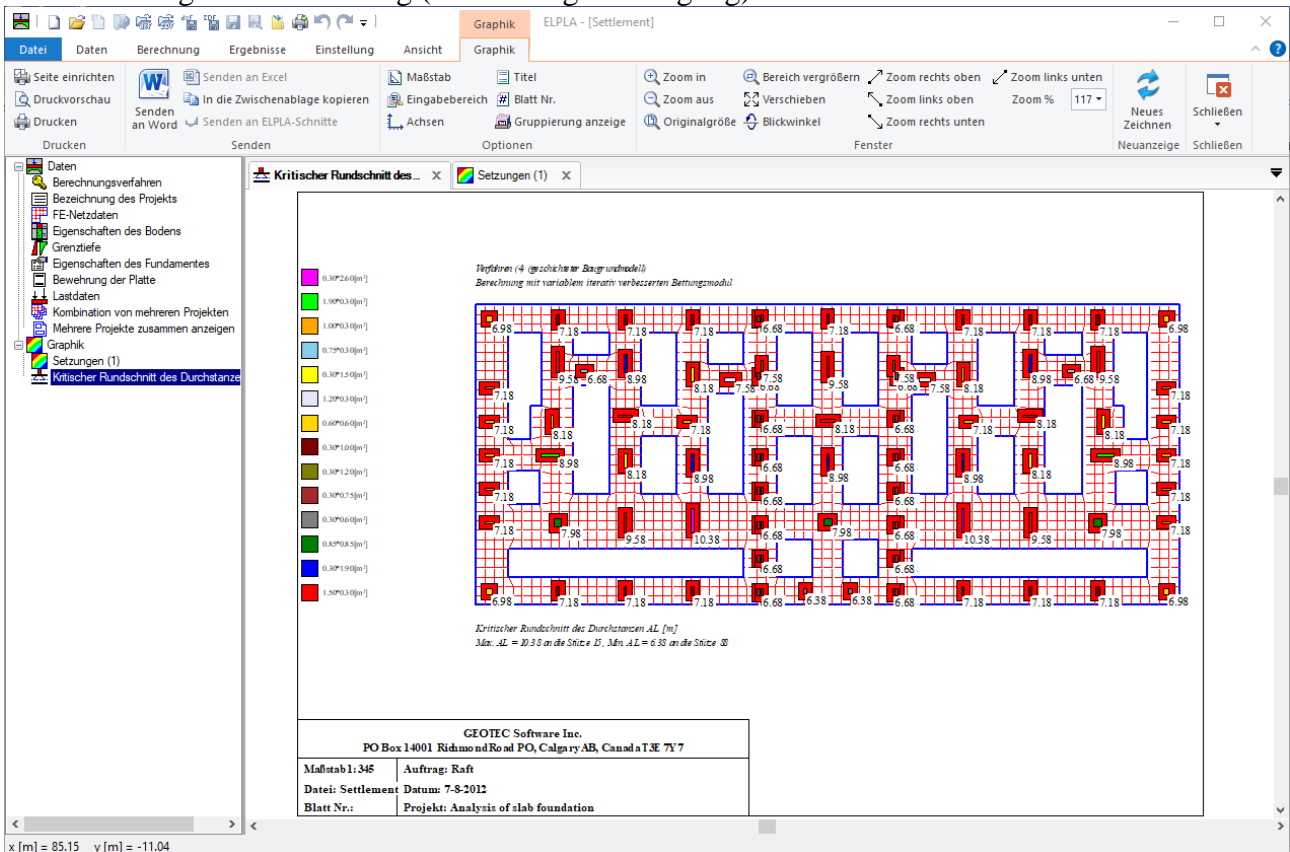


Bild 49 Kritischer Rundschnitt der Durchstanzes A_L unter den Stützen

11 Graphische Darstellungen der Daten und Ergebnisse

Mit dem Programm *ELPLA*-Graphik lassen sich vom Computer über 100 verschiedene Darstellungen der Eingabedaten und Endergebnisse auf dem Bildschirm, Drucker oder Plotter erzeugen. So können in Farbdarstellungen die Abmessungen und Grundrisse, die Setzungen, Sohldrücke, Verformungen, Schnittgrößen, Bettungsmoduli, Auflagerkräfte und Bewehrung auf dem Bildschirm, Drucker oder Plotter dargestellt werden (Bild 50 bis Bild 57).

So sind folgende Darstellungen auf dem Bildschirm, Drucker und Plotter möglich:

- Darstellung der Systemdaten (Abmessungen, Lasten usw.) im Grundriss
- Isometrische Darstellung der Systemdaten
- Lage der Bohrprofile im Grundriss und Interpolationsfelder
- Bohrprofile mit Bodenarten
- Grenztiefe
- Anordnung der Gründungkörper einschließlich
- benachbarter Platten
- Ergebnisse (Zahlen) im Grundriss
- Ergebnisse (Verlauf als Isolinien) im Grundriss
- Isometrische Darstellungen der Ergebnisse
- Kreisdiagramme zu den Ergebnissen
- Hauptmomente als Striche im Grundriss
- Auflagerkräfte als Pfeile im Grundriss
- Verformungen der Platte
- Stäbe.

Die Darstellungen können wahlweise als WMF-Datei ausgegeben werden, so dass sie von anderen Graphik- oder Textverarbeitungsprogrammen (z.B. WordPerfect) übernommen werden können.

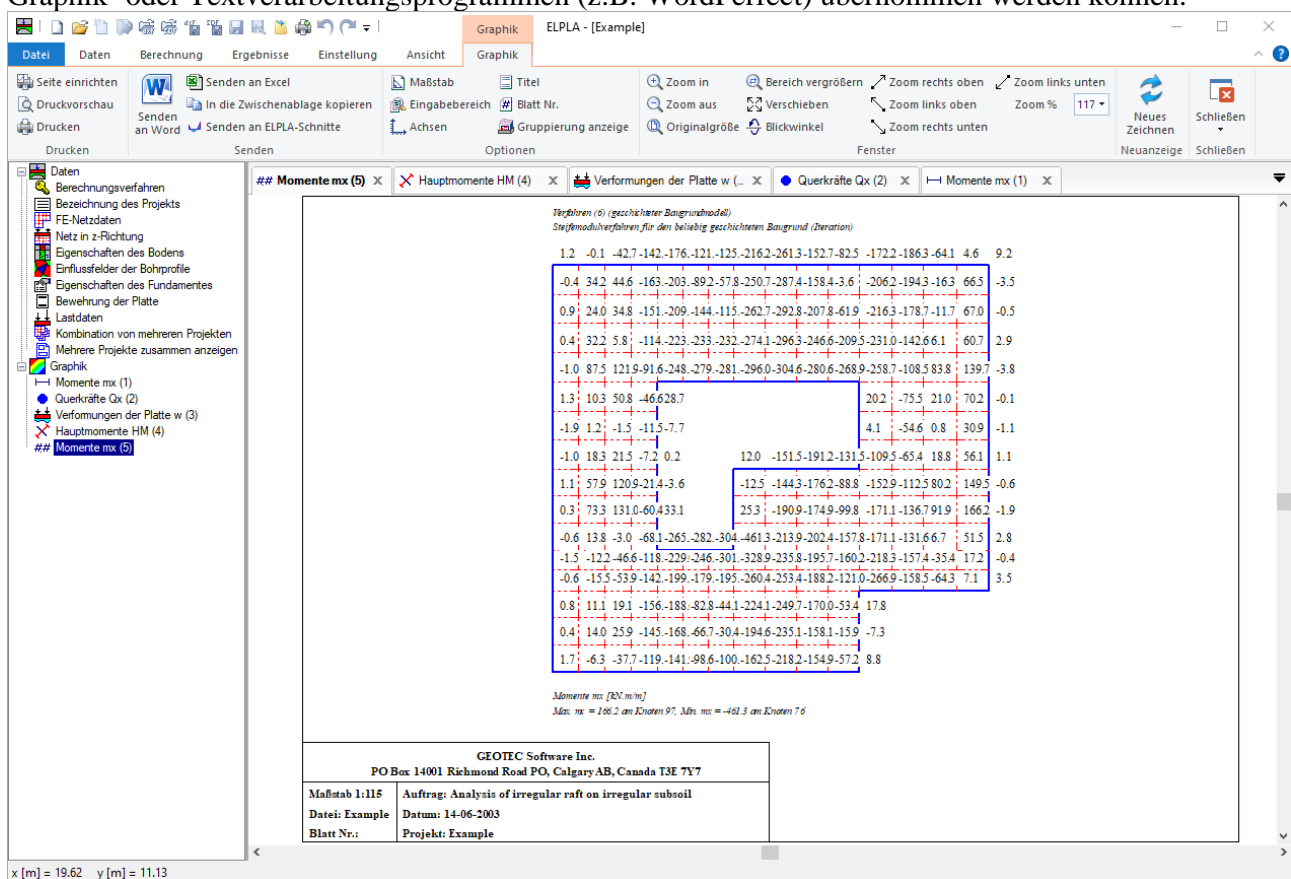


Bild 50 Ergebniswerte im Grundriss

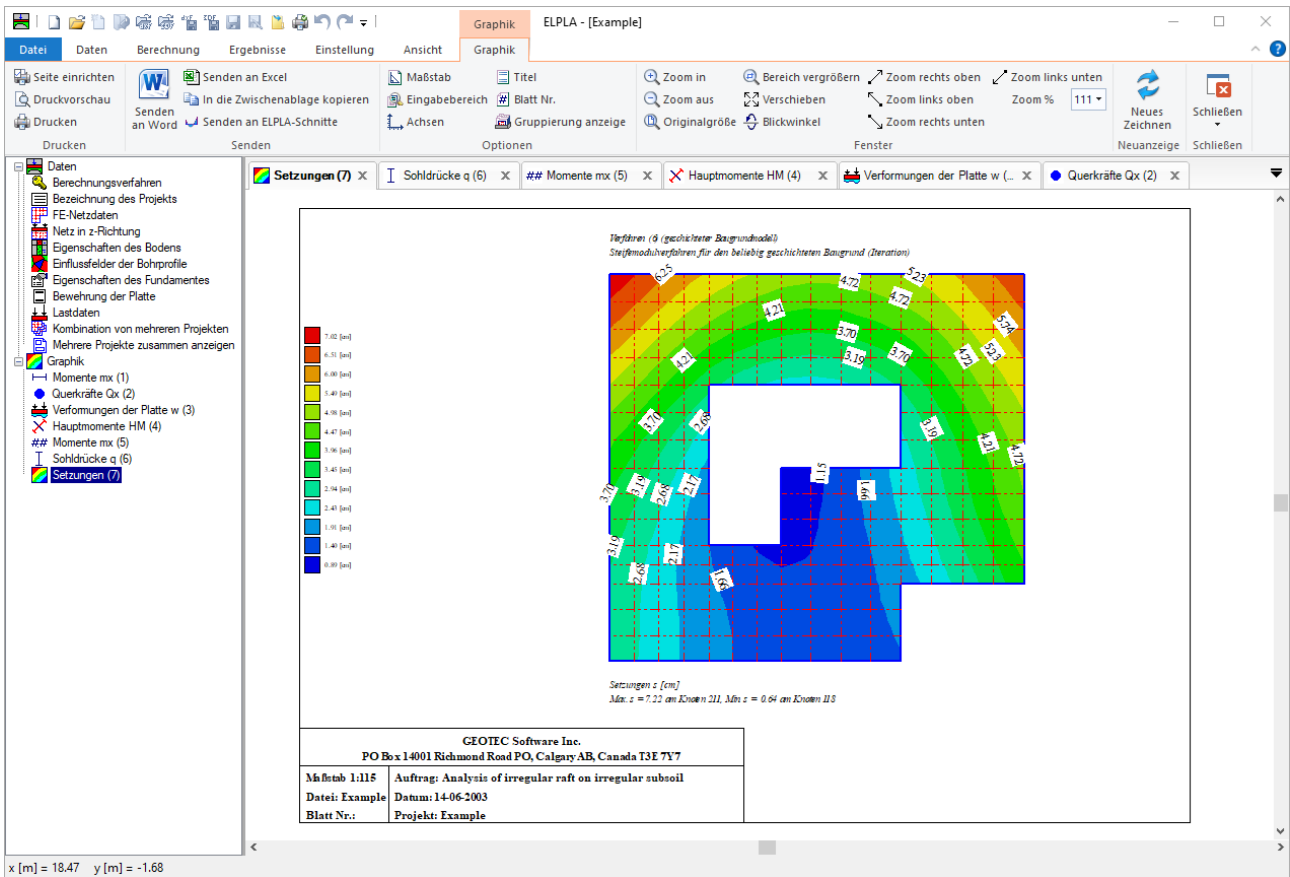


Bild 51 Isolinien-darstellung von Ergebnissen

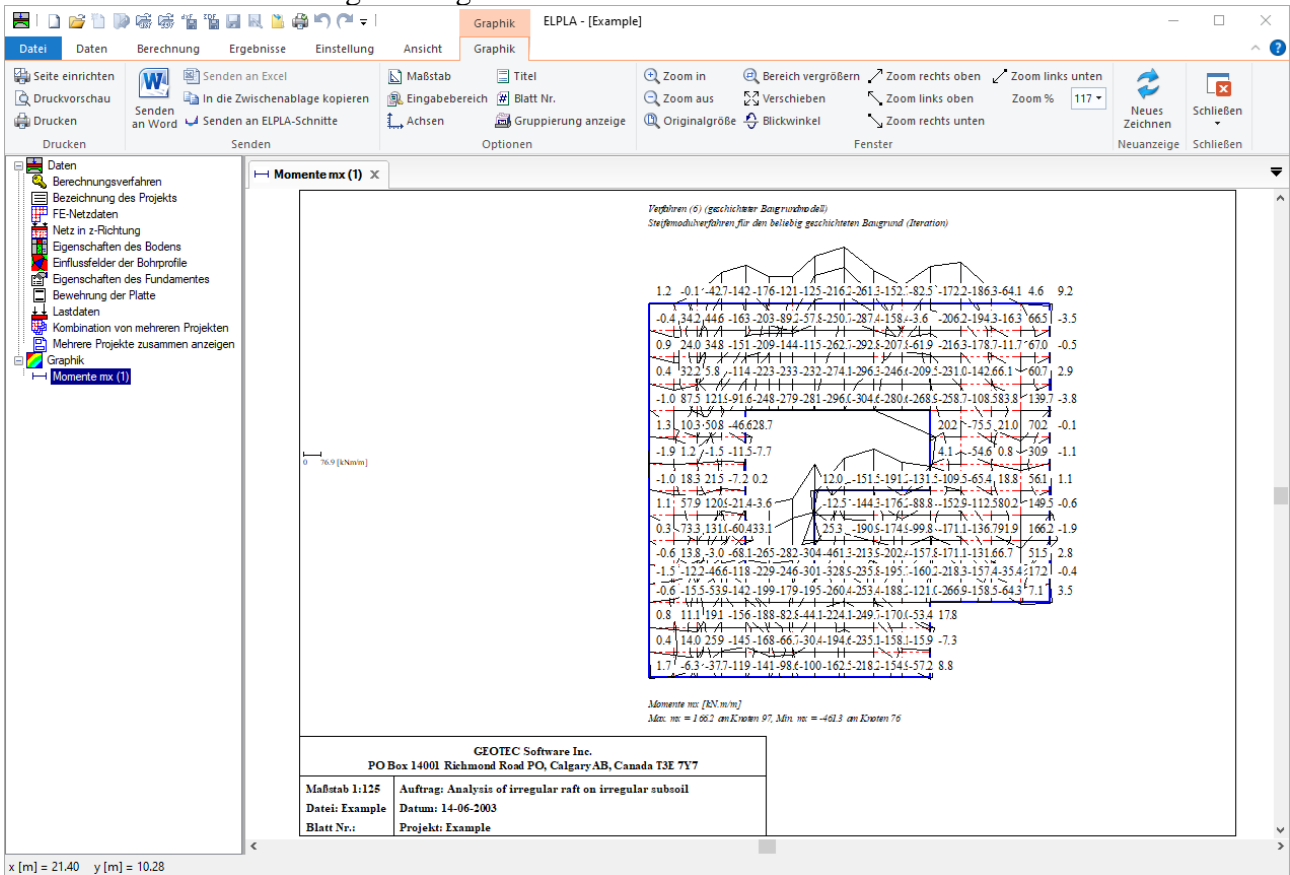


Bild 52 Aufzeichnung des Verlaufes der Ergebnisse im Grundriss

Beschreibung des Programms ELPLA

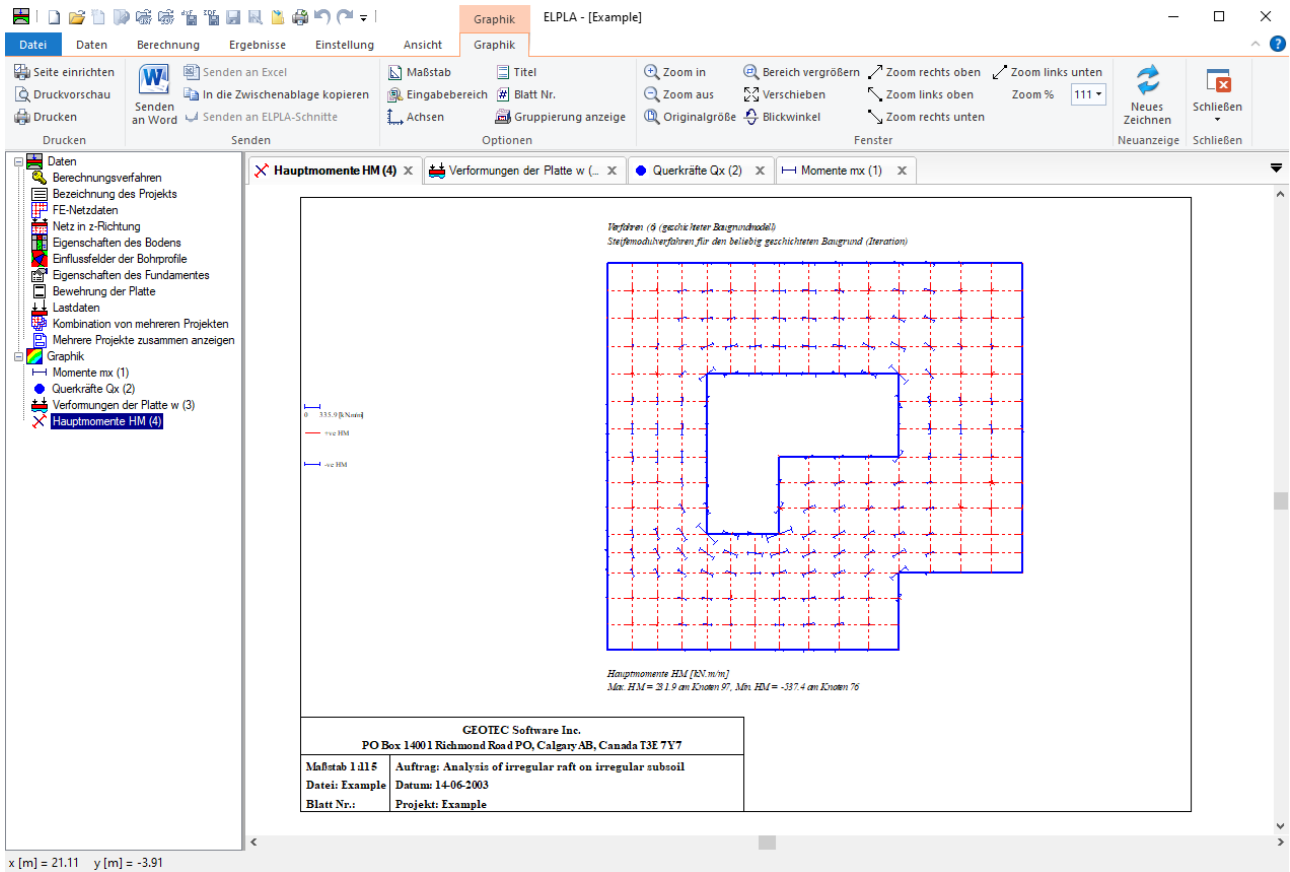


Bild 53 Strichdarstellung der Hauptmomente

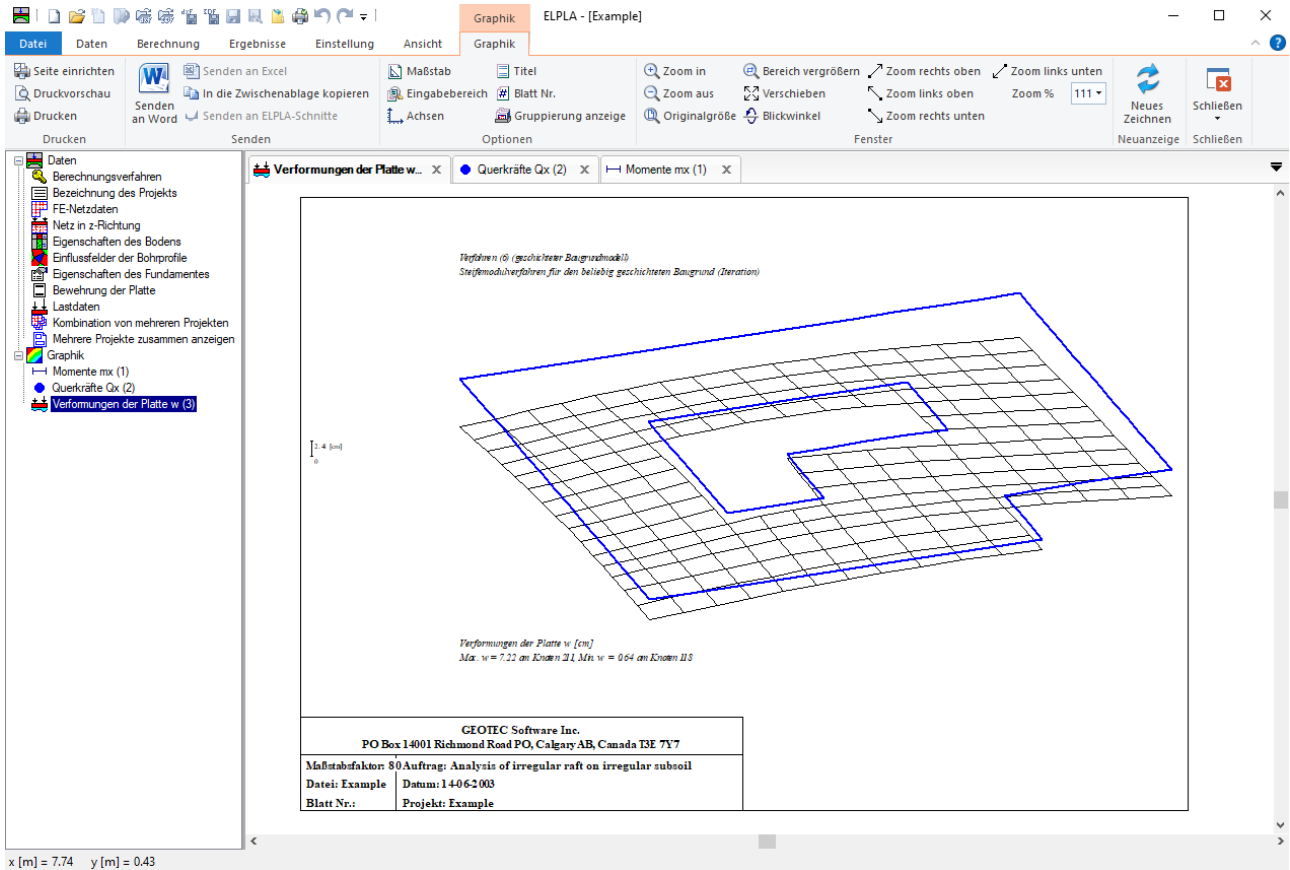


Bild 54 Verformungen mit deformiertem Elementnetz

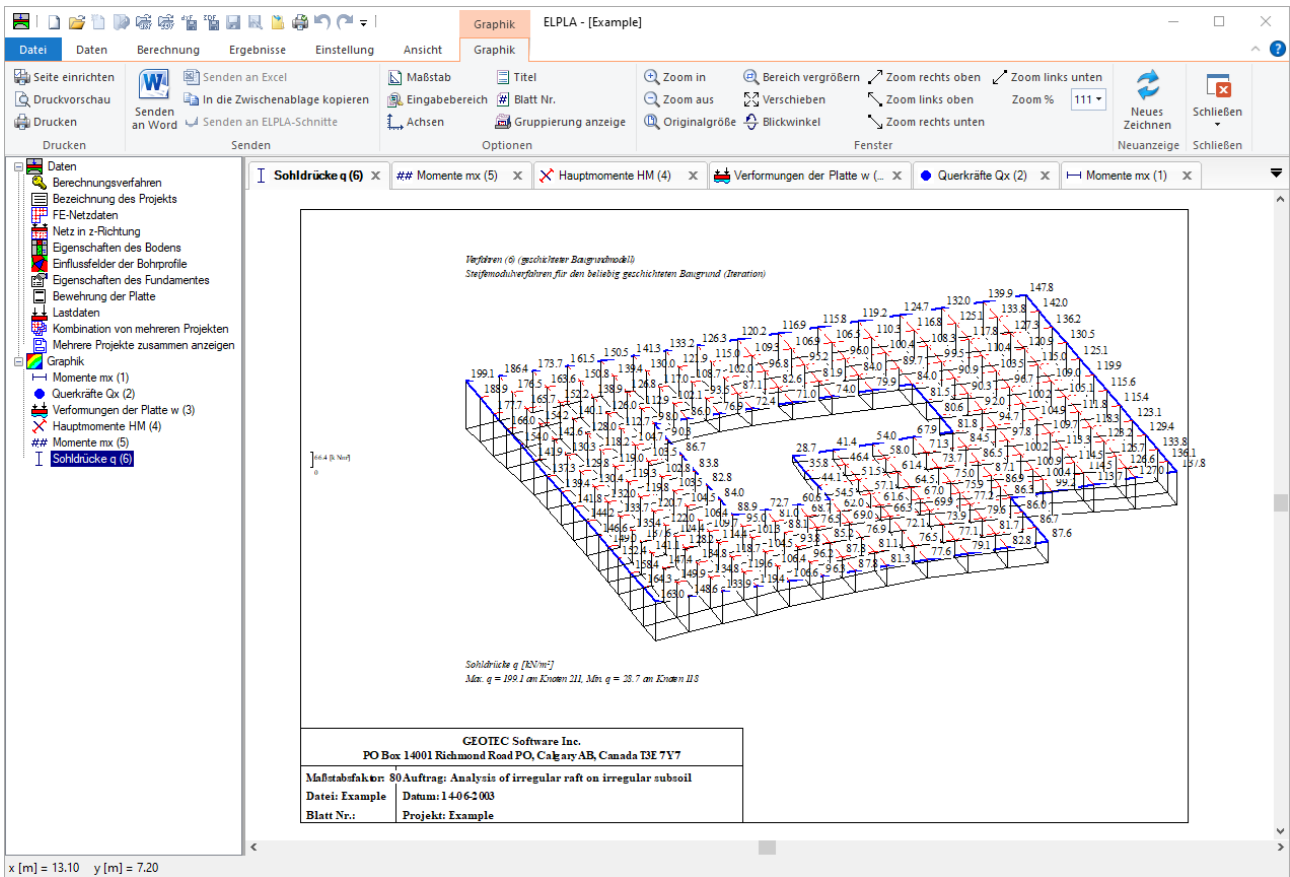


Bild 55 Isometrische Darstellung von Ergebnissen

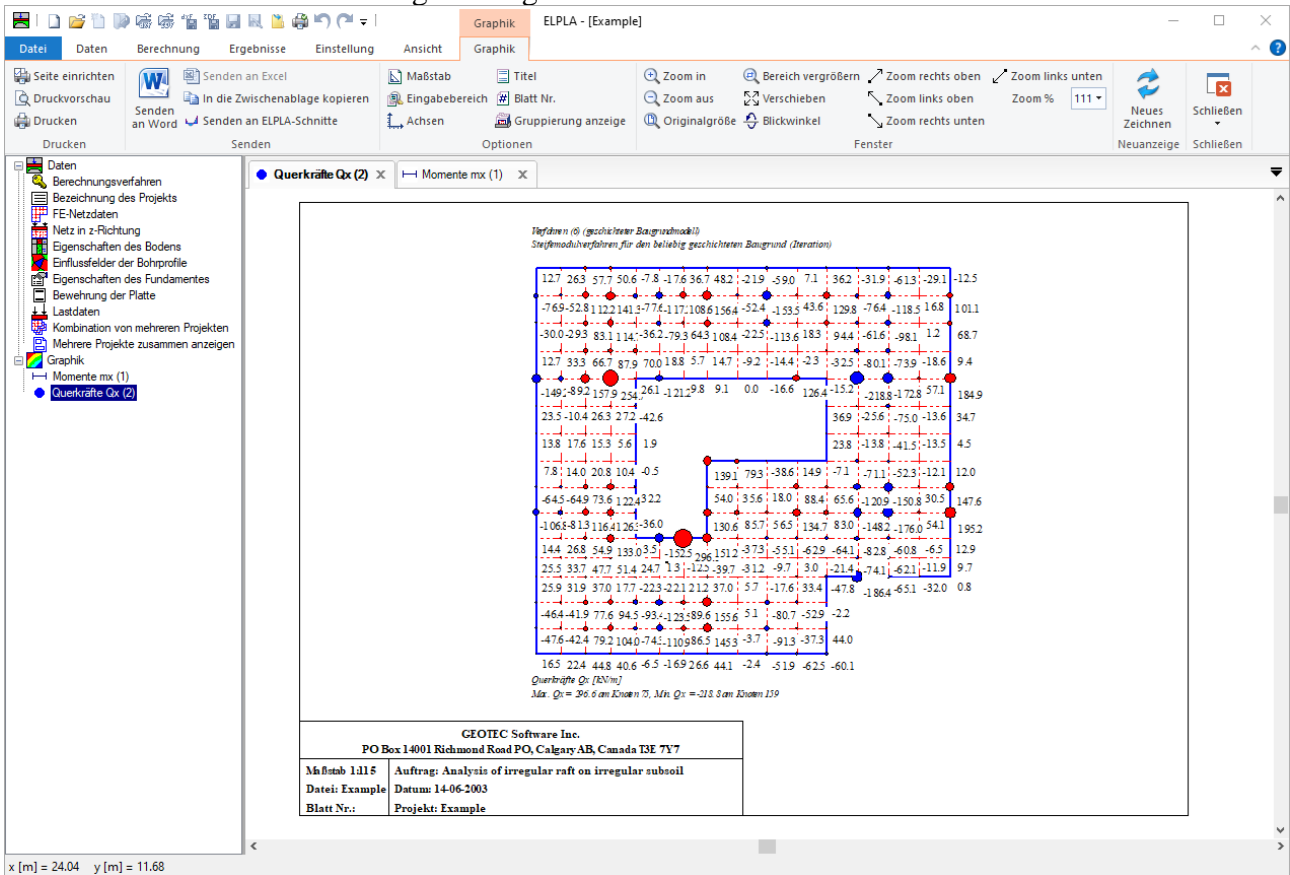


Bild 56 Kreisdiagramme von Ergebnissen

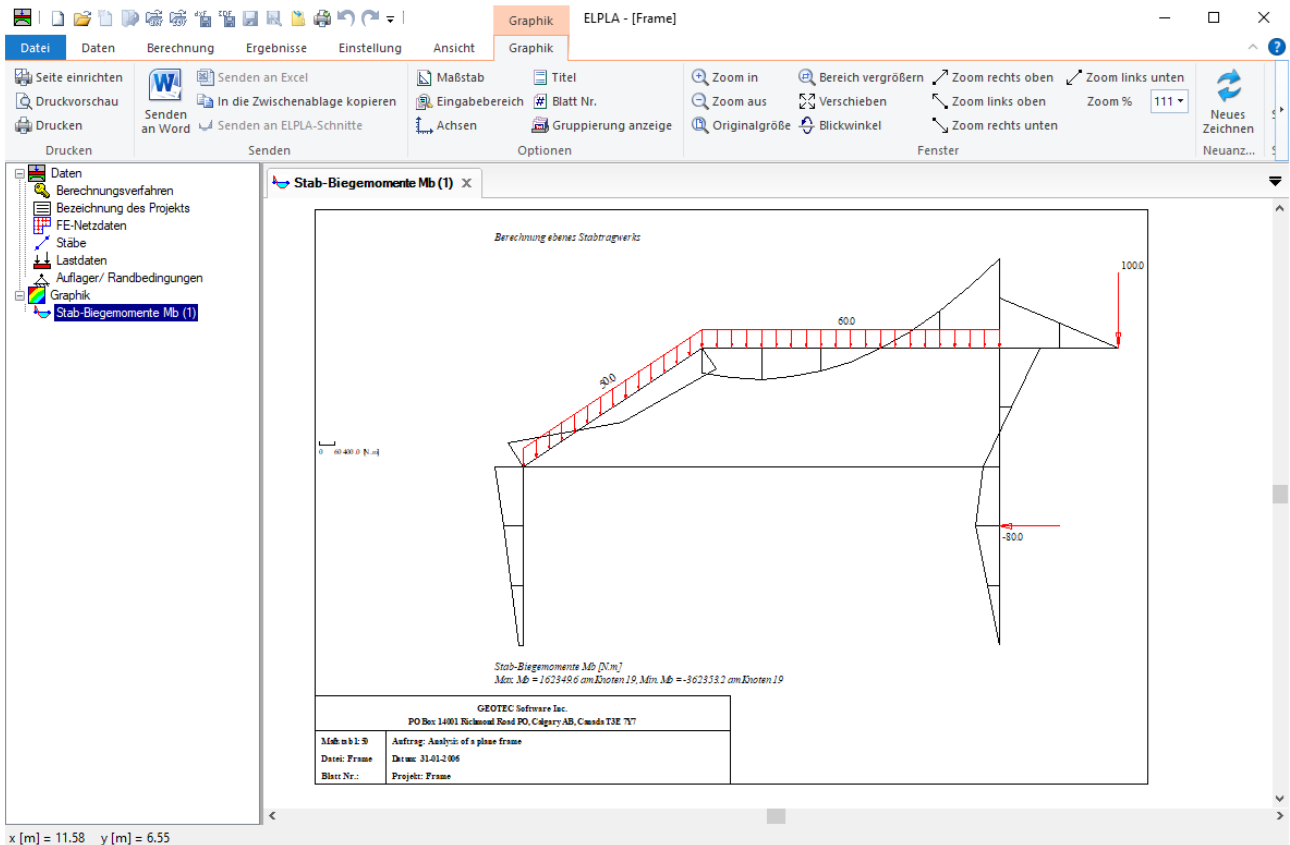


Bild 57 Verteilung der Biegemomente

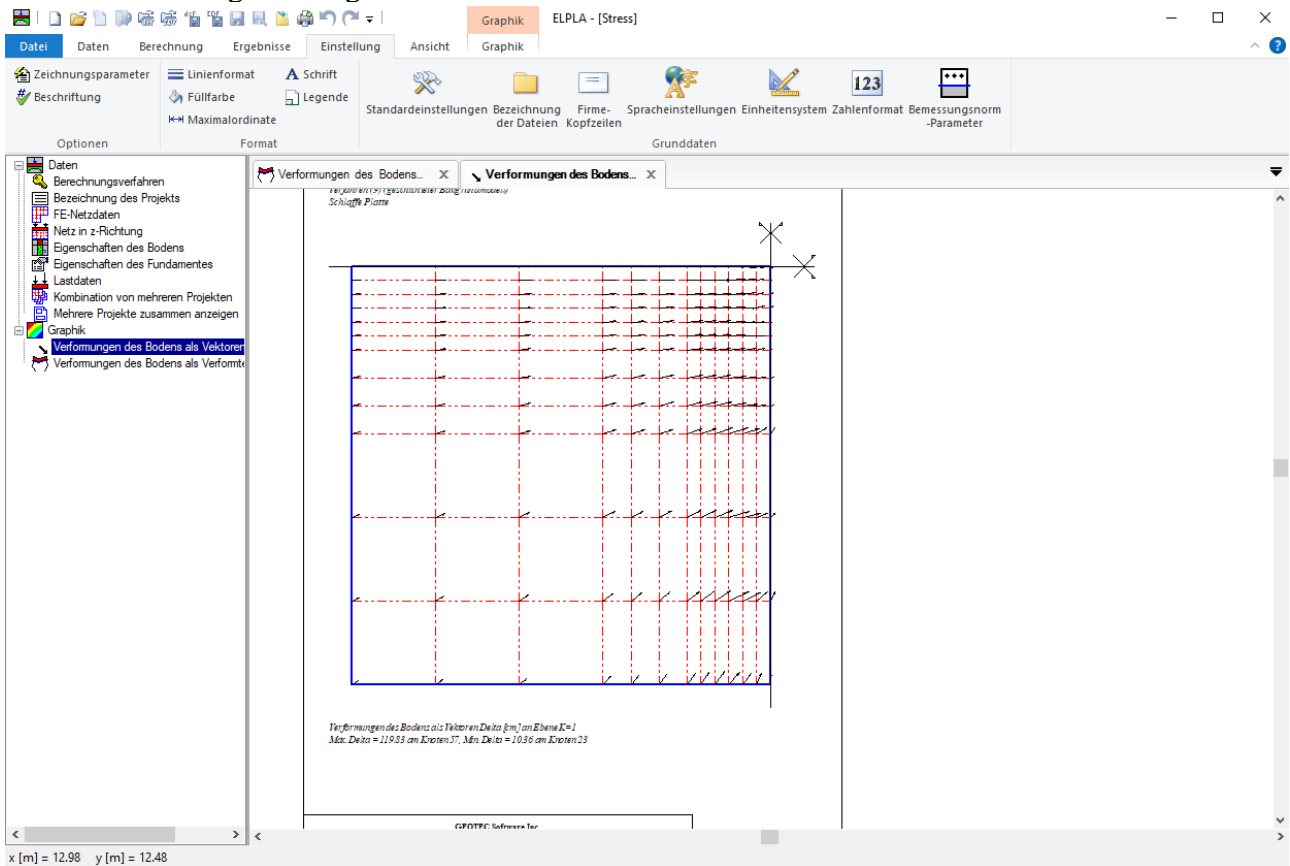


Bild 58 Verformungen als Vektoren

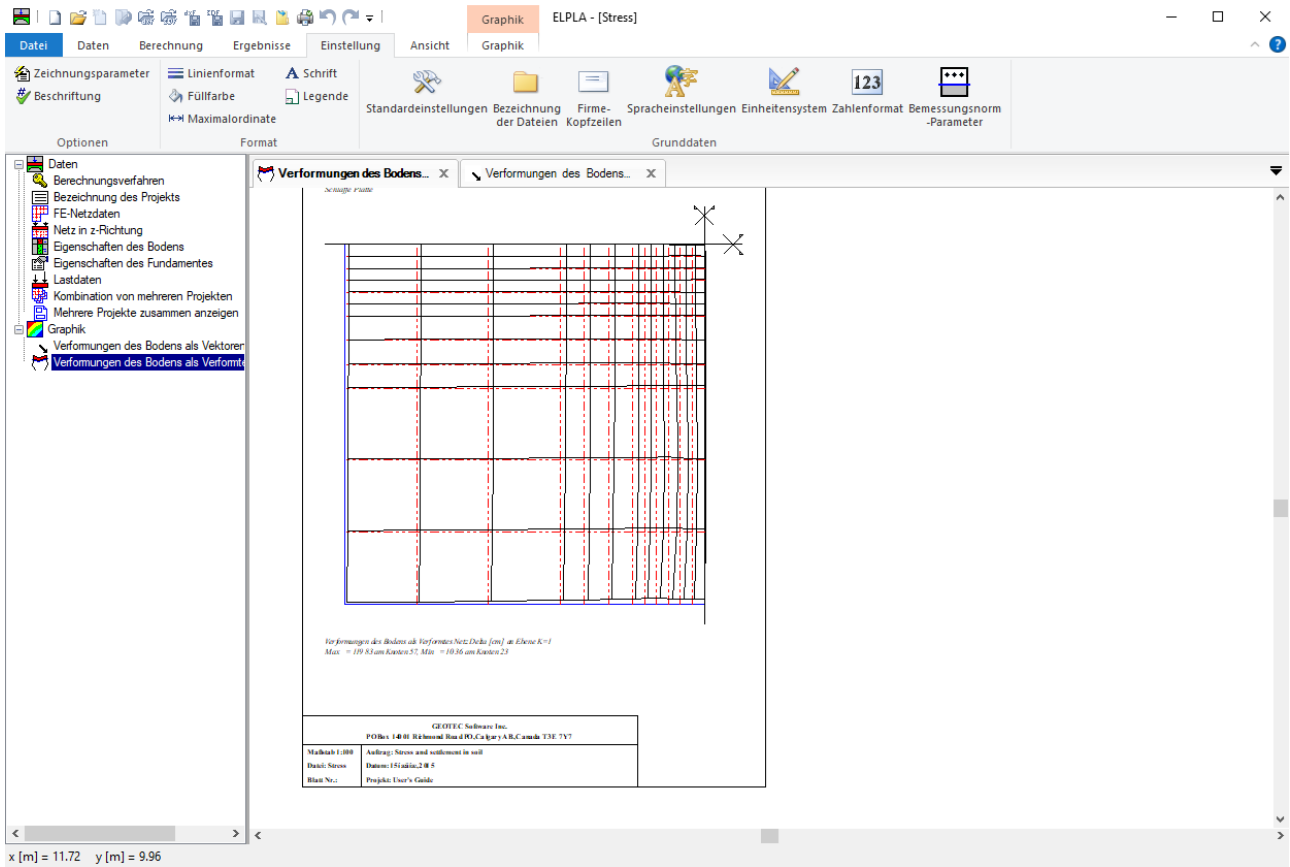


Bild 59 Verformungen des Bodens als verformtes Netz

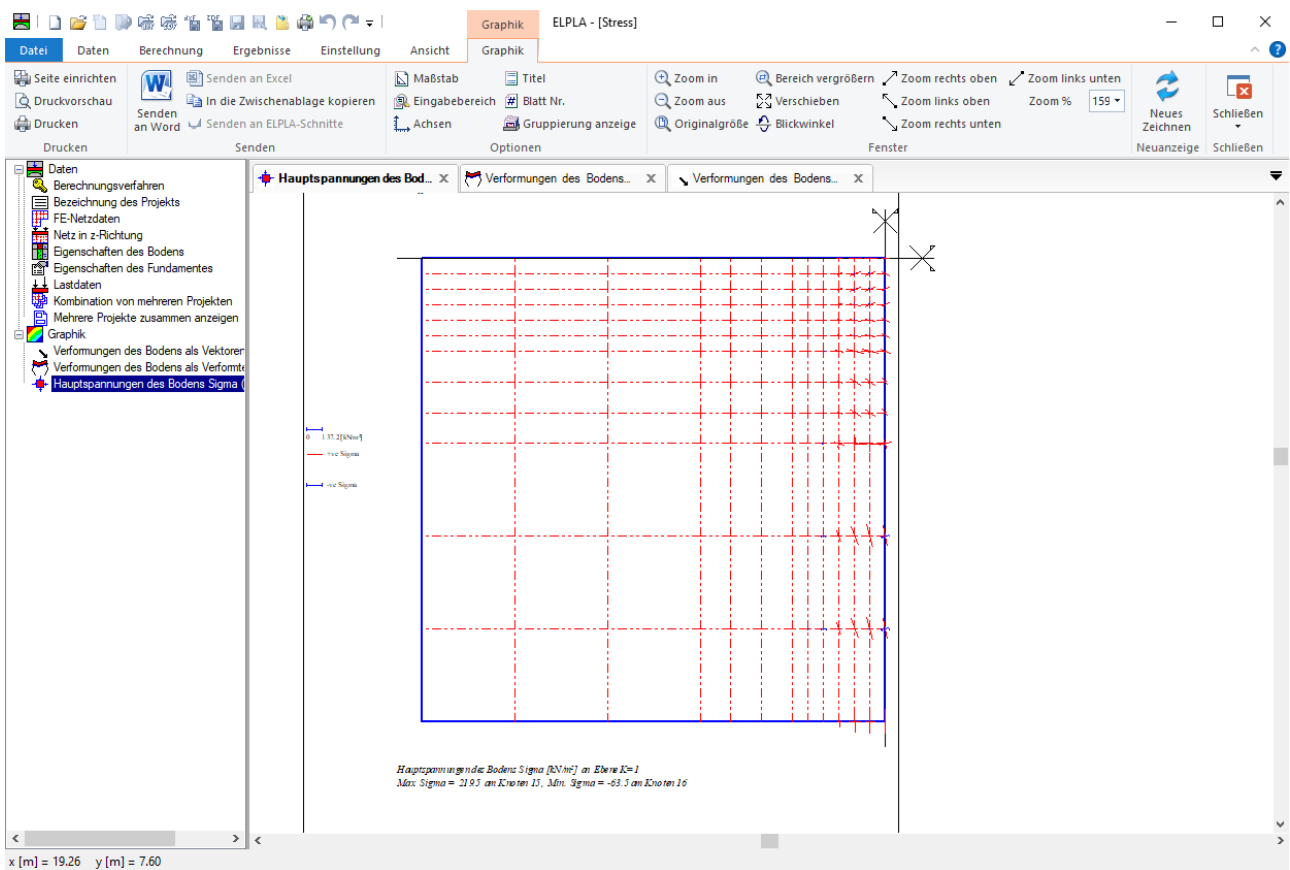


Bild 60 Hauptspannungen des Bodens als Striche

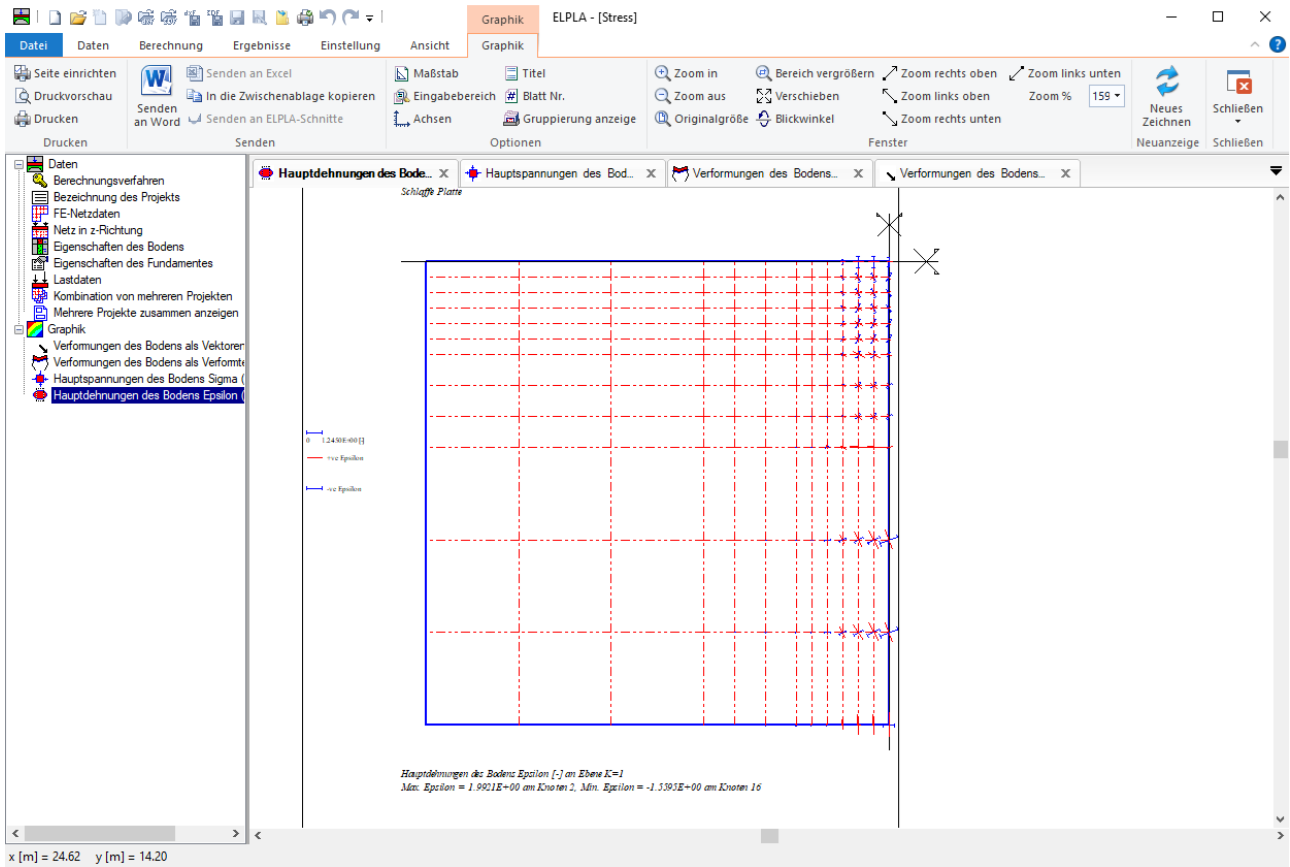


Bild 61 Hauptdehnungen des Bodens als Striche

12 Darstellung der Schnitte

Ferner lassen sich von den Berechnungsergebnissen Schnitte (z.B. Setzungen, Verschiebungen aus Eigenbelastungen oder Nachbareinflüssen, Temperaturverschiebungen) definieren und zeichnen. Es können auch die Grenzwerte der Berechnungsergebnisse aus mehreren Lastfällen oder mehreren Berechnungsverfahren in einem Bild gezeichnet werden (Bild 62 bis Bild 66). So können z.B. folgende Schnitt-Darstellungen gezeichnet werden:

- Schnitte in x-Richtung
- Max./ Min.-Werte in x-Richtung
- Überlappung in x-Richtung
- Schnitte in y-Richtung
- Max./ Min.-Werte in y-Richtung
- Überlappung in y-Richtung
- Beliebiger Schnitt

Auch diese Schnitte können wahlweise als WMF-Datei ausgegeben und damit von anderen Graphik- oder Textprogrammen übernommen werden. Zu vielen Eingaben können vom Benutzer am Bildschirm auf Knopfdruck Informationen und Erläuterungen über Verfahren, Anwendungsgrenzen usw. angefordert werden.

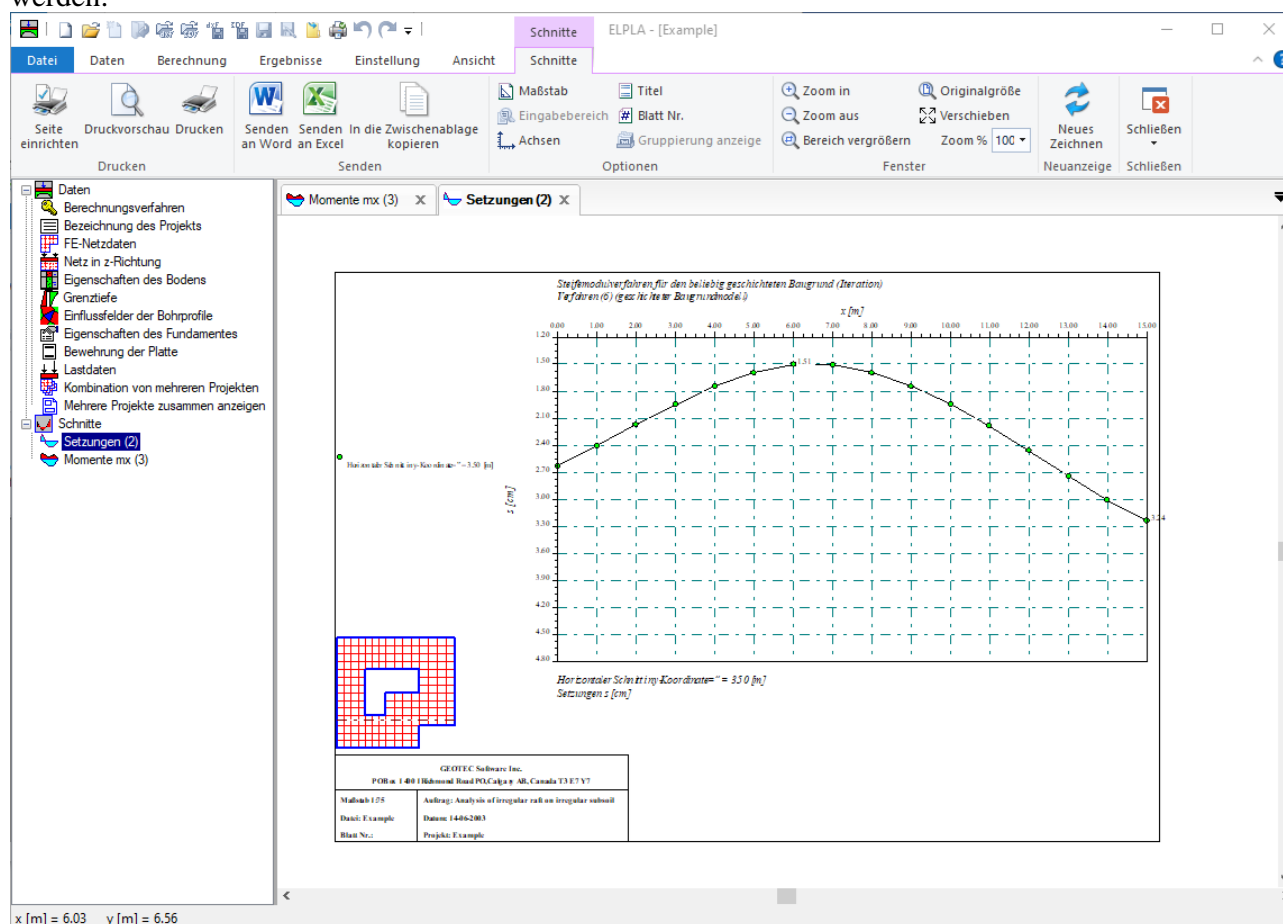


Bild 62 Darstellung von Schnitten

Beschreibung des Programms ELPLA

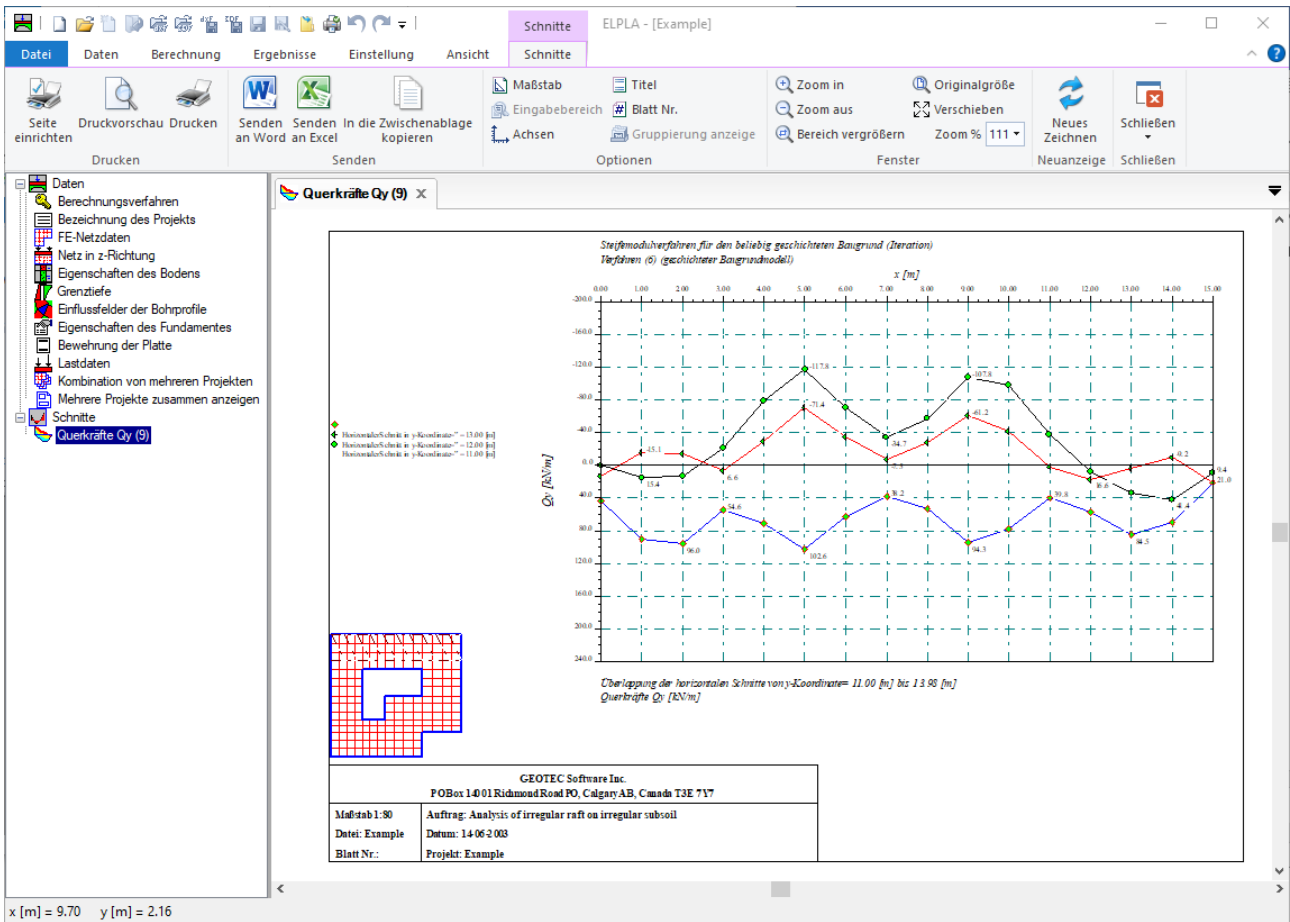


Bild 63 Schnitte von mehreren Projekten können zusammen dargestellt werden

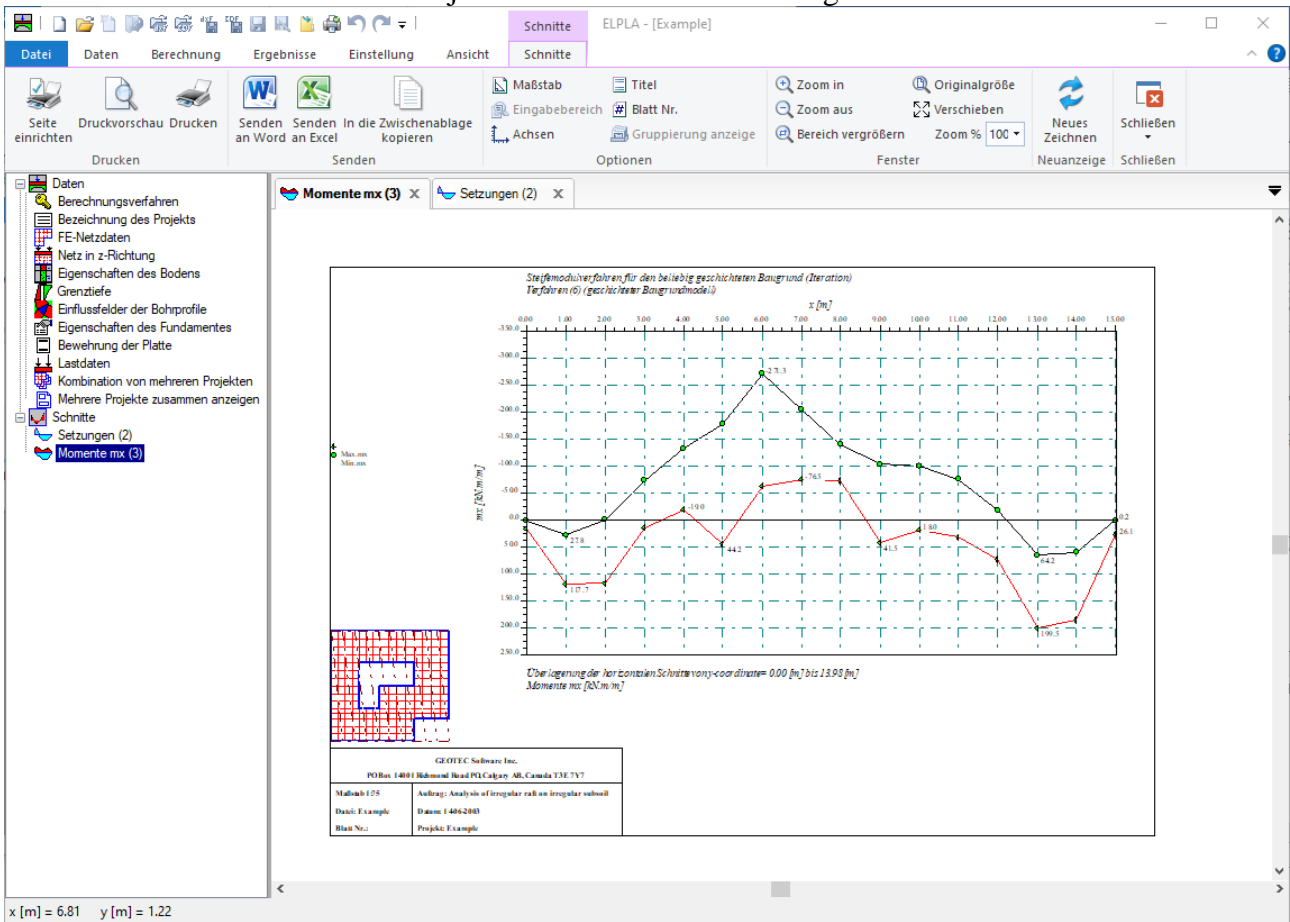


Bild 64 Max./ Min. - Werte der Ergebnisse

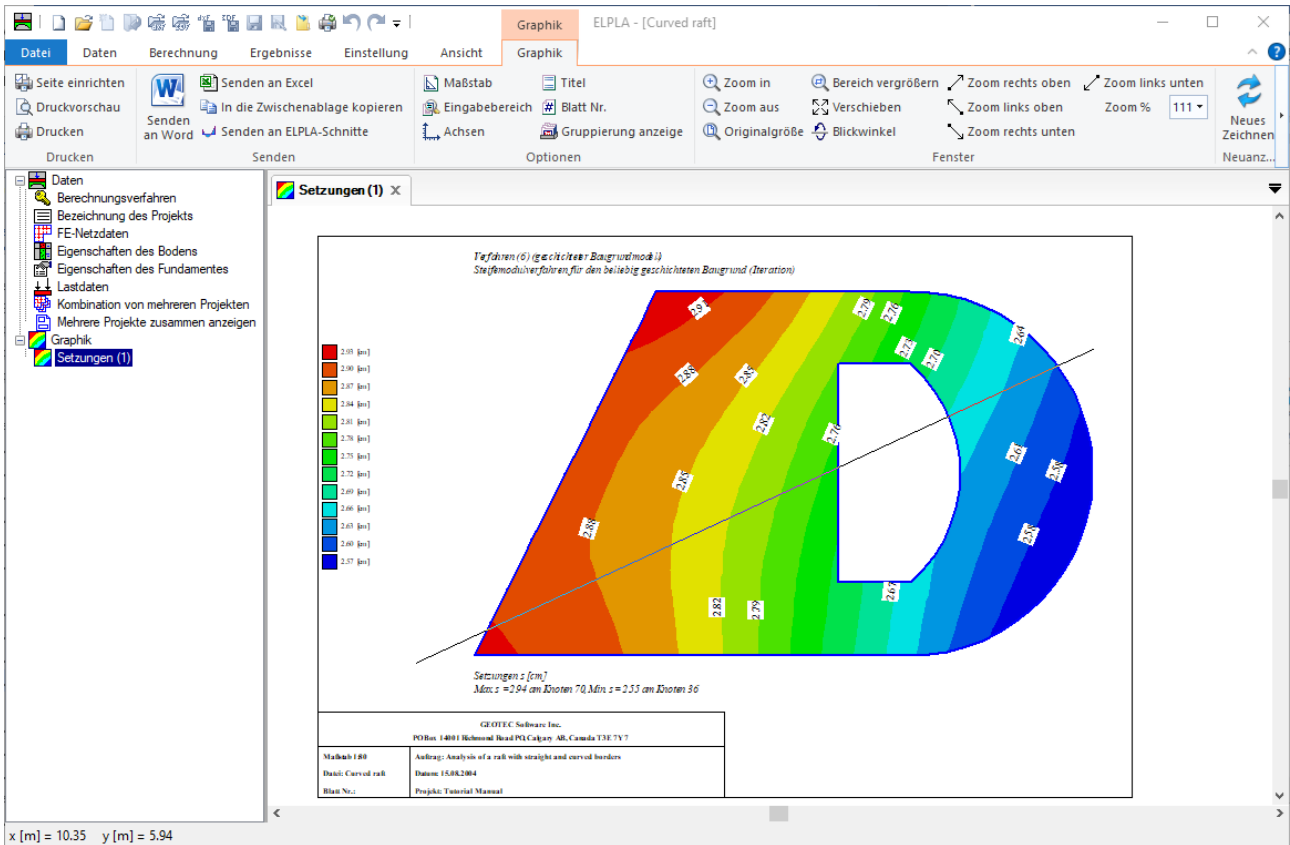


Bild 65 Abschnitt mit Maus definieren

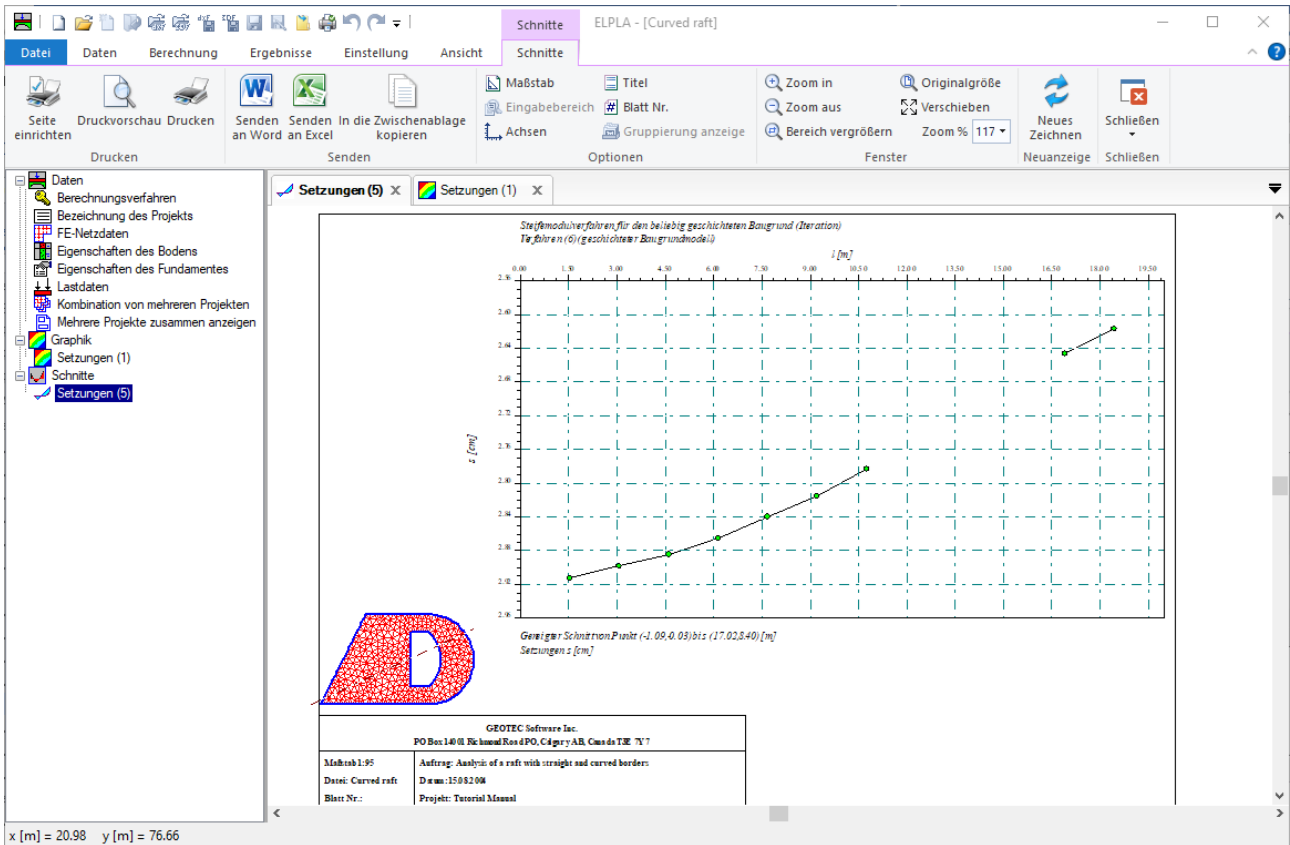


Bild 66 Ein Diagramm in der Registerkarte "Schnitte" anzeigen

13 Tabellierung der Daten und Endergebnisse

Mit der Befehlsgruppe "Liste" lassen sich die Eingabedaten und Berechnungsergebnisse als Listing auf dem Bildschirm oder Drucker ausgeben. Der Text in folgender Weise ausgegeben werden:

- Tabellen der Daten anzeigen
- Tabellen der Daten durch Text-Editor listen
- Tabellen der Ergebnisse anzeigen
- Tabellen der Ergebnisse durch Text-Editor listen

Die Eingabedaten und Berechnungsergebnisse können mit einem einfachen Textverarbeitungsprogramm (Text-Editor) geändert oder wahlweise in einer ASCII-Datei abgespeichert werden. Die Dateien können von anderen Textverarbeitungsprogrammen (z.B. MS Word) zur Weiterverarbeitung übernommen werden. Im Folgenden wird beschrieben, wie man zur Ausgabe auf dem Bildschirm oder Papier kommen kann.

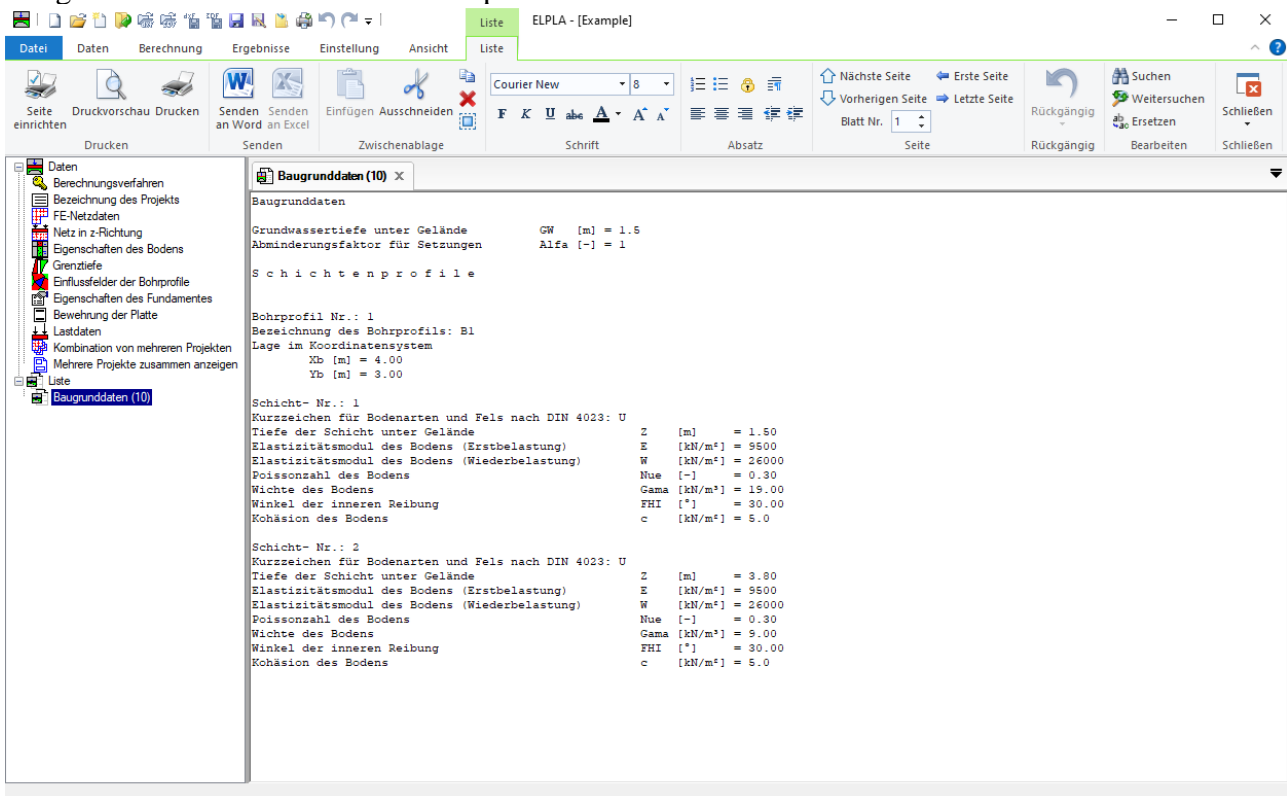


Bild 67 Liste der Baugrunddaten

The screenshot shows the ELPLA software interface. The main window displays a list of settlements (Setzungen) in a text editor. The text includes the following information:

GEOTEC Software Inc.
 PO Box 14001 Richmond Road PO, Calgary AB, Canada T3E 7Y7

Setzungen

Auftrag: Comparison with Reul/ Randolph (2003): Piled rafts in overconsolidated clay
 Datum: 14-12-2006
 Projekt: Torhaus piled raft in Frankfurt am Main, Germany
 Kurzbez.: Torhaus_LFR

Berechnung einer Gründungsplatte
 mit der Programmkette ELPLA
 Version 12.0

Berechnungsverfahren:
 Verfahren (6) (geschichteter Baugrundmodell)
 Steifemodulverfahren für den beliebig geschichteten Baugrund (Iteration)
 Lineare Berechnung

Setzungen

Knoten Nr. I	Abstand		Gesamt s [cm]	Wieder- belastung [cm]	Erst- belastung [cm]
	x [m]	y [m]			
1	0.00	0.00	6.41	0.44	5.97
2	45.00	0.00	6.41	0.44	5.97
3	45.00	24.50	6.37	0.44	5.93
4	0.00	24.50	6.37	0.44	5.93
5	1.75	0.00	6.57	0.49	6.08
6	3.15	0.00	6.70	0.53	6.18
7	4.55	0.00	6.83	0.55	6.29
8	5.95	0.00	6.96	0.57	6.39
9	7.35	0.00	7.09	0.58	6.50
10	8.75	0.00	7.20	0.59	6.61
11	10.15	0.00	7.31	0.60	6.71
12	11.55	0.00	7.41	0.60	6.81
13	12.95	0.00	7.51	0.60	6.91

Bild 68 Liste der Setzungen durch Text-Editor

14 View multiple projects together in a single view

Diesem Befehl ermöglicht dem Benutzer, Daten oder Ergebnisse mehrerer Projekte in einer Einzelansicht anzuzeigen. Das folgende Bild zeigt in einer Einzelansicht drei verschiedene Projekte, die mit verschiedenen Verfahren durchgeführt wurden, Bild 70.

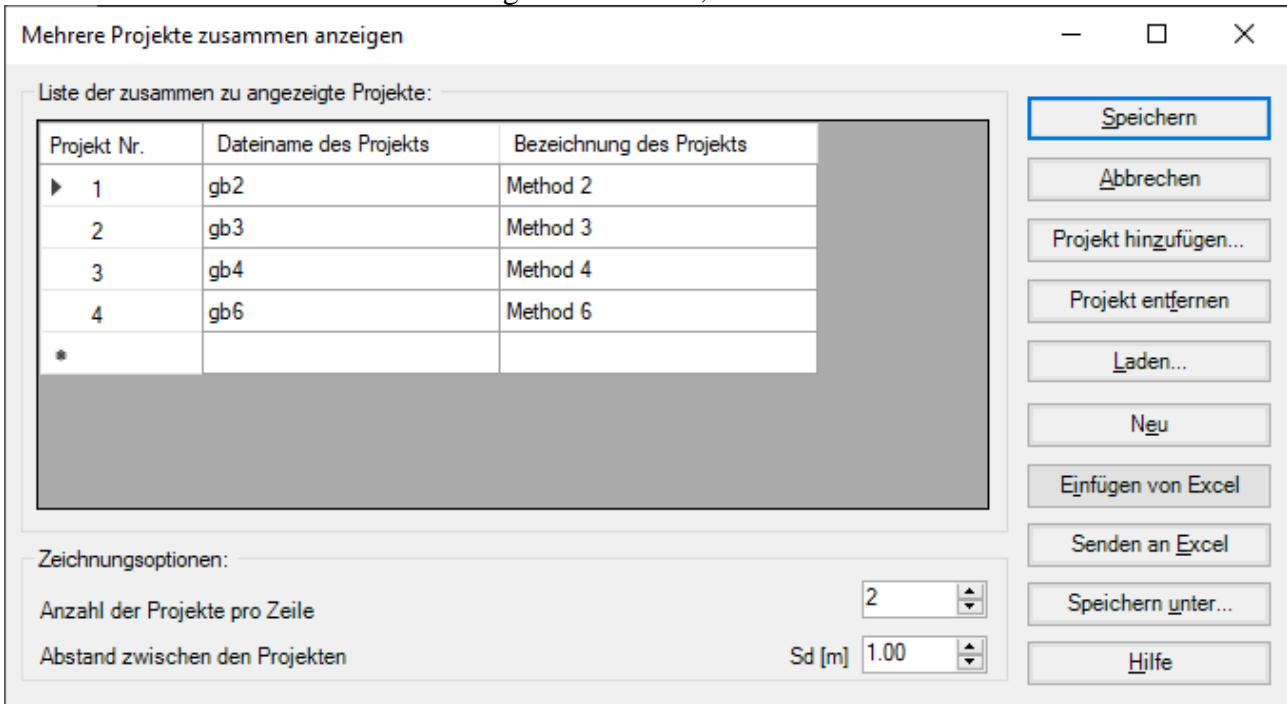


Bild 69 Dialogfeld "Mehrere Projekte zusammen anzeigen"

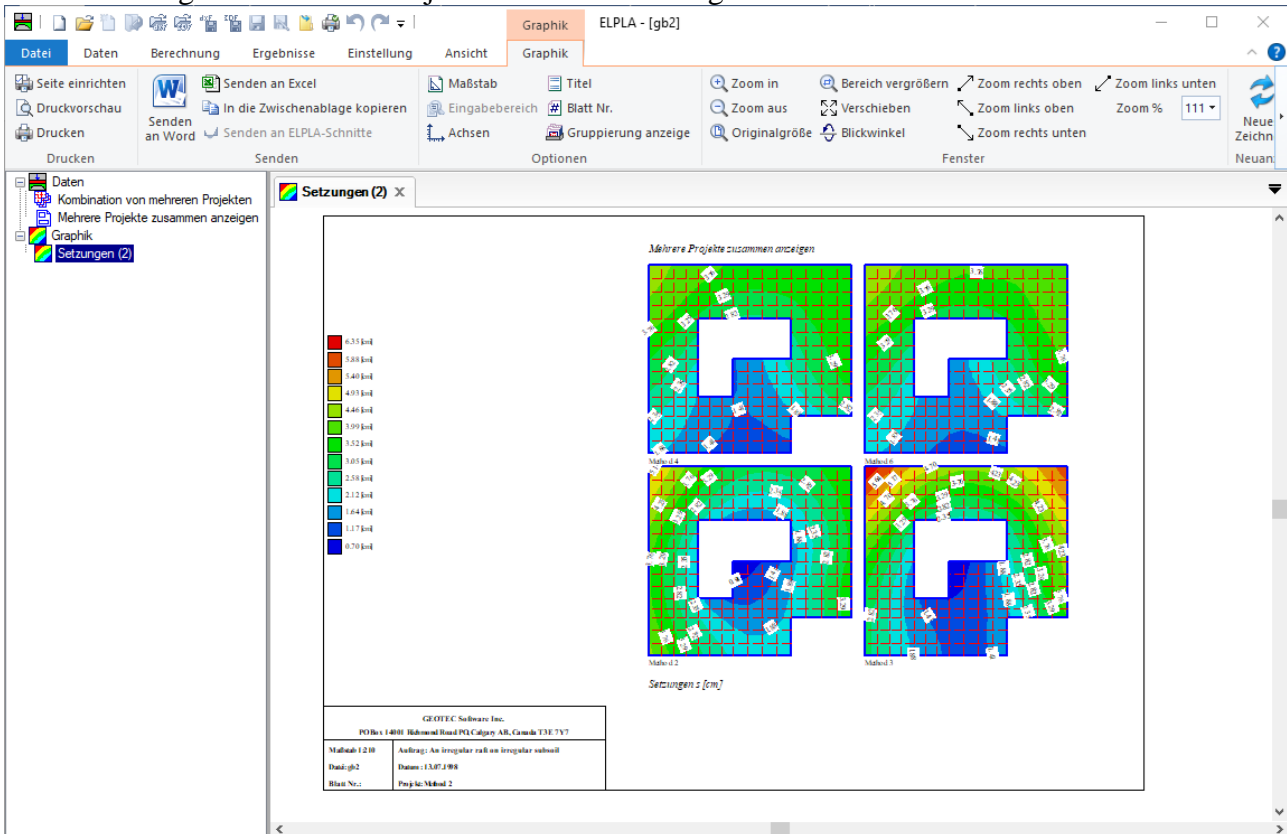


Bild 70 Anzeigen mehrere Projekte zusammen in einer Einzelansicht

15 Kombination von mehrer Projekte in Diagrammen

Die Option "Kombination von mehreren Projekten" ermöglicht dem Benutzer, Diagramme aus verschiedenen Lastfällen, Bodenmodellen, Berechnungsverfahren, Bodeneigenschaften, Randbedingungen und Sonderfällen in einem bestimmten Abschnitt oder Bereich in einem Diagramm anzuzeigen.

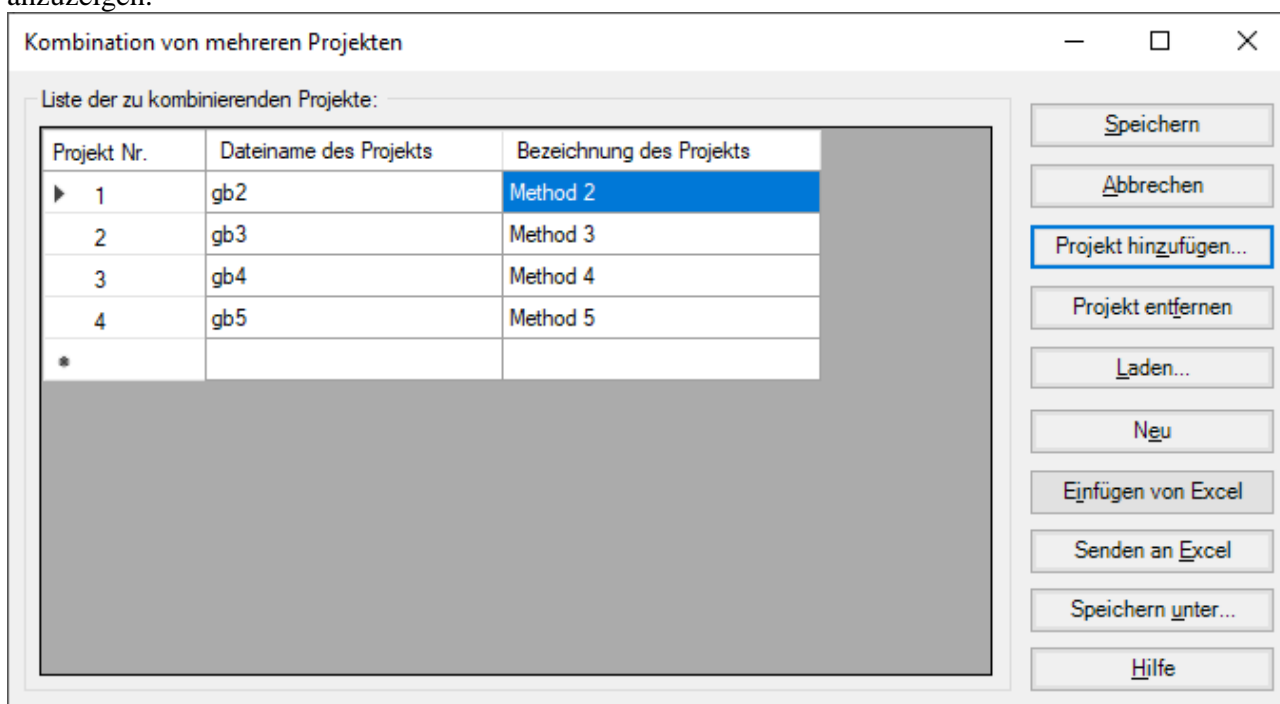


Bild 71 Dialogfeld "Kombination von mehreren Projekten"

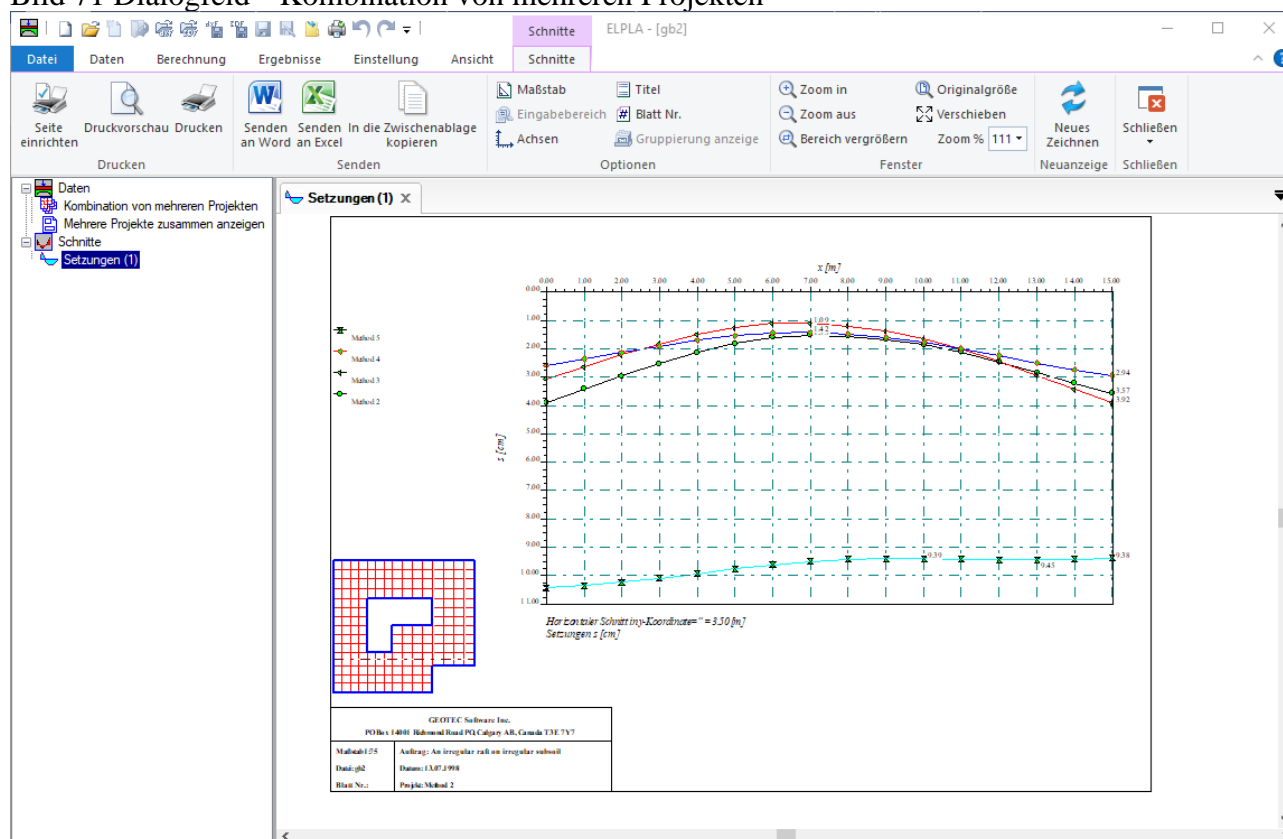


Bild 72 Kombination von mehrer Projekte in Diagrammen

16 Projektelemente nach BIM exportieren

Mit diesem Befehl kann der Benutzer BIM-Modelle (Building Information Model) des Projekts im IFC-Format lesen und anzeigen.

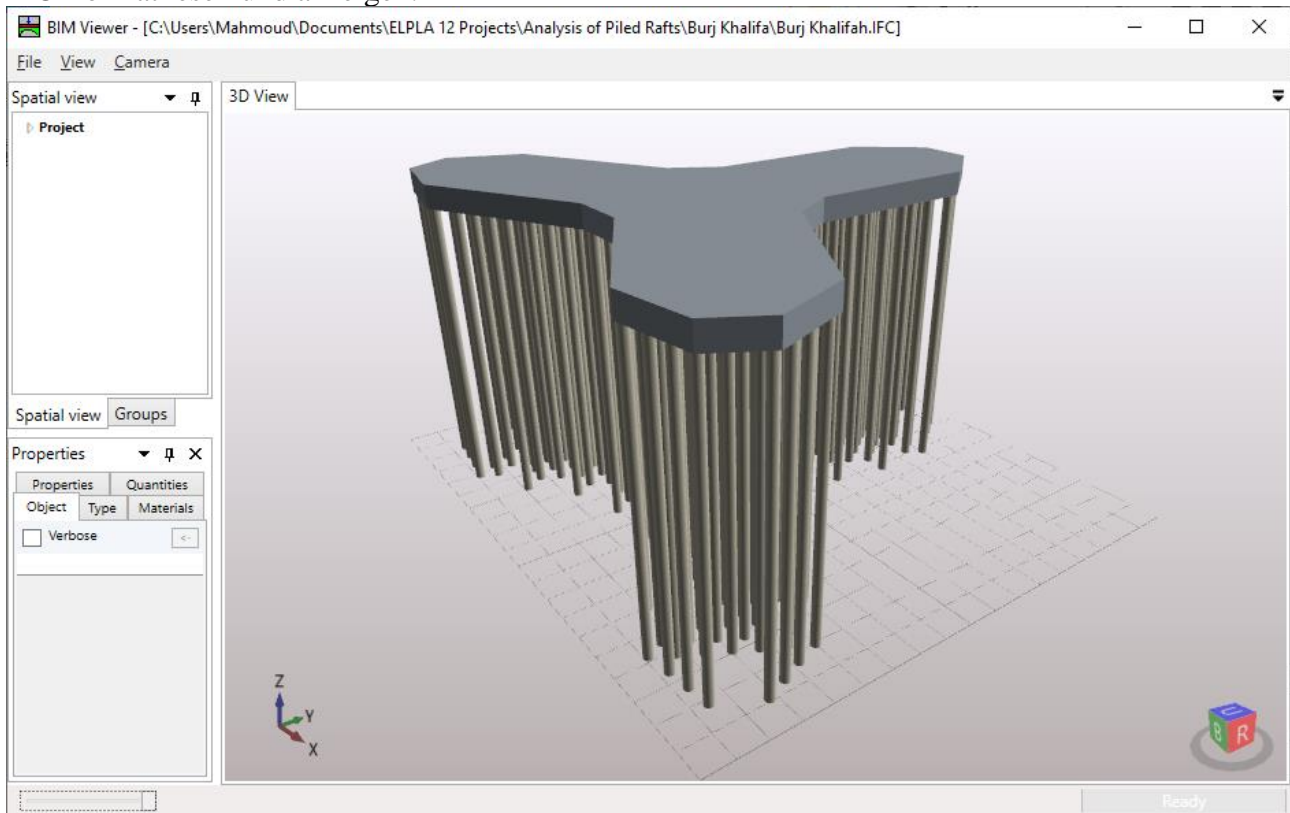


Bild 73 Projektelemente nach BIM exportieren

17 Tipps und Tricks

- Durchklicken mit der linken Maustaste in bestimmte Bildschirmbereiche für eine der Daten-Registerkarten können Sie auch das Pop-up-Optionen-Menü aufrufen, Bild 74.
- In der Registerkarte "FE-Netzdaten" können Sie auf einen Knoten klicken und die Maustaste gedrückt halten, um den Knoten an eine neue Position zu verschieben.
- In der "Graphik" Registerkarte können Sie mit der Maus klicken und halten, um die Zeichnung an einen neuen Ort zu verschieben.
- Mit Doppelklick in: *Legende*, *Firmendaten*, *Titel*, *Auftragsdaten* werden die zugehörigen Menüs aufgerufen
- Mit Doppelklick in: *Maßstab* im Schriftfeld wird das Menü "Maßstab" aufgerufen
- Mit Doppelklick in: *Datei* im Schriftfeld wird das Menü "Öffnen" aufgerufen
- Mit Doppelklick in: *Blatt Nr.* im Schriftfeld wird das Menü "Blatt Nr." aufgerufen
- Durch Doppelklicken auf einen angegebenen Knoten auf dem FE-Netz erscheint die entsprechende Knoteninformation, Bild 75.

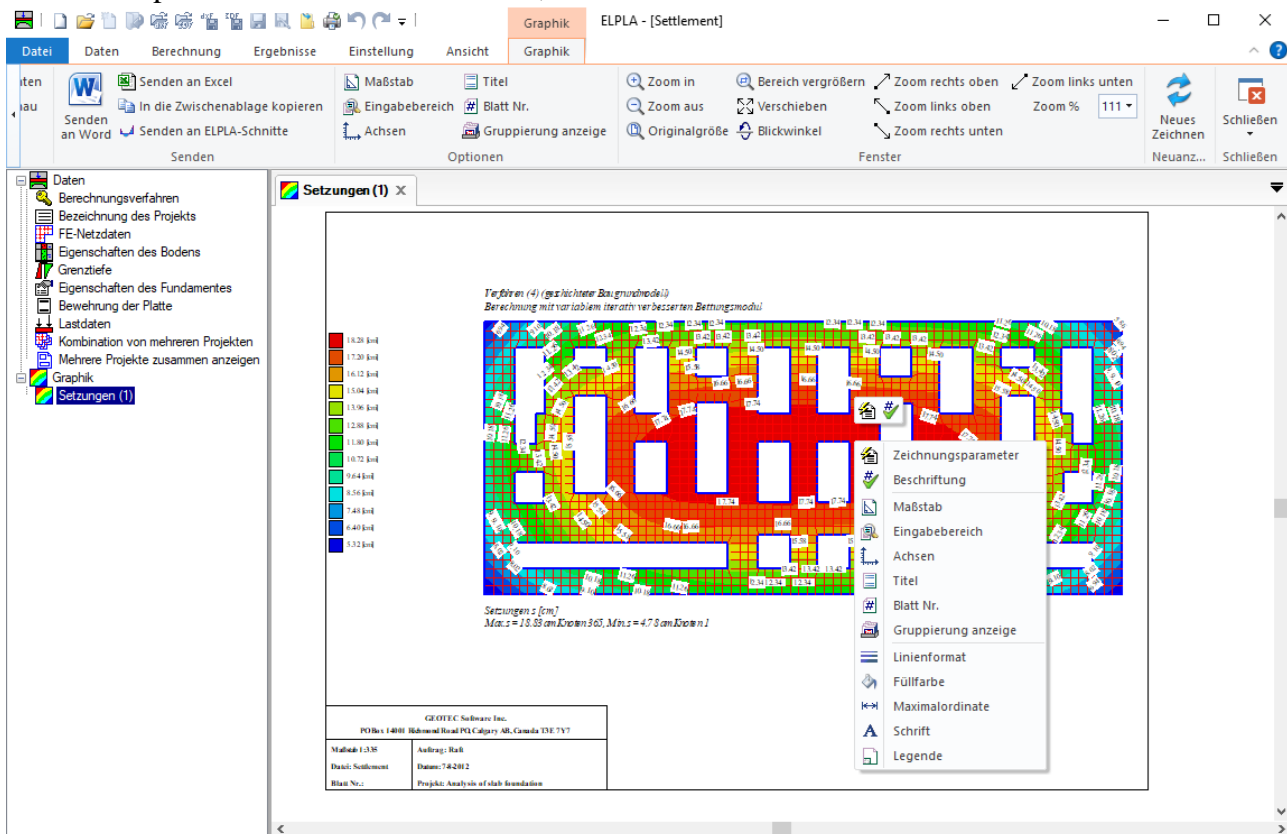


Bild 74 Menü "Pop-up-Optionen"

Beschreibung des Programms ELPLA

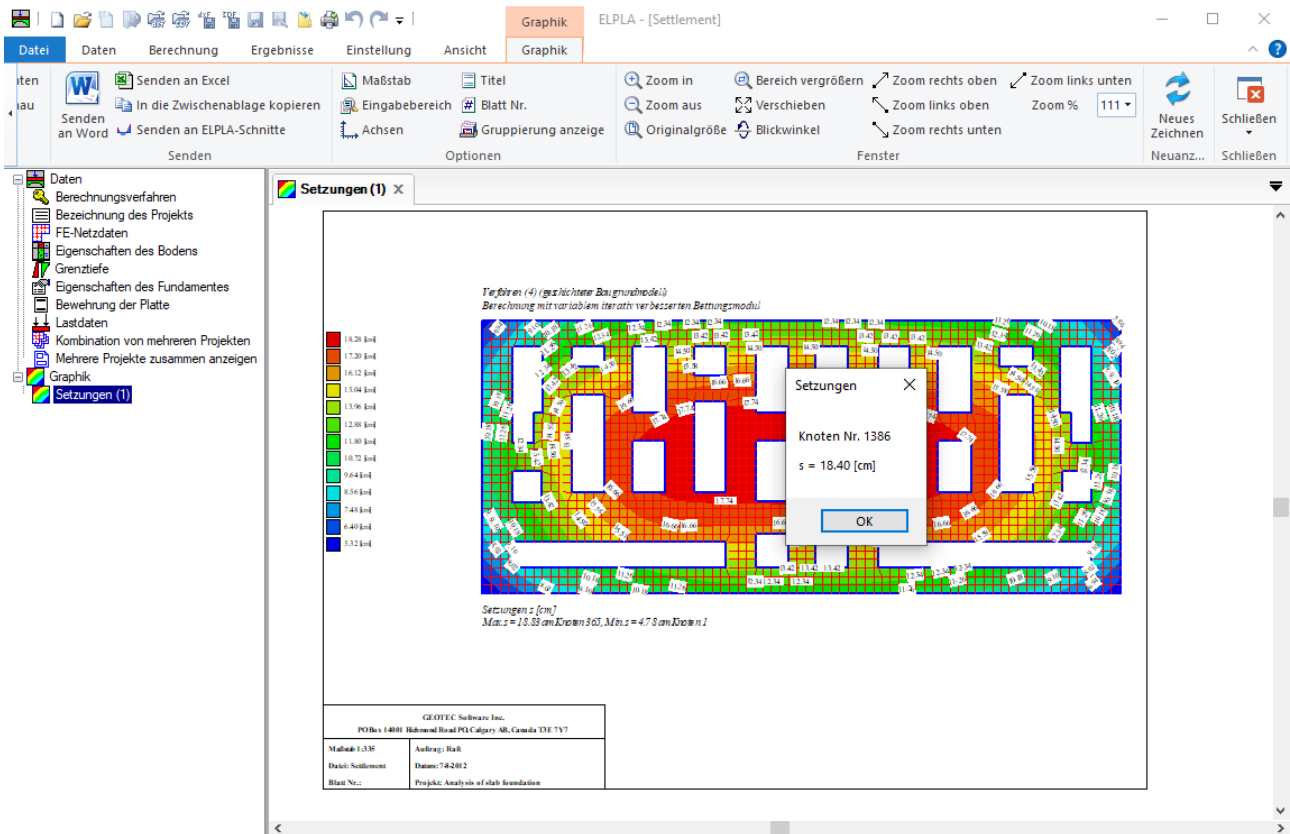


Bild 75 Knoteninformation

18 Typische Anwendungsgebiete

- Untersuchung der Wechselwirkung Baugrund/ Bauwerk.
- Berechnung der Sohldrücke, Setzungen, Biegemomente, Querkräfte, Verformungen und Bettungsmoduli elastischer Gründungsplatten.
- Berechnung von starren Platten.
- Berechnung von schlaffen Fundamenten.
- Berechnung von Tragwerksplatten.
- Berechnung der Konsolidationssetzungen.
- Berechnung von Pfahl-Plattentragwerken.
- Berechnung der Lasten auf Pfähle.
- Setzungsberechnungen von Flachgründungen.
- Baugrundsetzungen infolge von Auffüllungen oder Einzellasten.
- Berechnung der Setzungen neben Plattenfundamenten.
- Bestimmung der konstanten und variablen Bettungsmoduli.
- Interaktion von Nachbarplatten oder äußeren Lasten.
- Einfluss von Temperaturänderungen.
- Einfluss von Untertunnelung und Bergsenkungen.
- Berechnung von Systemen mehrerer schlaffer, starrer oder elastischer Gründungen.
- Berechnung von Balken oder Trägern nach FEM.
- Simulation von Dämmen.
- Berücksichtigung plastischer Verformungen mit Grundbruchberechnungen.
- Berechnung der Grenztiefe.
- Elimination negativer Sohldrücke.
- Bemessung von Fundamentplatten nach ACI, EC 2, DIN 1045 und ECP.
- Berechnung der Spannungen, Dehnungen und Verschiebungen im Boden.

19 Literaturverzeichnis

Das Programm basiert u.a. auf folgender Literatur:

- [1] EL ARABI/ EL GENDY, M. (2001): On the Optimum Design of Foundation Systems
Suez Canal University, Faculty of Engineering, Port-Said
Port-Said Engineering Research Journal, November 2001
- [2] EL ARABI/ EL GENDY, M. (2001): Effect of Openings on Raft Behavior
Suez Canal University, Faculty of Engineering, Port-Said
Port-Said Engineering Research Journal, December 2001
- [3] CRUZ, L. (1994): Vergleichsuntersuchungen zur Bauwerk-Boden-Wechselwirkung an
einer Hochhausgründungsplatte zwischen den nationalen Normen und den Eurocodes
Diplomarbeit, Universität Gesamthochschule Siegen
- [4] EL GENDY, A. (1996): Structural analysis and design using finite element method
B. Sc. Project report, Suez Canal University, Port-Said, Egypt
- [5] EL GENDY, M. (1994): Comparing examinations of the influence
of calculation methods of basement slabs
PH.D Thesis, Suez Canal University, Egypt
- [6] EL GENDY, M. (1998): An analysis for determination of foundation rigidity
Eighth International Colloquium on Structural and Geotechnical Engineering
Ain Shams University, Cairo, Egypt
- [7] EL GENDY, M. (1998): An iteration method for design of slab on elastic foundation
Proceeding of the first International Conference on Civil Engineering
Helwan University, Cairo, Egypt
- [8] EL GENDY, M. (1999): Effect of Girders on the Raft Rigidity
1st International Conference for Advanced Trends in Engineering
Minia University, Minia, Egypt
- [9] EL GENDY, M. (2003): Numerical Modeling of Rigid Circular Rafts on Consolidated
Clay Deposits
International Workshop on Geotechnics of Soft Soils-Theory and Practice
Noordwijkerhout, The Netherlands
- [10] HERRMANN, R. (1994): Konstruktion und Bemessung von Bodenplatten
Nachweis von Grenzzuständen nach EC 2 Teil 1 und EC 7 Teil 1 / DIN V 1054–100
Seminar Universität Gesamthochschule Siegen
- [11] IBRAHIM, F./ EL GENDY, M./ EL SHERIFY (2002): Analysis of Plates on
Compressible Subsoil
2nd International Conference for Advanced Trends in Engineering
Minia University, Minia, Egypt
- [12] KANY, M. (1974): Berechnung von Flächengründungen, 2. Auflage
Verlag Ernst & Sohn, Berlin
- [13] KANY, M./ EL GENDY, M. (1993): Vergleichende Untersuchung über numerische
Modelle für die Berechnung von Gründungsplatten
Theorie und Praxis numerischer Modelle in der Bodenmechanik, Sonthofen

Herausgeber: TU Graz

- [14] KANY, M./ EL GENDY, M. (1995): Computing of beam and slab foundations on three Dimensional layered model
Proceeding of the Sixth International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, Berlin
- [15] KANY, M./ EL GENDY, M. (1996): Sicherheitsuntersuchungen bei Flächengründungen nach EC 7/ DIN 1054
Forschungsbericht an IFBT, Berlin
- [16] KANY, M./ EL GENDY, M. (1996): Unterlagen zu den TAW-Seminaren "Berechnung von Flächengründungen", Nürnberg
- [17] KANY, M./ EL GENDY, M. (1997): Analysis of system of footing resting on irregular soil
Proceeding of the XIVth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Hamburg
- [18] KANY, M./ EL GENDY, M. (1999): Berechnung von großen Systemen starrer Sohlplatten
Bauingenieur, Bd. 74, Nr. 11, S. 471-478
- [19] KANY, M./ EL GENDY, M. (2000): Einfluss der Bauwerkssteifigkeit auf das Fundamentsystem
2. Kolloquium Bauen in Boden und Fels
Technische Akademie Esslingen, Ostfildern, Germany
- [20] KANY, M./ EL GENDY, M. (2002): Berechnung von Fundamenten auf nichtlinearem Baugrund
3. Kolloquium Bauen in Boden und Fels
Technische Akademie Esslingen, Ostfildern, Germany
- [21] OHDE, J. (1942): Berechnung der Sohldruckverteilung unter Gründungskörpern
Z. Bauingenieur, S. 99 ff. und S. 102 ff.