

## Berechnung der auf dem Grund von CPT-Tests untersuchten vertikalen Tragfähigkeit und der Pfahlsetzung

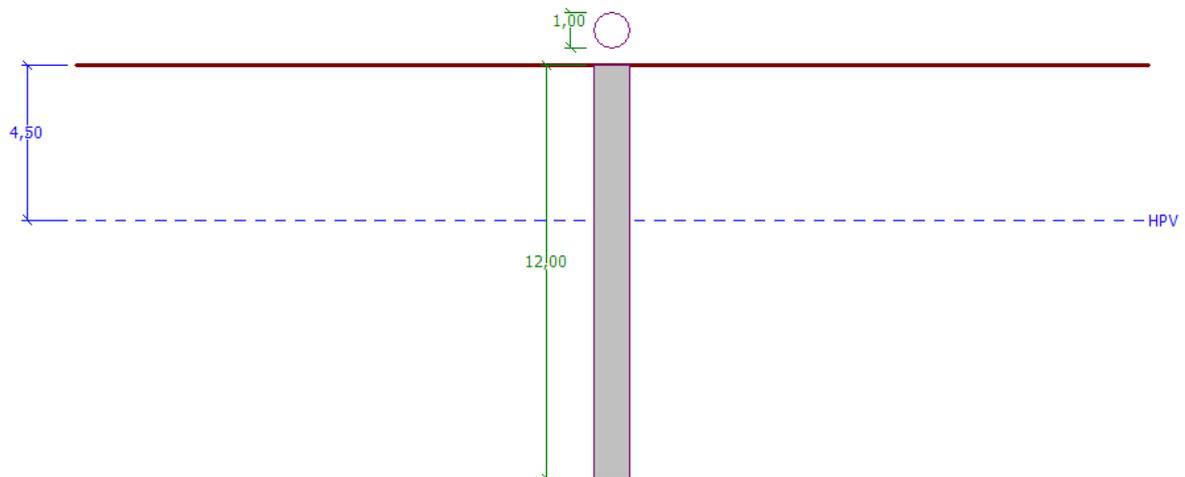
Programm: GEO5 Pfahl CPT

Datei: Demo\_manual\_15.gpn

Ziel dieses Ingenieurhandbuchs ist es, die Verwendung des GEO 5-Programms - PFAHL CPT - zu erläutern.

### Spezifikation der Eingabe der Aufgabe

Die allgemeine Eingabe der Aufgabe ist im vorherigen Kapitel (*12. Pfahlgründungen - Einführung*) beschrieben. Berechnen Sie die Tragfähigkeit und die Setzung eines Einzelpfahls bzw. Pfahlgruppe nach EN 1997-2 auf Grund von durchgeführten CPT-Tests.



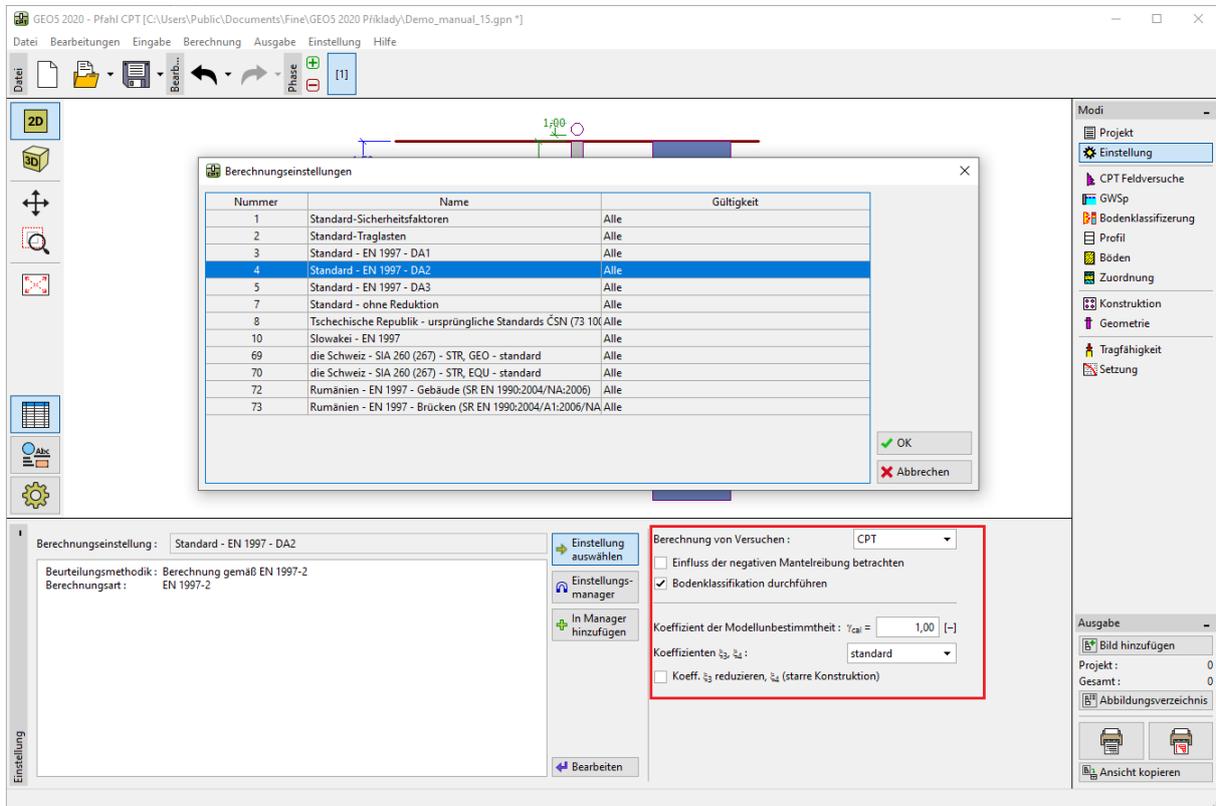
*Diagramm der Eingabe der Aufgabe – gemäß den CPT-Tests für einen untersuchten Einzelpfahl*

### Lösung

Zur Berechnung dieser Aufgabe verwenden wir das Programm GEO5 - PFAHL CPT. Im folgenden Text werden wir schrittweise die Lösung des Beispiels beschreiben.

Klicken Sie im Fenster "Einstellung" auf die Schaltfläche "Einstellungen auswählen" (unten links auf dem Bildschirm) und wählen Sie dann die Berechnungseinstellung "Standard - EN 1997" aus.

Der Bemessungsansatz ist nicht wesentlich, die Berechnung erfolgt nach der *Norm EN 1997-2: Bemessung geotechnischer Konstruktionen - Teil 2: Untersuchung und Prüfung von Gründungsböden*.



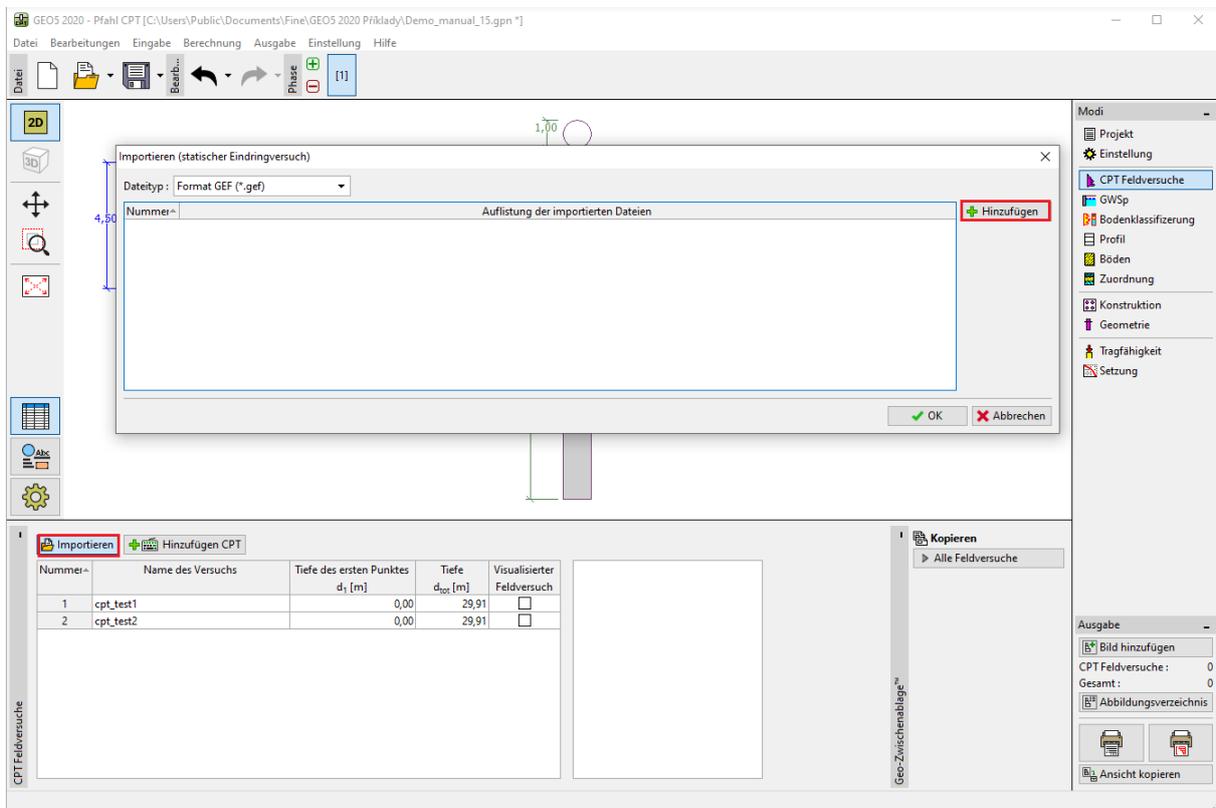
Fenster „Einstellung“

In der ersten Berechnung führen wir eine Bemessung eines Einzelpfahls durch, sodass wir die Reduktion der Korrelationskoeffizienten  $\xi_3$ ,  $\xi_4$  nicht eingeben. Wir werden den Einfluss der negativen Mantelreibung nicht betrachten. In diesem Fenster ist es auch möglich, den *Unsicherheitsfaktor des Modells* einzugeben, der die berechnete Gesamttragfähigkeit des Pfahls verringert - wir belassen den Standardwert 1,0.

Aktivieren Sie auch die Option "Bodenklassifizierung durchführen". Dadurch wird sichergestellt, dass alle Bodenparameter während der gesamten Aufgabe basierend auf den durchgeführten CPT-Tests automatisch zugewiesen werden.

*Hinweis: Die Korrelationskoeffizienten  $\xi_3$ ,  $\xi_4$  und damit die Gesamttragfähigkeit des Pfahls hängen von der Anzahl der durchgeführten CPT-Tests ab. Wenn wir zur Disposition mehr CPT-Tests haben, ist die Größe dieser Korrelationskoeffizienten kleiner. Für die zwei durchgeführten Versuche des statischen Eindringversuchs (unser Fall) sind die Werte  $\xi_3 = 1,35$ ,  $\xi_4 = 1,27$  nach der **Tabelle A.10–Korelationskoeffizienten zur Ableitung charakteristischer Werte der Pfahltragfähigkeit aus den Ergebnissen des Teste des Gründungsbodens** gemäß EN 1997-1 (Teil A.3.3.3).*

Wir werden jetzt zum Fenster "CPT-Feldversuche" wechseln. In diesem Fenster importieren wir die einzelnen Tests mit den Schaltflächen "Importieren" und dann "Hinzufügen CPT".



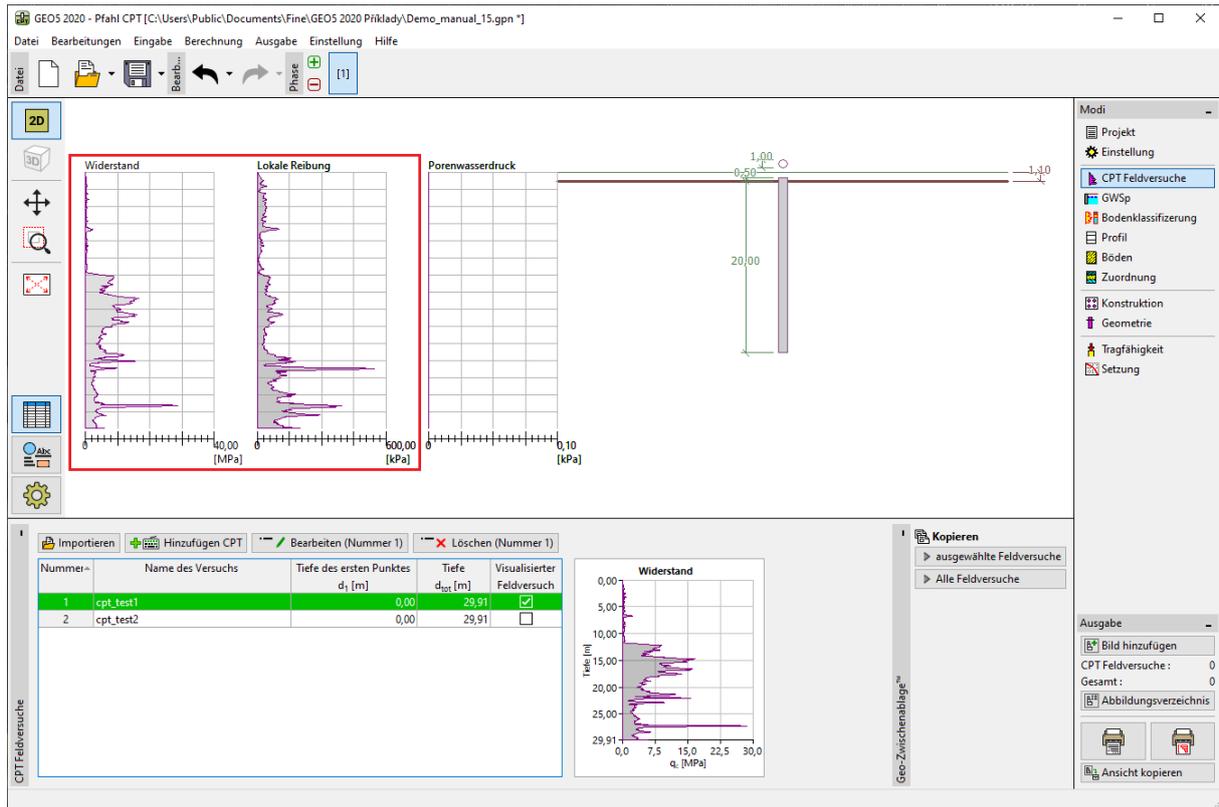
Fenster „CPT-Feldversuche“ - Importieren

*Hinweis: Die Dateien, die wir in das Programm importieren (cpt\_test1.gef, cpt\_test2.gef), sind ein Bestandteil der GEO5-Installation und befinden sich in öffentlichen Dokumenten in der Komponente FINE.*

*Hinweis: CPT-Prüfungen können in verschiedenen Formaten gespeichert werden. In unserem Fall haben wir die Versuche zur Verfügung, die im niederländischen GEF-Format gespeichert sind. Weitere Informationen finden Sie in der Programmhilfe (F1 oder [online](#)).*

*Zusätzlich zum Importieren der Versuche aus vorgeschichteten Dateien können einzelne Verläufe auch manuell über die Schaltfläche "Hinzufügen CPT" eingegeben werden. Aufgrund der großen Anzahl gemessener Punkte wird jedoch normalerweise der Import verwendet.*

Nach Drücken der Schaltfläche "OK" werden die ausgewählten Tests geladen und die Verläufe der gemessenen Größen im Programm angezeigt.



Fenster „CPT Feldversuche“ – importierten Versuche

Hinweis: CPT-Feldversuche können einfach in zwei Typen unterteilt werden. Neben dem klassischen CPT-Test, der Werte für den Spitzenwiderstand ( $q_c$ ) und die lokale Mantelreibung ( $f_s$ ) aufzeichnet, gibt es einen noch detaillierteren Testtyp (CPTu). Während dieses Tests werden gleichzeitig die Porendruckwerte gemessen. Die Art der CPTu-Test ist finanziell und technisch anspruchsvoller, so dass häufiger nur CPT-Teste durchgeführt werden. Die Kenntnis des Porendrucks ( $u$ ) ist jedoch für eine korrekte Bewertung der Bodenklassifizierung unerlässlich. Wenn wir jedoch den Grundwasserspiegel kennen, können wir die Porendruckwerte ungefähr berechnen, was unten erläutert wird.

Wählen Sie "cpt\_test1" und klicken Sie auf die Schaltfläche "Bearbeiten (Nummer 1)", um eine Dialogbox mit detaillierten Ergebnissen des ausgewählten Tests anzuzeigen.

Eigenschaften des Feldversuchs bearbeiten (statischer Eindringversuch)

Feldversuchsparameter

Name des Versuchs: cpt\_test1

Tiefe des ersten Punktes:  $d_1 = 0,00$  [m]

Gesamttiefe:  $d_{tot} = 29,91$  [m]

Nummer	Tiefe d [m]	Widerstand $q_c$ [MPa]	Lokale Reibung $f_s$ [kPa]	Porenwasserdruck $u_z$ [kPa]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,91	0,18	22,00	0,00
3	0,93	0,30	26,00	0,00
4	0,94	0,39	25,00	0,00
5	0,96	0,39	26,00	0,00
6	0,98	0,38	31,00	0,00
7	1,00	0,39	29,00	0,00
8	1,02	0,40	27,00	0,00
9	1,04	0,35	26,00	0,00
10	1,06	0,35	24,00	0,00
11	1,08	0,37	23,00	0,00
12	1,10	0,37	22,00	0,00
13	1,12	0,38	22,00	0,00
14	1,15	0,37	22,00	0,00
15	1,17	0,37	22,00	0,00
16	1,19	0,37	22,00	0,00
17	1,23	0,33	17,00	0,00
18	1,25	0,33	17,00	0,00
19	1,26	0,30	16,00	0,00

Grundwasser

Kein Wasser

GWSp-Tiefe vom 1. Punkt des Versuchs:  [m]

OK Abbrechen

Widerstand

Lokale Reibung

Porenwasserdruck

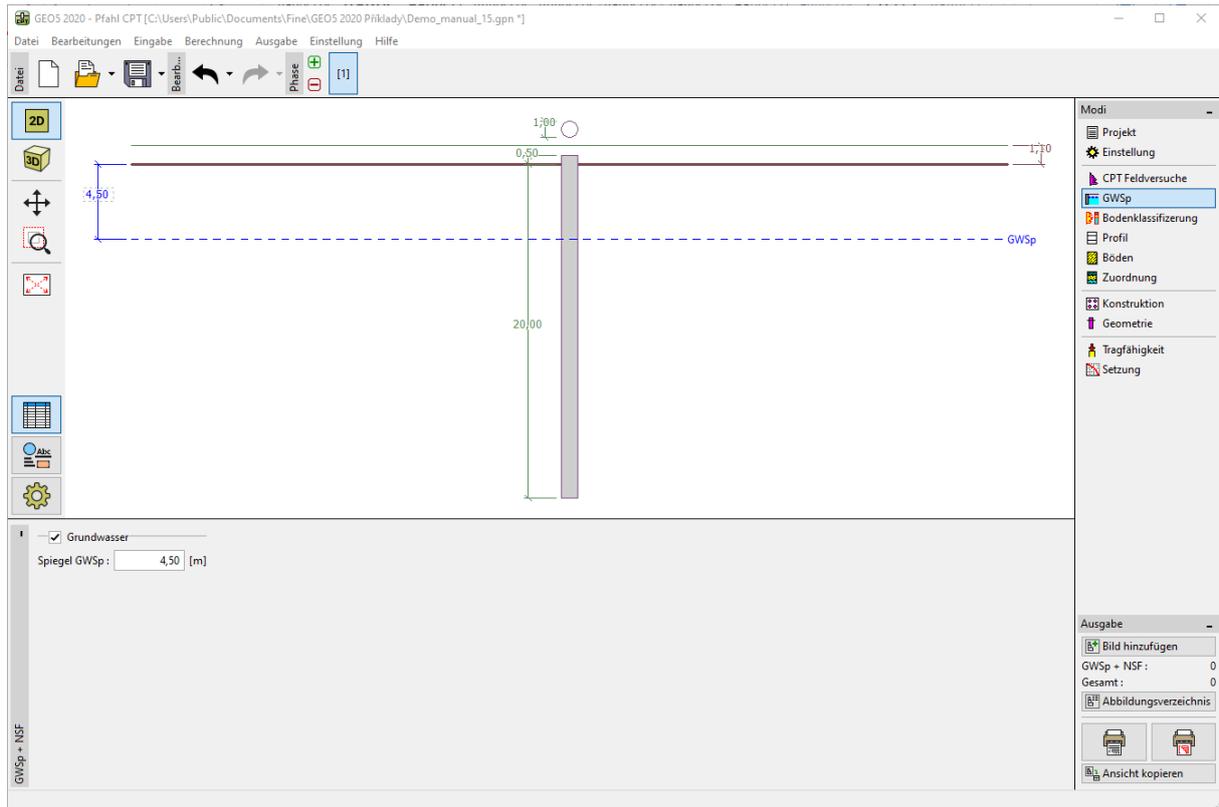
Importieren **Berechnung u2** OK + OK Abbrechen

### Fenster „CPT Feldversuche“ – Berechnung des Porendrucks

Klicken Sie in dieser Dialogbox auf die Schaltfläche "Berechnung u2", die sich unten links auf dem Bildschirm befindet, und geben Sie den erwarteten Grundwasserspiegel ein. In unserem Fall geben wir 4,50 m ein.

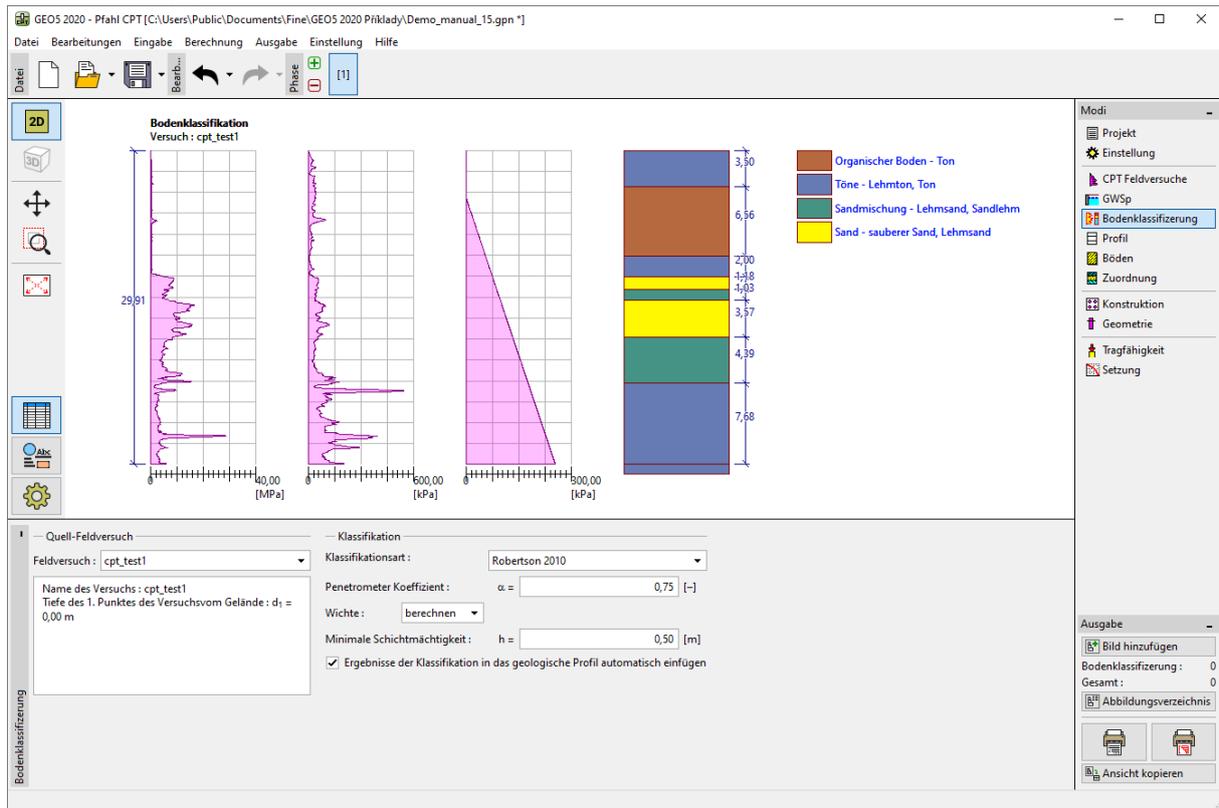
Auf diese Weise berechnen wir den Porendruck für beide Versuche.

Der Grundwasserspiegel muss ebenfalls im Fenster "GWSp" eingegeben werden.



Fenster „GWSp“

Wir werden zum Fenster "Bodenklassifizierung" wechseln. Wir wählen die Klassifizierung der Böden nach Robertson aus dem Jahr 2010. Wir belassen den Penetrometer-Koeffizienten beim Standardwert von 0,75 und lassen das Volumengewicht auf Grund von CPT-Tests berechnen. Wir werden die minimale Schichtmächtigkeit auf 0,5 m einstellen, um die Übersichtlichkeit des geologischen Profils zu erhöhen. Weitere Informationen finden Sie in der Hilfe zum Programm (F1 oder [online](#)).

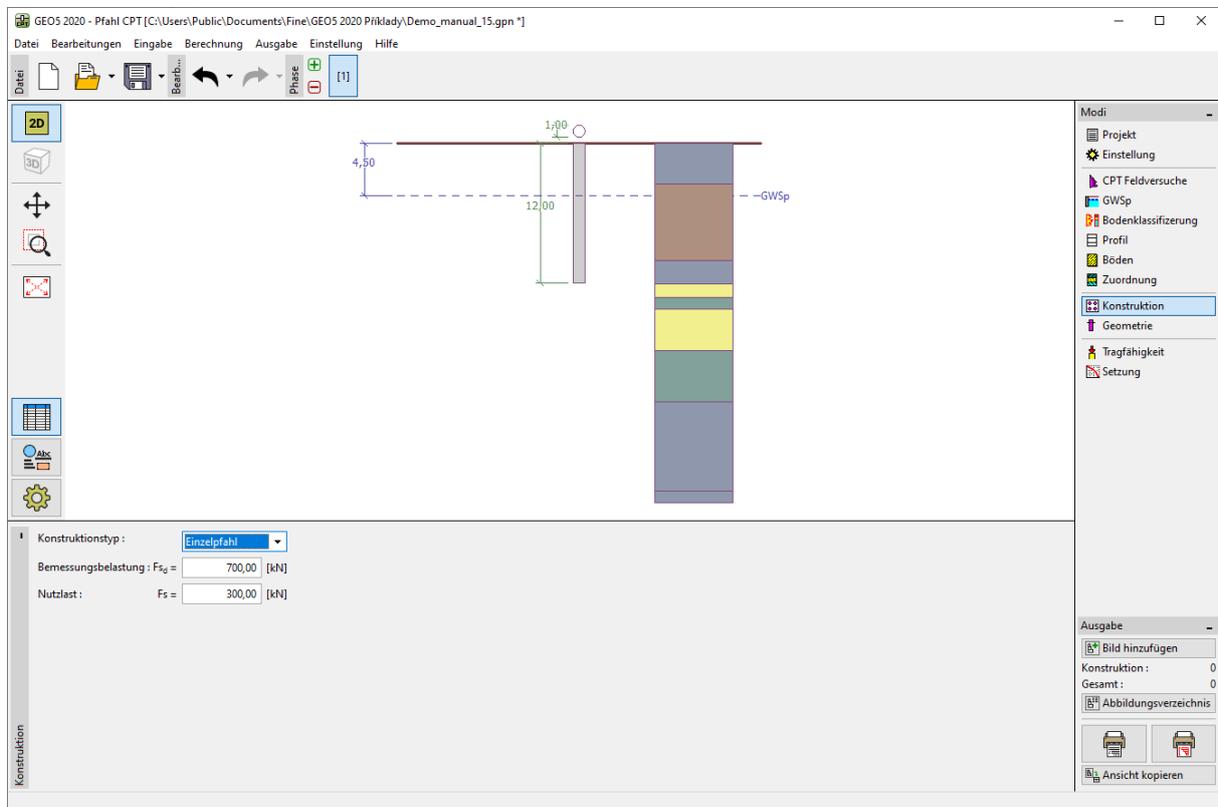


Fenster „Bodenklassifizierung“

*Hinweis: Die Bodenklassifizierung wird immer für einen Test durchgeführt, daher muss sie immer im Feld "Quell-Feldversuch" spezifiziert werden.*

Wir werden die Fenster "Profil", "Böden" und "Zuordnung" überspringen - alles wird automatisch ausgefüllt, basierend auf der Auswertung der CPT-Tests.

Wählen Sie im Fenster "Konstruktion" die Option "Einzelpfahl". Dann geben wir die maximale Größe der vertikalen Belastung auf den Pfahl ein, siehe Abbildung. Für die Berechnung der Pfahltragfähigkeit wird die Bemessungslast betrachtet, für die Setzung wird dann die Nutzlast berücksichtigt.



Fenster „Konstruktion“

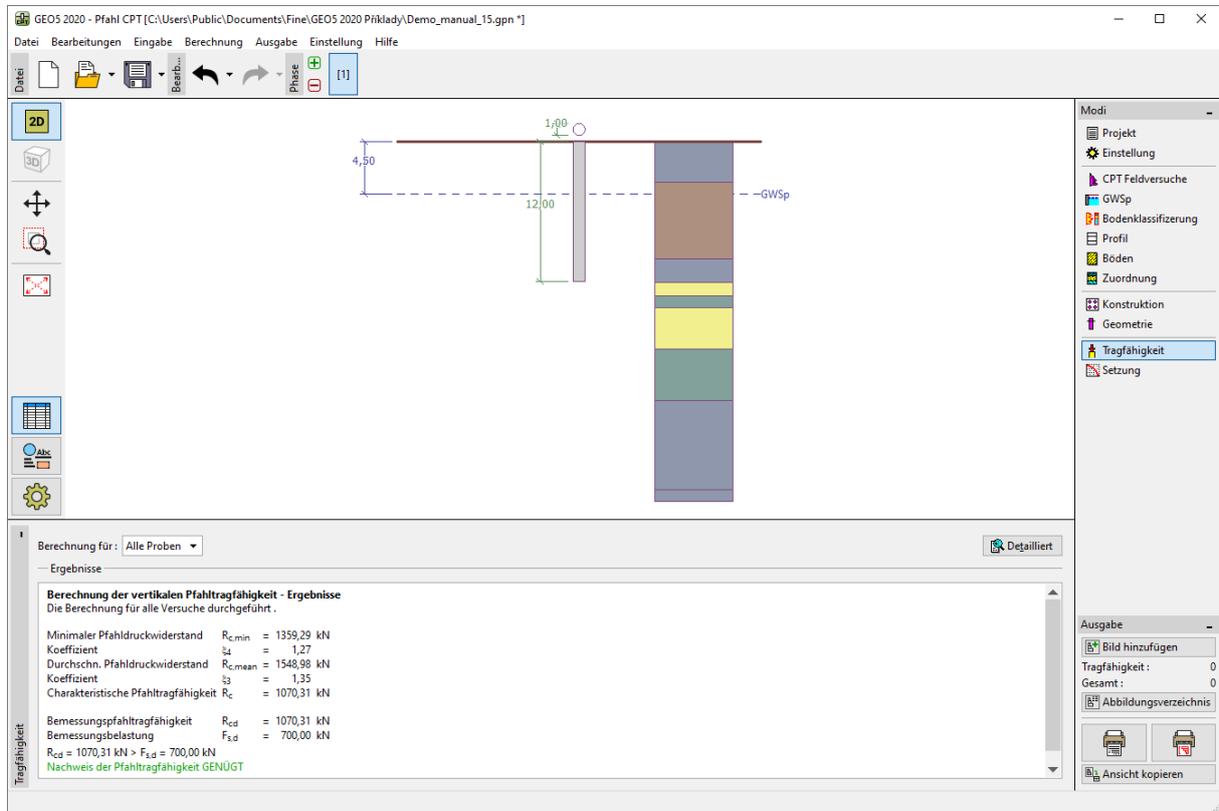
Geben Sie im Fenster "Geometrie" das Material und den Querschnitt des Pfahls ein und bestimmen Sie dann seine Grundabmessungen, d. h. den Durchmesser und Länge im Boden. Anschließend definieren wir die Art der Ausführung des Pfahls. Für diese Aufgabe betrachten wir gebohrte, nicht gestützte Pfähle oder durch Tonsuspension gestützte Pfähle.

Wir werden die Berechnung des Tragfähigkeitsbeiwerts von Pfahlfußwiderstands  $\alpha_p$  mit der Möglichkeit der Berechnung belassen.

Pfahlquerschnitt :	<input type="text" value="kreisförmig"/>	Pfahlmaterial :	<input type="text" value="Beton"/>
Pfahlart :	<input type="text" value="gebohrt nicht gestützt oder durch Tonsuspension gestützt"/>		
Tragfähigkeitsfaktor für Pfahlfuß $\alpha_p$ :	<input type="text" value="berechnen"/>		
— Geometrie		— Rundpfahl	
Pfahllänge im Boden :	$l =$ <input type="text" value="12,00"/> [m]	Pfahldurchmesser :	$d =$ <input type="text" value="1,00"/> [m]
Absetzen des Pfahles :	$v =$ <input type="text" value="0,00"/> [m]		
Tiefe des veränderten Geländes : $h =$	<input type="text" value="0,00"/> [m]		

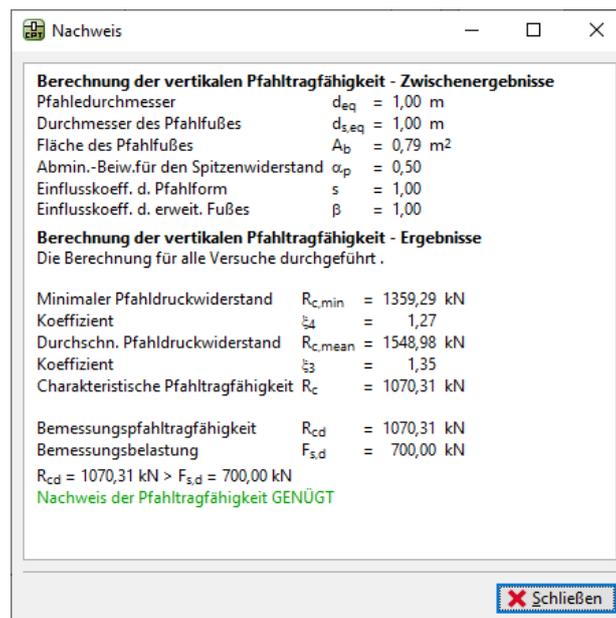
Fenster „Geometrie“

Wir werden nun mit der Überprüfung des Einzelpfahls unter Verwendung des Fensters "Tragfähigkeit" fortfahren, wo wir die Ergebnisse der Berechnung betrachten werden.



Fenster „Tragfähigkeit“

Durch Klicken auf die Schaltfläche "Detailliert" werden auch die Zwischenergebnisse für die Berechnung der vertikalen Tragfähigkeit des Pfahls angezeigt.



Dialogbox „Nachweis (detailliert)“ – Vertikale Tragfähigkeit

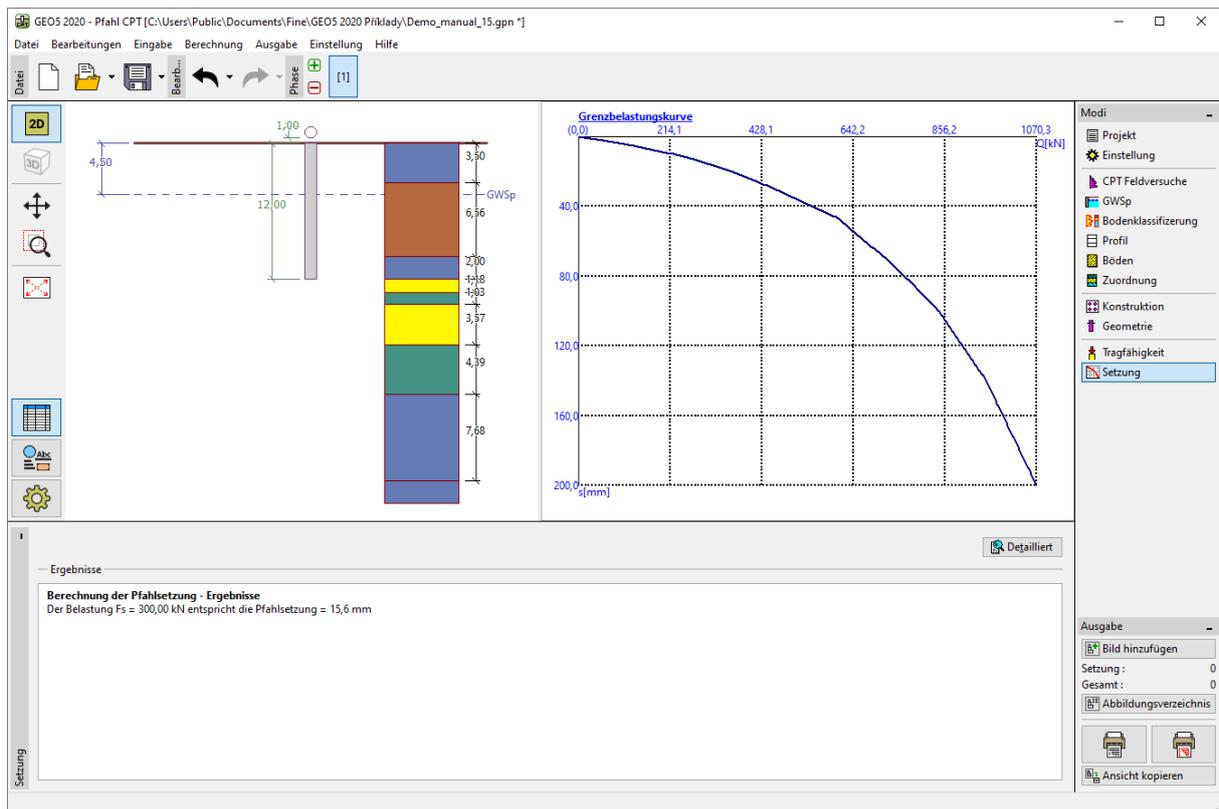
Hinweis: Die Ergebnisse der Tragfähigkeit können für einen bestimmten Versuch oder für alle Tests gleichzeitig ausgewertet werden.

Die vertikale Bemessungstragfähigkeit des Pfahls  $R_{c,d}$  besteht aus der Summe der Mantelreibung und des Pfahlfußwiderstands (weitere Informationen in der Programmhilfe - F1). Um die Bedingung der Tragfähigkeit zu erfüllen, muss sein Wert größer sein als die Größe der einwirkenden Bemessungsbelastung  $F_{s,d}$ .

– EN 1997-2:  $R_{c,d} = 1070,31 \text{ kN} > F_{s,d} = 700,0 \text{ kN}$

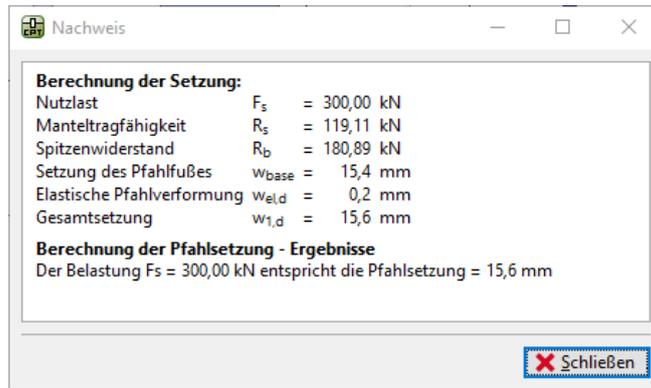
GENÜGT

Dann gehen wir zum Fenster "Setzung", wo der Verlauf der Grenzbelastungskurve des Pfahls und die Ergebnisse der gesamten Pfahlsetzung  $w_{1,d} = 15,6 \text{ mm}$  für die Nutzlast  $F_s = 300 \text{ kN}$  angezeigt werden.



Fenster „Setzung“ – Grenzbelastungskurve (Arbeitsdiagramm des Pfahls)

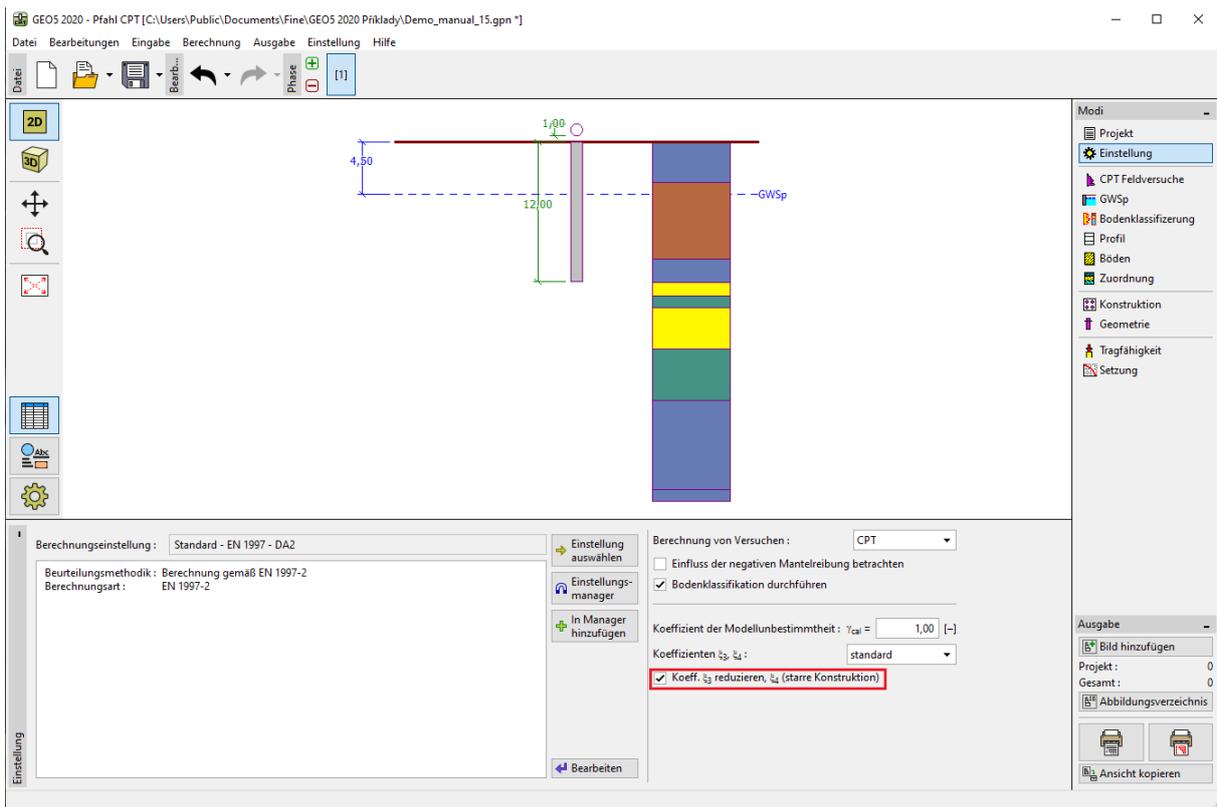
Detaillierte Ergebnisse können unter der Schaltfläche "Detailliert" angezeigt werden.



Dialogbox „Nachweis (detailliert)“ – Setzung

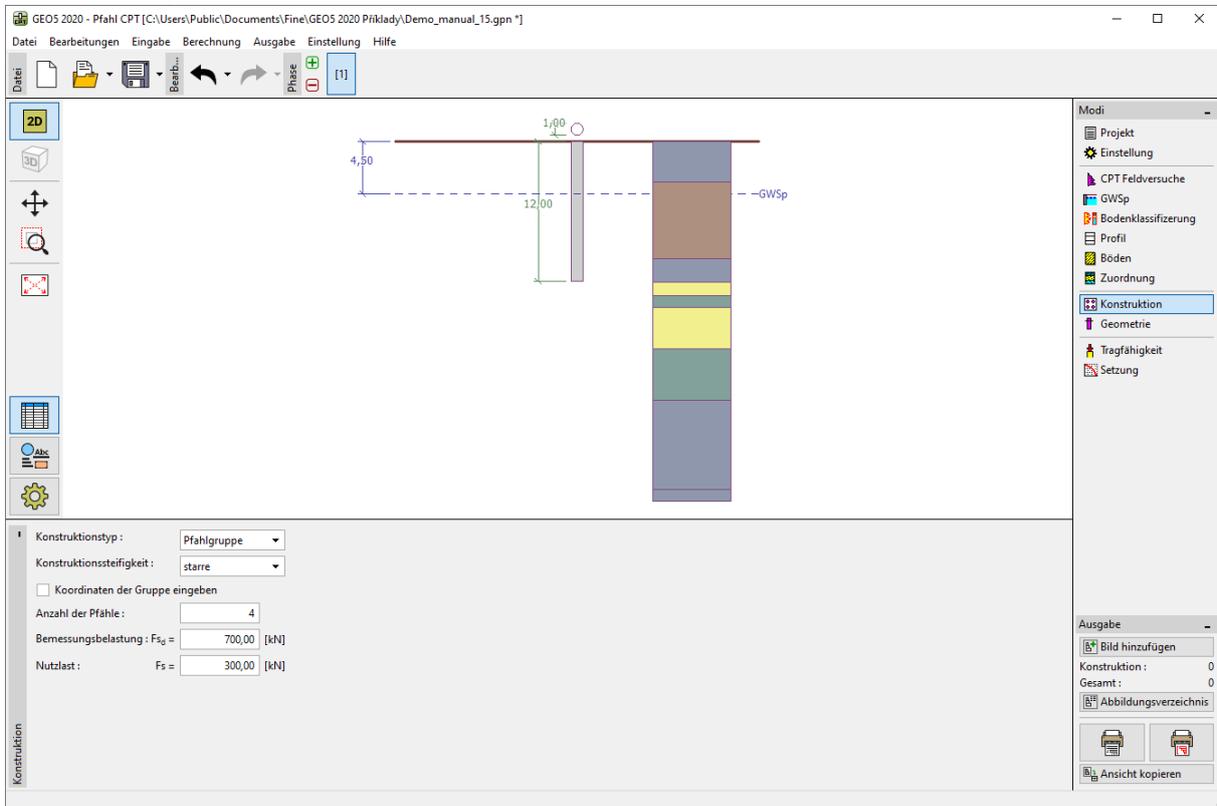
## Pfahlgruppe

Wir werden jetzt einen Nachweis der Pfahlgruppe mit einem starren Gitter durchführen. Wählen Sie im Fenster "Einstellung" die Option "Koeffizienten reduzieren  $\xi_3, \xi_4$  (starre Konstruktion)".



Fenster „Einstellung“

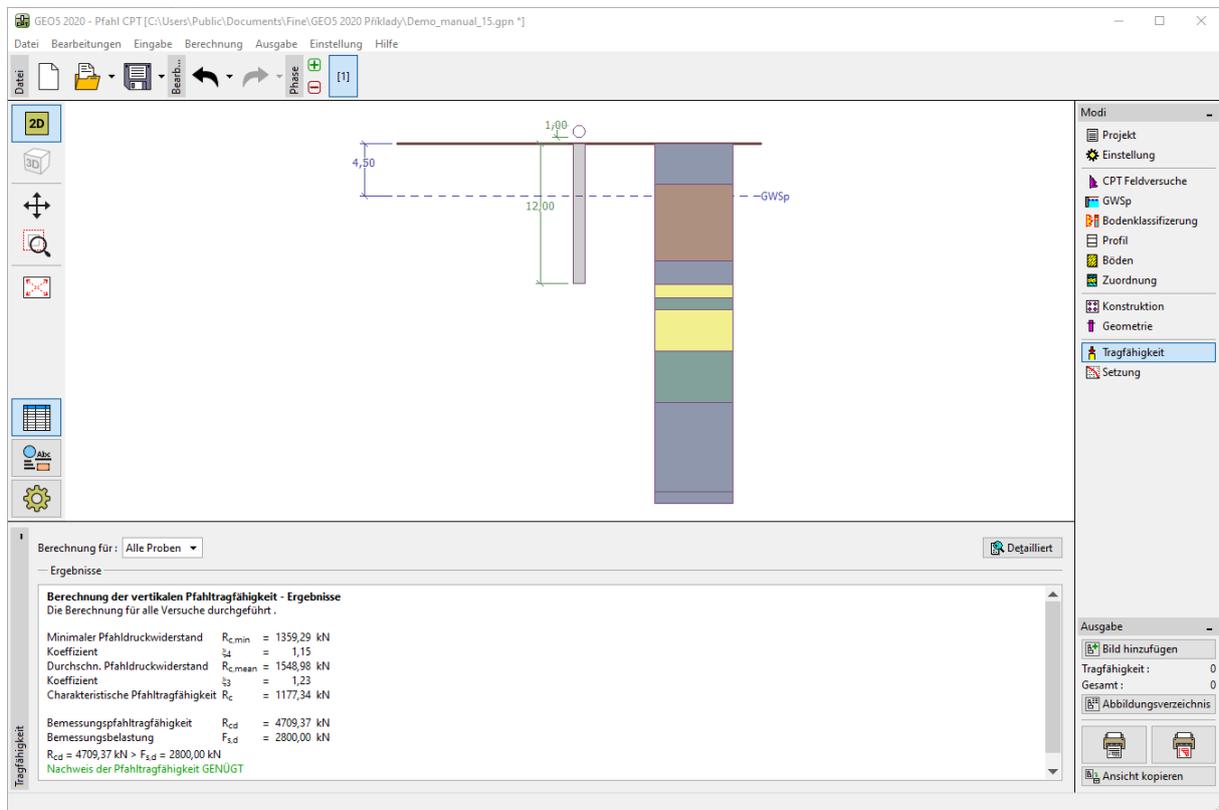
Dann wechseln wir zum Fenster "Konstruktion", wo wir die notwendigen Parameter für die Berechnung der Pfahlgruppe definieren. Wir werden die Pfahlgründung (Platte mit Pfählen) als eine **starre Konstruktion** betrachten, in der angenommen wird, dass sich **alle Pfähle gleich setzen**. Als nächstes geben wir die Anzahl der Pfähle mit  $n = 4$  ein.



Fenster „Konstruktion“

Die anderen Fenster bleiben unverändert.

Wir kehren nun zum Fenster "Tragfähigkeit" zurück, in dem die Ergebnisse der Bemessung angezeigt werden.



Dialogbox „Nachweis (detailliert)“ – Vertikale Tragfähigkeit

– EN 1997-2:  $R_{c,d} = 4709,37 \text{ kN} > F_{s,d} = 2800,0 \text{ kN}$  GENÜGT

## Schlussfolgerung

Der überprüfte Pfahl bzw. die Pfahlgruppe erfüllen alle durchgeführten Nachweise. Der Hauptvorteil der Berechnung auf der Grundlage von CPT-Eindringversuchs ist ihre Geschwindigkeit und Eindeutigkeit. Dieses Verfahren ist in der Standard *EN 1997-2: Bemessung geotechnischer Konstruktionen - Teil 2: die Untersuchung und Überprüfung des Gründungsbodens* genau definiert. Die häufig mehrdeutige Eingabe von Parametern der Bodenfestigkeit dadurch entfällt.