

GEOTEC Software Inc.  
 PO Box 14001 Richmond Road PO,  
 Calgary AB, Canada T3E 7Y7  
 Tele.: +1(587) 332-3323  
 geotec@geotecsoftware.com  
 www.geotecsoftware.com

## Berechnung und Bemessung von Pfahl-Plattengründungen mit dem Programm *ELPLA*

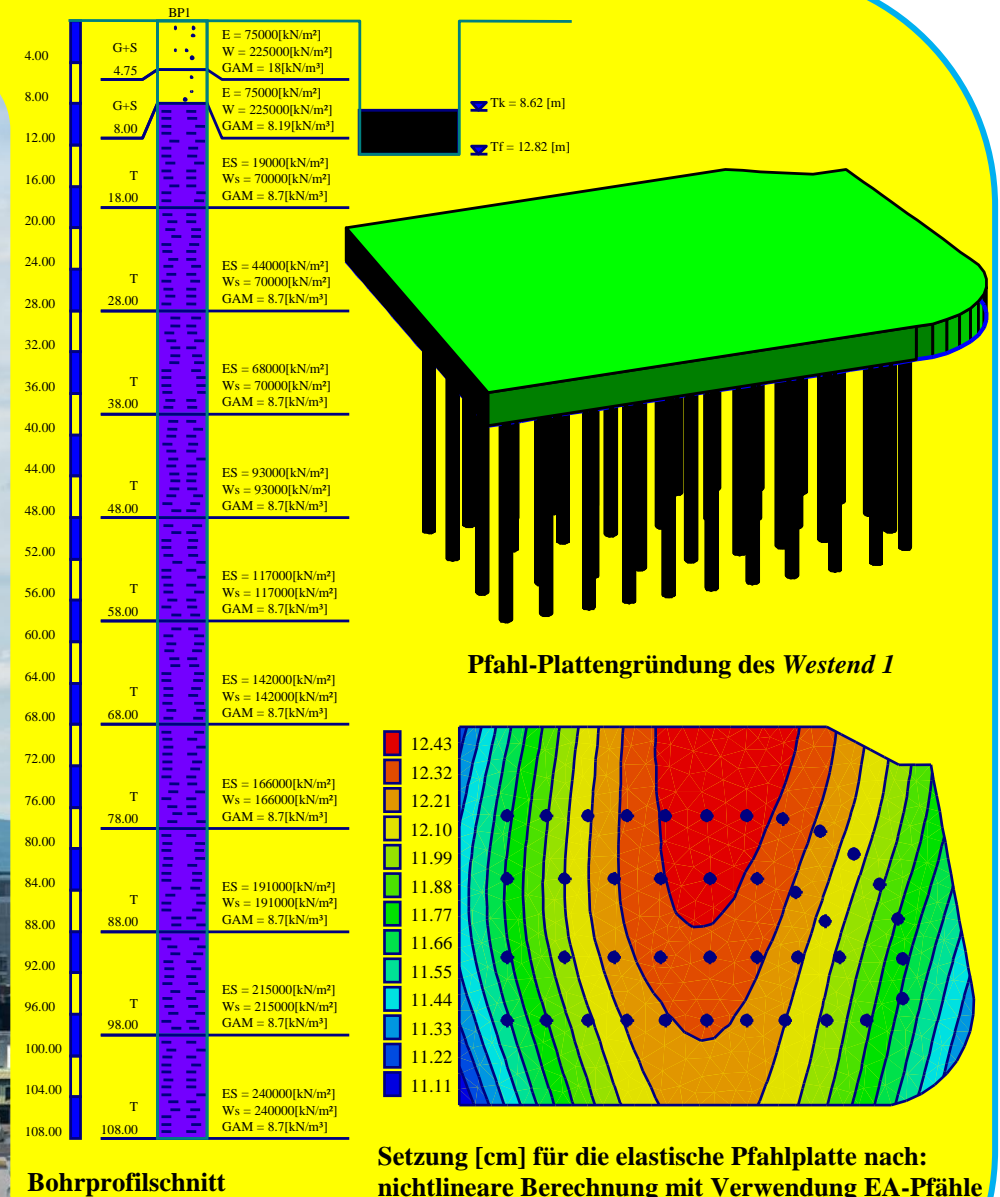
### ■ Beschreibung:

Mit dem Programm *ELPLA* (**ELASTISCHE PLATTE**) können 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.

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.

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

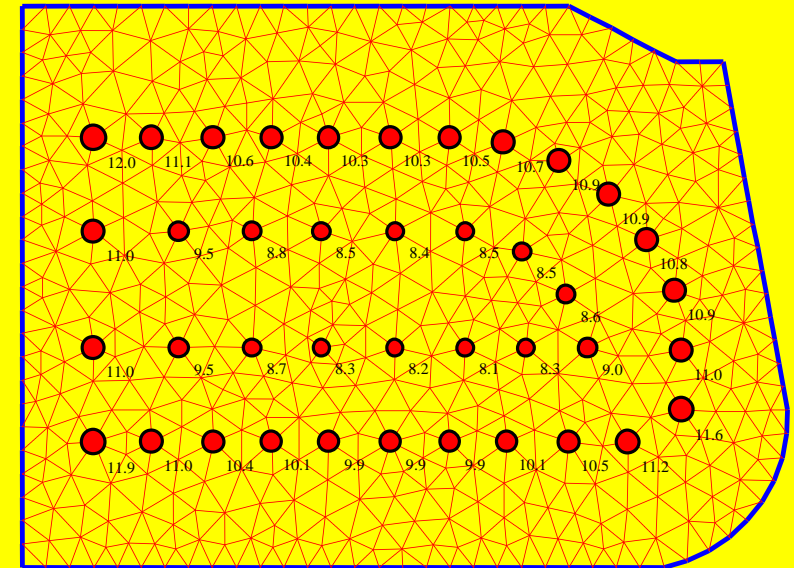
In der Berechnung werden die Platten als elastisch oder starr behandelt. In diesem Programm wird die Finite Element-Methode verwendet, um Platten zu berechnen.



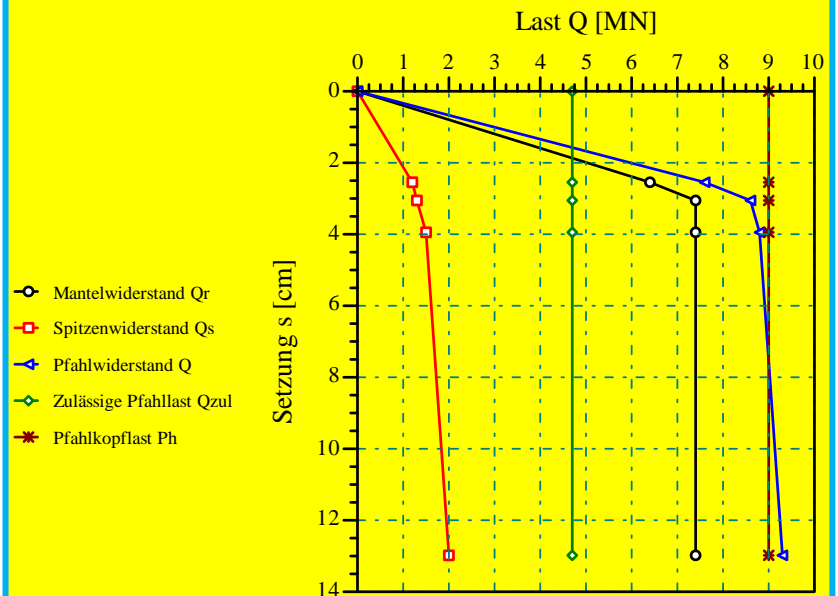
praktisches Beispiel 1: Pfahl-Plattengründung des *Westend 1* in Frankfurt

## Leistungsmerkmale:

- Benutzeroberfläche und Hilfesystem sind in 3 Sprachen verfügbar: Englisch, Deutsch und Arabisch
- Berechnung einer elastischen oder starren Kombinierten Pfahl-Plattengründung
- Berechnung einer starren Pfahlgruppe oder schlaffen Platte auf starrer Pfahlgruppe
- Berechnungsmodell zur 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
- 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 Sohlrücke, 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  $\alpha$  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 die Textverarbeitungsprogrammen

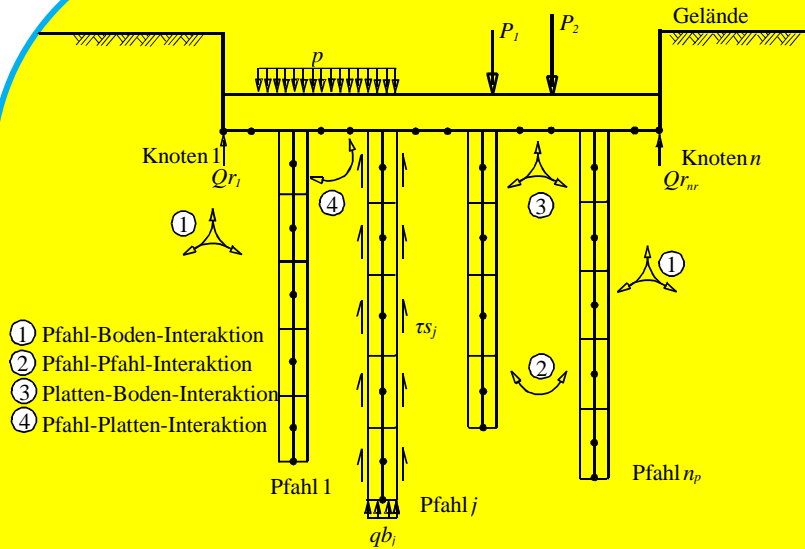


**Pfahllasten [MN] für die elastische Pfahlplatte mit Verwendung einer hyperbolischen Funktion für Last-Setzungskurve des Pfahles**

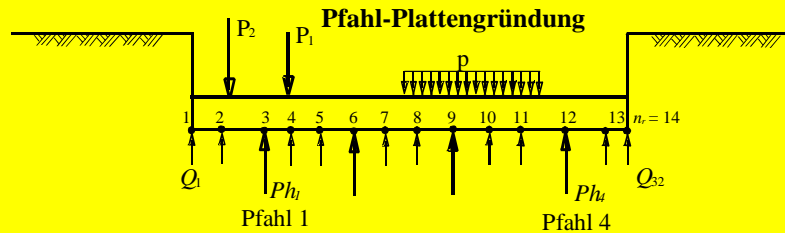


**Pfahl Nr. 1 - Pfahlbezeichnung: P1  
Lastsetzungslinie des Pfahles nach DIN 4014**

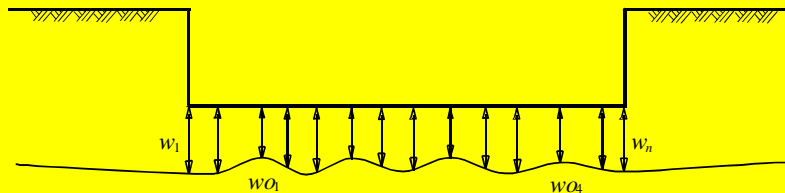
## Modellierung einer Pfahl-Plattengründung



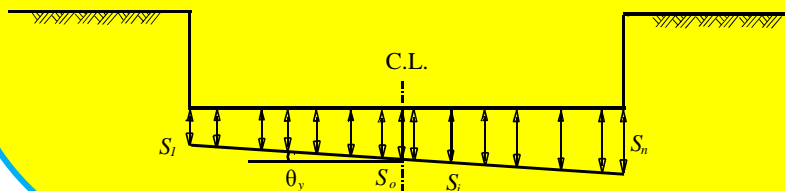
- ① Pfahl-Boden-Interaktion
- ② Pfahl-Pfahl-Interaktion
- ③ Platten-Boden-Interaktion
- ④ Pfahl-Platten-Interaktion



### statisches System der Gründung nach der zusammengesetzten Koeffiziententechnik



### Bodensetzung für elastische Pfahl-Plattengründung



### Bodensetzung für starre Pfahl-Plattengründung

## verschiedene Modelle zur Berechnung von Pfahl-Plattengründungen

Das Verhältnis des Pfahl-Baugrundsystems kann anhand einer linearen sowie nichtlinearen Annahme erfolgen.

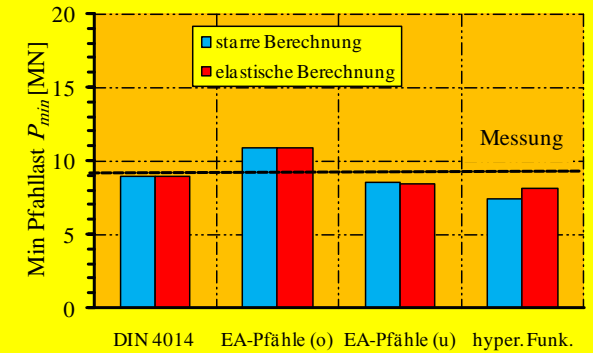
Man unterscheidet zwischen den folgenden nichtlinearen Berechnungen der Pfahl-Plattengründungen mit:

- 1- einer hyperbolischen Funktion für Last-Setzungskurve des Pfahles
- 2- Verwendung der DIN 4014 für Last-Setzungskurve des Pfahles
- 3- Verwendung der EA-Pfähle für Last-Setzungskurve des Pfahles
- 4- einer gegebenen Last-Setzungskurve des Pfahles

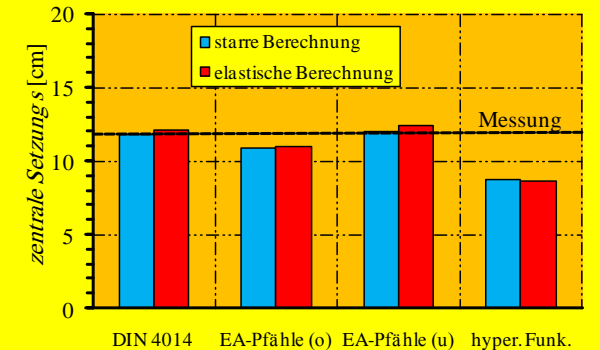
## Berechnungsverfahren

Bei der Berechnung von Kombinierten Pfahl-Plattengründungen wird jeder Pfahl wie zwei Einheiten behandelt – Pfahlmantel und Pfahlfuß – mit einer gleichförmigen Setzung entlang des Pfahlmantels und im Pfahlfuß. Diese Annahme ermöglicht die Modellierung des nichtlinearen Verhaltens, das auf der empirischen Beziehung der Last-Setzungslinie nach DIN 4014 beruht.

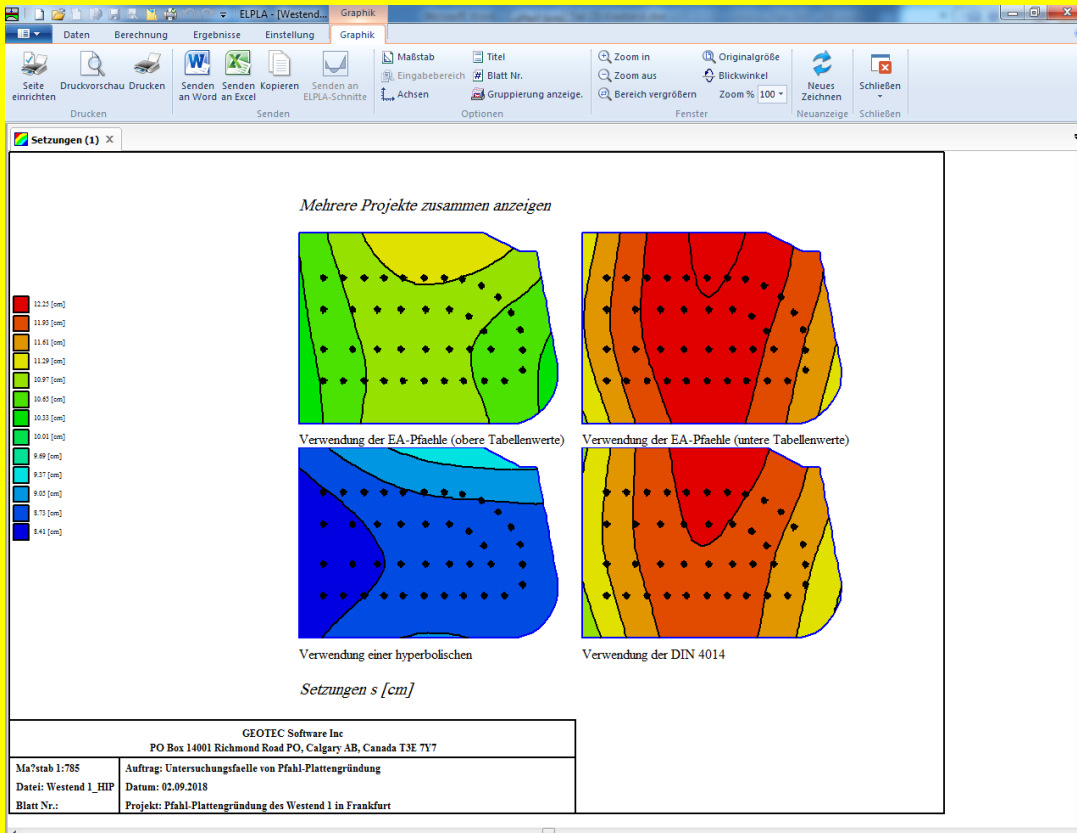
Als Verbindung zwischen empirischen und theoretischen Vorgehensweisen wurde für die nichtlineare Berechnung von Kombinierten Pfahl-Plattengründungen ein neues Verfahren entwickelt. Es erfüllt die Anforderungen der KPP-Richtlinie.



### Vergleich der Min Pfahllast nach verschiedenen Berechnungen und Feldmessung für Westend 1 in Frankfurt



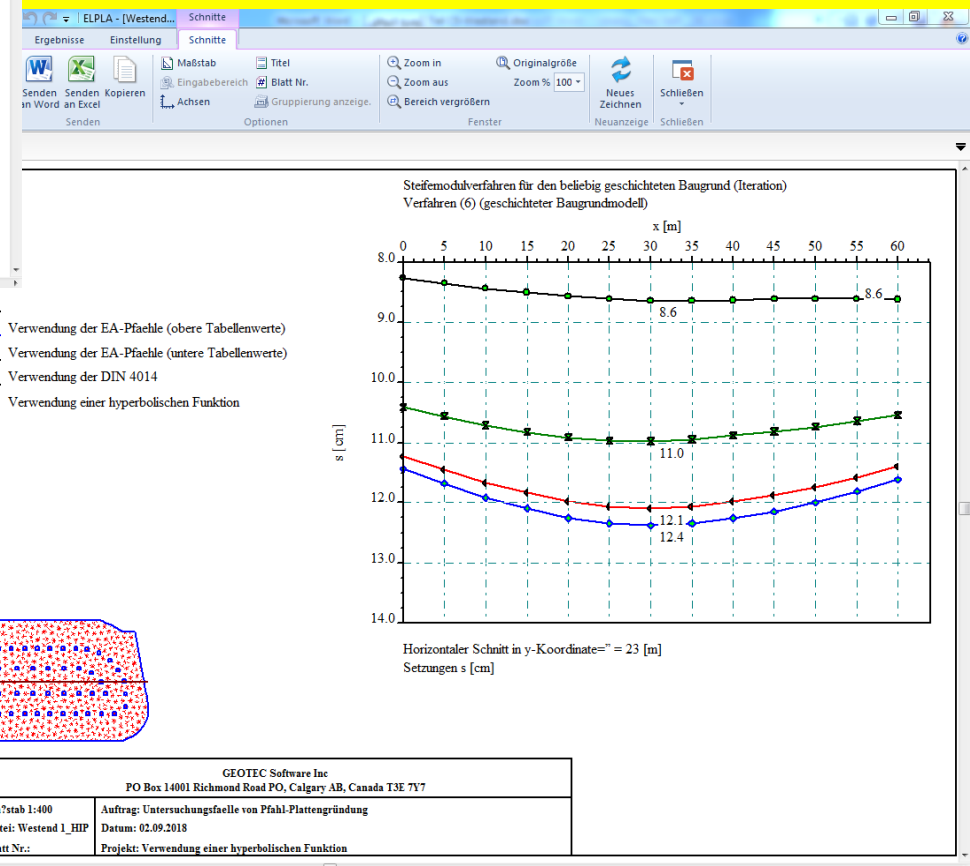
### Vergleich der Pfahl-Plattensetzung im Zentrum der Platte nach verschiedenen Berechnungen und Feldmessung für Westend 1 in Frankfurt



### Anzeigen mehrere Projekte zusammen in einer Einzelansicht:

Eine Funktion in ELPLA ermöglicht dem Benutzer, Daten oder Ergebnisse mehrerer Projekte in einer Einzelansicht anzuzeigen.

Das folgende Bild zeigt in einer Einzelansicht vier verschiedene Projekte, die mit verschiedenen Verfahren durchgeführt wurden.

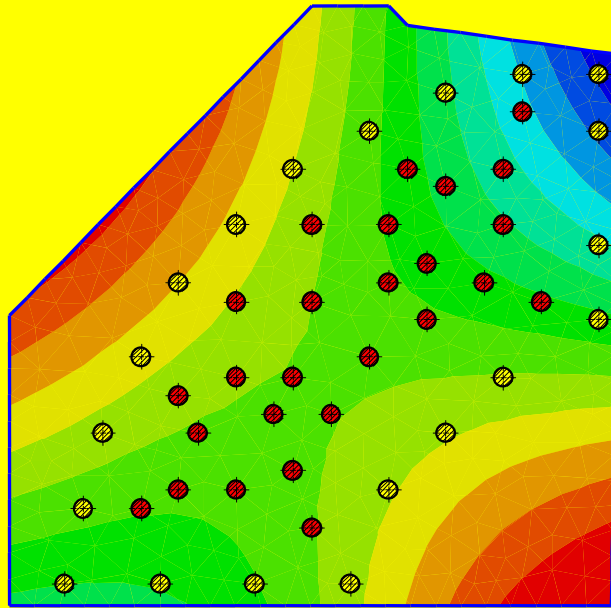


### Kombination mehrerer Projekte in einem Diagramm:

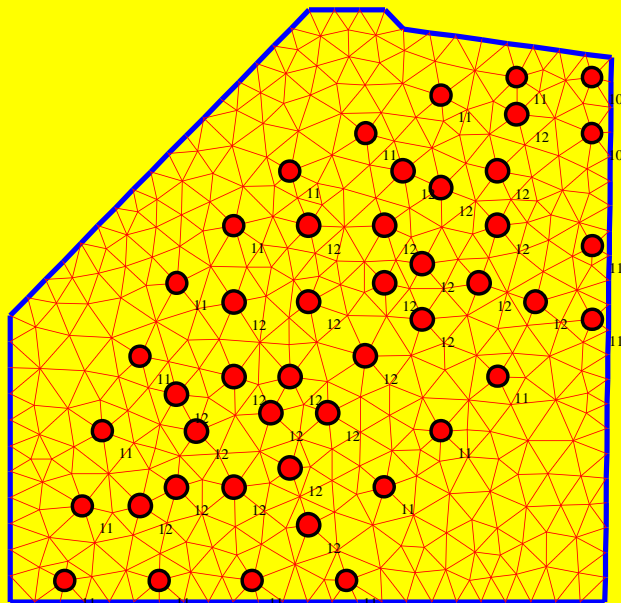
Die Option "Kombination von mehreren Projekten" ermöglicht dem Benutzer, Diagramme aus verschiedenen Lastfällen, Bodenmodellen, Berechnungsverfahren, Bodeneigenschaften, Randbedingungen und Sonderfällen in einem bestimmten Abschnitt oder Bereich in einem Diagramm anzuzeigen.



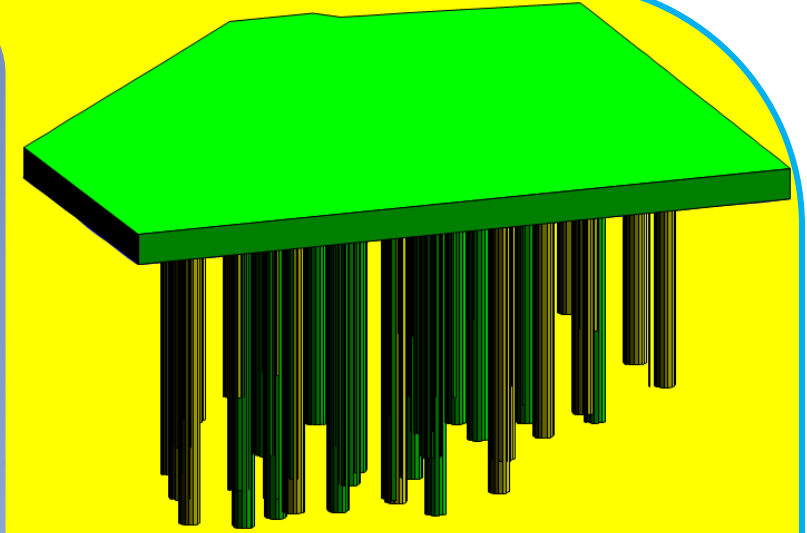
- 9.3 [cm]
- 8.9 [cm]
- 8.5 [cm]
- 8.1 [cm]
- 7.7 [cm]
- 7.3 [cm]
- 6.9 [cm]
- 6.5 [cm]
- 6.1 [cm]
- 5.7 [cm]
- 5.3 [cm]
- 4.9 [cm]
- 4.5 [cm]



Setzung [cm] für die elastische Pfahlplatte nach:  
nichtlineare Berechnung mit Verwendung DIN 4014



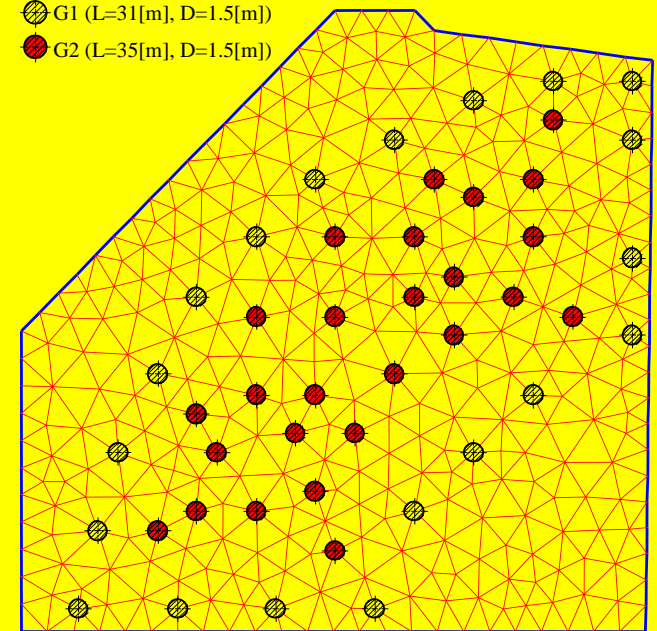
Pfahllasten [MN] für die elastische Pfahlplatte nach:  
nichtlineare Berechnung mit Verwendung DIN 4014



Pfahl-Plattengründung des *Skyper*

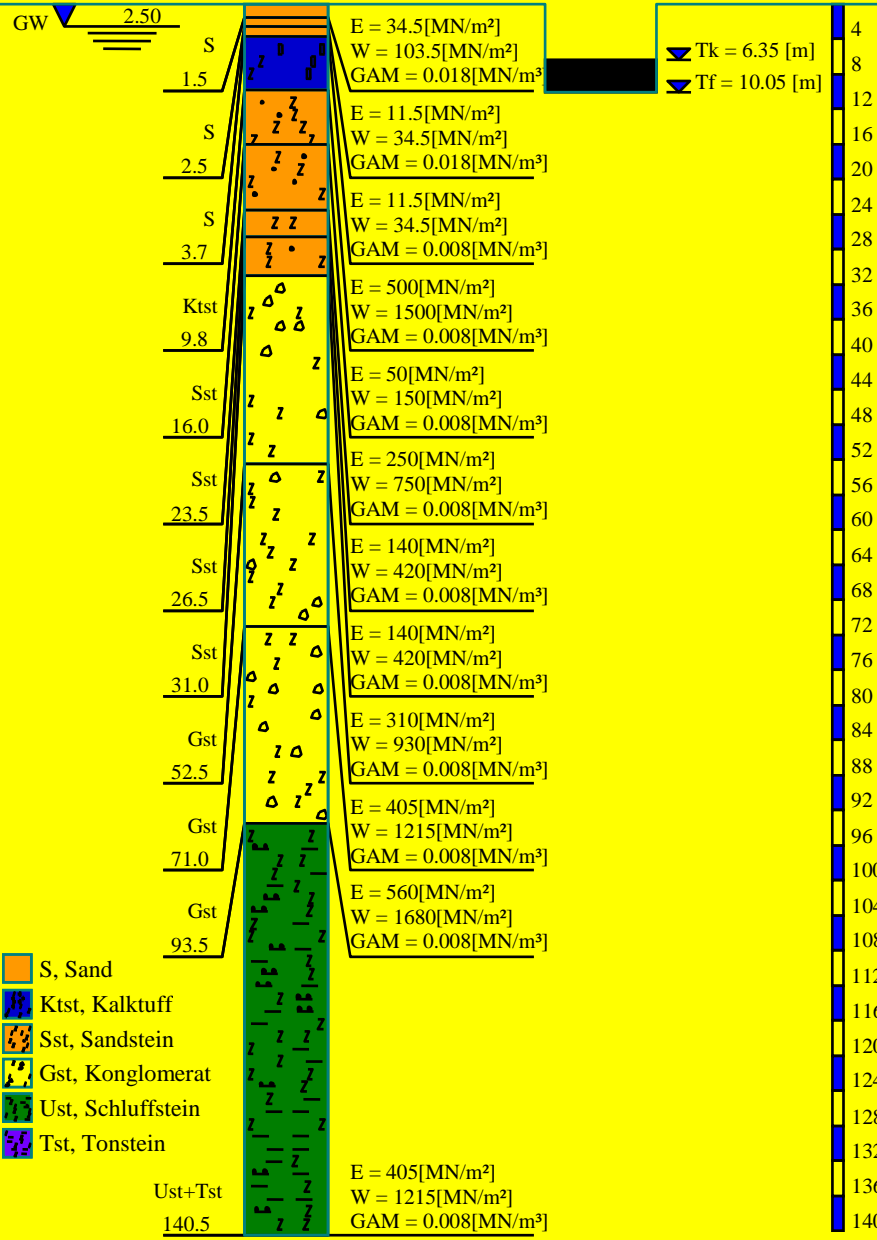
A = 48 [m]

- G1 (L=31[m], D=1.5[m])
- G2 (L=35[m], D=1.5[m])



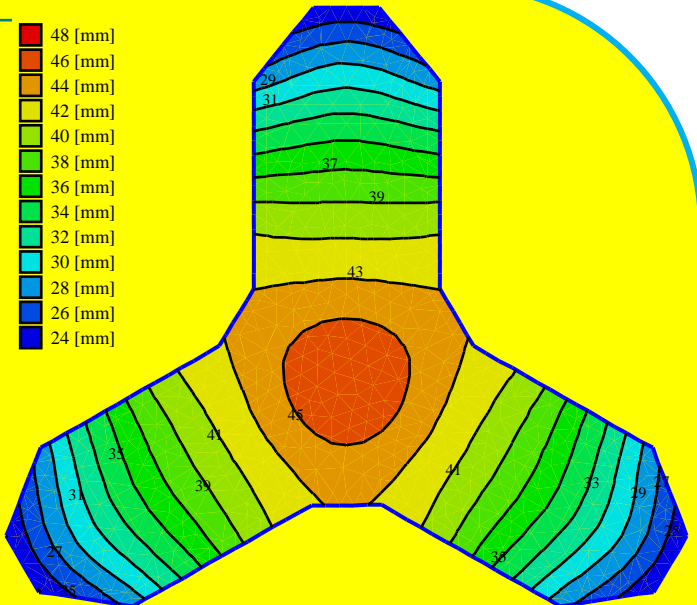
Netz der Pfahl-Plattengründung des *Skyper* mit Pfählen

praktisches Beispiel 2: Pfahl-Plattengründung des *Skyper* in Frankfurt

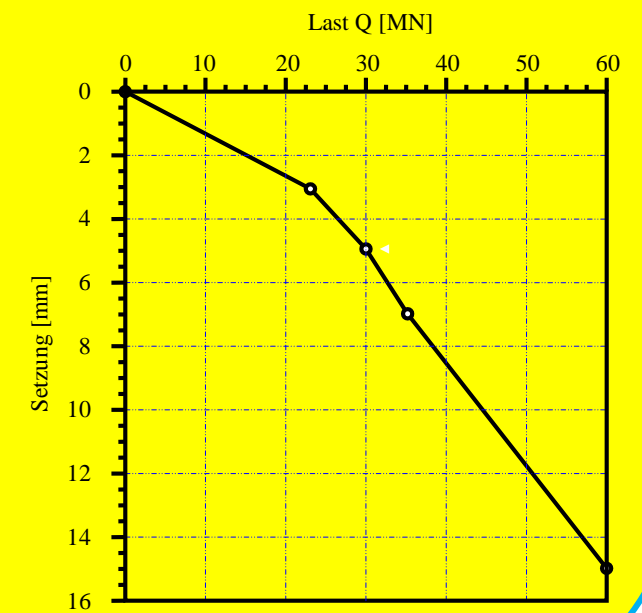


- S, Sand
- Ktst, Kalktuff
- Sst, Sandstein
- Gst, Konglomerat
- Ust, Schluffstein
- Tst, Tonstein

Bohrprofilsschnitt



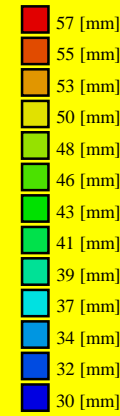
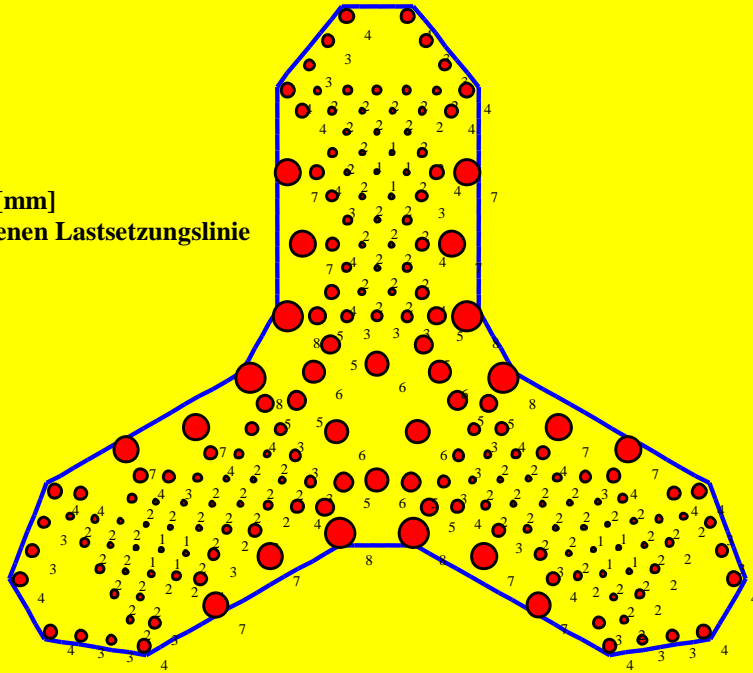
Setzung [mm] für die elastische Pfahlplatte mit 80% der Last nach nichtlineare Berechnung mit Verwendung einer gegebenen Lastsetzungslinie



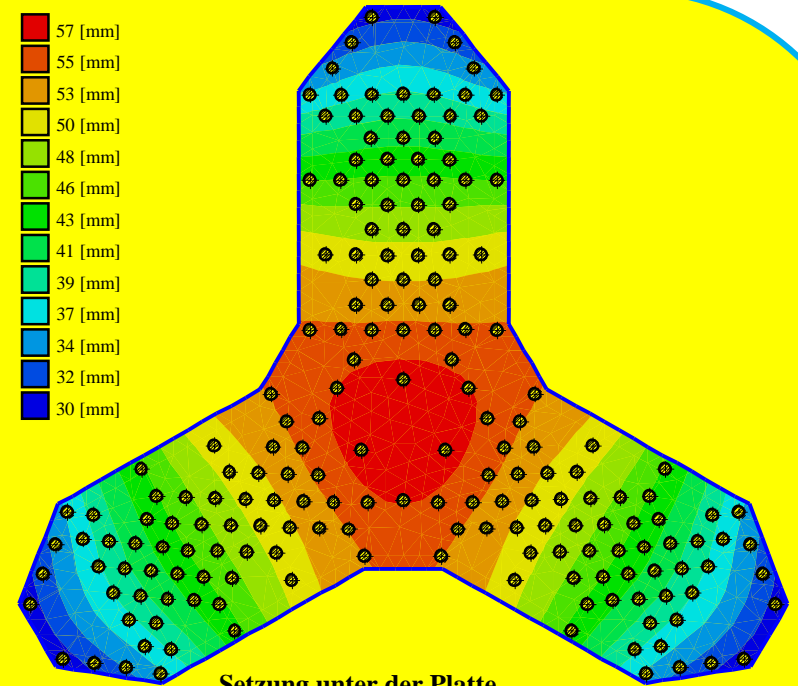
Lastsetzungslinie des Pfahles aus dem Last-Setzungsversuch

praktisches Beispiel 3: Pfahl-Plattengründung des *Burj Khalifa* in Dubai

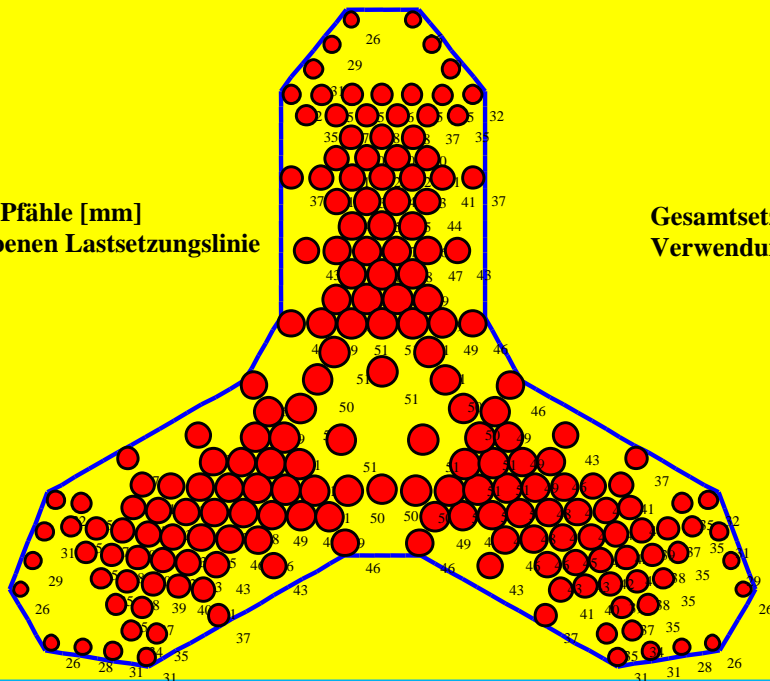
**Eigensetzung der Pfähle [mm]**  
**Verwendung einer gegebenen Lastsetzungslinie**



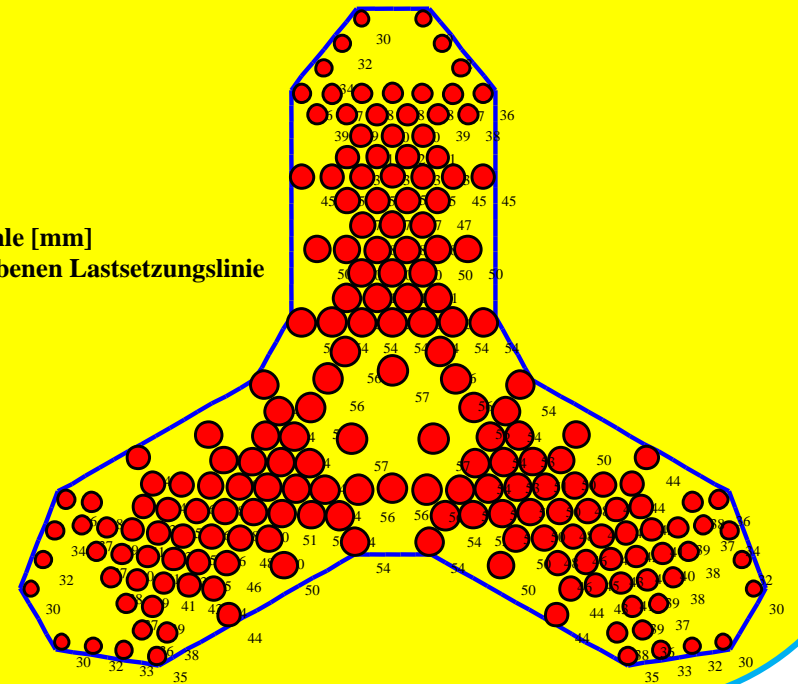
**Setzung unter der Platte**  
**Verwendung einer gegebenen Lastsetzungslinie**



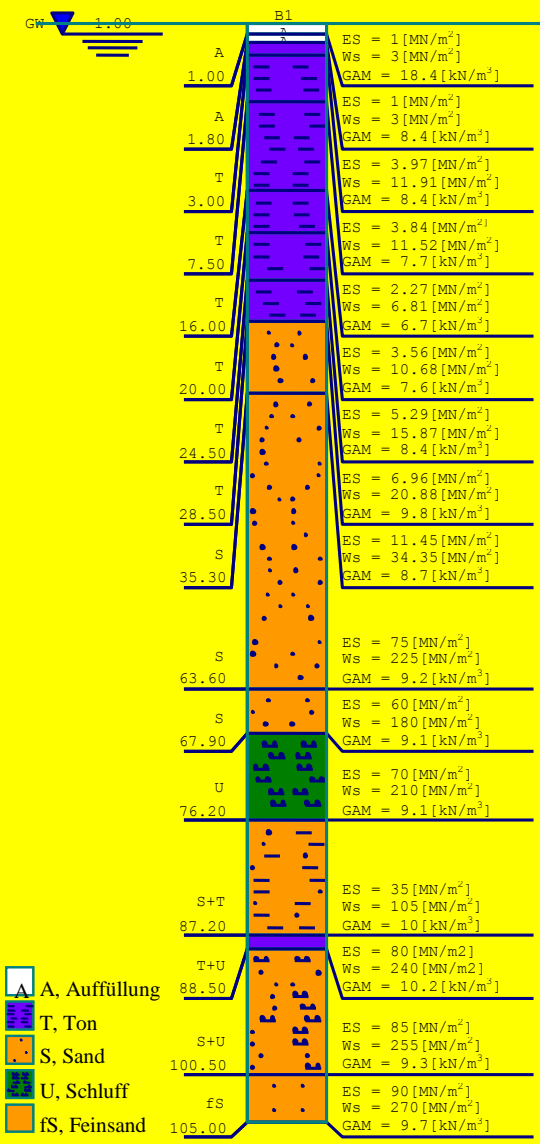
**Interaktionssetzung der Pfähle [mm]**  
**Verwendung einer gegebenen Lastsetzungslinie**



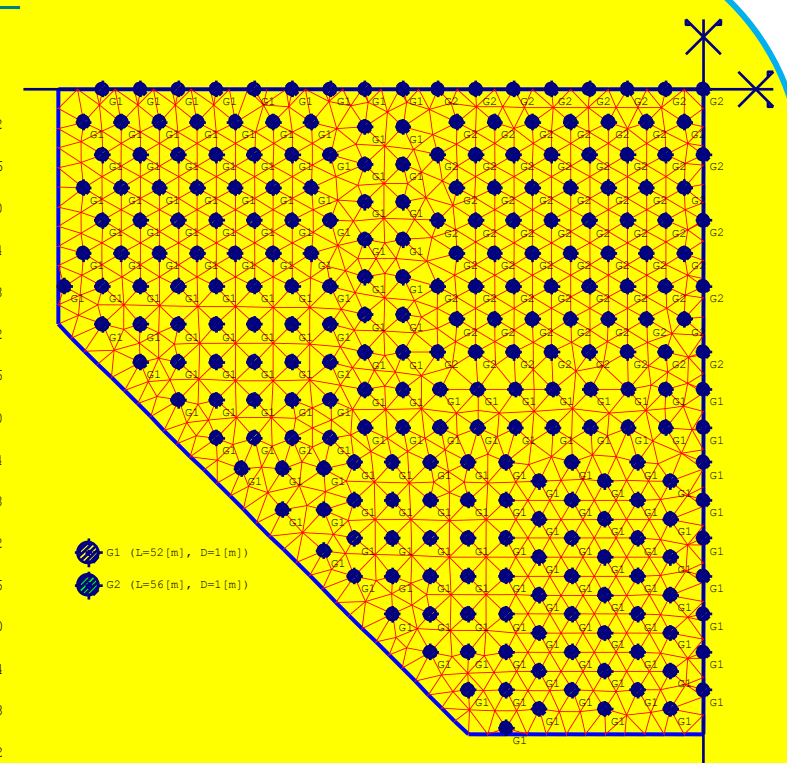
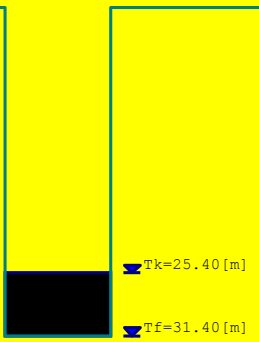
**Gesamtsetzung der Pfähle [mm]**  
**Verwendung einer gegebenen Lastsetzungslinie**



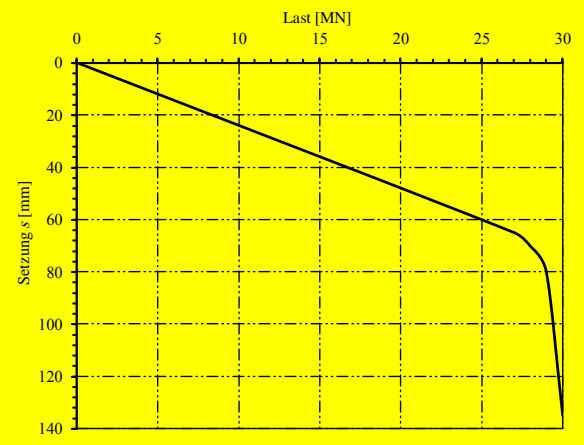




Bohrprofilsschnitt



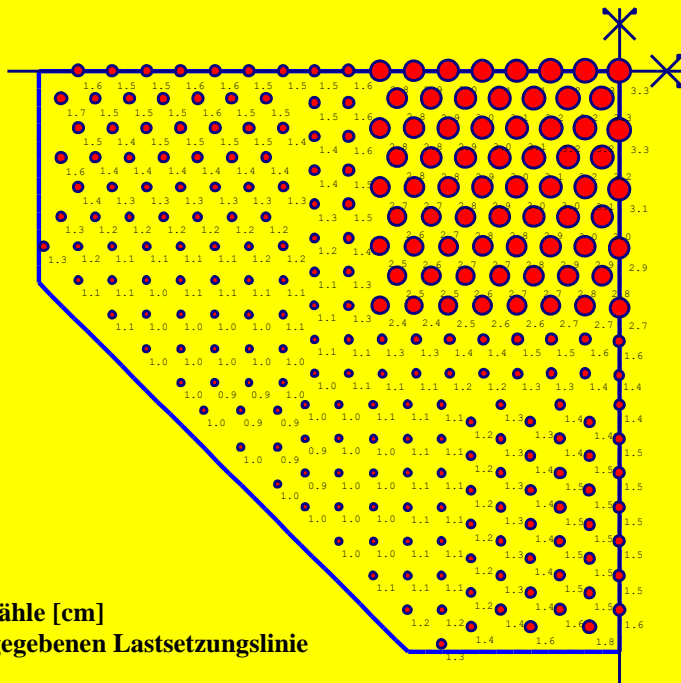
Netz der Pfahl-Plattengründung des Shanghai mit Pfahlgruppen



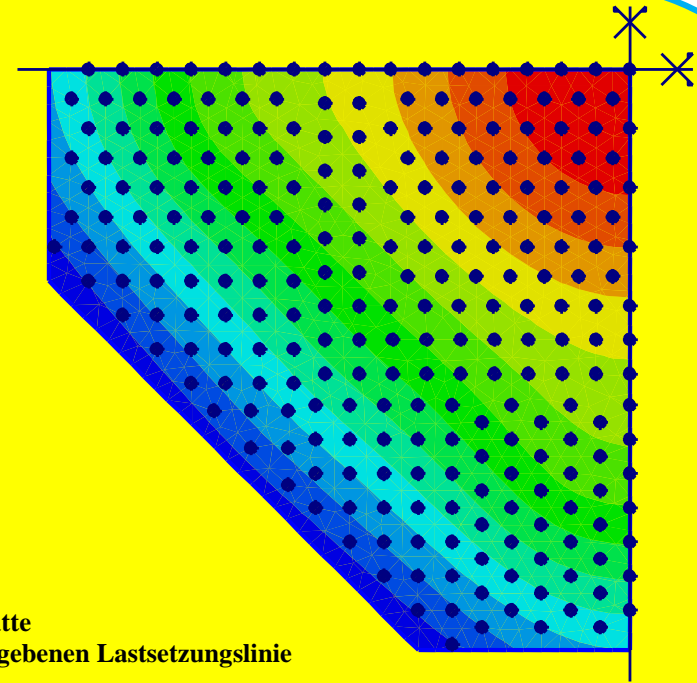
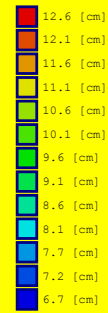
Lastsetzungslinie des Pfahles aus dem Last-Setzungsversuch

praktisches Beispiel 4: Pfahl-Plattengründung des Shanghai in Shanghai

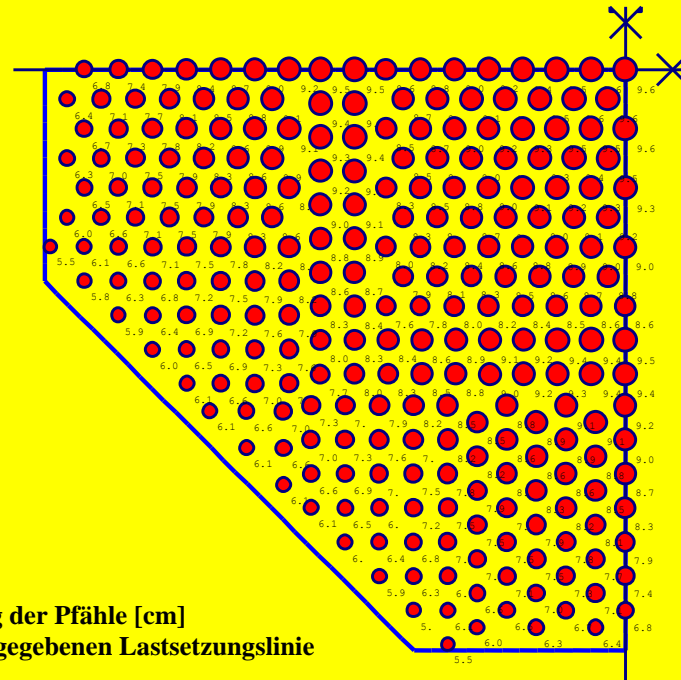




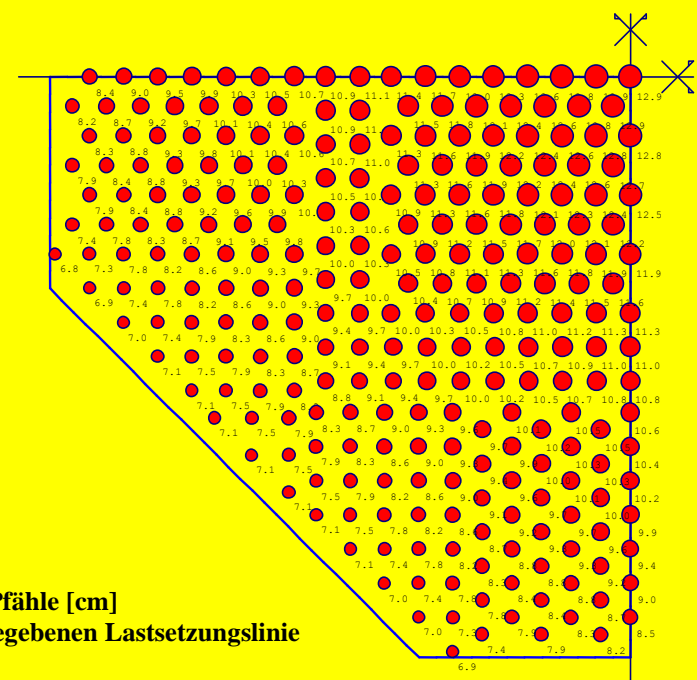
Eigensetzung der Pfähle [cm]  
Verwendung einer gegebenen Lastsetzungslinie



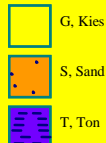
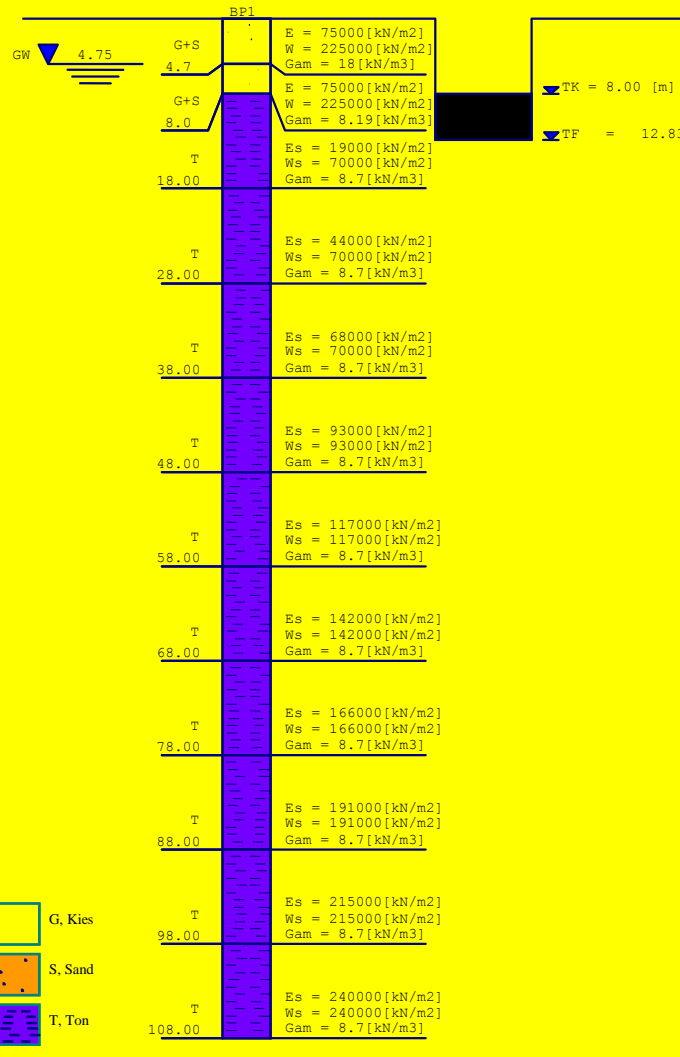
Setzung unter der Platte  
Verwendung einer gegebenen Lastsetzungslinie



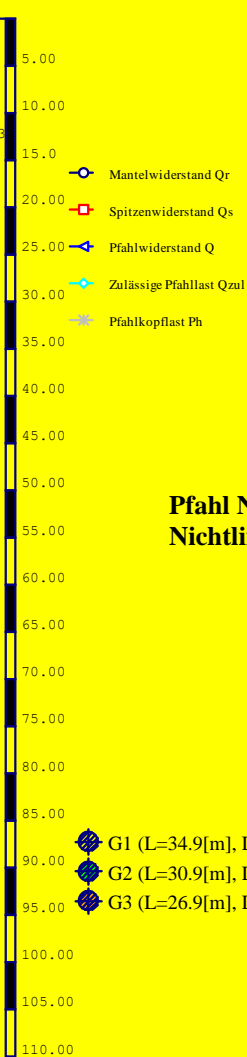
Interaktionssetzung der Pfähle [cm]  
Verwendung einer gegebenen Lastsetzungslinie



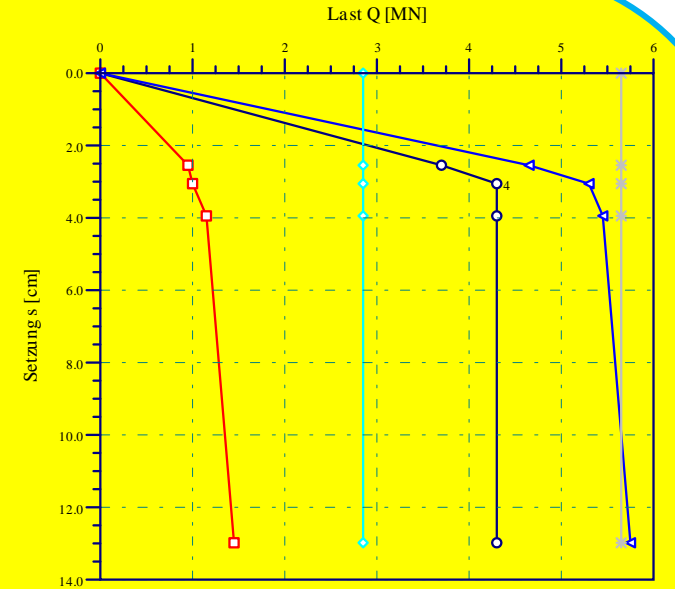
Gesamtsetzung der Pfähle [cm]  
Verwendung einer gegebenen Lastsetzungslinie



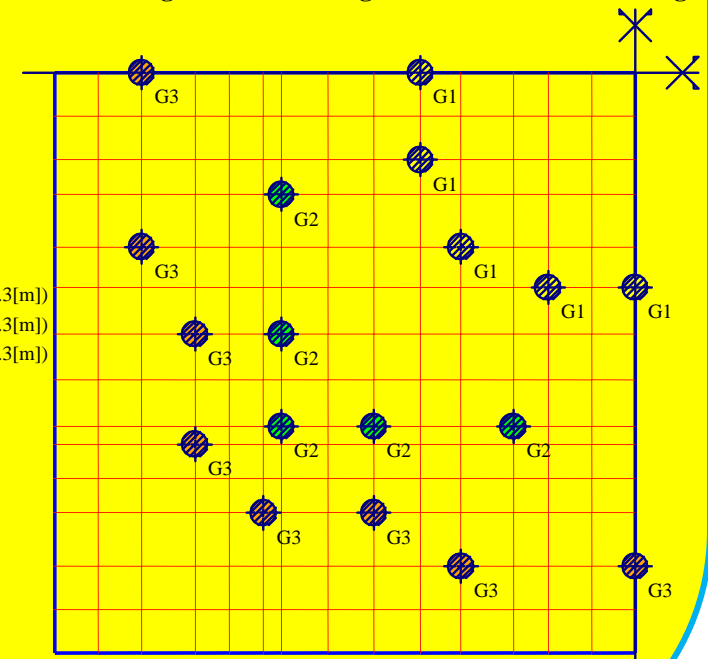
Bohrprofil



- G1 (L=34.9[m], D=1.3[m])
- G2 (L=30.9[m], D=1.3[m])
- G3 (L=26.9[m], D=1.3[m])

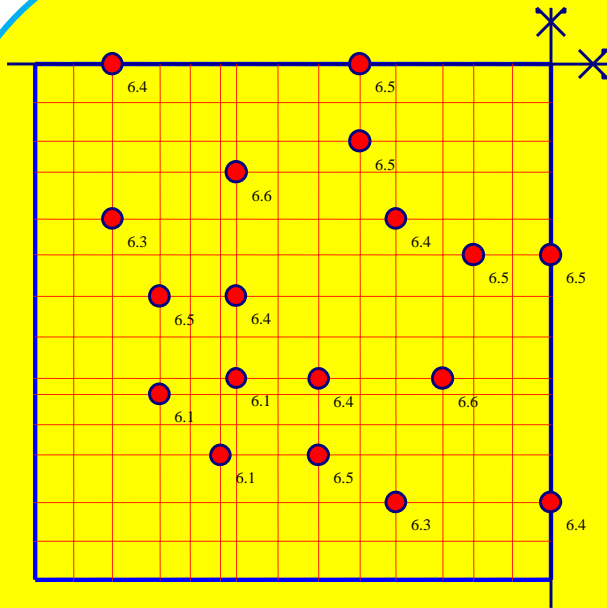


Pfahl Nr. 1 - Pfahlbezeichnung: P1  
Nichtlineare Berechnung mit Verwendung DIN 4014 für Last-Setzung

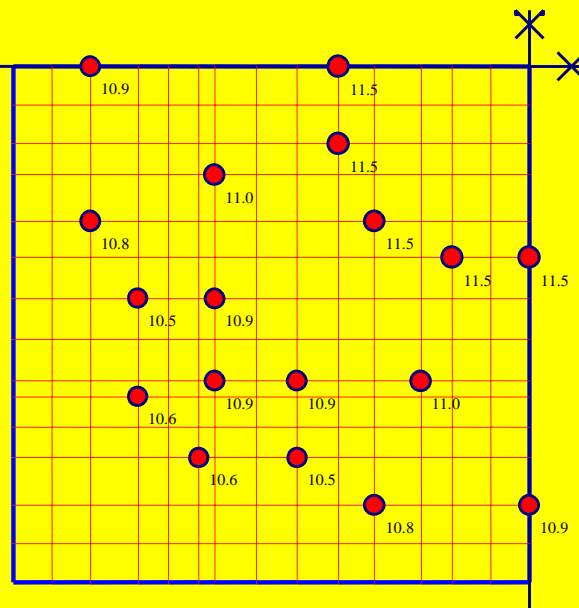


Netz der Pfahl-Plattengründung des Messeturmes mit Pfähle

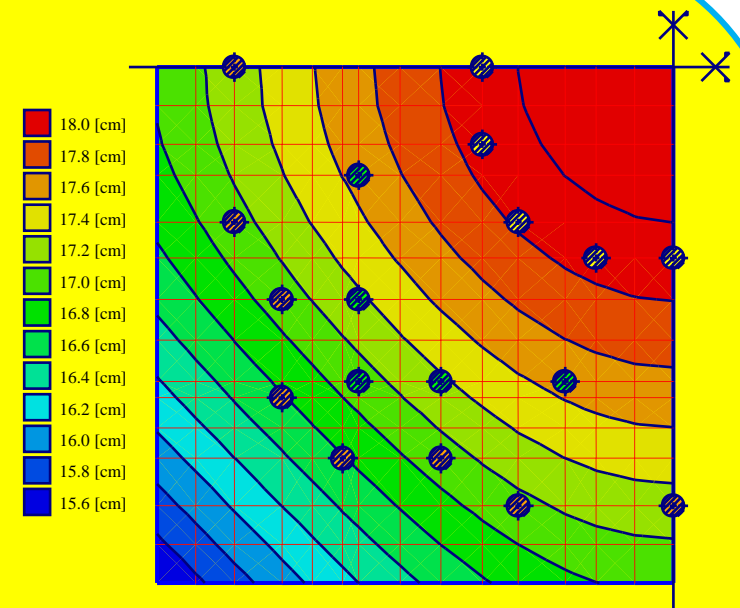
praktisches Beispiel 5: Pfahl-Plattengründung des Messeturmes in Frankfurt



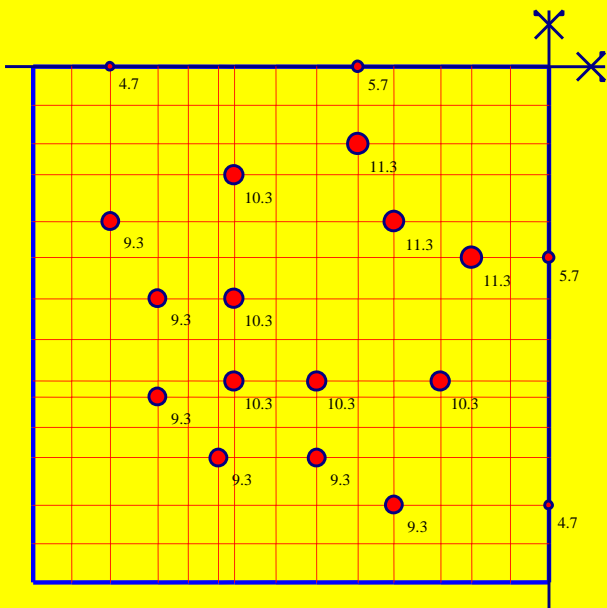
**Interaktionssetzung der Pfähle [cm] nach nichtlineare Berechnung mit Verwendung DIN 4014**



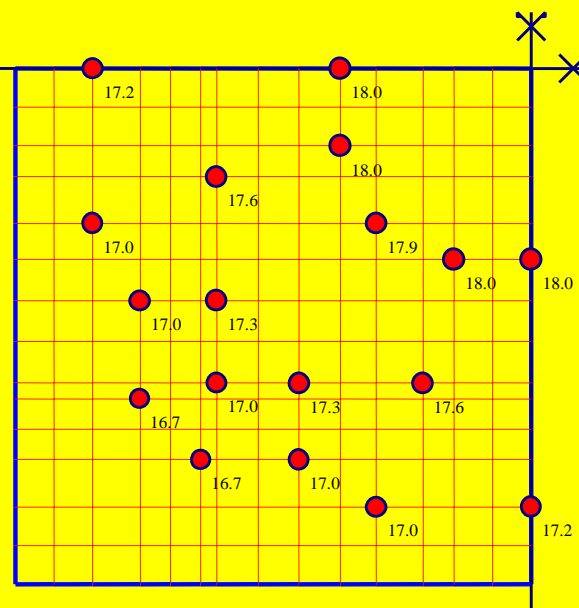
**Eigensetzung der Pfähle [cm] nach nichtlineare Berechnung mit Verwendung DIN 4014**



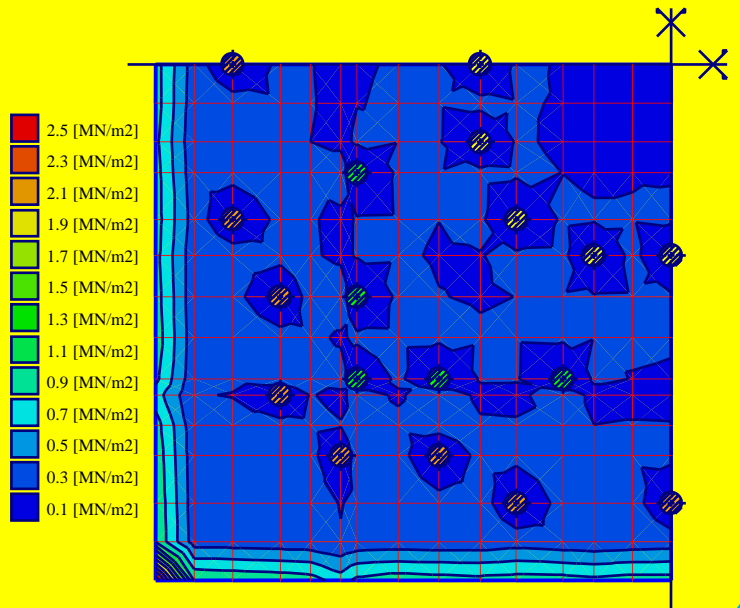
**Setzung unter der Platte nach nichtlineare Berechnung mit Verwendung DIN 4014**



**Pfahllasten [MN] nach nichtlineare Berechnung mit Verwendung DIN 4014**



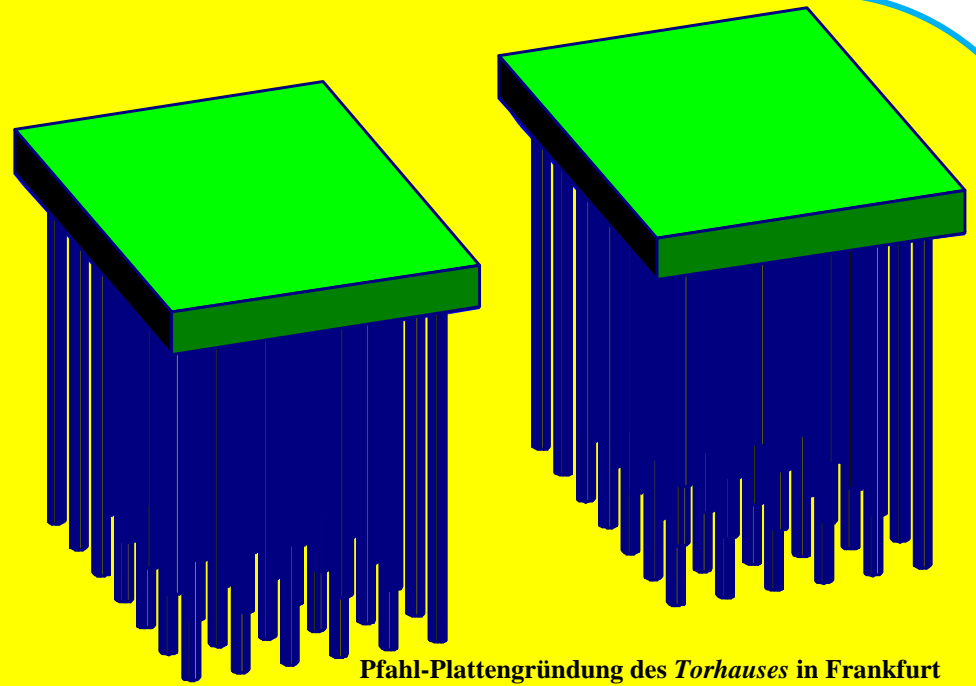
**Gesamtsetzung der Pfähle [cm] nach nichtlineare Berechnung mit Verwendung DIN 4014**



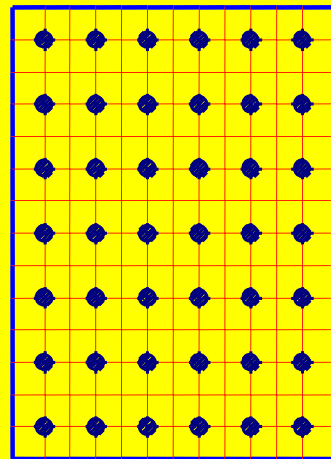
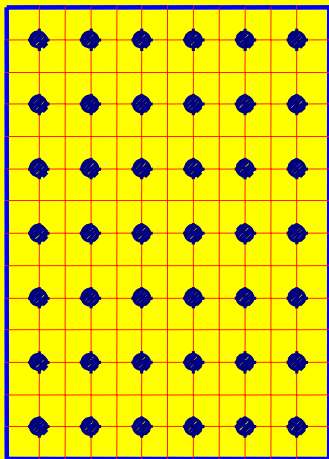
**Sohldrücke unter der Platte nach nichtlineare Berechnung mit Verwendung DIN 4014**



A = 45.00 [m]



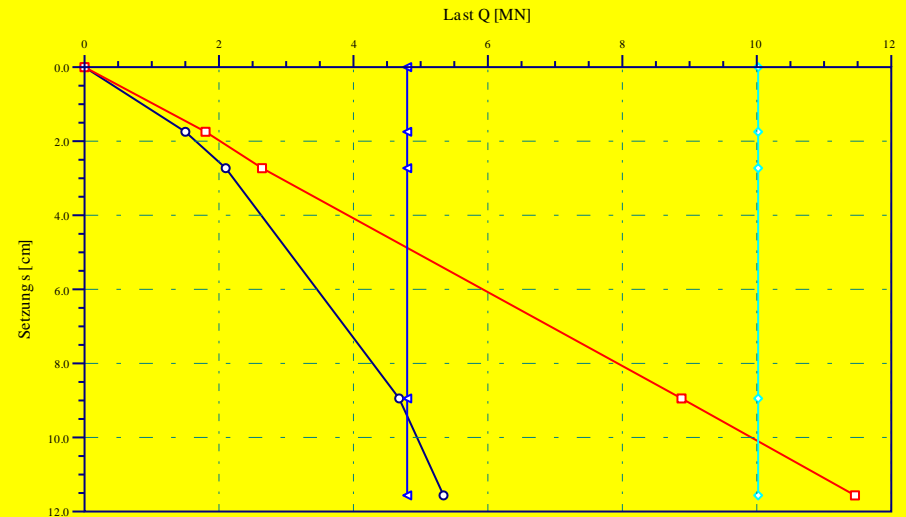
Pfahl-Plattengründung des *Torhauses* in Frankfurt



B = 24.50 [m]

Netz der Pfahl-Plattengründung des *Torhauses* mit Pfähle

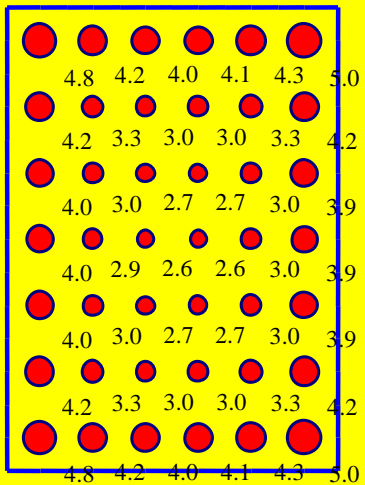
- Nichtlineare Last Qn
- Lineare Last Ql
- ▽ Pfahlkopflast Ph
- ◇ Grenzpfahllast Qlim



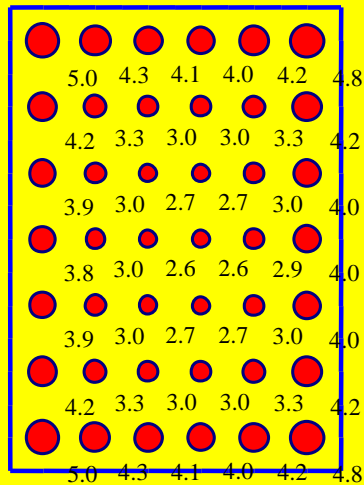
Pfahl Nr. 1 - Pfahlbezeichnung: P1  
 Lastsetzungslinie des Pfahles  
 Nichtlineare Berechnung mit Verwendung einer hyperbolischen Funktion für Last-Setzung

praktisches Beispiel 6: Pfahl-Plattengründung des *Torhauses* in Frankfurt

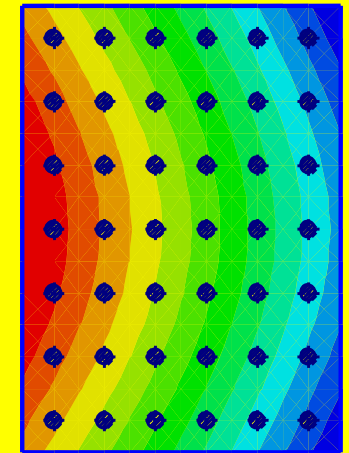
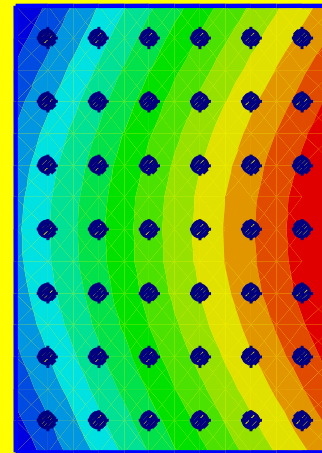
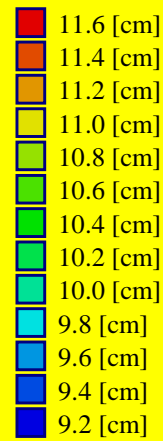




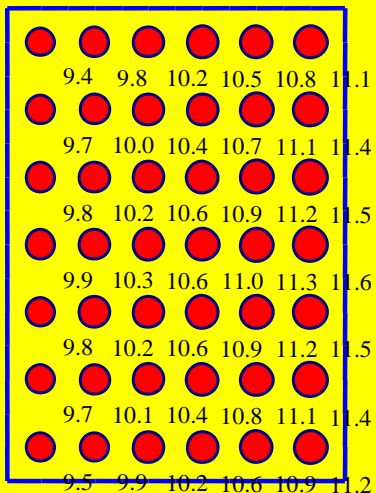
**Pfahllasten [MN] nach nichtlineare Berechnung mit Verwendung einer hyperbolischen Funktion**



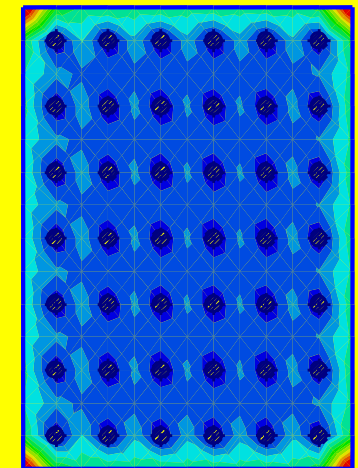
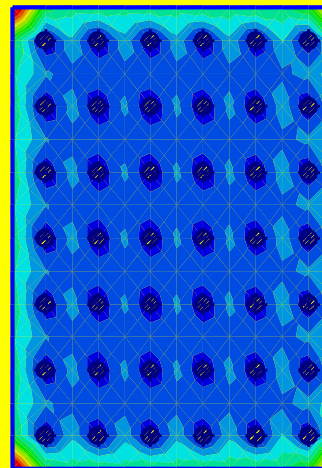
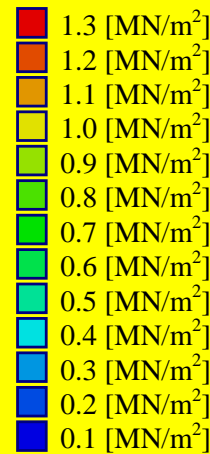
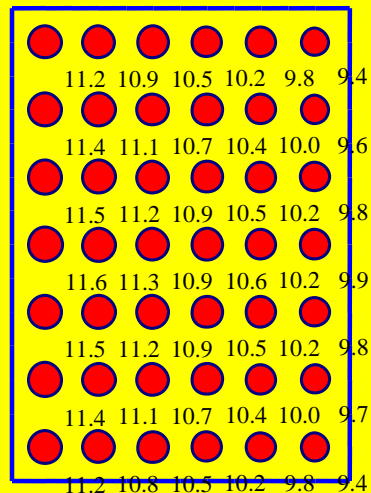
**Pfahlsetzungen [cm] nach nichtlineare Berechnung mit Verwendung einer hyperbolischen Funktion**



**Setzung unter der Platte nach nichtlineare Berechnung mit Verwendung einer hyperbolischen Funktion**



**Pfahlsetzungen [cm] nach nichtlineare Berechnung mit Verwendung einer hyperbolischen Funktion**



**Sohldrücke nach nichtlineare Berechnung mit Verwendung einer hyperbolischen Funktion**