

# Pfahlbemessungs- und -verwaltungssoftware DHPD & DHPM

Dr.-Ing. Ingo Hylla

16. Oktober 2016

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Allgemein</b>	<b>2</b>
1.1	Motivation . . . . .	2
1.2	Überblick . . . . .	2
<b>2</b>	<b>DHPM (Verwaltung)</b>	<b>3</b>
2.1	Beschriftung . . . . .	3
2.2	Objekttypen . . . . .	3
2.3	Nummerierung . . . . .	4
2.4	Auswahl . . . . .	4
2.5	Eingabe von Eigenschaften . . . . .	4
2.5.1	Suchfunktion . . . . .	5
2.5.2	Schnellansicht . . . . .	5
2.6	Automatische grafische Anpassung . . . . .	5
2.7	Import / Export . . . . .	5
2.8	Werkzeuge . . . . .	5
2.9	Vermessung . . . . .	5
2.10	Auswertung . . . . .	6
<b>3</b>	<b>DHPD (Statik)</b>	<b>7</b>
3.1	Allgemein . . . . .	7
3.2	Allgemeine Projektdaten . . . . .	7
3.3	Bodenprofileingabe . . . . .	8
3.3.1	Erforderliche Eingaben . . . . .	8
3.3.2	Optionale Eingaben . . . . .	8
3.3.3	Zusätzlich erforderliche Eingaben für die Horizontalbemessung . . . . .	8
3.3.4	Zusätzliche optionale Eingaben für die Horizontalbemessung . . . . .	8
3.4	Vertikalbemessung . . . . .	8
3.4.1	Erforderliche Eingaben . . . . .	9

3.4.2	Optionale Eingaben . . . . .	9
3.4.3	Ausgabe . . . . .	10
3.5	Horizontalbemessung . . . . .	12
3.5.1	Teilsicherheitsbeiwert veränderliche Last . . . . .	12
3.5.2	Querkraftbemessung . . . . .	12
3.5.3	Hebelarm, Bewehrungsanordnung, Bewehrungsexzentrizität . . . . .	12
3.5.4	Ausgabe . . . . .	13

## 1 Allgemein

Die Bemessung von Pfählen erfolgt üblicherweise durch die Bildung von ähnlich stark belasteten Pfählen in gleichem Bodenprofil zu Bemessungsgruppen. Dadurch muss nicht jeder Pfahl einzeln bemessen werden. Dies führt jedoch automatisch dazu, dass nicht bei allen Pfählen eines Bauvorhabens eine wirtschaftlich optimale Auslegung erfolgt.

Die Herstellung von Pfählen erzeugt eine relativ große Datenmenge, angefangen von den Belastungen, über die Verortung auf der Fläche, den aus der Statik resultierenden Sollwerten und Dimensionen bis hin zu den Istwerten nach der Herstellung inkl. den tiefenabhängig aufgezeichneten Herstellparametern.

### 1.1 Motivation

Ziel der Entwicklung der hier vorgestellten Software war die Reduzierung des Aufwandes auf der Seite des Statikers, Vermessers, Maschinenführers und anderen Projektbeteiligten bei gleichzeitiger Kostenoptimierung auf Seiten der ausführenden Firma.

### 1.2 Überblick

Grundsätzlich besteht das Softwarepaket aus 2 miteinander kommunizierenden Einzelmodulen. Beide sind dabei auch unabhängig voneinander benutzbar.

Es handelt sich jeweils um Zusatzbibliotheken für bestehende Software. Die Pfahlverwaltung DHPM (DH Pfahl Manager) wurde als Zusatzmodul zu Autocad entwickelt, der Pfahldesigner DHPD (DH Pfahl Designer) als Zusatzmodul für MS-Excel. Dadurch können die Funktionalitäten der Mutterprogramme in direkter Verbindung mit den Funktionalitäten der Erweiterungsmodule genutzt werden.

## 2 DHPM (Verwaltung)

Das Zusatzprogramm für Autocad ermöglicht die Bearbeitung speziell angelegter Blöcke. Diese Blöcke beinhalten dann alle relevanten Informationen zu den Pfählen. Je Pfahl wird also ein Block verwendet. Das Aussehen der Blöcke ist frei gestaltbar.

In der Abbildung 1 sind auf der linken Seite die Karteireiter des Moduls DHPM zu sehen.

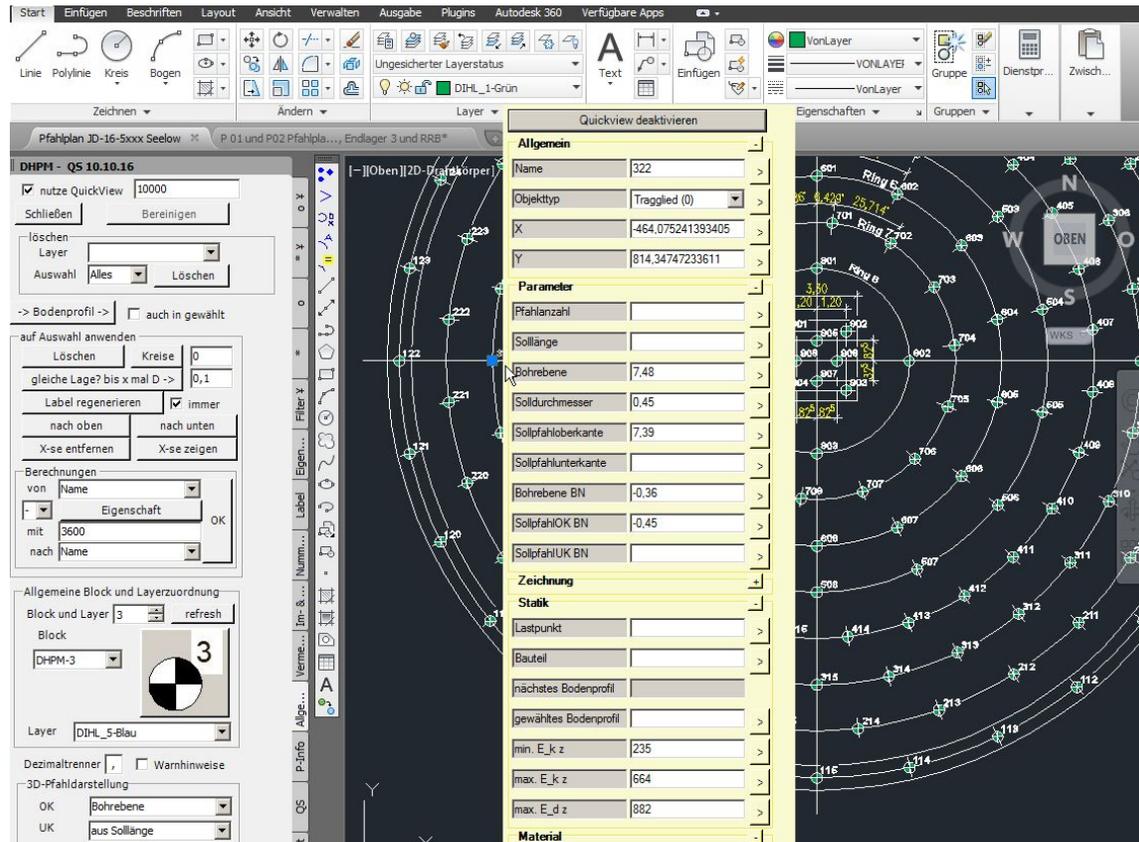


Abbildung 1: Autocad

### 2.1 Beschriftung

An einem Pfahl lassen sich gemäß der Abbildung 2 auf der nächsten Seite beliebig viele Informationen in verschiedenen Formaten darstellen.

### 2.2 Objekttypen

Neben der Eingabe von Pfählen, bzw. im Allgemeinen Traggliedern, wobei z.B. auch Baugrundverbesserungssäulen gemeint sein können, besteht die Möglichkeit, den Objekten eine andere Funktion zuzuweisen. Hauptsächlich relevant sind hier die Typen Vermessungspunkt und Baugrundprofil.

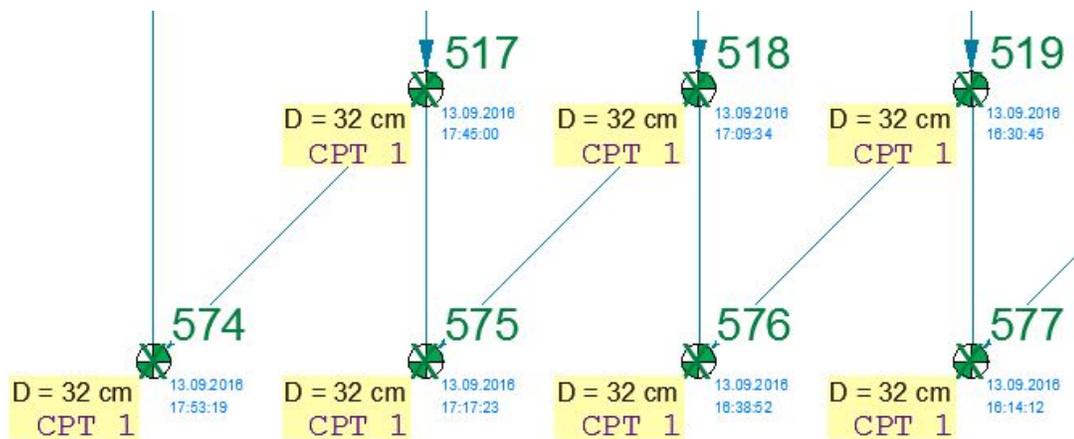


Abbildung 2: Beispiel Beschriftung

## 2.3 Nummerierung

Neue Objekte können einzeln, blockweise oder durch den Import von Koordinaten erzeugt werden. Dabei stehen vielfältige Nummerierungsoption zur Verfügung. Ebenso ist die Suche nach unnummerierten und mit gleicher Nummer nummerierten Objekten möglich.

## 2.4 Auswahl

Zur Bearbeitung der Pfähle können Teilmengen ausgewählt werden. Dabei lassen sich beliebig viele Filterkriterien nach allen verfügbaren Eigenschaften erstellen und als Auswahlsets speichern. Somit besteht die Möglichkeit, alle Pfähle, alle Pfähle eines bestimmten vorher ausgewählten Gebiets und für beide Fälle nochmal die Pfähle unter Anwendung der Filterkriterien auszuwählen.

## 2.5 Eingabe von Eigenschaften

Nach der Auswahl von Pfählen lassen sich auf dem Karteireiter Eigenschaften Werte vorgeben, wobei diese für alle gewählten oder auch einzeln für den gerade in der Auswahl angezeigten Pfahl gespeichert werden können.

Welche Informationen dort angezeigt werden, kann separat eingestellt werden, so dass die für den Nutzer aktuell nicht relevanten Informationen zur besseren Übersicht ausgeblendet werden.

Einige der Eigenschaften bedingen sich gegenseitig. So kann z.B. die Sollpfahlunterkante auf Baunull bezogen und in mNN angegeben werden, wonach der jeweils andere Wert automatisch ermittelt wird. Ebenso werden in diesem Fall die Sollpfahllänge und die Sollbohrlänge aus der Information der Pfahloberkante und der Bohrebene in mNN sowie bzgl. Baunull berechnet.

Die Eingabefelder werten ebenso Formeln aus. Es besteht also z.B. die Möglichkeit der Eingabe  $(2+7)^{(1/2)}$  mit dem Ergebnis, dass an dieser Stelle der Wert 3 abgespeichert wird.

Felder in denen numerische Werte erwartet werden, nehmen keine anderen Eingaben entgegen, eine leere Eingabe wird als 0 gewertet.

### 2.5.1 Suchfunktion

In dem o.g. Karteireiter steht ein Pulldownmenü mit allen ausgewählten Pfählen zur Verfügung. Nach der Auswahl eines bestimmten Pfahls, kann ein Zoom zum Ort des Pfahls veranlasst werden. So lässt sich jeder Pfahl auch in großen unübersichtlichen Zeichnungen leicht finden, wobei der Suchbereich schon durch die Auswahlfunktion eingeschränkt werden kann.

### 2.5.2 Schnellansicht

Das gelb hinterlegte Fenster in der Mitte der Abbildung 1 auf Seite 3 ist ein Schnellinformationsfenster. Es erscheint, wenn der Nutzer die Funktion aktiviert hat und mit der Maus auf den entsprechenden Pfahl zeigt.

In dieses Fenster können direkt Daten äquivalent zu dem Abschnitt 2.5 auf der vorherigen Seite eingegeben werden.

## 2.6 Automatische grafische Anpassung

Werden Werte geändert, welche die Darstellung des Pfahlobjektes betreffen, wie z.B. der Durchmesser, dann passt sich der Block automatisch in der Zeichnung an. Dies betrifft auch den Objekttyp, die Position und die in der Beschriftung dargestellten Werte.

## 2.7 Import / Export

Alle Werte lassen sich über frei gestaltbare Presets mit entsprechender Spalten / Eigenschaftenzuordnung exportieren und importieren. Beim Import erfolgt dann ebenfalls eine automatische grafische Anpassung.

Werden Pfähle importiert, welche noch nicht in der Zeichnung vorhanden sind, so werden sie neu an entsprechender Stelle erzeugt, sind sie schon vorhanden, dann werden die gespeicherten Werte aktualisiert.

## 2.8 Werkzeuge

Neben allgemeinen Funktionen, wie dem Löschen ausgewählter Objekte und dem Festlegen der Zeichenreihenfolge, stehen mehrere pfahlbemessungsrelevante Funktionen zur Verfügung:

- Zuordnung der den Pfählen am nächsten liegenden Bodenprofile
- Suche nach am gleichen Ort platzierten Pfählen (eventuell unbeabsichtigte Doppeleingabe.)
- Zeichnen von Kreisen mit x-fachem Durchmesser der Pfähle, z.B. 3 D
- Ausführen mathematischer und textlicher Funktionen (z.B. verschiebt die Eingabe von  $x + 3$  mit dem Ziel  $x$  alle ausgewählten Pfähle um 3 nach rechts)

## 2.9 Vermessung

Neben der Möglichkeit der Nutzung eines nutzerspezifischen Koordinatensystems mit den Auto-cadfunktionen besteht die Möglichkeit der Definition eines Koordinatensystems welches z.B. dem lokalen Baustellensystem oder dem GPS System entspricht. Hiernach stehen als Kennwerte neben

x und y in der Zeichnung auch Hochwert und Rechtswert in dem Projektkoordinatensystem zur Verfügung, wobei jeder dieser Werte verändert werden kann und sich die Werte des anderen Koordinatensystems automatisch anpassen.

Diese Koordinaten lassen sich zum Abstecken der Pfähle exportieren und das Aufmaß der Pfähle nach der Herstellung importieren, wobei dann Kopien der Originalobjekte erzeugt, an der Stelle des Aufmaßes eingefügt und in einem frei wählbaren Koordinatensystem die Abweichungen gemäß der Abbildung 3 vermaßt werden können.

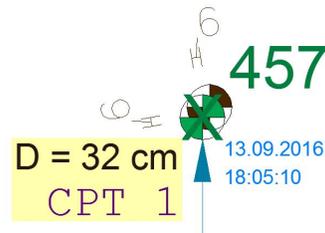


Abbildung 3: Beispiel Vermaßung Lageabweichung

## 2.10 Auswertung

Das X über dem Pfahlsymbol in der Abbildung 3 kennzeichnet diesen als hergestellt. Nach dem Herstellen der Pfähle können alle relevanten Herstellinformationen eingelesen und dargestellt, die Soll- und Istwerte verglichen und die Herstellprotokolle automatisch generiert werden.

## 3 DHPD (Statik)

### 3.1 Allgemein

Das Programm steht als Add-In für MS-Excel zur Verfügung. Dabei sind mindestens 2 Tabellenblätter anzulegen. In der Pfahltablelle gemäß der Abbildung 6 auf Seite 9 stehen alle notwendigen Eingangsparameter für die Vertikallastfälle sowie die Ausgabewerte, im Blatt Bodenprofile beliebig viele beliebig oft unterteilte Bodenprofile.

Für Horizontalabmessungen können zusätzlich beliebig viele Tabellenblätter HVL-x angelegt werden, in denen wiederum beliebig viele Horizontallastkombinationen je Pfahl eingegeben werden können. Dort werden auch die Ergebnisse der einzelnen Horizontallastfälle ausgegeben. Im Falle einer Horizontalabmessung werden zusätzlich in der Hauptpfahltablelle die maßgebenden Ergebnisse aller den Pfahl betreffenden Horizontallastfälle ausgegeben.

### 3.2 Allgemeine Projektdaten

Allgemein gültige Projekteinstellungen werden zentral über das in der Abbildung 4 dargestellte Ribbon sowie die darüber erreichbaren Dialogfelder eingegeben.

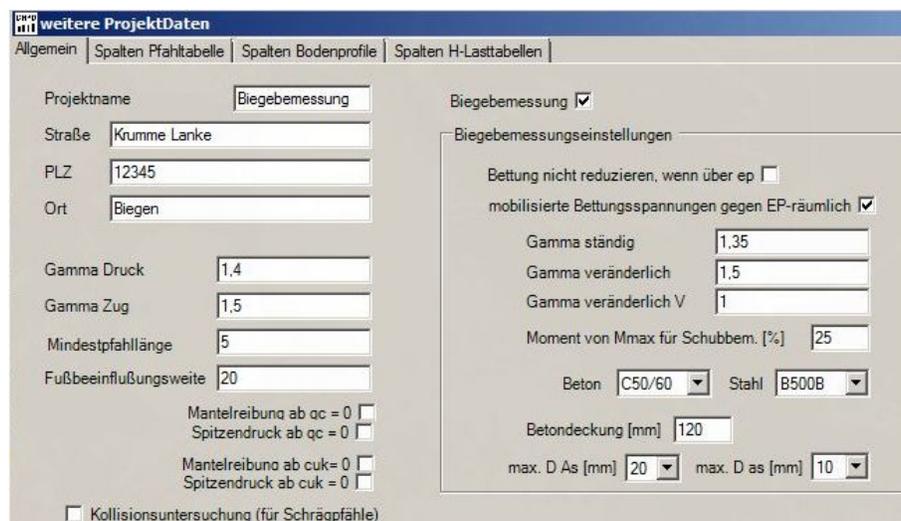


Abbildung 4: Eingabe der Projektdaten

### 3.3 Bodenprofileingabe

Name: CPT1															Benutzte Kennwerte für Pfahlty						
Schicht [m]	ti	Grundwasserstand	Q <sub>s</sub>	c <sub>u,k</sub>	Q <sub>s,k</sub>	Q <sub>s,k</sub>	Q <sub>s,k</sub>	g <sup>1</sup>	Fuß	relevant für	von	γ	γ'	E <sub>s,oben</sub>	E <sub>s,unten</sub>	EleGröße	c <sub>u,ep</sub>	Q <sub>s,k,1</sub>	Q <sub>b,k</sub>	Q <sub>b</sub>	
Start	ti	Bodenart	Q <sub>s</sub>	c <sub>u,k</sub>	Q <sub>s,k,1</sub>	Q <sub>s,k</sub>	Q <sub>s,k</sub>	g <sup>1</sup>	(Pfahlfußbe- einflussung)	absatzbar	Eindringung	φ	kn/m <sup>2</sup>	kn/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	cm	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	MN
47.50 m	m																				
52.00 m	6.00 m	Sand	15					35.00 *				0	18	8	4.5	4.5	10	0.005	0.105	1.050	
43.00 m	3.00 m	Sand	24					35.00 *				0	20	10	9	9	10	0.01	0.128	1.680	
29.40 m	13.60 m	Mergel			0.2	6.00	7.000	8.000	27.50 *			0	21	11	30	30	10	0.01	0.200	6.000	

Name: CPT2															Benutzte Kennwerte für Pfahlty						
Schicht [m]	ti	Grundwasserstand	Q <sub>s</sub>	c <sub>u,k</sub>	Q <sub>s,k</sub>	Q <sub>s,k</sub>	Q <sub>s,k</sub>	g <sup>1</sup>	Fuß	relevant für	von	γ	γ'	E <sub>s,oben</sub>	E <sub>s,unten</sub>	EleGröße	c <sub>u,ep</sub>	Q <sub>s,k,1</sub>	Q <sub>b,k</sub>	Q <sub>b</sub>	
Start	ti	Bodenart	Q <sub>s</sub>	c <sub>u,k</sub>	Q <sub>s,k,1</sub>	Q <sub>s,k</sub>	Q <sub>s,k</sub>	g <sup>1</sup>	(Pfahlfußbe- einflussung)	absatzbar	Eindringung	φ	kn/m <sup>2</sup>	kn/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	cm	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	MN
47.00 m	m																				
52.00 m	5.50 m	Sand	25					35.00 *				0	18	8	4.5	4.5	10	0.005	0.130	1.750	
46.10 m	0.40 m	Ton		0.050				18.00 *				0	18	8	4.5	4.5	10	0.005	0.000	0.000	
42.00 m	4.10 m	Sand	15					35.00 *				0	20	10	9	9	10	0.01	0.105	1.050	
29.40 m	12.60 m	Mergel			0.2	6.00	7.000	8.000	27.50 *			0	21	11	30	30	10	0.01	0.200	6.000	

Abbildung 5: Eingabe der Bodenprofile

#### 3.3.1 Erforderliche Eingaben

- Name des Profils
- Koten
- Bezeichnung inkl. der Wahl der Hintergrundfarbe für die Ausgabe in pdf
- $q_c$  oder  $c_{u,k}$  zur Ermittlung der Kennwerte aus Erfahrungswerten

#### 3.3.2 Optionale Eingaben

- $q_{s,k}$  und  $q_{bxx,k}$  falls die Widerstände vorgegeben werden sollen
- $\varphi$  Winkel zur Einhaltung der Fußabtreppung
- Fuß absetzbar<sup>1</sup>
- relevant für Eindringung<sup>2</sup>

#### 3.3.3 Zusätzlich erforderliche Eingaben für die Horizontalbemessung

- Grundwasserstand
- $\delta, \gamma, \gamma', E_{s,oben}$ , FEM-Elementgröße,  $c_{u,ep}$

#### 3.3.4 Zusätzliche optionale Eingaben für die Horizontalbemessung

- $E_{s,unten}$ <sup>3</sup>

### 3.4 Vertikalbemessung

Die Anordnung der Ein- und Ausgabespalten kann durch den Nutzer frei gewählt werden. Es gibt auch hier prinzipiell notwendige und optionale Eingaben.

<sup>1</sup>Ohne Eingabe von nein wir ja angenommen

<sup>2</sup>Ohne Eingabe von ja wir nein angenommen

<sup>3</sup>Ansonsten wird der Wert von  $E_{s,oben}$  angenommen

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
Lastpunkt	Bohr-OK Pfahl	Bohrtiefe	max. Bohrtiefe	Mindest-Bohrtiefe	Istbohrlänge	Pfahl-typ	Durchmesser	Pfahlanzahl	Pfahlachsabstand	Mantelfläche	Fußfläche	Abstand außen	Ds bzw. Ds	Rechtswert	Hochwert	Achsabstand gleicher Tiefe	Pfahl gleicher Länge	Neigung	Neigungsrichtung	Gk	Qk	Ek	Ed	Bodenprofil	Mir-eindri
1																				4.055 kN	3.255 kN	156.110 kN	218.677 kN		
2	1	31,40 m	31,40 m	100,00 m			0,60 m							12,000 m	23,000 m					900,00 kN	700,00 kN	1.600,00 kN	2.265,00 kN	CPT1	
3	2	31,40 m	31,00 m	100,00 m			0,60 m							18,000 m	28,000 m					920,00 kN	720,00 kN	1.600,00 kN	2.338,20 kN	CPT1	
4	3	31,40 m	50,60 m	100,00 m			0,45 m	2	1,50 *D					18,000 m	27,500 m					1.300,00 kN	1.100,00 kN	2.400,00 kN	3.405,00 kN	CPT2	
5	4	31,40 m	50,20 m	100,00 m			0,45 m							14,500 m	18,000 m					930,00 kN	730,00 kN	1.600,00 kN	2.350,50 kN	CPT2	

Abbildung 6: Teil der Eingabe der Pfahltable

### 3.4.1 Erforderliche Eingaben

- Pfahlnummer bzw. -bezeichnung (Hier kann auch ein Lastpunkt mit mehreren Pfählen gemeint sein)
- Bohrebene (Zur Ermittlung der Bohrlänge)
- Pfahloberkante
- Durchmesser bzw. Kantenlänge
- $E_k$
- $E_d$
- zugeordnetes Bodenprofil

### 3.4.2 Optionale Eingaben

- maximale Bohrlänge (zur Ermittlung der Knoten, welche untersucht werden sollen. Wenn z.B. maximal 20,20 m gebohrt werden kann und eine Abstufung der Pfahllängen von 50 cm gewählt wurde, so werden die Längen 2,7; 3,2; ... 19,7 und 20,2 m untersucht)
- Mindestpfahllänge<sup>4</sup>
- Istbohrlänge (Zur Untersuchung der Auslastung eines schon hergestellten Pfahls.)
- Pfahltyp (Bohrpfahl, Fundex, Atlas, Fertigrammpfahl ...) <sup>5</sup>
- Pfahlanzahl<sup>6</sup> (Werden mehr als ein Pfahl angegeben, wird aus dem Achsabstand der Pfähle und der Anzahl automatisch ein Ersatzpfahl nach EA-Pfähle generiert und die Mantelreibungsanteile und bei Überschneidung auch die Fußflächenanteile entsprechend reduziert.)
- Pfahlachsabstand (Dieser Wert wird nur eingelesen, wenn mehr als ein Pfahl bei diesem Lastpunkt vorhanden ist)
- Mantelfläche, Fußfläche, Abstand außen<sup>7</sup>,  $D_s$  (Es besteht die Möglichkeit hier freie Werte vorzugeben. Der eingegebene Durchmesser wird dann ignoriert.)

<sup>4</sup>Ansonsten wird der Wert aus den Projekteinstellungen übernommen

<sup>5</sup>Ansonsten wird ein Bohrfahl angenommen

<sup>6</sup>Ansonsten wird 1 angenommen

<sup>7</sup>Für die Berücksichtigung der Fußabtreppung

- Rechts- und Hochwert (Die Eingabe ist nur notwendig, wenn eine Pfahlfußabtreppung oder ein Achsabstand gleicher Tiefe berücksichtigt werden soll)
- Achsabstand gleicher Tiefe<sup>4</sup> (Hier kann vorgegeben werden, bis zu welchem Achsabstand Pfähle die gleiche Sollpahlunterkante erhalten sollen, z.B. bei Einzelfundamenten mit mehreren Pfählen)
- Pfahl gleicher Länge (Die Vorgabe einer gleichen Pfahlunterkante kann auch über die Pfahlnummer erfolgen)
- Neigung<sup>8</sup> und Neigungsrichtung (Für geneigte Pfähle. Dabei kann auch automatisch untersucht werden, ob es zu Kollisionen mit anderen Pfählen kommt)
- Mindesteindringung (Bei den Bodenprofilen können einzelne Bodenschichten als eindringrelevant bezeichnet werden. Bei einer entsprechenden Längenvorgabe wird dieser Wert bei der Bemessung eingehalten.)
- Ausnutzungsgrad<sup>69</sup> (Der Nachweis des Widerstandes wird nicht zwangsläufig zu 100% sondern für den gewählten Ausnutzungsgrad geführt. Hier kann eine einzuhaltende Sicherheit z.B. in der Vorbemessungsphase, vorgegeben werden)
- zulässige Setzung<sup>10</sup>
- Fußanteil<sup>6</sup> und Mantelanteil<sup>6</sup> (Möglichkeit zur Erhöhung oder Abminderung der Kennwerte<sup>9</sup>)

### 3.4.3 Ausgabe

Welche Ausgabespalten beschrieben werden sollen und mit welcher Überschrift steht dem Nutzer frei. Weiterhin kann er benutzerspezifisch weitere Spalten definieren, welche in der pdf-Ausgabe gemäß der Abbildung 7 angezeigt werden sollen.

Bezeichner Lastpunkt	OK- Pfahl	Durch- messer	Anzahl	GK	$E_k$	$E_d$	Boden- profil	$R_{sk}$	$R_{dk}$	$R_d$	Pfahl- länge	Pfahl- unterkante	Bohr- länge	Setzung	Nachweis- gruppe	Seiten		
1	51,40 mNN	60 cm	1	700 kN	1.600 kN	2.265 kN	CPT1	1.549 kN	1.644 kN	2.281 kN	7,40 m	44,00 mNN	7,40 m	1,15cm	1	2,6, 7,9		
2	51,00 mNN	60 cm	1	725 kN	1.650 kN	2.336 kN	CPT1	1.542 kN	1.760 kN	2.359 kN	7,30 m	43,70 mNN	7,70 m	1,11cm	2	3,8,9		
3	50,60 mNN	45 cm	2	1.100 kN	2.400 kN	3.405 kN	CPT2	2.368 kN	2.439 kN	3.433 kN	8,90 m	41,70 mNN	9,70 m	0,86cm	3	4,9		
4	50,20 mNN	45 cm	1	730 kN	1.660 kN	2.351 kN	CPT2	2.024 kN	1.272 kN	2.354 kN	10,80 m	39,40 mNN	12,00 m	1,00cm	4	5,9		
													3,255 kN	7.310 kN	10.357 kN		36,80 m	

Abbildung 7: Beispielausgabe der Pfahltable

Die Nachweise der äußeren Standsicherheit erfolgen in Nachweisgruppen gemäß der Abbildung 8 auf der nächsten Seite und werden in einer Einzelnachweistabelle für jeden einzelnen Pfahl über den Strahlensatz gemäß der Abbildung 9 auf der nächsten Seite geführt.

<sup>8</sup>Ansonsten wird 0 angenommen

<sup>9</sup>Wird mit dem in der Projekteinstellung angegebenen Wert multipliziert

<sup>10</sup>Es wird der Minimalwert der Eingabe und des Projektvorgabewertes benutzt

Nachweis: 3 | D = 0,45 m | Typ: Bohrfahl | Anzahl: 2 | eff. A<sub>s</sub> = 1,41 m<sup>2</sup> \* 2 \* 82% = 2,31 m<sup>2</sup> | eff. A<sub>c</sub> = 0,16 m<sup>2</sup> \* 2 \* 100% = 0,32 m<sup>2</sup>

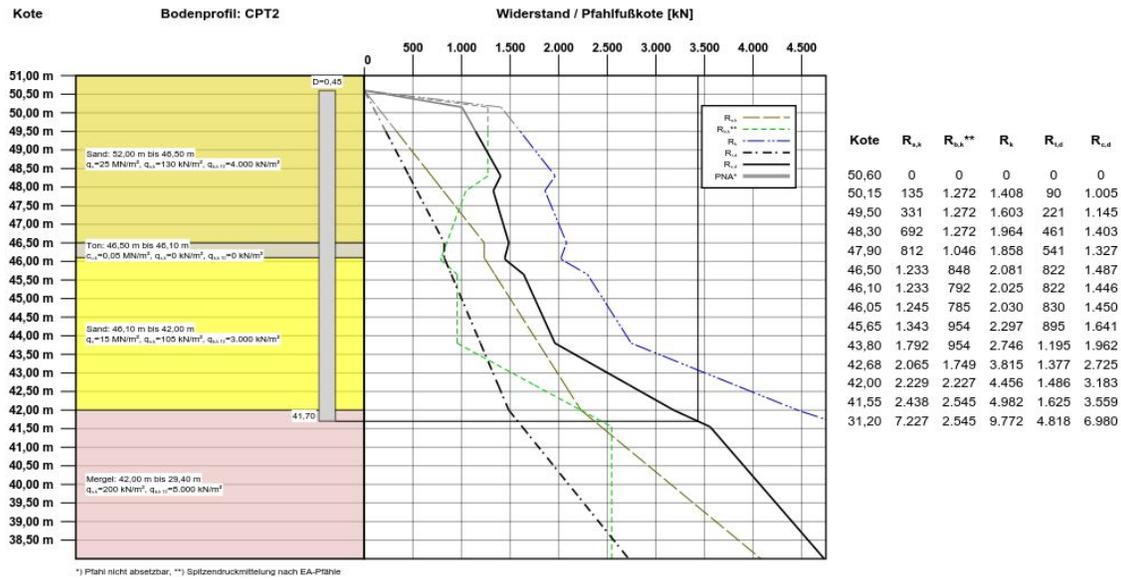


Abbildung 8: Beispiel äußerer Nachweis mit 2 Pfählen an einem Lastpunkt

Anlage 1  
Einzelnachweise  
der äußeren  
Standicherheit

Projekt: Biegebemessung

Krumme Lanke  
12345 Biegen



Pfahl Nachweis	UK <sub>Pfahl</sub> F <sub>c,d,Pfahl</sub>	S <sub>oben</sub> <sup>(1)</sup> R <sub>c,d,oben</sub>	S <sub>unten</sub> R <sub>c,d,unten</sub>	<sup>(2)</sup> S <sub>o</sub> -S <sub>u</sub> <sup>(3)</sup> R <sub>c,d,u</sub> -R <sub>c,d,o</sub>	<sup>(4)</sup> S <sub>o</sub> -UK <sub>P</sub> <sup>(5=4/2)</sup> % in S	<sup>(6=5/3)</sup> R <sub>c,d,P</sub> -R <sub>c,d,o</sub> <sup>(7=1+6)</sup> R <sub>c,d,Pfahl</sub>	F <sub>c,d,P</sub> /R <sub>c,d,P</sub> erfüllt
1	44,00 m	44,28 m	43,34 m	0,94 m	0,28 m	123 kN	99 %
1	<b>2.265 kN</b>	2.158 kN	2.577 kN	420 kN	29,33 %	<b>2.281 kN</b>	ja (< 1)
2	43,70 m	44,28 m	43,34 m	0,94 m	0,58 m	257 kN	99 %
2	<b>2.336 kN</b>	2.101 kN	2.521 kN	420 kN	61,33 %	<b>2.359 kN</b>	ja (< 1)
3	41,70 m	42,00 m	41,55 m	0,45 m	0,30 m	251 kN	99 %
3	<b>3.405 kN</b>	3.183 kN	3.559 kN	376 kN	66,67 %	<b>3.433 kN</b>	ja (< 1)
4	39,40 m	41,55 m	31,20 m	10,35 m	2,15 m	434 kN	100 %
4	<b>2.351 kN</b>	1.920 kN	4.010 kN	2.090 kN	20,77 %	<b>2.354 kN</b>	ja (= 1)

Abbildung 9: äußere Nachweise für alle Pfähle

### 3.5 Horizontalbemessung

Die in den Projekteinstellungen gemäß der Abbildung 4 auf Seite 7 unten vorgegebenen Werte bzgl. Betondeckung, Querschnitten und Material können in der Hauptpfahltable über zusätzliche optionale Spalten überschrieben werden.

Die Exzentrizität des Lastangriffs<sup>11</sup> wird automatisch durch ein Versatzmoment berücksichtigt. Bei der Vorgabe von Belastungen in verschiedene Richtungen wird dabei die Exzentrizität automatisch in der Richtung der Pfahlkopfverschiebung angesetzt.

In den Tabellenblättern der Horizontallastfälle können gemäß der Abbildung 10 die Lasten und

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T		
1	Pname	gkz	qkz	gamma v	Hgkx	Hqkx	Mgky	Mqky	Hgky	Hqky	Mgkx	Mqkx	OKBodeI	pAnObe	BetaOKDeg	CFxMNP	CFyMNP	CMxMN	CMyMN	Grundwasse		
2																						
3																						
4	1	900	700	1	75	105															10	
5	1	200	300	0	60	70																10
6	2	100	100	1	75	100	30	-5														10

Abbildung 10: Teil der Eingabe der Horizontallasten

eventuell vorhandene Federsteifigkeiten eingegeben werden.

#### 3.5.1 Teilsicherheitsbeiwert veränderliche Last

Prinzipiell untersucht das Programm bei der Bemessung die volle vertikale veränderliche Last. Wenn die Horizontalbelastung nicht ausschließlich aus einer exzentrischen Lasteinleitung resultiert, wird für die Betonbemessung auch der Fall mit verminderter vertikaler veränderlicher Last untersucht, wobei in den Projekteinstellungen global und je Lastfall nochmals lokal der Teilsicherheitsbeiwert dafür vorgegeben werden kann. Ist nicht sichergestellt, dass die vertikale veränderliche Last un-abdingbar zusammen mit den Horizontallasten auftritt, ist dieser Wert auf 0 zu setzen, wenn die vertikale veränderliche Last eine Druckbeanspruchung erzeugt.

#### 3.5.2 Querkraftbemessung

Im Allgemeinen tritt die maximale Querkraft am Pfahlkopf auf, welcher wiederum im allgemeinen Fall als gelenkig gelagert berechnet wird. Der Druckspannungszustand an der Stelle des maximalen Momentes ist für die Querkraftbemessung zu ungünstig, die Annahme eines Moments von 0 liegt jedoch auf der unsicheren Seite.

Dem Nutzer steht hier neben der Möglichkeit die Einspannung durch Drehfedern zu erfassen auch die Möglichkeit zur Verfügung, einen Prozentsatz für das maximale Feldmoment vorzugeben, mit dem die Querkraftbemessung durchgeführt wird.

Weiterhin ist für die Querkraftbemessung relevant, welcher Bewehrungsgrad gewählt wurde. Da diese Information erst am Ende der Berechnung vorliegt, wird programmintern während der Bemessung aus der berechneten Längsbewehrungsfläche bzw. falls maßgebend der Mindestbewehrungsfläche eine Bewehrungsfläche ermittelt, welche der Anwender letzten Endes mindestens auswählen muss, also ein ganzzahliges Vielfaches der Bewehrungsfläche eines Einzelstabes.

#### 3.5.3 Hebelarm, Bewehrungsanordnung, Bewehrungsexzentrizität

Der Hebelarm  $d_1$  wird automatisch aus der Betondeckung und den angegebenen maximalen Durchmessern der Quer- und Längsbewehrung ermittelt. Während der Bemessung wird auch untersucht,

<sup>11</sup>Es wird der Maximalwert der Eingabe in der Hauptpfahltable und des Projektvorgabewertes benutzt

ob die notwendige Längsbewehrung unter Beachtung des Mindestabstands in dem Querschnitt untergebracht werden kann.

Im Falle einer nicht zentrisch eingebauten Bewehrung kann die Exzentrizität der Bewehrung ebenfalls vorgegeben werden, um zu untersuchen, ob der Nachweis inkl. dem Versatz erbracht werden kann. Die Anpassung von  $d_1$  um die Exzentrizität zu erfassen, führt zu massiv ungünstigeren Ergebnissen, da dabei rechnerisch auch der Bewehrungsabstand auf der Druckseite reduziert wird.

#### **3.5.4 Ausgabe**

Die Ausgabe erfolgt wie auch bei den Nachweisen der äußeren Standsicherheit in Nachweisgruppen mit grafischer Ausgabe gemäß der folgenden Abbildung.



**Nachweisgruppe der inneren Standsicherheit: 2**

**System und Randbedingungen:**

Typ: Bohrpfahl; D = 0,60 m; Länge = 7,40 m; Pfahloberkante = 51,40 m; Grundwasser = 47,50 m

Ohne Federlagerung am Pfahlkopf.

$p_{g,k} = 10,00 \text{ kN/m}^2$

**Belastung am Pfahlkopf:**

Vertikal:  $F_{G,k} = 200,00 \text{ kN}$ ;  $F_{Q,rep} = 300,00 \text{ kN}$ ; Exz.<sub>x</sub> = 10 cm; Exz.<sub>y</sub> = 0 cm

Richtung X:  $H_{G,k,x} = 60,00 \text{ kN}$ ;  $H_{Q,rep,x} = 70,00 \text{ kN}$

ohne Horizontallasten in Richtung Y am Pfahlkopf

**Extremale Systemantworten:**

$M_{Ed}(49,20 \text{ m}) = 266,41 \text{ kNm}$ ,  $Q_{Ed,OK} = 186,00 \text{ kN}$ ,  $M_{Ed,Schub} = 66,60 \text{ kNm}$ ,  $w_{k,OK} = 20,6 \text{ mm}$

Verschiebungsnulldurchgang bei 46,35 m:  $B_{h,d} = 263,96 \text{ kN} \leq 1.858,79 \text{ kN} = E'_{ph,d}$

**Stahlbetonbemessung für C 30/37; B500B; d<sub>l</sub> = 15,00 cm:**

Bewehrung ist bis zu einer Kote von 45,67 m erforderlich; Nachweis für 45,67 m → 44,00 m:

$N_{Ed,fav} = 200,00 \text{ kN} \cdot 1,35 + 300,00 \text{ kN} \cdot 0,00 = 270,00 \text{ kN}$

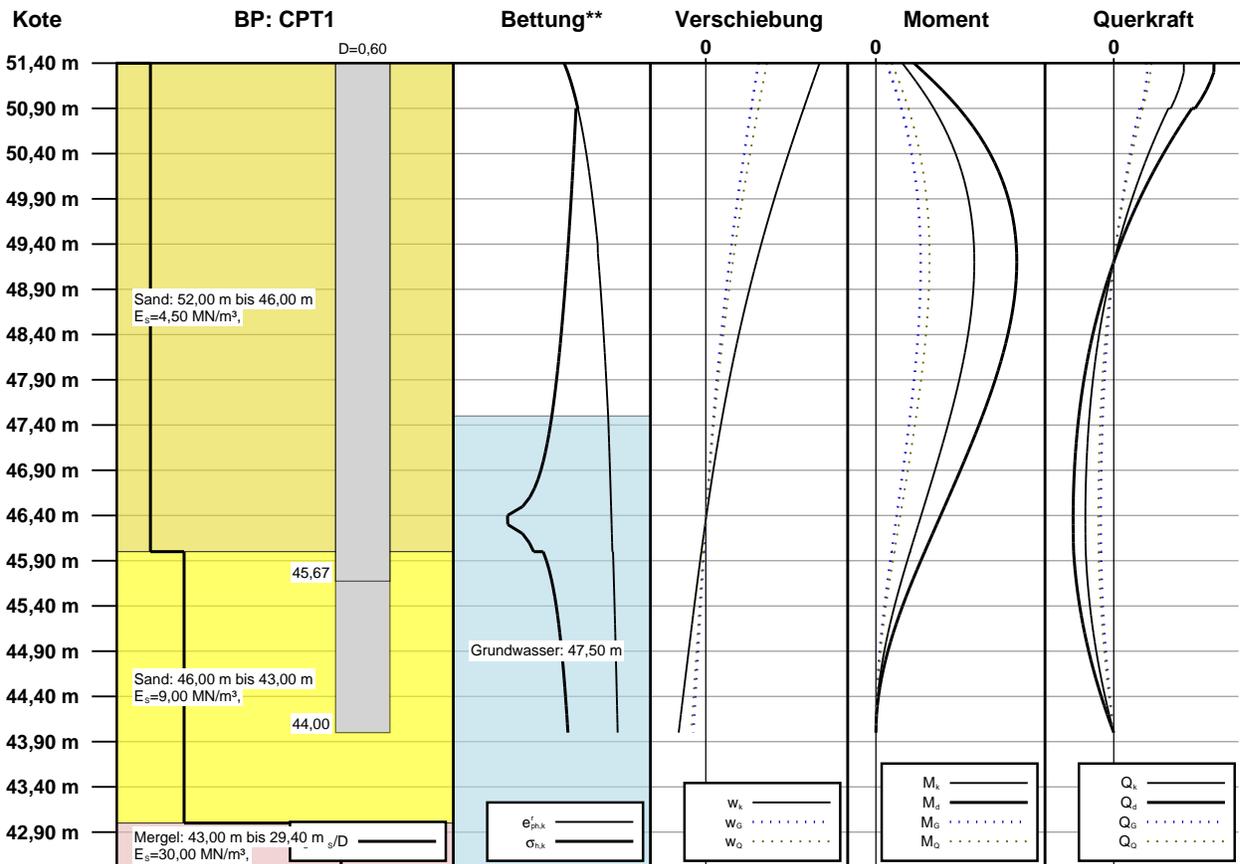
$f_{cd,pl} = 12,600 \text{ kN/m}^2$ ;  $A_c = N_{Ed,fav} / f_{cd,pl} = 214,29 \text{ cm}^2$ ;  $x_s(A_c) = 254 \text{ mm}$ ;  $M_{Rd} = x_s \cdot N_{Ed,fav} = 68,71 \text{ kNm} = M_{Ed}(45,67)$

Biegebemessung (51,40 → 45,67):  $\epsilon_{s1} = 4,74\text{‰}$ ;  $\epsilon_c = -3,47\text{‰}$ ;  $A_s = 29,11 \text{ cm}^2$ ;  $A_{s,min} = 14,14 \text{ cm}^2 \Rightarrow A_{s,erf} = 29,11 \text{ cm}^2$

Schubbemessung:  $A_{s,längs,gew} \geq 29,45 \text{ cm}^2$ ;  $b_w = 581 \text{ mm}$ ;  $z = 75 \text{ mm}$

$V_{Rd,max} = 254,37 \text{ kN} \geq 186,00 \text{ kN} = Q_{ed}$ ;  $a_{Sw} = 37,38 \text{ cm}^2/\text{m}$ ;  $a_{Sw,min} = 5,57 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow a_{Sw,erf} = 37,38 \text{ cm}^2/\text{m}$

$A_{s,erf} = 29,11 \text{ cm}^2$  ( $A_{s,min} = 14,14 \text{ cm}^2$ )  $\diamond$   $a_{Sw,erf} = 37,38 \text{ cm}^2/\text{m}$  ( $a_{Sw,min} = 5,57 \text{ cm}^2/\text{m}$ )



\* Nachweisgruppe äußere Standsicherheit: 1,\*\* Bettungsspannung und Erdwiderstand werden logarithmisch dargestellt