

Stellungnahme Geotechnische Fragen WP Firreler Weg, Uplengen

Projekt-Nr.: 2302383

Auftraggeber: ENOVA Power GmbH
Steinhausstraße 112
26831 Bunderhee

Auftragnehmer: HPC AG, NL Leer
Blinke 6
26789 Leer

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Frauke Menzel
B. Eng. Julius Busse

Leer, den
25.05.2023

1. Veranlassung

Im Zuge des Fundamentdesigns für die drei geplanten Windenergieanlagen im WP Firreler Weg in Uplengen ergaben sich einige geotechnische Fragestellungen, die zum Abschließen des Fundamentdesigns noch geklärt werden müssen. Darunter fallen Fragen zu den Pfahllängen, zur Baugrundsituation unterhalb des Pfahlfußes, eine Überprüfung von seitlichen Einwirkungen auf die Pfähle, die Bewertung der Bodenpressungen aus den Betoniervorgängen sowie eine Überprüfung von Angaben in der Fundamentzeichnung.

Die HPC AG, NL Leer wurde damit beauftragt, sich mit diesen Fragestellungen zu beschäftigen und eine Stellungnahme dazu zu verfassen.

2. Pfahllängen

Der Fundament- und Schalplan vom 18.04.2023 gibt für die Pfähle mit einer Kantenlänge von 40 cm folgenden Pfahllängen ab GOK vor:

Tabelle 1: Pfahllängen gemäß Fundament- und Schalplan

WEA	Pfahllänge [m u. GOK]
1	19
2	21
3	17

Die Pfahllängen wurden rechnerisch mit den im Fundament- und Schalplan angegebenen Bemessungswerten für Druck und Zug überprüft. Die Berechnung ergab die folgenden Pfahllängen:

Tabelle 2: Berechnete Pfahllängen nach Vorgaben Fundament- und Schalplan

WEA	Pfahllänge [m u. GOK]
1	18
2	20
3	16

Die berechnete Pfahllänge liegt einen Meter unter den im Fundament- und Schalplan angegebenen Pfahllängen. Die geplanten Pfahllängen sind ausreichend.

3. Baugrundsituation unterhalb Pfahlfuß

Die Rammkernsondierungen mit maximalen Aufschlusstiefen von 14 m und die Drucksondierungen mit maximalen Aufschlusstiefen von 18 m sind nicht ausreichend tief um die Baugrundsituation unterhalb des Pfahlfußes in Tiefen bis maximal 24 m u. GOK zu bewerten.

Daher wird auf vorhandene Bohrungsdaten des NIBIS® Kartenservers zurückgegriffen. Hier zeigt eine Bohrung an der Kreuzung Firreler Weg / Untermoorweg ab einer Tiefe von 16,5 m u. GOK bis zur Bohrendtiefe von 25,5 m u. GOK durchgängig Mittelsand an (siehe Abbildung 1).

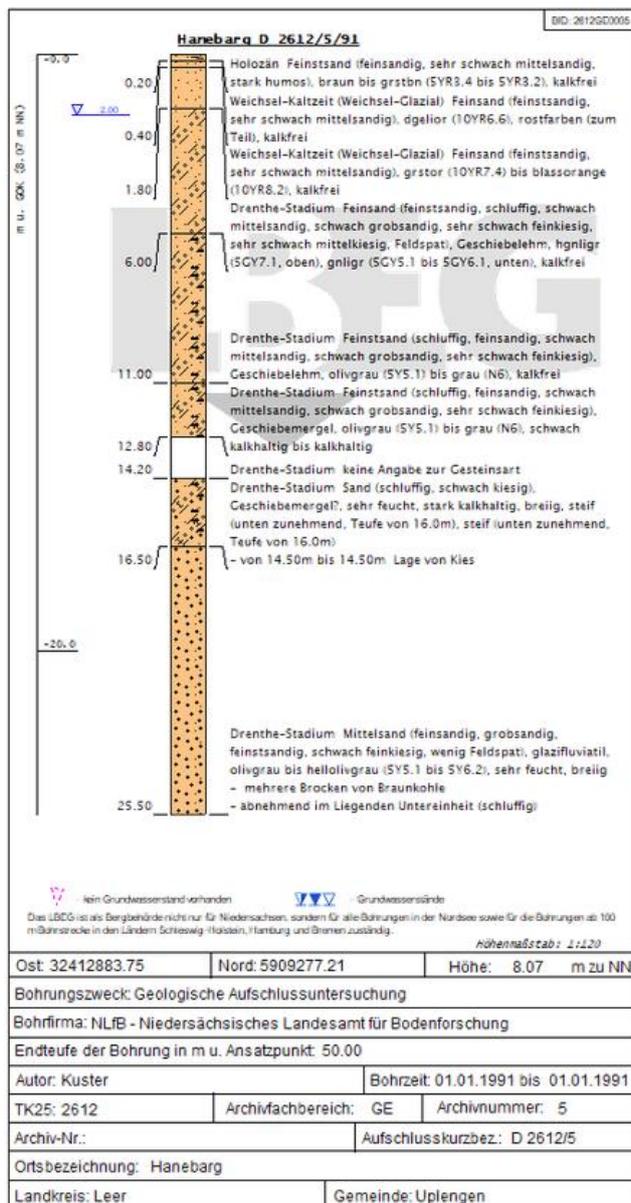


Abbildung 1: Bohrung Firreler Weg / Untermoorweg

Weitere Bohrungen befinden sich etwas weiter entfernt vom Windpark. Doch auch die Bohrungen die westlich, östlich und südlich des Windparkgebiets liegen, zeigen bis in eine Tiefe von 25 m u. GOK Sande, die zum Teil auch von Kiesen unterlagert werden. Somit ist

unterhalb des Pfahlfußes von ausreichend mächtigen, tragfähigen Bodenschichten auszugehen.

4. Seitliche Einwirkungen aus Kranstellflächen

Aufgrund der Nähe der Kranstellflächen mit Kranlasten zu den Pfählen der Fundamente, muss die Möglichkeit von Seitendruck auf die Pfähle betrachtet werden. In weichen bindigen Bodenschichten können sich durch seitliche Einwirkungen auf die Pfähle Biegebeanspruchungen ergeben.

Der anstehende Geschiebelehm weist nur oberflächennah eine weiche Konsistenz auf. Mit zunehmender Tiefe (ab ca. 4 m u. GOK) ist die Konsistenz mindestens steif bis halbfest, so dass ein Umfließen der Pfähle durch den Geschiebelehm nicht vorkommt. In den oberen 4 m ab der Geländeoberfläche ist aufgrund der Lastausbreitung im 45° Winkel nicht mit Einwirkungen der Kranlast auf den Boden zu rechnen.

Es müssen keine seitlichen Einwirkungen auf die Pfähle berücksichtigt werden.

5. Bodenpressungen aus Betonervorgängen

Für Aufnahme der Lasten aus den Betonervorgängen wurden folgende charakteristischen Werte für die Bodenpressung vorgegeben.

Tabelle 3: Vorgabe notwendige Bodenpressung (charakteristisch)

Ohne Betonierfuge	Bodenpressung allgemein	70 kN/m ²
	Bodenpressung Sockelbereich	100 kN/m ²
Mit Betonierfuge	Bodenpressung allgemein	21 kN/m ²
	Bodenpressung Sockelbereich	43 kN/m ²

An allen drei WEA Standorten ist der in der Gründungstiefe anstehende Boden ausreichend tragfähig zur Aufnahme des Frischbetoneigengewichts. Die genannten Bodenpressungen können von den anstehenden Böden in allen Fällen eingehalten werden. Bei der Betonage der Fundamente ist nur mit geringen Setzungsbeträgen zu rechnen.

Bei einer Betonage des Fundaments in einem Zug muss mit Setzungen von maximal 1,9 cm gerechnet werden. Bei einer Bodenverbesserung unterhalb des Fundaments (siehe Absatz 6.1) liegen die Setzungen bei maximal 1,2 cm.

Durch das Betonieren in 2 Abschnitten mit Betonierfuge können die Setzungen, auch ohne Bodenverbesserung, auf 0,7 cm reduziert werden.

6. Überprüfung Angaben Fundamentzeichnung

In der Fundamentzeichnungen sind die Angaben zu einer möglichen Bodenverbesserung in der Baugrubensohle, zum Böschungswinkel sowie zur Aufschüttung noch nicht vollständig, bzw. müssen die Angaben noch überprüft werden.

Im Bereich der Gründungstiefe ist an allen 3 Standorten mit Geschiebelehm zu rechnen, der ggf. an der WEA 2 noch von einer geringmächtigen Sandschicht überdeckt wird.

6.1 Bodenverbesserung

Eine Bodenverbesserung, zum Beispiel durch den Einbau einer Füllsand- oder Schotterschicht, kann den Setzungsbetrag während der Fundamentbetonage noch verringern. Hierfür sollte eine Schichtstärke von 0,5 m für den Bodenaustausch vorgesehen werden. Wird dabei der Geschiebelehm freigelegt, so sollte zunächst ein Trennvlies (150 g/m²) ausgelegt werden, auf dem die Füllsand- oder Schotterschicht in 2 Lage eingebaut und optimal verdichtet wird. Die Notwendigkeit einer solchen Bodenverbesserung richtet sich nach den Setzungstoleranzen bei der Fundamentbetonage. Durch die Bodenverbesserung können die in Absatz 5 angegebenen Setzungen um 0,7 cm verringert werden.

6.2 Böschungswinkel

Da die Baugruben zum größten Teil in der Sandschicht erstellt werden, ist ein Böschungswinkel von 45° einzuhalten. Am Baugrubenrand ist ein lastfreier Streifen von mindestens 0,6 m Breite vorzusehen. Der Aushub in der Mitte der Baugrube für die Vertiefung der Fundamentplatte (Vorgesehene Tiefe laut Schalplan 0,6 m unter übriger Baugrubensohle) kann ohne Abböschung vorgenommen werden.

6.3 Aufschüttung

Für die Aufschüttung, die als Auflast auf dem Fundament dient, ist eine Wichte von $\gamma = 18$ kN/m³ (erdfeucht) und $\gamma' = 10$ kN/m³ (unter Auftrieb) vorgegeben.

Grundsätzlich werden diese Vorgaben von dicht gelagerten Sanden, Kiesen und Schotter eingehalten. Auch steife bis feste Geschiebelehme weisen die vorgegebenen Wichten auf.

Tabelle 4: Bodenkennwerte für verschiedene Böden (empirische Werte, Fachliteratur)

Bindigkeit			Geschütteter Boden	Nichtbindiger Boden	Bindiger Boden
Hauptgruppe			Grobkörnige Böden	Grobkörnige Böden	Gemischtkörnige Böden
Gruppe			Schotter	Sand	Lehm
Beschreibung			Naturschotter scharfkantig	Sand intermittierend bzw. weit gestuft	leichtplastisch, kalkarm
Kriterium *			$U < 6$	$U > 15$	$W_L < 35 \%$
Bodengruppe			GE	SI / SW	UL
Messwert	Symbol	Einheit			
Kornverteilung			fG - gG, s	mS, fs, gs, u	U, fs, t, fg'
Konsistenz			entfällt	entfällt	halbfest
Lagerungsdichte			dicht	mittel	entfällt
Kornform			eckig / rauh	gerundet	gerundet / plattig
Bodenklasse DIN 18300			3	4	4
Frostempfindlichkeit ZTV E-StB 17			nicht frostempfindlich (F 1)	nicht frostempfindlich (F 1)	sehr frostempfindlich (F 3)
Erodierbarkeit Wind / Wasser n. BGR			Keine / gering	hoch / mittel	gering / gering
Verdichtbarkeit ZTV A-StB 12			gut verdichtbar (V 1)	gut verdichtbar (V 1)	schlecht verdichtbar (V 3)
Tragfähigkeit			sehr gut	gut	gut
Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	[m/s]	$1 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-9}$
Wichte erdfeucht	γ	kN/m ³	18,0	19,0	21,0
Wichte unter Auftrieb	γ'	kN/m ³	11,0	11,5	11,0
Reibungswinkel	ϕ		40,0	32,5 - 37,5	27,5
Kohäsion (Anfang)	C'	kN/m ²	entfällt	entfällt	10
Kohäsion (undrainiert)	C_u	kN/m ²	entfällt	entfällt	50 - 100
Steifemodul	E_s	MN/m ²	150 - 300	50 - 100	5 - 20

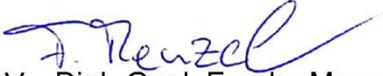
Gegenüberstellung von empirischen Bodenkennwerten und Literaturangaben (u.a. aus: Empfehlungen des Arbeitsausschusses Ufereinfassungen (EAU, 2020) und Zentrum Geotechnik der TU München

Die vor Ort anstehenden Sande, die für die Fundamentherstellung ausgekoffert werden, (ausgenommen der humose Oberboden) sind als Aufschüttungsmaterial geeignet. Der Oberboden kann anschließend zum Andecken der Aufschüttung verwendet werden.

Der Geschiebelehm wird als weich bis steif beschrieben und ist somit, was die vorgegebenen Werte bei der Wichte unter Auftrieb angeht, als grenzwertig einzustufen. Zudem ist ein ausreichend dichter Einbau des Geschiebelehms als Aufschüttung schwierig. Daher sollte der Sand als Aufschüttungsmaterial verwendet werden.

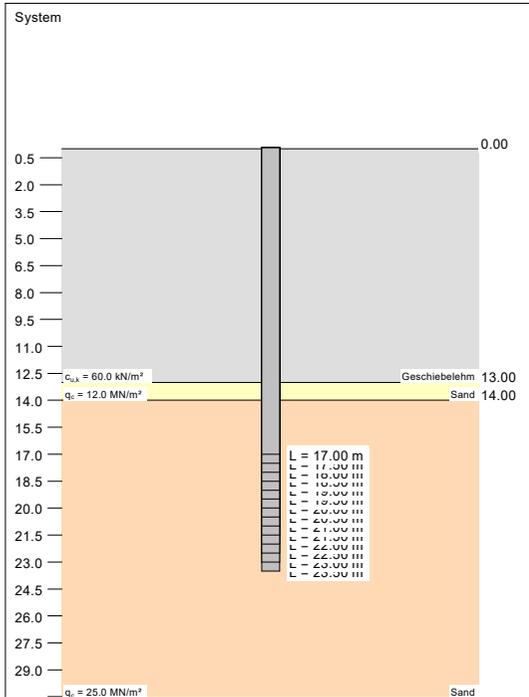
Aufgestellt,

Leer, den 25. Mai 2023

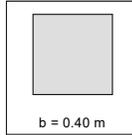

i.V. Dipl.-Geol. Frauke Menzel

Anlage geotechnische Berechnungen

Druckpfahl WEA 1



Boden	q_c [MN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	$q_{b,k35}$ [MN/m²]	$q_{b,k10}$ [MN/m²]	$q_{s(sg),k}$ [MN/m²]	$q_{s(sg),k}$ [MN/m²]	Bezeichnung
	0.0	60.0	0.000	0.000	0.0200	0.0200	Geschiebelehm
	12.0	0.0	3.280	6.240	0.0510	0.0730	Sand
	25.0	0.0	4.500	8.750	0.0850	0.1250	Sand



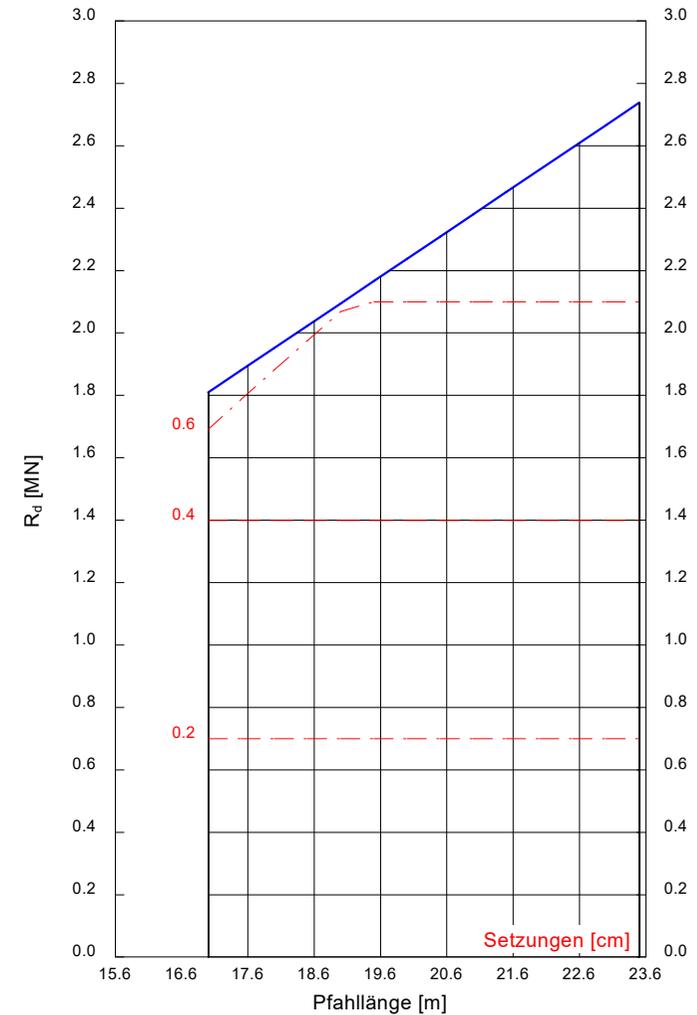
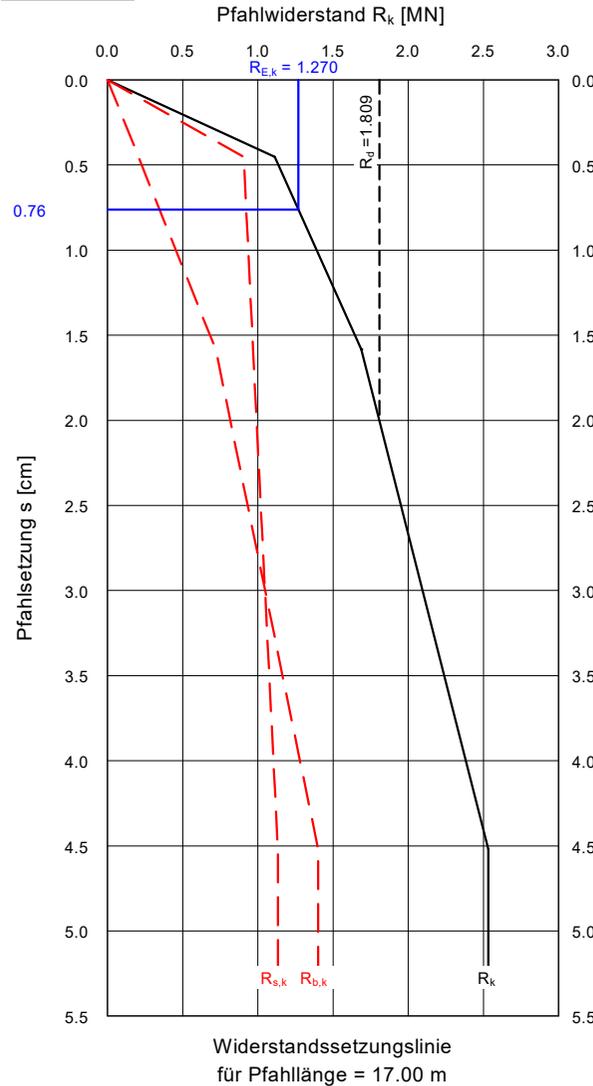
Berechnungsgrundlagen
 Norm: EC 7
 Fertigrammpfahl
 Stahlbeton und Spannbeton
 Verhältniswert (min, max) = 0.00
 Interpolation Mantelreibung:
 bei $q_c < 7.5$ MN/m² deaktiviert
 bei $c_{u,k} < 60$ kN/m² deaktiviert
 Pfahlbreite = 0.400 m

$\gamma_p = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_G + (1 - 0.500) \cdot \gamma_Q$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$

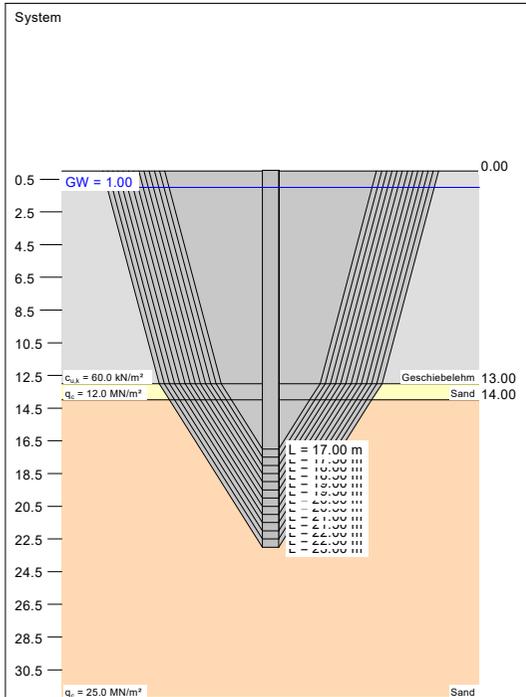
R_d (blue solid line)
 Setzung (red dashed line)

b [m]	Länge [m]	R_k [MN]	R_d [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	s [cm]
0.400	17.00	2.533	1.809	1.270	0.762
0.400	17.50	2.633	1.881	1.320	0.727
0.400	18.00	2.733	1.952	1.370	0.694
0.400	18.50	2.833	2.023	1.420	0.663
0.400	19.00	2.933	2.095	1.470	0.634
0.400	19.50	3.033	2.166	1.520	0.619
0.400	20.00	3.133	2.238	1.570	0.640
0.400	20.50	3.233	2.309	1.620	0.660
0.400	21.00	3.333	2.381	1.671	0.680
0.400	21.50	3.433	2.452	1.721	0.701
0.400	22.00	3.533	2.523	1.771	0.721
0.400	22.50	3.633	2.595	1.821	0.742
0.400	23.00	3.733	2.666	1.871	0.762
0.400	23.50	3.833	2.738	1.921	0.783

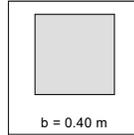
$$R_{E,k} = R_k / (\gamma_p \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.400 \cdot 1.425) = R_k / 1.99 \quad [\gamma_{(G,Q)} = 1.425]$$



Zugpfahl WEA 1



Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	q_c [MN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	φ [°]	$q_{s(eg),k}$ [MN/m²]	Bezeichnung
	15.0	5.0	0.0	60.0	15.0	0.0200	Geschiebelehm
	19.0	10.0	12.0	0.0	32.5	0.0730	Sand
	19.0	10.0	25.0	0.0	32.5	0.1250	Sand



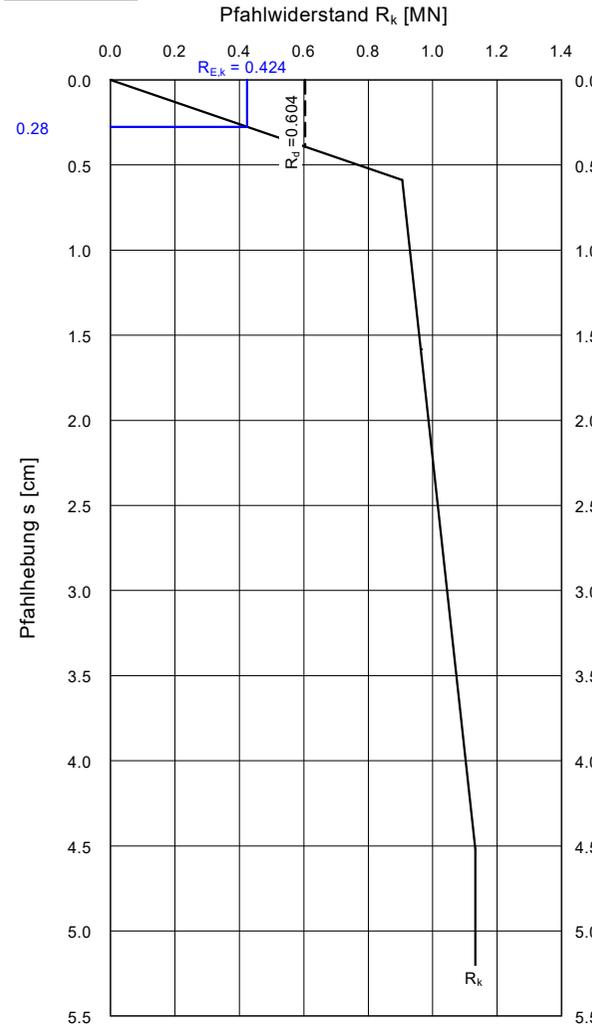
Berechnungsgrundlagen
 Norm: EC 7
 Fertigrammpfahl (Zugpfahl)
 Stahlbeton und Spannbeton
 Verhältniswert (min, max) = 0.00
 Interpolation Mantelreibung:
 bei $q_c < 7.5$ MN/m² deaktiviert
 bei $c_{u,k} < 60$ kN/m² deaktiviert
 Pfahlbreite = 0.400 m

Grundwasser = 1.00 m
 Anpassungsfaktor $\eta = 0.800$
 $\gamma_a = \gamma$ (Aufbruchkegel) = 0.900
 Modellfaktor $\gamma_M = 1.250$
 $\gamma_P = 1.50$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$

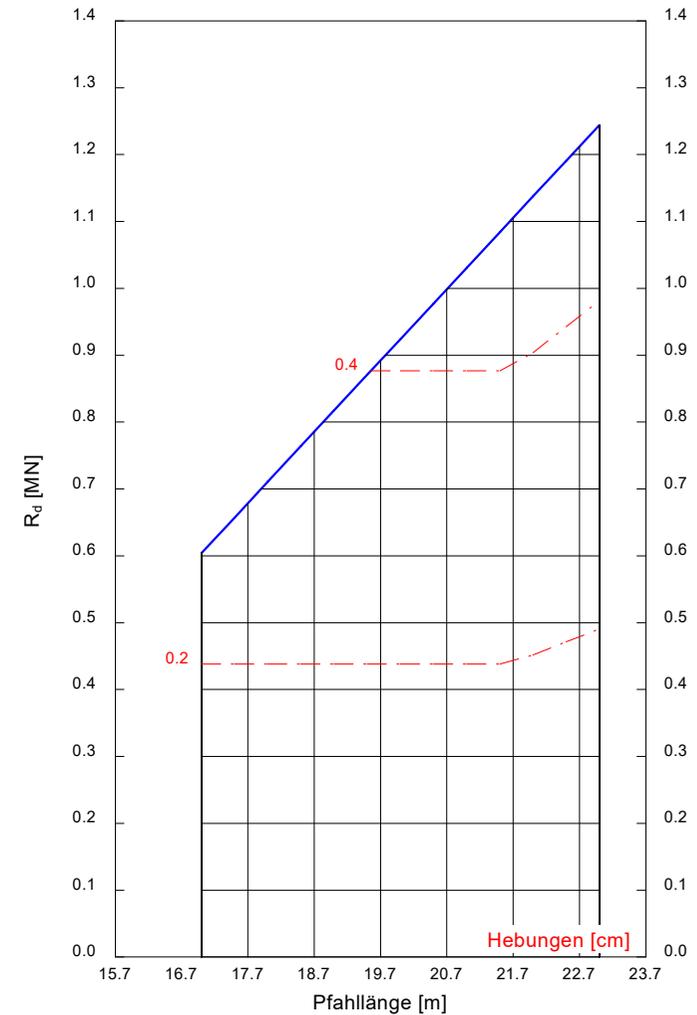
$\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 R_d
 Hebung

b [m]	Länge [m]	G_d [MN]	R_k [MN]	R_d [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	Hebung [cm]
0.400	17.00	4.189	1.133	0.604	0.424	0.276
0.400	17.50	4.810	1.233	0.657	0.461	0.300
0.400	18.00	5.487	1.333	0.711	0.499	0.324
0.400	18.50	6.224	1.433	0.764	0.536	0.349
0.400	19.00	7.021	1.533	0.817	0.574	0.373
0.400	19.50	7.882	1.633	0.871	0.611	0.397
0.400	20.00	8.808	1.733	0.924	0.649	0.422
0.400	20.50	9.803	1.833	0.977	0.686	0.446
0.400	21.00	10.867	1.933	1.031	0.723	0.470
0.400	21.50	12.005	2.033	1.084	0.761	0.495
0.400	22.00	13.217	2.133	1.137	0.798	0.503
0.400	22.50	14.506	2.233	1.191	0.836	0.505
0.400	23.00	15.875	2.333	1.244	0.873	0.507

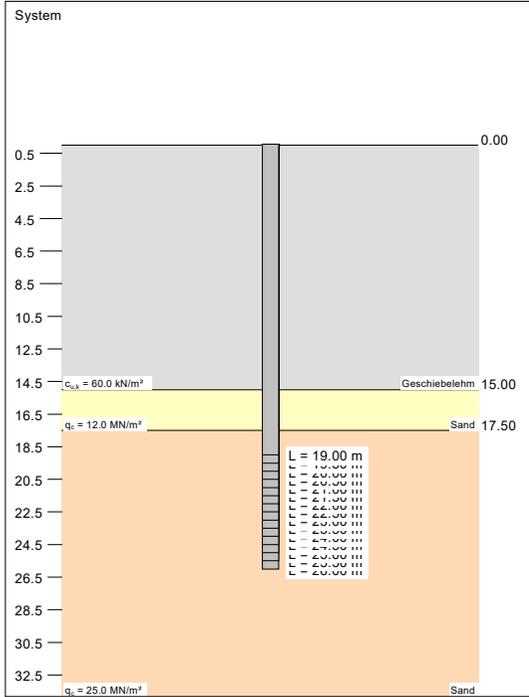
$R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)} \cdot \gamma_M) = R_k / (1.500 \cdot 1.425 \cdot 1.250) = R_k / 2.67 \quad [\gamma_{(G,Q)} = 1.425]$



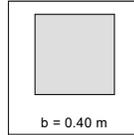
Widerstandshebunglinie für Pfahlänge = 17.00 m



Druckpfahl WEA 2



Boden	q_c [MN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	$q_{b,k35}$ [MN/m²]	$q_{b,k10}$ [MN/m²]	$q_{s(sg),k}$ [MN/m²]	$q_{s(sg),k}$ [MN/m²]	Bezeichnung
	0.0	60.0	0.000	0.000	0.0200	0.0200	Geschiebelehm
	12.0	0.0	3.280	6.240	0.0510	0.0730	Sand
	25.0	0.0	4.500	8.750	0.0850	0.1250	Sand

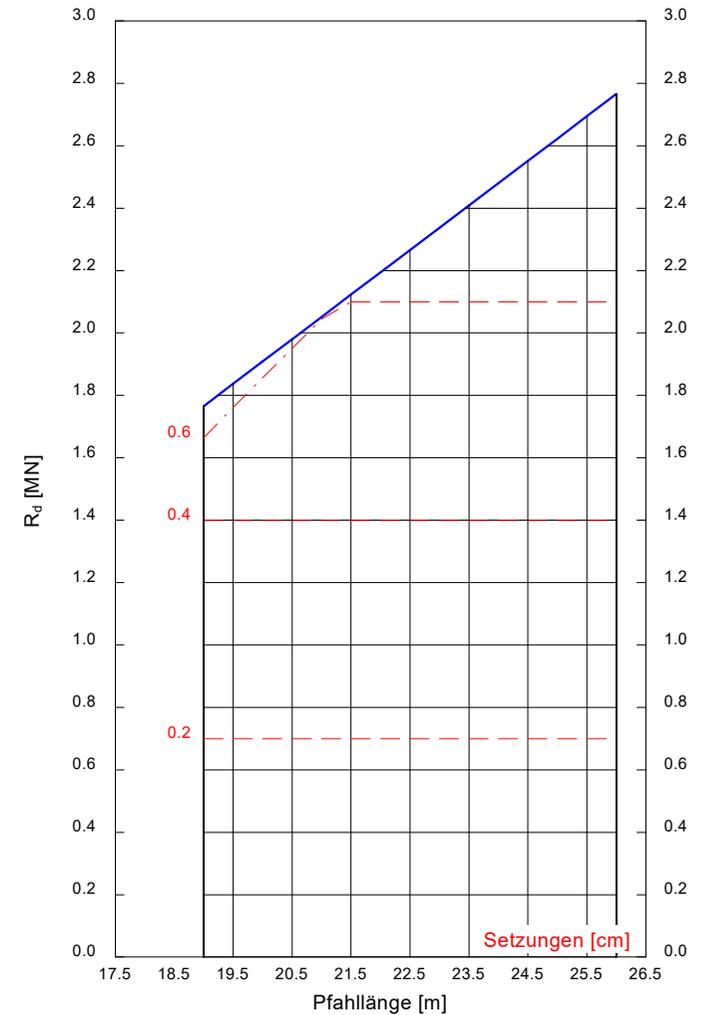
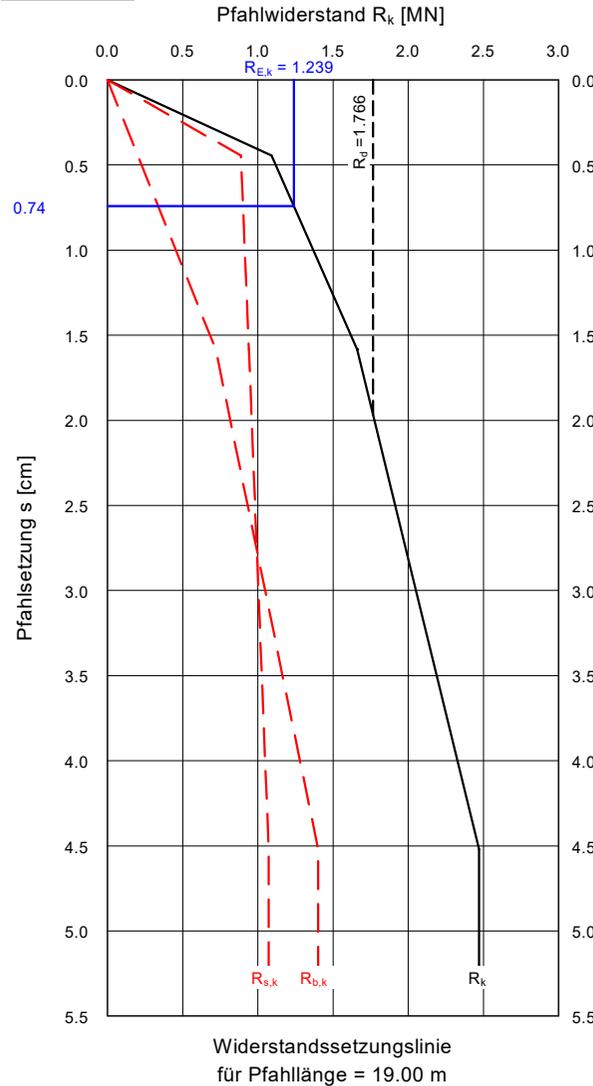


Berechnungsgrundlagen
 Norm: EC 7
 Fertigrammpfahl
 Stahlbeton und Spannbeton
 Verhältniswert (min, max) = 0.00
 Interpolation Mantelreibung:
 bei $q_c < 7.5$ MN/m² deaktiviert
 bei $c_{u,k} < 60$ kN/m² deaktiviert
 Pfahlbreite = 0.400 m

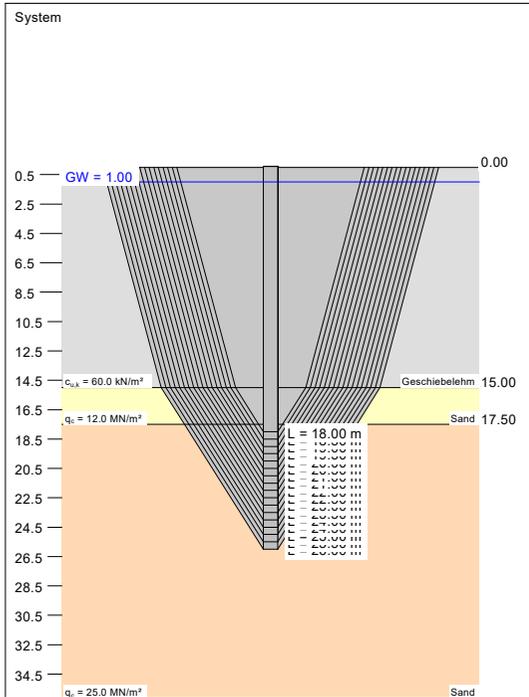
$\gamma_p = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 R_d
 - - - - - **Setzung**

b [m]	Länge [m]	R_k [MN]	R_d [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	s [cm]
0.400	19.00	2.472	1.766	1.239	0.742
0.400	19.50	2.572	1.837	1.289	0.705
0.400	20.00	2.672	1.909	1.339	0.671
0.400	20.50	2.772	1.980	1.389	0.639
0.400	21.00	2.872	2.051	1.440	0.609
0.400	21.50	2.972	2.123	1.490	0.607
0.400	22.00	3.072	2.194	1.540	0.627
0.400	22.50	3.172	2.266	1.590	0.648
0.400	23.00	3.272	2.337	1.640	0.668
0.400	23.50	3.372	2.409	1.690	0.688
0.400	24.00	3.472	2.480	1.740	0.709
0.400	24.50	3.572	2.551	1.790	0.729
0.400	25.00	3.672	2.623	1.841	0.750
0.400	25.50	3.772	2.694	1.891	0.770
0.400	26.00	3.872	2.766	1.941	0.791

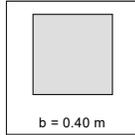
$R_{E,k} = R_k / (\gamma_p \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.400 \cdot 1.425) = R_k / 1.99 \quad [\gamma_{(G,Q)} = 1.425]$



Zugpfahl WEA 2



Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	q_c [MN/m ²]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]	φ [°]	$q_{s(eg,k)}$ [MN/m ²]	Bezeichnung
	15.0	5.0	0.0	60.0	15.0	0.0200	Geschiebelehm
	19.0	10.0	12.0	0.0	32.5	0.0730	Sand
	19.0	10.0	25.0	0.0	32.5	0.1250	Sand



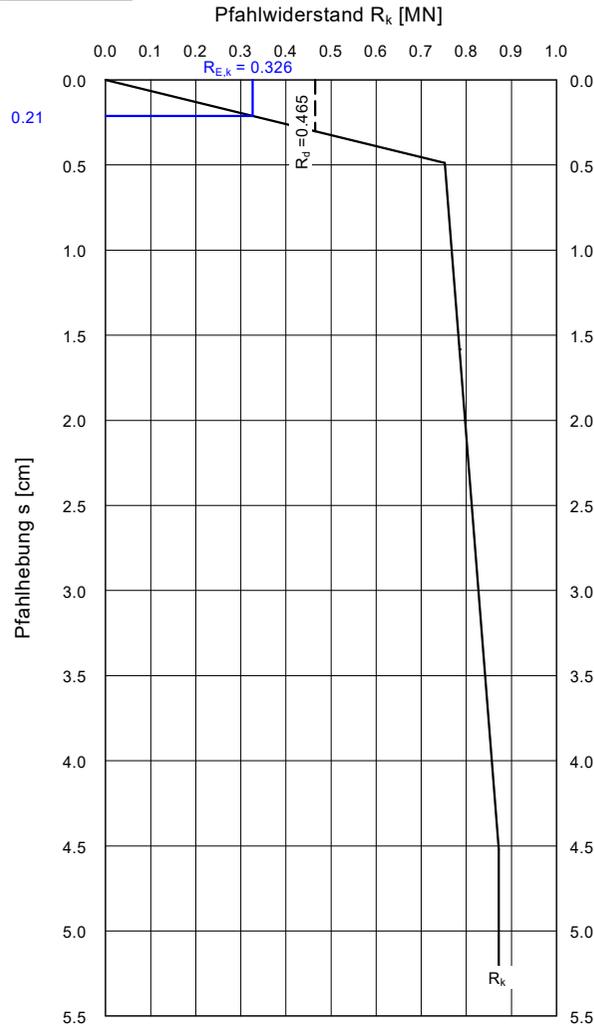
Berechnungsgrundlagen
 Norm: EC 7
 Fertigrammpfahl (Zugpfahl)
 Stahlbeton und Spannbeton
 Verhältniswert (min, max) = 0.00
 Interpolation Mantelreibung:
 bei $q_c < 7.5\text{ MN/m}^2$ deaktiviert
 bei $c_{u,k} < 60\text{ kN/m}^2$ deaktiviert
 Pfahlbreite = 0.400 m

Grundwasser = 1.00 m
 Anpassungsfaktor $\eta = 0.800$
 $\gamma_a = \gamma$ (Aufbruchkegel) = 0.900
 Modellfaktor $\gamma_M = 1.250$
 $\gamma_P = 1.50$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$

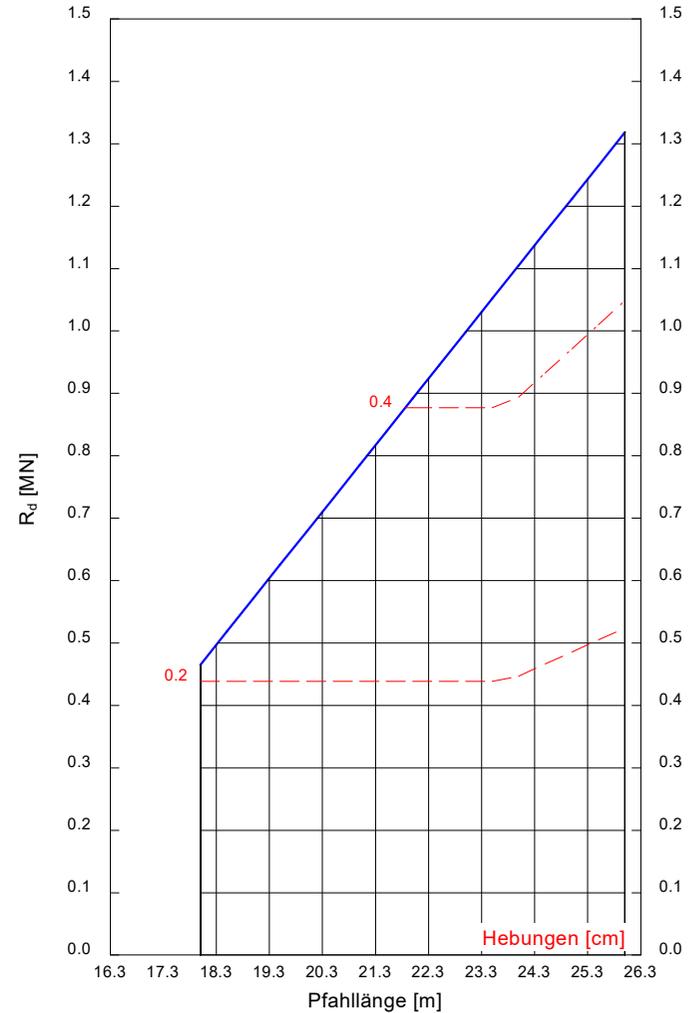
$\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 R_d
 Hebung

b [m]	Länge [m]	G_d [MN]	R_k [MN]	R_d [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	Hebung [cm]
0.400	18.00	4.024	0.872	0.465	0.326	0.212
0.400	18.50	4.633	0.972	0.518	0.364	0.236
0.400	19.00	5.299	1.072	0.572	0.401	0.261
0.400	19.50	6.023	1.172	0.625	0.439	0.285
0.400	20.00	6.809	1.272	0.678	0.476	0.309
0.400	20.50	7.658	1.372	0.732	0.513	0.334
0.400	21.00	8.573	1.472	0.785	0.551	0.358
0.400	21.50	9.555	1.572	0.838	0.588	0.382
0.400	22.00	10.609	1.672	0.892	0.626	0.407
0.400	22.50	11.734	1.772	0.945	0.663	0.431
0.400	23.00	12.935	1.872	0.998	0.701	0.455
0.400	23.50	14.212	1.972	1.052	0.738	0.480
0.400	24.00	15.570	2.072	1.105	0.775	0.495
0.400	24.50	17.009	2.172	1.158	0.813	0.497
0.400	25.00	18.532	2.272	1.212	0.850	0.499
0.400	25.50	20.141	2.372	1.265	0.888	0.501
0.400	26.00	21.839	2.472	1.318	0.925	0.503

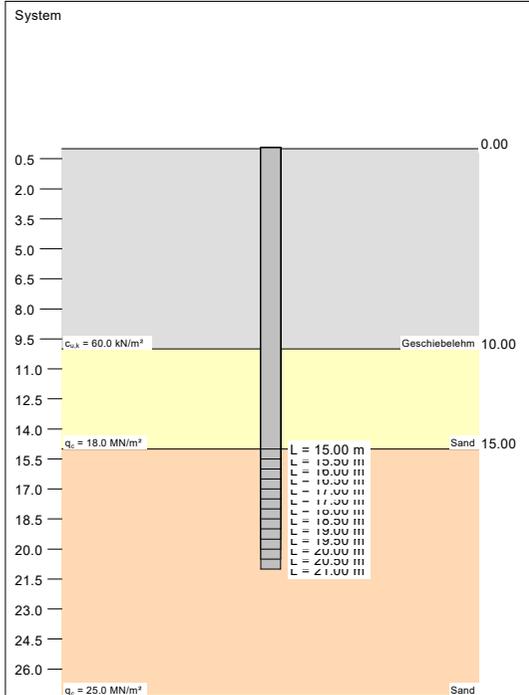
$R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)} \cdot \gamma_M) = R_k / (1.500 \cdot 1.425 \cdot 1.250) = R_k / 2.67 \quad [\gamma_{(G,Q)} = 1.425]$



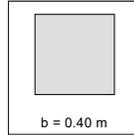
Widerstandshebungslinie
für Pfahlänge = 18.00 m



Druckpfahl WEA 3

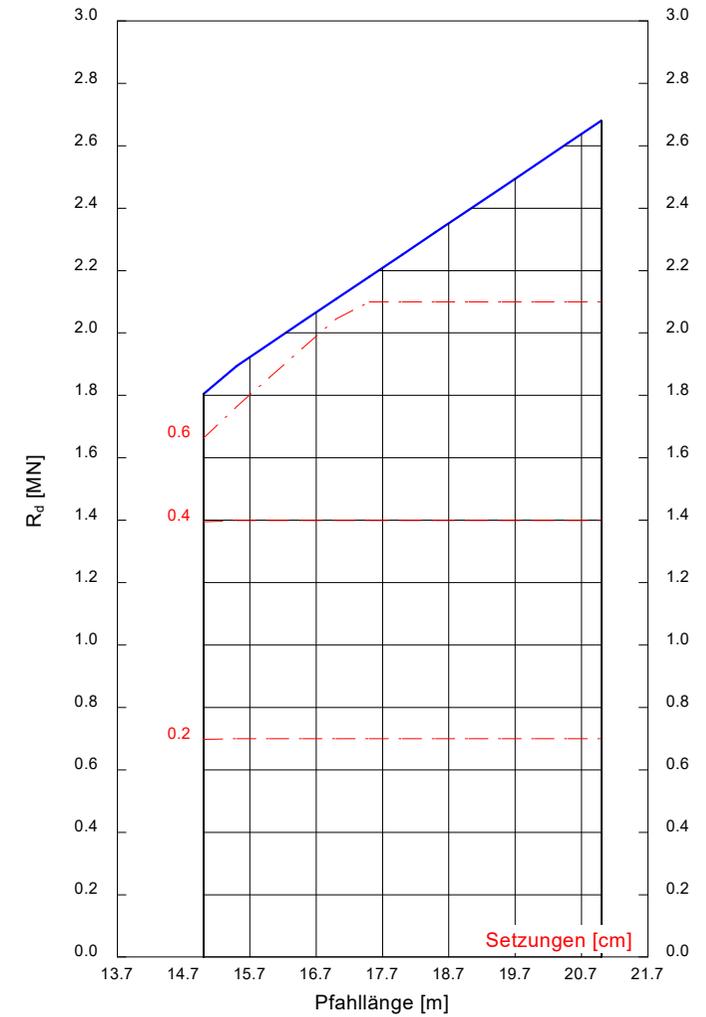
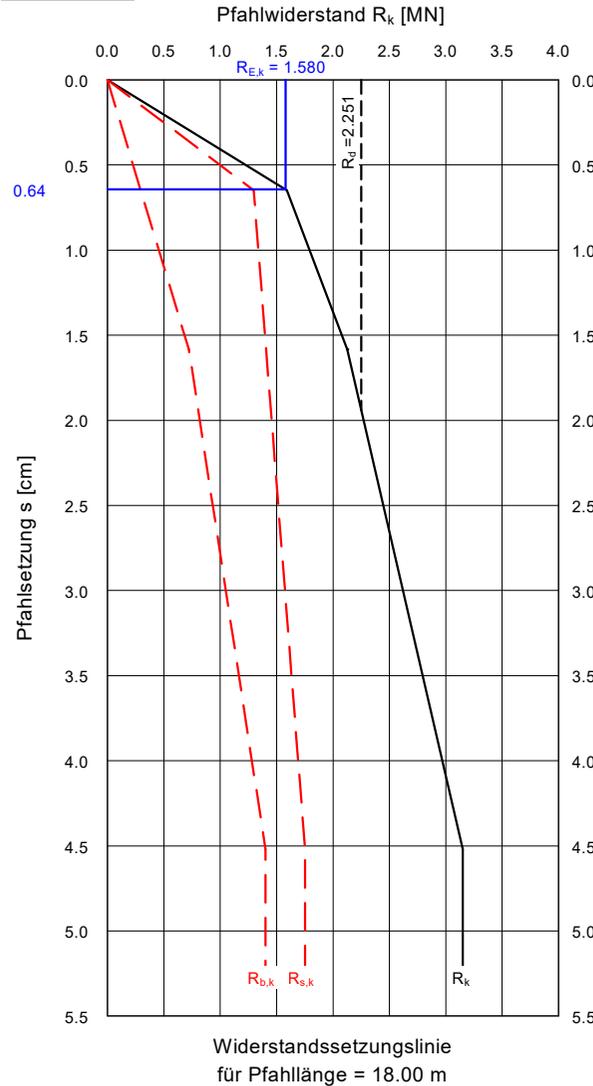


Boden	q_c [MN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	$q_{b,k35}$ [MN/m²]	$q_{b,k10}$ [MN/m²]	$q_{s(sg),k}$ [MN/m²]	$q_{s(sg),k}$ [MN/m²]	Bezeichnung
	0.0	60.0	0.000	0.000	0.0200	0.0200	Geschiebelehm
	18.0	0.0	4.150	7.945	0.0710	0.1040	Sand
	25.0	0.0	4.500	8.750	0.0850	0.1250	Sand



Berechnungsgrundlagen
 Norm: EC 7
 Fertigrammpfahl
 Stahlbeton und Spannbeton
 Verhältniswert (min, max) = 0.00
 Interpolation Mantelreibung:
 bei $q_c < 7.5$ MN/m² deaktiviert
 bei $c_{u,k} < 60$ kN/m² deaktiviert
 Pfahlbreite = 0.400 m

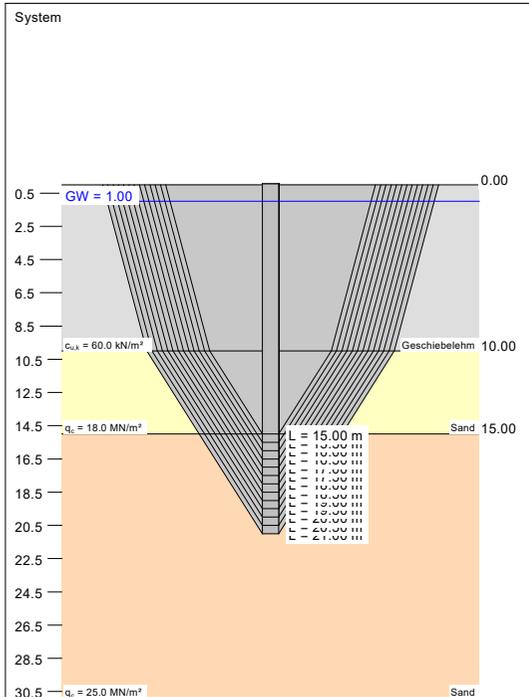
$\gamma_p = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 R_d
 - - - - - **Setzung**



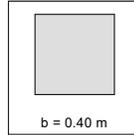
b [m]	Länge [m]	R_k [MN]	R_d [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	s [cm]
0.400	15.00	2.526	1.804	1.266	0.794
0.400	15.50	2.652	1.894	1.329	0.773
0.400	16.00	2.752	1.966	1.379	0.740
0.400	16.50	2.852	2.037	1.430	0.709
0.400	17.00	2.952	2.109	1.480	0.680
0.400	17.50	3.052	2.180	1.530	0.654
0.400	18.00	3.152	2.251	1.580	0.644
0.400	18.50	3.252	2.323	1.630	0.664
0.400	19.00	3.352	2.394	1.680	0.684
0.400	19.50	3.452	2.466	1.730	0.705
0.400	20.00	3.552	2.537	1.780	0.725
0.400	20.50	3.652	2.609	1.831	0.746
0.400	21.00	3.752	2.680	1.881	0.766

$R_{E,k} = R_k / (\gamma_p \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.400 \cdot 1.425) = R_k / 1.99$ ($\gamma_{(G,Q)} = 1.425$)

Zugpfahl WEA 3



Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	q_c [MN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	φ [°]	$q_{s(eg),k}$ [MN/m²]	Bezeichnung
	15.0	5.0	0.0	60.0	15.0	0.0200	Geschiebelehm
	19.0	10.0	18.0	0.0	32.5	0.1040	Sand
	19.0	10.0	25.0	0.0	32.5	0.1250	Sand



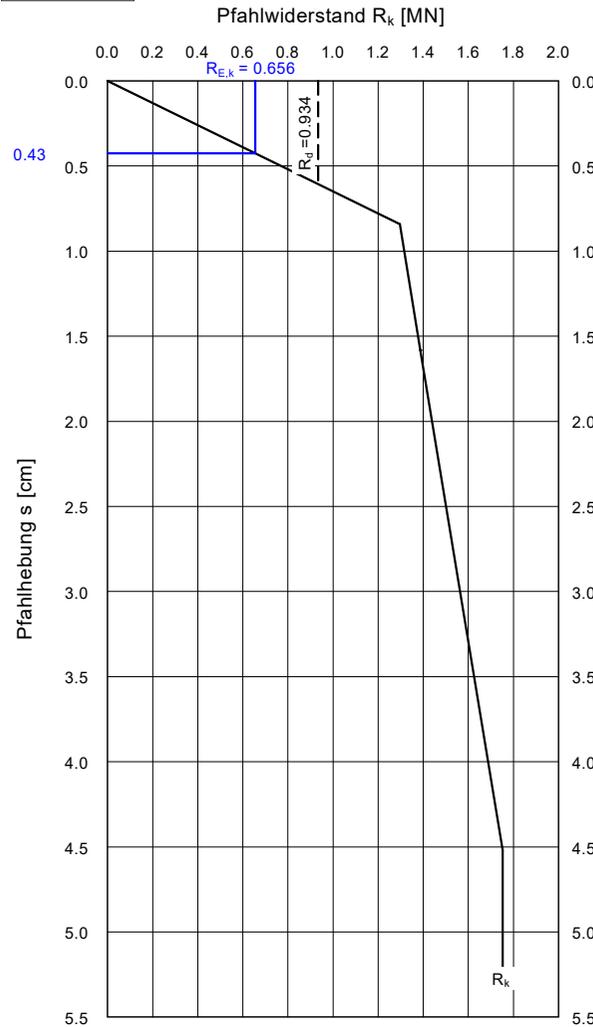
Berechnungsgrundlagen
 Norm: EC 7
 Fertigrampfpfahl (Zugpfahl)
 Stahlbeton und Spannbeton
 Verhältniswert (min, max) = 0.00
 Interpolation Mantelreibung:
 bei $q_c < 7.5$ MN/m² deaktiviert
 bei $c_{u,k} < 60$ kN/m² deaktiviert
 Pfahlbreite = 0.400 m

Grundwasser = 1.00 m
 Anpassungsfaktor $\eta = 0.800$
 $\gamma_a = \gamma$ (Aufbruchkegel) = 0.900
 Modellfaktor $\gamma_M = 1.250$
 $\gamma_P = 1.50$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_G + (1 - 0.500) \cdot \gamma_Q$

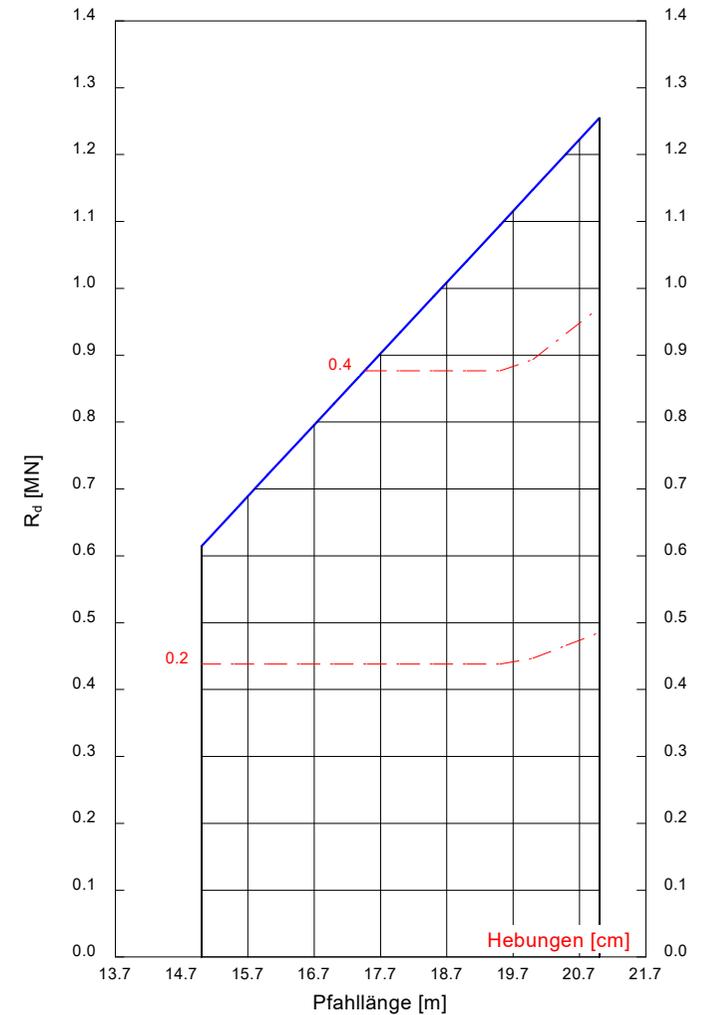
$\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 ——— R_d
 - - - - - Hebung

b [m]	Länge [m]	G_d [MN]	R_k [MN]	R_d [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	Hebung [cm]
0.400	15.00	3.838	1.152	0.614	0.431	0.280
0.400	15.50	4.419	1.252	0.668	0.469	0.305
0.400	16.00	5.055	1.352	0.721	0.506	0.329
0.400	16.50	5.747	1.452	0.774	0.543	0.353
0.400	17.00	6.498	1.552	0.828	0.581	0.378
0.400	17.50	7.310	1.652	0.881	0.618	0.402
0.400	18.00	8.186	1.752	0.934	0.656	0.426
0.400	18.50	9.127	1.852	0.988	0.693	0.451
0.400	19.00	10.136	1.952	1.041	0.731	0.475
0.400	19.50	11.215	2.052	1.094	0.768	0.499
0.400	20.00	12.368	2.152	1.148	0.805	0.514
0.400	20.50	13.595	2.252	1.201	0.843	0.515
0.400	21.00	14.899	2.352	1.254	0.880	0.517

$R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)} \cdot \gamma_M) = R_k / (1.500 \cdot 1.425 \cdot 1.250) = R_k / 2.67 \quad [\gamma_{(G,Q)} = 1.425]$

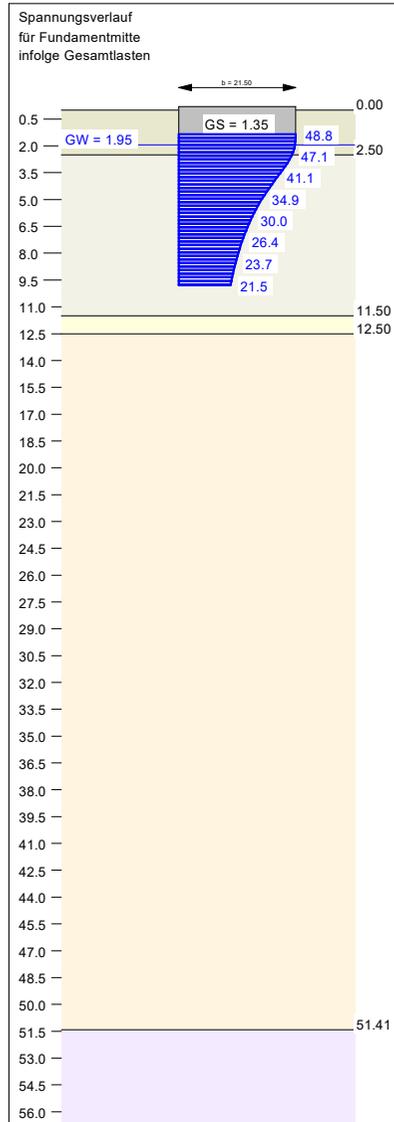
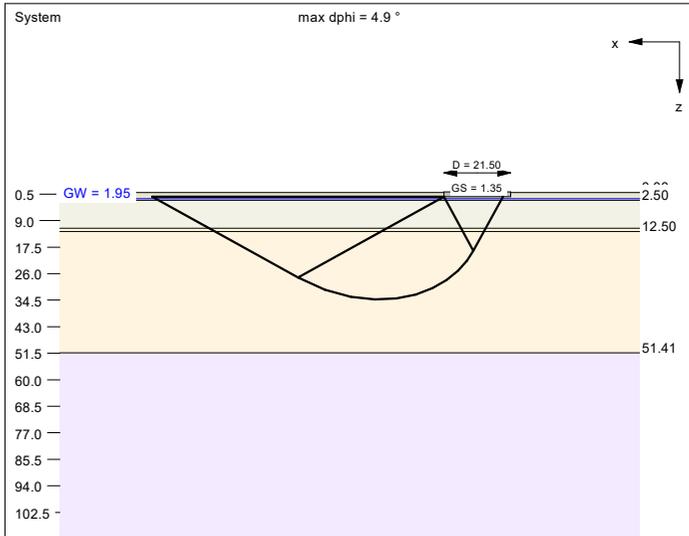


Widerstandshebungslineie für Pfahlänge = 18.00 m



WEA 1, gesamtes Fundament

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
[Light Green]	19.0	9.0	27.5	10.0	4.0	0.00	Geschiebelehm
[Light Green]	19.0	9.0	27.5	30.0	50.0	0.00	Geschiebelehm
[Light Yellow]	19.0	11.0	32.5	0.0	80.0	0.00	Sand
[Light Yellow]	19.0	11.0	37.5	0.0	150.0	0.00	Sand
[Light Purple]	19.0	11.0	37.5	0.0	150.0	0.00	Sand



Berechnungsgrundlagen:
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$

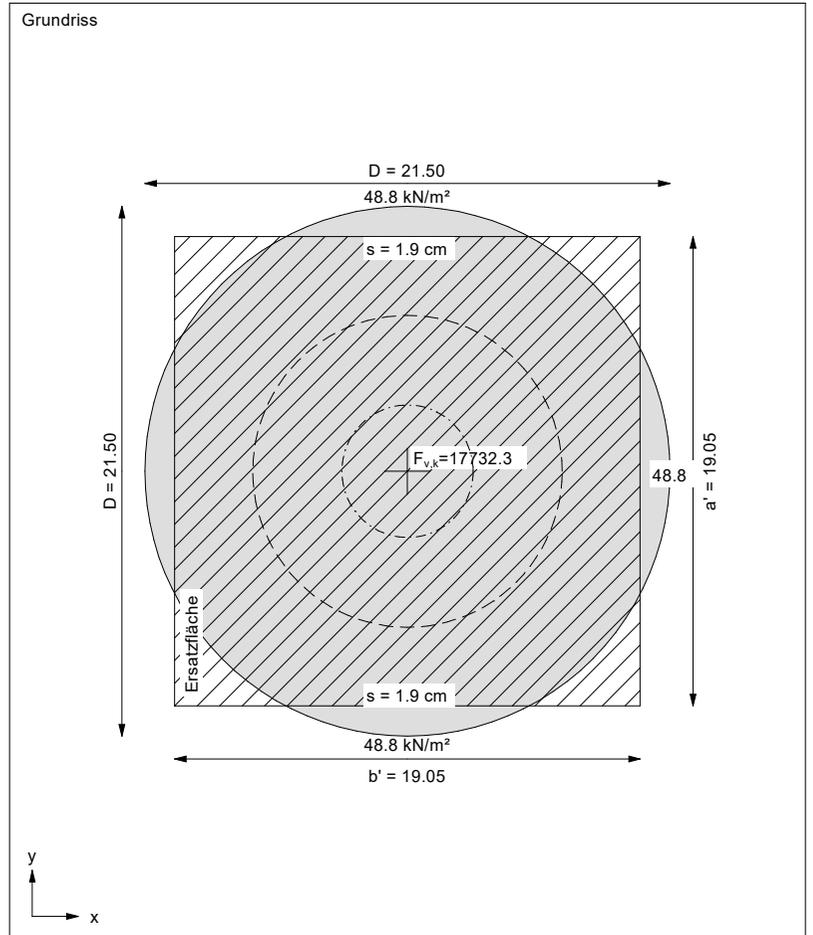
$\gamma_{0,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 1.35 m
 Grundwasser = 1.95 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite

Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 17732.25 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{n,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{n,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Durchmesser $D = 21.500$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 2.688 m)
 $a' = 19.054$ m
 $b' = 19.054$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 2.688 m)
 $a' = 19.054$ m
 $b' = 19.054$ m

cal $\sigma_0 = 25.65$ kN/m²
 UK log. Spirale = 34.30 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 136.82 m
 Fläche log. Spirale = 2362.98 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 36.76$; $N_{d0} = 24.34$; $N_{b0} = 14.82$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.559$; $v_d = 1.536$; $v_b = 0.700$

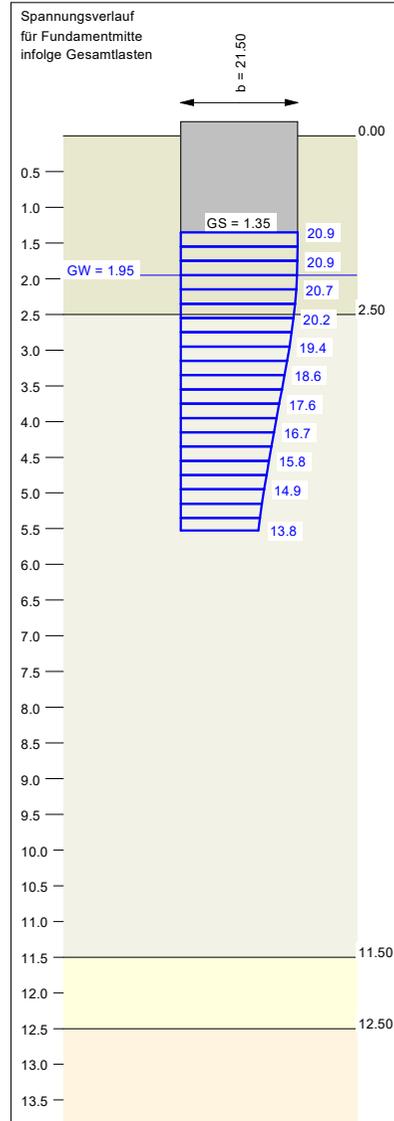
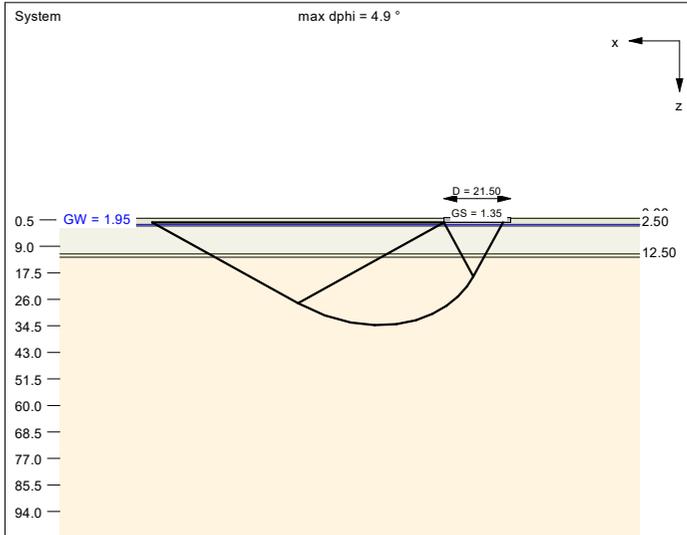
Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 9.80$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.85 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 1.85 cm
 unten = 1.85 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 0.0
 Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 17732.3 \cdot 21.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 171559.5$
 $M_{dst} = 0.0$
 $\mu_{EQU} = 0.0 / 171559.5 = 0.000$

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 3397.5 / 2426.79$ kN/m²
 $R_{n,k} = 1233466.18$ kN
 $R_{n,d} = 881047.27$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 17732.25 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 23938.54$ kN
 μ (parallel zu x) = 0.027
 cal $\varphi = 32.4^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 cal c = 6.62 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 10.42$ kN/m³



WEA 1 1. Betonierabschnitt

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	9.0	27.5	10.0	4.0	0.00	Geschiebelehm
	19.0	9.0	27.5	30.0	50.0	0.00	Geschiebelehm
	19.0	11.0	32.5	0.0	80.0	0.00	Sand
	19.0	11.0	37.5	0.0	150.0	0.00	Sand



Berechnungsgrundlagen:
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$

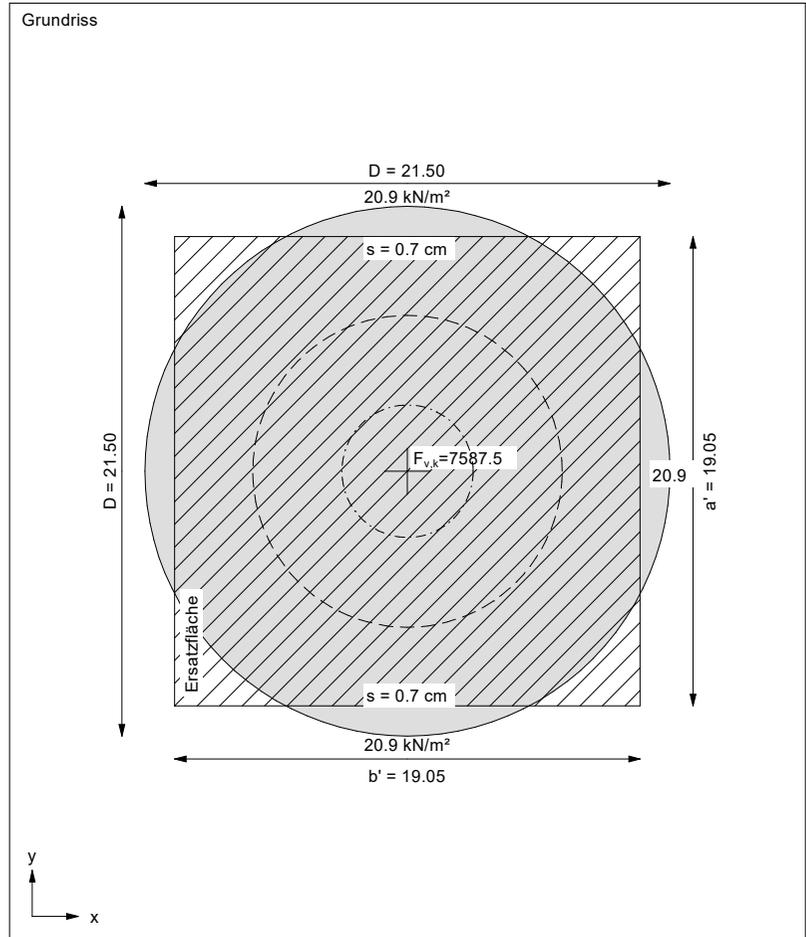
$\gamma_{G,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 1.35 m
 Grundwasser = 1.95 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite

Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 7587.50 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{n,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{n,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 21.500 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 2.688 m)
 $a' = 19.054$ m
 $b' = 19.054$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 2.688 m)
 $a' = 19.054$ m
 $b' = 19.054$ m

cal $\sigma_0 = 25.65$ kN/m²
 UK log. Spirale = 34.30 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 136.82 m
 Fläche log. Spirale = 2362.98 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 36.76$; $N_{d0} = 24.34$; $N_{b0} = 14.82$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.559$; $v_d = 1.536$; $v_b = 0.700$

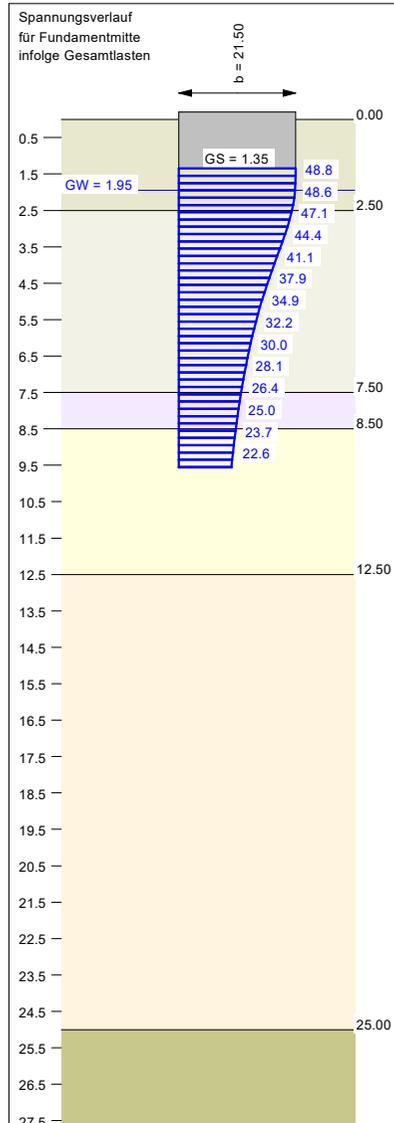
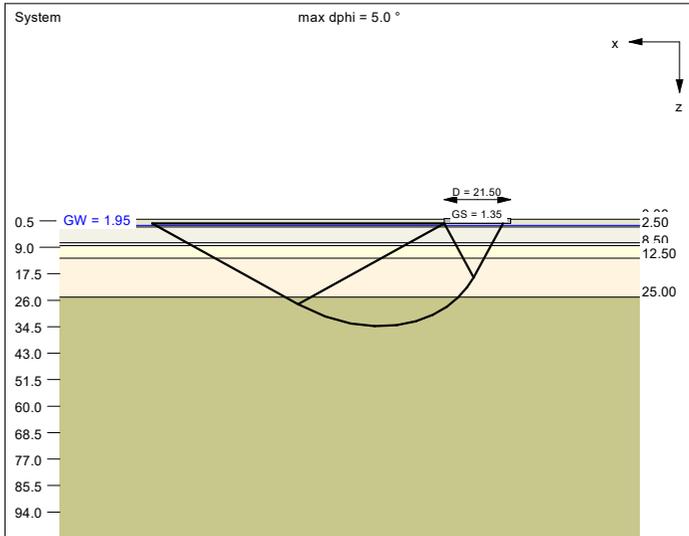
Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 5.52$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.69 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.69 cm
 unten = 0.69 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 0.0
 Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 7587.5 \cdot 21.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 73409.1$
 $M_{dst} = 0.0$
 $\mu_{EQU} = 0.0 / 73409.1 = 0.000$

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 3397.5 / 2426.79$ kN/m²
 $R_{n,k} = 1233466.18$ kN
 $R_{n,d} = 881047.27$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 7587.50 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 10243.13$ kN
 μ (parallel zu x) = 0.012
 cal $\varphi = 32.4^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 cal c = 6.62 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 10.42$ kN/m³



WEA 2 gesamtes Fundament

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	9.0	27.5	10.0	4.0	0.00	Geschiebelehm
	19.0	9.0	27.5	30.0	50.0	0.00	Geschiebelehm
	19.0	11.0	37.5	0.0	100.0	0.00	Sand
	19.0	11.0	27.5	60.0	50.0	0.00	Geschiebelehm
	19.0	11.0	37.5	0.0	150.0	0.00	Sand
	19.0	11.0	37.5	0.0	150.0	0.00	Sand



Berechnungsgrundlagen:
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$

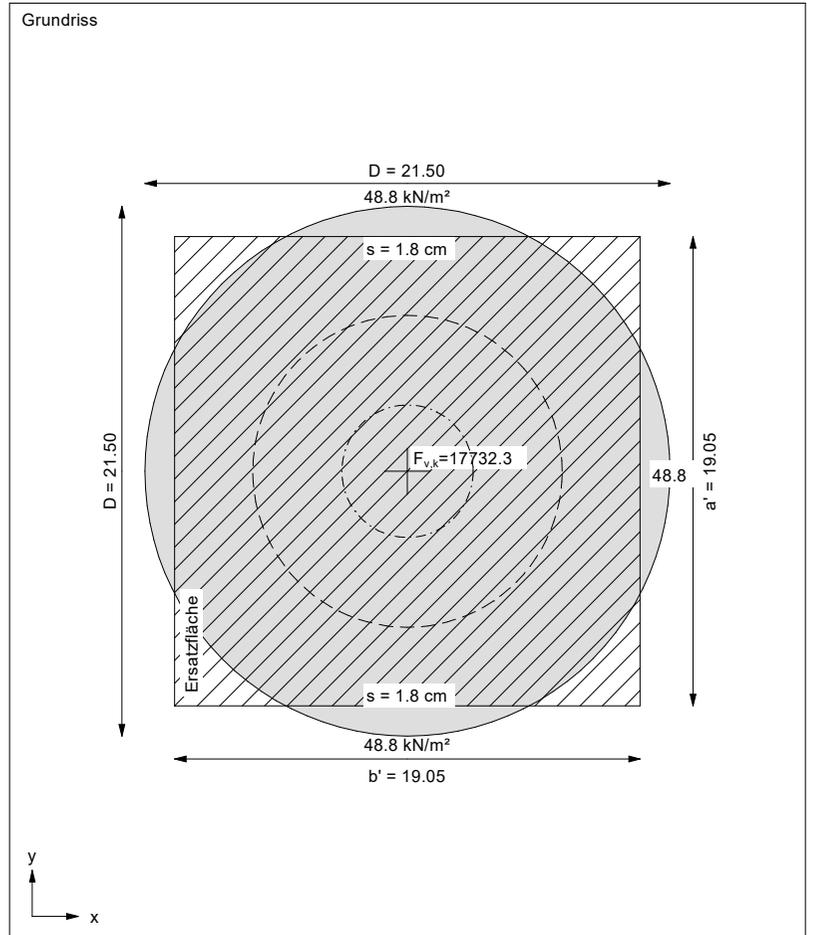
$\gamma_{G,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 1.35 m
 Grundwasser = 1.95 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite

Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 17732.25 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{n,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{n,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Durchmesser $D = 21.500$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 2.688 m)
 $a' = 19.054$ m
 $b' = 19.054$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 2.688 m)
 $a' = 19.054$ m
 $b' = 19.054$ m

cal $\sigma_0 = 25.65$ kN/m²
 UK log. Spirale = 34.34 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 137.05 m
 Fläche log. Spirale = 2370.21 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 36.87$; $N_{q0} = 24.44$; $N_{b0} = 14.91$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.559$; $v_d = 1.537$; $v_b = 0.700$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 9.56$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.81 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 1.81 cm
 unten = 1.81 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 0.0
 Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 17732.3 \cdot 21.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 171559.5$
 $M_{dst} = 0.0$
 $\mu_{EQU} = 0.0 / 171559.5 = 0.000$

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 3639.9 / 2599.90$ kN/m²
 $R_{n,k} = 1321452.99$ kN
 $R_{n,d} = 943894.99$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 17732.25 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 23938.54$ kN
 μ (parallel zu x) = 0.025
 cal $\varphi = 32.5^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 cal c = 9.43 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 10.73$ kN/m³

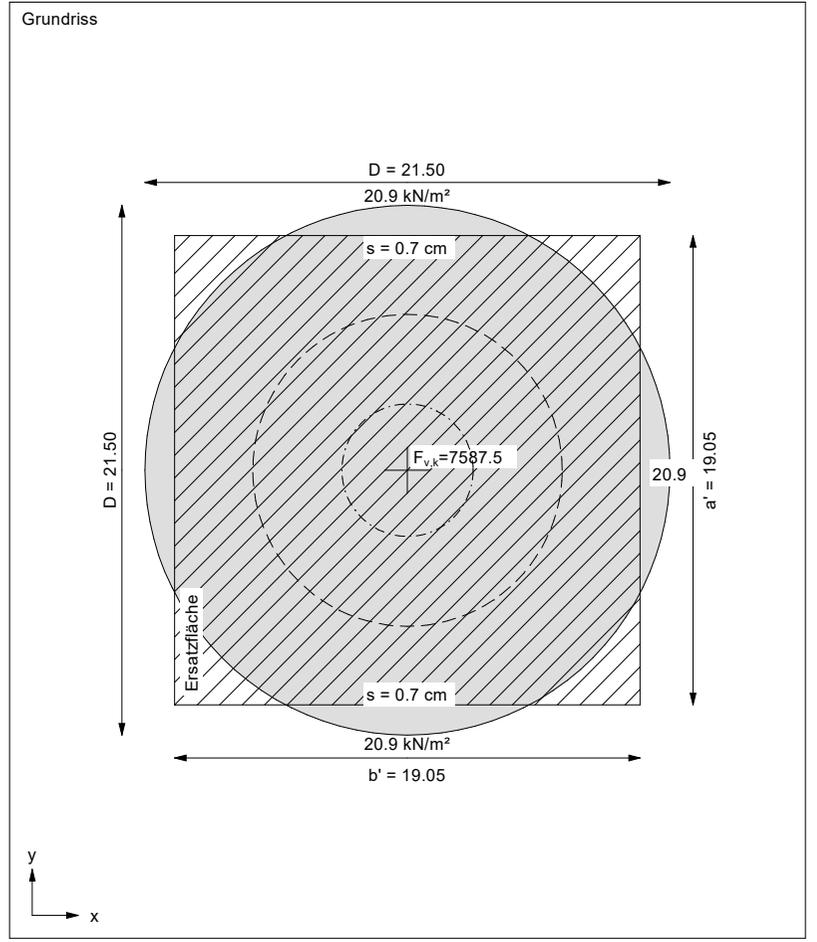
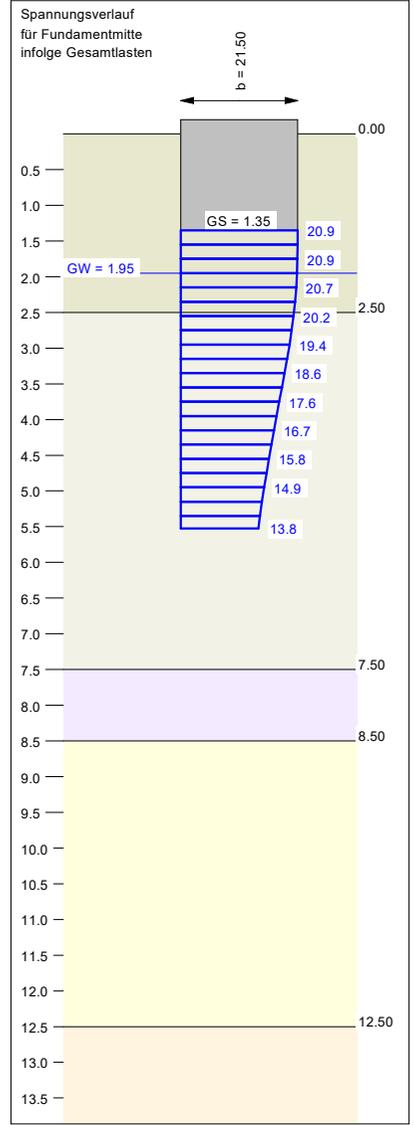
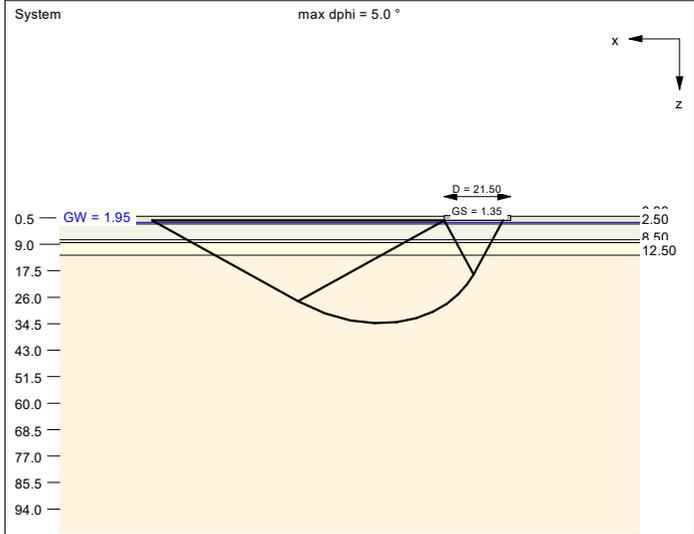


WEA 2 1. Betonierabschnitt

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	9.0	27.5	10.0	4.0	0.00	Geschiebelehm
	19.0	9.0	27.5	30.0	50.0	0.00	Geschiebelehm
	19.0	11.0	37.5	0.0	100.0	0.00	Sand
	19.0	11.0	27.5	60.0	50.0	0.00	Geschiebelehm
	19.0	11.0	37.5	0.0	150.0	0.00	Sand

Berechnungsgrundlagen:
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$

$\gamma_{G,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 1.35 m
 Grundwasser = 1.95 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite



Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 7587.50 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Durchmesser $D = 21.500$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 2.688 m)
 $a' = 19.054$ m
 $b' = 19.054$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 2.688 m)
 $a' = 19.054$ m
 $b' = 19.054$ m

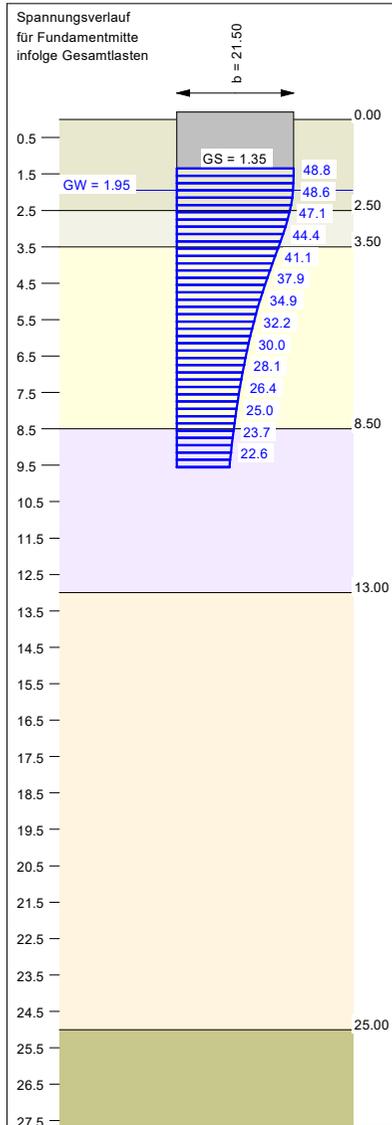
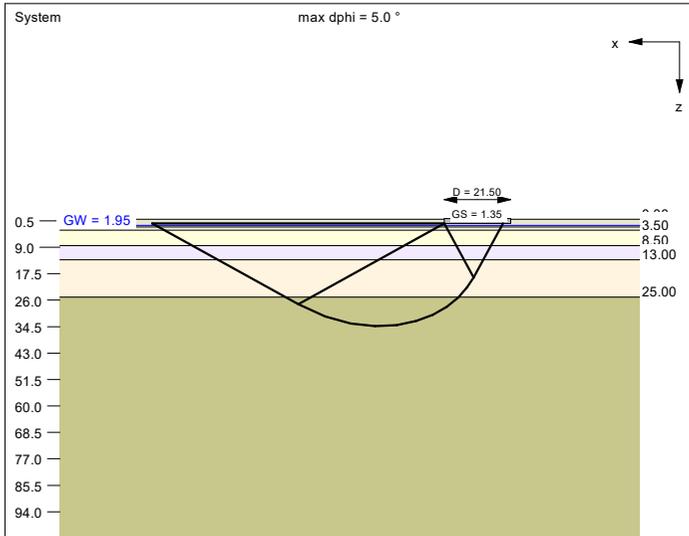
cal $\sigma_0 = 25.65$ kN/m²
 UK log. Spirale = 34.34 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 137.05 m
 Fläche log. Spirale = 2370.21 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 36.87$; $N_{q0} = 24.44$; $N_{b0} = 14.91$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.559$; $v_d = 1.537$; $v_b = 0.700$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 5.52$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.69 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.69 cm
 unten = 0.69 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 0.0
 Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 7587.5 \cdot 21.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 73409.1$
 $M_{dst} = 0.0$
 $\mu_{EQU} = 0.0 / 73409.1 = 0.000$

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 3639.9 / 2599.90$ kN/m²
 $R_{n,k} = 1321452.99$ kN
 $R_{n,d} = 943894.99$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 7587.50 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 10243.13$ kN
 μ (parallel zu x) = 0.011
 cal $\varphi = 32.5^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 cal c = 9.43 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 10.73$ kN/m³

WEA 3 gesamtes Fundament

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	9.0	27.5	10.0	4.0	0.00	Geschiebelehm
	19.0	11.0	32.0	0.0	60.0	0.00	Sand
	19.0	9.0	27.5	30.0	50.0	0.00	Geschiebelehm
	19.0	11.0	37.5	0.0	100.0	0.00	Sand
	19.0	11.0	37.5	0.0	150.0	0.00	Sand
	19.0	11.0	37.5	0.0	150.0	0.00	Sand



Berechnungsgrundlagen:
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$

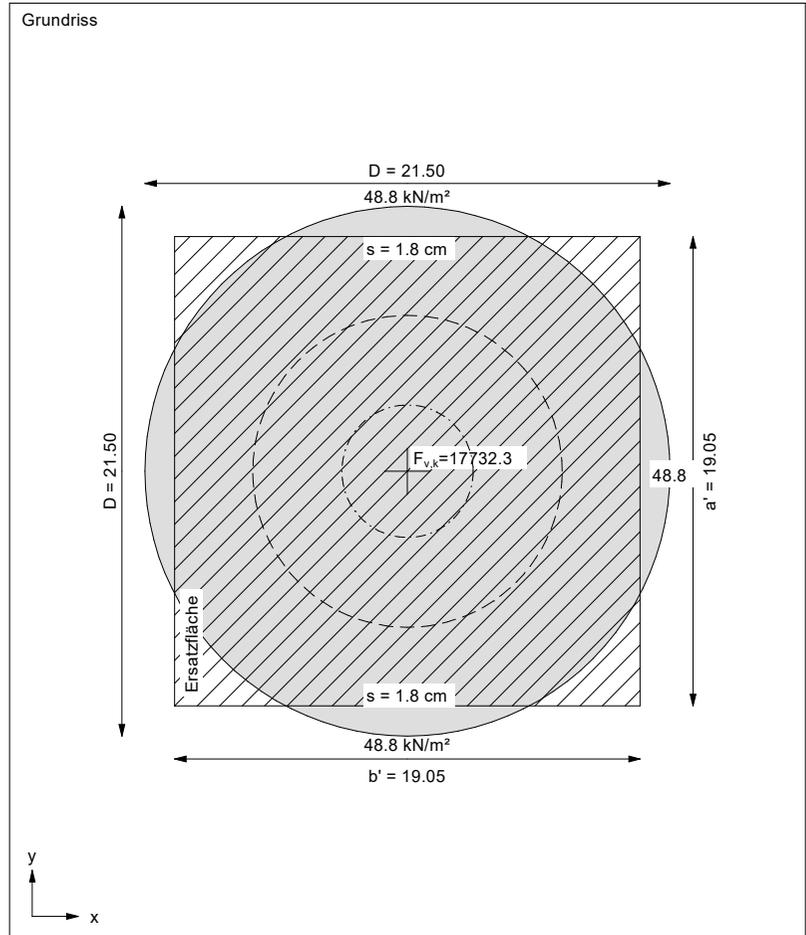
$\gamma_{G,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 1.35 m
 Grundwasser = 1.95 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite

Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 17732.25 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{n,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{n,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser $D = 21.500$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 2.688 m)
 $a' = 19.054$ m
 $b' = 19.054$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 2.688 m)
 $a' = 19.054$ m
 $b' = 19.054$ m

cal $\sigma_0 = 25.65$ kN/m²
 UK log. Spirale = 34.37 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 137.18 m
 Fläche log. Spirale = 2374.60 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 36.94$; $N_{q0} = 24.51$; $N_{b0} = 14.96$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.560$; $v_d = 1.537$; $v_b = 0.700$

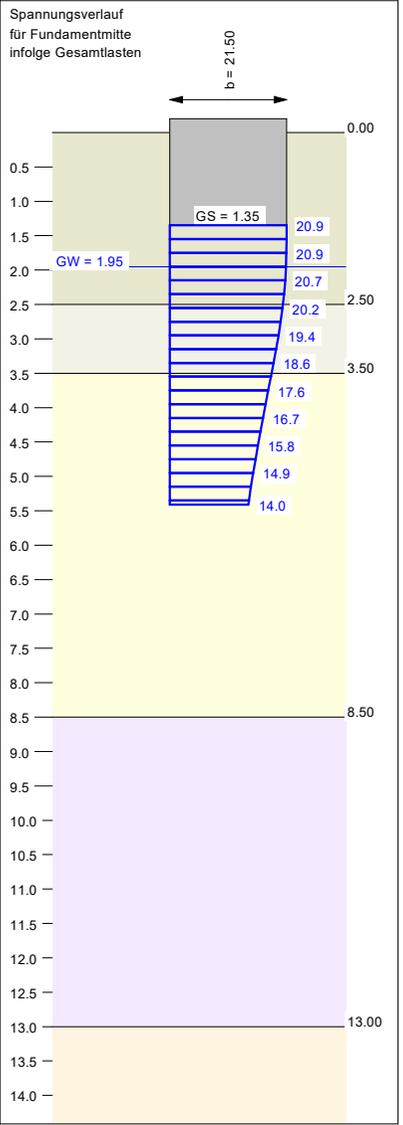
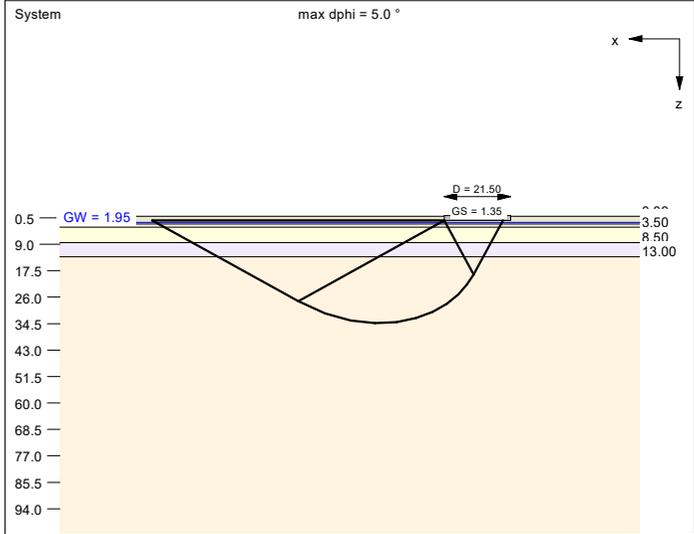
Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 9.56$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.80 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 1.80 cm
 unten = 1.80 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 0.0
 Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 17732.3 \cdot 21.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 171559.5$
 $M_{dst} = 0.0$
 $\mu_{EQU} = 0.0 / 171559.5 = 0.000$

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 3329.1 / 2377.93$ kN/m²
 $R_{n,k} = 1208633.31$ kN
 $R_{n,d} = 863309.51$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 17732.25 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 23938.54$ kN
 μ (parallel zu x) = 0.028
 cal $\varphi = 32.5^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 cal c = 3.79 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 10.74$ kN/m³



WEA 3 1. Betonierabschnitt

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	9.0	27.5	10.0	4.0	0.00	Geschiebelehm
	19.0	11.0	32.0	0.0	60.0	0.00	Sand
	19.0	9.0	27.5	30.0	50.0	0.00	Geschiebelehm
	19.0	11.0	37.5	0.0	100.0	0.00	Sand
	19.0	11.0	37.5	0.0	150.0	0.00	Sand



Berechnungsgrundlagen:
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$

$\gamma_{G,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 1.35 m
 Grundwasser = 1.95 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite

Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 7587.50 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser $D = 21.500$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 2.688 m)
 $a' = 19.054$ m
 $b' = 19.054$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 2.688 m)
 $a' = 19.054$ m
 $b' = 19.054$ m

cal $\sigma_0 = 25.65$ kN/m²
 UK log. Spirale = 34.37 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 137.18 m
 Fläche log. Spirale = 2374.60 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 36.94$; $N_{q0} = 24.51$; $N_{b0} = 14.96$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.560$; $v_d = 1.537$; $v_b = 0.700$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 5.41$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.68 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.68 cm
 unten = 0.68 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 0.0
 Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 7587.5 \cdot 21.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 73409.1$
 $M_{dst} = 0.0$
 $\mu_{EQU} = 0.0 / 73409.1 = 0.000$

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 3329.1 / 2377.93$ kN/m²
 $R_{n,k} = 1208633.31$ kN
 $R_{n,d} = 863309.51$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 7587.50 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 10243.13$ kN
 μ (parallel zu x) = 0.012
 cal $\varphi = 32.5^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 cal c = 3.79 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 10.74$ kN/m³

