

- BAUGRUNDUNTERSUCHUNGEN
- BAUGRUNDGUTACHTEN
- GRÜNDUNGSBERATUNG
- ALTLASTERKUNDUNGEN
- KONTAMINATIONS-GUTACHTEN
- GRUNDBAUSTATIK
- BAULEITUNG · PLANUNG

GEOTECHNISCHER ENTWURFSBERICHT

108-23wpd1

Bauvorhaben:	Windpark Müncheberg - Mittelheide wpd 1
Auftraggeber:	Naturwind Potsdam GmbH Hegelallee 41 14467 Potsdam
Bearbeiter:	M.Sc. B. Tamme Prof. Dr.-Ing. H. Kleen
Umfang:	11 Seiten 8 Anlagen
Datum:	17.11.2023

Berliner Volksbank
IBAN DE92 1009 0000 5431 2700 07
BIC BEVODE33

Steuer Nr. 046/111/01630

Handelsregister
Nr. HRB 100073 Potsdam

Geschäftsführer:
Prof. Dr.-Ing. Hermann Kleen

1. VERANLASSUNG

Unser Büro wurde am 31.07.2023 durch die Naturwind Potsdam GmbH schriftlich beauftragt, für die im Windpark Müncheberg - Mittelheide geplante Windkraftanlage wpd 1, einen Geotechnischen Entwurfsbericht, einschließlich der notwendigen Feld- und Laboruntersuchungen, anzufertigen.

2. UNTERLAGEN

Für die Bearbeitung standen die nachfolgend aufgeführten Unterlagen zur Verfügung:

- U 2.1 Geologische Karte, M.: 1 : 25.000, über www.geo.brandenburg.de/gk25/, Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
- U 2.2 Unser Geotechnischer Entwurfsbericht zum Bauvorhaben „Windpark Müncheberg-Mittelheide WEA12, vom 27.11.2020 nebst Unterlagen
- U 2.3 Prüfbericht für eine Typenprüfung, Vestas V162-5.4/5.6/6.0/6.2 MW mit 169 m Nabenhöhe, D = 24,5 m, Kreisringfundament mit Auftrieb, Prüfnr.: 3108363-23-d Rev.4, der TÜV SÜD Industrie Service GmbH aus München, vom 25.02.2022
- U 2.4 Lageplan zum Projekt Müncheberg-Mittelheide, der naturwind potsdam GmbH, M.: 1 : 12.000, vom 28.07.2023
- U 2.5 Geländeordinaten der Windkraftanlagenmittelpunkte, übersandt am 01.11.2023 durch das zuständige Vermessungsbüro Horst Möhring aus Frankfurt Oder
- U 2.6 Ergebnisse bodenmechanischer Laboruntersuchungen der Fachhochschule Potsdam, Fachgebiet Grundbau und Bodenmechanik, vom 27.10.2023 (L63/23)
- U 2.7 Prüfbericht zur Betonaggressivität des Bodens, WP Müncheberg - Mittelheide / MP01 (wpd 1), der Agrolab Agrar und Umwelt GmbH aus Kiel, Analysennummer: 211892 vom 23.10.2023

3. BAUGRUNDSTÜCK UND BAUWERK

Der Standort für den Neubau einer Windkraftanlage befindet sich zwischen dem Maxsee und Schönfelde, südlich des Müncheberger Ortsteils Hoppegarten, innerhalb des geplanten Windparks Müncheberg - Mittelheide.

Hier soll, auf der forstwirtschaftlich genutzten Fläche, die Windkraftanlage wpd 1 vom Typ V162-6.2 MW mit Hybridturm und einer Nabenhöhe von 169 m auf einem Kreisringfundament, mit einem Außendurchmesser von $D = 24,5$ m, auf einer 0,1 m starken Sauberkeitsschicht in einer Tiefe von ca. 0,24 m unter Gelände, flach gegründet werden.

Die Geländehöhe am Standort der Windkraftanlage wpd 1 liegt auf einer Ordinate von ca. 61,3 m über NHN.

Die Lage der geplanten Windkraftanlage geht aus der Anlage 1 und der Anlage 2 hervor.

4. BAUGRUND

4.1 Vorkenntnisse

Der Windpark Müncheberg - Mittelheide befindet sich im Bereich einer im Pleistozän gebildeten Hochfläche.

Hier ist mit Schmelzwasserablagerungen in Form von feinkörnigen, schwach mittelkörnigen Sanden, die zum Teil schwach schluffige Beimengungen beinhalten, zu rechnen (s. Unterlage U 2.1).

Gemäß der Unterlage U 2.2 stehen südlich der geplanten Windenergieanlage wpd 1, unterhalb einer ca. 0,1 m starken, sandigen, stark humosen Oberbodenschicht, bis in eine Tiefe von ca. 8,2 m unter Gelände Fein-, Mittel- und Grobsande an, die bis zur Aufschlussendteufe von 15,0 m unter Gelände von sandigem Geschiebemergel unterlagert werden.

Die Sande sind bis in eine Tiefe von ca. 6,5 m unter Gelände sehr locker, locker und mitteldicht, darunter mitteldicht gelagert; der erbohrte Geschiebeboden besitzt eine halb feste Zustandsform.

4.2 Baugrunduntersuchungen

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurde im Bereich der geplanten Windkraftanlage wpd 1 eine Kleinbohrung (S1) bis zu einer Endteufe von 15,0 m unter Gelände abgeteuft.

Zur Feststellung der Lagerungsdichte bzw. der Festigkeit des anstehenden Baugrundes wurden zudem drei Drucksondierungen als CPT-E bis in Tiefen von 20,0 m und 25,0 m unter Gelände vorgesehen.

Da die Zuwegung wegen der dichten Bewaldung am Standort für das Drucksondiergerät, nicht gegeben war, wurden hier ersatzweise die drei Rammsondierungen mittels schwerer Rammsonde (DPH) R1-1 bis R1-3 bis in eine Tiefe von jeweils 20,0 m unter Gelände angeordnet.

Vermutlich wegen eines Findlings, musste dabei die Rammsondierung R1-1, trotz viermaligem Umsetzens, in einer Tiefe von ca. 9,1 m unter Gelände abgebrochen werden.

Die Einmessung und Kennzeichnung des Untersuchungsstandortes erfolgte durch das beauftragte Vermessungsbüro (vgl. Unterlage U 2.5).

Die Lage der genannten Aufschlüsse ist aus der Anlage 1 und der Anlage 2 ersichtlich.

4.3 Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

Auf der Grundlage des, während der Feldarbeiten erstellten Schichtenverzeichnisses und einer durch uns vorgenommenen Bodenansprache, wurde das in der Anlage 3 dokumentierte Schichtenprofil angefertigt. Zudem sind innerhalb der Anlage 3 die Ergebnisse der Rammsondierungen dargestellt.

Im Einzelnen kann damit am Standort der geplanten Windkraftanlage wpd 1 von folgendem Baugrundaufbau ausgegangen werden:

Unterhalb einer ca. 0,2 m starken, sandigen und humosen Oberbodenschicht (Mutterboden) stehen bis ca. 9,3 m unter Gelände Mittel- und Grobsande an, die bis zur Aufschlussendteufe von 15,0 m unter Gelände von sandigem Geschiebemergel unterlagert werden (S1).

Der in S1 erbohrte Geschiebeboden besitzt, auf Grund unserer Ansprachen und der durchgeführten bodenmechanischen Versuche zur Bestimmung der Konsistenzgrenzen und des Wassergehaltes, eine mindestens halfeste Zustandsform.

Auf Grund der Schlagzahlen der schweren Rammsonde (DPH) sowie des Bohrfortschrittes der Kleinbohrung kann für die gewachsenen Sande bis ca. 8,0 m unter Gelände von einer lockeren und mitteldichten, darunter von einer mitteldichten Lagerung ausgegangen werden.

Körnungslinien repräsentativer Böden sind in der Anlage 4, Konsistenzgrenzen in Anlage 5 und ein Wassergehalt in der Anlage 6 dargestellt.

5. HOMOGENBEREICHE / BODENKLASSIFIZIERUNG

Die im Bereich des Untersuchungsstandortes anstehenden Böden können gemäß VOB Teil C, Ausgabe 2012 und Ausgabe 2015, DIN 18196:2011-05 sowie ZTV E-StB 17 wie folgt eingestuft und klassifiziert werden:

Oberboden

Bodengruppe:	OH
Lagerung:	locker
Frostempfindlichkeit:	gering bis mittel frostempfindlich (F2)

Der Oberboden entspricht nach VOB Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 1 (Oberboden). Nach DIN 18915:2002-08 kann der Oberboden für vegetationstechnische Zwecke der Bodengruppe 2 zugeordnet werden.

Homogenbereich A / Sande

Bodengruppe:	SE
Lagerung:	bis ca. 8,0 m: locker und mitteldicht ab ca. 8,0 m: mitteldicht
Verdichtungsfähigkeit:	gut bis mittel
Frostempfindlichkeit:	nicht frostempfindlich (F1)
Durchlässigkeit [m/s]:	$k_f = 1 \times 10^{-3}$ bis 1×10^{-4}

Die Sande entsprechen nach VOB, Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 3 (leicht lösbare Bodenarten).

Innerhalb der Sande ist mit Findlingen zu rechnen.

Homogenbereich B / Geschiebemergel

Bodengruppe:	SU*, TL
Festigkeit:	halbfest
Verdichtungsfähigkeit:	SU*: mittel TL: mäßig
Frostempfindlichkeit:	sehr frostempfindlich (F3)
Durchlässigkeit [m/s]:	$k_f < 1 \times 10^{-7}$

Der Geschiebemergel entspricht nach VOB, Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 4 (mittelschwer lösbare Bodenarten).

Innerhalb und unmittelbar oberhalb des Geschiebehorizontes ist mit Findlingen zu rechnen.

Werden weiterreichende Angaben zu Körnungsbändern, zur Dichte und zur Festigkeit anstehender Böden erforderlich, sind ggf. zusätzliche Labor- bzw. Feldversuche durchzuführen.

6. GRUNDWASSER

Während der Baugrunduntersuchungen im September 2023 wurde kein Grundwasser angeschnitten.

Da im Gründungsbereich kein Grundwasser ansteht, wurde hier ersatzweise eine Bodenprobe hinsichtlich Betonaggressivität untersucht.

Als Ergebnis konnte festgestellt werden, dass der anstehende Boden hier als nicht betonangreifend einzustufen ist, was gemäß DIN EN 206-1 zu der Expositionsklasse XAI führt.

Die Einzelergebnisse der Bodenanalytik können der Unterlage U 2.7, die innerhalb der Anlage 7 dargestellt ist, entnommen werden.

7. BODENKENNWERTE

Für erdstatische Berechnungen können, auf Grund der Ansprache der gelieferten Proben, der Bohr- und Sondiererergebnisse und unserer Erfahrung die charakteristischen Bodenkennwerte der folgenden Tabelle 1 angesetzt werden.

Die Tiefenlagen der Bodenschichten sind dem Schichtenprofil, welches innerhalb der Anlage 3 dargestellt ist, zu entnehmen.

Tabelle 1: charakteristische Bodenkennwerte

Bodenart	Bodenkennwerte				
	Wichte	Reibungswinkel	Kohäsion	Querdehnzahl	Steifeziffer stat. / dyn.
	γ_k / γ'_{k}	φ'_{k}	$c'_{k} / c_{u,k}$	ν	$E_{s,k} / E_{sd,k}$
	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[-]	[MN/m ²]
Oberboden	17 / 9	30,0	-- / --	-- / --	-- / --
Sand					
locker (lo)	18 / 10	30,0	-- / --	0,32	40 / 170
mitteldicht (md)	18 / 11	32,5	-- / --	0,32	80 / 260
dicht (d)	19 / 11	35,0	-- / --	0,32	150 / 420
Geschiebeboden halbfest (sth)	21 / 12	30,0	60 / 100	0,35	40 / 170

8. ANGABEN ZUR GRÜNDUNG, ZUWEGUNG UND KRANSTELLFLÄCHE

8.1 Gründung

Der erkundete Baugrundaufbau und die ermittelten Baugrundfestigkeiten erlauben für die Windkraftanlagen wpd 1 grundsätzlich die Ausführung einer Flachgründung mittels Kreisringfundament.

Zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit und Standsicherheit der Anlage werden dazu vorab jedoch Bodenverbesserungen erforderlich, die hier als so genannte Tiefenverdichtung mittels Rüttelstopfverdichtung (RSV) ausgeführt werden sollten.

In Folge der oberflächennah anstehenden bereichsweise locker gelagerten Sande, sind die Rüttelstopfsäulen dabei bis mindestens ca. 8,0 m unter Gelände zu führen.

Nachträglich ist der oberflächennah anstehende Boden bis 0,5 m unter Gründungssohle und damit bis ca. 0,9 m unter Gelände vollständig gegen ein lastverteilendes Gründungspolster zu ersetzen.

Das aus einem Recyclingmaterial der Bodengruppe GW bestehende Polster ist bis zur Gründungssohle bzw. bis zur Sauberkeitsschicht lagenweise verdichtet so einzubringen, dass eine durchgehend dichte Lagerung vorherrscht.

Die, für die Flachgründung mittels Kreisringfundament auf einer Bodenverbesserung erforderlichen grundbautechnischen Nachweise sind, entsprechend der gestellten Anforderungen, im Vorfeld durch die ausführende Firma, unter Zugrundelegung der in Tabelle 1 angegebenen Bodenkennwerte, zu führen.

Für die im Bereich der Rüttelstopfverdichtung anstehenden Böden ist dabei auch auf eine Verbesserung des inneren Reibungswinkels auf durchweg mindestens $\varphi'_k = 32,5^\circ$ und der Steifeziffer auf mindestens $E_{s,k} = 80 \text{ MN/m}^2$ zu achten.

Da bereichsweise mit mitteldicht gelagerten Sandschichten und Findlingen zu rechnen ist, wird es hier ggf. erforderlich, die Rüttelstopfsäulen vorgebohrt herzustellen.

Der Erfolg der ausgeführten Bodenverbesserung ist nach Fertigstellung durch geeignete Versuche bzw. Probelastungen nachzuweisen.

Für die, unterhalb der Rüttelstopfverdichtung anstehenden Böden können dann die, innerhalb der folgenden Tabelle 2 aufgeführten statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten angesetzt werden.

Tabelle 2: wpd 1 - statische und dynamische Drehfedersteifigkeiten

Bodenart	Tiefe [m u. GOK]	r_E [m]	ν [-]	$E_{S,stat}$ [MN/m ²]	$k_{\phi,stat}$ [MNm/rad]	$E_{S,dyn}$ [MN/m ²]	$k_{\phi,dyn}$ [MNm/rad]
Sand (md)	> 8,0	17,12	0,32	80	416.600	260	1.354.100
Mergel (sth)	> 9,0	17,69	0,35	40	209.600	170	891.000

r_E	Fundamentradius
ν	Querdehnzahl
$E_{S,stat}$	Steifziffer, statisch
$E_{S,dyn}$	Steifziffer, dynamisch
$k_{\phi,stat}$	Drehfedersteifigkeit, statisch
$k_{\phi,dyn}$	Drehfedersteifigkeit, dynamisch

Bei Einhaltung der vor genannten Gründungsempfehlungen und bei sorgfältiger Ausführung der Baugrundverbesserungs- und Gründungsarbeiten werden die Anforderungen für die Windkraftanlage des Typs VESTAS V162-6.2 MW mit einer Nabenhöhe von 169 m, von jeder erkundeten Baugrundsicht erfüllt.

Die vorhandenen statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten jeder erkundeten Schicht liegen über den geforderten Werten von $k_{\phi,stat} \geq 40.000$ [MNm/rad] bzw. $k_{\phi,dyn} \geq 200.000$ [MNm/rad].

Die angegebenen Sohlspannungen können vom Baugrund aufgenommen werden.

Die Absolutsetzung der Windkraftanlage wird maximal ca. 2,5 cm betragen.

In Folge der erfolgten Gründungsertüchtigungen werden damit keine relevanten, baugrundbedingten Setzungsunterschiede auftreten.

Die Standsicherheit der Windkraftanlage ist gegeben; die zum Nachweis geführten Berechnungen für die Bemessungssituationen BS-P und BS-A können der Anlage 8 entnommen werden.

8.2 Zuwegung und Kranstellfläche

Unter der Voraussetzung, dass der in Abschnitt 4 beschriebene Baugrundaufbau im Bereich der Verkehrsflächen hier übertragbar ist, kann hierzu zusammenfassend von den nachfolgenden Gegebenheiten und Anforderungen ausgegangen werden:

- Die bis in eine Tiefe von mindestens ca. 0,2 m unter Gelände anstehende Oberbodenschicht ist gänzlich zu entfernen und gegen ein verdichtet eingebrachtes rolliges Material zu ersetzen. Die nach Aushub der Oberböden freiliegenden Sande sind mit einer Tiefenwirkung von mindestens 0,4 m nach zu verdichten.
- Der Einbau von Austausch-, Trag- und Frostschutzschichten hat lagenweise, in Abhängigkeit des eingesetzten Verdichtungsgerätes, mit Stärken von 20 cm bis 30 cm, zu erfolgen.
- Auszuführende Gründungspolster sind immer, sofern nicht durch andere konstruktive Maßnahmen die seitliche Stützung des Polsters erreicht wird, mit einer Verbreiterung entsprechend des Lastverteilungswinkels von ca. 45° bis auf die Solltiefe zu führen.
- Die Verdichtungsanforderungen an die Zuwegung und die Kranstellfläche können grundsätzlich, unter Einhaltung der o.g. Anforderungen, sowohl für den Untergrund mit $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$, den Tragschichtaufbau mit $E_{V2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ und die Deckschichten mit $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verhältniswert $E_{V2} / E_{V1} \leq 2,3$ nachgewiesen werden.
- Die geforderten Mindesttragfähigkeiten des Planums sind vor Ort durch geeignete Verdichtungskontrollen, wie beispielsweise Plattendruckversuche, zu überprüfen.

9. ERGÄNZENDE HINWEISE UND EMPFEHLUNGEN

- Die durchgeführten Untersuchungen liefern lediglich einen stichprobenartigen Aufschluss im Bereich der geplanten Windkraftanlage. Sollte sich bei den Gründungsmaßnahmen die Bodensituation örtlich anders darstellen als von uns bisher erkundet, sind wir darüber zu informieren.

Der Untersuchungsbereich gehört zu keiner Erdbebenzone.

- Der unterhalb der Oberböden überwiegend anstehende gewachsene Sand, mit einer Feuchtwichte von $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, eignet sich grundsätzlich zur Überschüttung und Wiederanfüllung, auch für die Schnittstellen zwischen Fundamentarbeitsraum und Kranstellfläche. Die Überschüttung muss dabei mindestens 0,5 m betragen.
- Für die im Gründungsbereich der Windkraftanlage anstehenden Sande kann mit einem abgeschätzten spezifischen Erdwiderstand zwischen 300 und 1000 Ωm gerechnet werden.
- Die Gründungs- und ggf. erforderlichen Baugrundverbesserungsarbeiten sollten geotechnisch begleitet und überwacht werden.
- Das Bauvorhaben ist in die geotechnische Kategorie GK-3 einzuordnen. Folgerichtig ist nach den Vorgaben der DIN 1054 der Geotechnische Entwurfsbericht zur Fortschreibung zu bringen.
- Für ergänzende Erläuterungen und Beratungen stehen wir gerne zur Verfügung.



Prof. Dr.-Ing. H. Kleen



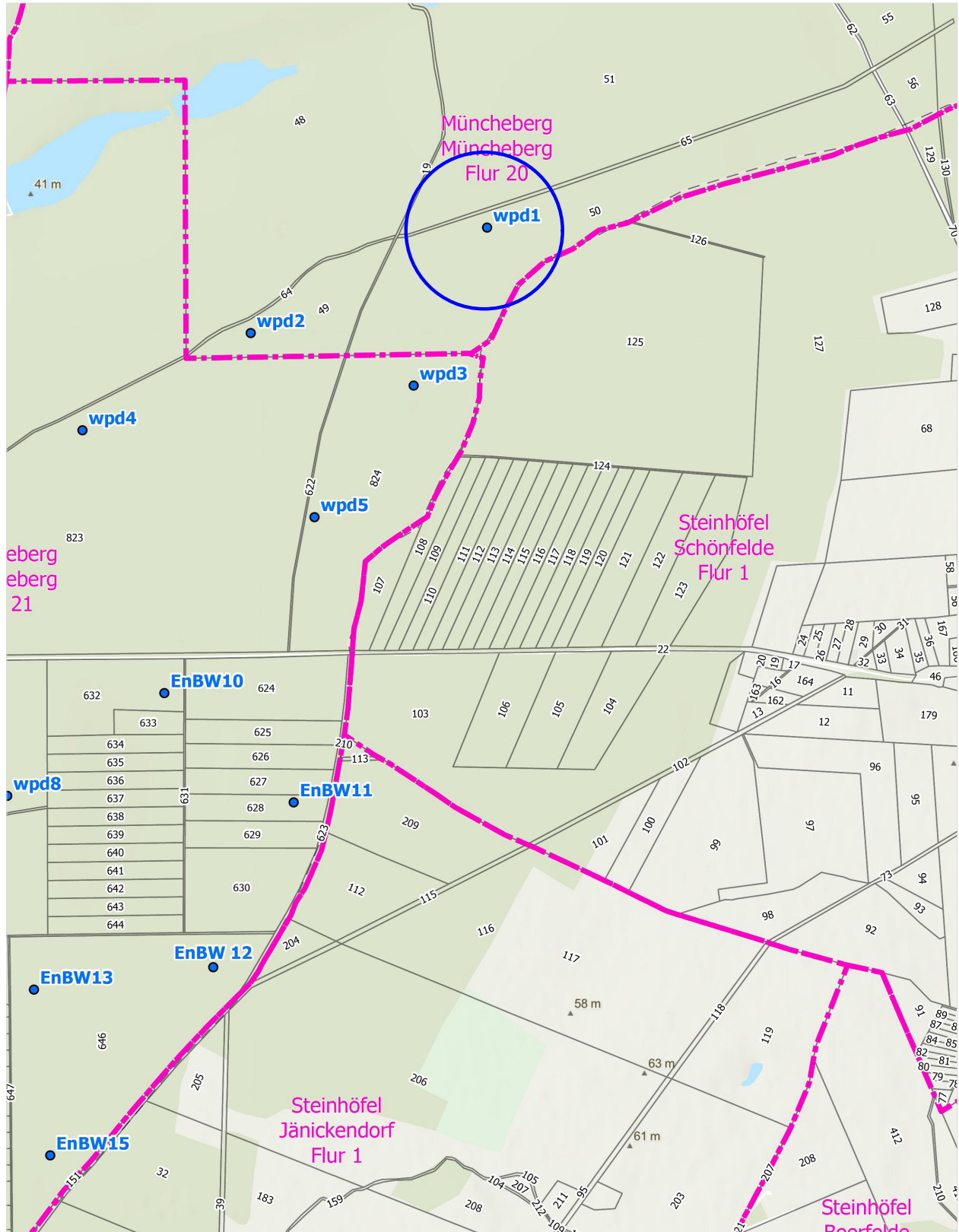
M. Sc. B. Tammé

ANLAGEN	SEITEN
1. Übersicht	1
2. Lageplan mit Aufschlussansatzpunkten	1
3. Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse	1
4. Körnungslinien	1
5. Zustandsgrenzen	1
6. Wassergehalt	1
7. Betonaggressivität Boden	2
8. Standsicherheitsnachweise	2

Anlage 1

Übersicht

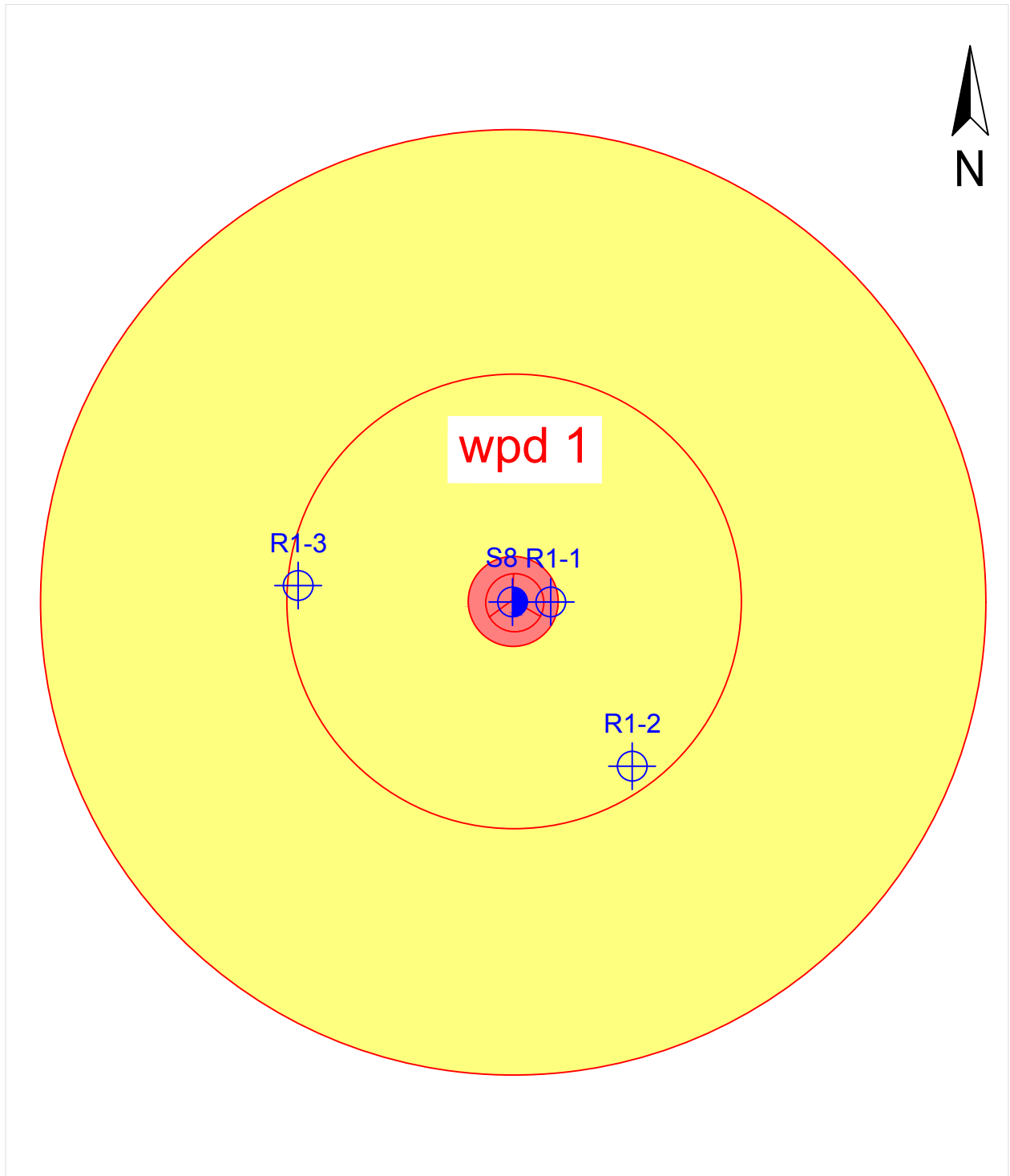
Übersicht



Anlage 2

Lageplanskizze

Lageplanskizze



ohne Maßstab



Kleinbohrung (S)

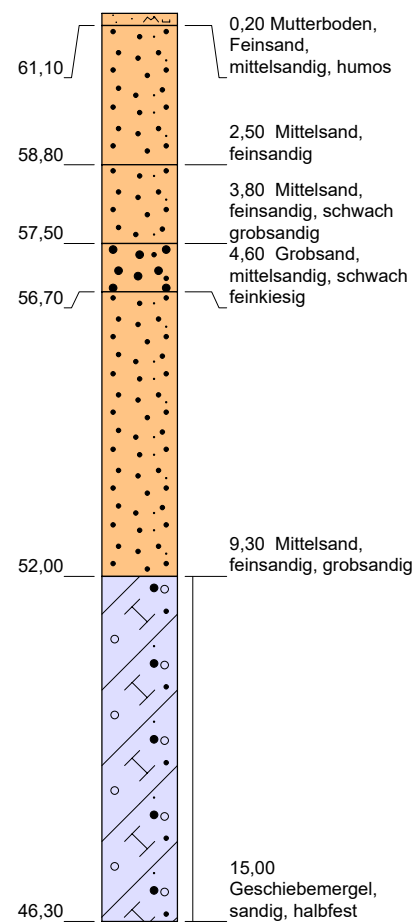
Rammsondierung DPH (R)

Anlage 3

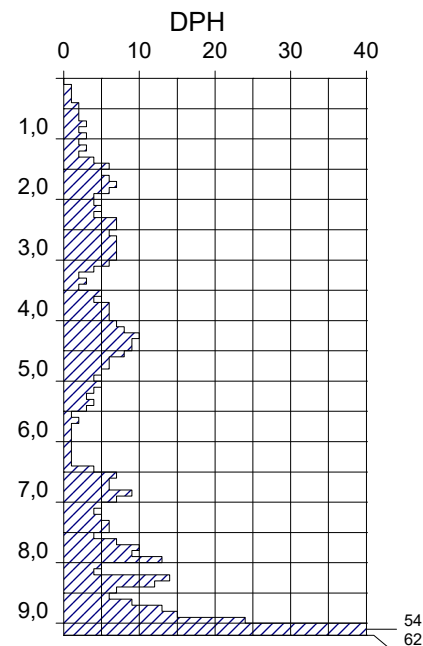
Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

S1
61,30 m ü. NHN

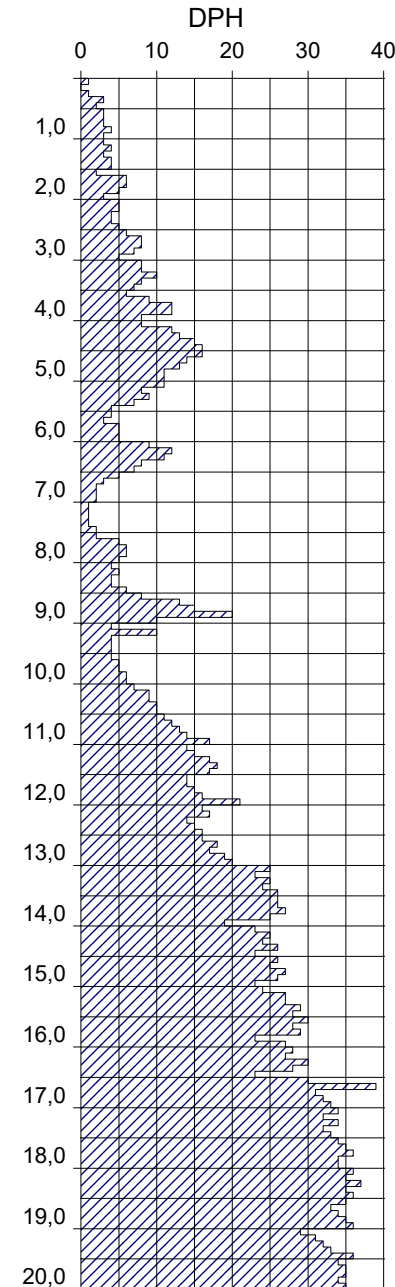


R1-1
61,30 m ü. NHN

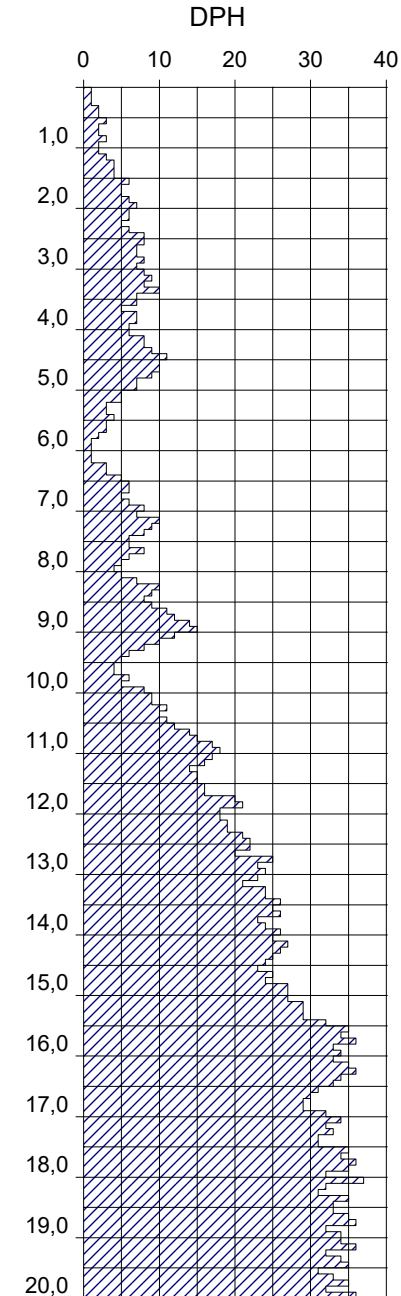


Abbruch wegen Hindernis (Findling)

R1-2
61,30 m ü. NHN



R1-3
61,30 m ü. NHN



Höhenmaßstab 1:125

Anlage 4

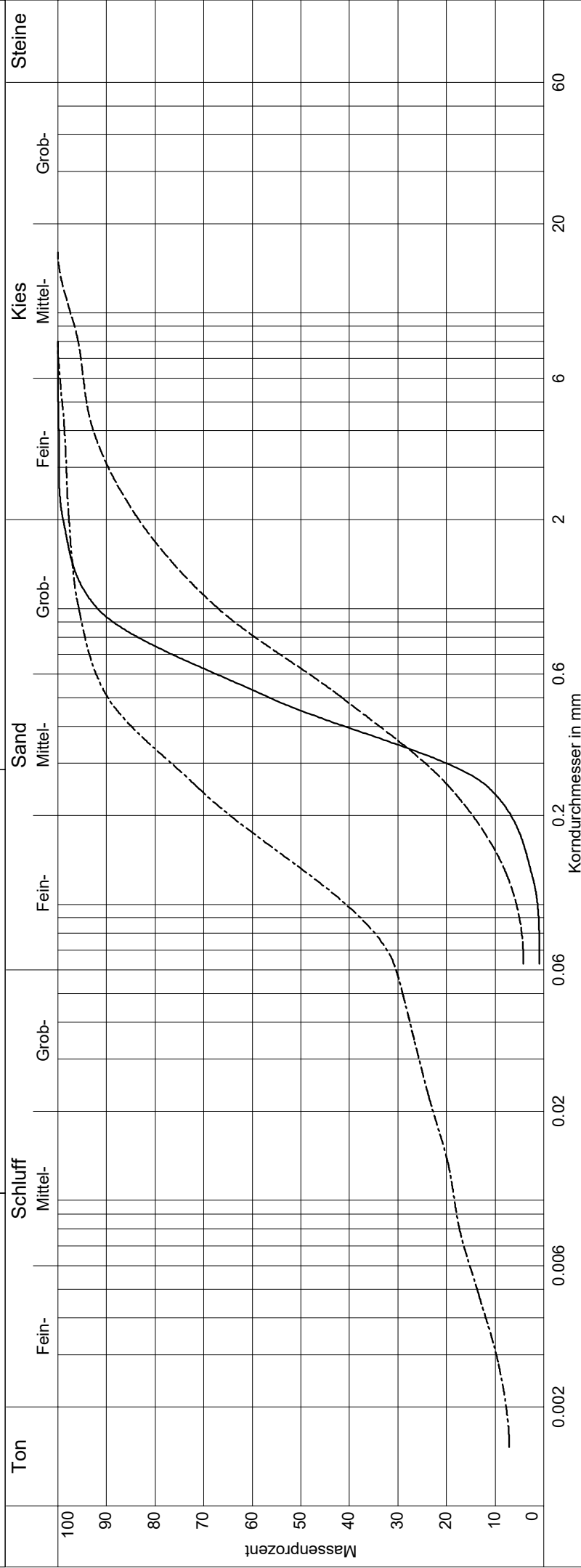
Kornverteilungen

FH Potsdam
 FB Bauingenieurwesen
 FG Grundbau und Bodenmechanik
 Grundbaulabor

Kornverteilung

DIN 18 123-5/-7

Projekt: WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 1
 Projektnr.: L 62/232
 Anlage: 27.10.2023
 Datum: S1



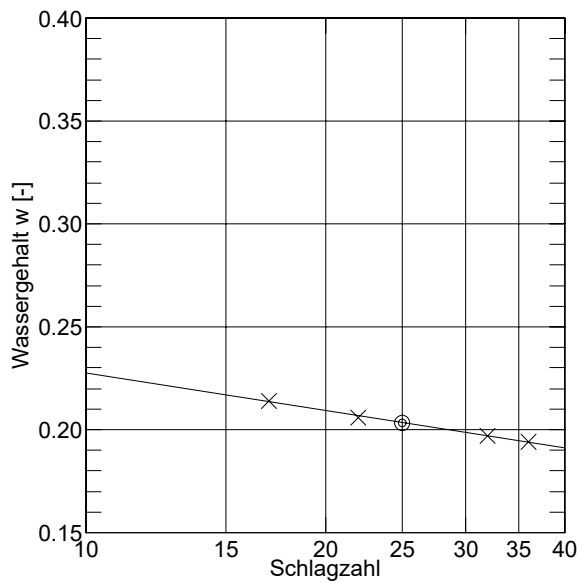
Labornummer	----- s1-1,5	----- s1-4,6	----- s1-10,5
Entnahmestelle	S1	S1	S1
Entnahmetiefe	0,2 -1,5 m	3,8-4,6 m	9,3-10,5 m
Ungleichförm. Cu	2.3	5.3	56.1
Krümmungszahl Cc	1.0	1.0	6.0
Bodengruppe	SE	SE	TL
Anteil < 0.063 mm	1.0 %	4.2 %	30.8 %
Frostempfindl.klasse	F1	F1	F3
kf nach Beyer	7.2E-04 m/s	2.0E-04 m/s	-(Cu > 30)
kf nach USBR	-(d10 > 0.02)	-(d10 > 0.02)	1.9E-07 m/s
kf nach Kaubisch	-(0.063 <= 10%)	-(0.063 <= 10%)	1.5E-07 m/s

Anlage 5

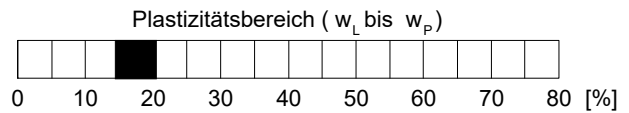
Konsistenzgrenzen

FH Potsdam	Projekt : WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 1
FB Bauingenieurwesen	Projektnr.: L 62/23
FG Grundbau und Bodenmechanik	Anlage : 6
Grundbaulabor	Datum : 27.10.2023
Zustandsgrenzen DIN EN ISO 17892-12	Labornummer: s1-10,5
	Entnahmestelle: S1
	Entnahmetiefe : 9,3 -10,5 m

Behälter-Nr.	Fließgrenze				Ausrollgrenze			
	B1	P2	P3	P4	1	2	3	
Zahl der Schläge	17	32	22	36				
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_B$ [g]	66.89	68.22	71.77	62.34	18.95	23.32	27.53
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_B$ [g]	62.18	63.45	65.87	57.95	17.40	21.27	24.91
Behälter	m_B [g]	40.15	39.25	37.22	35.32	6.77	6.80	6.53
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	4.71	4.77	5.90	4.39	1.55	2.05	2.62
Trockene Probe	m_t [g]	22.03	24.20	28.65	22.63	10.63	14.47	18.38
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$	[-]	0.214	0.197	0.206	0.194	0.146	0.142	0.143
								Mittel
								0.144



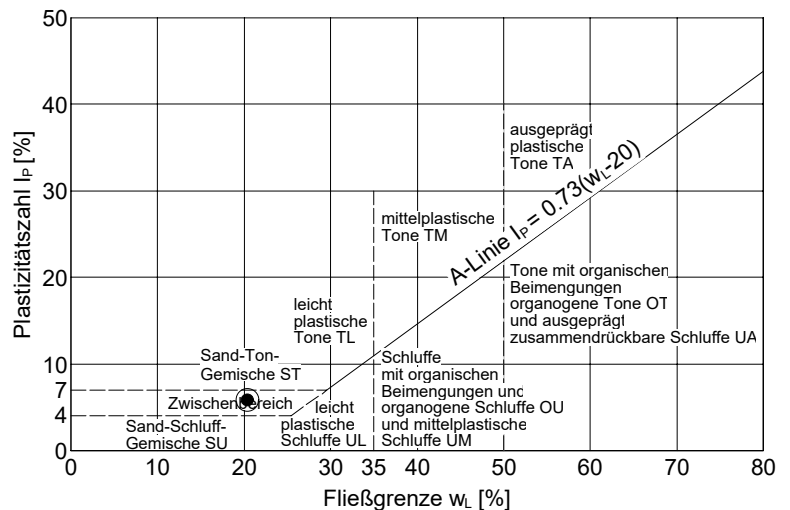
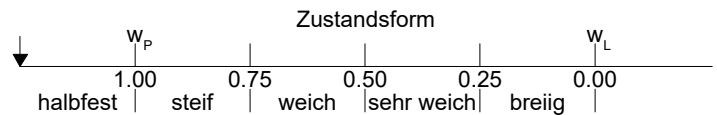
Wassergehalt $w_N = 0.124$
 Fließgrenze $w_L = 0.203$
 Ausrollgrenze $w_P = 0.144$



Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 0.059$

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P} = -0.339$

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P} = 1.339$



Anlage 6

Wassergehalte

FH Potsdam	Projekt : WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 1
FB Bauingenieurwesen	Projektnr.: L 62/23
FG Grundbau und Bodenmechanik	Anlage : 5
Grundbaulabor	Datum : 27.10.2023
Wassergehalt	Labor-Nr.: s1-11,5
	Aufschluss-Nr. S1
	Tiefe: 10,5-11,5 m

Schale Nr. T2	Schale u. Probe feucht [g]	= 176.51 g	Schale u. Probe trocken [g]	= 163.80 g
	Schale u. Probe trocken [g]	= 163.80 g	Gewicht Schale [g]	= 57.78 g
	Wassergehalt [g]	= 12.71 g	Probe trocken G [g]	= 106.02 g
			Wassergehalt [%]	= 12.0 %
Schale Nr.	Schale u. Probe feucht [g]	= g	Schale u. Probe trocken [g]	= g
	Schale u. Probe trocken [g]	= g	Gewicht Schale [g]	= g
	Wassergehalt [g]	= g	Probe trocken G [g]	= g
			Wassergehalt [%]	= %
			Mittel	= 12.0 %

Anlage 7

Betonaggressivität des Bodens

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
www.agrolab.de

AGROLAB Agrar&Umwelt Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel

Ingenieurbüro für Geotechnik Kleen GmbH
Berliner Straße 124
14467 Potsdam

Datum 23.10.2023
Kundennr. 20122596

PRÜFBERICHT

Auftrag **2311623** Projekt: WP Müncheberg-Mittelheide - Auftrag Boden
Betonaggressivität
Analysennr. **211892** Mineralisch/Anorganisches Material
Probeneingang **11.10.2023**
Probenahme **04.10.2023**
Probenehmer **Auftraggeber**
Kunden-Probenbezeichnung **MP 01**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Trockensubstanz	u)	%	°	97,6	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03(PL)
Säuregrad n. Baumann-Gully	u)*)	ml/kg		40	0,1	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u)*)	mg/kg	°	215	100	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u)*)	mmol/kg	°	2	1	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfid leicht freisetzbar	u)*)	mg/kg		<4,0	4	DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.)(PL)
Chlorid (Cl)	u)*)	mg/kg		<10	10	DIN 4030-2 : 2008-06(PL)
Sulfid, gesamt	u)*)	mg/kg		<0,10	0,1	DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03(PL)

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

u) externe Dienstleistung eines AGROLAB GROUP Labors

Untersuchung durch

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen

Methoden

DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.); DIN 4030 (mod.); DIN 4030-2 : 2008-06; DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen, für die zitierte Methode akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Akkreditierungsverfahren: D-PL-14087-01-00 DAkkS

Methoden

DIN EN 14346 : 2007-03

Hinweis zum Probenahmedatum: Das Probenahmedatum ist eine Kundeninformation.

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "u)" gekennzeichnet.

Datum 23.10.2023
Kundennr. 20122596

PRÜFBERICHT

Auftrag **2311623** Projekt: WP Müncheberg-Mittelheide - Auftrag Boden
Betonaggressivität
Analysennr. **211892** Mineralisch/Anorganisches Material
Kunden-Probenbezeichnung **MP 01**

Beginn der Prüfungen: 11.10.2023
Ende der Prüfungen: 19.10.2023

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Das Laboratorium ist nicht für die vom Kunden bereitgestellten Informationen verantwortlich. Die ggf. im vorliegenden Prüfbericht dargestellten Kundeninformationen unterliegen nicht der Akkreditierung des Laboratoriums und können sich auf die Validität der Prüfergebnisse auswirken. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.



AGROLAB Agrar&Umwelt Frau Larissa Gorski, Tel. 0431/22138-581
Service Team Umwelt 1, Email: umwelt1.kiel@agrolab.de

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol " (*) " gekennzeichnet.

Anlage 8

Stand sicherheitsnachweise

Berechnungsgrundlagen:

WP Müncheberg wpd1-P
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-P
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$

Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 9.00 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

Boden	Tiefe [m]	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	8.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	RSV
	9.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	>9.00	21.0/12.0	30.0	60.0	40.0	1.000	Mergel, sth

Ergebnisse Kreisringfundament

Kippnachweis nicht untersucht.
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 47652.40 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1375.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 218788.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser $D = 24.500$ m
 Durchmesser (innen) $d = 11.000$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.591$ m
 $a' = 12.502$ m
 $b' = 18.540$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.591$ m
 $a' = 12.502$ m
 $b' = 18.540$ m

Neigungsbeiwerte (x):

$i_c = 0.952$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.927$
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 32.39$; $N_{d0} = 20.38$; $N_{b0} = 11.60$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.364$; $v_d = 1.346$; $v_b = 0.798$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.952$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.927$

Gleitwiderstand:

Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47652.40 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27598.12$ kN
 $T_d = 1856.25$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.067$

Setzung infolge ständiger Lasten:

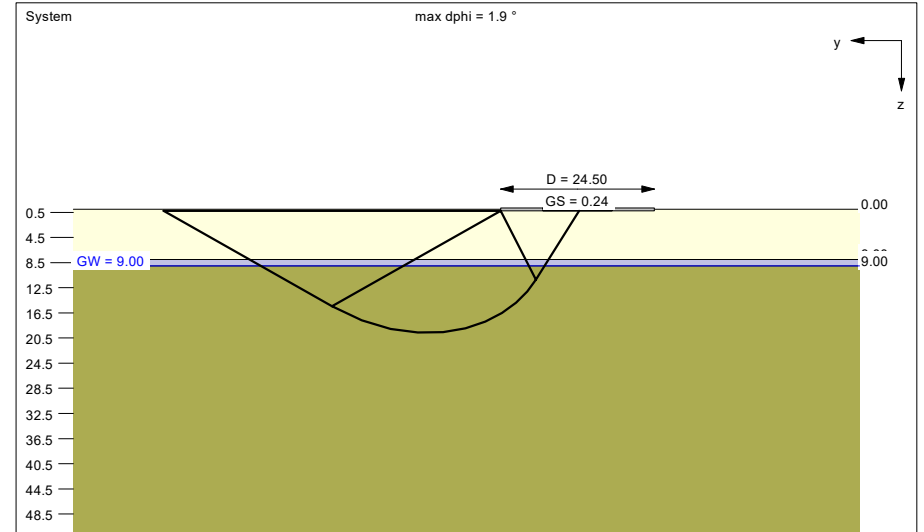
Grenztiefe $t_g = 13.17$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.46 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.25 cm
 unten = 2.67 cm

Grundbruch:

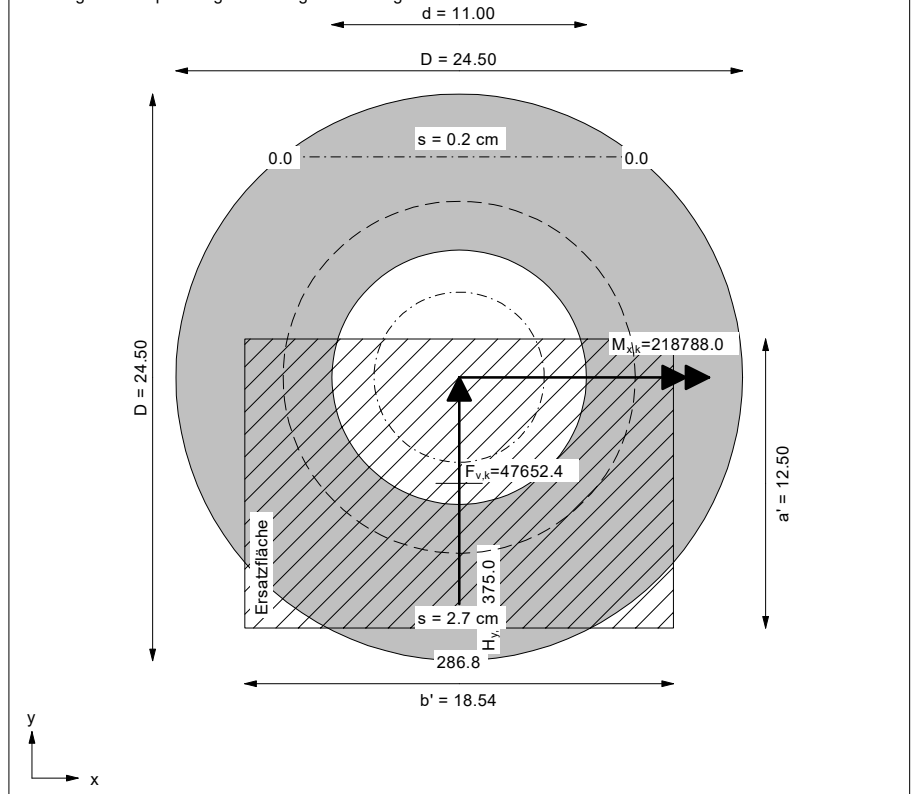
Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 3422.9 / 2444.91$ kN/m²
 $R_{n,k} = 793397.89$ kN
 $R_{n,d} = 566712.78$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 47652.40 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 64330.74$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.114
 Kohäsionsglied = 378988.64 kN (k)
 Breitenglied = 388185.49 kN (k)
 Tiefenglied = 26223.75 kN (k)
 cal $\varphi = 30.9^\circ$
 cal c = 38.87 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 15.62$ kN/m³
 cal $\sigma_u = 4.32$ kN/m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 31.57$; $N_{d0} = 19.66$; $N_{b0} = 11.02$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.361$; $v_d = 1.343$; $v_b = 0.798$

Verdrehung(x) (KP) = 1 : 854.9

Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 47652.4 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 525367.7$
 $M_{dst} = 218788.0 \cdot 1.10 = 240666.8$
 $\mu_{EQU} = 240666.8 / 525367.7 = 0.458$



Grundriss
 Setzungen und Spannungsverteilung aus ständigen Lasten



Berechnungsgrundlagen:

WP Müncheberg wpd1-A
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-A
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\gamma_G = 1.10$
 $\gamma_Q = 1.10$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$

Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,stab} = 0.95$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 9.00 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

Boden	Tiefe [m]	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	8.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	RSV
	9.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	>9.00	21.0/12.0	30.0	60.0	40.0	1.000	Mergel, sth

Ergebnisse Kreisringfundament

Kippnachweis nicht untersucht.
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 47692.40 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1650.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 262685.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser $D = 24.500$ m
 Durchmesser (innen) $d = 14.000$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.508$ m
 $a' = 10.185$ m
 $b' = 16.530$ m
 Unter Gesamlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.508$ m
 $a' = 10.185$ m
 $b' = 16.530$ m

Grundbruch:

Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 2995.5 / 2496.23$ kN/m²
 $R_{n,k} = 504305.91$ kN
 $R_{n,d} = 420254.93$ kN
 $V_d = 1.10 \cdot 47692.40 + 1.10 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 52461.64$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.125
 Kohäsionsglied = 237019.10 kN (k)
 Breitenglied = 248387.72 kN (k)
 Tiefenglied = 18899.09 kN (k)
 $\text{cal } \varphi = 31.1^\circ$
 $\text{cal } c = 34.01$ kN/m²
 $\text{cal } \gamma_2 = 16.26$ kN/m³
 $\text{cal } \sigma_u = 4.32$ kN/m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 31.75$; $N_{d0} = 19.81$; $N_{b0} = 11.15$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.331$; $v_d = 1.314$; $v_b = 0.815$

Neigungsbeiwerte (x):

$i_c = 0.942$; $i_d = 0.945$; $i_b = 0.912$
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 32.94$; $N_{d0} = 20.87$; $N_{b0} = 11.98$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.334$; $v_d = 1.318$; $v_b = 0.815$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.942$; $i_d = 0.945$; $i_b = 0.912$

Gleitwiderstand:

Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47692.40 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27621.28$ kN
 $T_d = 1815.00$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.066$

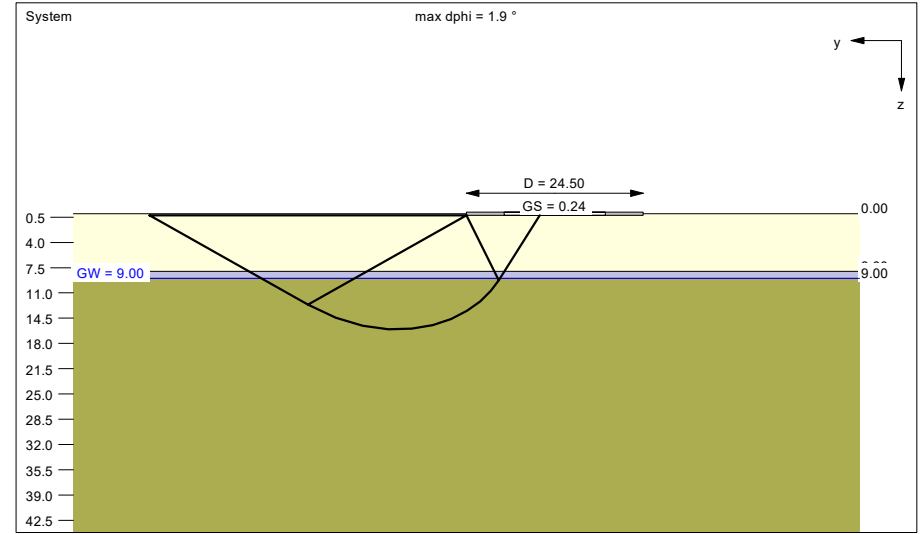
Setzung infolge ständiger Lasten:

Grenztiefe $t_g = 14.07$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.71 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.19 cm
 unten = 3.23 cm

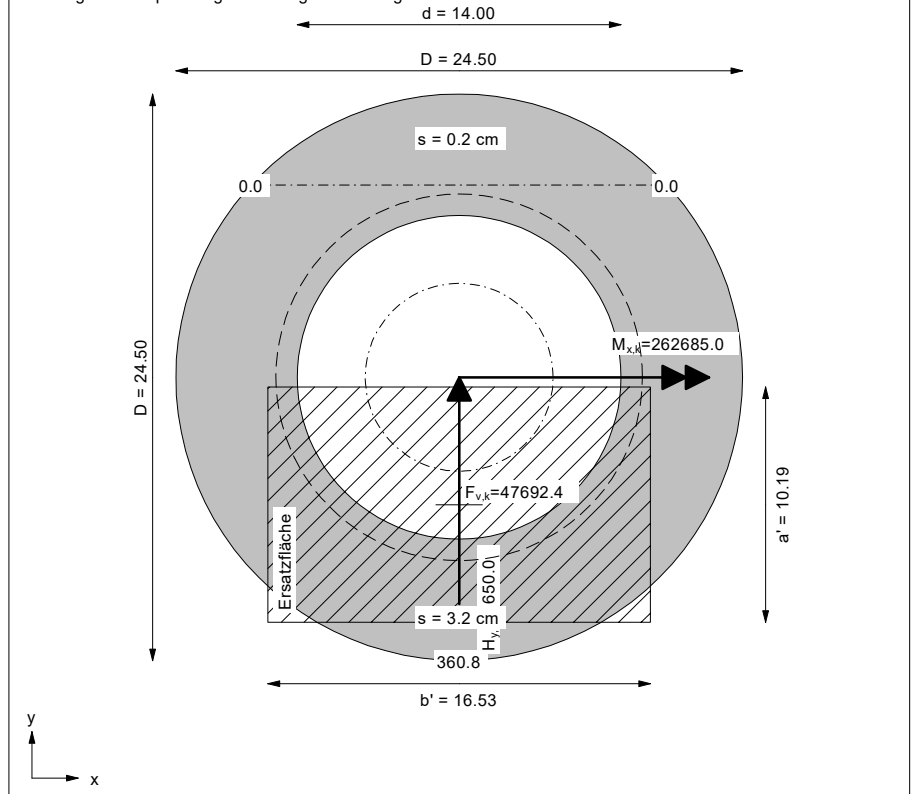
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 679.6

Nachweis EQU:

$M_{stb} = 47692.4 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 555020.3$
 $M_{dst} = 262685.0 \cdot 1.00 = 262685.0$
 $\mu_{EQU} = 262685.0 / 555020.3 = 0.473$



Grundriss
 Setzungen und Spannungsverteilung aus ständigen Lasten



- BAUGRUNDUNTERSUCHUNGEN
- BAUGRUNDGUTACHTEN
- GRÜNDUNGSBERATUNG
- ALTLASTERKUNDUNGEN
- KONTAMINATIONS-GUTACHTEN
- GRUNDBAUSTATIK
- BAULEITUNG · PLANUNG

GEOTECHNISCHER ENTWURFSBERICHT

108-23wpd2

Bauvorhaben:	Windpark Müncheberg - Mittelheide wpd 2
Auftraggeber:	Naturwind Potsdam GmbH Hegelallee 41 14467 Potsdam
Bearbeiter:	M.Sc. B. Tamme Prof. Dr.-Ing. H. Kleen
Umfang:	11 Seiten 8 Anlagen
Datum:	17.11.2023

1. VERANLASSUNG

Unser Büro wurde am 31.07.2023 durch die Naturwind Potsdam GmbH schriftlich beauftragt, für die im Windpark Müncheberg - Mittelheide geplante Windkraftanlage wpd 2, einen Geotechnischen Entwurfsbericht, einschließlich der notwendigen Feld- und Laboruntersuchungen, anzufertigen.

2. UNTERLAGEN

Für die Bearbeitung standen die nachfolgend aufgeführten Unterlagen zur Verfügung:

- U 2.1 Geologische Karte, M.: 1 : 25.000, über www.geo.brandenburg.de/gk25/, Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
- U 2.2 Unser Geotechnischer Entwurfsbericht zum Bauvorhaben „Windpark Müncheberg-Mittelheide WEA11, vom 27.11.2020 nebst Unterlagen
- U 2.3 Prüfbericht für eine Typenprüfung, Vestas V162-5.4/5.6/6.0/6.2 MW mit 169 m Nabenhöhe, D = 24,5 m, Kreisringfundament mit Auftrieb, Prüfnr.: 3108363-23-d Rev.4, der TÜV SÜD Industrie Service GmbH aus München, vom 25.02.2022
- U 2.4 Lageplan zum Projekt Müncheberg-Mittelheide, der naturwind potsdam GmbH, M.: 1 : 12.000, vom 28.07.2023
- U 2.5 Geländeordinaten der Windkraftanlagenmittelpunkte, übersandt am 01.11.2023 durch das zuständige Vermessungsbüro Horst Möhring aus Frankfurt Oder
- U 2.6 Ergebnisse der Drucksondierungen der Firma Fugro Germany Land GmbH aus Berlin, übersandt am 31.10.2023
- U 2.7 Ergebnisse bodenmechanischer Laboruntersuchungen der Fachhochschule Potsdam, Fachgebiet Grundbau und Bodenmechanik, vom 27.10.2023 (L63/23)
- U 2.8 Prüfbericht zur Betonaggressivität des Bodens, WP Müncheberg - Mittelheide / MP02 (wpd 2), der Agrolab Agrar und Umwelt GmbH aus Kiel, Analysennummer: 211948 vom 23.10.2023

3. BAUGRUNDSTÜCK UND BAUWERK

Der Standort für den Neubau einer Windkraftanlage befindet sich zwischen dem Maxsee und Schönfelde, südlich des Müncheberger Ortsteils Hoppegarten, innerhalb des geplanten Windparks Müncheberg - Mittelheide.

Hier soll, auf der forstwirtschaftlich genutzten Fläche, die Windkraftanlage wpd 2 vom Typ V162-6.2 MW mit Hybridturm und einer Nabenhöhe von 169 m auf einem Kreisringfundament, mit einem Außendurchmesser von $D = 24,5$ m, auf einer 0,1 m starken Sauberkeitsschicht in einer Tiefe von ca. 0,24 m unter Gelände, flach gegründet werden.

Die Geländehöhe am Standort der Windkraftanlage wpd 2 liegt auf einer Ordinate von ca. 60,3 m über NHN.

Die Lage der geplanten Windkraftanlage geht aus der Anlage 1 und der Anlage 2 hervor.

4. BAUGRUND

4.1 Vorkenntnisse

Der Windpark Müncheberg - Mittelheide befindet sich im Bereich einer im Pleistozän gebildeten Hochfläche.

Hier ist mit Schmelzwasserablagerungen in Form von feinkörnigen, schwach mittelkörnigen Sanden, die zum Teil schwach schluffige Beimengungen beinhalten, zu rechnen (s. Unterlage U 2.1).

Gemäß der Unterlage U 2.2 stehen südwestlich des hier betrachteten Standortes, unterhalb einer ca. 0,2 m starken, sandigen, schwach humosen Oberbodenschicht, bis zur Aufschlussentiefe von 15,0 m unter Gelände, Mittel- und Grobsande an, die von sandigem Geschiebemergel unterlagert werden.

Die Sande sind bis in eine Tiefe von ca. 11,5 m unter Gelände sehr locker, locker und mitteldicht, darunter mindestens mitteldicht gelagert; der Geschiebeboden besitzt eine halbfeste Zustandsform.

4.2 Baugrunduntersuchungen

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurde im Bereich der geplanten Windkraftanlage wpd 2 eine Kleinbohrung (S2) bis zu einer Endteufe von 15,0 m unter Gelände abgeteuft.

Zur Feststellung der Lagerungsdichte bzw. der Festigkeit des anstehenden Baugrundes wurden zudem drei Drucksondierungen als CPT-E (DS2-1 bis DS2-3) bis in Tiefen von 20,0 m und 25,0 m unter Gelände ausgeführt.

Die Einmessung und Kennzeichnung des Untersuchungsstandortes erfolgte durch das beauftragte Vermessungsbüro (vgl. Unterlage U 2.5).

Die Lage der genannten Aufschlüsse ist aus der Anlage 1 und der Anlage 2 ersichtlich.

4.3 Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

Auf der Grundlage des, während der Feldarbeiten erstellten Schichtenverzeichnisses und einer durch uns vorgenommenen Bodenansprache, wurde das in der Anlage 3 dokumentierte Schichtenprofil angefertigt. Zudem sind innerhalb der Anlage 3 die Ergebnisse der Drucksondierungen dargestellt.

Im Einzelnen kann damit am Standort der geplanten Windkraftanlage wpd 2 von folgendem Baugrundaufbau ausgegangen werden:

Unterhalb einer ca. 0,1 m starken, sandigen, humosen Oberbodenschicht (Mutterboden) stehen bis in eine Tiefe von ca. 10,7 m unter Gelände Fein-, Mittel- und Grobsande an, die von einer sandigen Geschiebemergelschicht unterlagert werden (S2).

Der in S2 erbohrte Geschiebeboden besitzt, auf Grund unserer Ansprachen und der durchgeführten bodenmechanischen Versuche zur Bestimmung der Konsistenzgrenzen und des Wassergehaltes, eine halbfeste Zustandsform.

Die Drucksondierungen DS2-1 bis DS2-3 bestätigen die erkundeten Baugrundverhältnisse im Wesentlichen und ergeben für die Sande eine überwiegend mindestens mitteldichte, lokal und in Tiefen zwischen ca. 2,5 m und 4,5 m unter Gelände, eine lockere Lagerung.

Darüber hinaus zeigen die Drucksondierungen, dass die anstehenden Geschiebeböden eine mindestens halbfeste Konsistenz besitzen.

Körnungslinien repräsentativer Böden sind in der Anlage 4, Konsistenzgrenzen in Anlage 5 und ein Wassergehalt in der Anlage 6 dargestellt.

5. HOMOGENBEREICHE / BODENKLASSIFIZIERUNG

Die im Bereich des Untersuchungsstandortes anstehenden Böden können gemäß VOB Teil C, Ausgabe 2012 und Ausgabe 2015, DIN 18196:2011-05 sowie ZTV E-StB 17 wie folgt eingestuft und klassifiziert werden:

Oberboden

Bodengruppe:	OH
Lagerung:	locker
Frostempfindlichkeit:	gering bis mittel frostempfindlich (F2)

Der Oberboden entspricht nach VOB Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 1 (Oberboden). Nach DIN 18915:2002-08 kann der Oberboden für vegetationstechnische Zwecke der Bodengruppe 2 zugeordnet werden.

Homogenbereich A / Sande

Bodengruppe:	SE
Lagerung:	mitteldicht, ab ca. 2,5 m bereichsweise locker
Verdichtungsfähigkeit:	gut bis mittel
Frostempfindlichkeit:	nicht frostempfindlich (F1)
Durchlässigkeit [m/s]:	$k_f = 1 \times 10^{-3}$ bis 1×10^{-4}

Die Sande entsprechen nach VOB, Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 3 (leicht lösbare Bodenarten).

Homogenbereich B / Geschiebemergel

Bodengruppe:	SU*, TL
Festigkeit:	halbfest
Verdichtungsfähigkeit:	SU*: mittel TL: mäßig
Frostempfindlichkeit:	sehr frostempfindlich (F3)
Durchlässigkeit [m/s]:	$k_f < 1 \times 10^{-7}$

Der Geschiebemergel entspricht nach VOB, Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 4 (mittelschwer lösbare Bodenarten).

Innerhalb und unmittelbar oberhalb des Geschiebehorizontes ist mit Findlingen zu rechnen.

Werden weiterreichende Angaben zu Körnungsbändern, zur Dichte und zur Festigkeit anstehender Böden erforderlich, sind ggf. zusätzliche Labor- bzw. Feldversuche durchzuführen.

6. GRUNDWASSER

Während der Baugrunduntersuchungen im September 2023 wurde kein Grundwasser angeschnitten.

Da im Gründungsbereich kein Grundwasser ansteht, wurde hier ersatzweise eine Bodenprobe hinsichtlich Betonaggressivität untersucht.

Als Ergebnis konnte festgestellt werden, dass der anstehende Boden hier als nicht betonangreifend einzustufen ist, was gemäß DIN EN 206-1 zu der Expositionsklasse XAI führt.

Die Einzelergebnisse der Bodenanalytik können der Unterlage U 2.8, die innerhalb der Anlage 7 dargestellt ist, entnommen werden.

7. BODENKENNWERTE

Für erdstatische Berechnungen können, auf Grund der Ansprache der gelieferten Proben, der Bohr- und Sondierergebnisse und unserer Erfahrung die charakteristischen Bodenkennwerte der folgenden Tabelle 1 angesetzt werden.

Die Tiefenlagen der Bodenschichten sind dem Schichtenprofil, welches innerhalb der Anlage 3 dargestellt ist, zu entnehmen.

Tabelle 1: charakteristische Bodenkennwerte

Bodenart	Bodenkennwerte				
	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungs- winkel φ'_k [°]	Kohäsion $c'_k / c_{u,k}$ [kN/m ²]	Querdehnzahl ν [-]	Steifeziffer stat. / dyn. $E_{s,k} / E_{sd,k}$ [MN/m ²]
Oberboden	17 / 9	30,0	-- / --	-- / --	-- / --
Sand					
locker (lo)	18 / 10	30,0	-- / --	0,32	40 / 170
mitteldicht (md)	18 / 11	32,5	-- / --	0,32	80 / 260
dicht (d)	19 / 11	35,0	-- / --	0,32	150 / 420
Geschiebeboden halbfest (sth)	21 / 12	30,0	60 / 100	0,35	40 / 170

8. ANGABEN ZUR GRÜNDUNG, ZUWEGUNG UND KRANSTELLFLÄCHE

8.1 Gründung

Der erkundete Baugrundaufbau und die ermittelten Baugrundfestigkeiten erlauben für die Windkraftanlage wpd 2 die Ausführung einer Flachgründung mittels Kreisringfundament.

Zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit und Standsicherheit der Anlage werden dazu vorab jedoch Bodenverbesserungen erforderlich, die hier über ein einzubauendes Gründungspolster realisiert werden können.

Im Einzelnen sind hierzu folgende Voraussetzungen einzuhalten:

Die im Gründungsbereich anstehenden bereichsweise weniger tragfähigen, locker gelagerten Sande sind bis in eine Tiefe von ca. 2,6 m unter Gelände vollständig gegen mindestens mitteldicht gelagertes rolliges Material auszutauschen.

Hierbei ist zu beachten, dass nach Freilegung der Austauschebene, die gewachsenen Sande mit einer Tiefenwirkung von mindestens 0,4 m nach verdichtet werden.

Das nachfolgend einzubringende rollige Polstermaterial hat zur besseren Verdichtbarkeit eine Ungleichförmigkeit von $U > 6$ aufzuweisen. Die Polsterlagen sollten bis zur geplanten Gründungssohle, mit maximalen Stärken von 0,3 m unter Berücksichtigung eines Ausbreitungswinkels von 45° , so verdichtet eingebracht werden, dass durchweg eine mindestens mitteldichte Lagerung vorherrscht.

Die Güte des Austauschbodens und der Sohle sind durch geeignete Versuche, wie Plattendruck- oder Proctorversuche nachzuweisen.

Bei Einhaltung der o.g. Gründungshinweise und unter Zugrundelegung der in Tabelle 1 angegebenen Bodenkennwerte, werden die Anforderungen an die Windkraftanlage des Typs V162-6.2 MW mit einer Nabenhöhe von 169 m mit einem Fundamentdurchmesser $D = 24,5$ m, von jeder erkundeten Baugrundsicht erfüllt.

Die ermittelten statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten gemäß der Unterlage U 2.5 für die anstehenden Bodenschichten können der folgenden Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: wpd 2 - statische und dynamische Drehfedersteifigkeiten

Bodenart	Tiefe [m u. GOK]	r_E [m]	ν [-]	$E_{S,stat.}$ [MN/m ²]	$k_{\phi,stat}$ [MNm/rad]	$E_{S,dyn.}$ [MN/m ²]	$k_{\phi,dyn}$ [MNm/rad]
Polster Sand (md)	> 0,35	12,25	0,32	80	152.600	260	496.100
Sand (lo)	> 3,0	13,93	0,32	40	112.200	170	476.900
Sand (md)	> 4,5	14,79	0,32	80	268.600	260	873.100

r_E	Ersatzradius
ν	Querdehnzahl
$E_{S,stat.}$	Steifziffer, statisch
$E_{S,dyn.}$	Steifziffer, dynamisch
$k_{\phi,stat}$	Drehfedersteifigkeit, statisch
$k_{\phi,dyn}$	Drehfedersteifigkeit, dynamisch

Damit liegen die vorhandenen statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten jeder erkundeten Schicht über den geforderten Werten von $k_{\phi,stat} \geq 40.000$ bzw. $k_{\phi,dyn} \geq 200.000$ [MNm/rad].

Die angegebenen Sohlspannungen können vom Baugrund aufgenommen werden.

Bei sorgfältiger Ausführung der Gründungsarbeiten und Einhaltung der vor genannten Voraussetzungen wird die Absolutsetzung der Windkraftanlage 3,0 cm nicht überschreiten.

In Folge der erfolgten Baugrundverbesserung werden damit keine relevanten, baugrundbedingten Setzungsunterschiede auftreten.

Die Standsicherheit der Windkraftanlage ist gegeben; die zum Nachweis geführten Berechnungen für die Bemessungssituationen BS-P und BS-A können der Anlage 8 entnommen werden.

8.2 Zuwegung und Kranstellfläche

Unter der Voraussetzung, dass der in Abschnitt 4 beschriebene Baugrundaufbau im Bereich der Verkehrsflächen hier übertragbar ist, kann hierzu zusammenfassend von den nachfolgenden Gegebenheiten und Anforderungen ausgegangen werden:

- Die bis in eine Tiefe von mindestens ca. 0,1 m unter Gelände anstehende Oberbodenschicht ist gänzlich zu entfernen und gegen ein verdichtet eingebrachtes rolliges Material zu ersetzen. Die nach Aushub der Oberböden freiliegenden Sande sind mit einer Tiefenwirkung von mindestens 0,4 m nach zu verdichten.
- Der Einbau von Austausch-, Trag- und Frostschutzschichten hat lagenweise, in Abhängigkeit des eingesetzten Verdichtungsgerätes, mit Stärken von 20 cm bis 30 cm, zu erfolgen.
- Auszuführende Gründungspolster sind immer, sofern nicht durch andere konstruktive Maßnahmen die seitliche Stützung des Polsters erreicht wird, mit einer Verbreiterung entsprechend des Lastverteilungswinkels von ca. 45° bis auf die Solltiefe zu führen.
- Die Verdichtungsanforderungen an die Zuwegung und die Kranstellfläche können grundsätzlich, unter Einhaltung der o.g. Anforderungen, sowohl für den Untergrund mit $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$, den Tragschichtaufbau mit $E_{V2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ und die Deckschichten mit $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verhältniswert $E_{V2} / E_{V1} \leq 2,3$ nachgewiesen werden.
- Die geforderten Mindesttragfähigkeiten des Planums sind vor Ort durch geeignete Verdichtungskontrollen, wie beispielsweise Plattendruckversuche, zu überprüfen.

9. ERGÄNZENDE HINWEISE UND EMPFEHLUNGEN

- Die durchgeführten Untersuchungen liefern lediglich einen stichprobenartigen Aufschluss im Bereich der geplanten Windkraftanlage. Sollte sich bei den Gründungsmaßnahmen die Bodensituation örtlich anders darstellen als von uns bisher erkundet, sind wir darüber zu informieren.

Der Untersuchungsbereich gehört zu keiner Erdbebenzone.

- Der unterhalb der Oberböden überwiegend anstehende gewachsene Sand, mit einer Feuchtwichte von $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, eignet sich grundsätzlich zur Überschüttung und Wiederanfüllung, auch für die Schnittstellen zwischen Fundamentarbeitsraum und Kranstellfläche. Die Überschüttung muss dabei mindestens 0,5 m betragen.
- Für die im Gründungsbereich der Windkraftanlage anstehenden Sande kann mit einem abgeschätzten spezifischen Erdwiderstand zwischen 300 und 1000 Ωm gerechnet werden.
- Die Gründungs- und ggf. erforderlichen Baugrundverbesserungsarbeiten sollten geotechnisch begleitet und überwacht werden.
- Das Bauvorhaben ist in die geotechnische Kategorie GK-3 einzuordnen. Folgerichtig ist nach den Vorgaben der DIN 1054 der Geotechnische Entwurfsbericht zur Fortschreibung zu bringen.
- Für ergänzende Erläuterungen und Beratungen stehen wir gerne zur Verfügung.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'H. Kleen'.

Prof. Dr.-Ing. H. Kleen

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'B. Tamme'.

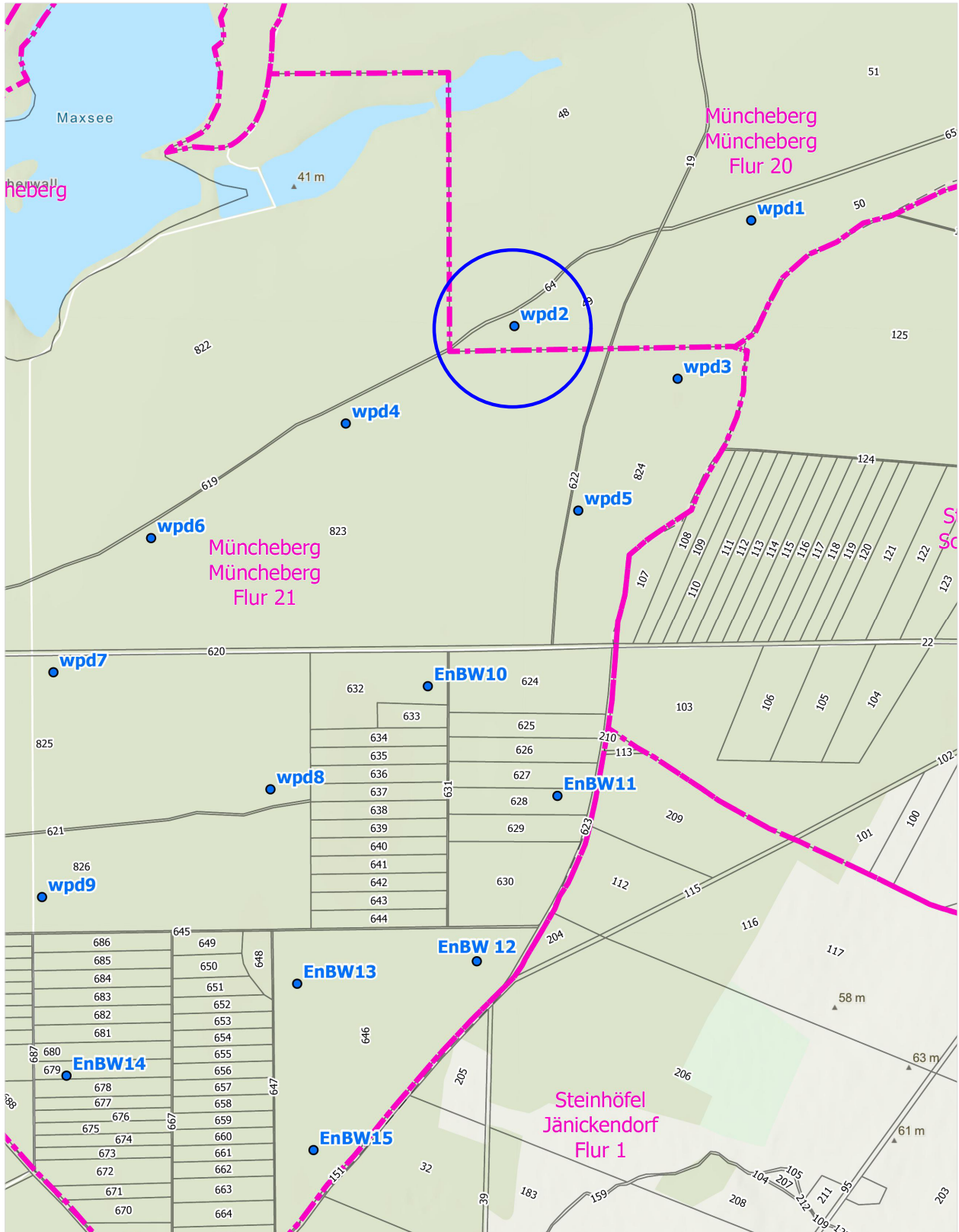
M. Sc. B. Tamme

ANLAGEN	SEITEN
1. Übersicht	1
2. Lageplan mit Aufschlussansatzpunkten	1
3. Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse	4
4. Körnungslinien	1
5. Zustandsgrenzen	1
6. Wassergehalt	1
7. Betonaggressivität Boden	2
8. Standsicherheitsnachweise	2

Anlage 1

Übersicht

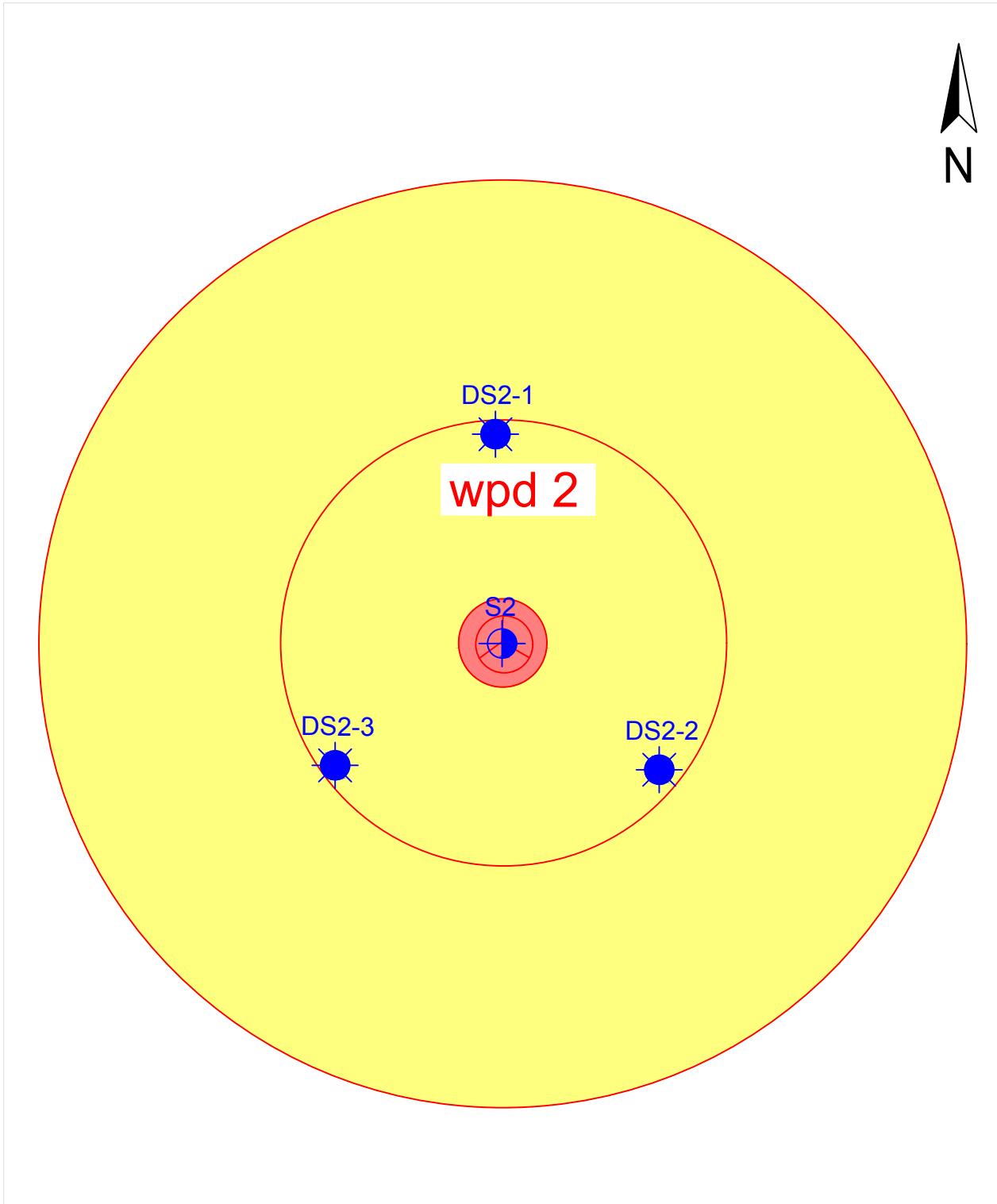
Übersicht



Anlage 2

Lageplanskizze

Lageplanskizze



ohne Maßstab



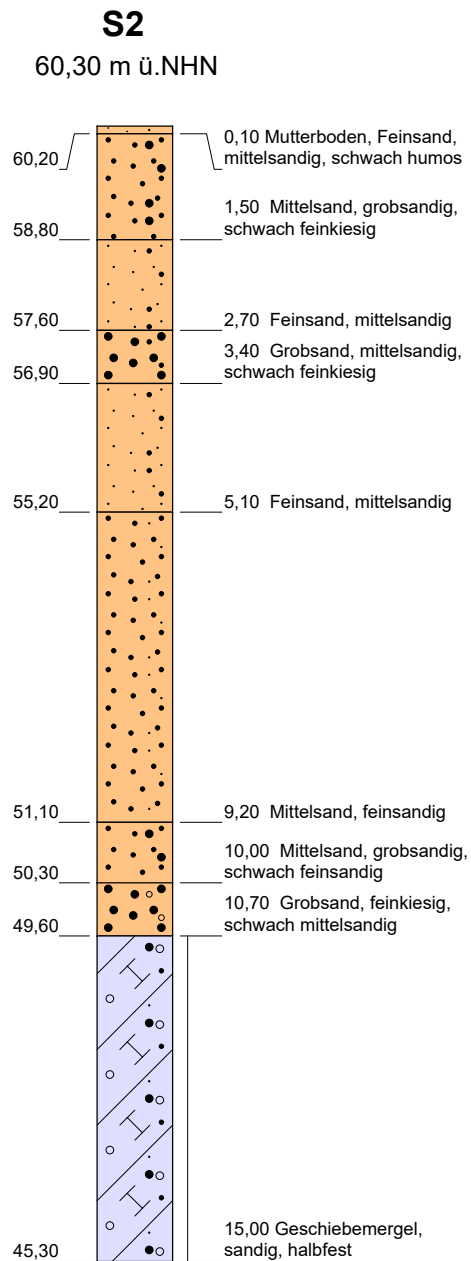
Kleinbohrung (S)

Drucksondierung CPT-E (DS)

Anlage 3

Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE



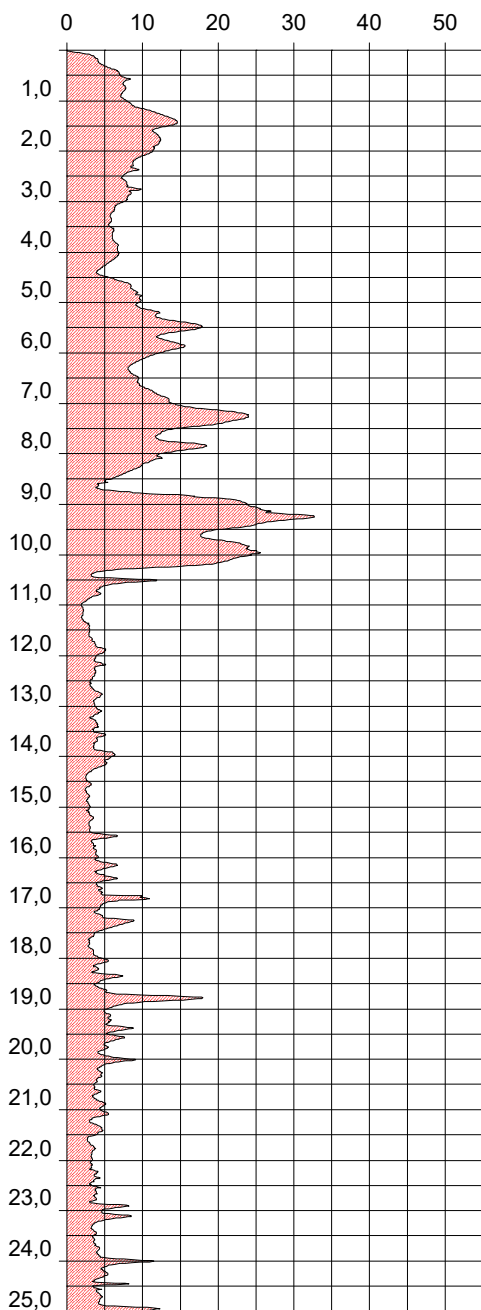
Höhenmaßstab 1:100

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS2-1

60,30 m ü.NHN

CPT-E

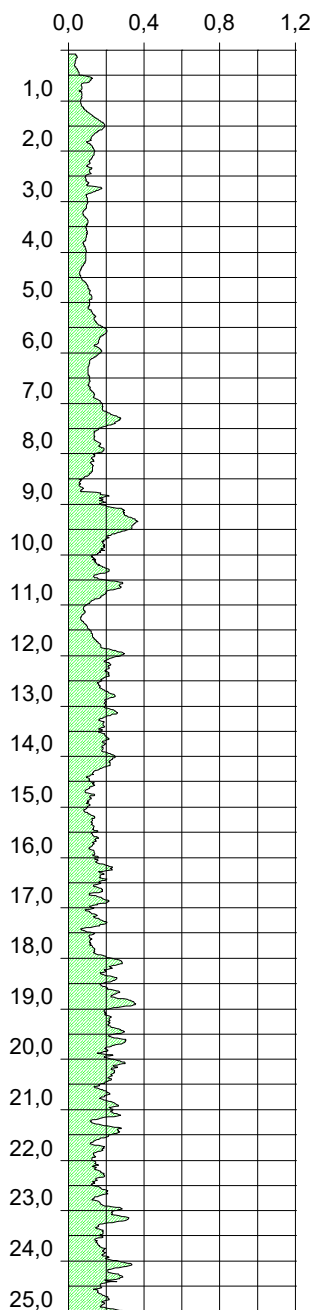


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS2-1

60,30 m ü.NHN

CPT-E

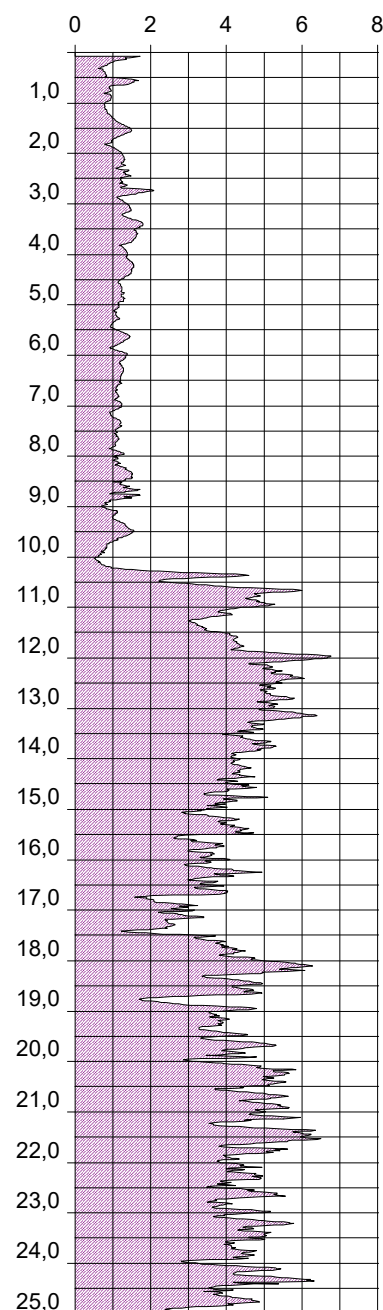


Mantelreibung f_s [MN/m²]

DS2-1

60,30 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

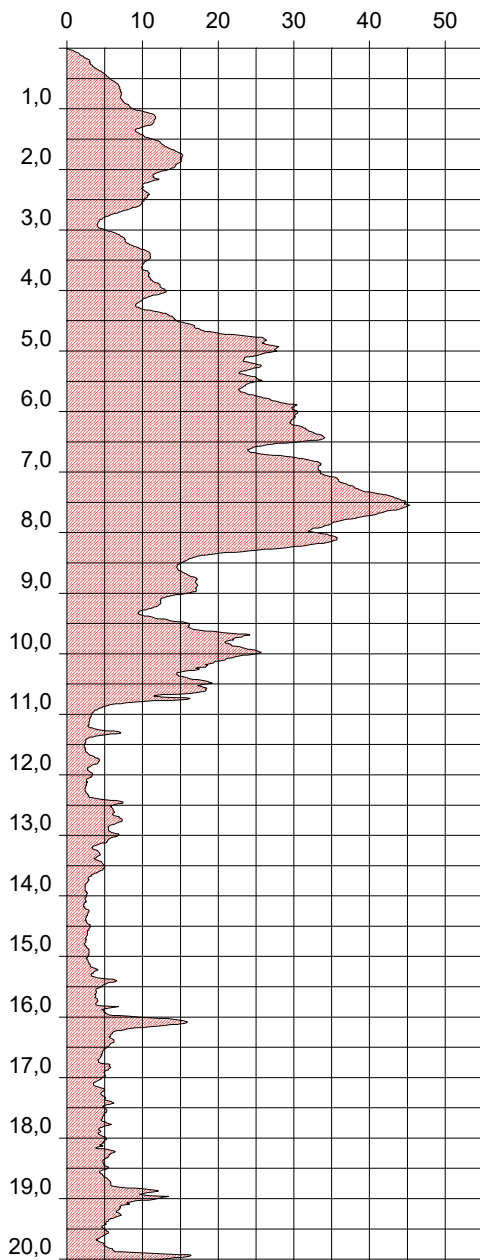
Höhenmaßstab 1:150

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS2-2

60,30 m ü.NHN

CPT-E

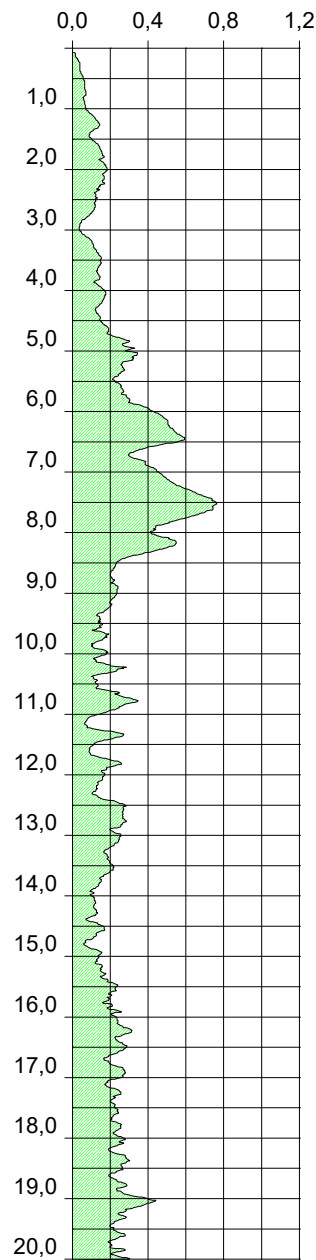


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS2-2

60,30 m ü.NHN

CPT-E

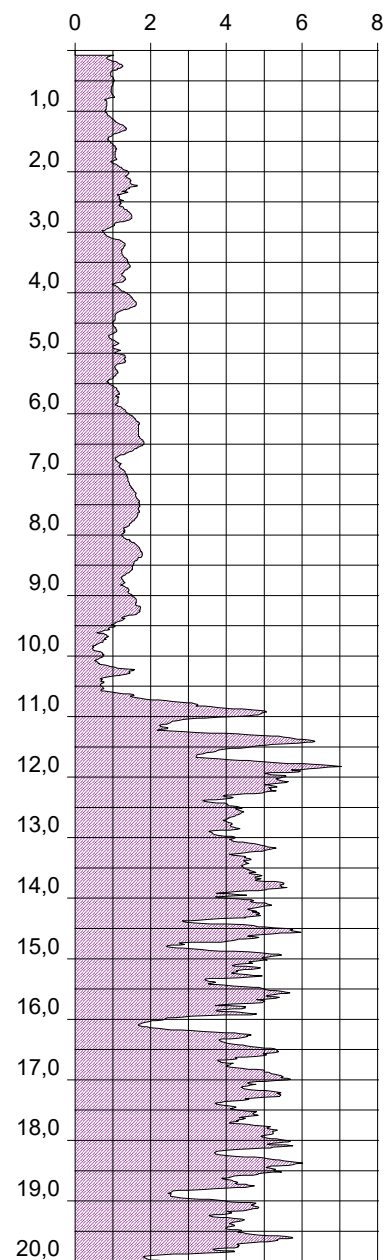


Mantelreibung f_s [MN/m²]

DS2-2

60,30 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

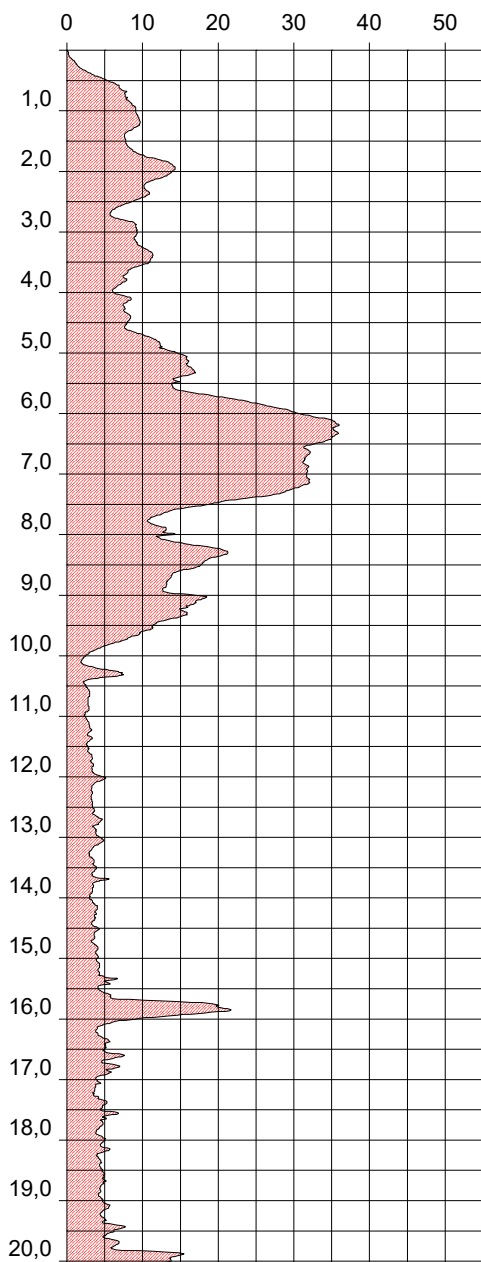
Höhenmaßstab 1:125

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS2-3

60,30 m ü.NHN

CPT-E

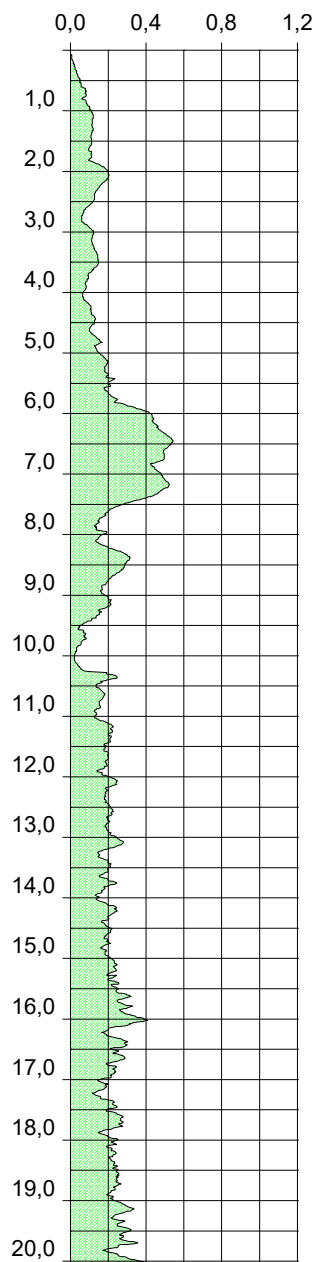


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS2-3

60,30 m ü.NHN

CPT-E

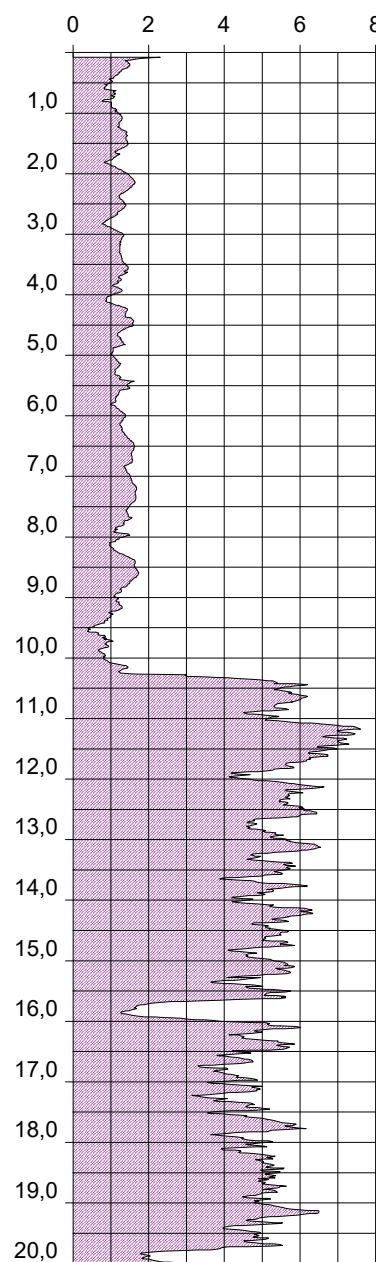


Mantelreibung f_s [MN/m²]

DS2-3

60,30 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

Höhenmaßstab 1:125

Anlage 4

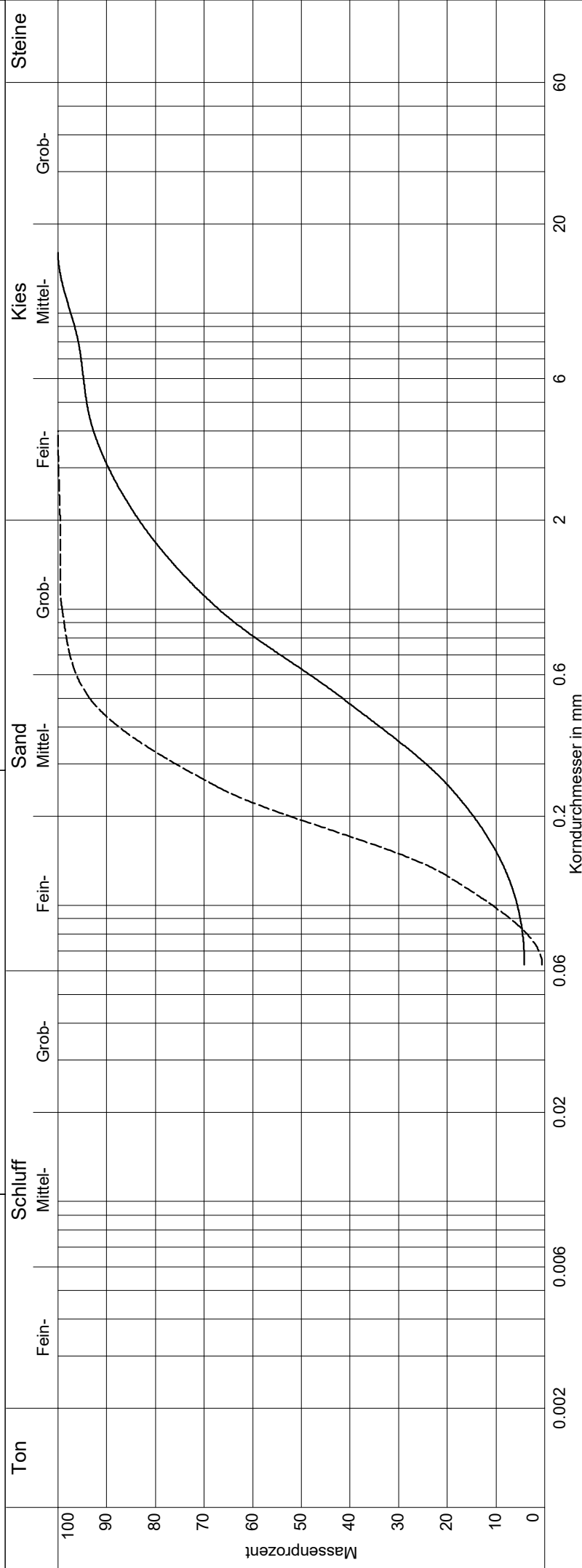
Kornverteilungen

FH Potsdam
 FB Bauingenieurwesen
 FG Grundbau und Bodenmechanik
 Grundbaulabor

Kornverteilung

DIN EN ISO 17892-4

Projekt: WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 2
 Projektnr.: L 62/232
 Anlage: 27.10.2023
 Datum: 4



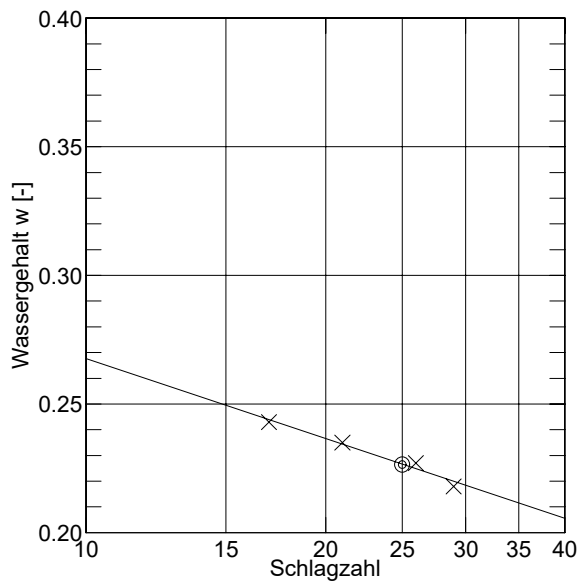
Labornummer	----- s2-2,7
Entnahmestelle	S2
Entnahmetiefe	1,5-2,7 m
Ungleichförm. Cu	2.3
Krümmungszahl Cc	1.0
Bodengruppe	SE
Anteil < 0.063 mm	0.5 %
Frostempfindl.klasse	F1
kf nach Beyer	2.0E-04 m/s
kf nach USBR	- (d10 > 0.02)
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)

Anlage 5

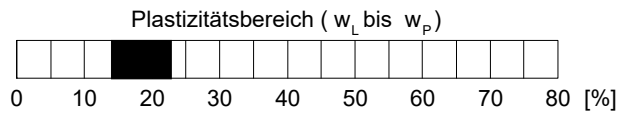
Konsistenzgrenzen

FH Potsdam	Projekt : WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 2
FB Bauingenieurwesen	Projektnr.: L 62/23
FG Grundbau und Bodenmechanik	Anlage : 5
Grundbaulabor	Datum : 27.10.2023
Zustandsgrenzen DIN EN ISO 17892-12	Labornummer: s2-15,0
	Entnahmestelle: S2
	Entnahmetiefe : 13,0-15,0 m

Behälter-Nr.	Fließgrenze				Ausrollgrenze			
	B1	W1	W2	W3	1	2	3	
Zahl der Schläge	29	26	17	21				
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_b$ [g]	60.22	59.47	63.67	57.38	13.54	13.69	15.71	
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_b$ [g]	56.63	55.61	58.99	53.95	12.71	12.83	14.61	
Behälter m_b [g]	40.15	38.59	39.71	39.36	6.81	6.80	6.53	
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	3.59	3.86	4.68	3.43	0.83	0.86	1.10	
Trockene Probe m_t [g]	16.48	17.02	19.28	14.59	5.90	6.03	8.08	Mittel
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [-]	0.218	0.227	0.243	0.235	0.141	0.143	0.136	0.140



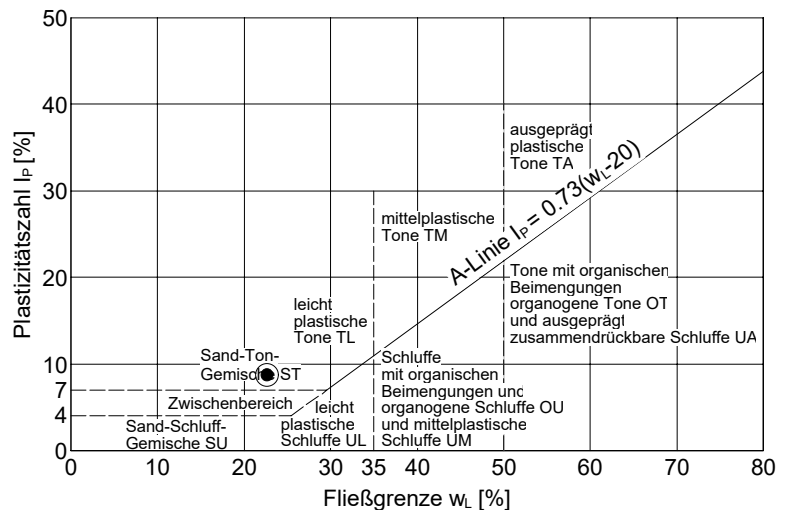
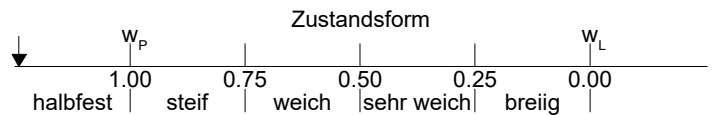
Wassergehalt $w_N = 0.119$
 Fließgrenze $w_L = 0.227$
 Ausrollgrenze $w_P = 0.140$



Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 0.087$

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P} = -0.241$

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P} = 1.241$



Anlage 6

Wassergehalte

FH Potsdam	Projekt : WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 2
FB Bauingenieurwesen	Projektnr.: L 62/23
FG Grundbau und Bodenmechanik	Anlage : 6
Grundbaulabor	Datum : 27.10.2023
Wassergehalt	Labor-Nr.: s2-12,0
	Aufschluss-Nr. S2
	Tiefe: 10,7 -12,0 m

Schale Nr. H9	Schale u. Probe feucht [g]	= 181.68 g	Schale u. Probe trocken [g]	= 168.30 g
	Schale u. Probe trocken [g]	= 168.30 g	Gewicht Schale [g]	= 63.05 g
	Wassergehalt [g]	= 13.38 g	Probe trocken G [g]	= 105.25 g
			Wassergehalt [%]	= 12.7 %
Schale Nr.	Schale u. Probe feucht [g]	= g	Schale u. Probe trocken [g]	= g
	Schale u. Probe trocken [g]	= g	Gewicht Schale [g]	= g
	Wassergehalt [g]	= g	Probe trocken G [g]	= g
			Wassergehalt [%]	= %
			Mittel	= 12.7 %

Anlage 7

Betonaggressivität des Bodens

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
www.agrolab.de

AGROLAB Agrar&Umwelt Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel

Ingenieurbüro für Geotechnik Kleen GmbH
Berliner Straße 124
14467 Potsdam

Datum 23.10.2023
Kundennr. 20122596

PRÜFBERICHT

Auftrag **2311623** Projekt: WP Müncheberg-Mittelheide - Auftrag Boden Betonaggressivität
 Analysenr. **211948** Mineralisch/Anorganisches Material
 Probeneingang **11.10.2023**
 Probenahme **04.10.2023**
 Probenehmer **Auftraggeber**
 Kunden-Probenbezeichnung **MP 02**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Trockensubstanz	u)	%	°	98,1	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03(PL)
Säuregrad n. Baumann-Gully	u)*)	ml/kg		61	0,1	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u)*)	mg/kg	°	344	100	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u)*)	mmol/kg	°	4	1	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfid leicht freisetzbar	u)*)	mg/kg		<4,0	4	DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.)(PL)
Chlorid (Cl)	u)*)	mg/kg		<10	10	DIN 4030-2 : 2008-06(PL)
Sulfid, gesamt	u)*)	mg/kg		0,98	0,1	DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03(PL)

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

u) externe Dienstleistung eines AGROLAB GROUP Labors

Untersuchung durch

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen

Methoden

DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.); DIN 4030 (mod.); DIN 4030-2 : 2008-06; DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen, für die zitierte Methode akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Akkreditierungsverfahren: D-PL-14087-01-00 DAkkS

Methoden

DIN EN 14346 : 2007-03

Hinweis zum Probenahmedatum: Das Probenahmedatum ist eine Kundeninformation.

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "u)" gekennzeichnet.

Datum 23.10.2023
Kundennr. 20122596

PRÜFBERICHT

Auftrag **2311623** Projekt: WP Müncheberg-Mittelheide - Auftrag Boden
Betonaggressivität
Analysennr. **211948** Mineralisch/Anorganisches Material
Kunden-Probenbezeichnung **MP 02**

Beginn der Prüfungen: 11.10.2023
Ende der Prüfungen: 19.10.2023

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Das Laboratorium ist nicht für die vom Kunden bereitgestellten Informationen verantwortlich. Die ggf. im vorliegenden Prüfbericht dargestellten Kundeninformationen unterliegen nicht der Akkreditierung des Laboratoriums und können sich auf die Validität der Prüfergebnisse auswirken. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.



AGROLAB Agrar&Umwelt Frau Larissa Gorski, Tel. 0431/22138-581
Service Team Umwelt 1, Email: umwelt1.kiel@agrolab.de

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol " (*) " gekennzeichnet.

Anlage 8





Stand sicherheitsnachweise

Berechnungsgrundlagen:

WP Müncheberg wpd2-P
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-P
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$

Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stb} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 10.00 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

Boden	Tiefe [m]	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	3.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md (Polster)
	4.50	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	10.50	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	>10.50	21.0/12.0	30.0	60.0	40.0	1.000	Mergel, sth

Ergebnisse Kreisringfundament

Kippnachweis nicht untersucht.
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 47652.40 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1375.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 218788.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 24.500 m
 Durchmesser (innen) d = 11.000 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.591$ m
 $a' = 12.502$ m
 $b' = 18.540$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.591$ m
 $a' = 12.502$ m
 $b' = 18.540$ m

Grundbruch:

Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 3302.9 / 2359.22$ kN/m²
 $R_{n,k} = 765587.75$ kN
 $R_{n,d} = 546848.39$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 47652.40 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 64330.74$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.118
 Kohäsionsglied = 343705.49 kN (k)
 Breitenglied = 395658.51 kN (k)
 Tiefenglied = 26223.75 kN (k)
 cal $\varphi = 30.9^\circ$
 cal c = 35.25 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 15.92$ kN/m³
 cal $\sigma_u = 4.32$ kN/m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 31.57$; $N_{d0} = 19.66$; $N_{b0} = 11.02$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.361$; $v_d = 1.343$; $v_b = 0.798$

Neigungsbeiwerte (x):

$i_c = 0.952$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.927$
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 32.39$; $N_{d0} = 20.38$; $N_{b0} = 11.60$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.364$; $v_d = 1.346$; $v_b = 0.798$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.952$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.927$

Gleitwiderstand:

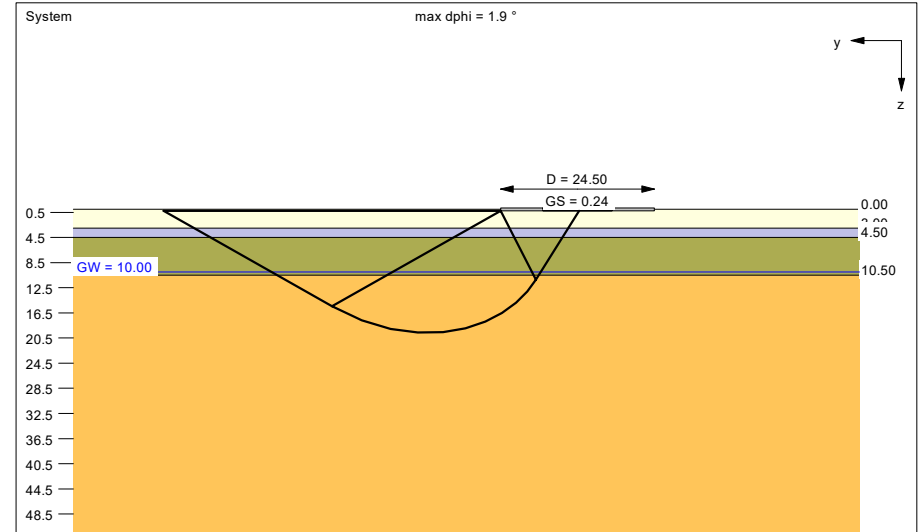
Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47652.40 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27598.12$ kN
 $T_d = 1856.25$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.067$

Setzung infolge ständiger Lasten:

Grenztiefe $t_g = 12.94$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.52 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.23 cm
 unten = 2.81 cm

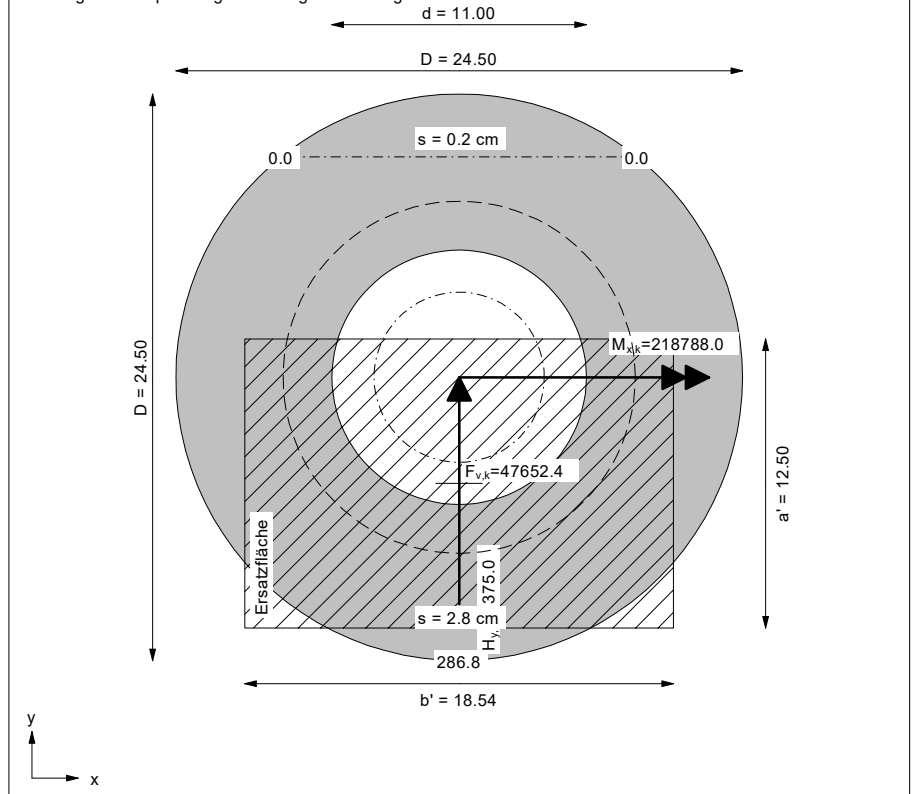
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 800.5

Nachweis EQU:
 $M_{stb} = 47652.4 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 525367.7$
 $M_{dst} = 218788.0 \cdot 1.10 = 240666.8$
 $\mu_{EQU} = 240666.8 / 525367.7 = 0.458$



Grundriss

Setzungen und Spannungsverteilung aus ständigen Lasten







Berechnungsgrundlagen:

WP Müncheberg wpd2-A
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-A
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\gamma_G = 1.10$
 $\gamma_Q = 1.10$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$

Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,stab} = 0.95$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 10.00 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

Boden	Tiefe [m]	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	3.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md (Polster)
	4.50	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	10.50	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	>10.50	21.0/12.0	30.0	60.0	40.0	1.000	Mergel, sth

Ergebnisse Kreisringfundament

Kippnachweis nicht untersucht.
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 47692.40 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1650.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 262685.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 24.500 m
 Durchmesser (innen) d = 14.000 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.508$ m
 $a' = 10.185$ m
 $b' = 16.530$ m
 Unter Gesamlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.508$ m
 $a' = 10.185$ m
 $b' = 16.530$ m

Grundbruch:

Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 2839.1 / 2365.92$ kN/m²
 $R_{n,k} = 477978.86$ kN
 $R_{n,d} = 398315.71$ kN
 $V_d = 1.10 \cdot 47692.40 + 1.10 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 52461.64$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.132
 Kohäsionsglied = 205573.15 kN (k)
 Breitenglied = 253499.69 kN (k)
 Tiefenglied = 18906.02 kN (k)
 cal $\varphi = 31.1^\circ$
 cal c = 29.49 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 16.59$ kN/m³
 cal $\sigma_u = 4.32$ kN/m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 31.75$; $N_{d0} = 19.81$; $N_{b0} = 11.15$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.331$; $v_d = 1.314$; $v_b = 0.815$

Neigungsbeiwerte (x):

$i_c = 0.942$; $i_d = 0.945$; $i_b = 0.912$
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 32.94$; $N_{d0} = 20.88$; $N_{b0} = 11.99$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.334$; $v_d = 1.318$; $v_b = 0.815$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.942$; $i_d = 0.945$; $i_b = 0.912$

Gleitwiderstand:

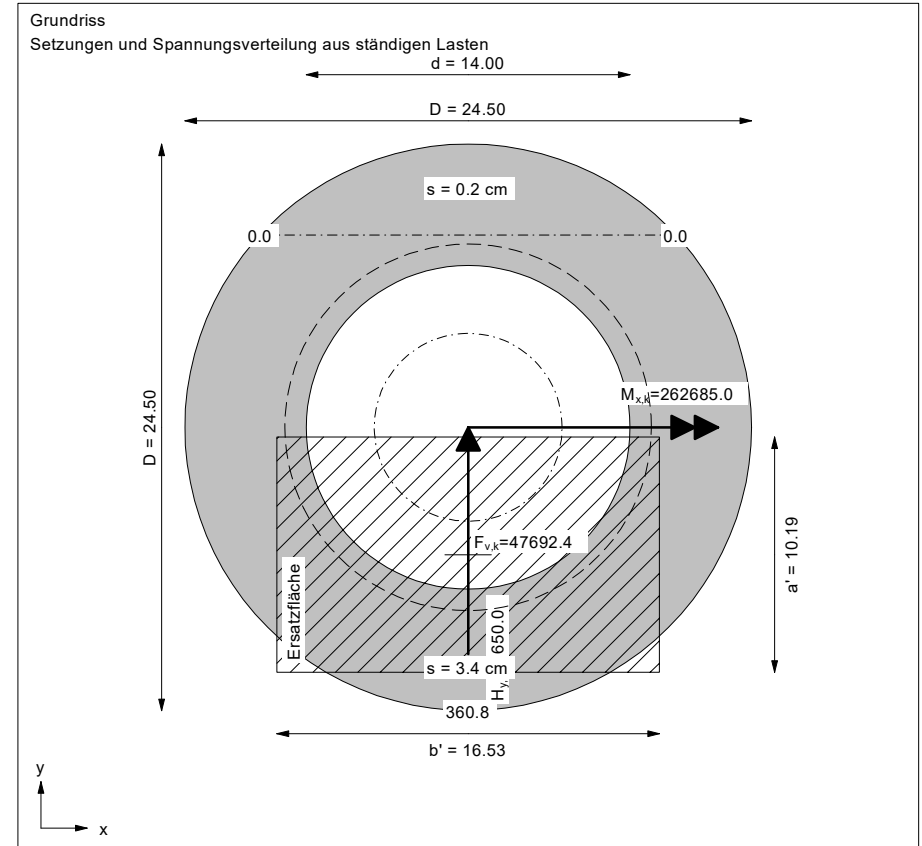
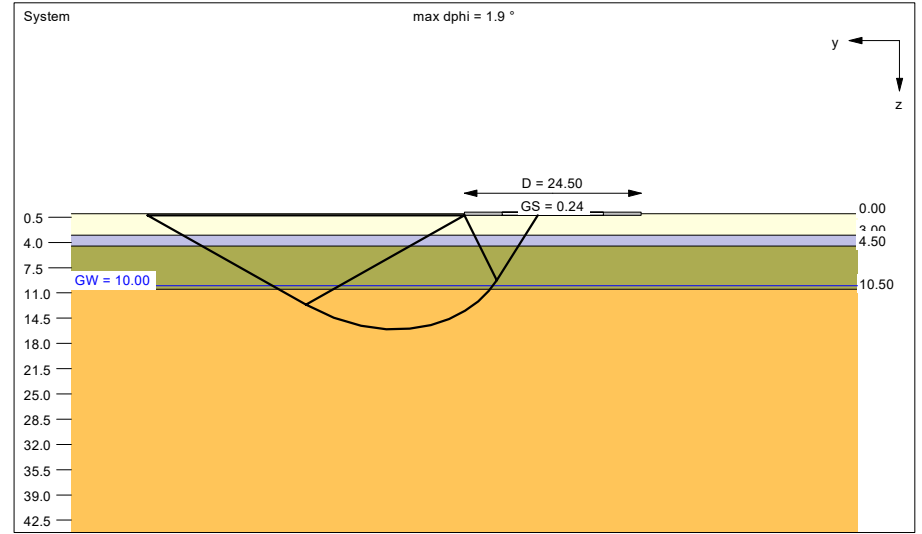
Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47692.40 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27621.28$ kN
 $T_d = 1815.00$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.066$

Setzung infolge ständiger Lasten:

Grenztiefe $t_g = 13.86$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.80 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.17 cm
 unten = 3.43 cm

Verdrehung(x) (KP) = 1 : 634.7

Nachweis EQU:
 $M_{stb} = 47692.4 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 555020.3$
 $M_{dst} = 262685.0 \cdot 1.00 = 262685.0$
 $\mu_{EQU} = 262685.0 / 555020.3 = 0.473$



- BAUGRUNDUNTERSUCHUNGEN
- BAUGRUNDGUTACHTEN
- GRÜNDUNGSBERATUNG
- ALTLASTERKUNDUNGEN
- KONTAMINATIONS-GUTACHTEN
- GRUNDBAUSTATIK
- BAULEITUNG · PLANUNG

GEOTECHNISCHER ENTWURFSBERICHT

108-23wpd3

Bauvorhaben:	Windpark Müncheberg - Mittelheide wpd 3
Auftraggeber:	Naturwind Potsdam GmbH Hegelallee 41 14467 Potsdam
Bearbeiter:	M.Sc. B. Tamme Prof. Dr.-Ing. H. Kleen
Umfang:	11 Seiten 8 Anlagen
Datum:	17.11.2023

1. VERANLASSUNG

Unser Büro wurde am 31.07.2023 durch die Naturwind Potsdam GmbH schriftlich beauftragt, für die im Windpark Müncheberg - Mittelheide geplante Windkraftanlage wpd 3, einen Geotechnischen Entwurfsbericht, einschließlich der notwendigen Feld- und Laboruntersuchungen, anzufertigen.

2. UNTERLAGEN

Für die Bearbeitung standen die nachfolgend aufgeführten Unterlagen zur Verfügung:

- U 2.1 Geologische Karte, M.: 1 : 25.000, über www.geo.brandenburg.de/gk25/, Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
- U 2.2 Unser Geotechnischer Entwurfsbericht zum Bauvorhaben „Windpark Müncheberg-Mittelheide WEA12, vom 27.11.2020 nebst Unterlagen
- U 2.3 Prüfbericht für eine Typenprüfung, Vestas V162-5.4/5.6/6.0/6.2 MW mit 169 m Nabenhöhe, D = 24,5 m, Kreisringfundament mit Auftrieb, Prüfnr.: 3108363-23-d Rev.4, der TÜV SÜD Industrie Service GmbH aus München, vom 25.02.2022
- U 2.4 Lageplan zum Projekt Müncheberg-Mittelheide, der naturwind potsdam GmbH, M.: 1 : 12.000, vom 28.07.2023
- U 2.5 Geländeordinaten der Windkraftanlagenmittelpunkte, übersandt am 01.11.2023 durch das zuständige Vermessungsbüro Horst Möhring aus Frankfurt Oder
- U 2.6 Ergebnisse der Drucksondierungen der Firma Fugro Germany Land GmbH aus Berlin, übersandt am 31.10.2023
- U 2.7 Ergebnisse bodenmechanischer Laboruntersuchungen der Fachhochschule Potsdam, Fachgebiet Grundbau und Bodenmechanik, vom 27.10.2023 (L63/23)
- U 2.8 Prüfbericht zur Betonaggressivität des Bodens, WP Müncheberg - Mittelheide / MP03 (wpd 3), der Agrolab Agrar und Umwelt GmbH aus Kiel, Analysennummer: 211949 vom 23.10.2023

3. BAUGRUNDSTÜCK UND BAUWERK

Der Standort für den Neubau einer Windkraftanlage befindet sich zwischen dem Maxsee und Schönfelde, südlich des Müncheberger Ortsteils Hoppegarten, innerhalb des geplanten Windparks Müncheberg - Mittelheide.

Hier soll, auf der forstwirtschaftlich genutzten Fläche, die Windkraftanlage wpd 3 vom Typ V162-6.2 MW mit Hybridturm und einer Nabenhöhe von 169 m auf einem Kreisringfundament, mit einem Außendurchmesser von $D = 24,5$ m, auf einer 0,1 m starken Sauberkeitsschicht in einer Tiefe von ca. 0,24 m unter Gelände, flach gegründet werden.

Die Geländehöhe am Standort der Windkraftanlage wpd 3 liegt auf einer Ordinate von ca. 60,1 m über NHN.

Die Lage der geplanten Windkraftanlage geht aus der Anlage 1 und der Anlage 2 hervor.

4. BAUGRUND

4.1 Vorkenntnisse

Der Windpark Müncheberg - Mittelheide befindet sich im Bereich einer im Pleistozän gebildeten Hochfläche.

Hier ist mit Schmelzwasserablagerungen in Form von feinkörnigen, schwach mittelkörnigen Sanden, die zum Teil schwach schluffige Beimengungen beinhalten, zu rechnen (s. Unterlage U 2.1).

Gemäß der Unterlage U 2.2 stehen im Bereich der geplanten Windenergieanlage wpd 3, unterhalb einer ca. 0,1 m starken, sandigen, stark humosen Oberbodenschicht, bis in eine Tiefe von ca. 8,2 m unter Gelände Fein-, Mittel- und Grobsande an, die bis zur Aufschlussentiefe von 15,0 m unter Gelände von sandigem Geschiebemergel unterlagert werden.

Die Sande sind bis in eine Tiefe von ca. 6,5 m unter Gelände sehr locker, locker und mitteldicht, darunter mitteldicht gelagert; der erbohrte Geschiebeboden besitzt eine halb feste Zustandsform.

4.2 Baugrunduntersuchungen

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurde im Bereich der geplanten Windkraftanlage wpd 3 eine Kleinbohrung (S3) bis zu einer Endteufe von 15,0 m unter Gelände abgeteuft.

Zur Feststellung der Lagerungsdichte bzw. der Festigkeit des anstehenden Baugrundes wurden zudem drei Drucksondierungen als CPT-E (DS3-1 bis DS3-3) bis in Tiefen von 20,0 m und 25,0 m unter Gelände nieder gebracht.

Die Einmessung und Kennzeichnung des Untersuchungsstandortes erfolgte durch das beauftragte Vermessungsbüro (vgl. Unterlage U 2.5).

Die Lage der genannten Aufschlüsse ist aus der Anlage 1 und der Anlage 2 ersichtlich.

4.3 Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

Auf der Grundlage des, während der Feldarbeiten erstellten Schichtenverzeichnisses und einer durch uns vorgenommenen Bodenansprache, wurde das in der Anlage 3 dokumentierte Schichtenprofil angefertigt. Zudem sind innerhalb der Anlage 3 die Ergebnisse der Drucksondierungen dargestellt.

Im Einzelnen kann damit am Standort der geplanten Windkraftanlage wpd 3 von folgendem Baugrundaufbau ausgegangen werden:

Unterhalb einer ca. 0,2 m starken, sandigen und humosen Oberbodenschicht (Mutterboden) stehen bis in eine Tiefe von ca. 9,2 m unter Gelände Fein-, Mittel- und Grobsande an, die bis zur Aufschlussendteufe von einer sandigen Geschiebemergelschicht unterlagert werden (S3).

Der in S3 erbohrte Geschiebeboden besitzt, auf Grund unserer Ansprachen und der durchgeführten bodenmechanischen Versuche zur Bestimmung der Konsistenzgrenzen und des Wassergehaltes, eine halbfeste Zustandsform.

Die Drucksondierungen DS3-1 bis DS3-3 bestätigen die erkundeten Baugrundverhältnisse im Wesentlichen und ergeben für die Sande oberhalb des Geschiebemergels bis in eine Tiefe von ca. 1,6 m unter Gelände eine lockere und mitteldichte, darunter eine überwiegend mindestens mitteldichte, bereichsweise lockere Lagerung.

Darüber hinaus zeigen die Drucksondierungen, dass die anstehenden Geschiebeböden eine vornehmlich mindestens halbfeste Konsistenz besitzen.

Körnungslinien repräsentativer Böden sind in der Anlage 4, Konsistenzgrenzen in Anlage 5 und ein Wassergehalt in der Anlage 6 dargestellt.

5. HOMOGENBEREICHE / BODENKLASSIFIZIERUNG

Die im Bereich des Untersuchungsstandortes anstehenden Böden können gemäß VOB Teil C, Ausgabe 2012 und Ausgabe 2015, DIN 18196:2011-05 sowie ZTV E-StB 17 wie folgt eingestuft und klassifiziert werden:

Oberboden

Bodengruppe:	OH
Lagerung:	locker
Frostempfindlichkeit:	gering bis mittel frostempfindlich (F2)

Der Oberboden entspricht nach VOB Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 1 (Oberboden). Nach DIN 18915:2002-08 kann der Oberboden für vegetationstechnische Zwecke der Bodengruppe 2 zugeordnet werden.

Homogenbereich A / Sande

Bodengruppe:	SE
Lagerung:	bis ca. 1,6 m: locker und mitteldicht ab ca. 1,6 m: mindestens mitteldicht, bereichsweise locker
Verdichtungsfähigkeit:	gut bis mittel
Frostempfindlichkeit:	nicht frostempfindlich (F1)
Durchlässigkeit [m/s]:	$k_f = 1 \times 10^{-3}$ bis 1×10^{-4}

Die Sande entsprechen nach VOB, Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 3 (leicht lösbare Bodenarten).

Homogenbereich B / Geschiebemergel

Bodengruppe:	SU*, TL
Festigkeit:	halbfest
Verdichtungsfähigkeit:	SU*: mittel TL: mäßig
Frostempfindlichkeit:	sehr frostempfindlich (F3)
Durchlässigkeit [m/s]:	$k_f < 1 \times 10^{-7}$

Der Geschiebemergel entspricht nach VOB, Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 4 (mittelschwer lösbare Bodenarten).

Innerhalb und unmittelbar oberhalb des Geschiebehorizontes ist mit Findlingen zu rechnen.

Werden weiterreichende Angaben zu Körnungsbändern, zur Dichte und zur Festigkeit anstehender Böden erforderlich, sind ggf. zusätzliche Labor- bzw. Feldversuche durchzuführen.

6. GRUNDWASSER

Während der Baugrunduntersuchungen im September 2023 wurde kein Grundwasser angeschnitten.

Da im Gründungsbereich kein Grundwasser ansteht, wurde hier ersatzweise eine Bodenprobe hinsichtlich Betonaggressivität untersucht.

Als Ergebnis konnte festgestellt werden, dass der anstehende Boden hier als nicht betonangreifend einzustufen ist, was gemäß DIN EN 206-1 zu der Expositionsklasse XAI führt.

Die Einzelergebnisse der Bodenanalytik können der Unterlage U 2.8, die innerhalb der Anlage 7 dargestellt ist, entnommen werden.

7. BODENKENNWERTE

Für erdstatische Berechnungen können, auf Grund der Ansprache der gelieferten Proben, der Bohr- und Sondierergebnisse und unserer Erfahrung die charakteristischen Bodenkennwerte der folgenden Tabelle 1 angesetzt werden.

Die Tiefenlagen der Bodenschichten sind dem Schichtenprofil, welches innerhalb der Anlage 3 dargestellt ist, zu entnehmen.

Tabelle 1: charakteristische Bodenkennwerte

Bodenart	Bodenkennwerte				
	Wichte	Reibungswinkel	Kohäsion	Querdehnzahl	Steifeziffer stat. / dyn.
	γ_k / γ'_{k} [kN/m ³]	φ'_{k} [°]	$c'_{k} / c_{u,k}$ [kN/m ²]	ν [-]	$E_{s,k} / E_{sd,k}$ [MN/m ²]
Oberboden	17 / 9	30,0	-- / --	-- / --	-- / --
Sand locker (lo) mitteldicht (md) dicht (d)	18 / 10	30,0	-- / --	0,32	40 / 170
	18 / 11	32,5	-- / --	0,32	80 / 260
	19 / 11	35,0	-- / --	0,32	150 / 420
Geschiebeboden halbfest (sth)	21 / 12	30,0	60 / 100	0,35	40 / 170

8. ANGABEN ZUR GRÜNDUNG, ZUWEGUNG UND KRANSTELLFLÄCHE

8.1 Gründung

Der erkundete Baugrundaufbau und die ermittelten Baugrundfestigkeiten erlauben für die Windkraftanlage wpd 3 die Ausführung einer Flachgründung mittels Kreisringfundament.

Zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit und Standsicherheit der Anlage werden dazu vorab jedoch Bodenverbesserungen erforderlich, die hier über ein einzubauendes Gründungspolster realisiert werden können.

Im Einzelnen sind hierzu folgende Voraussetzungen einzuhalten:

Die im Gründungsbereich anstehenden weniger tragfähigen, locker gelagerten Sande sind bis in eine Tiefe von ca. 1,6 m unter Gelände vollständig gegen mindestens mitteldicht gelagertes rolliges Material auszutauschen.

Hierbei ist zu beachten, dass nach Freilegung der Austauschenebene, die gewachsenen Sande mit einer Tiefenwirkung von mindestens 0,4 m nach verdichtet werden.

Das nachfolgend einzubringende rollige Polstermaterial hat zur besseren Verdichtbarkeit eine Ungleichförmigkeit von $U > 6$ aufzuweisen. Die Polsterlagen sollten bis zur geplanten Gründungssohle, mit maximalen Stärken von 0,3 m unter Berücksichtigung eines Ausbreitungswinkels von 45° , so verdichtet eingebracht werden, dass durchweg eine mindestens mitteldichte Lagerung vorherrscht.

Die Güte des Austauschbodens und der Sohle sind durch geeignete Versuche, wie Plattendruck- oder Proctorversuche nachzuweisen.

Bei Einhaltung der o.g. Gründungshinweise und unter Zugrundelegung der in Tabelle 1 angegebenen Bodenkennwerte, werden die Anforderungen an die Windkraftanlage des Typs V162-6.2 MW mit einer Nabenhöhe von 169 m mit einem Fundamentdurchmesser $D = 24,5$ m, von jeder erkundeten Baugrundsicht erfüllt.

Die ermittelten statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten gemäß der Unterlage U 2.5 für die anstehenden Bodenschichten können der folgenden Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: wpd 3 - statische und dynamische Drehfedersteifigkeiten

Bodenart	Tiefe [m u. GOK]	r_E [m]	ν [-]	$E_{S,stat.}$ [MN/m ²]	$k_{\phi,stat}$ [MNm/rad]	$E_{S,dyn.}$ [MN/m ²]	$k_{\phi,dyn}$ [MNm/rad]
Polster Sand (md)	> 0,35	12,25	0,32	80	152.600	260	496.100
Sand (lo)	> 3,0	13,93	0,32	40	112.200	170	476.900
Sand (md)	> 3,5	14,21	0,32	80	238.200	260	774,300

r_E	Ersatzradius
ν	Querdehnzahl
$E_{S,stat.}$	Steifziffer, statisch
$E_{S,dyn.}$	Steifziffer, dynamisch
$k_{\phi,stat}$	Drehfedersteifigkeit, statisch
$k_{\phi,dyn}$	Drehfedersteifigkeit, dynamisch

Damit liegen die vorhandenen statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten jeder erkundeten Schicht über den geforderten Werten von $k_{\phi,stat} \geq 40.000$ bzw. $k_{\phi,dyn} \geq 200.000$ [MNm/rad].

Die angegebenen Sohlspannungen können vom Baugrund aufgenommen werden.

Bei sorgfältiger Ausführung der Gründungsarbeiten und Einhaltung der vor genannten Voraussetzungen wird die Absolutsetzung der Windkraftanlage 2,5 cm nicht überschreiten.

In Folge der erfolgten Baugrundverbesserung werden damit keine relevanten, baugrundbedingten Setzungsunterschiede auftreten.

Die Standsicherheit der Windkraftanlage ist gegeben; die zum Nachweis geführten Berechnungen für die Bemessungssituationen BS-P und BS-A können der Anlage 8 entnommen werden.

8.2 Zuwegung und Kranstellfläche

Unter der Voraussetzung, dass der in Abschnitt 4 beschriebene Baugrundaufbau im Bereich der Verkehrsflächen hier übertragbar ist, kann hierzu zusammenfassend von den nachfolgenden Gegebenheiten und Anforderungen ausgegangen werden:

- Die bis in eine Tiefe von mindestens ca. 0,2 m unter Gelände anstehende Oberbodenschicht ist gänzlich zu entfernen und gegen ein verdichtet eingebrachtes rolliges Material zu ersetzen. Die nach Aushub der Oberböden freiliegenden Sande sind mit einer Tiefenwirkung von mindestens 0,4 m nach zu verdichten.
- Der Einbau von Austausch-, Trag- und Frostschutzschichten hat lagenweise, in Abhängigkeit des eingesetzten Verdichtungsgerätes, mit Stärken von 20 cm bis 30 cm, zu erfolgen.
- Auszuführende Gründungspolster sind immer, sofern nicht durch andere konstruktive Maßnahmen die seitliche Stützung des Polsters erreicht wird, mit einer Verbreiterung entsprechend des Lastverteilungswinkels von ca. 45° bis auf die Solltiefe zu führen.
- Die Verdichtungsanforderungen an die Zuwegung und die Kranstellfläche können grundsätzlich, unter Einhaltung der o.g. Anforderungen, sowohl für den Untergrund mit $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$, den Tragschichtaufbau mit $E_{V2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ und die Deckschichten mit $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verhältniswert $E_{V2} / E_{V1} \leq 2,3$ nachgewiesen werden.
- Die geforderten Mindesttragfähigkeiten des Planums sind vor Ort durch geeignete Verdichtungskontrollen, wie beispielsweise Plattendruckversuche, zu überprüfen.

9. ERGÄNZENDE HINWEISE UND EMPFEHLUNGEN

- Die durchgeführten Untersuchungen liefern lediglich einen stichprobenartigen Aufschluss im Bereich der geplanten Windkraftanlage. Sollte sich bei den Gründungsmaßnahmen die Bodensituation örtlich anders darstellen als von uns bisher erkundet, sind wir darüber zu informieren.

Der Untersuchungsbereich gehört zu keiner Erdbebenzone.

- Der unterhalb der Oberböden überwiegend anstehende gewachsene Sand, mit einer Feuchtwichte von $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, eignet sich grundsätzlich zur Überschüttung und Wiederanfüllung, auch für die Schnittstellen zwischen Fundamentarbeitsraum und Kranstellfläche. Die Überschüttung muss dabei mindestens 0,5 m betragen.
- Für die im Gründungsbereich der Windkraftanlage anstehenden Sande kann mit einem abgeschätzten spezifischen Erdwiderstand zwischen 300 und 1000 Ωm gerechnet werden.
- Die Gründungs- und ggf. erforderlichen Baugrundverbesserungsarbeiten sollten geotechnisch begleitet und überwacht werden.
- Das Bauvorhaben ist in die geotechnische Kategorie GK-3 einzuordnen. Folgerichtig ist nach den Vorgaben der DIN 1054 der Geotechnische Entwurfsbericht zur Fortschreibung zu bringen.
- Für ergänzende Erläuterungen und Beratungen stehen wir gerne zur Verfügung.



Prof. Dr.-Ing. H. Kleen



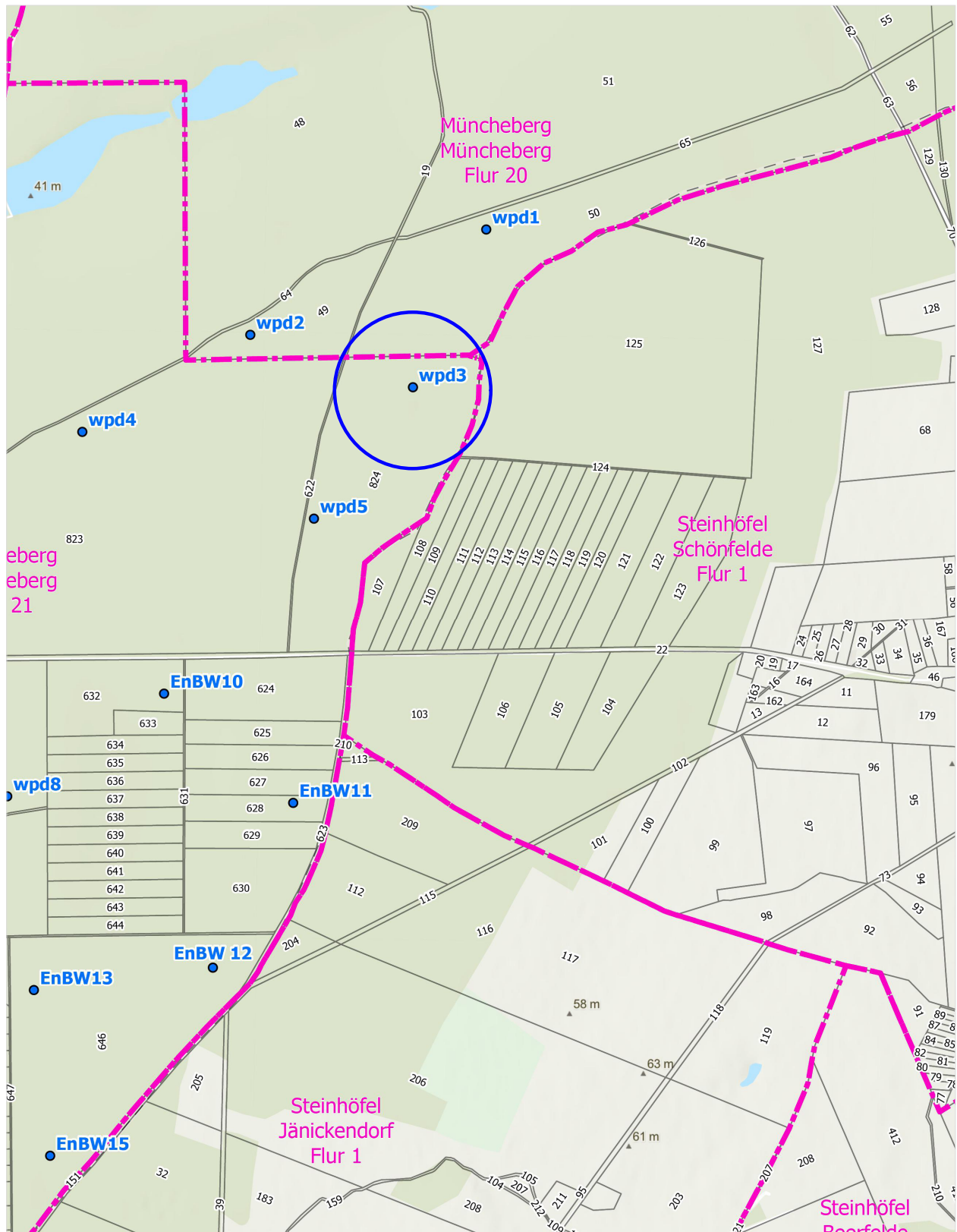
M. Sc. B. Tamme

ANLAGEN	SEITEN
1. Übersicht	1
2. Lageplan mit Aufschlussansatzpunkten	1
3. Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse	4
4. Körnungslinien	1
5. Zustandsgrenzen	1
6. Wassergehalt	1
7. Betonaggressivität Boden	2
8. Standsicherheitsnachweise	2

Anlage 1

Übersicht

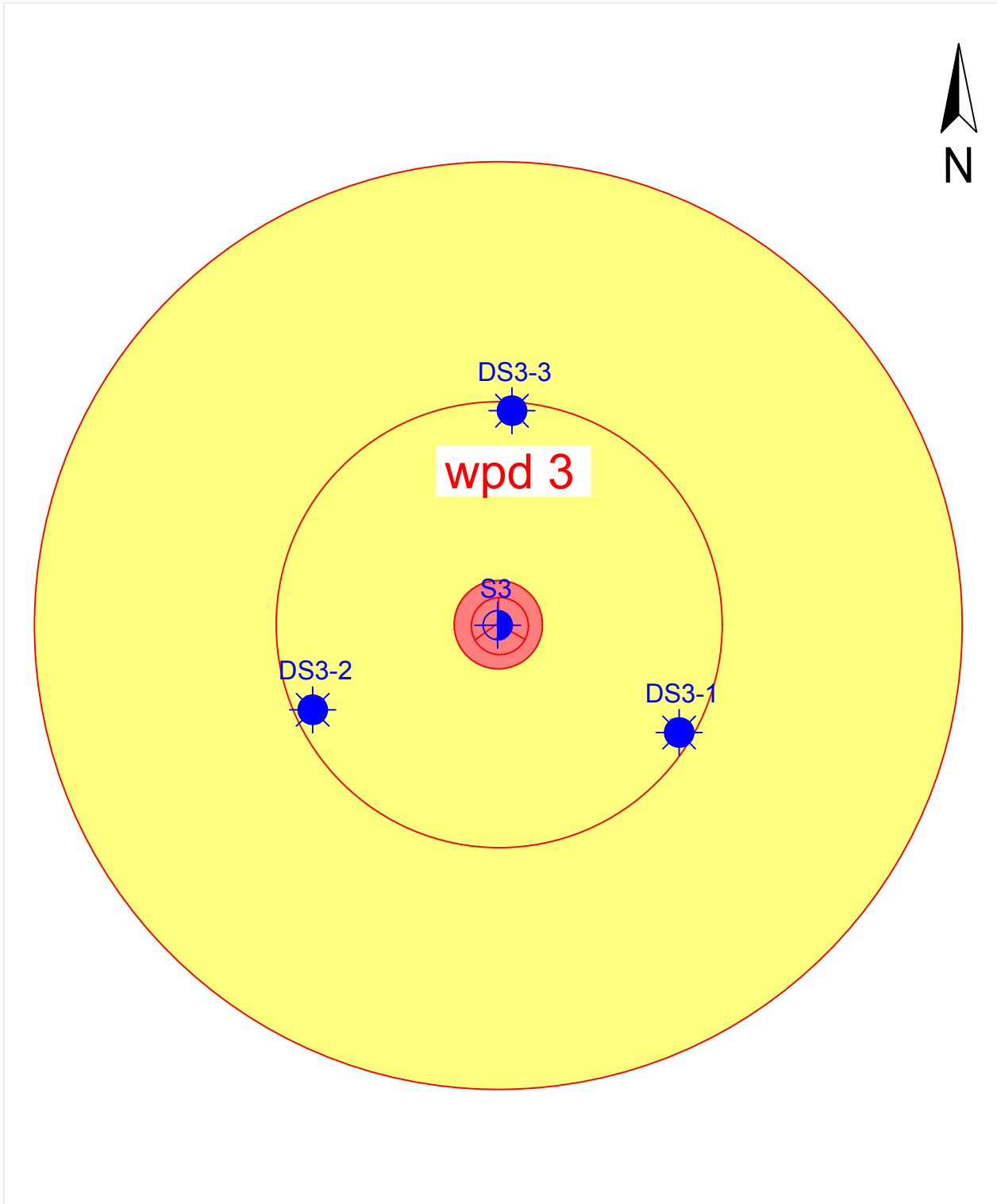
Übersicht



Anlage 2

Lageplanskizze

Lageplanskizze



ohne Maßstab



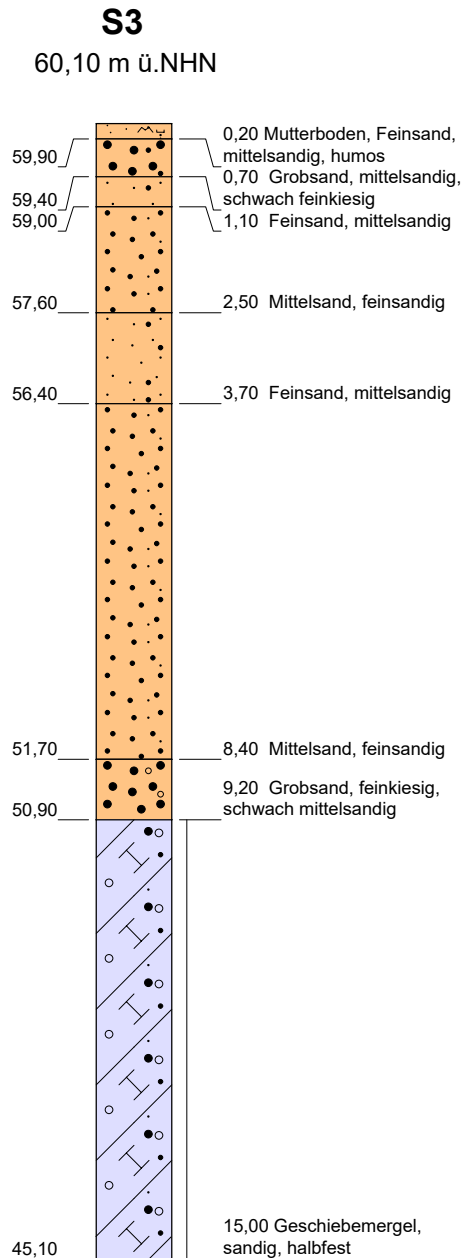
Kleinbohrung (S)

Drucksondierung CPT-E (DS)

Anlage 3

Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE



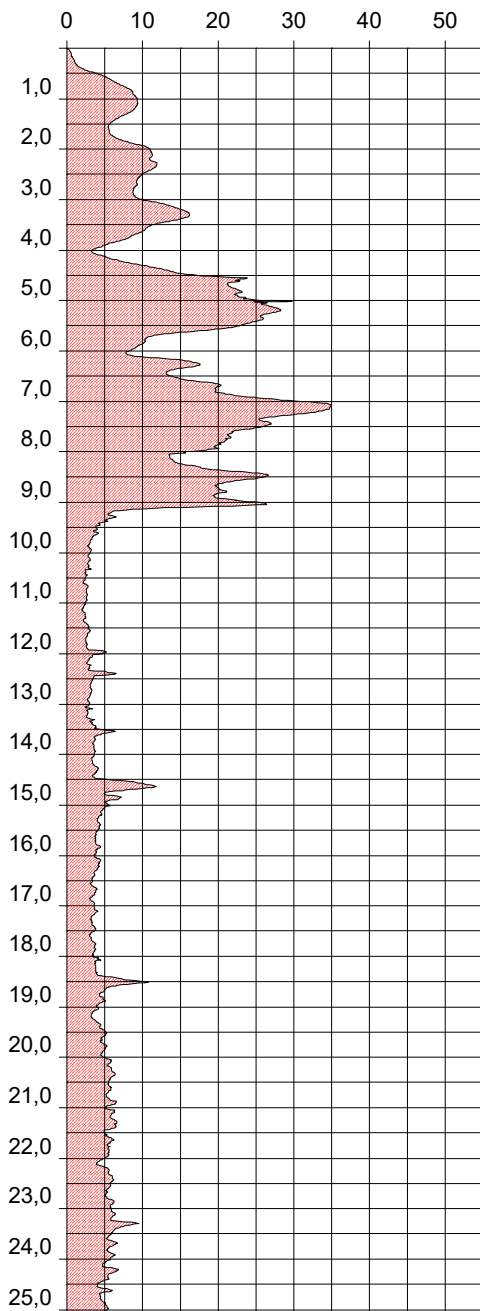
Höhenmaßstab 1:100

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS3-1

60,10 m ü.NHN

CPT-E

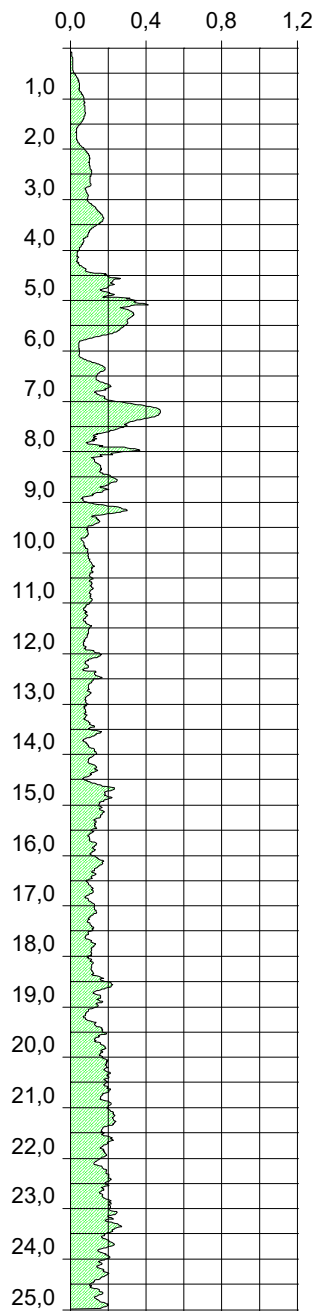


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS3-1

60,10 m ü.NHN

CPT-E

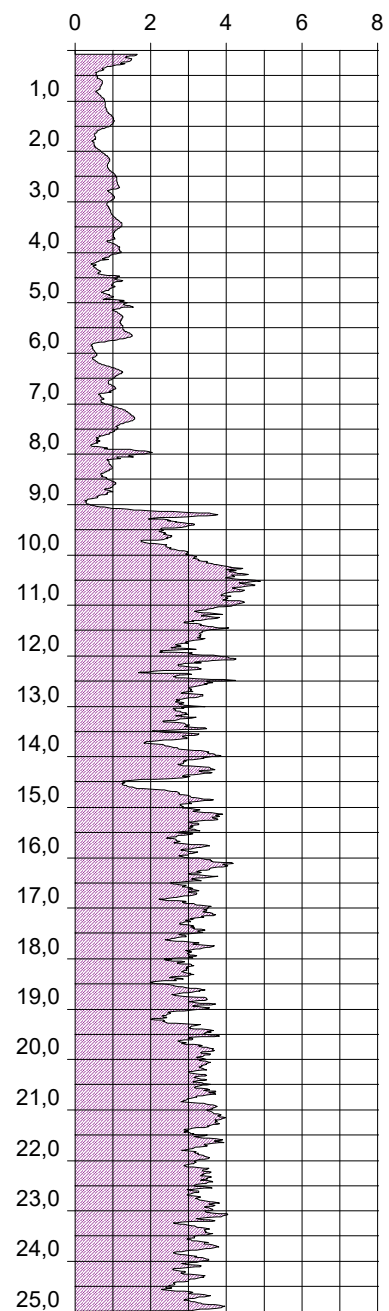


Mantelreibung f_s [MN/m²]

DS3-1

60,10 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

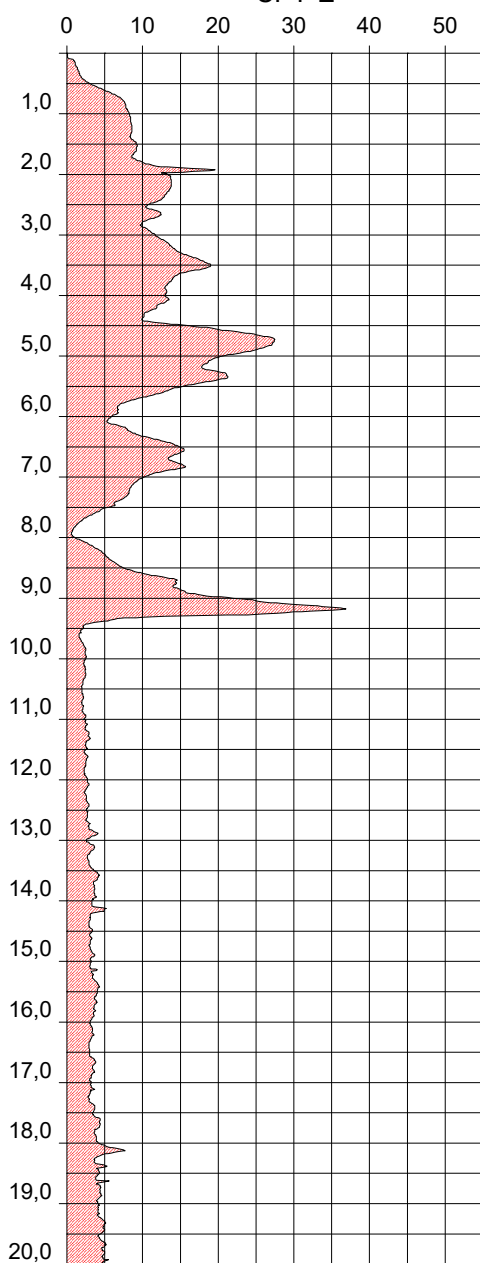
Höhenmaßstab 1:150

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS3-2

60,10 m ü.NHN

CPT-E

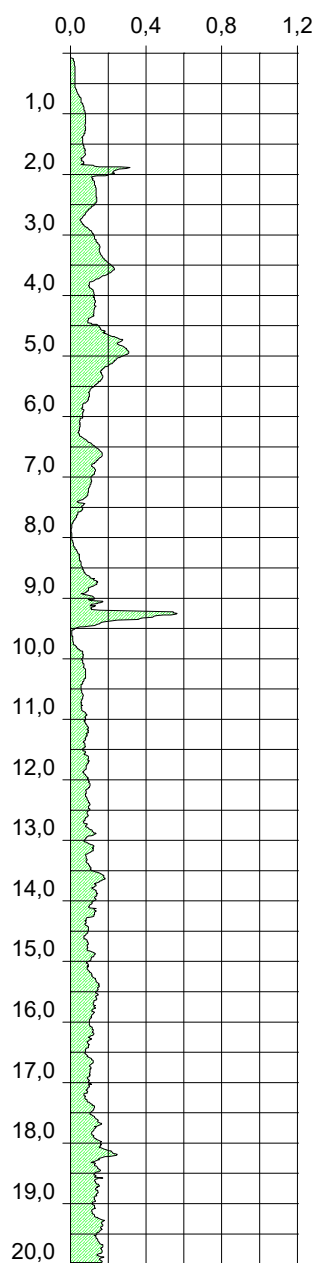


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS3-2

60,10 m ü.NHN

CPT-E

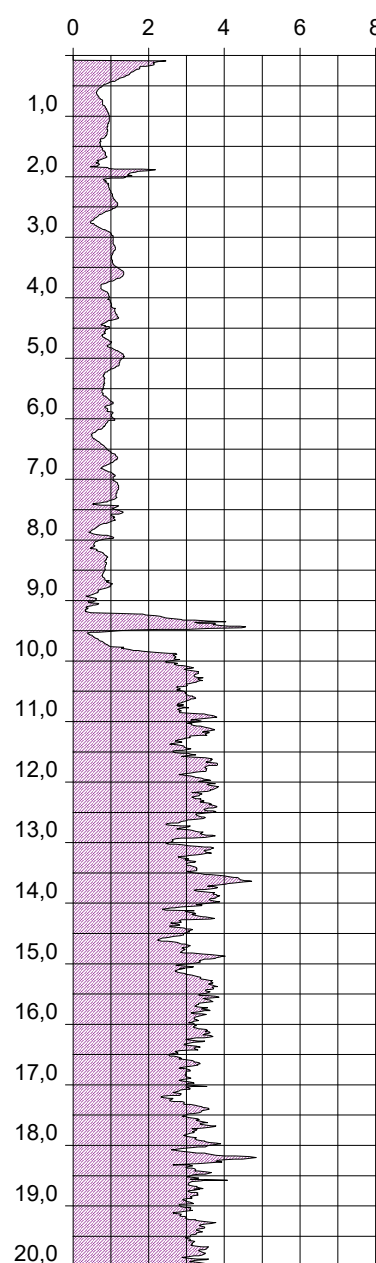


Mantelreibung f_s [MN/m²]

DS3-2

60,10 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

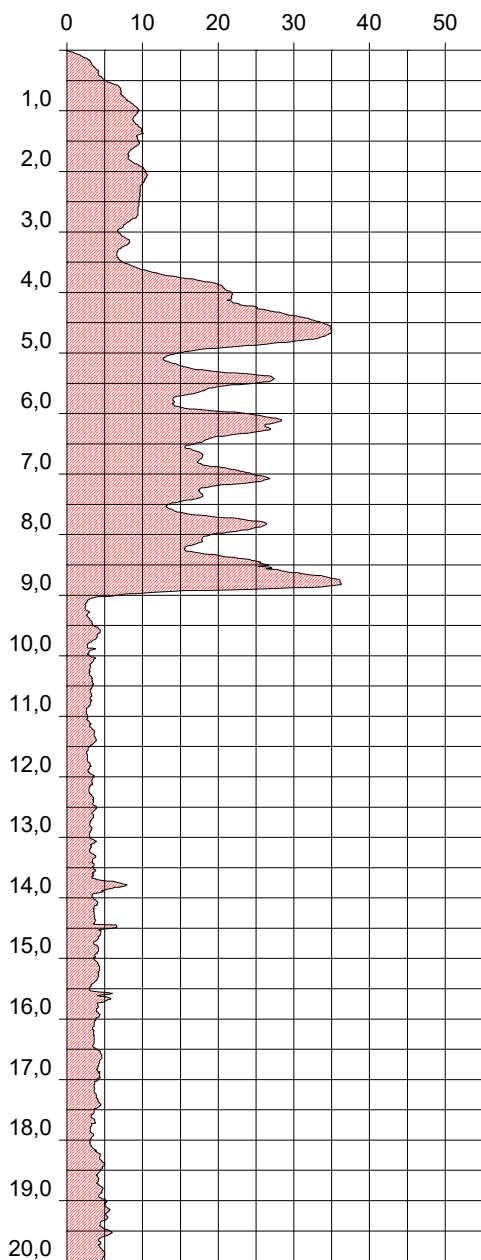
Höhenmaßstab 1:125

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS3-3

60,10 m ü.NHN

CPT-E

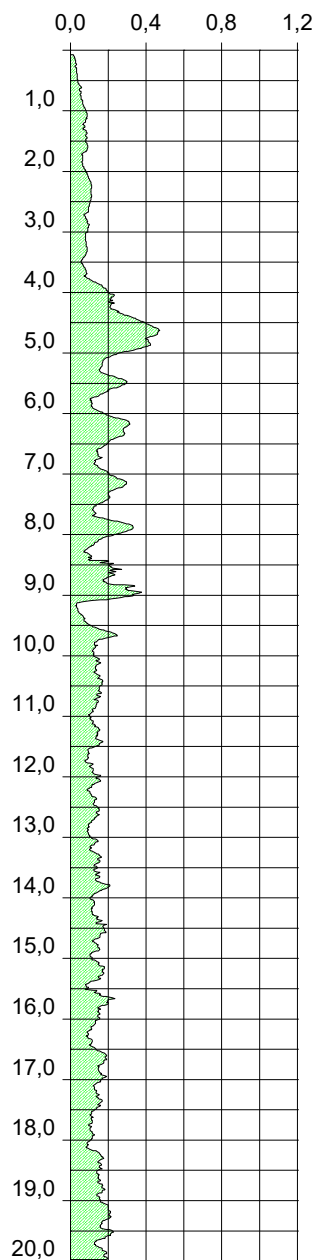


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS3-3

60,10 m ü.NHN

CPT-E

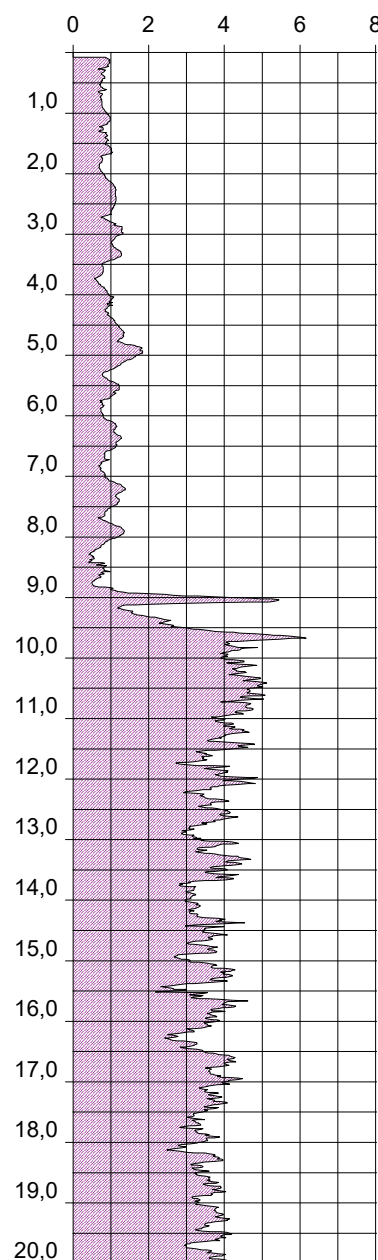


Mantelreibung f_s [MN/m²]

DS3-3

60,10 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

Höhenmaßstab 1:125

Anlage 4

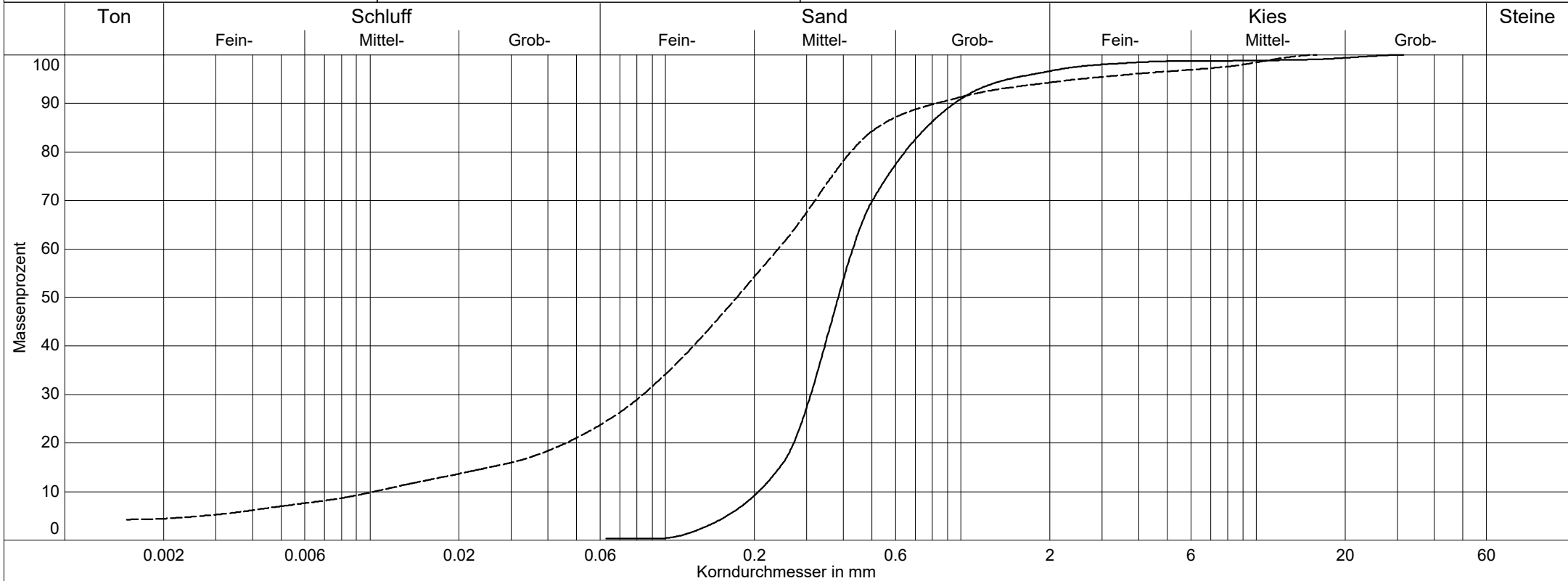
Kornverteilungen

FH Potsdam
FB Bauingenieurwesen
FG Grundbau und Bodenmechanik
Grundbaulabor

Kornverteilung

DIN EN ISO 17892-4

Projekt:	WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 3
Projektnr.:	L 62/232
Anlage:	27.10.2023
Datum:	4



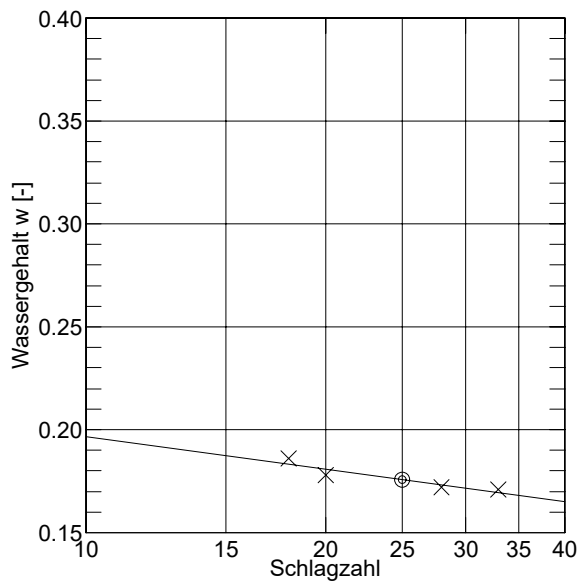
Labornummer	—— s3-2,5	----- s3-10,5		
Entnahmestelle	S3	S3		
Entnahmetiefe	1,1 -2,5 m	9,2-10,5 m		
Ungleichförm. Cu	2.1	23.3		
Krümmungszahl Cc	1.1	2.8		
Bodengruppe	SE	SÜ		
Anteil < 0.063 mm	0.3 %	24.5 %		
Frostempfindl.klasse	F1	F3		
kf nach Beyer	4.2E-04 m/s	6.4E-07 m/s		
kf nach USBR	- (d10 > 0.02)	3.0E-06 m/s		
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)	5.9E-07 m/s		

Anlage 5

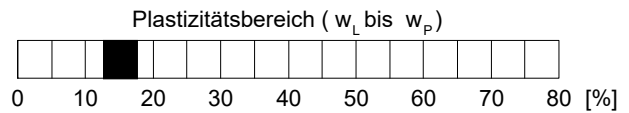
Konsistenzgrenzen

FH Potsdam	Projekt : WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 3
FB Bauingenieurwesen	Projektnr.: L 62/23
FG Grundbau und Bodenmechanik	Anlage : 5
Grundbaulabor	Datum : 27.10.2023
Zustandsgrenzen DIN EN ISO 17892-12	Labornummer: s3-10,5
	Entnahmestelle: S3
	Entnahmetiefe : 9,2-10,5 m

Behälter-Nr.	Fließgrenze				Ausrollgrenze			
	P13	P14	P12	W2	3	6	8	
Zahl der Schläge	28	33	18	20				
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_B$ [g]	57.78	60.17	64.14	62.47	29.71	30.38	30.33
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_B$ [g]	55.09	57.22	60.44	59.03	28.80	29.34	29.32
Behälter	m_B [g]	39.48	39.99	40.50	39.74	21.53	21.09	21.40
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	2.69	2.95	3.70	3.44	0.91	1.04	1.01
Trockene Probe	m_t [g]	15.61	17.23	19.94	19.29	7.27	8.25	7.92
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$	[-]	0.172	0.171	0.186	0.178	0.125	0.126	0.126



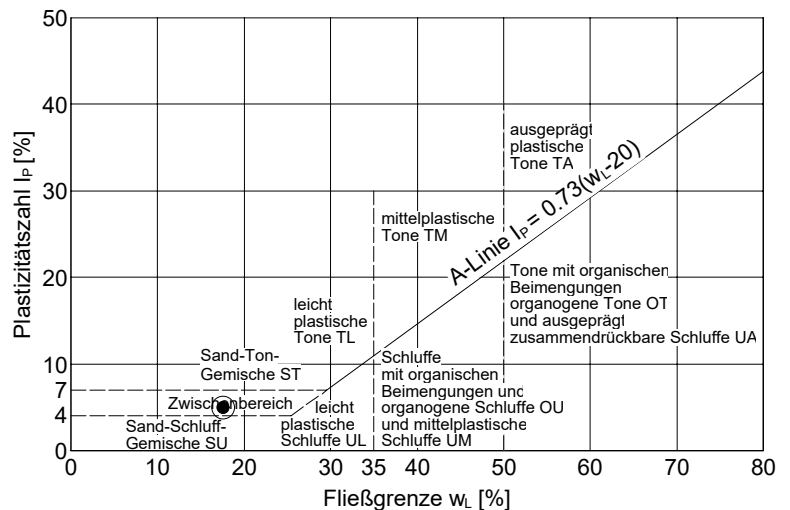
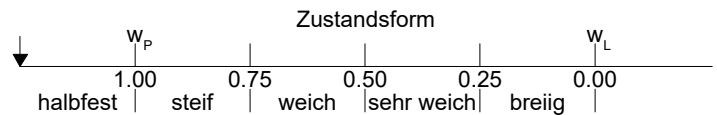
Wassergehalt $w_N = 0.111$
 Fließgrenze $w_L = 0.176$
 Ausrollgrenze $w_P = 0.126$



Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 0.050$

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P} = -0.300$

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P} = 1.300$



Anlage 6

Wassergehalte

FH Potsdam	Projekt : WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 3
FB Bauingenieurwesen	Projektnr.: L 62/23
FG Grundbau und Bodenmechanik	Anlage : 6
Grundbaulabor	Datum : 27.10.2023
Wassergehalt	Labor-Nr.: s3-12,0
	Aufschluss-Nr. S3
	Tiefe: 10,5-12,0 m

Schale Nr. H1	Schale u. Probe feucht [g]	= 181.42 g	Schale u. Probe trocken [g]	= 169.34 g
	Schale u. Probe trocken [g]	= 169.34 g	Gewicht Schale [g]	= 58.72 g
	Wassergehalt [g]	= 12.08 g	Probe trocken G [g]	= 110.62 g
			Wassergehalt [%]	= 10.9 %
Schale Nr.	Schale u. Probe feucht [g]	= g	Schale u. Probe trocken [g]	= g
	Schale u. Probe trocken [g]	= g	Gewicht Schale [g]	= g
	Wassergehalt [g]	= g	Probe trocken G [g]	= g
			Wassergehalt [%]	= %
			Mittel	= 10.9 %

Anlage 7

Betonaggressivität des Bodens

AGROLAB Agrar&Umwelt Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel

Ingenieurbüro für Geotechnik Kleen GmbH
Berliner Straße 124
14467 Potsdam

Datum 23.10.2023
Kundennr. 20122596

PRÜFBERICHT

Auftrag **2311623** Projekt: WP Müncheberg-Mittelheide - Auftrag Boden
Betonaggressivität
Analysennr. **211949** Mineralisch/Anorganisches Material
Probeneingang **11.10.2023**
Probenahme **04.10.2023**
Probenehmer **Auftraggeber**
Kunden-Probenbezeichnung **MP 03**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Trockensubstanz	u) %	°	97,2	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03(PL)
Säuregrad n. Baumann-Gully	u)*) ml/kg		49	0,1	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u)*) mg/kg	°	127	100	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u)*) mmol/kg	°	1	1	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfid leicht freisetzbar	u)*) mg/kg		<4,0	4	DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.)(PL)
Chlorid (Cl)	u)*) mg/kg		<10	10	DIN 4030-2 : 2008-06(PL)
Sulfid, gesamt	u)*) mg/kg		0,49	0,1	DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03(PL)

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

u) externe Dienstleistung eines AGROLAB GROUP Labors

Untersuchung durch

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen

Methoden

DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.); DIN 4030 (mod.); DIN 4030-2 : 2008-06; DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen, für die zitierte Methode akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Akkreditierungsverfahren: D-PL-14087-01-00 DAkkS

Methoden

DIN EN 14346 : 2007-03

Hinweis zum Probenahmedatum: Das Probenahmedatum ist eine Kundeninformation.

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "u)" gekennzeichnet.

Datum 23.10.2023
Kundennr. 20122596

PRÜFBERICHT

Auftrag **2311623** Projekt: WP Müncheberg-Mittelheide - Auftrag Boden
Betonaggressivität
Analysennr. **211949** Mineralisch/Anorganisches Material
Kunden-Probenbezeichnung **MP 03**

Beginn der Prüfungen: 11.10.2023
Ende der Prüfungen: 19.10.2023

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Das Laboratorium ist nicht für die vom Kunden bereitgestellten Informationen verantwortlich. Die ggf. im vorliegenden Prüfbericht dargestellten Kundeninformationen unterliegen nicht der Akkreditierung des Laboratoriums und können sich auf die Validität der Prüfergebnisse auswirken. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.



AGROLAB Agrar&Umwelt Frau Larissa Gorski, Tel. 0431/22138-581
Service Team Umwelt 1, Email: umwelt1.kiel@agrolab.de

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

Anlage 8





Stand sicherheitsnachweise

Berechnungsgrundlagen:

WP Müncheberg wpd3-P
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-P
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$

Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 8.00 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

Boden	Tiefe [m]	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	3.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md (Polster)
	3.50	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	9.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	>9.00	21.0/12.0	30.0	60.0	40.0	1.000	Mergel, sth

Ergebnisse Kreisringfundament

Kippnachweis nicht untersucht.
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 47652.40 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1375.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 218788.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 24.500 m
 Durchmesser (innen) d = 11.000 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.591$ m
 $a' = 12.502$ m
 $b' = 18.540$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.591$ m
 $a' = 12.502$ m
 $b' = 18.540$ m

Grundbruch:

Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 3358.1 / 2398.66$ kN/m²
 $R_{n,k} = 778386.82$ kN
 $R_{n,d} = 555990.59$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 47652.40 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 64330.74$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.116
 Kohäsionsglied = 376988.71 kN (k)
 Breitenglied = 375332.03 kN (k)
 Tiefenglied = 26066.08 kN (k)
 cal $\varphi = 30.8^\circ$
 cal c = 38.83 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 15.22$ kN/m³
 cal $\sigma_u = 4.32$ kN/m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 31.49$; $N_{d0} = 19.58$; $N_{b0} = 10.97$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.361$; $v_d = 1.343$; $v_b = 0.798$

Neigungsbeiwerte (x):

$i_c = 0.952$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.927$
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 32.26$; $N_{d0} = 20.27$; $N_{b0} = 11.51$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.364$; $v_d = 1.346$; $v_b = 0.798$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.952$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.927$

Gleitwiderstand:

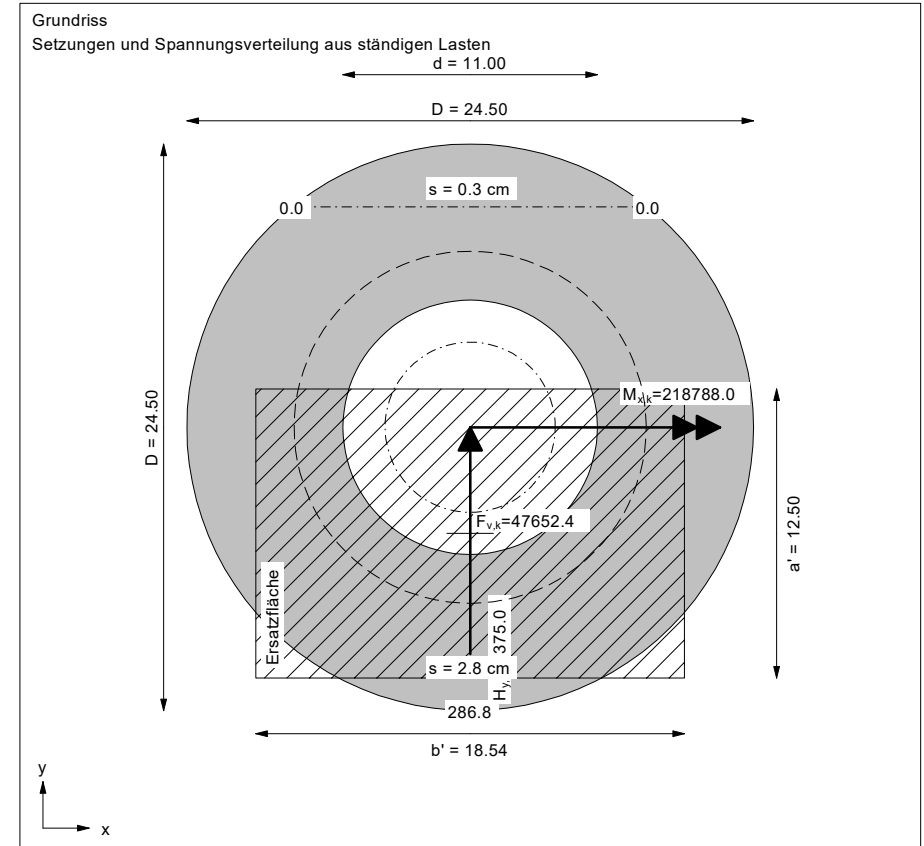
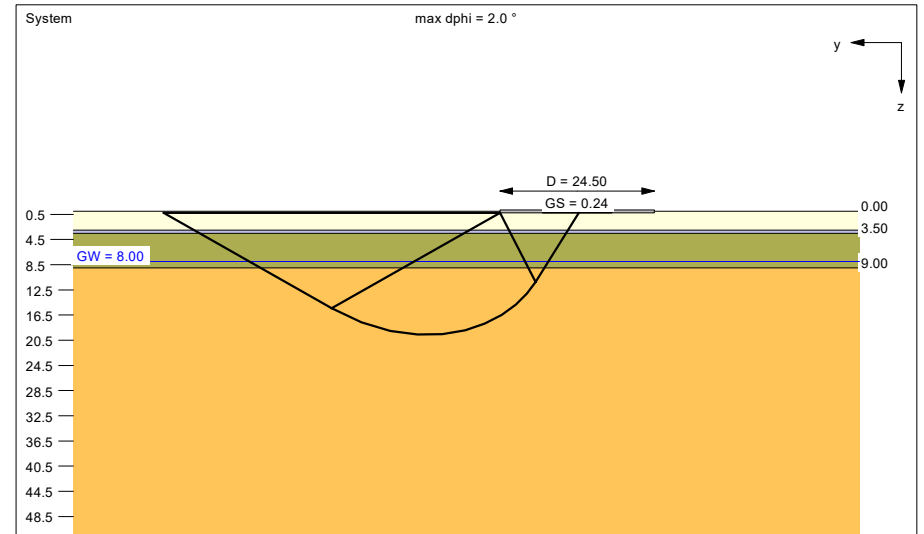
Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47652.40 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27598.12$ kN
 $T_d = 1856.25$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.067$

Setzung infolge ständiger Lasten:

Grenztiefe $t_g = 13.46$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.55 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.27 cm
 unten = 2.84 cm

Verdrehung(x) (KP) = 1 : 804.7

Nachweis EQU:
 $M_{stb} = 47652.4 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 525367.7$
 $M_{dst} = 218788.0 \cdot 1.10 = 240666.8$
 $\mu_{EQU} = 240666.8 / 525367.7 = 0.458$







Berechnungsgrundlagen:

WP Müncheberg wpd3-A
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-A
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\gamma_G = 1.10$
 $\gamma_Q = 1.10$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$

Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,stab} = 0.95$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 8.00 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

Boden	Tiefe [m]	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	3.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md (Polster)
	3.50	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	9.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	>9.00	21.0/12.0	30.0	60.0	40.0	1.000	Mergel, sth

Ergebnisse Kreisringfundament

Kippnachweis nicht untersucht.
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 47692.40 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1650.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 262685.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 24.500 m
 Durchmesser (innen) d = 14.000 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.508$ m
 $a' = 10.185$ m
 $b' = 16.530$ m
 Unter Gesamlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.508$ m
 $a' = 10.185$ m
 $b' = 16.530$ m

Neigungsbeiwerte (x):

$i_c = 0.942$; $i_d = 0.945$; $i_b = 0.912$
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 32.78$; $N_{d0} = 20.72$; $N_{b0} = 11.87$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.334$; $v_d = 1.318$; $v_b = 0.815$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.942$; $i_d = 0.945$; $i_b = 0.912$

Gleitwiderstand:

Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47692.40 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27621.28$ kN
 $T_d = 1815.00$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.066$

Setzung infolge ständiger Lasten:

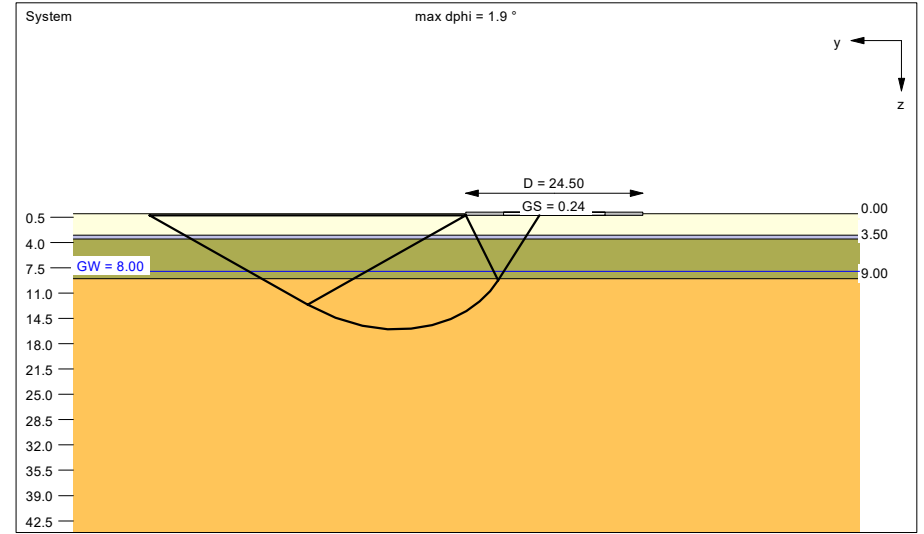
Grenztiefe $t_g = 14.34$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.81 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.20 cm
 unten = 3.42 cm

Verdrehung(x) (KP) = 1 : 642.0

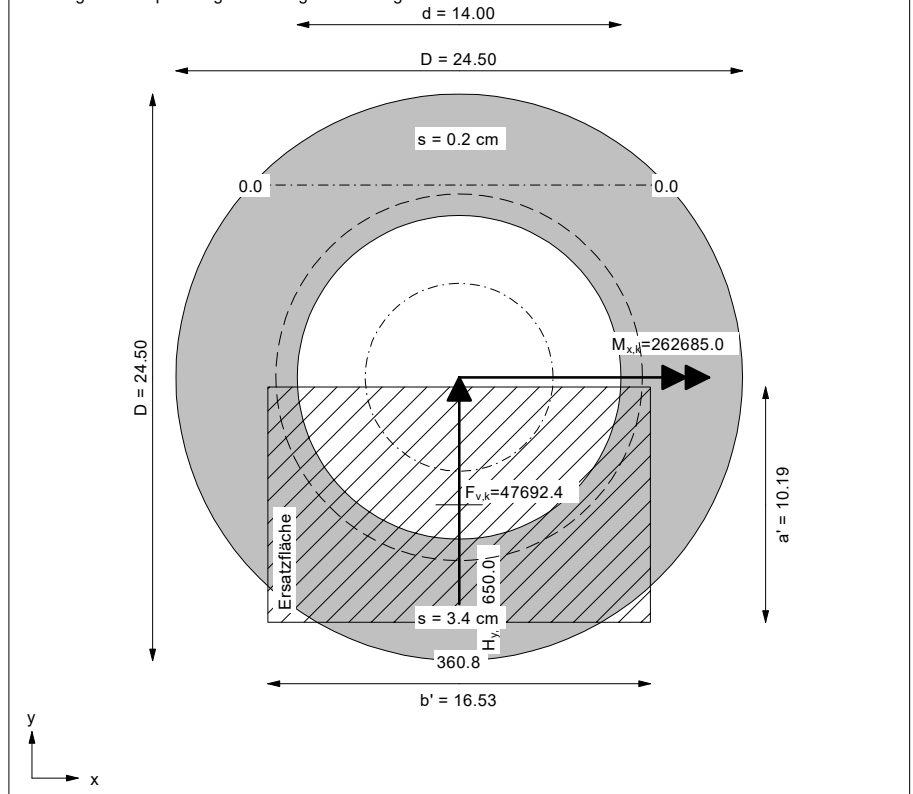
Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 47692.4 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 555020.3$
 $M_{dst} = 262685.0 \cdot 1.00 = 262685.0$
 $\mu_{EQU} = 262685.0 / 555020.3 = 0.473$

Grundbruch:

Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 2931.3 / 2442.74$ kN/m²
 $R_{n,k} = 493499.15$ kN
 $R_{n,d} = 411249.29$ kN
 $V_d = 1.10 \cdot 47692.40 + 1.10 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 52461.64$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.128
 Kohäsionsglied = 235369.97 kN (k)
 Breitenglied = 239367.87 kN (k)
 Tiefenglied = 18761.31 kN (k)
 cal $\varphi = 31.0^\circ$
 cal c = 33.96 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 15.82$ kN/m³
 cal $\sigma_u = 4.32$ kN/m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 31.66$; $N_{d0} = 19.73$; $N_{b0} = 11.08$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.331$; $v_d = 1.314$; $v_b = 0.815$



Grundriss
 Setzungen und Spannungsverteilung aus ständigen Lasten



- BAUGRUNDUNTERSUCHUNGEN
- BAUGRUNDGUTACHTEN
- GRÜNDUNGSBERATUNG
- ALTLASTERKUNDUNGEN
- KONTAMINATIONS-GUTACHTEN
- GRUNDBAUSTATIK
- BAULEITUNG · PLANUNG

GEOTECHNISCHER ENTWURFSBERICHT

108-23wpd4

Bauvorhaben: Windpark Müncheberg - Mittelheide
wpd 4

Auftraggeber: Naturwind Potsdam GmbH
Hegelallee 41
14467 Potsdam

Bearbeiter: M.Sc. B. Tamme
Prof. Dr.-Ing. H. Kleen

Umfang: 11 Seiten
6 Anlagen

Datum: 17.11.2023

1. VERANLASSUNG

Unser Büro wurde am 31.07.2023 durch die Naturwind Potsdam GmbH schriftlich beauftragt, für die im Windpark Müncheberg - Mittelheide geplante Windkraftanlage wpd 4, einen Geotechnischen Entwurfsbericht, einschließlich der notwendigen Feld- und Laboruntersuchungen, anzufertigen.

2. UNTERLAGEN

Für die Bearbeitung standen die nachfolgend aufgeführten Unterlagen zur Verfügung:

- U 2.1 Geologische Karte, M.: 1 : 25.000, über www.geo.brandenburg.de/gk25/, Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
- U 2.2 Unser Geotechnischer Entwurfsbericht zum Bauvorhaben „Windpark Müncheberg-Mittelheide WEA11, vom 27.11.2020 nebst Unterlagen
- U 2.3 Prüfbericht für eine Typenprüfung, Vestas V162-5.4/5.6/6.0/6.2 MW mit 169 m Nabenhöhe, D = 24,5 m, Kreisringfundament mit Auftrieb, Prüfnr.: 3108363-23-d Rev.4, der TÜV SÜD Industrie Service GmbH aus München, vom 25.02.2022
- U 2.4 Lageplan zum Projekt Müncheberg-Mittelheide, der naturwind potsdam GmbH, M.: 1 : 12.000, vom 28.07.2023
- U 2.5 Geländeordinaten der Windkraftanlagenmittelpunkte, übersandt am 01.11.2023 durch das zuständige Vermessungsbüro Horst Möhring aus Frankfurt Oder
- U 2.6 Ergebnisse der Drucksondierungen der Firma Fugro Germany Land GmbH aus Berlin, übersandt am 31.10.2023
- U 2.7 Ergebnisse bodenmechanischer Laboruntersuchungen der Fachhochschule Potsdam, Fachgebiet Grundbau und Bodenmechanik, vom 27.10.2023 (L63/23)
- U 2.8 Prüfbericht zur Betonaggressivität des Bodens, WP Müncheberg - Mittelheide / MP04 (wpd 4), der Agrolab Agrar und Umwelt GmbH aus Kiel, Analysennummer: 211950 vom 23.10.2023

3. BAUGRUNDSTÜCK UND BAUWERK

Der Standort für den Neubau einer Windkraftanlage befindet sich zwischen dem Maxsee und Schönfelde, südlich des Müncheberger Ortsteils Hoppegarten, innerhalb des geplanten Windparks Müncheberg - Mittelheide.

Hier soll, auf der forstwirtschaftlich genutzten Fläche, die Windkraftanlage wpd 4 vom Typ V162-6.2 MW mit Hybridturm und einer Nabenhöhe von 169 m auf einem Kreisringfundament, mit einem Außendurchmesser von $D = 24,5$ m, auf einer 0,1 m starken Sauberkeitsschicht in einer Tiefe von ca. 0,24 m unter Gelände, flach gegründet werden.

Die Geländehöhe am Standort der Windkraftanlage wpd 4 liegt auf einer Ordinate von ca. 59,6 m über NHN.

Die Lage der geplanten Windkraftanlage geht aus der Anlage 1 und der Anlage 2 hervor.

4. BAUGRUND

4.1 Vorkenntnisse

Der Windpark Müncheberg - Mittelheide befindet sich im Bereich einer im Pleistozän gebildeten Hochfläche.

Hier ist mit Schmelzwasserablagerungen in Form von feinkörnigen, schwach mittelkörnigen Sanden, die zum Teil schwach schluffige Beimengungen beinhalten, zu rechnen (s. Unterlage U 2.1).

Gemäß der Unterlage U 2.2 stehen nordöstlich des hier betrachteten Standortes, unterhalb einer ca. 0,2 m starken, sandigen, schwach humosen Oberbodenschicht, bis zur Aufschlussendteufe von 15,0 m unter Gelände, Mittel- und Grobsande an, die von sandigem Geschiebemergel unterlagert werden.

Die Sande sind bis in eine Tiefe von ca. 11,5 m unter Gelände sehr locker, locker und mitteldicht, darunter mindestens mitteldicht gelagert; der Geschiebeboden besitzt eine halbfeste Zustandsform.

4.2 Baugrunduntersuchungen

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurde im Bereich der geplanten Windkraftanlage wpd 4 eine Kleinbohrung (S4) bis zu einer Endteufe von 15,0 m unter Gelände angeordnet. Auf Grund von massiven Steinhindernissen im Baugrund, in einer Tiefenlage von ca. 1,5 m unter Gelände, musste die Kleinbohrung S4 mehrfach umgesetzt und schließlich in einer Tiefe von ca. 11,3 m unter Gelände abgebrochen werden.

Zur Feststellung der Lagerungsdichte bzw. der Festigkeit des anstehenden Baugrundes wurden zudem die drei Drucksondierungen (CPT-E) DS4-1 bis DS4-3 bis in Tiefen von 20,0 m und 25,0 m unter Gelände vorgesehen.

Da der Zugang wegen der dichten Bewaldung am Standort für das Drucksondiergerät nicht an allen geplanten Untersuchungspunkten gegeben war, wurden hier darüber hinaus die drei Rammsondierungen mittels schwerer Rammsonde (DPH) R4-1 bis R4-3 bis in eine Tiefe von jeweils 20,0 m unter Gelände angeordnet.

Auf Grund der hohen Baugrundfestigkeiten sowie vermutlich eingelagerter Findlinge, mussten dabei sämtliche Sondierungen in Tiefen zwischen ca. 11,0 m und 16,0 m unter Gelände abgebrochen werden.

Die Einmessung und Kennzeichnung des Untersuchungsstandortes erfolgte durch das beauftragte Vermessungsbüro (vgl. Unterlage U 2.5).

Die Lage der genannten Aufschlüsse ist aus der Anlage 1 und der Anlage 2 ersichtlich.

4.3 Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

Auf der Grundlage des, während der Feldarbeiten erstellten Schichtenverzeichnisses und einer durch uns vorgenommenen Bodenansprache, wurde das in der Anlage 3 dokumentierte Schichtenprofil angefertigt. Zudem sind innerhalb der Anlage 3 die Ergebnisse der Ramm- und Drucksondierungen dargestellt.

Im Einzelnen kann damit am Standort der geplanten Windkraftanlage wpd 4 von folgendem Baugrundaufbau ausgegangen werden:

Unterhalb einer ca. 0,2 m starken, sandigen und humosen Oberbodenschicht (Mutterboden) stehen bis zur Aufschlussentiefe nicht bindige Böden als Mittel- und Grobsande sowie Feinkiese an, die insbesondere oberflächennah von Findlingen durchsetzt werden.

Die Ramm- und Drucksondierungen bestätigen die erkundeten Baugrundverhältnisse im Wesentlichen und ergeben für die nicht bindigen Böden bis in eine Tiefe von ca. 2,0 m unter Gelände eine lockere und mitteldichte, darunter eine überwiegend mindestens mitteldichte und dichte, lokal, insbesondere in Tiefen zwischen ca. 3,0 m und 4,5 m unter Gelände (DS4-2), eine lockere Lagerung.

Darüber hinaus zeigen die Drucksondierungen, dass die nicht bindigen Böden, ab einer Tiefe von ca. 11,0 m unter Gelände, von Geschiebemergellagen durchzogen werden, denen mit einem Reibungsverhältnis $R_f > 2\%$, eine halbfeste Zustandsform zugewiesen werden kann.

Körnungslinien repräsentativer Böden sind innerhalb der Anlage 4 dargestellt.

5. HOMOGENBEREICHE / BODENKLASSIFIZIERUNG

Die im Bereich des Untersuchungsstandortes anstehenden Böden können gemäß VOB Teil C, Ausgabe 2012 und Ausgabe 2015, DIN 18196:2011-05 sowie ZTV E-StB 17 wie folgt eingestuft und klassifiziert werden:

Oberboden

Bodengruppe:	OH
Lagerung:	locker
Frostempfindlichkeit:	gering bis mittel frostempfindlich (F2)

Der Oberboden entspricht nach VOB Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 1 (Oberboden). Nach DIN 18915:2002-08 kann der Oberboden für vegetationstechnische Zwecke der Bodengruppe 2 zugeordnet werden.

Homogenbereich A / Sande

Bodengruppe:	SE
Lagerung:	bis ca. 2,0 m: locker ab ca. 2,0 m: mindestens mitteldicht, lokal locker
Verdichtungsfähigkeit:	gut bis mittel
Frostempfindlichkeit:	nicht frostempfindlich (F1)
Durchlässigkeit [m/s]:	$k_f = 1 \times 10^{-3}$ bis 1×10^{-4}

Die Sande entsprechen nach VOB, Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 3 (leicht lösbare Bodenarten).

Homogenbereich B / Geschiebemergel

Bodengruppe:	SU*, TL
Festigkeit:	halbfest
Verdichtungsfähigkeit:	SU*: mittel TL: mäßig
Frostempfindlichkeit:	sehr frostempfindlich (F3)
Durchlässigkeit [m/s]:	$k_f < 1 \times 10^{-7}$

Der Geschiebemergel entspricht nach VOB, Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 4 (mittelschwer lösbare Bodenarten).

Innerhalb und unmittelbar oberhalb des Geschiebehorizontes ist mit Findlingen zu rechnen.

Werden weiterreichende Angaben zu Körnungsbändern, zur Dichte und zur Festigkeit anstehender Böden erforderlich, sind ggf. zusätzliche Labor- bzw. Feldversuche durchzuführen.

6. GRUNDWASSER

Während der Baugrunduntersuchungen im September 2023 wurde kein Grundwasser angeschnitten.

Da im Gründungsbereich kein Grundwasser ansteht, wurde hier ersatzweise eine Bodenprobe hinsichtlich Betonaggressivität untersucht.

Als Ergebnis konnte festgestellt werden, dass der anstehende Boden hier als nicht betonangreifend einzustufen ist, was gemäß DIN EN 206-1 zu der Expositionsklasse XAI führt.

Die Einzelergebnisse der Bodenanalytik können der Unterlage U 2.8, die innerhalb der Anlage 5 dargestellt ist, entnommen werden.

7. BODENKENNWERTE

Für erdstatische Berechnungen können, auf Grund der Ansprache der gelieferten Proben, der Bohr- und Sondierergebnisse und unserer Erfahrung die charakteristischen Bodenkennwerte der folgenden Tabelle 1 angesetzt werden.

Die Tiefenlagen der Bodenschichten sind dem Schichtenprofil, welches innerhalb der Anlage 3 dargestellt ist, zu entnehmen.

Tabelle 1: charakteristische Bodenkennwerte

Bodenart	Bodenkennwerte				
	Wichte	Reibungswinkel	Kohäsion	Querdehnzahl	Steifeziffer stat. / dyn.
	γ_k / γ'_{k}	φ'_{k}	$c'_{k} / c_{u,k}$	ν	$E_{s,k} / E_{sd,k}$
	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[-]	[MN/m ²]
Oberboden	17 / 9	30,0	-- / --	-- / --	-- / --
Sand					
locker (lo)	18 / 10	30,0	-- / --	0,32	40 / 170
mitteldicht (md)	18 / 11	32,5	-- / --	0,32	80 / 260
dicht (d)	19 / 11	35,0	-- / --	0,32	150 / 420
Geschiebeboden halbfest (sth)	21 / 12	30,0	60 / 100	0,35	40 / 170

8. ANGABEN ZUR GRÜNDUNG, ZUWEGUNG UND KRANSTELLFLÄCHE

8.1 Gründung

Der erkundete Baugrundaufbau und die ermittelten Baugrundfestigkeiten erlauben für die Windkraftanlage wpd 4 die Ausführung einer Flachgründung mittels Kreisringfundament.

Zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit und Standsicherheit der Anlage werden dazu vorab jedoch Bodenverbesserungen erforderlich, die hier über ein einzubauendes Gründungspolster realisiert werden können.

Im Einzelnen sind hierzu folgende Voraussetzungen einzuhalten:

Die im Gründungsbereich anstehenden bereichsweise weniger tragfähigen, locker gelagerten Sande sind bis in eine Tiefe von ca. 1,6 m unter Gelände vollständig gegen mindestens mitteldicht gelagertes rolliges Material auszutauschen.

Hierbei ist zu beachten, dass nach Freilegung der Austauschenebene, die gewachsenen Sande mit einer Tiefenwirkung von mindestens 0,4 m nach verdichtet werden.

Das nachfolgend einzubringende rollige Polstermaterial hat zur besseren Verdichtbarkeit eine Ungleichförmigkeit von $U > 6$ aufzuweisen. Die Polsterlagen sollten bis zur geplanten Gründungssohle, mit maximalen Stärken von 0,3 m unter Berücksichtigung eines Ausbreitungswinkels von 45° , so verdichtet eingebracht werden, dass durchweg eine mindestens mitteldichte Lagerung vorherrscht.

Die Güte des Austauschbodens und der Sohle sind durch geeignete Versuche, wie Plattendruck- oder Proctorversuche nachzuweisen.

Bei Einhaltung der o.g. Gründungshinweise und unter Zugrundelegung der in Tabelle 1 angegebenen Bodenkennwerte, werden die Anforderungen an die Windkraftanlage des Typs V162-6.2 MW mit einer Nabenhöhe von 169 m mit einem Fundamentdurchmesser $D = 24,5$ m, von jeder erkundeten Baugrundsicht erfüllt.

Die ermittelten statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten gemäß der Unterlage U 2.5 für die anstehenden Bodenschichten können der folgenden Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: wpd 4 - statische und dynamische Drehfedersteifigkeiten

Bodenart	Tiefe [m u. GOK]	r_E [m]	v [-]	E_{S,stat.} [MN/m²]	k_{φ,stat} [MNm/rad]	E_{S,dyn.} [MN/m²]	k_{φ,dyn} [MNm/rad]
Polster Sand (md)	> 0,35	12,25	0,32	80	152.600	260	496.100
Sand (lo)	> 3,0	13,93	0,32	40	112.200	170	476.900
Sand (md)	> 4,5	14,79	0,32	80	268.600	260	873.100

r _E	Ersatzradius
v	Querdehnzahl
E _{S,stat.}	Steifesziffer, statisch
E _{S,dyn.}	Steifesziffer, dynamisch
k _{φ,stat}	Drehfedersteifigkeit, statisch
k _{φ,dyn}	Drehfedersteifigkeit, dynamisch

Damit liegen die vorhandenen statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten jeder erkundeten Schicht über den geforderten Werten von $k_{\phi,stat} \geq 40.000$ bzw. $k_{\phi,dyn} \geq 200.000$ [MNm/rad].

Die angegebenen Sohlspannungen können vom Baugrund aufgenommen werden.

Bei sorgfältiger Ausführung der Gründungsarbeiten und Einhaltung der vor genannten Voraussetzungen wird die Absolutsetzung der Windkraftanlage 3,0 cm nicht überschreiten.

In Folge der erfolgten Baugrundverbesserung werden damit keine relevanten, baugrundbedingten Setzungsunterschiede auftreten.

Die Standsicherheit der Windkraftanlage ist gegeben; die zum Nachweis geführten Berechnungen für die Bemessungssituationen BS-P und BS-A können der Anlage 6 entnommen werden.

8.2 Zuwegung und Kranstellfläche

Unter der Voraussetzung, dass der in Abschnitt 4 beschriebene Baugrundaufbau im Bereich der Verkehrsflächen hier übertragbar ist, kann hierzu zusammenfassend von den nachfolgenden Gegebenheiten und Anforderungen ausgegangen werden:

- Die bis in eine Tiefe von mindestens ca. 0,2 m unter Gelände anstehende Oberbodenschicht ist gänzlich zu entfernen und gegen ein verdichtet eingebrachtes rolliges Material zu ersetzen. Die nach Aushub der Oberböden freiliegenden Sande sind mit einer Tiefenwirkung von mindestens 0,4 m nach zu verdichten.
- Der Einbau von Austausch-, Trag- und Frostschutzschichten hat lagenweise, in Abhängigkeit des eingesetzten Verdichtungsgerätes, mit Stärken von 20 cm bis 30 cm, zu erfolgen.
- Auszuführende Gründungspolster sind immer, sofern nicht durch andere konstruktive Maßnahmen die seitliche Stützung des Polsters erreicht wird, mit einer Verbreiterung entsprechend des Lastverteilungswinkels von ca. 45° bis auf die Solltiefe zu führen.
- Die Verdichtungsanforderungen an die Zuwegung und die Kranstellfläche können grundsätzlich, unter Einhaltung der o.g. Anforderungen, sowohl für den Untergrund mit $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$, den Tragschichtaufbau mit $E_{V2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ und die Deckschichten mit $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verhältniswert $E_{V2} / E_{V1} \leq 2,3$ nachgewiesen werden.
- Die geforderten Mindesttragfähigkeiten des Planums sind vor Ort durch geeignete Verdichtungskontrollen, wie beispielsweise Plattendruckversuche, zu überprüfen.

9. ERGÄNZENDE HINWEISE UND EMPFEHLUNGEN

- Die durchgeführten Untersuchungen liefern lediglich einen stichprobenartigen Aufschluss im Bereich der geplanten Windkraftanlage. Sollte sich bei den Gründungsmaßnahmen die Bodensituation örtlich anders darstellen als von uns bisher erkundet, sind wir darüber zu informieren.

Der Untersuchungsbereich gehört zu keiner Erdbebenzone.

- Der unterhalb der Oberböden überwiegend anstehende gewachsene Sand, mit einer Feuchtwichte von $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, eignet sich grundsätzlich zur Überschüttung und Wiederanfüllung, auch für die Schnittstellen zwischen Fundamentarbeitsraum und Kranstellfläche. Die Überschüttung muss dabei mindestens 0,5 m betragen.
- Für die im Gründungsbereich der Windkraftanlage anstehenden Sande kann mit einem abgeschätzten spezifischen Erdwiderstand zwischen 300 und 1000 Ωm gerechnet werden.
- Die Gründungs- und ggf. erforderlichen Baugrundverbesserungsarbeiten sollten geotechnisch begleitet und überwacht werden.
- Das Bauvorhaben ist in die geotechnische Kategorie GK-3 einzuordnen. Folgerichtig ist nach den Vorgaben der DIN 1054 der Geotechnische Entwurfsbericht zur Fortschreibung zu bringen.
- Für ergänzende Erläuterungen und Beratungen stehen wir gerne zur Verfügung.



Prof. Dr.-Ing. H. Kleen



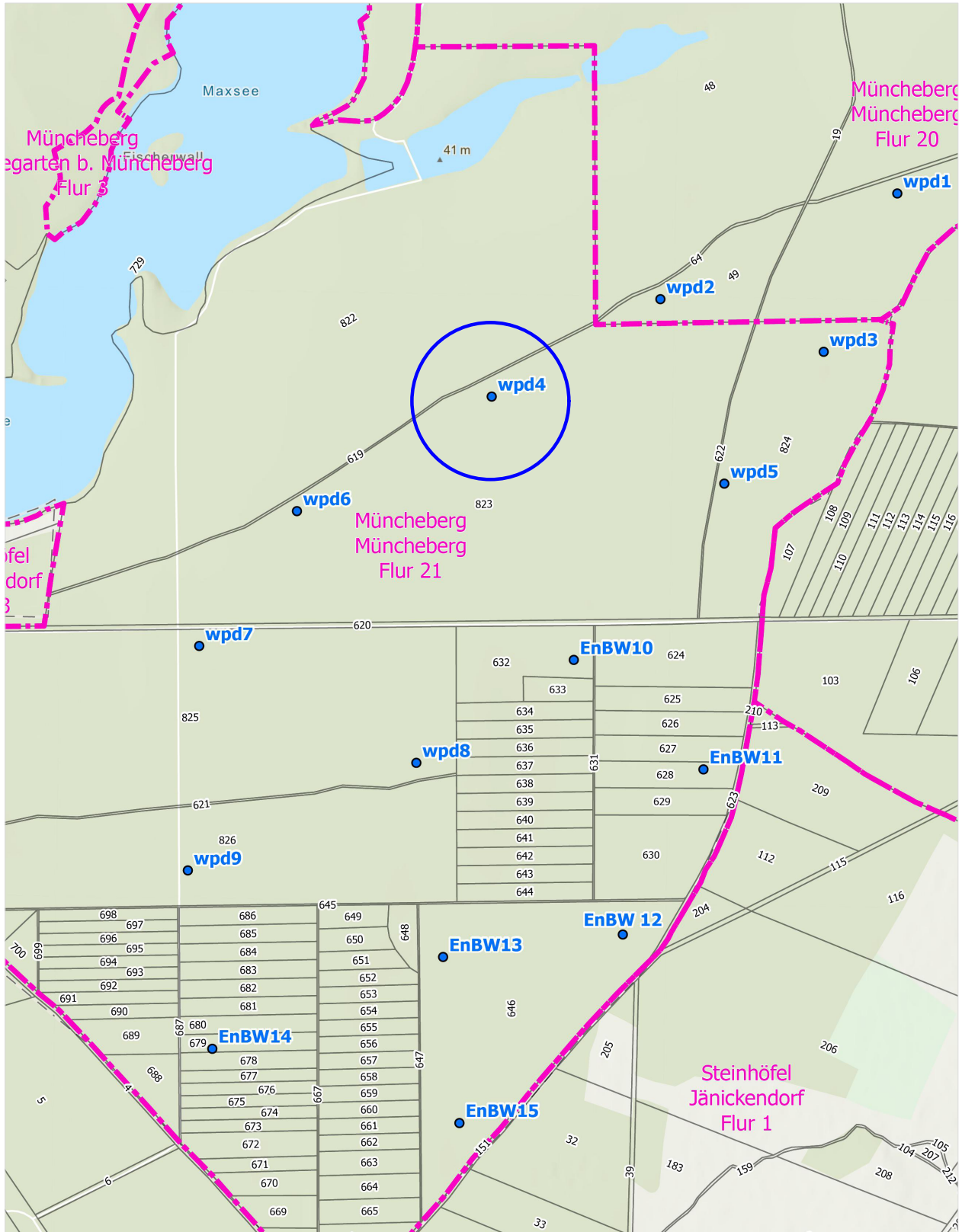
M. Sc. B. Tamme

ANLAGEN	SEITEN
1. Übersicht	1
2. Lageplan mit Aufschlussansatzpunkten	1
3. Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse	4
4. Körnungslinien	1
5. Betonaggressivität Boden	2
6. Standsicherheitsnachweise	2

Anlage 1

Übersicht

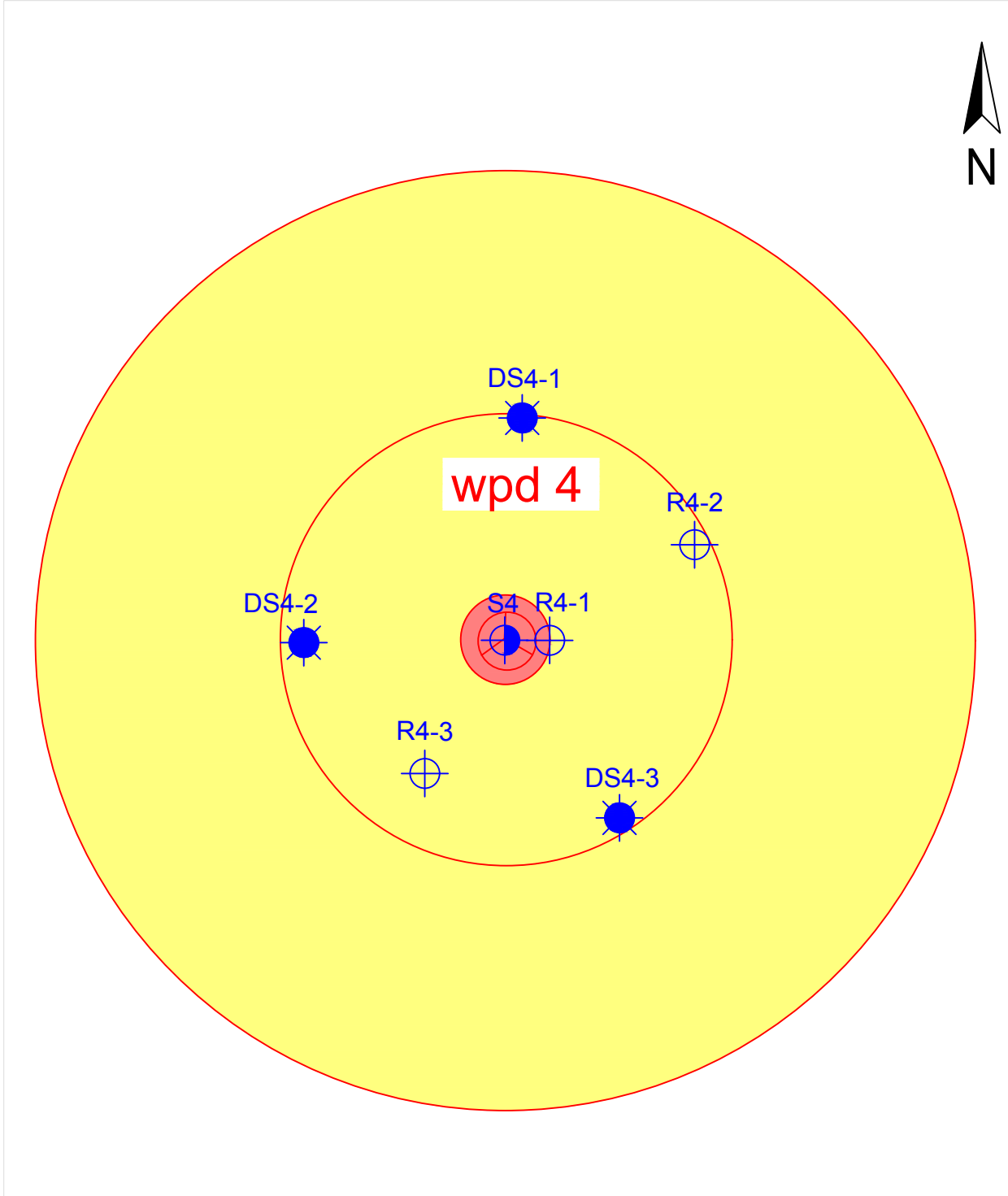
Übersicht






Anlage 2

Lageplanskizze

Lageplanskizze



ohne Maßstab

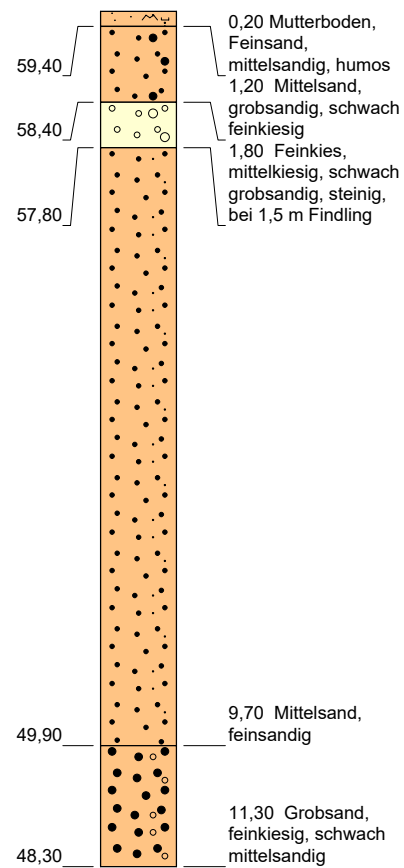
-  Kleinbohrung (S)
-  Drucksondierung CPT-E (DS)
-  Rammsondierung DPH (R)

Anlage 3

Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

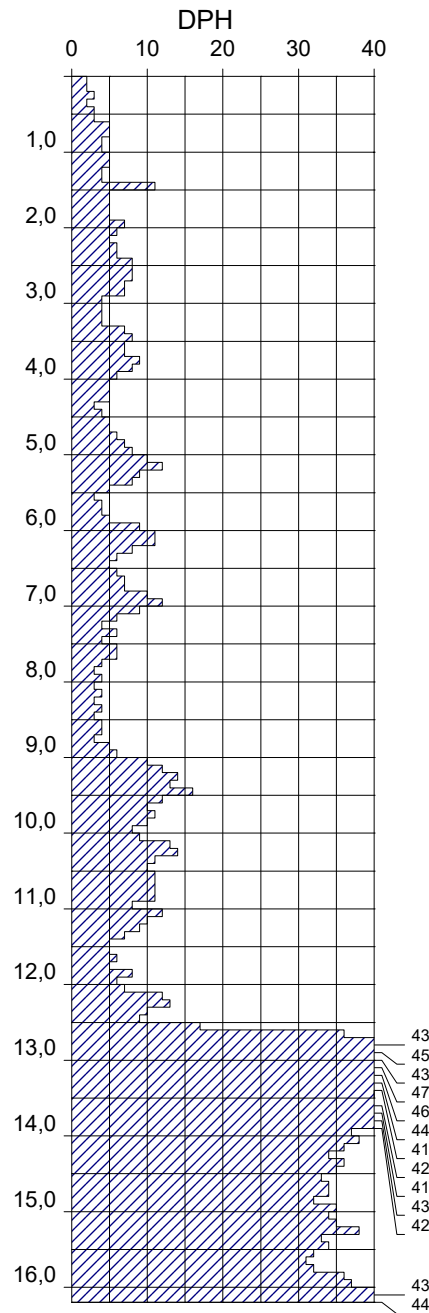
ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

S4
59,60 m ü. NHN



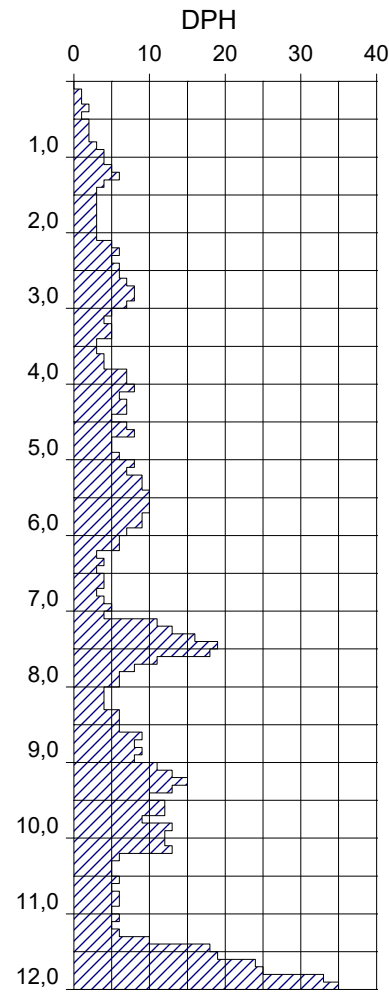
Abbruch wegen Hindernis

R4-1
59,60 m ü. NHN



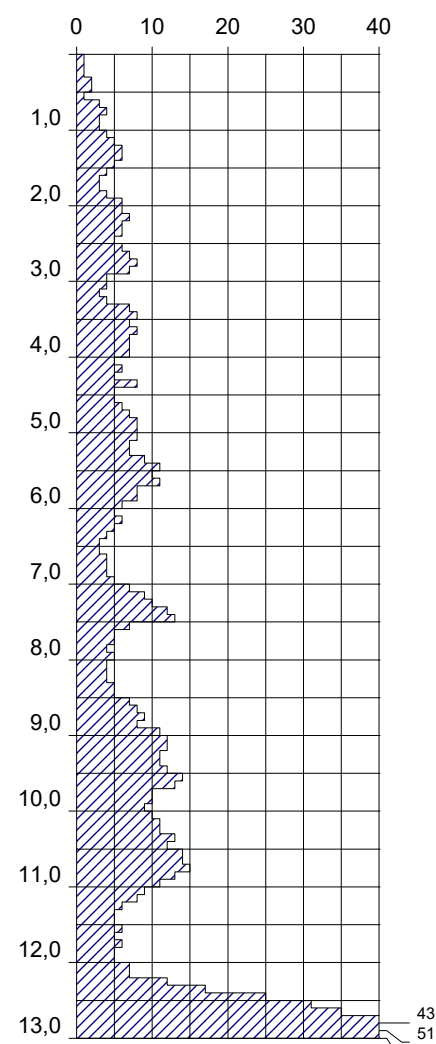
Abbruch wegen Stillstand

R4-2
59,60 m ü. NHN



Abbruch wegen Stillstand

R4-3
59,60 m ü. NHN



Abbruch wegen Stillstand

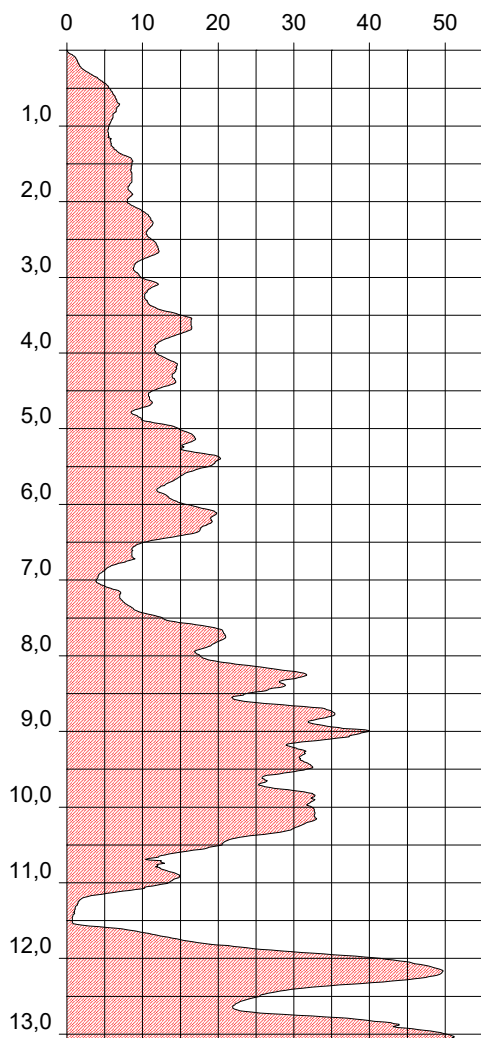
Höhenmaßstab 1:100

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS4-1

58,70 m ü.NHN

CPT-E

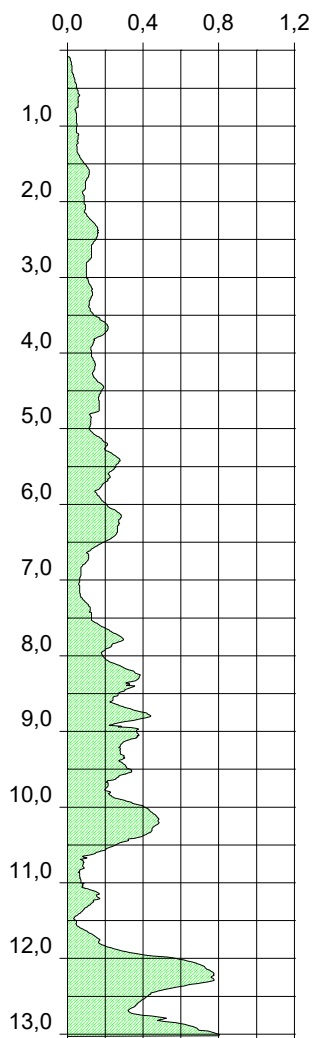


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS4-1

58,70 m ü.NHN

CPT-E

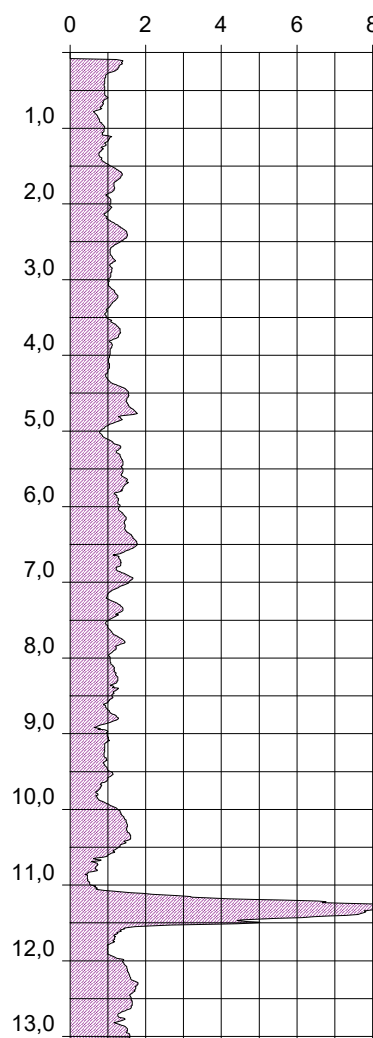


Mantelreibung f_s [MN/m²]

DS4-1

58,70 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

Abbruch wegen Stillstand

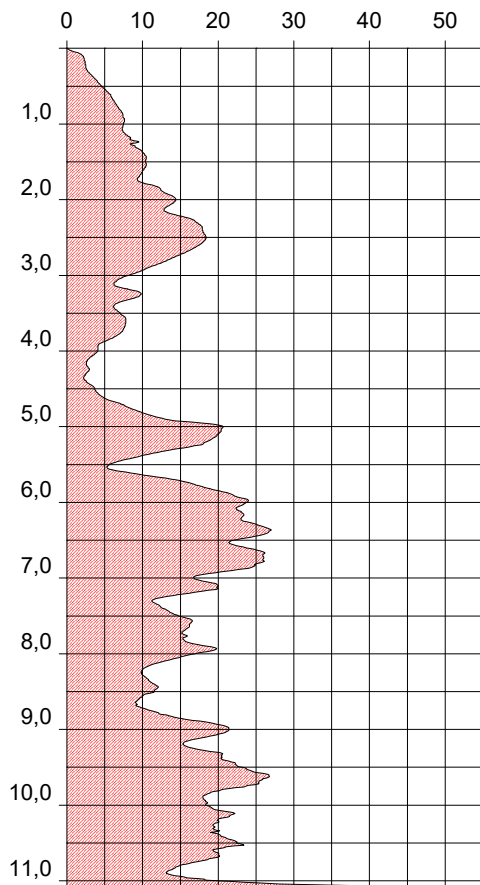
Höhenmaßstab 1:100

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS4-2

58,70 m ü.NHN

CPT-E

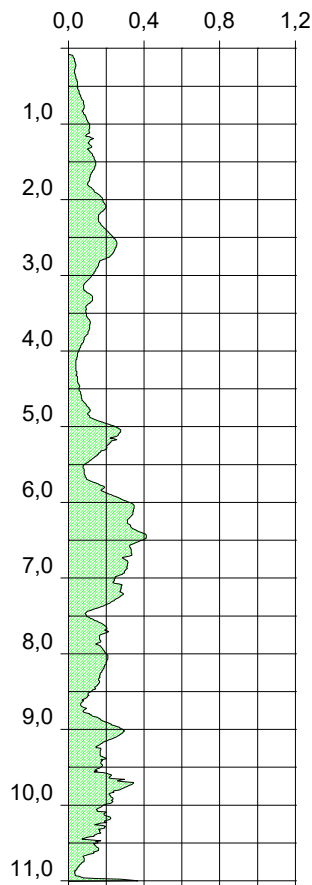


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS4-2

58,70 m ü.NHN

CPT-E

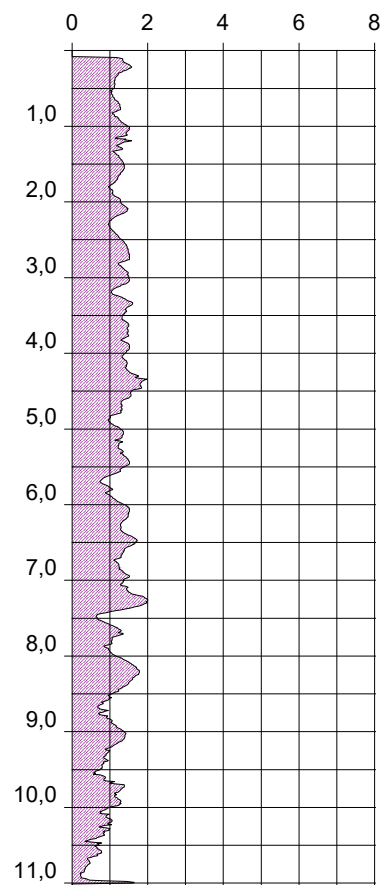


Mantelreibung f_s [MN/m²]

DS4-2

58,70 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

Abbruch wegen Stillstand

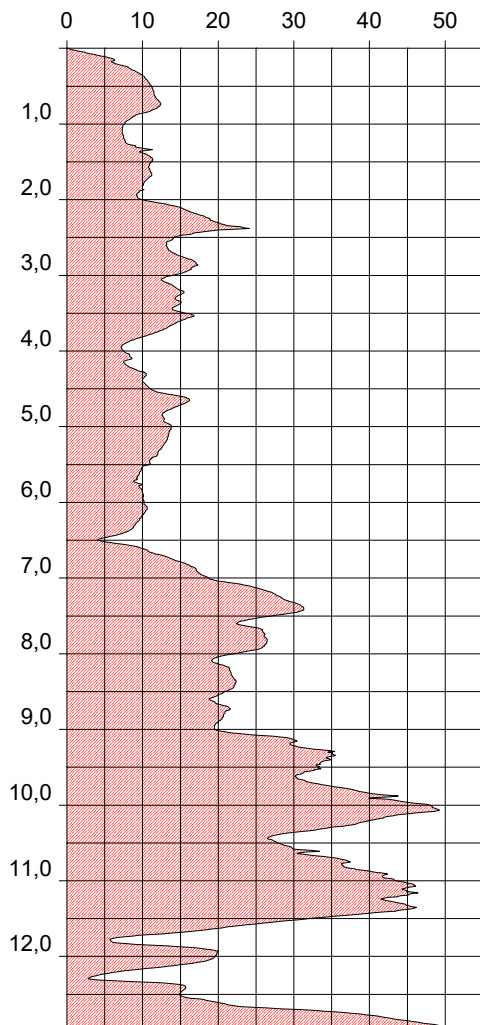
Höhenmaßstab 1:100

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS4-3

58,70 m ü.NHN

CPT-E

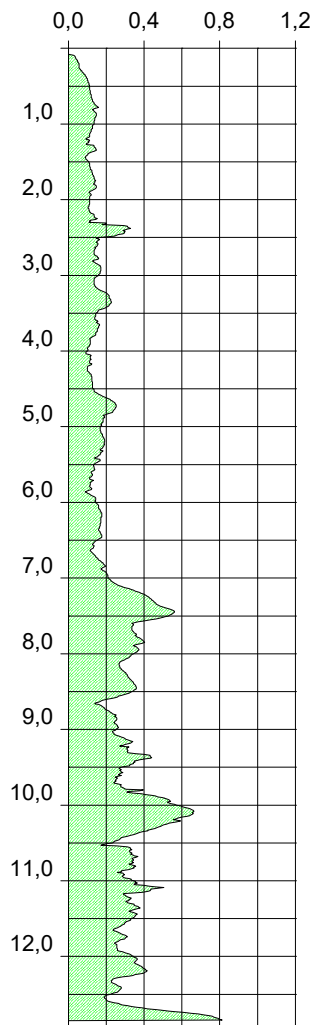


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS4-3

58,70 m ü.NHN

CPT-E

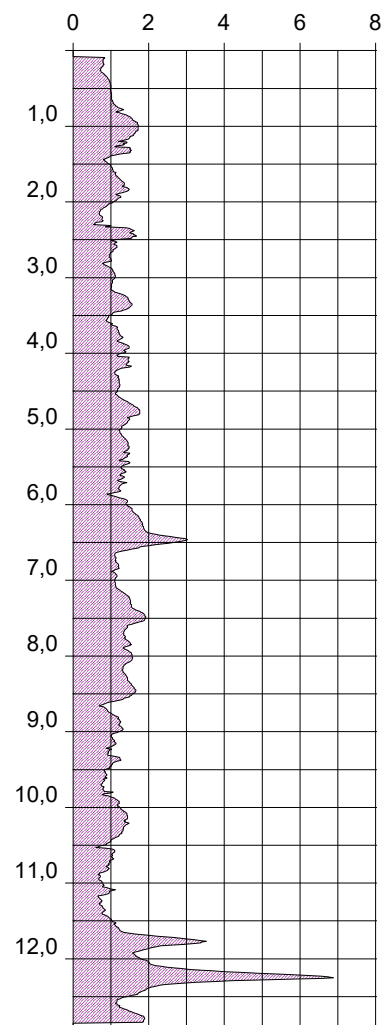


Mantelreibung f_s [MN/m²]

DS4-3

58,70 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

Abbruch wegen Stillstand

Höhenmaßstab 1:100

Anlage 4

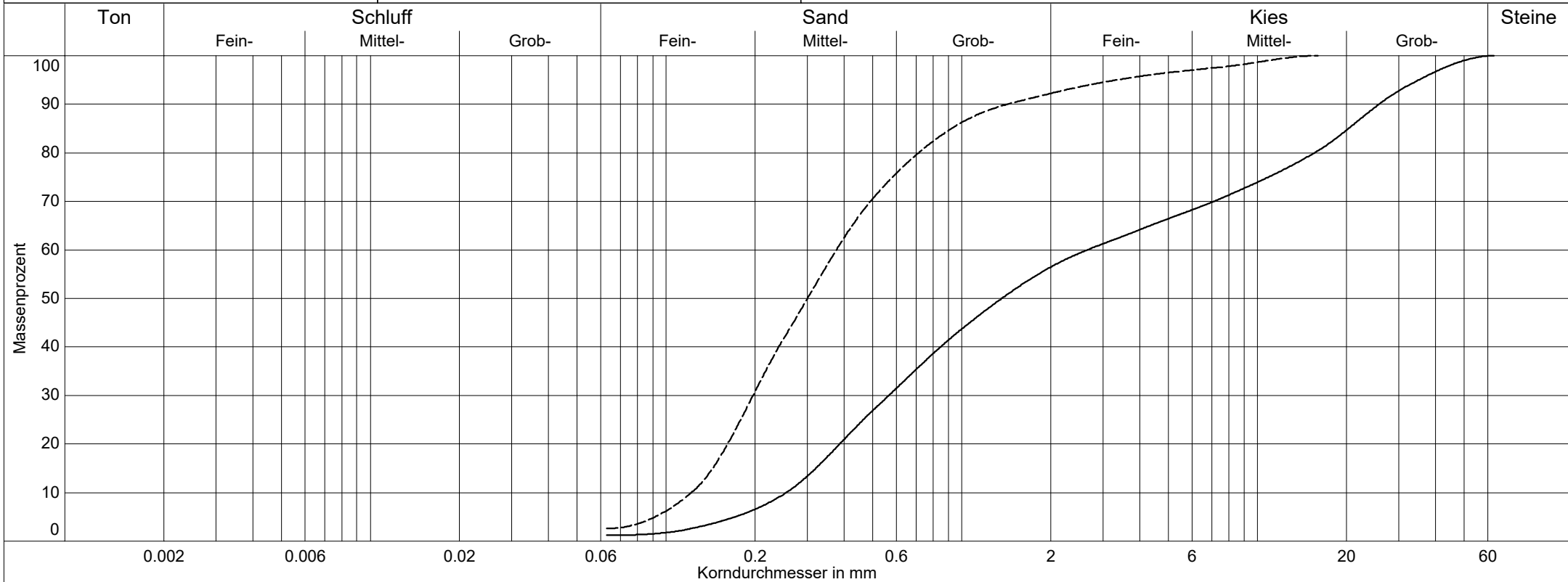
Kornverteilungen

FH Potsdam
FB Bauingenieurwesen
FG Grundbau und Bodenmechanik
Grundbaulabor

Kornverteilung

DIN EN ISO 17892-4

Projekt:	WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 4
Projektnr.:	L 62/232
Anlage:	27.10.2023
Datum:	4



Labornummer	—— s4-1,8	---- s4-3,0		
Entnahmestelle	S4	S4		
Entnahmetiefe	1,2 -1,8 m	1,8-3,0 m		
Ungleichförm. Cu	10.4	3.1		
Krümmungszahl Cc	0.5	0.8		
Bodengruppe	GI	SE		
Anteil < 0.063 mm	1.2 %	2.6 %		
Frostempfindl.klasse	F1	F1		
kf nach Beyer	4.6E-04 m/s	1.4E-04 m/s		
kf nach USBR	- (d10 > 0.02)	- (d10 > 0.02)		
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)	- (0.063 <= 10%)		

Anlage 5

Betonaggressivität des Bodens

AGROLAB Agrar&Umwelt Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel

Ingenieurbüro für Geotechnik Kleen GmbH
Berliner Straße 124
14467 Potsdam

Datum 23.10.2023
Kundennr. 20122596

PRÜFBERICHT

Auftrag **2311623** Projekt: WP Müncheberg-Mittelheide - Auftrag Boden Betonaggressivität
 Analysenr. **211950** Mineralisch/Anorganisches Material
 Probeneingang **11.10.2023**
 Probenahme **04.10.2023**
 Probenehmer **Auftraggeber**
 Kunden-Probenbezeichnung **MP 04**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Trockensubstanz	u)	%	°	98,0	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03(PL)
Säuregrad n. Baumann-Gully	u)*)	ml/kg		82	0,1	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u)*)	mg/kg	°	471	100	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u)*)	mmol/kg	°	5	1	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfid leicht freisetzbar	u)*)	mg/kg		<4,0	4	DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.)(PL)
Chlorid (Cl)	u)*)	mg/kg		<10	10	DIN 4030-2 : 2008-06(PL)
Sulfid, gesamt	u)*)	mg/kg		1,4	0,1	DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03(PL)

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

u) externe Dienstleistung eines AGROLAB GROUP Labors

Untersuchung durch

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen

Methoden

DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.); DIN 4030 (mod.); DIN 4030-2 : 2008-06; DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen, für die zitierte Methode akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Akkreditierungsverfahren: D-PL-14087-01-00 DAkkS

Methoden

DIN EN 14346 : 2007-03

Hinweis zum Probenahmedatum: Das Probenahmedatum ist eine Kundeninformation.

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "u)" gekennzeichnet.

Datum 23.10.2023
Kundennr. 20122596

PRÜFBERICHT

Auftrag **2311623** Projekt: WP Müncheberg-Mittelheide - Auftrag Boden
Betonaggressivität
Analysennr. **211950** Mineralisch/Anorganisches Material
Kunden-Probenbezeichnung **MP 04**

Beginn der Prüfungen: 11.10.2023
Ende der Prüfungen: 19.10.2023

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Das Laboratorium ist nicht für die vom Kunden bereitgestellten Informationen verantwortlich. Die ggf. im vorliegenden Prüfbericht dargestellten Kundeninformationen unterliegen nicht der Akkreditierung des Laboratoriums und können sich auf die Validität der Prüfergebnisse auswirken. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.



AGROLAB Agrar&Umwelt Frau Larissa Gorski, Tel. 0431/22138-581
Service Team Umwelt 1, Email: umwelt1.kiel@agrolab.de

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol " (*) " gekennzeichnet.

Anlage 6





Stand sicherheitsnachweise

Berechnungsgrundlagen:

WP Müncheberg wpd4-P
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-P
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$

Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 10.00 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

Boden	Tiefe [m]	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	3.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md (Polster)
	4.50	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	11.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	>11.00	21.0/12.0	30.0	60.0	40.0	1.000	Mergel, sth

Ergebnisse Kreisringfundament

Kippnachweis nicht untersucht.
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 47652.40 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1375.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 218788.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 24.500 m
 Durchmesser (innen) d = 11.000 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.591$ m
 $a' = 12.502$ m
 $b' = 18.540$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.591$ m
 $a' = 12.502$ m
 $b' = 18.540$ m

Neigungsbeiwerte (x):

$i_c = 0.952$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.927$
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 32.52$; $N_{d0} = 20.50$; $N_{b0} = 11.69$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.365$; $v_d = 1.347$; $v_b = 0.798$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.952$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.927$

Gleitwiderstand:

Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47652.40 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27598.12$ kN
 $T_d = 1856.25$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.067$

Setzung infolge ständiger Lasten:

Grenztiefe $t_g = 12.97$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.49 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.22 cm
 unten = 2.77 cm

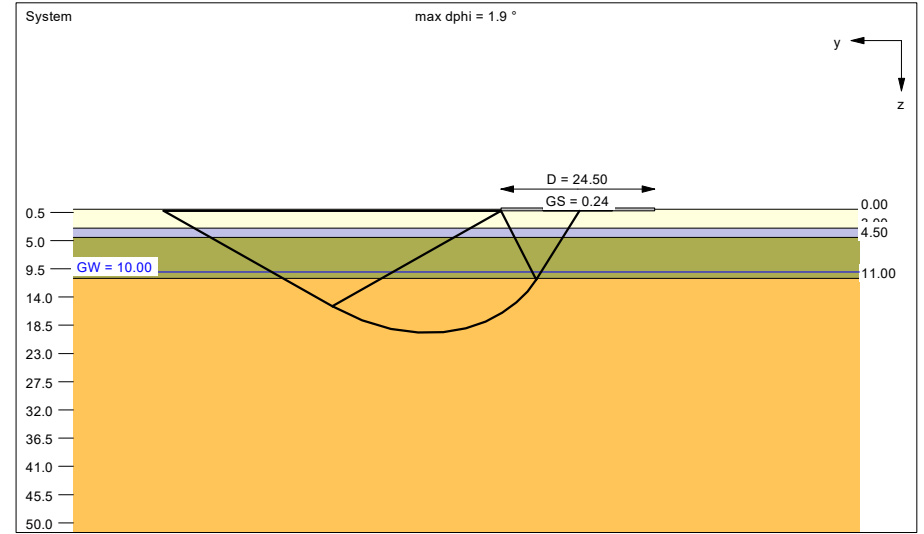
Grundbruch:

Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 3271.1 / 2336.54$ kN/m²
 $R_{n,k} = 758227.63$ kN
 $R_{n,d} = 541591.17$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 47652.40 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 64330.74$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.119
 Kohäsionsglied = 333828.83 kN (k)
 Breitenglied = 398017.05 kN (k)
 Tiefenglied = 26381.75 kN (k)
 cal $\varphi = 30.9^\circ$
 cal c = 34.09 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 15.89$ kN/m³
 cal $\sigma_u = 4.32$ kN/m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 31.66$; $N_{d0} = 19.73$; $N_{b0} = 11.08$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.362$; $v_d = 1.343$; $v_b = 0.798$

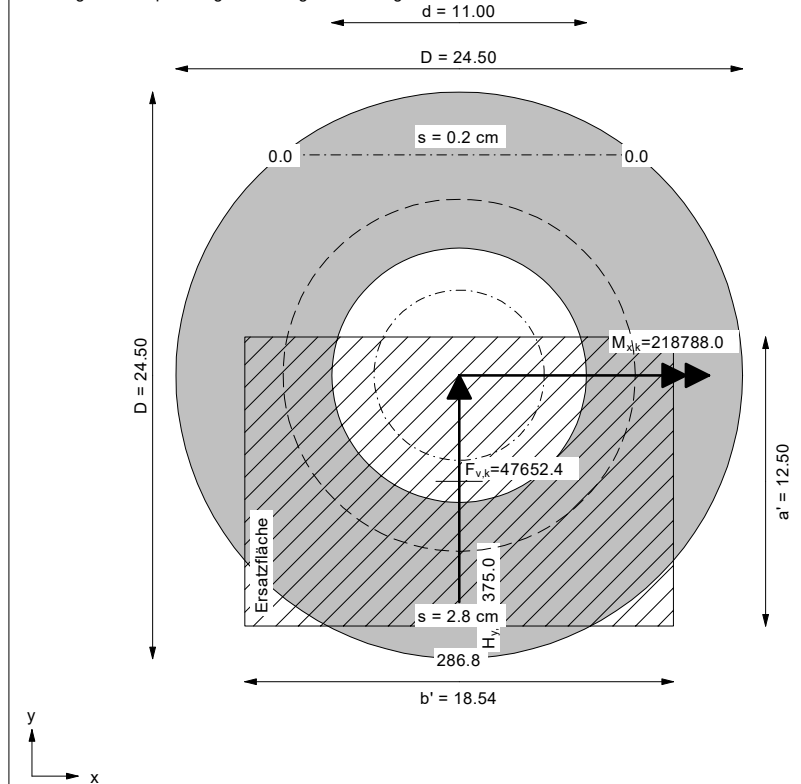
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 812.2

Nachweis EQU:

$M_{stab} = 47652.4 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 525367.7$
 $M_{dst} = 218788.0 \cdot 1.10 = 240666.8$
 $\mu_{EQU} = 240666.8 / 525367.7 = 0.458$



Grundriss
 Setzungen und Spannungsverteilung aus ständigen Lasten







Berechnungsgrundlagen:

WP Müncheberg wpd4-A
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-A
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\gamma_G = 1.10$
 $\gamma_Q = 1.10$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$

Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,stab} = 0.95$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 10.00 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

Boden	Tiefe [m]	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	3.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md (Polster)
	4.50	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	11.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	>11.00	21.0/12.0	30.0	60.0	40.0	1.000	Mergel, sth

Ergebnisse Kreisringfundament

Kippnachweis nicht untersucht.
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 47692.40 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1650.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 262685.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 24.500 m
 Durchmesser (innen) d = 14.000 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.508$ m
 $a' = 10.185$ m
 $b' = 16.530$ m
 Unter Gesamlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.508$ m
 $a' = 10.185$ m
 $b' = 16.530$ m

Neigungsbeiwerte (x):

$i_c = 0.942$; $i_d = 0.945$; $i_b = 0.912$
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 33.11$; $N_{d0} = 21.03$; $N_{b0} = 12.11$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.335$; $v_d = 1.319$; $v_b = 0.815$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.942$; $i_d = 0.945$; $i_b = 0.912$

Gleitwiderstand:

Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47692.40 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27621.28$ kN
 $T_d = 1815.00$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.066$

Setzung infolge ständiger Lasten:

Grenztiefe $t_g = 13.87$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.77 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.16 cm
 unten = 3.38 cm

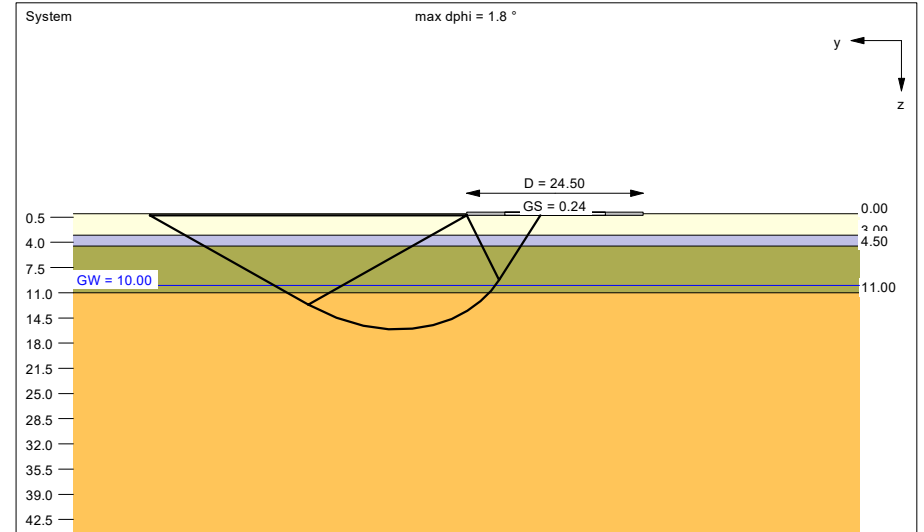
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 643.4

Nachweis EQU:

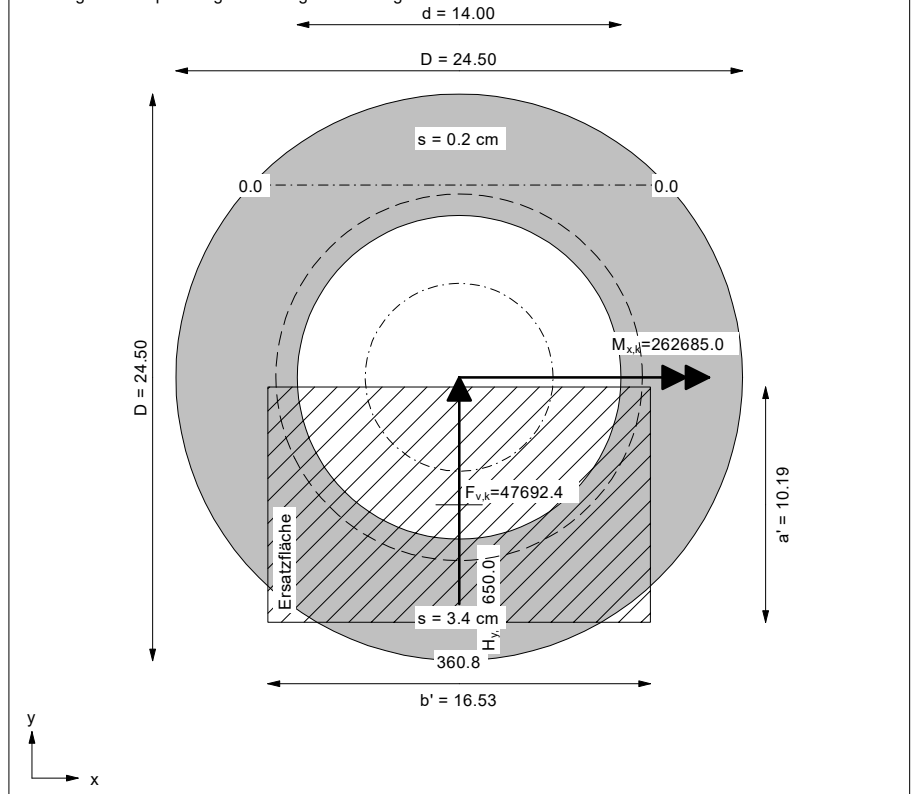
$M_{stb} = 47692.4 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 555020.3$
 $M_{dst} = 262685.0 \cdot 1.00 = 262685.0$
 $\mu_{EQU} = 262685.0 / 555020.3 = 0.473$

Grundbruch:

Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 2797.2 / 2330.96$ kN/m²
 $R_{n,k} = 470917.42$ kN
 $R_{n,d} = 392431.18$ kN
 $V_d = 1.10 \cdot 47692.40 + 1.10 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 52461.64$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.134
 Kohäsionsglied = 196344.36 kN (k)
 Breitenglied = 255522.33 kN (k)
 Tiefenglied = 19050.73 kN (k)
 cal $\varphi = 31.2^\circ$
 cal c = 28.02 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 16.55$ kN/m³
 cal $\sigma_u = 4.32$ kN/m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 31.84$; $N_{d0} = 19.89$; $N_{b0} = 11.21$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.331$; $v_d = 1.314$; $v_b = 0.815$



Grundriss
 Setzungen und Spannungsverteilung aus ständigen Lasten



- BAUGRUNDUNTERSUCHUNGEN
- BAUGRUNDGUTACHTEN
- GRÜNDUNGSBERATUNG
- ALTLASTERKUNDUNGEN
- KONTAMINATIONS-GUTACHTEN
- GRUNDBAUSTATIK
- BAULEITUNG · PLANUNG

GEOTECHNISCHER ENTWURFSBERICHT

108-23wpd5

Bauvorhaben:	Windpark Müncheberg - Mittelheide wpd 5
Auftraggeber:	Naturwind Potsdam GmbH Hegelallee 41 14467 Potsdam
Bearbeiter:	M.Sc. B. Tamme Prof. Dr.-Ing. H. Kleen
Umfang:	11 Seiten 8 Anlagen
Datum:	17.11.2023

1. VERANLASSUNG

Unser Büro wurde am 31.07.2023 durch die Naturwind Potsdam GmbH schriftlich beauftragt, für die im Windpark Müncheberg - Mittelheide geplante Windkraftanlage wpd 5, einen Geotechnischen Entwurfsbericht, einschließlich der notwendigen Feld- und Laboruntersuchungen, anzufertigen.

2. UNTERLAGEN

Für die Bearbeitung standen die nachfolgend aufgeführten Unterlagen zur Verfügung:

- U 2.1 Geologische Karte, M.: 1 : 25.000, über www.geo.brandenburg.de/gk25/, Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
- U 2.2 Unser Geotechnischer Entwurfsbericht zum Bauvorhaben „Windpark Müncheberg-Mittelheide WEA10, vom 27.11.2020 nebst Unterlagen
- U 2.3 Prüfbericht für eine Typenprüfung, Vestas V162-5.4/5.6/6.0/6.2 MW mit 169 m Nabenhöhe, D = 24,5 m, Kreisringfundament mit Auftrieb, Prüfnr.: 3108363-23-d Rev.4, der TÜV SÜD Industrie Service GmbH aus München, vom 25.02.2022
- U 2.4 Lageplan zum Projekt Müncheberg-Mittelheide, der naturwind potsdam GmbH, M.: 1 : 12.000, vom 28.07.2023
- U 2.5 Geländeordinaten der Windkraftanlagenmittelpunkte, übersandt am 01.11.2023 durch das zuständige Vermessungsbüro Horst Möhring aus Frankfurt Oder
- U 2.6 Ergebnisse der Drucksondierungen der Firma Fugro Germany Land GmbH aus Berlin, übersandt am 31.10.2023
- U 2.7 Ergebnisse bodenmechanischer Laboruntersuchungen der Fachhochschule Potsdam, Fachgebiet Grundbau und Bodenmechanik, vom 27.10.2023 (L63/23)
- U 2.8 Prüfbericht zur Betonaggressivität des Bodens, WP Müncheberg - Mittelheide / MP05 (wpd 5), der Agrolab Agrar und Umwelt GmbH aus Kiel, Analysennummer: 211951 vom 23.10.2023

3. BAUGRUNDSTÜCK UND BAUWERK

Der Standort für den Neubau einer Windkraftanlage befindet sich zwischen dem Maxsee und Schönfelde, südlich des Müncheberger Ortsteils Hoppegarten, innerhalb des geplanten Windparks Müncheberg - Mittelheide.

Hier soll, auf der forstwirtschaftlich genutzten Fläche, die Windkraftanlage wpd 5 vom Typ V162-6.2 MW mit Hybridturm und einer Nabenhöhe von 169 m auf einem Kreisringfundament, mit einem Außendurchmesser von $D = 24,5$ m, auf einer 0,1 m starken Sauberkeitsschicht in einer Tiefe von ca. 0,24 m unter Gelände, flach gegründet werden.

Die Geländehöhe am Standort der Windkraftanlage wpd 5 liegt auf einer Ordinate von ca. 58,7 m über NHN.

Die Lage der geplanten Windkraftanlage geht aus der Anlage 1 und der Anlage 2 hervor.

4. BAUGRUND

4.1 Vorkenntnisse

Der Windpark Müncheberg - Mittelheide befindet sich im Bereich einer im Pleistozän gebildeten Hochfläche.

Hier ist mit Schmelzwasserablagerungen in Form von feinkörnigen, schwach mittelkörnigen Sanden, die zum Teil schwach schluffige Beimengungen beinhalten, zu rechnen (s. Unterlage U 2.1).

Gemäß der Unterlage U 2.2 stehen im Bereich der geplanten Windenergieanlage wpd 5, unterhalb einer ca. 0,1 m starken, sandigen, stark humosen Oberbodenschicht, bis in eine Tiefe von ca. 10,3 m unter Gelände Fein- und Mittelsande an, die bis zur Aufschlussendteufe von 15,0 m unter Gelände von sandigem Geschiebemergel unterlagert werden.

Die Sande sind bis in eine Tiefe von ca. 6,2 m unter Gelände sehr locker, locker und mitteldicht, darunter mindestens mitteldicht gelagert; der erbohrte Geschiebeboden besitzt eine halb feste Zustandsform.

4.2 Baugrunduntersuchungen

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurde im Bereich der geplanten Windkraftanlage wpd 5 eine Kleinbohrung (S5) bis zu einer Endteufe von 15,0 m unter Gelände abgeteuft.

Zur Feststellung der Lagerungsdichte bzw. der Festigkeit des anstehenden Baugrundes wurden zudem drei Drucksondierungen als CPT-E (DS5-1 bis DS5-3) bis in Tiefen von 20,0 m und 25,0 m unter Gelände vorgesehen.

Auf Grund zu hoher Baugrundfestigkeiten musste die Drucksondierung DS5-3 wegen Auslastung in einer Tiefe von ca. 18,0 m unter Gelände abgebrochen werden.

Die Einmessung und Kennzeichnung des Untersuchungsstandortes erfolgte durch das beauftragte Vermessungsbüro (vgl. Unterlage U 2.5).

Die Lage der genannten Aufschlüsse ist aus der Anlage 1 und der Anlage 2 ersichtlich.

4.3 Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

Auf der Grundlage des, während der Feldarbeiten erstellten Schichtenverzeichnisses und einer durch uns vorgenommenen Bodenansprache, wurde das in der Anlage 3 dokumentierte Schichtenprofil angefertigt. Zudem sind innerhalb der Anlage 3 die Ergebnisse der Drucksondierungen dargestellt.

Im Einzelnen kann damit am Standort der geplanten Windkraftanlage wpd 5 von folgendem Baugrundaufbau ausgegangen werden:

Unterhalb einer ca. 0,2 m starken, sandigen und humosen Oberbodenschicht (Mutterboden) stehen bis in eine Tiefe von ca. 11,0 m unter Gelände Fein-, Mittel- und Grobsande an, die bis zur Aufschlussendteufe von einer sandigen Geschiebemergelschicht unterlagert werden (S5).

Der in S5 erbohrte Geschiebeboden besitzt, auf Grund unserer Ansprachen und der durchgeführten bodenmechanischen Versuche zur Bestimmung der Konsistenzgrenzen und des Wassergehaltes, eine halbfeste Zustandsform.

Die Drucksondierungen DS5-1 bis DS5-3 bestätigen die erkundeten Baugrundverhältnisse im Wesentlichen und ergeben für die Sande oberhalb des Geschiebemergels, bis in eine Tiefe von ca. 2,0 m unter Gelände eine lockere, darunter eine überwiegend mindestens mitteldichte und dichte, lokal, in einer Tiefe zwischen ca. 2,5 m und 4,0 m unter Gelände (DS5-3), eine lockere Lagerung.

Darüber hinaus zeigen die Drucksondierungen, dass die anstehenden Geschiebeböden eine vornehmlich mindestens halbfeste Konsistenz besitzen.

Körnungslinien repräsentativer Böden sind in der Anlage 4, Konsistenzgrenzen in Anlage 5 und ein Wassergehalt in der Anlage 6 dargestellt.

5. HOMOGENBEREICHE / BODENKLASSIFIZIERUNG

Die im Bereich des Untersuchungsstandortes anstehenden Böden können gemäß VOB Teil C, Ausgabe 2012 und Ausgabe 2015, DIN 18196:2011-05 sowie ZTV E-StB 17 wie folgt eingestuft und klassifiziert werden:

Oberboden

Bodengruppe:	OH
Lagerung:	locker
Frostempfindlichkeit:	gering bis mittel frostempfindlich (F2)

Der Oberboden entspricht nach VOB Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 1 (Oberboden). Nach DIN 18915:2002-08 kann der Oberboden für vegetationstechnische Zwecke der Bodengruppe 2 zugeordnet werden.

Homogenbereich A / Sande

Bodengruppe:	SE
Lagerung:	bis ca. 2,0 m: locker ab ca. 2,0 m: mindestens mitteldicht, lokal locker
Verdichtungsfähigkeit:	gut bis mittel
Frostempfindlichkeit:	nicht frostempfindlich (F1)
Durchlässigkeit [m/s]:	$k_f = 1 \times 10^{-3}$ bis 1×10^{-4}

Die Sande entsprechen nach VOB, Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 3 (leicht lösbare Bodenarten).

Homogenbereich B / Geschiebemergel

Bodengruppe:	SU*, TL
Festigkeit:	halbfest
Verdichtungsfähigkeit:	SU*: mittel TL: mäßig
Frostempfindlichkeit:	sehr frostempfindlich (F3)
Durchlässigkeit [m/s]:	$k_f < 1 \times 10^{-7}$

Der Geschiebemergel entspricht nach VOB, Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 4 (mittelschwer lösbare Bodenarten).

Innerhalb und unmittelbar oberhalb des Geschiebehorizontes ist mit Findlingen zu rechnen.

Werden weiterreichende Angaben zu Körnungsbändern, zur Dichte und zur Festigkeit anstehender Böden erforderlich, sind ggf. zusätzliche Labor- bzw. Feldversuche durchzuführen.

6. GRUNDWASSER

Während der Baugrunduntersuchungen im September 2023 wurde kein Grundwasser angeschnitten.

Da im Gründungsbereich kein Grundwasser ansteht, wurde hier ersatzweise eine Bodenprobe hinsichtlich Betonaggressivität untersucht.

Als Ergebnis konnte festgestellt werden, dass der anstehende Boden hier als nicht betonangreifend einzustufen ist, was gemäß DIN EN 206-1 zu der Expositionsklasse XAI führt.

Die Einzelergebnisse der Bodenanalytik können der Unterlage U 2.8, die innerhalb der Anlage 7 dargestellt ist, entnommen werden.

7. BODENKENNWERTE

Für erdstatische Berechnungen können, auf Grund der Ansprache der gelieferten Proben, der Bohr- und Sondierergebnisse und unserer Erfahrung die charakteristischen Bodenkennwerte der folgenden Tabelle 1 angesetzt werden.

Die Tiefenlagen der Bodenschichten sind dem Schichtenprofil, welches innerhalb der Anlage 3 dargestellt ist, zu entnehmen.

Tabelle 1: charakteristische Bodenkennwerte

Bodenart	Bodenkennwerte				
	Wichte	Reibungswinkel	Kohäsion	Querdehnzahl	Steifeziffer stat. / dyn.
	γ_k / γ'_{k}	φ'_{k}	$c'_{k} / c_{u,k}$	ν	$E_{s,k} / E_{sd,k}$
	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[-]	[MN/m ²]
Oberboden	17 / 9	30,0	-- / --	-- / --	-- / --
Sand locker (lo) mitteldicht (md) dicht (d)	18 / 10	30,0	-- / --	0,32	40 / 170
	18 / 11	32,5	-- / --	0,32	80 / 260
	19 / 11	35,0	-- / --	0,32	150 / 420
Geschiebeboden halbfest (sth)	21 / 12	30,0	60 / 100	0,35	40 / 170

8. ANGABEN ZUR GRÜNDUNG, ZUWEGUNG UND KRANSTELLFLÄCHE

8.1 Gründung

Der erkundete Baugrundaufbau und die ermittelten Baugrundfestigkeiten erlauben für die Windkraftanlage wpd 5 die Ausführung einer Flachgründung mittels Kreisringfundament.

Zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit und Standsicherheit der Anlage werden dazu vorab jedoch Bodenverbesserungen erforderlich, die hier über ein einzubauendes Gründungspolster realisiert werden können.

Im Einzelnen sind hierzu folgende Voraussetzungen einzuhalten:

Die im Gründungsbereich anstehenden weniger tragfähigen, locker gelagerten Sande sind bis in eine Tiefe von ca. 1,6 m unter Gelände vollständig gegen mindestens mitteldicht gelagertes rolliges Material auszutauschen.

Hierbei ist zu beachten, dass nach Freilegung der Austauschene, die gewachsenen Sande mit einer Tiefenwirkung von mindestens 0,4 m nach verdichtet werden.

Das nachfolgend einzubringende rollige Polstermaterial hat zur besseren Verdichtbarkeit eine Ungleichförmigkeit von $U > 6$ aufzuweisen. Die Polsterlagen sollten bis zur geplanten Gründungssohle, mit maximalen Stärken von 0,3 m unter Berücksichtigung eines Ausbreitungswinkels von 45° , so verdichtet eingebracht werden, dass durchweg eine mindestens mitteldichte Lagerung vorherrscht.

Die Güte des Austauschbodens und der Sohle sind durch geeignete Versuche, wie Plattendruck- oder Proctorversuche nachzuweisen.

Bei Einhaltung der o.g. Gründungshinweise und unter Zugrundelegung der in Tabelle 1 angegebenen Bodenkennwerte, werden die Anforderungen an die Windkraftanlage des Typs V162-6.2 MW mit einer Nabenhöhe von 169 m mit einem Fundamentdurchmesser $D = 24,5$ m, von jeder erkundeten Baugrundsicht erfüllt.

Die ermittelten statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten gemäß der Unterlage U 2.5 für die anstehenden Bodenschichten können der folgenden Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: wpd 5 - statische und dynamische Drehfedersteifigkeiten

Bodenart	Tiefe [m u. GOK]	r_E [m]	ν [-]	$E_{S,stat.}$ [MN/m ²]	$k_{\varphi,stat}$ [MNm/rad]	$E_{S,dyn.}$ [MN/m ²]	$k_{\varphi,dyn}$ [MNm/rad]
Polster Sand (md)	> 0,35	12,25	0,32	80	152.600	260	496.100
Sand (lo)	> 2,5	13,61	0,32	40	104.600	170	444.800
Sand (md)	> 4,0	14,47	0,32	80	251.500	260	817.600

r_E	Ersatzradius
ν	Querdehnzahl
$E_{S,stat.}$	Steifeziffer, statisch
$E_{S,dyn.}$	Steifeziffer, dynamisch
$k_{\varphi,stat}$	Drehfedersteifigkeit, statisch
$k_{\varphi,dyn}$	Drehfedersteifigkeit, dynamisch

Damit liegen die vorhandenen statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten jeder erkundeten Schicht über den geforderten Werten von $k_{\varphi,stat} \geq 40.000$ bzw. $k_{\varphi,dyn} \geq 200.000$ [MNm/rad].

Die angegebenen Sohlspannungen können vom Baugrund aufgenommen werden. Bei sorgfältiger Ausführung der Gründungsarbeiten und Einhaltung der vor genannten Voraussetzungen wird die Absolutsetzung der Windkraftanlage 3,0 cm nicht überschreiten.

In Folge der erfolgten Baugrundverbesserung werden damit keine relevanten, baugrundbedingten Setzungsunterschiede auftreten.

Die Standsicherheit der Windkraftanlage ist gegeben; die zum Nachweis geführten Berechnungen für die Bemessungssituationen BS-P und BS-A können der Anlage 8 entnommen werden.

8.2 Zuwegung und Kranstellfläche

Unter der Voraussetzung, dass der in Abschnitt 4 beschriebene Baugrundaufbau im Bereich der Verkehrsflächen hier übertragbar ist, kann hierzu zusammenfassend von den nachfolgenden Gegebenheiten und Anforderungen ausgegangen werden:

- Die bis in eine Tiefe von mindestens ca. 0,2 m unter Gelände anstehende Oberbodenschicht ist gänzlich zu entfernen und gegen ein verdichtet eingebrachtes rolliges Material zu ersetzen. Die nach Aushub der Oberböden freiliegenden Sande sind mit einer Tiefenwirkung von mindestens 0,4 m nach zu verdichten.
- Der Einbau von Austausch-, Trag- und Frostschutzschichten hat lagenweise, in Abhängigkeit des eingesetzten Verdichtungsgerätes, mit Stärken von 20 cm bis 30 cm, zu erfolgen.
- Auszuführende Gründungspolster sind immer, sofern nicht durch andere konstruktive Maßnahmen die seitliche Stützung des Polsters erreicht wird, mit einer Verbreiterung entsprechend des Lastverteilungswinkels von ca. 45° bis auf die Solltiefe zu führen.
- Die Verdichtungsanforderungen an die Zuwegung und die Kranstellfläche können grundsätzlich, unter Einhaltung der o.g. Anforderungen, sowohl für den Untergrund mit $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$, den Tragschichtaufbau mit $E_{V2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ und die Deckschichten mit $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verhältniswert $E_{V2} / E_{V1} \leq 2,3$ nachgewiesen werden.
- Die geforderten Mindesttragfähigkeiten des Planums sind vor Ort durch geeignete Verdichtungskontrollen, wie beispielsweise Plattendruckversuche, zu überprüfen.

9. ERGÄNZENDE HINWEISE UND EMPFEHLUNGEN

- Die durchgeführten Untersuchungen liefern lediglich einen stichprobenartigen Aufschluss im Bereich der geplanten Windkraftanlage. Sollte sich bei den Gründungsmaßnahmen die Bodensituation örtlich anders darstellen als von uns bisher erkundet, sind wir darüber zu informieren.

Der Untersuchungsbereich gehört zu keiner Erdbebenzone.

- Der unterhalb der Oberböden überwiegend anstehende gewachsene Sand, mit einer Feuchtwichte von $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, eignet sich grundsätzlich zur Überschüttung und Wiederanfüllung, auch für die Schnittstellen zwischen Fundamentarbeitsraum und Kranstellfläche. Die Überschüttung muss dabei mindestens 0,5 m betragen.
- Für die im Gründungsbereich der Windkraftanlage anstehenden Sande kann mit einem abgeschätzten spezifischen Erdwiderstand zwischen 300 und 1000 Ωm gerechnet werden.
- Die Gründungs- und ggf. erforderlichen Baugrundverbesserungsarbeiten sollten geotechnisch begleitet und überwacht werden.
- Das Bauvorhaben ist in die geotechnische Kategorie GK-3 einzuordnen. Folgerichtig ist nach den Vorgaben der DIN 1054 der Geotechnische Entwurfsbericht zur Fortschreibung zu bringen.
- Für ergänzende Erläuterungen und Beratungen stehen wir gerne zur Verfügung.



Prof. Dr.-Ing. H. Kleen



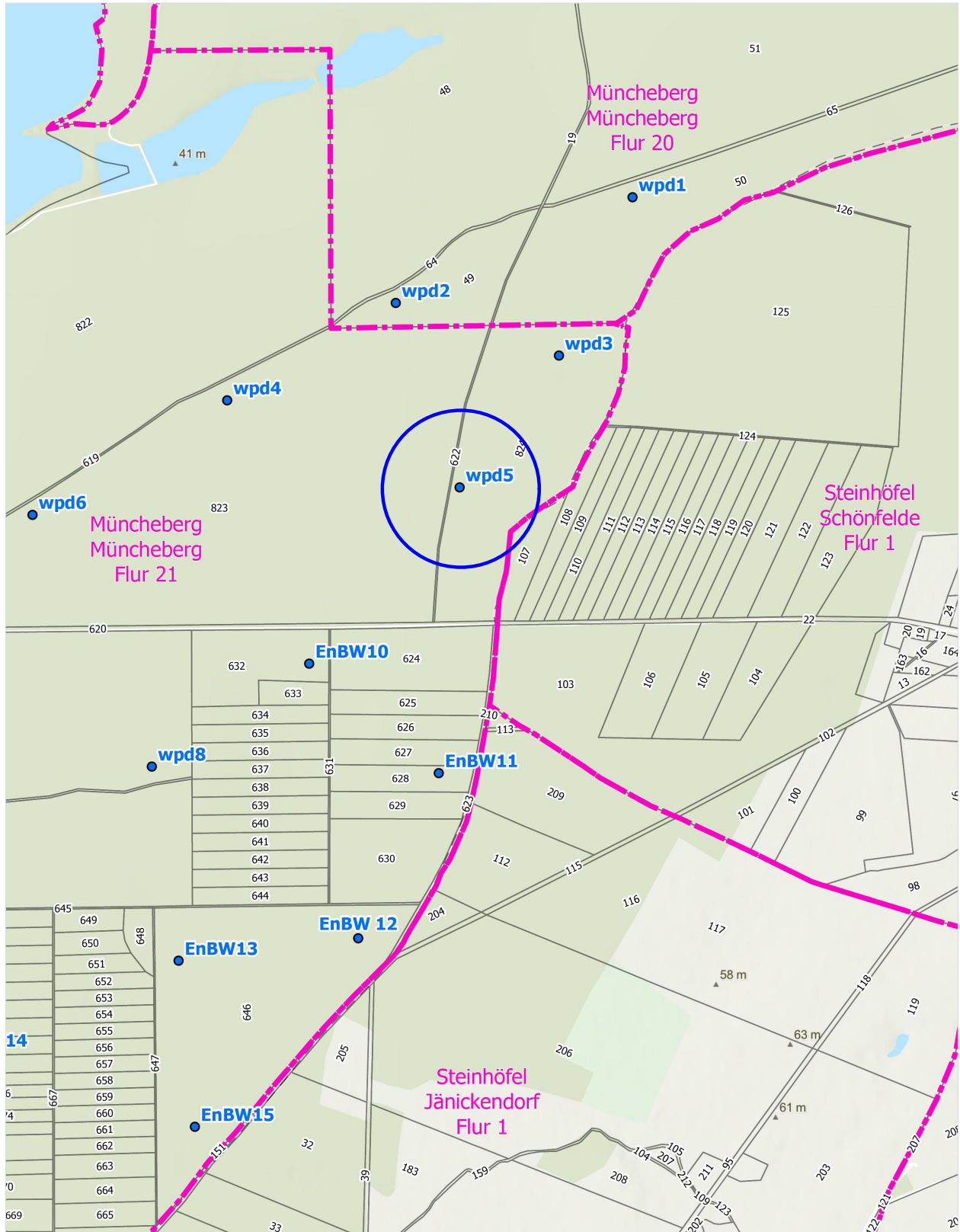
M. Sc. B. Tammé

ANLAGEN	SEITEN
1. Übersicht	1
2. Lageplan mit Aufschlussansatzpunkten	1
3. Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse	4
4. Körnungslinien	1
5. Zustandsgrenzen	1
6. Wassergehalt	1
7. Betonaggressivität Boden	2
8. Standsicherheitsnachweise	2

Anlage 1

Übersicht

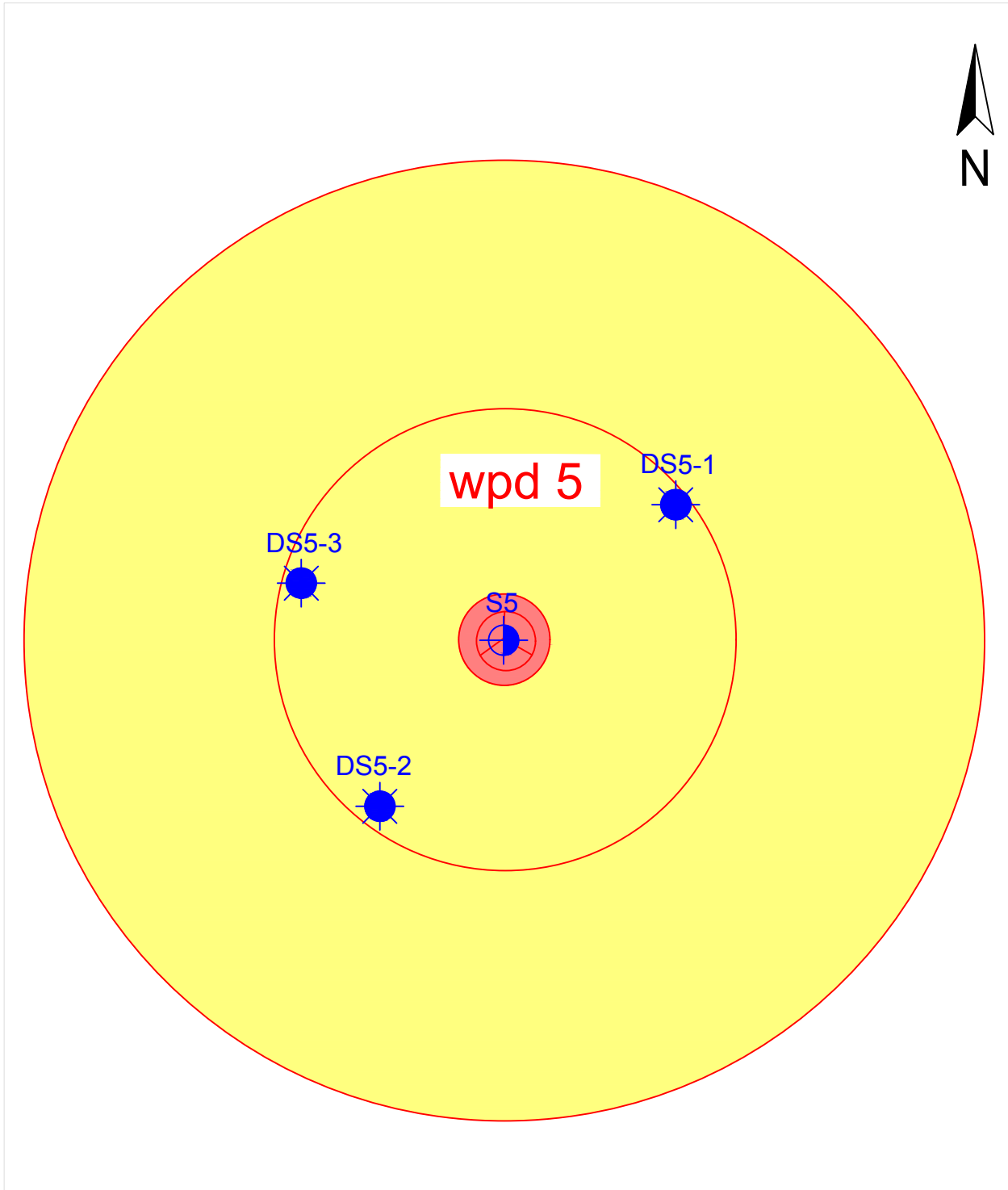
Übersicht



Anlage 2

Lageplanskizze

Lageplanskizze



ohne Maßstab



Kleinbohrung (S)

Drucksondierung CPT-E (DS)

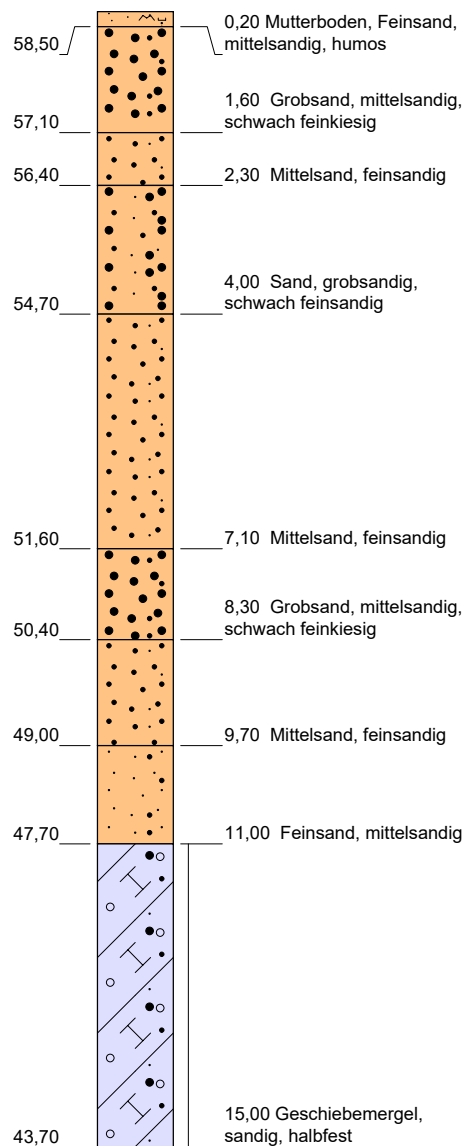
Anlage 3

Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

S5

58,70 m ü.NHN



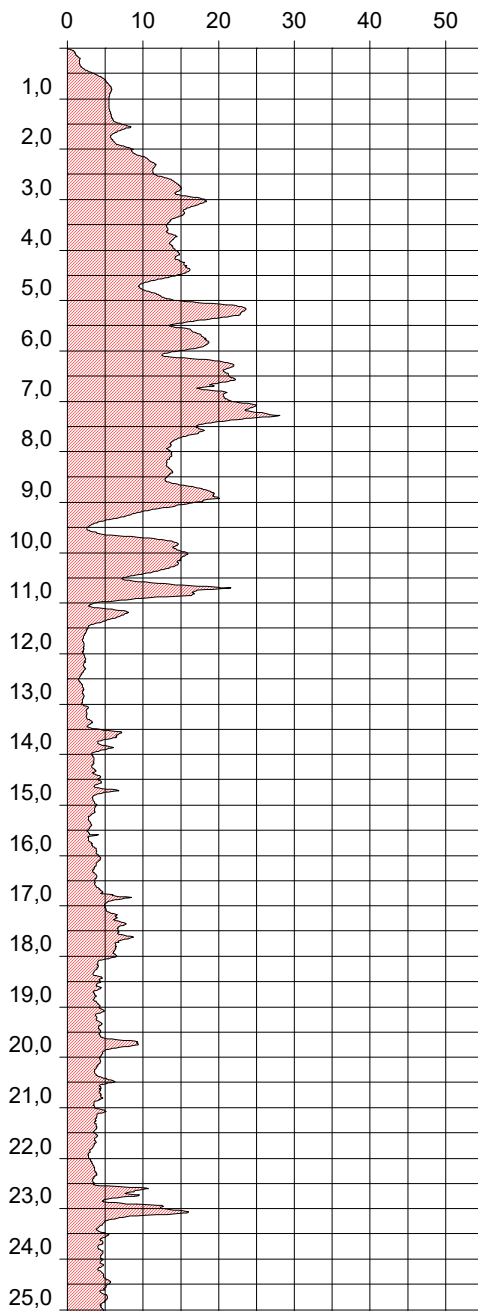
Höhenmaßstab 1:100

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS5-1

58,70 m ü.NHN

CPT-E

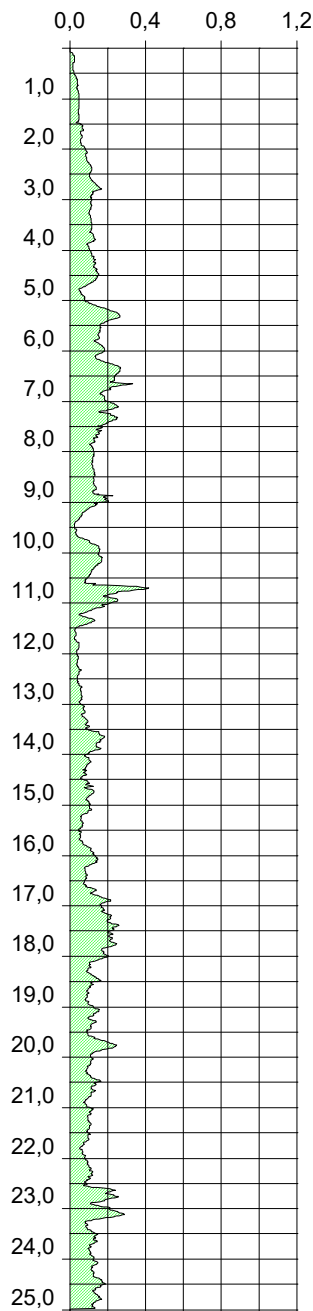


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS5-1

58,70 m ü.NHN

CPT-E

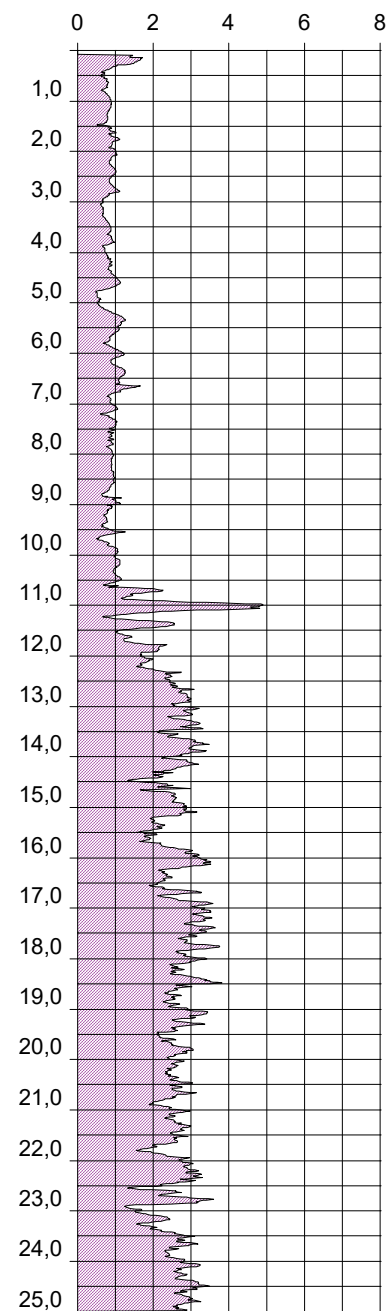


Mantelreibung f_s [MN/m²]

DS5-1

58,70 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

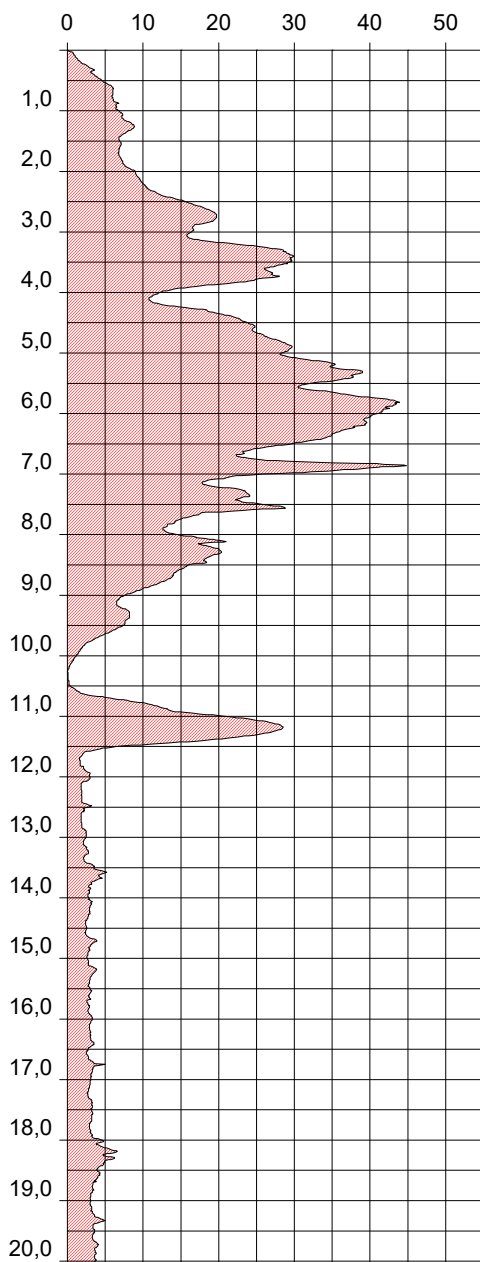
Höhenmaßstab 1:150

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS5-2

58,70 m ü.NHN

CPT-E

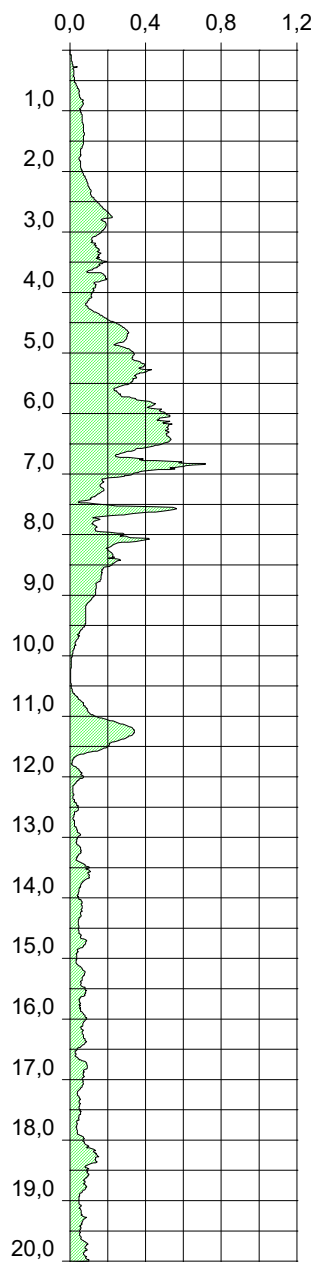


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS5-2

58,70 m ü.NHN

CPT-E

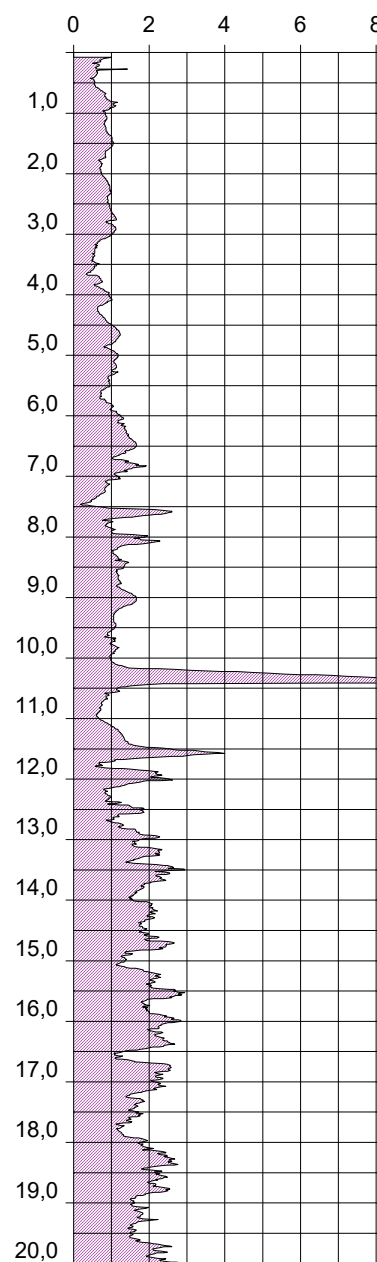


Mantelreibung f_s [MN/m²]

DS5-2

58,70 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

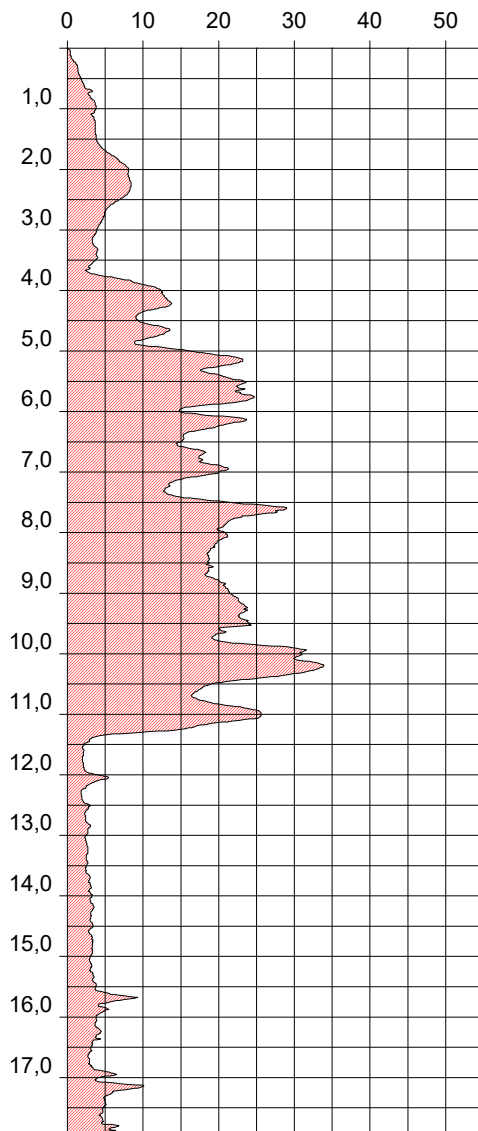
Höhenmaßstab 1:125

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS5-3

58,70 m ü.NHN

CPT-E

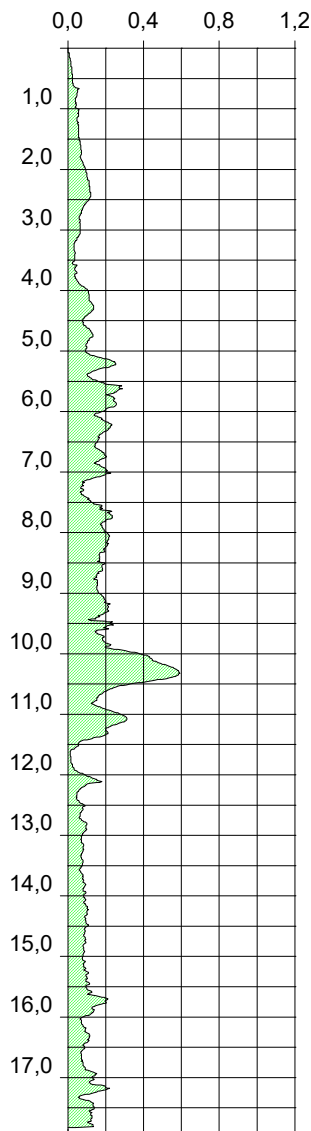


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS5-3

58,70 m ü.NHN

CPT-E



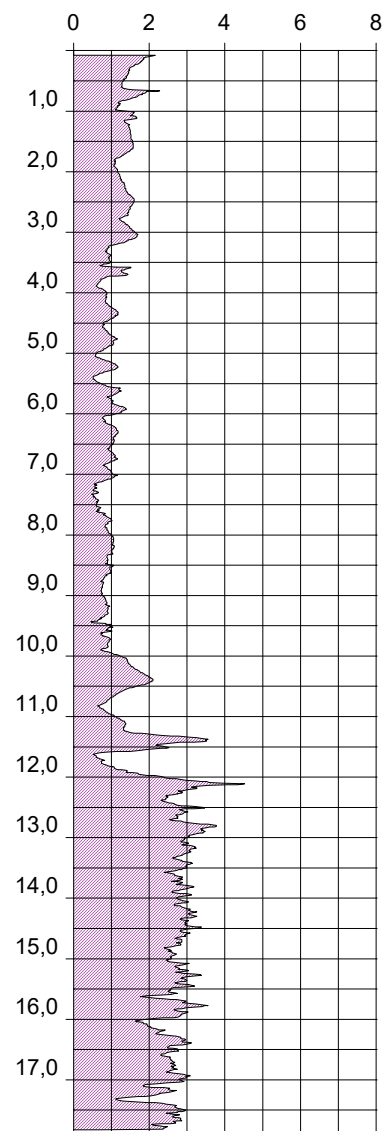
Mantelreibung f_s [MN/m²]

Abbruch wegen Stillstand

DS5-3

58,70 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

Höhenmaßstab 1:125

Anlage 4

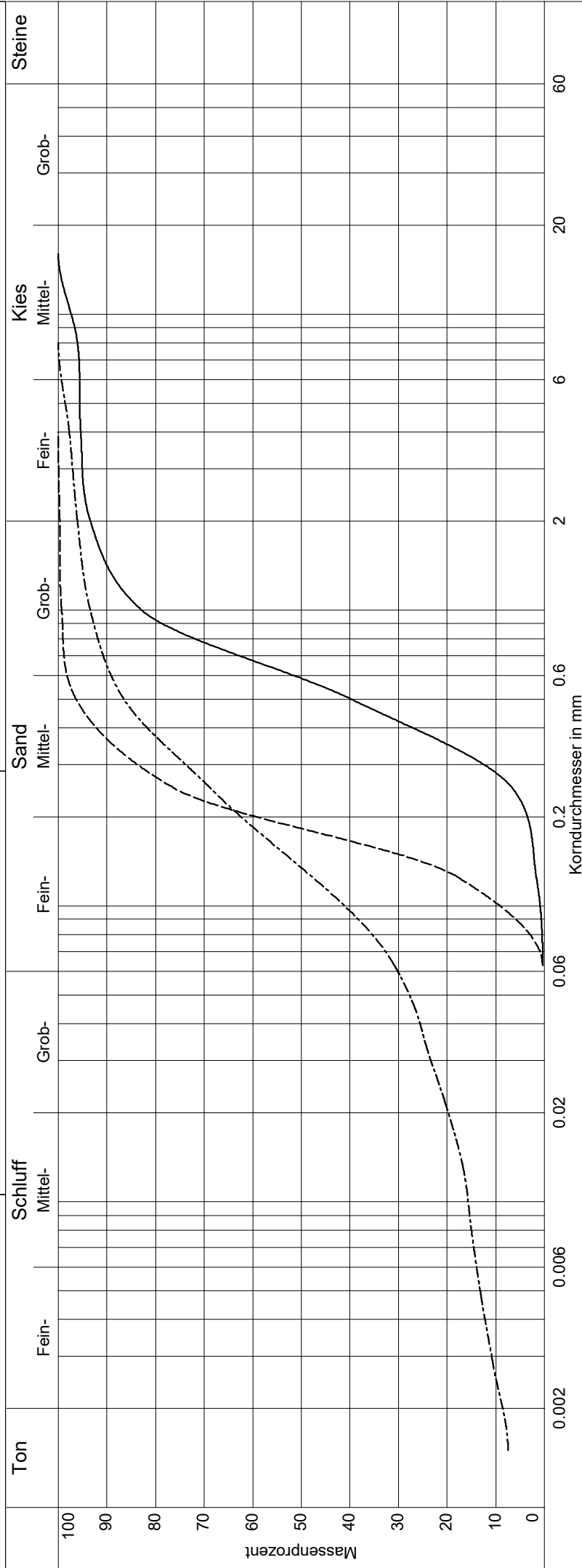
Kornverteilungen

FH Potsdam
 FB Bauingenieurwesen
 FG Grundbau und Bodenmechanik
 Grundbaulabor

Kornverteilung

DIN EN ISO 17892-4

Projekt: WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 5
 Projektnr.: L 62/232
 Anlage: 27.10.2023
 Datum: 4



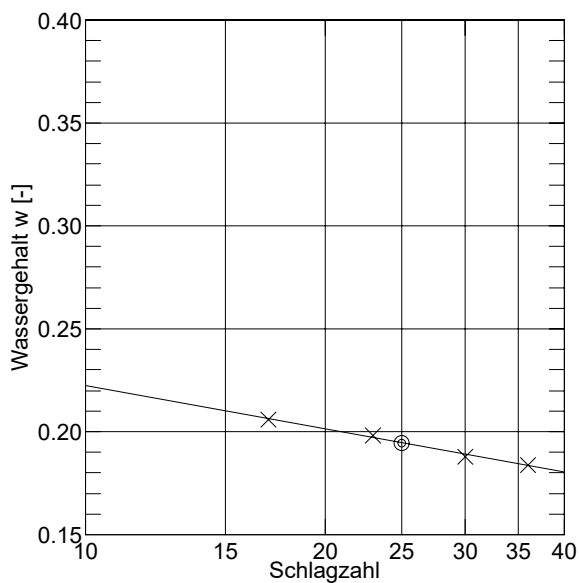
Labornummer	— s5-1,6	----- s5-5,0	--- s5-12,0
Entnahmestelle	S5	S5	S5
Entnahmetiefe	1,0 -1,6 m	4,0-5,0 m	11,0-12,0 m
Ungleichförm. Cu	2,4	2,0	72,8
Krümmungszahl Cc	0,9	1,1	7,5
Bodengruppe	SE	SE	SÜ
Anteil < 0,063 mm	0,3 %	0,4 %	30,9 %
Frostempfindl.klasse	F1	F1	F3
kf nach Beyer	7,8E-04 m/s	1,1E-04 m/s	-(Cu > 30)
kf nach USBR	-(d10 > 0,02)	-(d10 > 0,02)	4,7E-07 m/s
kf nach Kaubisch	-(0,063 <= 10%)	-(0,063 <= 10%)	1,5E-07 m/s

Anlage 5

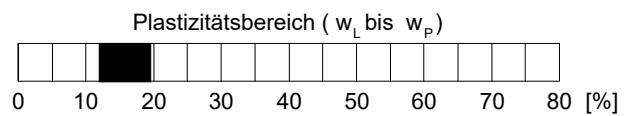
Konsistenzgrenzen

FH Potsdam	Projekt : WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 5
FB Bauingenieurwesen	Projektnr.: L 62/23
FG Grundbau und Bodenmechanik	Anlage : 5
Grundbaulabor	Datum : 27.10.2023
Zustandsgrenzen DIN EN ISO 17892-12	Labornummer: s5-13,0
	Entnahmestelle: S5
	Entnahmetiefe : 12,0-13,0 m

Behälter-Nr.		Fließgrenze				Ausrollgrenze			
		R1	R2	R3	P4	M	Y	N	
Zahl der Schläge		36	30	17	23				
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_b$ [g]	66.01	60.03	52.34	52.49	29.52	28.04	30.06	
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_b$ [g]	61.55	56.23	48.96	49.65	28.44	27.16	28.89	
Behälter	m_b [g]	37.28	36.06	32.52	35.32	19.51	19.84	19.18	
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	4.46	3.80	3.38	2.84	1.08	0.88	1.17	
Trockene Probe	m_t [g]	24.27	20.17	16.44	14.33	8.93	7.32	9.71	Mittel
Wassergehalt	$\frac{m_w}{m_t} = w$ [-]	0.184	0.188	0.206	0.198	0.121	0.120	0.120	0.120



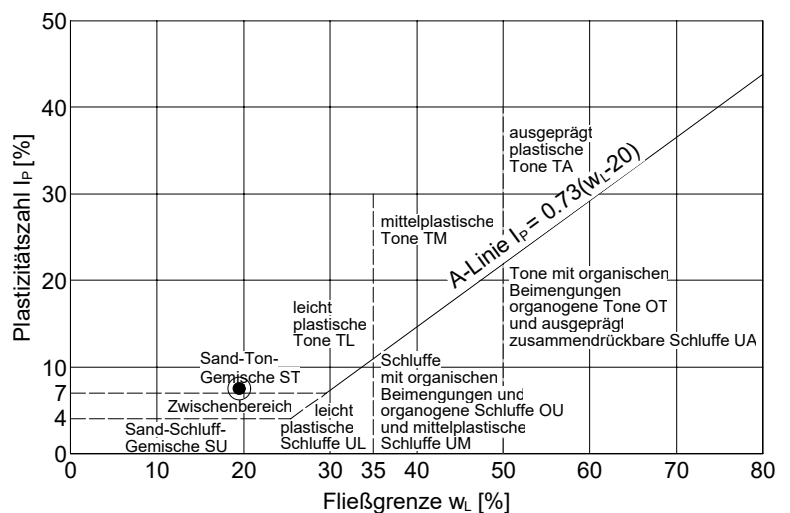
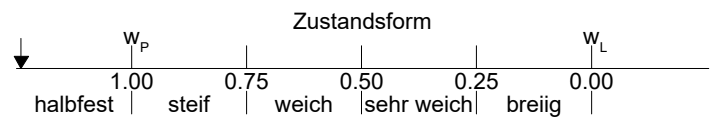
Wassergehalt $w_N = 0.102$
 Fließgrenze $w_L = 0.195$
 Ausrollgrenze $w_P = 0.120$



Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 0.075$

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P} = -0.240$

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P} = 1.240$



Anlage 6

Wassergehalte

FH Potsdam	Projekt : WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 5
FB Bauingenieurwesen	Projektnr.: L 62/23
FG Grundbau und Bodenmechanik	Anlage : 6
Grundbaulabor	Datum : 27.10.2023
Wassergehalt	Labor-Nr.: s5-12,0
	Aufschluss-Nr. S5
	Tiefe: 11,0 -12,0 m

Schale Nr. A161	Schale u. Probe feucht [g]	= 117.96 g	Schale u. Probe trocken [g]	= 111.22 g
	Schale u. Probe trocken [g]	= 111.22 g	Gewicht Schale [g]	= 56.68 g
	Wassergehalt [g]	= 6.74 g	Probe trocken G [g]	= 54.54 g
			Wassergehalt [%]	= 12.4 %
Schale Nr.	Schale u. Probe feucht [g]	= g	Schale u. Probe trocken [g]	= g
	Schale u. Probe trocken [g]	= g	Gewicht Schale [g]	= g
	Wassergehalt [g]	= g	Probe trocken G [g]	= g
			Wassergehalt [%]	= %
			Mittel	= 12.4 %

Anlage 7

Betonaggressivität des Bodens

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
www.agrolab.de

AGROLAB Agrar&Umwelt Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel

Ingenieurbüro für Geotechnik Kleen GmbH
Berliner Straße 124
14467 Potsdam

Datum 23.10.2023
Kundennr. 20122596

PRÜFBERICHT

Auftrag **2311623** Projekt: WP Müncheberg-Mittelheide - Auftrag Boden Betonaggressivität
 Analysennr. **211951** Mineralisch/Anorganisches Material
 Probeneingang **11.10.2023**
 Probenahme **04.10.2023**
 Probenehmer **Auftraggeber**
 Kunden-Probenbezeichnung **MP 05**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Trockensubstanz	u) %	°	98,2	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03(PL)
Säuregrad n. Baumann-Gully	u) *) ml/kg		79	0,1	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u) *) mg/kg	°	610	100	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u) *) mmol/kg	°	6	1	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfid leicht freisetzbar	u) *) mg/kg		<4,0	4	DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.)(PL)
Chlorid (Cl)	u) *) mg/kg		<10	10	DIN 4030-2 : 2008-06(PL)
Sulfid, gesamt	u) *) mg/kg		0,48	0,1	DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03(PL)

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

u) externe Dienstleistung eines AGROLAB GROUP Labors

Untersuchung durch

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen

Methoden

DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.); DIN 4030 (mod.); DIN 4030-2 : 2008-06; DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen, für die zitierte Methode akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Akkreditierungsverfahren: D-PL-14087-01-00 DAkkS

Methoden

DIN EN 14346 : 2007-03

Hinweis zum Probenahmedatum: Das Probenahmedatum ist eine Kundeninformation.

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "u)" gekennzeichnet.

Datum 23.10.2023
Kundennr. 20122596

PRÜFBERICHT

Auftrag **2311623** Projekt: WP Müncheberg-Mittelheide - Auftrag Boden
Betonaggressivität
Analysennr. **211951** Mineralisch/Anorganisches Material
Kunden-Probenbezeichnung **MP 05**

Beginn der Prüfungen: 11.10.2023
Ende der Prüfungen: 19.10.2023

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Das Laboratorium ist nicht für die vom Kunden bereitgestellten Informationen verantwortlich. Die ggf. im vorliegenden Prüfbericht dargestellten Kundeninformationen unterliegen nicht der Akkreditierung des Laboratoriums und können sich auf die Validität der Prüfergebnisse auswirken. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.

L. Gorski

AGROLAB Agrar&Umwelt Frau Larissa Gorski, Tel. 0431/22138-581
Service Team Umwelt 1, Email: umwelt1.kiel@agrolab.de

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

Anlage 8





Stand sicherheitsnachweise

Berechnungsgrundlagen:

WP Müncheberg wpd5-P
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-P
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$

Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 10.00 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

Boden	Tiefe [m]	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	2.50	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md (Polster)
	4.00	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	11.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	>11.00	21.0/12.0	30.0	60.0	40.0	1.000	Mergel, sth

Ergebnisse Kreisringfundament

Kippnachweis nicht untersucht.
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 47652.40 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1375.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 218788.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 24.500 m
 Durchmesser (innen) d = 11.000 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.591$ m
 $a' = 12.502$ m
 $b' = 18.540$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.591$ m
 $a' = 12.502$ m
 $b' = 18.540$ m

Neigungsbeiwerte (x):

$i_c = 0.952$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.927$
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 32.52$; $N_{d0} = 20.50$; $N_{b0} = 11.69$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.365$; $v_d = 1.347$; $v_b = 0.798$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.952$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.927$

Gleitwiderstand:

Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47652.40 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27598.12$ kN
 $T_d = 1856.25$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.067$

Setzung infolge ständiger Lasten:

Grenztiefe $t_g = 12.97$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.50 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.21 cm
 unten = 2.79 cm

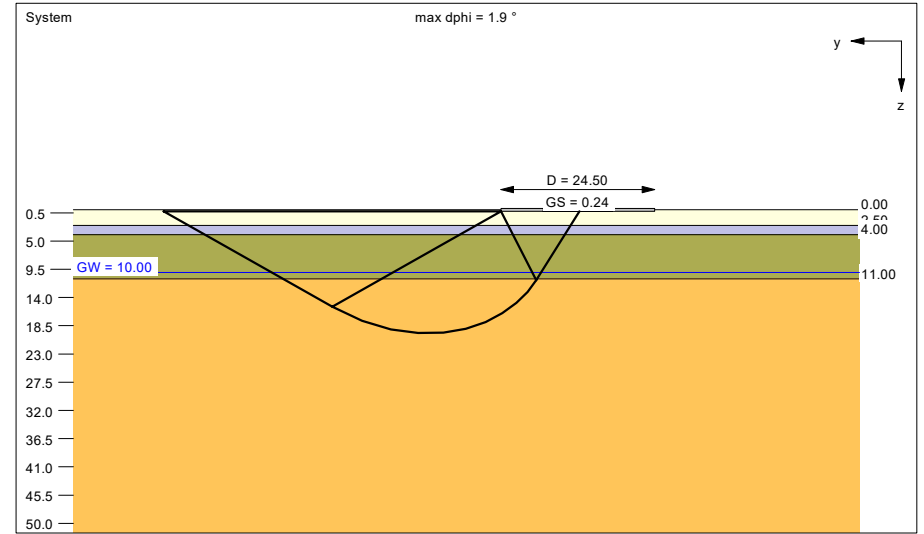
Grundbruch:

Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 3271.1 / 2336.54$ kN/m²
 $R_{n,k} = 758227.63$ kN
 $R_{n,d} = 541591.17$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 47652.40 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 64330.74$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.119
 Kohäsionsglied = 333828.83 kN (k)
 Breitenglied = 398017.05 kN (k)
 Tiefenglied = 26381.75 kN (k)
 cal $\varphi = 30.9^\circ$
 cal c = 34.09 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 15.89$ kN/m³
 cal $\sigma_u = 4.32$ kN/m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 31.66$; $N_{d0} = 19.73$; $N_{b0} = 11.08$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.362$; $v_d = 1.343$; $v_b = 0.798$

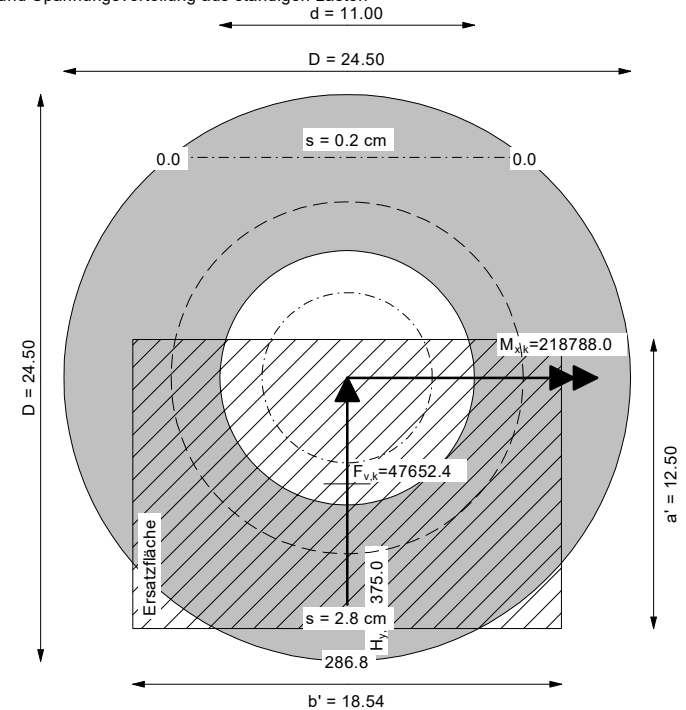
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 803.4

Nachweis EQU:

$M_{stb} = 47652.4 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 525367.7$
 $M_{dst} = 218788.0 \cdot 1.10 = 240666.8$
 $\mu_{EQU} = 240666.8 / 525367.7 = 0.458$



Grundriss
 Setzungen und Spannungsverteilung aus ständigen Lasten



Berechnungsgrundlagen:
 WP Müncheberg wpd5-A

Norm: EC 7

BS: DIN 1054: BS-A

Grundbruchformel nach DIN 4017:2006

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

$\gamma_{R,v} = 1.20$

$\gamma_G = 1.10$

$\gamma_Q = 1.10$

$\gamma_{R,h} = 1.10$

Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.00$





$\gamma_{G,stab} = 0.95$

$\gamma_{Q,dst} = 1.00$

Gründungssohle = 0.24 m

Grundwasser = 10.00 m

Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

Boden	Tiefe [m]	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	2.50	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md (Polster)
	4.00	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	11.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	>11.00	21.0/12.0	30.0	60.0	40.0	1.000	Mergel, sth

Ergebnisse Kreisringfundament

Kippnachweis nicht untersucht.

Lasten = ständig / veränderlich

Vertikallast $F_{v,k} = 47692.40 / 0.00$ kN

Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN

Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1650.00 / 0.00$ kN

Moment $M_{x,k} = 262685.00 / 0.00$ kN·m

Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m

Durchmesser D = 24.500 m

Durchmesser (innen) d = 14.000 m

Unter ständigen Lasten:

Exzentrizität $e_x = 0.000$ m

Exzentrizität $e_y = -5.508$ m

$a' = 10.185$ m

$b' = 16.530$ m

Unter Gesamlasten:

Exzentrizität $e_x = 0.000$ m

Exzentrizität $e_y = -5.508$ m

$a' = 10.185$ m

$b' = 16.530$ m

Grundbruch:

Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.20$

$\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 2797.2 / 2330.96$ kN/m²

$R_{n,k} = 470917.42$ kN

$R_{n,d} = 392431.18$ kN

$V_d = 1.10 \cdot 47692.40 + 1.10 \cdot 0.00$ kN

$V_d = 52461.64$ kN

μ (parallel zu y) = 0.134

Kohäsionsglied = 196344.36 kN (k)

Breitenglied = 255522.33 kN (k)

Tiefenglied = 19050.73 kN (k)

cal $\varphi = 31.2^\circ$

cal c = 28.02 kN/m²

cal $\gamma_2 = 16.55$ kN/m³

cal $\sigma_u = 4.32$ kN/m²

Tragfähigkeitsbeiwerte (x):

$N_{c0} = 31.84$; $N_{d0} = 19.89$; $N_{b0} = 11.21$

Formbeiwerte (x):

$v_c = 1.331$; $v_d = 1.314$; $v_b = 0.815$

Neigungsbeiwerte (x):

$i_c = 0.942$; $i_d = 0.945$; $i_b = 0.912$

Tragfähigkeitsbeiwerte (y):

$N_{c0} = 33.11$; $N_{d0} = 21.03$; $N_{b0} = 12.11$

Formbeiwerte (y):

$v_c = 1.335$; $v_d = 1.319$; $v_b = 0.815$

Neigungsbeiwerte (y):

$i_c = 0.942$; $i_d = 0.945$; $i_b = 0.912$

Gleitwiderstand:

Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$

$N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47692.40 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$

$R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27621.28$ kN

$T_d = 1815.00$ kN

$\mu = T_d / R_{t,d} = 0.066$

Setzung infolge ständiger Lasten:

Grenztiefe $t_g = 13.87$ m u. GOK

Setzung (Mittel aller KPs) = 1.79 cm

Setzungen der KPs:

oben = 0.16 cm

unten = 3.41 cm

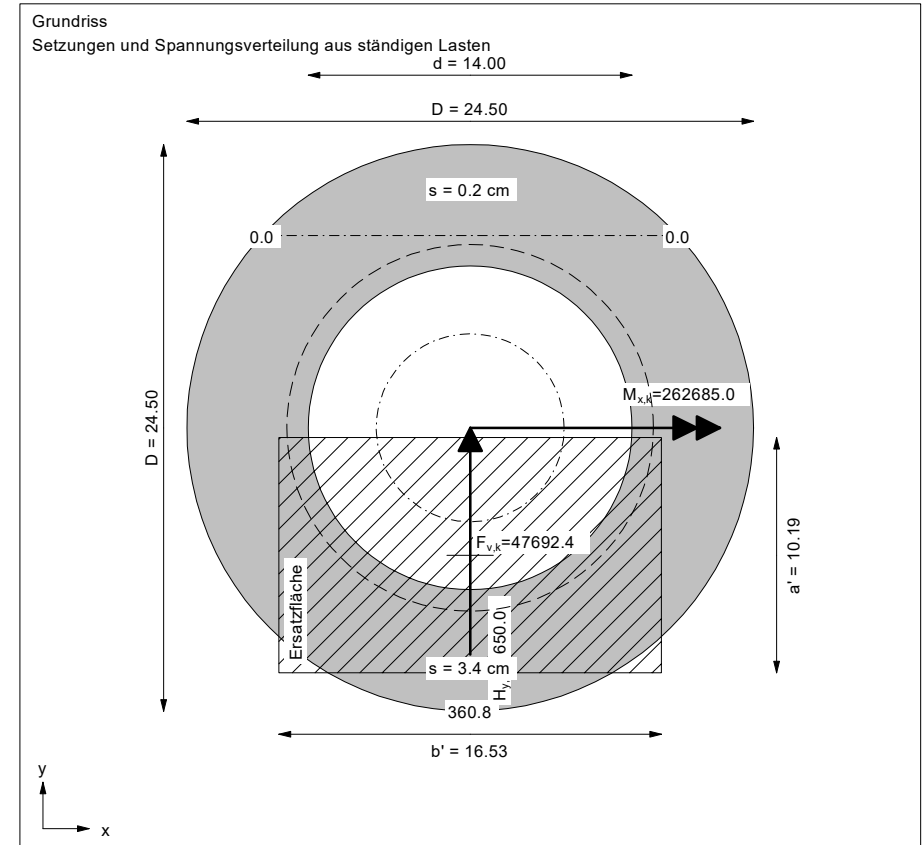
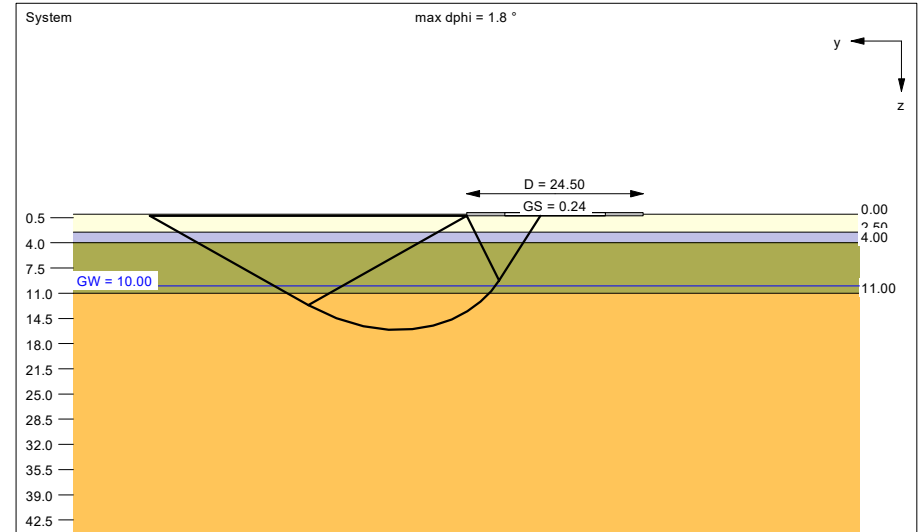
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 636.1

Nachweis EQU:

$M_{stb} = 47692.4 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 555020.3$

$M_{dst} = 262685.0 \cdot 1.00 = 262685.0$

$\mu_{EQU} = 262685.0 / 555020.3 = 0.473$



- BAUGRUNDUNTERSUCHUNGEN
- BAUGRUNDGUTACHTEN
- GRÜNDUNGSBERATUNG
- ALTLASTERKUNDUNGEN
- KONTAMINATIONS-GUTACHTEN
- GRUNDBAUSTATIK
- BAULEITUNG · PLANUNG

GEOTECHNISCHER ENTWURFSBERICHT

108-23wpd6

Bauvorhaben:	Windpark Müncheberg - Mittelheide wpd 6
Auftraggeber:	Naturwind Potsdam GmbH Hegelallee 41 14467 Potsdam
Bearbeiter:	M.Sc. B. Tamme Prof. Dr.-Ing. H. Kleen
Umfang:	11 Seiten 8 Anlagen
Datum:	17.11.2023

1. VERANLASSUNG

Unser Büro wurde am 31.07.2023 durch die Naturwind Potsdam GmbH schriftlich beauftragt, für die im Windpark Müncheberg - Mittelheide geplante Windkraftanlage wpd 6, einen Geotechnischen Entwurfsbericht, einschließlich der notwendigen Feld- und Laboruntersuchungen, anzufertigen.

2. UNTERLAGEN

Für die Bearbeitung standen die nachfolgend aufgeführten Unterlagen zur Verfügung:

- U 2.1 Geologische Karte, M.: 1 : 25.000, über www.geo.brandenburg.de/gk25/, Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
- U 2.2 Unser Geotechnischer Entwurfsbericht zum Bauvorhaben „Windpark Müncheberg-Mittelheide WEA9, vom 27.11.2020 nebst Unterlagen
- U 2.3 Prüfbericht für eine Typenprüfung, Vestas V162-5.4/5.6/6.0/6.2 MW mit 169 m Nabenhöhe, D = 24,5 m, Kreisringfundament mit Auftrieb, Prüfnr.: 3108363-23-d Rev.4, der TÜV SÜD Industrie Service GmbH aus München, vom 25.02.2022
- U 2.4 Lageplan zum Projekt Müncheberg-Mittelheide, der naturwind potsdam GmbH, M.: 1 : 12.000, vom 28.07.2023
- U 2.5 Geländeordinaten der Windkraftanlagenmittelpunkte, übersandt am 01.11.2023 durch das zuständige Vermessungsbüro Horst Möhring aus Frankfurt Oder
- U 2.6 Ergebnisse der Drucksondierungen der Firma Fugro Germany Land GmbH aus Berlin, übersandt am 31.10.2023
- U 2.7 Ergebnisse bodenmechanischer Laboruntersuchungen der Fachhochschule Potsdam, Fachgebiet Grundbau und Bodenmechanik, vom 27.10.2023 (L63/23)
- U 2.8 Prüfbericht zur Betonaggressivität des Bodens, WP Müncheberg - Mittelheide / MP06 (wpd 6), der Agrolab Agrar und Umwelt GmbH aus Kiel, Analysennummer: 211957 vom 23.10.2023

3. BAUGRUNDSTÜCK UND BAUWERK

Der Standort für den Neubau einer Windkraftanlage befindet sich zwischen dem Maxsee und Schönfelde, südlich des Müncheberger Ortsteils Hoppegarten, innerhalb des geplanten Windparks Müncheberg - Mittelheide.

Hier soll, auf der forstwirtschaftlich genutzten Fläche, die Windkraftanlage wpd 6 vom Typ V162-6.2 MW mit Hybridturm und einer Nabenhöhe von 169 m auf einem Kreisringfundament, mit einem Außendurchmesser von $D = 24,5$ m, auf einer 0,1 m starken Sauberkeitsschicht in einer Tiefe von ca. 0,24 m unter Gelände, flach gegründet werden.

Die Geländehöhe am Standort der Windkraftanlage wpd 6 liegt auf einer Ordinate von ca. 58,2 m über NHN.

Die Lage der geplanten Windkraftanlage geht aus der Anlage 1 und der Anlage 2 hervor.

4. BAUGRUND

4.1 Vorkenntnisse

Der Windpark Müncheberg - Mittelheide befindet sich im Bereich einer im Pleistozän gebildeten Hochfläche.

Hier ist mit Schmelzwasserablagerungen in Form von feinkörnigen, schwach mittelkörnigen Sanden, die zum Teil schwach schluffige Beimengungen beinhalten, zu rechnen (s. Unterlage U 2.1).

Gemäß der Unterlage U 2.2 stehen im Bereich der geplanten Windenergieanlage wpd 6, unterhalb einer ca. 0,3 m starken, sandigen, schwach humosen Oberbodenschicht, bis zur Aufschlussentiefe von 15,0 m unter Gelände Fein-, Mittel- und Grobsande an.

Die Sande sind bis in eine Tiefe von ca. 3,5 m unter Gelände locker und mitteldicht, 6,2 m unter Gelände sehr locker, locker und mitteldicht, darunter überwiegend mindestens mitteldicht gelagert.

4.2 Baugrunduntersuchungen

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurde im Bereich der geplanten Windkraftanlage wpd 6 eine Kleinbohrung (S6) bis zu einer Endtiefe von 15,0 m unter Gelände abgeteuft.

Zur Feststellung der Lagerungsdichte bzw. der Festigkeit des anstehenden Baugrundes wurden zudem drei Drucksondierungen als CPT-E (DS6-1 bis DS6-3) bis in Tiefen von 20,0 m und 25,0 m unter Gelände vorgesehen.

Auf Grund zu hoher Baugrundfestigkeiten musste die Drucksondierungen wegen Auslastung in Tiefen von ca. 15,0 m und 15,5 m unter Gelände abgebrochen werden.

Die Einmessung und Kennzeichnung des Untersuchungsstandortes erfolgte durch das beauftragte Vermessungsbüro (vgl. Unterlage U 2.5).

Die Lage der genannten Aufschlüsse ist aus der Anlage 1 und der Anlage 2 ersichtlich.

4.3 Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

Auf der Grundlage des, während der Feldarbeiten erstellten Schichtenverzeichnisses und einer durch uns vorgenommenen Bodenansprache, wurde das in der Anlage 3 dokumentierte Schichtenprofil angefertigt. Zudem sind innerhalb der Anlage 3 die Ergebnisse der Drucksondierungen dargestellt.

Im Einzelnen kann damit am Standort der geplanten Windkraftanlage wpd 6 von folgendem Baugrundaufbau ausgegangen werden:

Unterhalb einer ca. 0,2 m starken, sandigen und humosen Oberbodenschicht (Mutterboden) stehen bis in eine Tiefe von ca. 10,8 m unter Gelände Mittel- und Grobsande an, die bis zur Aufschlussendteufe von einer sandigen Geschiebemergelschicht unterlagert werden (S6).

Der in S6 erbohrte Geschiebeboden besitzt, auf Grund unserer Ansprachen und der durchgeführten bodenmechanischen Versuche zur Bestimmung der Konsistenzgrenzen und des Wassergehaltes, eine halbfeste Zustandsform.

Die Drucksondierungen DS6-1 bis DS6-3 bestätigen die erkundeten Baugrundverhältnisse im Wesentlichen und ergeben für die Sande oberhalb des Geschiebemergels, bis in eine Tiefe von ca. 2,2 m unter Gelände eine lockere und mitteldichte, darunter eine überwiegend mindestens mitteldichte und dichte, lokal, ab einer Tiefe von ca. 3,0 m unter Gelände, eine lockere Lagerung.

Darüber hinaus zeigen die Drucksondierungen, dass die anstehenden Geschiebeböden eine mindestens halbfeste Konsistenz besitzen.

Körnungslinien repräsentativer Böden sind in der Anlage 4, Konsistenzgrenzen in Anlage 5 und ein Wassergehalt in der Anlage 6 dargestellt.

5. HOMOGENBEREICHE / BODENKLASSIFIZIERUNG

Die im Bereich des Untersuchungsstandortes anstehenden Böden können gemäß VOB Teil C, Ausgabe 2012 und Ausgabe 2015, DIN 18196:2011-05 sowie ZTV E-StB 17 wie folgt eingestuft und klassifiziert werden:

Oberboden

Bodengruppe:	OH
Lagerung:	locker
Frostempfindlichkeit:	gering bis mittel frostempfindlich (F2)

Der Oberboden entspricht nach VOB Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 1 (Oberboden). Nach DIN 18915:2002-08 kann der Oberboden für vegetationstechnische Zwecke der Bodengruppe 2 zugeordnet werden.

Homogenbereich A / Sande

Bodengruppe:	SE
Lagerung:	bis ca. 2,2 m: locker und mitteldicht ab ca. 2,2 m: mindestens mitteldicht, lokal locker
Verdichtungsfähigkeit:	gut bis mittel
Frostempfindlichkeit:	nicht frostempfindlich (F1)
Durchlässigkeit [m/s]:	$k_f = 1 \times 10^{-3}$ bis 1×10^{-4}

Die Sande entsprechen nach VOB, Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 3 (leicht lösbare Bodenarten).

Homogenbereich B / Geschiebemergel

Bodengruppe:	SU*, TL
Festigkeit:	halbfest
Verdichtungsfähigkeit:	SU*: mittel TL: mäßig
Frostempfindlichkeit:	sehr frostempfindlich (F3)
Durchlässigkeit [m/s]:	$k_f < 1 \times 10^{-7}$

Der Geschiebemergel entspricht nach VOB, Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 4 (mittelschwer lösbare Bodenarten).

Innerhalb und unmittelbar oberhalb des Geschiebehorizontes ist mit Findlingen zu rechnen.

Werden weiterreichende Angaben zu Körnungsbändern, zur Dichte und zur Festigkeit anstehender Böden erforderlich, sind ggf. zusätzliche Labor- bzw. Feldversuche durchzuführen.

6. GRUNDWASSER

Während der Baugrunduntersuchungen im September 2023 wurde kein Grundwasser angeschnitten.

Da im Gründungsbereich kein Grundwasser ansteht, wurde hier ersatzweise eine Bodenprobe hinsichtlich Betonaggressivität untersucht.

Als Ergebnis konnte festgestellt werden, dass der anstehende Boden hier als nicht betonangreifend einzustufen ist, was gemäß DIN EN 206-1 zu der Expositionsklasse XAI führt.

Die Einzelergebnisse der Bodenanalytik können der Unterlage U 2.8, die innerhalb der Anlage 7 dargestellt ist, entnommen werden.

7. BODENKENNWERTE

Für erdstatische Berechnungen können, auf Grund der Ansprache der gelieferten Proben, der Bohr- und Sondierergebnisse und unserer Erfahrung die charakteristischen Bodenkennwerte der folgenden Tabelle 1 angesetzt werden.

Die Tiefenlagen der Bodenschichten sind dem Schichtenprofil, welches innerhalb der Anlage 3 dargestellt ist, zu entnehmen.

Tabelle 1: charakteristische Bodenkennwerte

Bodenart	Bodenkennwerte				
	Wichte	Reibungswinkel	Kohäsion	Querdehnzahl	Steifeziffer stat. / dyn.
	γ_k / γ'_{k}	φ'_{k}	$c'_{k} / c_{u,k}$	ν	$E_{s,k} / E_{sd,k}$
	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[-]	[MN/m ²]
Oberboden	17 / 9	30,0	-- / --	-- / --	-- / --
Sand					
locker (lo)	18 / 10	30,0	-- / --	0,32	40 / 170
mitteldicht (md)	18 / 11	32,5	-- / --	0,32	80 / 260
dicht (d)	19 / 11	35,0	-- / --	0,32	150 / 420
Geschiebeboden halbfest (sth)	21 / 12	30,0	60 / 100	0,35	40 / 170

8. ANGABEN ZUR GRÜNDUNG, ZUWEGUNG UND KRANSTELLFLÄCHE

8.1 Gründung

Der erkundete Baugrundaufbau und die ermittelten Baugrundfestigkeiten erlauben für die Windkraftanlage wpd 6 die Ausführung einer Flachgründung mittels Kreisringfundament.

Zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit und Standsicherheit der Anlage werden dazu vorab jedoch Bodenverbesserungen erforderlich, die hier über ein einzubauendes Gründungspolster realisiert werden können.

Im Einzelnen sind hierzu folgende Voraussetzungen einzuhalten:

Die im Gründungsbereich anstehenden weniger tragfähigen, locker gelagerten Sande sind bis in eine Tiefe von ca. 1,8 m unter Gelände vollständig gegen mindestens mitteldicht gelagertes rolliges Material auszutauschen.

Hierbei ist zu beachten, dass nach Freilegung der Austauschebene, die gewachsenen Sande mit einer Tiefenwirkung von mindestens 0,4 m nach verdichtet werden.

Das nachfolgend einzubringende rollige Polstermaterial hat zur besseren Verdichtbarkeit eine Ungleichförmigkeit von $U > 6$ aufzuweisen. Die Polsterlagen sollten bis zur geplanten Gründungssohle, mit maximalen Stärken von 0,3 m unter Berücksichtigung eines Ausbreitungswinkels von 45° , so verdichtet eingebracht werden, dass durchweg eine mindestens mitteldichte Lagerung vorherrscht.

Die Güte des Austauschbodens und der Sohle sind durch geeignete Versuche, wie Plattendruck- oder Proctorversuche nachzuweisen.

Bei Einhaltung der o.g. Gründungshinweise und unter Zugrundelegung der in Tabelle 1 angegebenen Bodenkennwerte, werden die Anforderungen an die Windkraftanlage des Typs V162-6.2 MW mit einer Nabenhöhe von 169 m mit einem Fundamentdurchmesser $D = 24,5$ m, von jeder erkundeten Baugrundsicht erfüllt.

Die ermittelten statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten gemäß der Unterlage U 2.5 für die anstehenden Bodenschichten können der folgenden Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: wpd 6- statische und dynamische Drehfedersteifigkeiten

Bodenart	Tiefe [m u. GOK]	r_E [m]	ν [-]	$E_{S,stat.}$ [MN/m ²]	$k_{\varphi,stat}$ [MNm/rad]	$E_{S,dyn.}$ [MN/m ²]	$k_{\varphi,dyn}$ [MNm/rad]
Polster Sand (md)	> 0,35	12,25	0,32	80	152.600	260	496.100
Sand (lo)	> 3,0	13,93	0,32	40	112.200	170	476.900
Sand (md)	> 3,5	14,21	0,32	80	238.200	260	774.300

r_E	Ersatzradius
ν	Querdehnzahl
$E_{S,stat.}$	Steifesziffer, statisch
$E_{S,dyn.}$	Steifesziffer, dynamisch
$k_{\varphi,stat}$	Drehfedersteifigkeit, statisch
$k_{\varphi,dyn}$	Drehfedersteifigkeit, dynamisch

Damit liegen die vorhandenen statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten jeder erkundeten Schicht über den geforderten Werten von $k_{\varphi,stat} \geq 40.000$ bzw. $k_{\varphi,dyn} \geq 200.000$ [MNm/rad].

Die angegebenen Sohlspannungen können vom Baugrund aufgenommen werden. Bei sorgfältiger Ausführung der Gründungsarbeiten und Einhaltung der vor genannten Voraussetzungen wird die Absolutsetzung der Windkraftanlage 3,0 cm nicht überschreiten.

In Folge der erfolgten Baugrundverbesserung werden damit keine relevanten, baugrundbedingten Setzungsunterschiede auftreten.

Die Standsicherheit der Windkraftanlage ist gegeben; die zum Nachweis geführten Berechnungen für die Bemessungssituationen BS-P und BS-A können der Anlage 8 entnommen werden.

8.2 Zuwegung und Kranstellfläche

Unter der Voraussetzung, dass der in Abschnitt 4 beschriebene Baugrundaufbau im Bereich der Verkehrsflächen hier übertragbar ist, kann hierzu zusammenfassend von den nachfolgenden Gegebenheiten und Anforderungen ausgegangen werden:

- Die bis in eine Tiefe von mindestens ca. 0,2 m unter Gelände anstehende Oberbodenschicht ist gänzlich zu entfernen und gegen ein verdichtet eingebrachtes rolliges Material zu ersetzen. Die nach Aushub der Oberböden freiliegenden Sande sind mit einer Tiefenwirkung von mindestens 0,4 m nach zu verdichten.
- Der Einbau von Austausch-, Trag- und Frostschutzschichten hat lagenweise, in Abhängigkeit des eingesetzten Verdichtungsgerätes, mit Stärken von 20 cm bis 30 cm, zu erfolgen.
- Auszuführende Gründungspolster sind immer, sofern nicht durch andere konstruktive Maßnahmen die seitliche Stützung des Polsters erreicht wird, mit einer Verbreiterung entsprechend des Lastverteilungswinkels von ca. 45° bis auf die Solltiefe zu führen.
- Die Verdichtungsanforderungen an die Zuwegung und die Kranstellfläche können grundsätzlich, unter Einhaltung der o.g. Anforderungen, sowohl für den Untergrund mit $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$, den Tragschichtaufbau mit $E_{V2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ und die Deckschichten mit $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verhältniswert $E_{V2} / E_{V1} \leq 2,3$ nachgewiesen werden.
- Die geforderten Mindesttragfähigkeiten des Planums sind vor Ort durch geeignete Verdichtungskontrollen, wie beispielsweise Plattendruckversuche, zu überprüfen.

9. ERGÄNZENDE HINWEISE UND EMPFEHLUNGEN

- Die durchgeführten Untersuchungen liefern lediglich einen stichprobenartigen Aufschluss im Bereich der geplanten Windkraftanlage. Sollte sich bei den Gründungsmaßnahmen die Bodensituation örtlich anders darstellen als von uns bisher erkundet, sind wir darüber zu informieren.

Der Untersuchungsbereich gehört zu keiner Erdbebenzone.

- Der unterhalb der Oberböden überwiegend anstehende gewachsene Sand, mit einer Feuchtwichte von $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, eignet sich grundsätzlich zur Überschüttung und Wiederanfüllung, auch für die Schnittstellen zwischen Fundamentarbeitsraum und Kranstellfläche. Die Überschüttung muss dabei mindestens 0,5 m betragen.
- Für die im Gründungsbereich der Windkraftanlage anstehenden Sande kann mit einem abgeschätzten spezifischen Erdwiderstand zwischen 300 und 1000 Ωm gerechnet werden.
- Die Gründungs- und ggf. erforderlichen Baugrundverbesserungsarbeiten sollten geotechnisch begleitet und überwacht werden.
- Das Bauvorhaben ist in die geotechnische Kategorie GK-3 einzuordnen. Folgerichtig ist nach den Vorgaben der DIN 1054 der Geotechnische Entwurfsbericht zur Fortschreibung zu bringen.
- Für ergänzende Erläuterungen und Beratungen stehen wir gerne zur Verfügung.



Prof. Dr.-Ing. H. Kleen



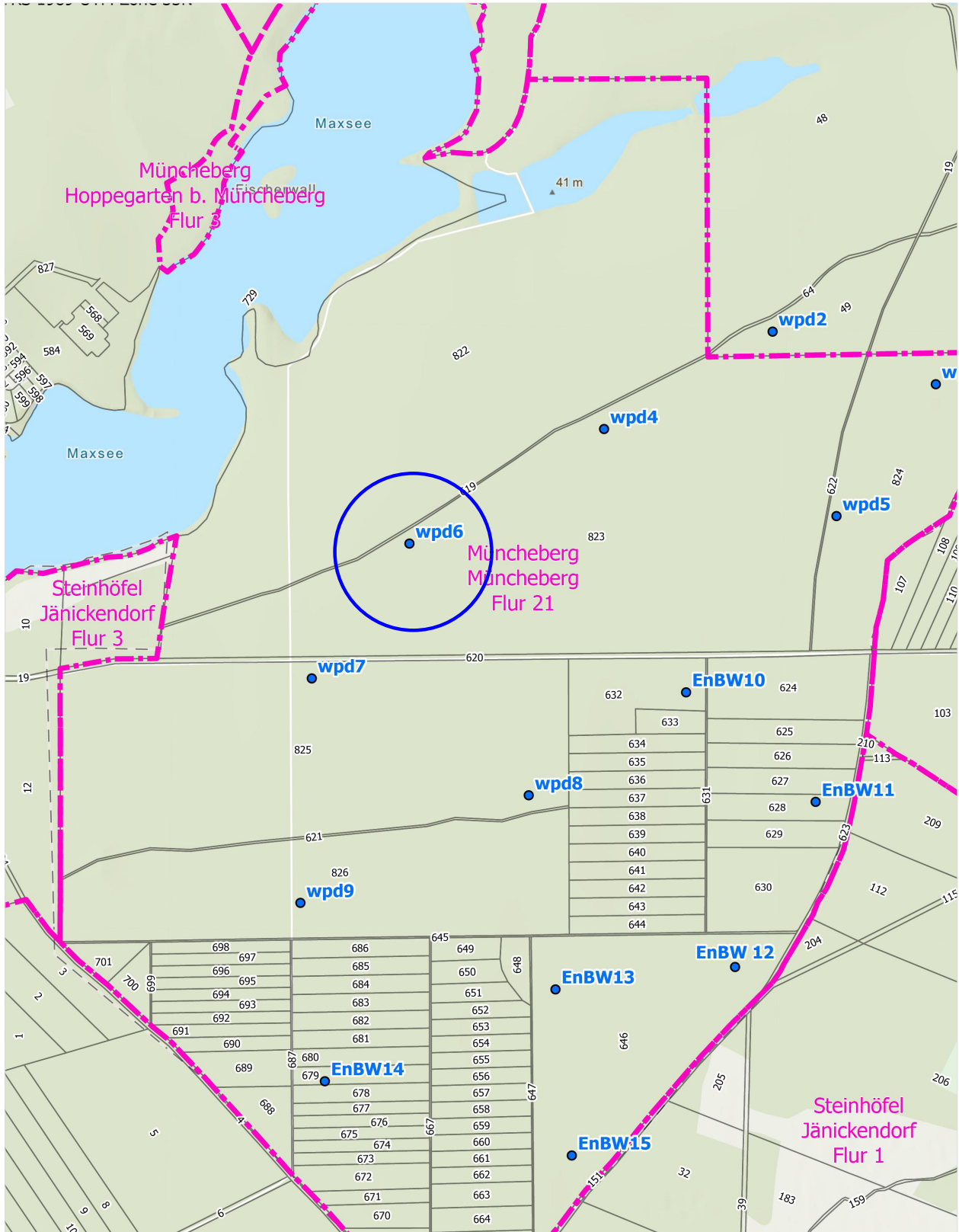
M. Sc. B. Tamme

ANLAGEN	SEITEN
1. Übersicht	1
2. Lageplan mit Aufschlussansatzpunkten	1
3. Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse	4
4. Körnungslinien	1
5. Zustandsgrenzen	1
6. Wassergehalt	1
7. Betonaggressivität Boden	2
8. Standsicherheitsnachweise	2

Anlage 1

Übersicht

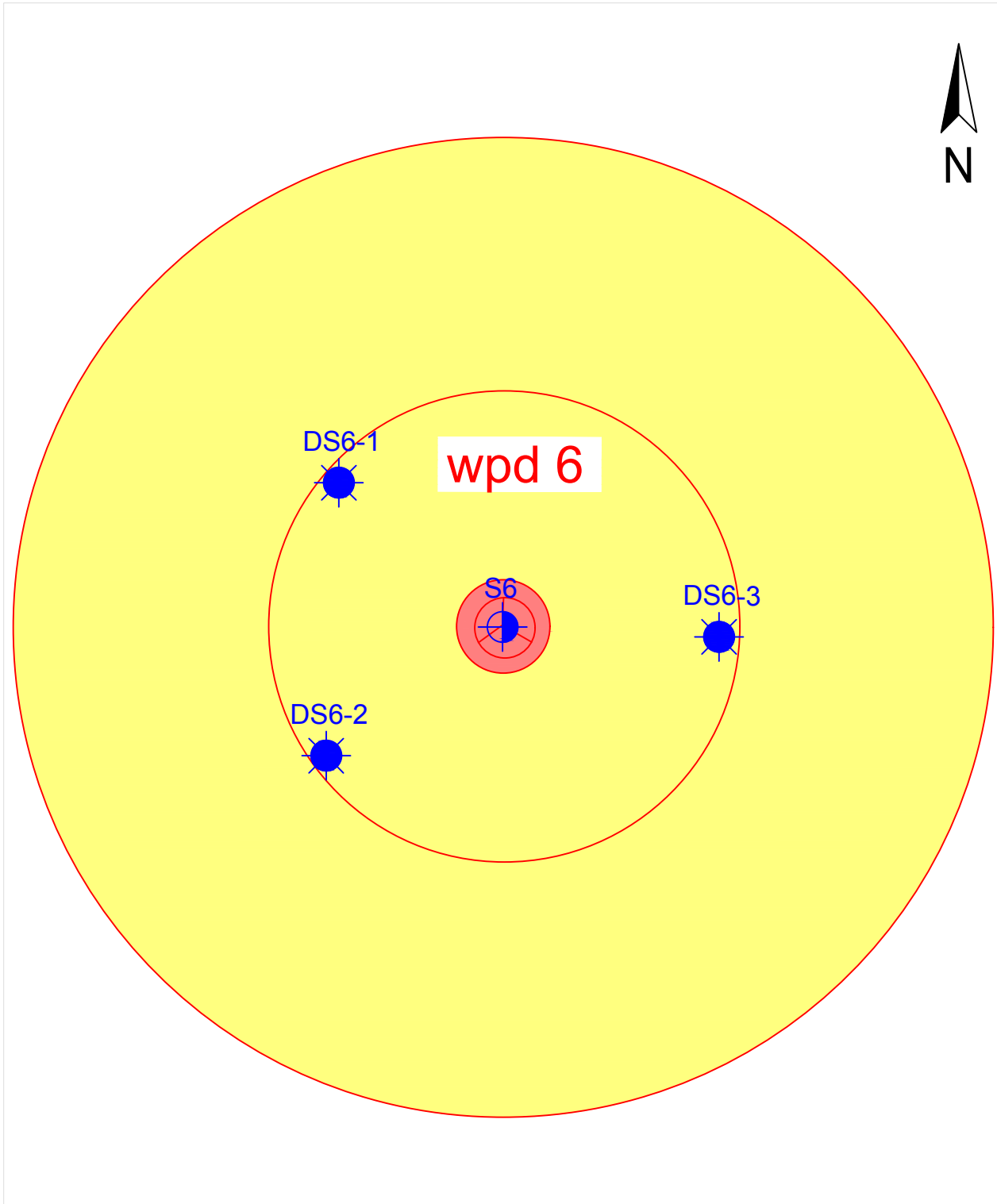
Übersicht



Anlage 2

Lageplanskizze

Lageplanskizze



ohne Maßstab



Kleinbohrung (S)

Drucksondierung CPT-E (DS)

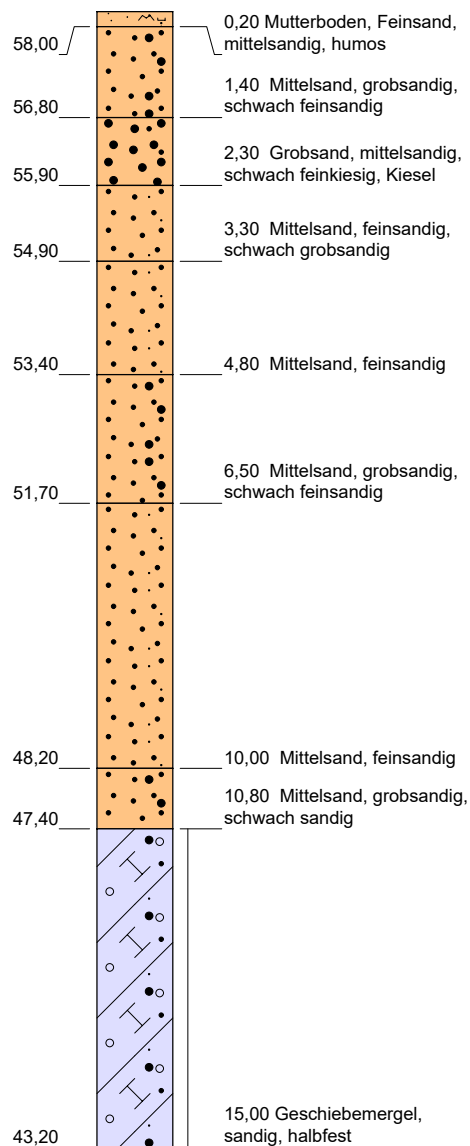
Anlage 3

Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

S6

58,20 m ü.NHN



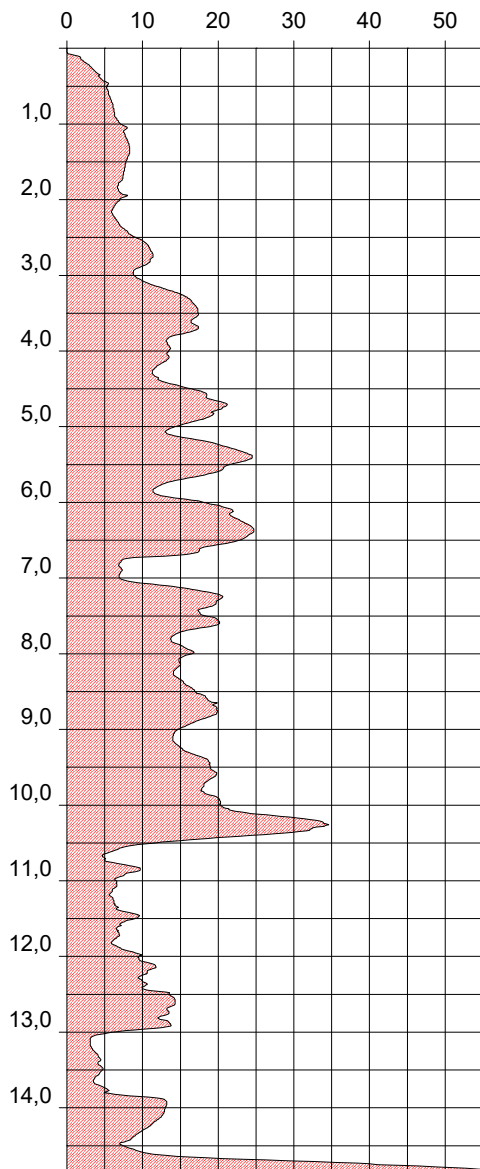
Höhenmaßstab 1:100

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS6-1

58,20 m ü.NHN

CPT-E

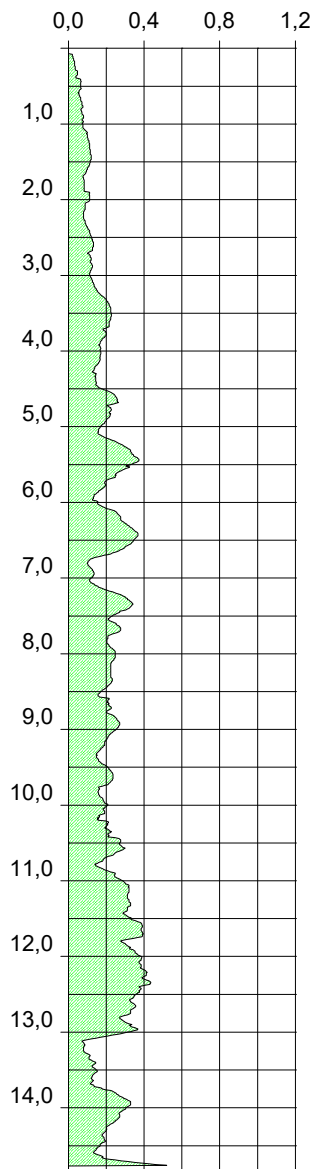


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS6-1

58,20 m ü.NHN

CPT-E



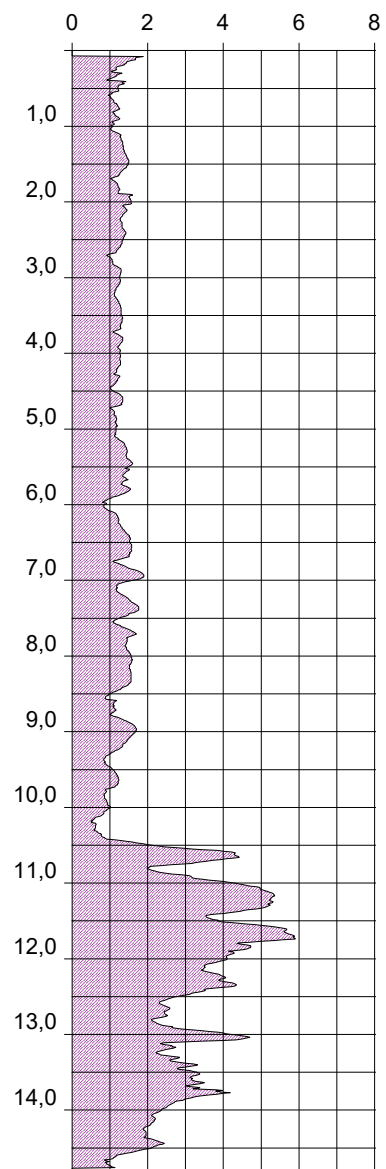
Mantelreibung f_s [MN/m²]

Abbruch wegen Stillstand

DS6-1

58,20 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

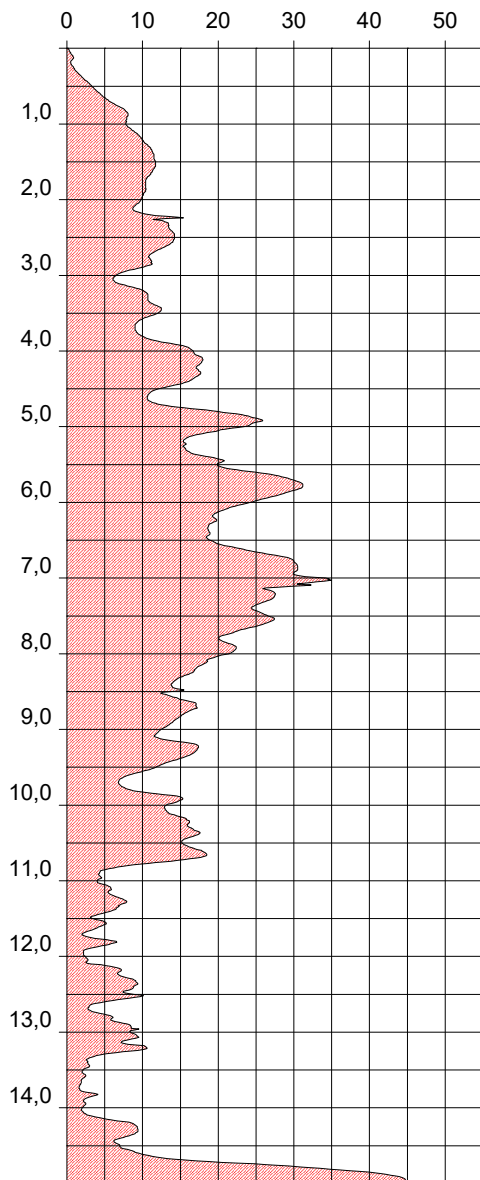
Höhenmaßstab 1:100

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS6-2

58,20 m ü.NHN

CPT-E

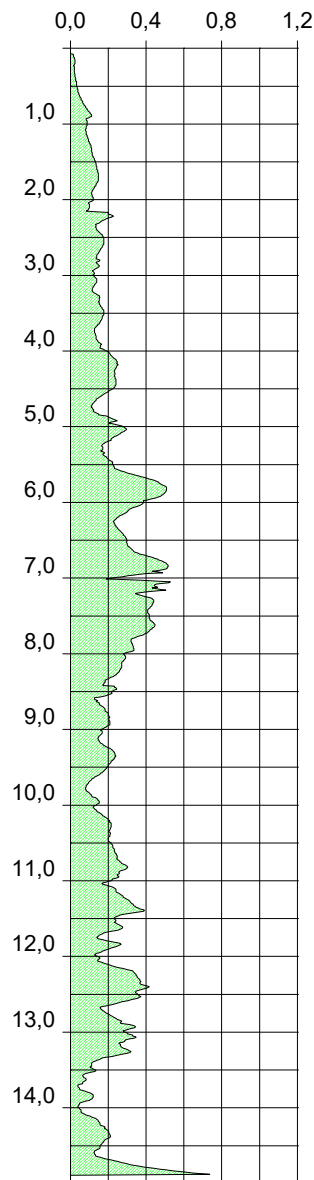


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS6-2

58,20 m ü.NHN

CPT-E



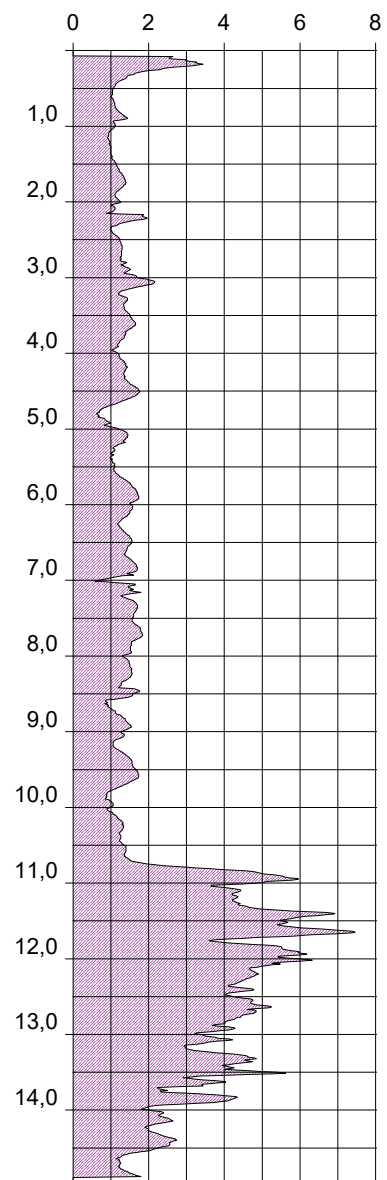
Mantelreibung f_s [MN/m²]

Abbruch wegen Stillstand

DS6-2

58,20 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

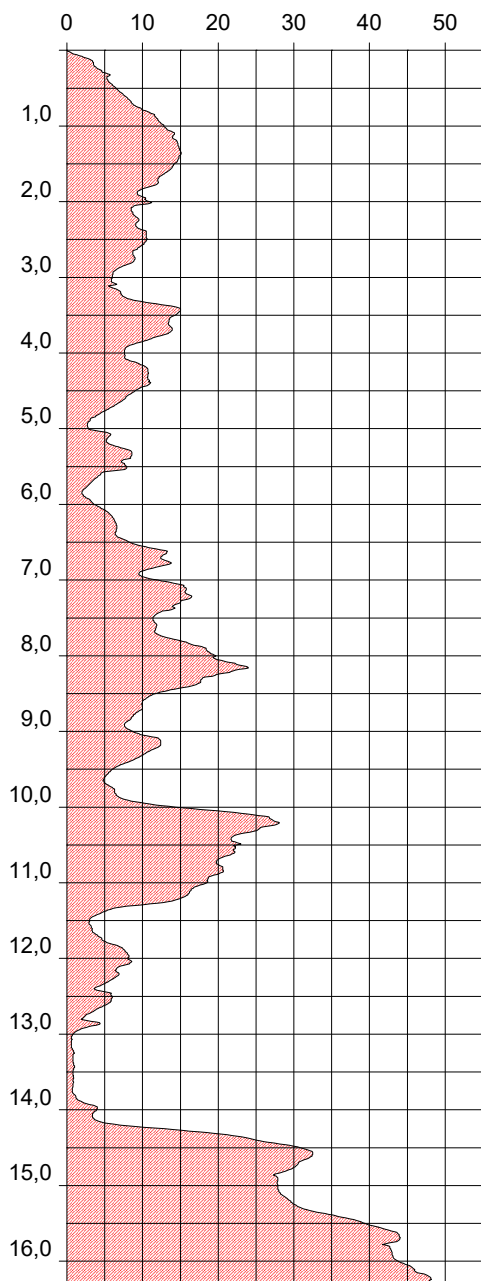
Höhenmaßstab 1:100

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS6-3

58,20 m ü.NHN

CPT-E

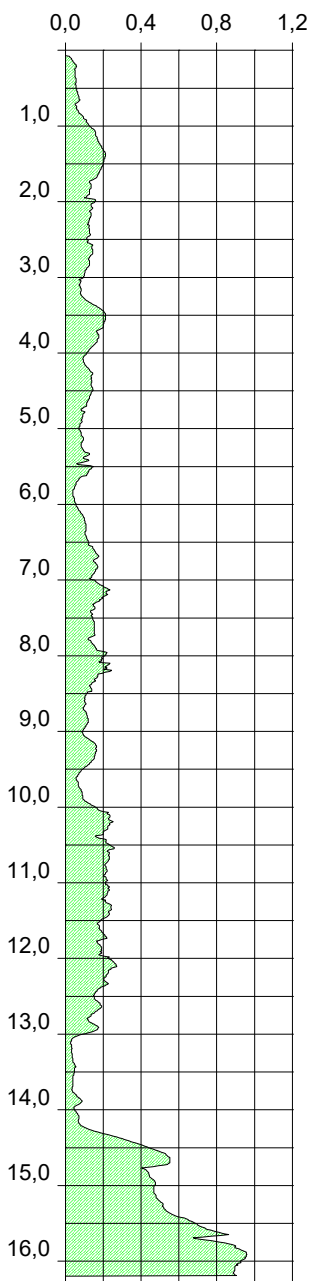


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS6-3

58,20 m ü.NHN

CPT-E



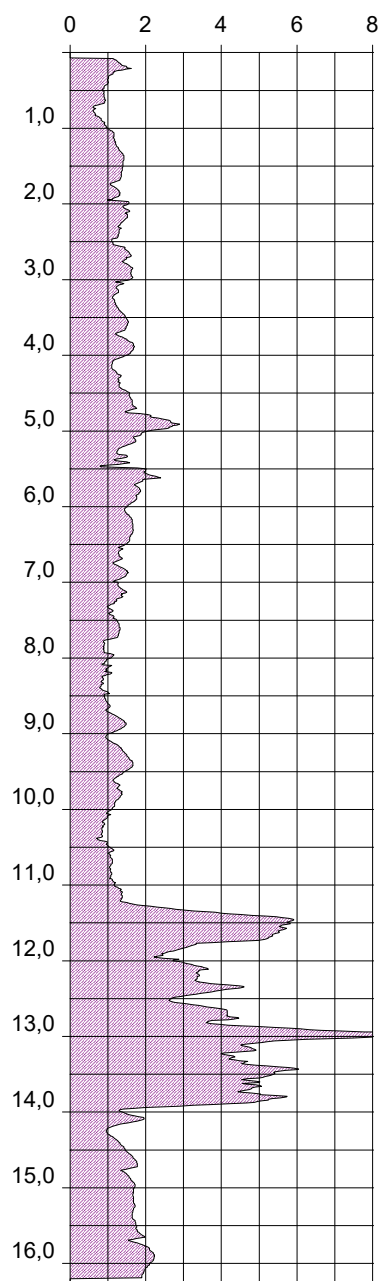
Mantelreibung f_s [MN/m²]

Abbruch wegen Stillstand

DS6-3

58,20 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

Höhenmaßstab 1:100

Anlage 4

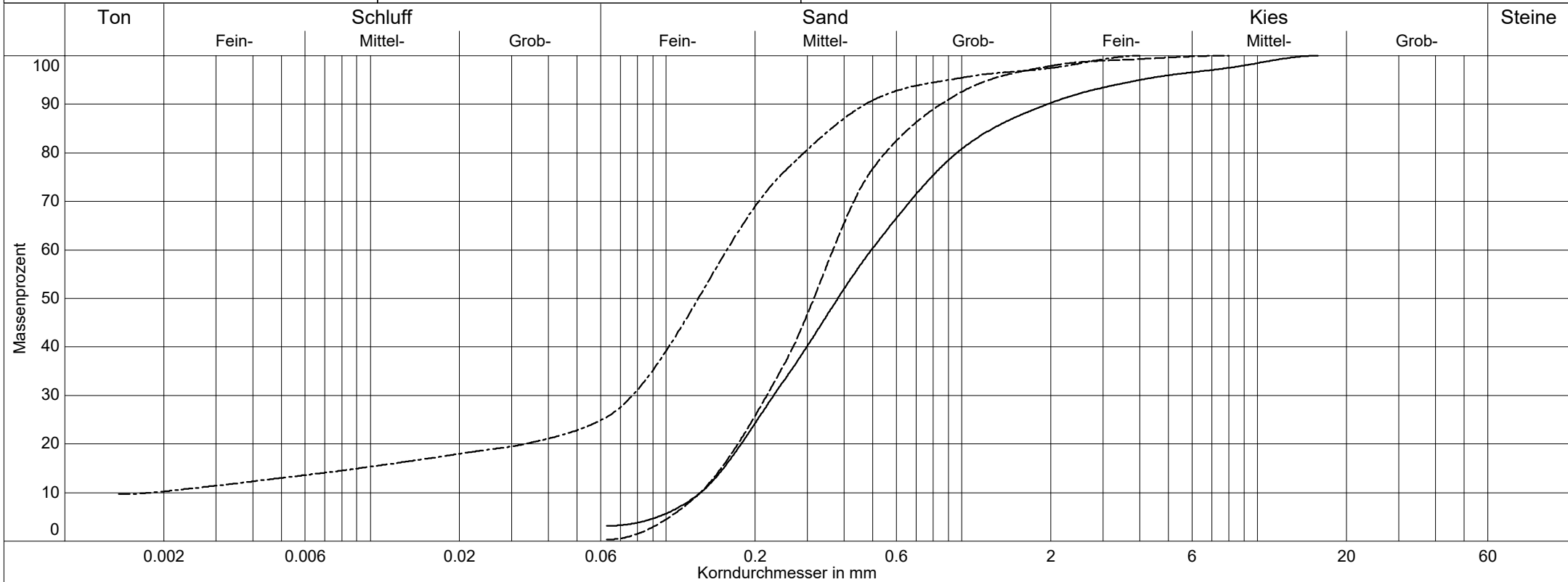
Kornverteilungen

FH Potsdam
FB Bauingenieurwesen
FG Grundbau und Bodenmechanik
Grundbaulabor

Kornverteilung

DIN EN ISO 17892-4

Projekt:	WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 6
Projektnr.:	L 62/232
Anlage:	27.10.2023
Datum:	4



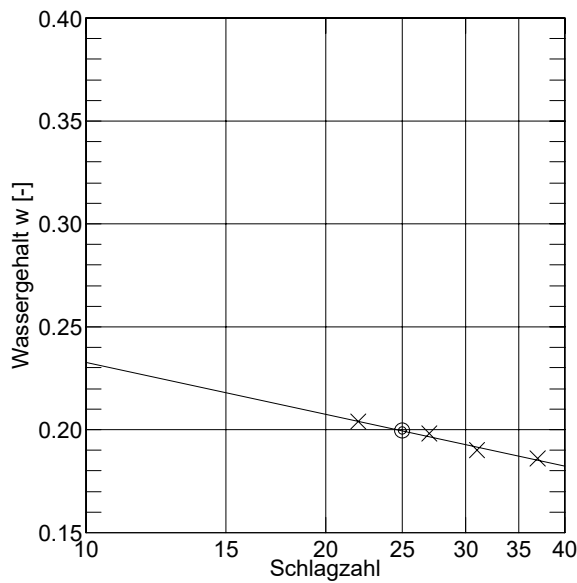
Labornummer	———— s6-1,4	----- s6-3,3	-·-·-·- s6-12,0	
Entnahmestelle	S6	S6	S6	
Entnahmetiefe	0,2 -1,4 m	2,3-3,3 m	10,8-12,0 m	
Ungleichförm. Cu	3.8	2.8	88.2	
Krümmungszahl Cc	0.8	1.0	20.2	
Bodengruppe	SE	SE	SÜ	
Anteil < 0.063 mm	3.2 %	0.3 %	25.6 %	
Frostempfindl.klasse	F1	F1	F3	
kf nach Beyer	1.6E-04 m/s	1.6E-04 m/s	- (Cu > 30)	
kf nach USBR	- (d10 > 0.02)	- (d10 > 0.02)	1.4E-06 m/s	
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)	- (0.063 <= 10%)	4.6E-07 m/s	

Anlage 5

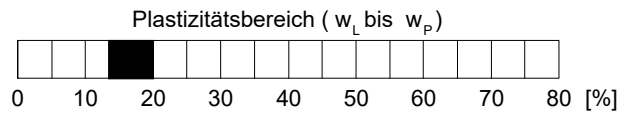
Konsistenzgrenzen

FH Potsdam	Projekt : WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 6
FB Bauingenieurwesen	Projektnr.: L 62/23
FG Grundbau und Bodenmechanik	Anlage : 5
Grundbaulabor	Datum : 27.10.2023
Zustandsgrenzen DIN EN ISO 17892-12	Labornummer: s6-12,0
	Entnahmestelle: S6
	Entnahmetiefe : 10,8-12,0 m

Behälter-Nr.	Fließgrenze				Ausrollgrenze			
	P2	P3	P4	P15	I	II	III	
Zahl der Schläge	27	37	31	22				
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_b$ [g]	55.47	60.53	61.88	59.99	34.61	35.18	39.39
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_b$ [g]	52.78	56.86	57.64	56.63	32.99	33.68	37.27
Behälter	m_b [g]	39.20	37.15	35.27	40.15	20.83	22.32	21.69
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	2.69	3.67	4.24	3.36	1.62	1.50	2.12
Trockene Probe	m_t [g]	13.58	19.71	22.37	16.48	12.16	11.36	15.58
Wassergehalt	$\frac{m_w}{m_t} = w$ [-]	0.198	0.186	0.190	0.204	0.133	0.132	0.136



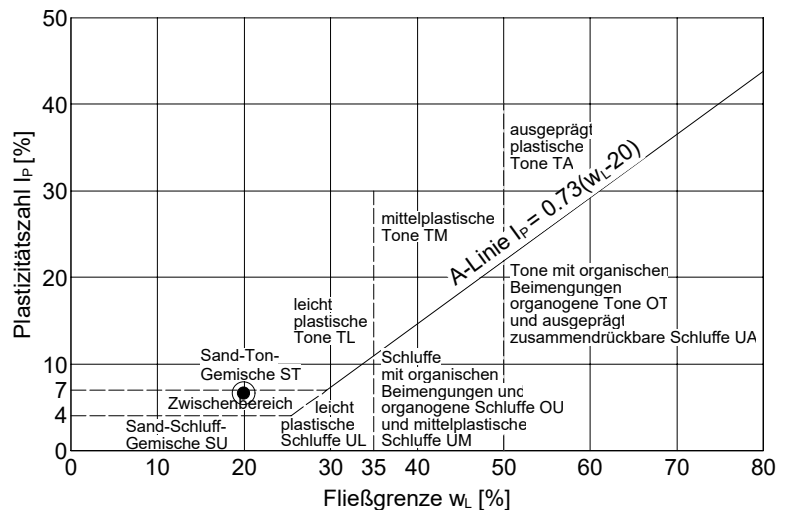
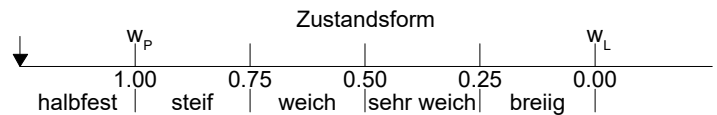
Wassergehalt $w_N = 0.109$
 Fließgrenze $w_L = 0.200$
 Ausrollgrenze $w_P = 0.134$



Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 0.066$

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P} = -0.379$

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P} = 1.379$



Anlage 6

Wassergehalte

FH Potsdam	Projekt : WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 6
FB Bauingenieurwesen	Projektnr.: L 62/23
FG Grundbau und Bodenmechanik	Anlage : 6
Grundbaulabor	Datum : 27.10.2023
Wassergehalt	Labor-Nr.: s6-13,0
	Aufschluss-Nr. S6
	Tiefe: 12,0-13,0 m

Schale Nr. T1	Schale u. Probe feucht [g]	= 161.51 g	Schale u. Probe trocken [g]	= 151.08 g
	Schale u. Probe trocken [g]	= 151.08 g	Gewicht Schale [g]	= 56.83 g
	Wassergehalt [g]	= 10.43 g	Probe trocken G [g]	= 94.25 g
			Wassergehalt [%]	= 11.1 %
Schale Nr.	Schale u. Probe feucht [g]	= g	Schale u. Probe trocken [g]	= g
	Schale u. Probe trocken [g]	= g	Gewicht Schale [g]	= g
	Wassergehalt [g]	= g	Probe trocken G [g]	= g
			Wassergehalt [%]	= %
			Mittel	= 11.1 %

Anlage 7

Betonaggressivität des Bodens

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
www.agrolab.de

AGROLAB Agrar&Umwelt Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel

Ingenieurbüro für Geotechnik Kleen GmbH
Berliner Straße 124
14467 Potsdam

Datum 23.10.2023
Kundennr. 20122596

PRÜFBERICHT

Auftrag **2311623** Projekt: WP Müncheberg-Mittelheide - Auftrag Boden Betonaggressivität
 Analysennr. **211957** Mineralisch/Anorganisches Material
 Probeneingang **11.10.2023**
 Probenahme **04.10.2023**
 Probenehmer **Auftraggeber**
 Kunden-Probenbezeichnung **MP 06**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Trockensubstanz	u)	%	°	98,7	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03(PL)
Säuregrad n. Baumann-Gully	u)*)	ml/kg		70	0,1	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u)*)	mg/kg	°	525	100	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u)*)	mmol/kg	°	5	1	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfid leicht freisetzbar	u)*)	mg/kg		<4,0	4	DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.)(PL)
Chlorid (Cl)	u)*)	mg/kg		<10	10	DIN 4030-2 : 2008-06(PL)
Sulfid, gesamt	u)*)	mg/kg		0,22	0,1	DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03(PL)

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

u) externe Dienstleistung eines AGROLAB GROUP Labors

Untersuchung durch

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen

Methoden

DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.); DIN 4030 (mod.); DIN 4030-2 : 2008-06; DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen, für die zitierte Methode akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Akkreditierungsverfahren: D-PL-14087-01-00 DAkkS

Methoden

DIN EN 14346 : 2007-03

Hinweis zum Probenahmedatum: Das Probenahmedatum ist eine Kundeninformation.

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "u)" gekennzeichnet.

Datum 23.10.2023
Kundennr. 20122596

PRÜFBERICHT

Auftrag **2311623** Projekt: WP Müncheberg-Mittelheide - Auftrag Boden
Betonaggressivität
Analysennr. **211957** Mineralisch/Anorganisches Material
Kunden-Probenbezeichnung **MP 06**

Beginn der Prüfungen: 11.10.2023
Ende der Prüfungen: 19.10.2023

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Das Laboratorium ist nicht für die vom Kunden bereitgestellten Informationen verantwortlich. Die ggf. im vorliegenden Prüfbericht dargestellten Kundeninformationen unterliegen nicht der Akkreditierung des Laboratoriums und können sich auf die Validität der Prüfergebnisse auswirken. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.



AGROLAB Agrar&Umwelt Frau Larissa Gorski, Tel. 0431/22138-581
Service Team Umwelt 1, Email: umwelt1.kiel@agrolab.de

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

Anlage 8

Stand sicherheitsnachweise

Berechnungsgrundlagen:
 WP Müncheberg wpd6-P
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-P
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$

Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 10.00 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

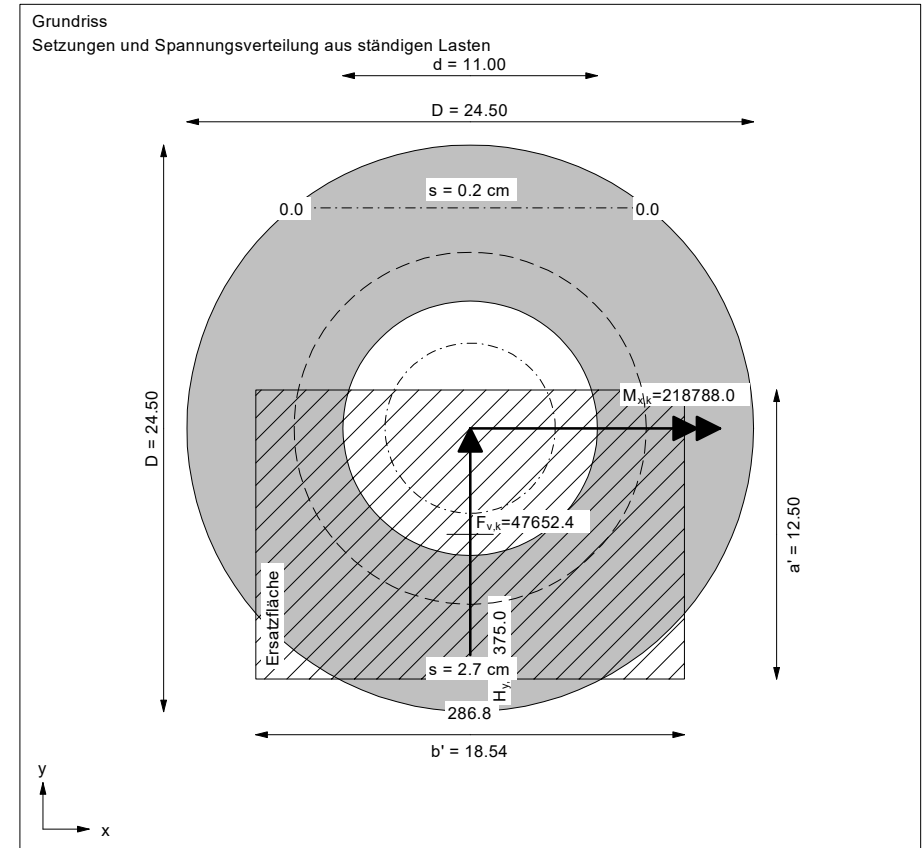
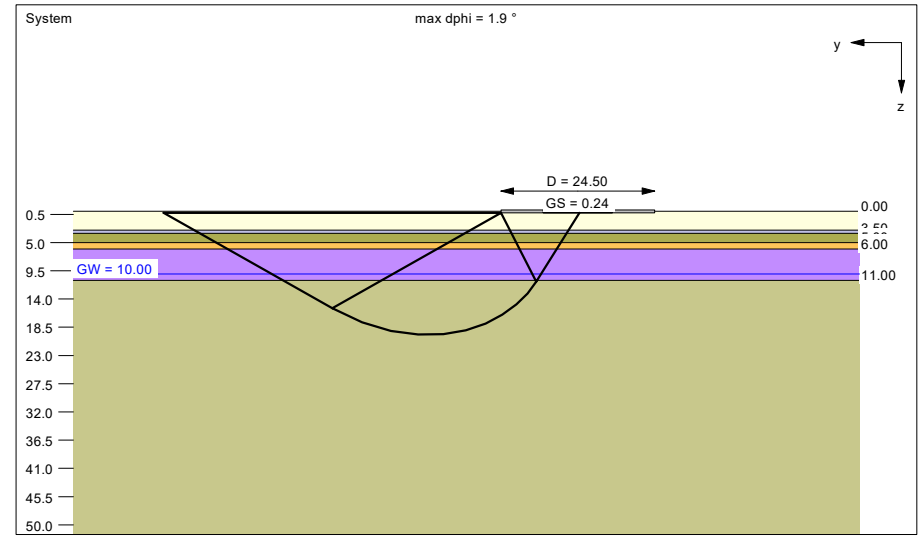
Boden	Tiefe [m]	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	3.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md (Polster)
	3.50	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	5.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	6.00	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	11.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	>11.00	21.0/12.0	30.0	60.0	40.0	1.000	Mergel, sth

Ergebnisse Kreisringfundament
 Kippnachweis nicht untersucht
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 47652.40 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1375.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 218788.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser $D = 24.500$ m
 Durchmesser (innen) $d = 11.000$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.591$ m
 $a' = 12.502$ m
 $b' = 18.540$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.591$ m
 $a' = 12.502$ m
 $b' = 18.540$ m

Grundbruch:
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 3271.1 / 2336.54$ kN/m²
 $R_{n,k} = 758227.63$ kN
 $R_{n,d} = 541591.17$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 47652.40 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 64330.74$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.119
 Kohäsionsglied = 333828.83 kN (k)
 Breitenglied = 398017.05 kN (k)
 Tiefenglied = 26381.75 kN (k)
 cal $\varphi = 30.9^\circ$
 cal $c = 34.09$ kN/m²
 cal $\gamma_2 = 15.89$ kN/m³
 cal $\sigma_0 = 4.32$ kN/m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 31.66$; $N_{d0} = 19.73$; $N_{b0} = 11.08$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.362$; $v_d = 1.343$; $v_b = 0.798$

Neigungsbeiwerte (x):
 $i_c = 0.952$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.927$
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 32.52$; $N_{d0} = 20.50$; $N_{b0} = 11.69$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.365$; $v_d = 1.347$; $v_b = 0.798$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.952$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.927$
 Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47652.40 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27598.12$ kN
 $T_d = 1856.25$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.067$

Setzung infolge ständiger Lasten:
 Grenztiefe $t_g = 12.97$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.47 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.22 cm
 unten = 2.72 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 826.4
 Nachweis EQU:
 $M_{stb} = 47652.4 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 525367.7$
 $M_{dst} = 218788.0 \cdot 1.10 = 240666.8$
 $\mu_{EQU} = 240666.8 / 525367.7 = 0.458$



Berechnungsgrundlagen:
 WP Müncheberg wpd6-A
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-A
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\gamma_G = 1.10$
 $\gamma_Q = 1.10$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$

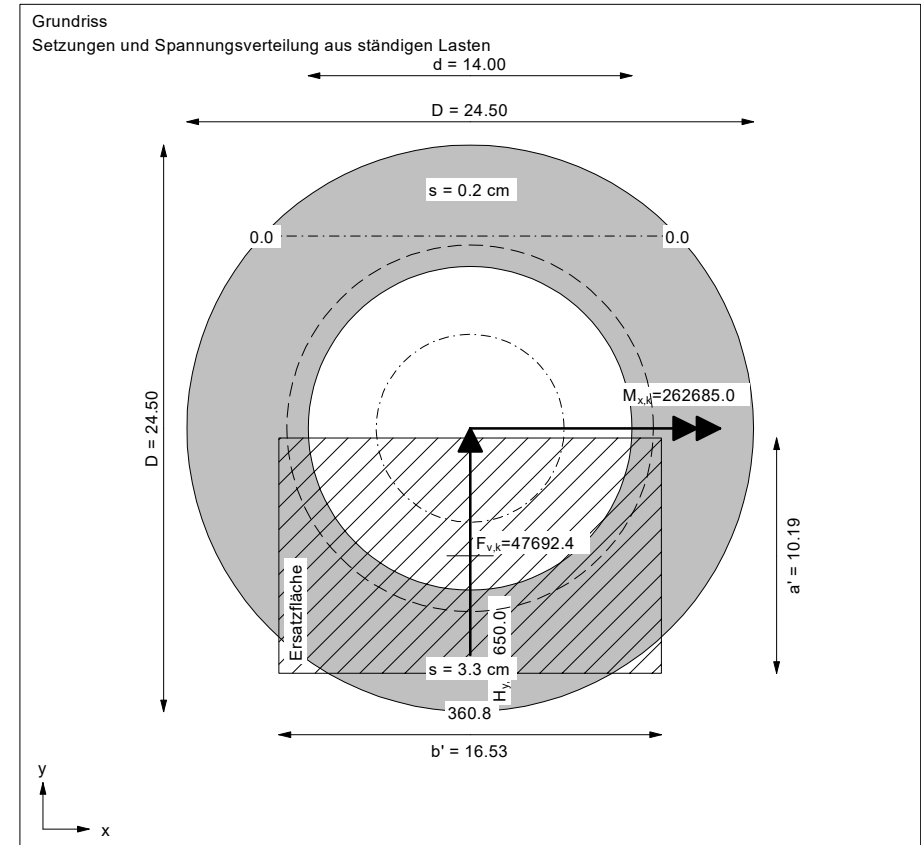
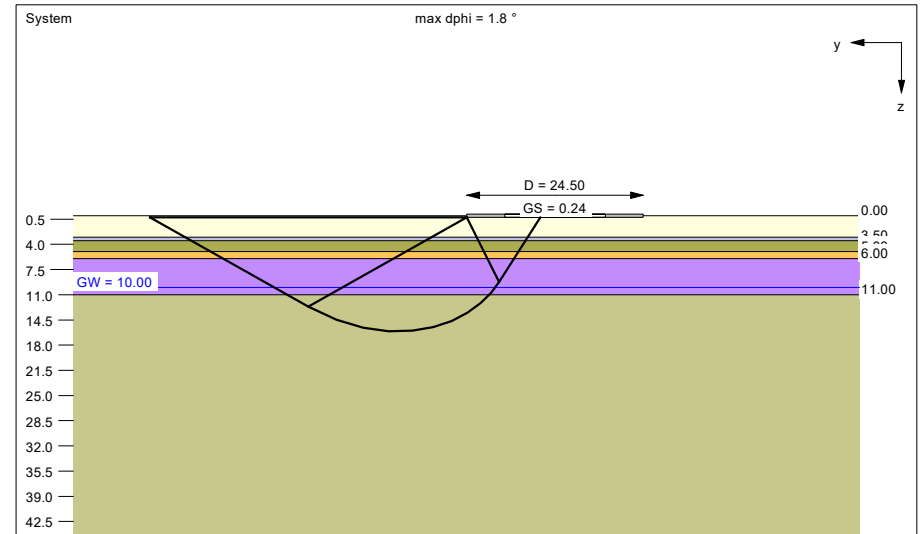
Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,stb} = 0.95$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 10.00 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

Boden	Tiefe [m]	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	3.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md (Polster)
	3.50	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	5.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	6.00	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	11.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	>11.00	21.0/12.0	30.0	60.0	40.0	1.000	Mergel, sth

Ergebnisse Kreisringfundament
 Kippnachweis nicht untersucht.
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 47692.40 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1650.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 262685.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser $D = 24.500$ m
 Durchmesser (innen) $d = 14.000$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.508$ m
 $a' = 10.185$ m
 $b' = 16.530$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.508$ m
 $a' = 10.185$ m
 $b' = 16.530$ m

Grundbruch:
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 2797.2 / 2330.96$ kN/m²
 $R_{n,k} = 470917.42$ kN
 $R_{n,d} = 392431.18$ kN
 $V_d = 1.10 \cdot 47692.40 + 1.10 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 52461.64$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.134
 Kohäsionsglied = 196344.36 kN (k)
 Breitenglied = 255522.33 kN (k)
 Tiefenglied = 19050.73 kN (k)
 cal $\varphi = 31.2^\circ$
 cal c = 28.02 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 16.55$ kN/m³
 cal $\sigma_u = 4.32$ kN/m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 31.84$; $N_{d0} = 19.89$; $N_{b0} = 11.21$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.331$; $v_d = 1.314$; $v_b = 0.815$

Neigungsbeiwerte (x):
 $i_c = 0.942$; $i_d = 0.945$; $i_b = 0.912$
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{d0} = 33.11$; $N_{d0} = 21.03$; $N_{b0} = 12.11$
Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.335$; $v_d = 1.319$; $v_b = 0.815$
Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.942$; $i_d = 0.945$; $i_b = 0.912$
Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47692.40 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27621.28$ kN
 $T_d = 1815.00$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.066$
Setzung infolge ständiger Lasten:
 Grenztiefe $t_g = 13.87$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.74 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.16 cm
 unten = 3.32 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 655.1
Nachweis EQU:
 $M_{stb} = 47692.4 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 555020.3$
 $M_{dst} = 262685.0 \cdot 1.00 = 262685.0$
 $\mu_{EQU} = 262685.0 / 555020.3 = 0.473$



- BAUGRUNDUNTERSUCHUNGEN
- BAUGRUNDGUTACHTEN
- GRÜNDUNGSBERATUNG
- ALTASTERKUNDUNGEN
- KONTAMINATIONS-GUTACHTEN
- GRUNDBAUSTATIK
- BAULEITUNG · PLANUNG

GEOTECHNISCHER ENTWURFSBERICHT

108-23wpd7

Bauvorhaben:	Windpark Müncheberg - Mittelheide wpd 7
Auftraggeber:	Naturwind Potsdam GmbH Hegelallee 41 14467 Potsdam
Bearbeiter:	M.Sc. B. Tamme Prof. Dr.-Ing. H. Kleen
Umfang:	11 Seiten 8 Anlagen
Datum:	17.11.2023

1. VERANLASSUNG

Unser Büro wurde am 31.07.2023 durch die Naturwind Potsdam GmbH schriftlich beauftragt, für die im Windpark Müncheberg - Mittelheide geplante Windkraftanlage wpd 7, einen Geotechnischen Entwurfsbericht, einschließlich der notwendigen Feld- und Laboruntersuchungen, anzufertigen.

2. UNTERLAGEN

Für die Bearbeitung standen die nachfolgend aufgeführten Unterlagen zur Verfügung:

- U 2.1 Geologische Karte, M.: 1 : 25.000, über www.geo.brandenburg.de/gk25/, Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
- U 2.2 Unser Geotechnischer Entwurfsbericht zum Bauvorhaben „Windpark Müncheberg-Mittelheide WEA8, vom 27.11.2020 nebst Unterlagen
- U 2.3 Prüfbericht für eine Typenprüfung, Vestas V162-5.4/5.6/6.0/6.2 MW mit 169 m Nabenhöhe, D = 24,5 m, Kreisringfundament mit Auftrieb, Prüfnr.: 3108363-23-d Rev.4, der TÜV SÜD Industrie Service GmbH aus München, vom 25.02.2022
- U 2.4 Lageplan zum Projekt Müncheberg-Mittelheide, der naturwind potsdam GmbH, M.: 1 : 12.000, vom 28.07.2023
- U 2.5 Geländeordinaten der Windkraftanlagenmittelpunkte, übersandt am 01.11.2023 durch das zuständige Vermessungsbüro Horst Möhring aus Frankfurt Oder
- U 2.6 Ergebnisse der Drucksondierungen der Firma Fugro Germany Land GmbH aus Berlin, übersandt am 31.10.2023
- U 2.7 Ergebnisse bodenmechanischer Laboruntersuchungen der Fachhochschule Potsdam, Fachgebiet Grundbau und Bodenmechanik, vom 27.10.2023 (L63/23)
- U 2.8 Prüfbericht zur Betonaggressivität des Bodens, WP Müncheberg - Mittelheide / MP07 (wpd 7), der Agrolab Agrar und Umwelt GmbH aus Kiel, Analysennummer: 211958 vom 23.10.2023

3. BAUGRUNDSTÜCK UND BAUWERK

Der Standort für den Neubau einer Windkraftanlage befindet sich zwischen dem Maxsee und Schönfelde, südlich des Müncheberger Ortsteils Hoppegarten, innerhalb des geplanten Windparks Müncheberg - Mittelheide.

Hier soll, auf der forstwirtschaftlich genutzten Fläche, die Windkraftanlage wpd 7 vom Typ V162-6.2 MW mit Hybridturm und einer Nabenhöhe von 169 m auf einem Kreisringfundament, mit einem Außendurchmesser von $D = 24,5$ m, auf einer 0,1 m starken Sauberkeitsschicht in einer Tiefe von ca. 0,24 m unter Gelände, flach gegründet werden.

Die Geländehöhe am Standort der Windkraftanlage wpd 7 liegt auf einer Ordinate von ca. 55,8 m über NHN.

Die Lage der geplanten Windkraftanlage geht aus der Anlage 1 und der Anlage 2 hervor.

4. BAUGRUND

4.1 Vorkenntnisse

Der Windpark Müncheberg - Mittelheide befindet sich im Bereich einer im Pleistozän gebildeten Hochfläche.

Hier ist mit Schmelzwasserablagerungen in Form von feinkörnigen, schwach mittelkörnigen Sanden, die zum Teil schwach schluffige Beimengungen beinhalten, zu rechnen (s. Unterlage U 2.1).

Gemäß der Unterlage U 2.2 stehen südöstlich der geplanten Windenergieanlage wpd 7, unterhalb einer ca. 0,3 m starken, sandigen, schwach humosen Oberbodenschicht, bis zur Aufschlussendteufe von 15,0 m unter Gelände Fein-, Mittel- und Grobsande an.

Die Sande sind bis in eine Tiefe von ca. 4,0 m unter Gelände locker und mitteldicht, darunter mindestens mitteldicht gelagert.

4.2 Baugrunduntersuchungen

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurde im Bereich der geplanten Windkraftanlage wpd 7 eine Kleinbohrung (S7) bis zu einer Endteufe von 15,0 m unter Gelände abgeteuft.

Zur Feststellung der Lagerungsdichte bzw. der Festigkeit des anstehenden Baugrundes wurden zudem drei Drucksondierungen als CPT-E (DS7-1 bis DS7-3) bis in Tiefen von 20,0 m und 25,0 m unter Gelände vorgesehen.

Auf Grund zu hoher Baugrundfestigkeiten mussten die Drucksondierungen DS7-1 und DS7-2 wegen Auslastung in Tiefen von ca. 14,0 m und 14,5 m unter Gelände abgebrochen werden.

Die Einmessung und Kennzeichnung des Untersuchungsstandortes erfolgte durch das beauftragte Vermessungsbüro (vgl. Unterlage U 2.5).

Die Lage der genannten Aufschlüsse ist aus der Anlage 1 und der Anlage 2 ersichtlich.

4.3 Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

Auf der Grundlage des, während der Feldarbeiten erstellten Schichtenverzeichnisses und einer durch uns vorgenommenen Bodenansprache, wurde das in der Anlage 3 dokumentierte Schichtenprofil angefertigt. Zudem sind innerhalb der Anlage 3 die Ergebnisse der Drucksondierungen dargestellt.

Im Einzelnen kann damit am Standort der geplanten Windkraftanlage wpd 7 von folgendem Baugrundaufbau ausgegangen werden:

Unterhalb einer ca. 0,2 m starken, sandigen und humosen Oberbodenschicht (Mutterboden) stehen bis in eine Tiefe von ca. 9,2 m unter Gelände Fein-, Mittel- und Grobsande an, die bis ca. 13,6 m unter Gelände von einer sandigen Geschiebemergelschicht unterlagert werden; bis zur Aufschlussendteufe folgt wiederum Sand (S7).

Der in S7 erbohrte Geschiebegrund besitzt, auf Grund unserer Ansprachen und der durchgeführten bodenmechanischen Versuche zur Bestimmung der Konsistenzgrenzen und des Wassergehaltes, eine steif-halbfeste und halbfeste Zustandsform.

Die Drucksondierungen DS7-1 bis DS7-3 bestätigen die erkundeten Baugrundverhältnisse im Wesentlichen und ergeben für die Sande oberhalb des Geschiebemergels, bis in eine Tiefe von maximal 2,8 m unter Gelände (DS7-1) eine überwiegend lockere, darunter eine mitteldichte und dichte, lokal, in Tiefen zwischen ca. 4,5 m und 5,5 m unter Gelände (DS7-1), eine lockere Lagerung.

Darüber hinaus zeigen die Drucksondierungen, dass ab einer Tiefe von ca. 14,0 m überwiegend mitteldicht und dicht gelagerte Sande anstehen, die in einer Tiefe von ca. 22,5 m unter Gelände von mindestens halbfesten Geschiebegründen unterlagert werden.

Körnungslinien repräsentativer Böden sind in der Anlage 4, Konsistenzgrenzen in Anlage 5 und ein Wassergehalt in der Anlage 6 dargestellt.

5. HOMOGENBEREICHE / BODENKLASSIFIZIERUNG

Die im Bereich des Untersuchungsstandortes anstehenden Böden können gemäß VOB Teil C, Ausgabe 2012 und Ausgabe 2015, DIN 18196:2011-05 sowie ZTV E-StB 17 wie folgt eingestuft und klassifiziert werden:

Oberboden

Bodengruppe:	OH
Lagerung:	locker
Frostempfindlichkeit:	gering bis mittel frostempfindlich (F2)

Der Oberboden entspricht nach VOB Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 1 (Oberboden). Nach DIN 18915:2002-08 kann der Oberboden für vegetationstechnische Zwecke der Bodengruppe 2 zugeordnet werden.

Homogenbereich A / Sande

Bodengruppe:	SE
Lagerung:	bis ca. 2,8 m: locker ab ca. 2,8 m: mindestens mitteldicht, lokal locker
Verdichtungsfähigkeit:	gut bis mittel
Frostempfindlichkeit:	nicht frostempfindlich (F1)
Durchlässigkeit [m/s]:	$k_f = 1 \times 10^{-3}$ bis 1×10^{-4}

Die Sande entsprechen nach VOB, Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 3 (leicht lösbare Bodenarten).

Homogenbereich B / Geschiebemergel

Bodengruppe:	SU*, TL
Festigkeit:	steif-halbfest, halbfest
Verdichtungsfähigkeit:	SU*: mittel TL: mäßig
Frostempfindlichkeit:	sehr frostempfindlich (F3)
Durchlässigkeit [m/s]:	$k_f < 1 \times 10^{-7}$

Der Geschiebemergel entspricht nach VOB, Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 4 (mittelschwer lösbare Bodenarten).

Innerhalb und unmittelbar oberhalb des Geschiebehorizontes ist mit Findlingen zu rechnen.

Werden weiterreichende Angaben zu Körnungsbändern, zur Dichte und zur Festigkeit anstehender Böden erforderlich, sind ggf. zusätzliche Labor- bzw. Feldversuche durchzuführen.

6. GRUNDWASSER

Während der Baugrunduntersuchungen im September 2023 wurde kein Grundwasser angeschnitten.

Da im Gründungsbereich kein Grundwasser ansteht, wurde hier ersatzweise eine Bodenprobe hinsichtlich Betonaggressivität untersucht.

Als Ergebnis konnte festgestellt werden, dass der anstehende Boden hier als nicht betonangreifend einzustufen ist, was gemäß DIN EN 206-1 zu der Expositionsklasse XAI führt.

Die Einzelergebnisse der Bodenanalytik können der Unterlage U 2.8, die innerhalb der Anlage 7 dargestellt ist, entnommen werden.

7. BODENKENNWERTE

Für erdstatische Berechnungen können, auf Grund der Ansprache der gelieferten Proben, der Bohr- und Sondierergebnisse und unserer Erfahrung die charakteristischen Bodenkennwerte der folgenden Tabelle 1 angesetzt werden.

Die Tiefenlagen der Bodenschichten sind dem Schichtenprofil, welches innerhalb der Anlage 3 dargestellt ist, zu entnehmen.

Tabelle 1: charakteristische Bodenkennwerte

Bodenart	Bodenkennwerte				
	Wichte	Reibungswinkel	Kohäsion	Querdehnzahl	Steifeziffer stat. / dyn.
	γ_k / γ'_{k} [kN/m ³]	φ'_{k} [°]	$c'_{k} / c_{u,k}$ [kN/m ²]	ν [-]	$E_{s,k} / E_{sd,k}$ [MN/m ²]
Oberboden	17 / 9	30,0	-- / --	-- / --	-- / --
Sand					
locker (lo)	18 / 10	30,0	-- / --	0,32	40 / 170
mitteldicht (md)	18 / 11	32,5	-- / --	0,32	80 / 260
dicht (d)	19 / 11	35,0	-- / --	0,32	150 / 420
Geschiebeboden					
steif (stf)	20 / 11	30,0	15 / 45	0,35	10 / 80
halbfest (sth)	21 / 12	30,0	60 / 100	0,35	40 / 170

8. ANGABEN ZUR GRÜNDUNG, ZUWEGUNG UND KRANSTELLFLÄCHE

8.1 Gründung

Der erkundete Baugrundaufbau und die ermittelten Baugrundfestigkeiten erlauben für die Windkraftanlage wpd 7 die Ausführung einer Flachgründung mittels Kreisringfundament.

Zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit und Standsicherheit der Anlage werden dazu vorab jedoch Bodenverbesserungen erforderlich, die hier über ein einzubauendes Gründungspolster realisiert werden können.

Im Einzelnen sind hierzu folgende Voraussetzungen einzuhalten:

Die im Gründungsbereich anstehenden weniger tragfähigen, locker gelagerten Sande sind bis in eine Tiefe von ca. 2,4 m unter Gelände vollständig gegen mindestens mitteldicht gelagertes rolliges Material auszutauschen.

Hierbei ist zu beachten, dass nach Freilegung der Austauschebene, die gewachsenen Sande mit einer Tiefenwirkung von mindestens 0,4 m nach verdichtet werden.

Das nachfolgend einzubringende rollige Polstermaterial hat zur besseren Verdichtbarkeit eine Ungleichförmigkeit von $U > 6$ aufzuweisen. Die Polsterlagen sollten bis zur geplanten Gründungssohle, mit maximalen Stärken von 0,3 m unter Berücksichtigung eines Ausbreitungswinkels von 45° , so verdichtet eingebracht werden, dass durchweg eine mindestens mitteldichte Lagerung vorherrscht.

Die Güte des Austauschbodens und der Sohle sind durch geeignete Versuche, wie Plattendruck- oder Proctorversuche nachzuweisen.

Bei Einhaltung der o.g. Gründungshinweise und unter Zugrundelegung der in Tabelle 1 angegebenen Bodenkennwerte, werden die Anforderungen an die Windkraftanlage des Typs V162-6.2 MW mit einer Nabenhöhe von 169 m mit einem Fundamentdurchmesser $D = 24,5$ m, von jeder erkundeten Baugrundsicht erfüllt.

Die ermittelten statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten gemäß der Unterlage U 2.5 für die anstehenden Bodenschichten können der folgenden Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: wpd 7- statische und dynamische Drehfedersteifigkeiten

Bodenart	Tiefe [m u. GOK]	r_E [m]	ν [-]	$E_{S,stat.}$ [MN/m ²]	$k_{\varphi,stat}$ [MNm/rad]	$E_{S,dyn.}$ [MN/m ²]	$k_{\varphi,dyn}$ [MNm/rad]
Polster Sand (md)	> 0,35	12,25	0,32	80	152.600	260	496.100
Sand (lo)	> 4,5	14,89	0,32	40	137.000	170	582.500
Sand (md)	> 5,5	15,46	0,32	80	306.800	260	997.200

r_E	Ersatzradius
ν	Querdehnzahl
$E_{S,stat.}$	Steifesziffer, statisch
$E_{S,dyn.}$	Steifesziffer, dynamisch
$k_{\varphi,stat}$	Drehfedersteifigkeit, statisch
$k_{\varphi,dyn}$	Drehfedersteifigkeit, dynamisch

Damit liegen die vorhandenen statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten jeder erkundeten Schicht über den geforderten Werten von $k_{\varphi,stat} \geq 40.000$ bzw. $k_{\varphi,dyn} \geq 200.000$ [MNm/rad].

Die angegebenen Sohlspannungen können vom Baugrund aufgenommen werden. Bei sorgfältiger Ausführung der Gründungsarbeiten und Einhaltung der vor genannten Voraussetzungen wird die Absolutsetzung der Windkraftanlage 3,0 cm nicht überschreiten.

In Folge der erfolgten Baugrundverbesserung werden damit keine relevanten, baugrundbedingten Setzungsunterschiede auftreten.

Die Standsicherheit der Windkraftanlage ist gegeben; die zum Nachweis geführten Berechnungen für die Bemessungssituationen BS-P und BS-A können der Anlage 8 entnommen werden.

8.2 Zuwegung und Kranstellfläche

Unter der Voraussetzung, dass der in Abschnitt 4 beschriebene Baugrundaufbau im Bereich der Verkehrsflächen hier übertragbar ist, kann hierzu zusammenfassend von den nachfolgenden Gegebenheiten und Anforderungen ausgegangen werden:

- Die bis in eine Tiefe von mindestens ca. 0,2 m unter Gelände anstehende Oberbodenschicht ist gänzlich zu entfernen und gegen ein verdichtet eingebrachtes rolliges Material zu ersetzen. Die nach Aushub der Oberböden freiliegenden Sande sind mit einer Tiefenwirkung von mindestens 0,4 m nach zu verdichten.
- Der Einbau von Austausch-, Trag- und Frostschutzschichten hat lagenweise, in Abhängigkeit des eingesetzten Verdichtungsgerätes, mit Stärken von 20 cm bis 30 cm, zu erfolgen.
- Auszuführende Gründungspolster sind immer, sofern nicht durch andere konstruktive Maßnahmen die seitliche Stützung des Polsters erreicht wird, mit einer Verbreiterung entsprechend des Lastverteilungswinkels von ca. 45° bis auf die Solltiefe zu führen.
- Die Verdichtungsanforderungen an die Zuwegung und die Kranstellfläche können grundsätzlich, unter Einhaltung der o.g. Anforderungen, sowohl für den Untergrund mit $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$, den Tragschichtaufbau mit $E_{V2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ und die Deckschichten mit $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verhältniswert $E_{V2} / E_{V1} \leq 2,3$ nachgewiesen werden.
- Die geforderten Mindesttragfähigkeiten des Planums sind vor Ort durch geeignete Verdichtungskontrollen, wie beispielsweise Plattendruckversuche, zu überprüfen.

9. ERGÄNZENDE HINWEISE UND EMPFEHLUNGEN

- Die durchgeführten Untersuchungen liefern lediglich einen stichprobenartigen Aufschluss im Bereich der geplanten Windkraftanlage. Sollte sich bei den Gründungsmaßnahmen die Bodensituation örtlich anders darstellen als von uns bisher erkundet, sind wir darüber zu informieren.

Der Untersuchungsbereich gehört zu keiner Erdbebenzone.

- Der unterhalb der Oberböden überwiegend anstehende gewachsene Sand, mit einer Feuchtwichte von $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, eignet sich grundsätzlich zur Überschüttung und Wiederanfüllung, auch für die Schnittstellen zwischen Fundamentarbeitsraum und Kranstellfläche. Die Überschüttung muss dabei mindestens 0,5 m betragen.
- Für die im Gründungsbereich der Windkraftanlage anstehenden Sande kann mit einem abgeschätzten spezifischen Erdwiderstand zwischen 300 und 1000 Ωm gerechnet werden.
- Die Gründungs- und ggf. erforderlichen Baugrundverbesserungsarbeiten sollten geotechnisch begleitet und überwacht werden.
- Das Bauvorhaben ist in die geotechnische Kategorie GK-3 einzuordnen. Folgerichtig ist nach den Vorgaben der DIN 1054 der Geotechnische Entwurfsbericht zur Fortschreibung zu bringen.
- Für ergänzende Erläuterungen und Beratungen stehen wir gerne zur Verfügung.



Prof. Dr.-Ing. H. Kleen



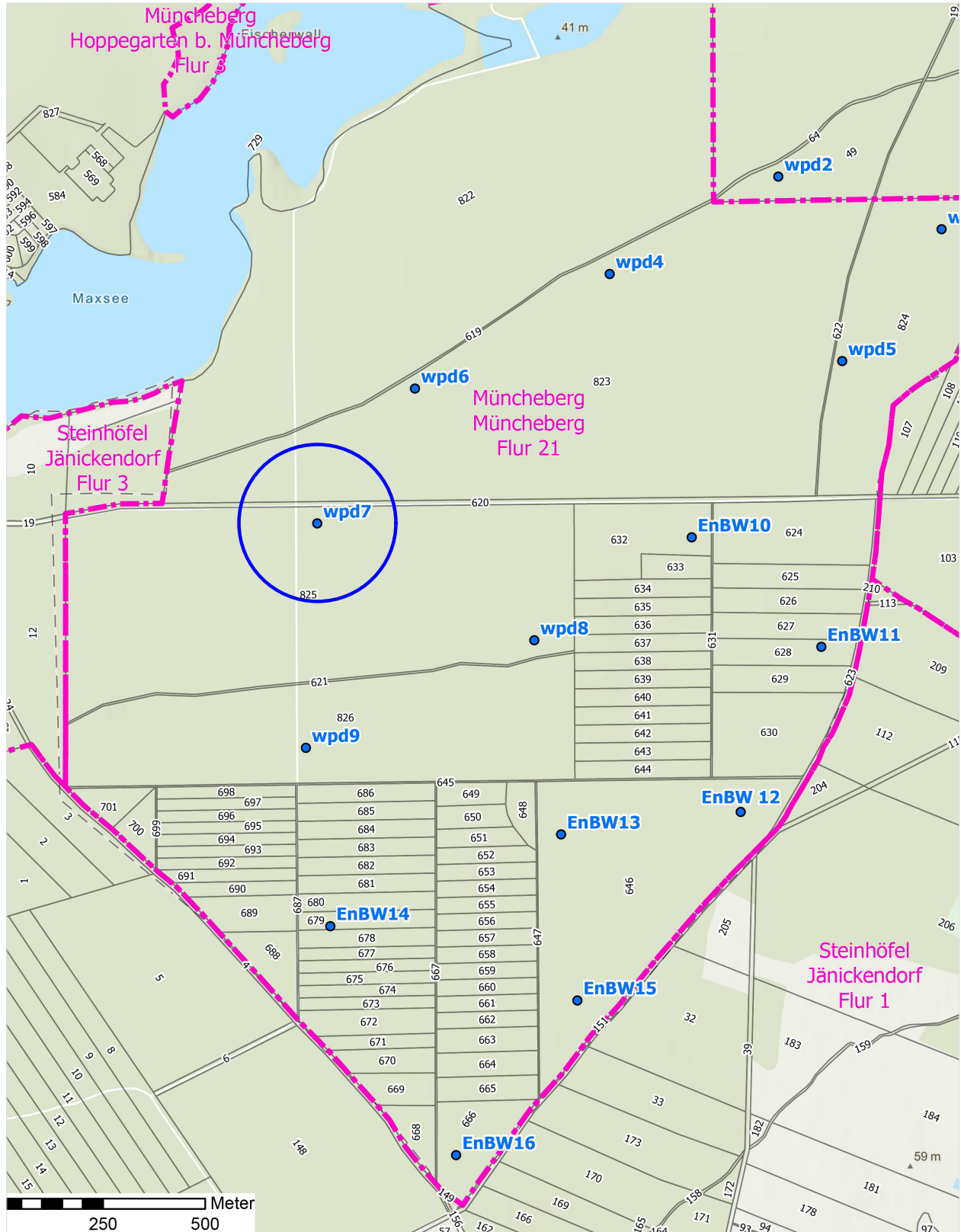
M. Sc. B. Tammé

ANLAGEN	SEITEN
1. Übersicht	1
2. Lageplan mit Aufschlussansatzpunkten	1
3. Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse	4
4. Körnungslinien	1
5. Zustandsgrenzen	1
6. Wassergehalt	1
7. Betonaggressivität Boden	2
8. Standsicherheitsnachweise	2

Anlage 1

Übersicht

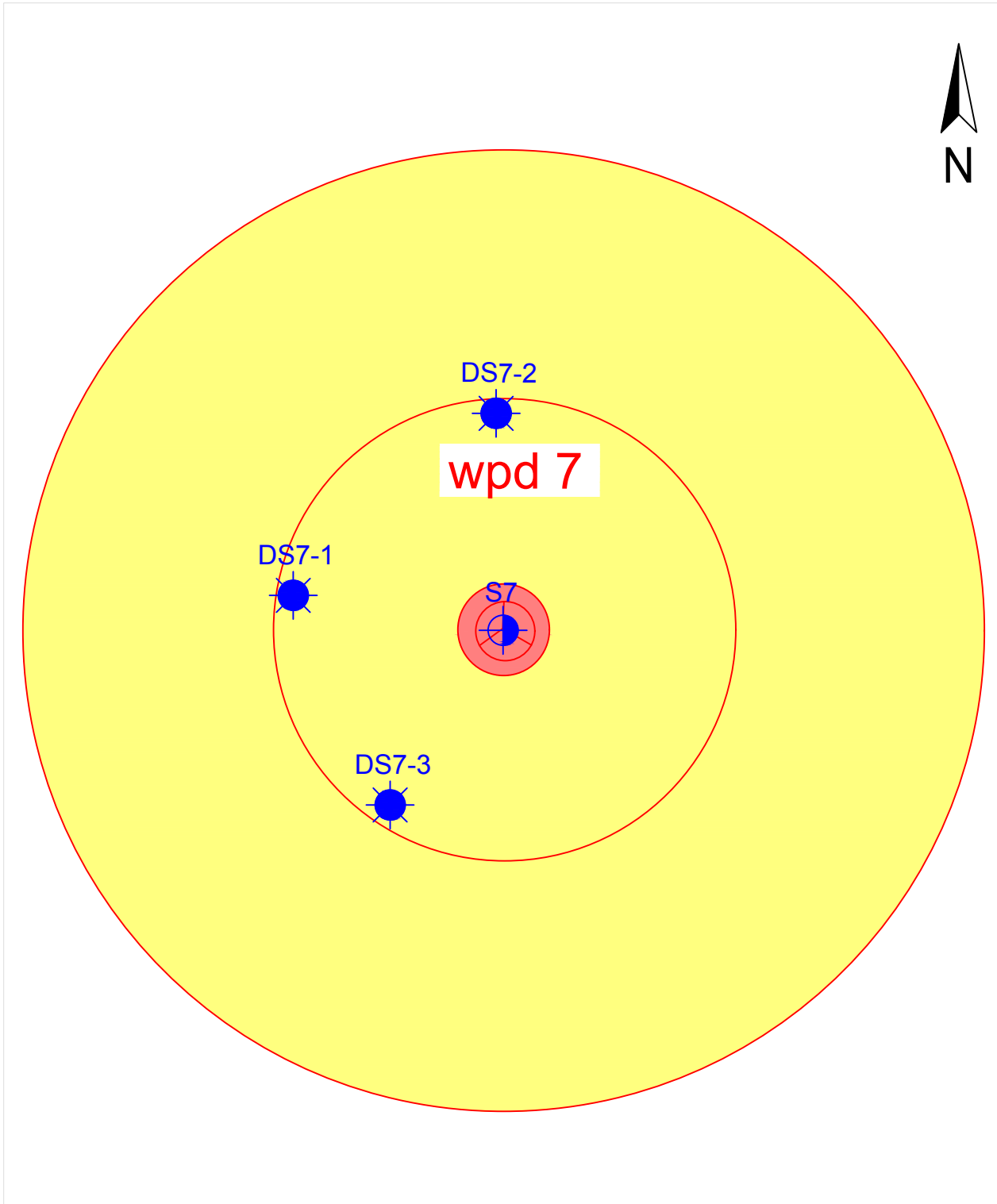
Übersicht



Anlage 2

Lageplanskizze

Lageplanskizze



ohne Maßstab



Kleinbohrung (S)

Drucksondierung CPT-E (DS)

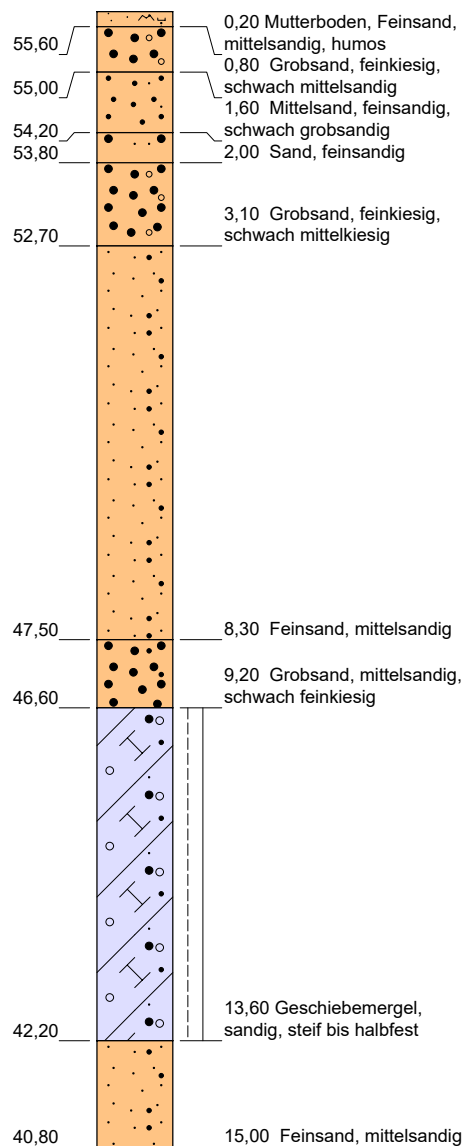
Anlage 3

Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

S7

55,80 m ü.NHN



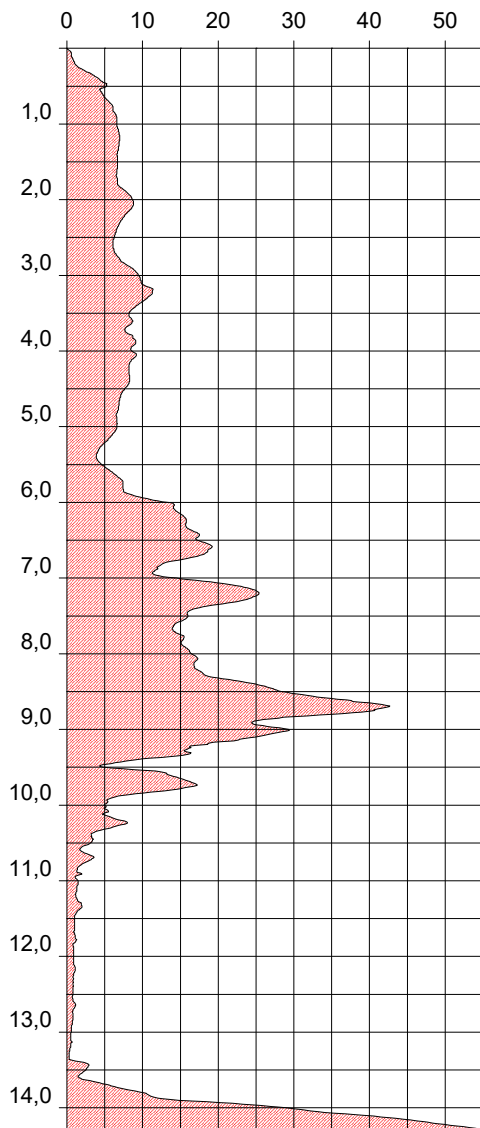
Höhenmaßstab 1:100

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS7-1

55,80 m ü.NHN

CPT-E

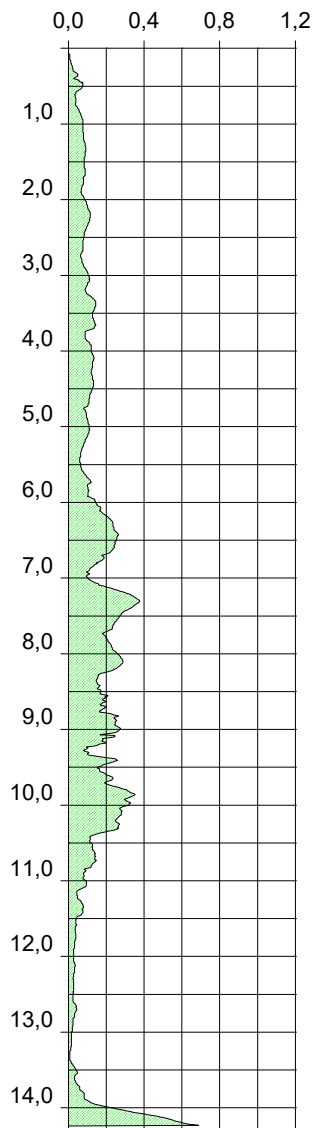


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS7-1

55,80 m ü.NHN

CPT-E



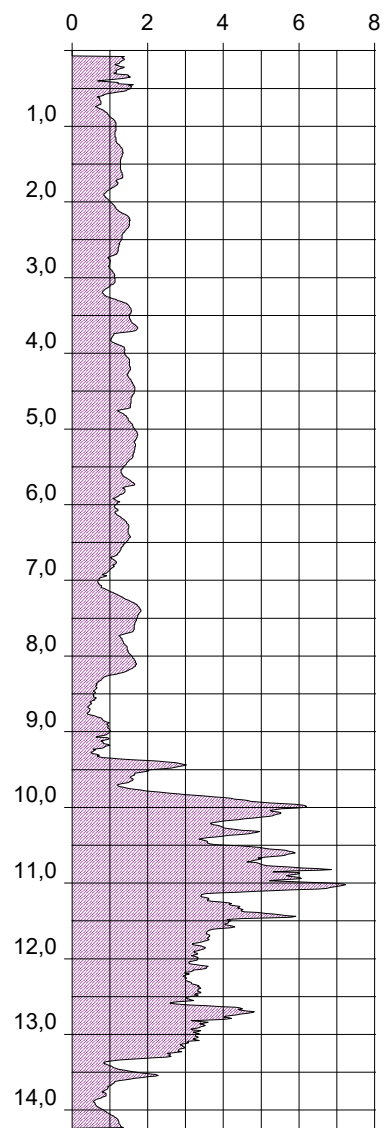
Mantelreibung f_s [MN/m²]

Abbruch wegen Stillstand

DS7-1

55,80 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

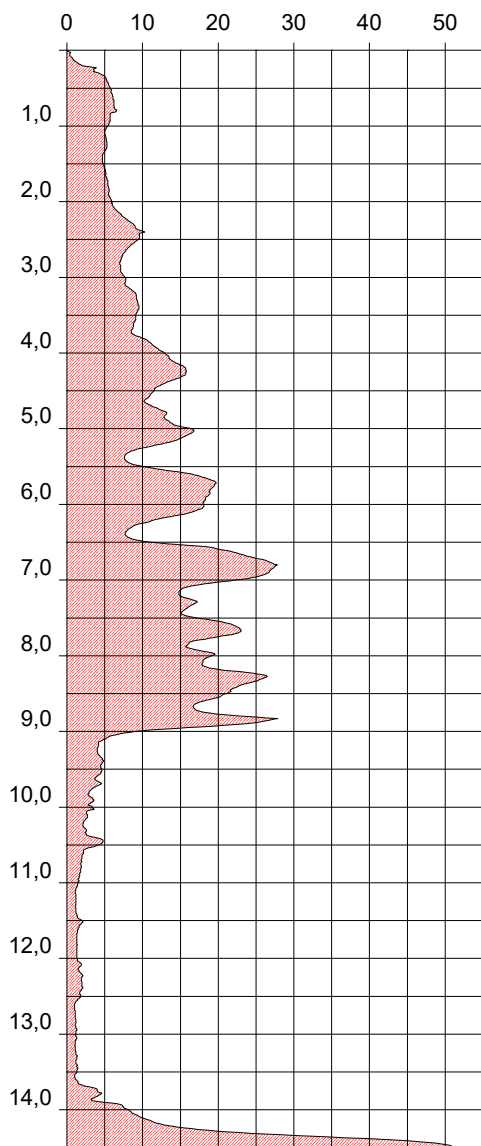
Höhenmaßstab 1:100

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS7-2

55,80 m ü.NHN

CPT-E

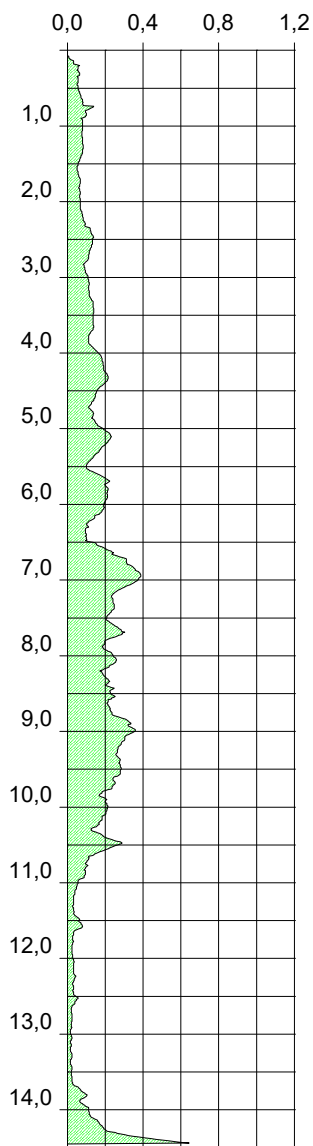


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS7-2

55,80 m ü.NHN

CPT-E



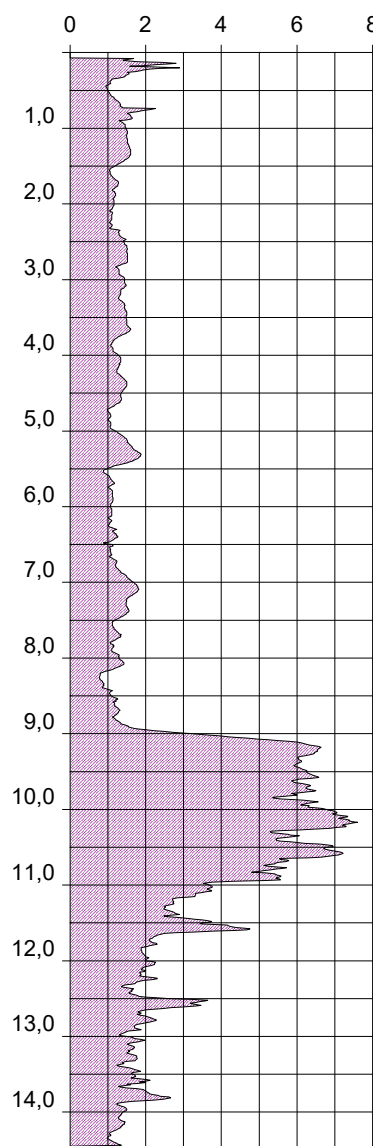
Mantelreibung f_s [MN/m²]

Abbruch wegen Stillstand

DS7-2

55,80 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

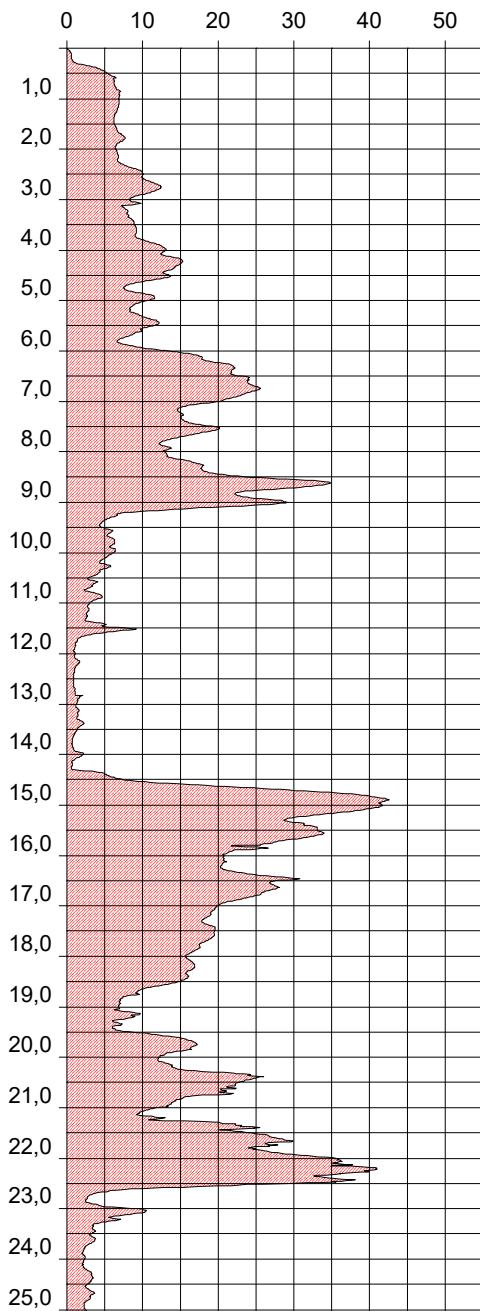
Höhenmaßstab 1:100

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS7-3

55,80 m ü.NHN

CPT-E

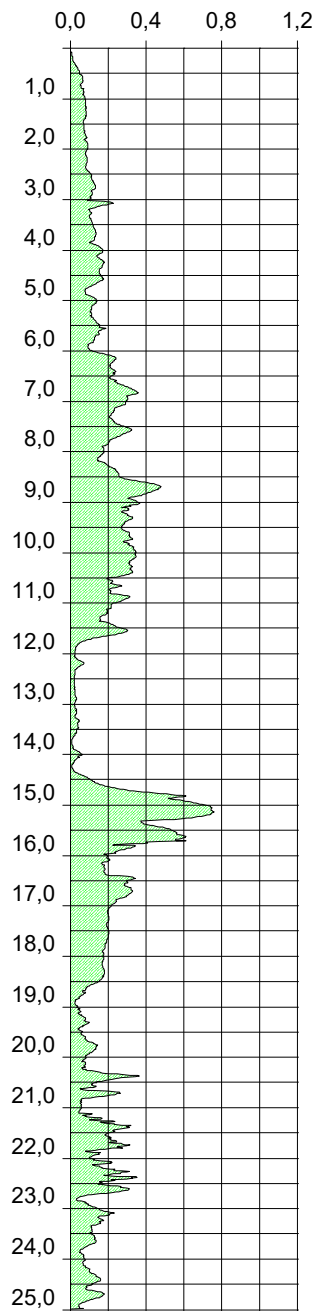


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS7-3

55,80 m ü.NHN

CPT-E

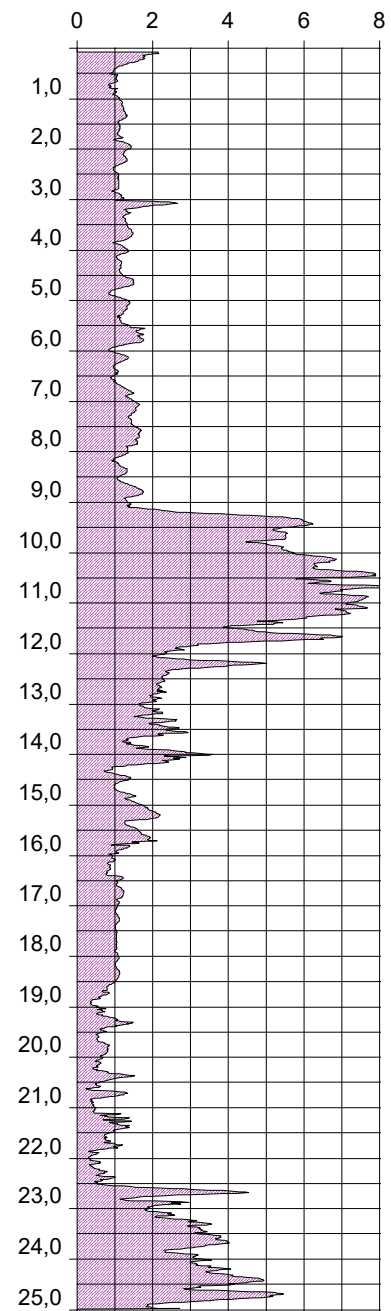


Mantelreibung f_s [MN/m²]

DS7-3

55,80 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

Höhenmaßstab 1:150

Anlage 4

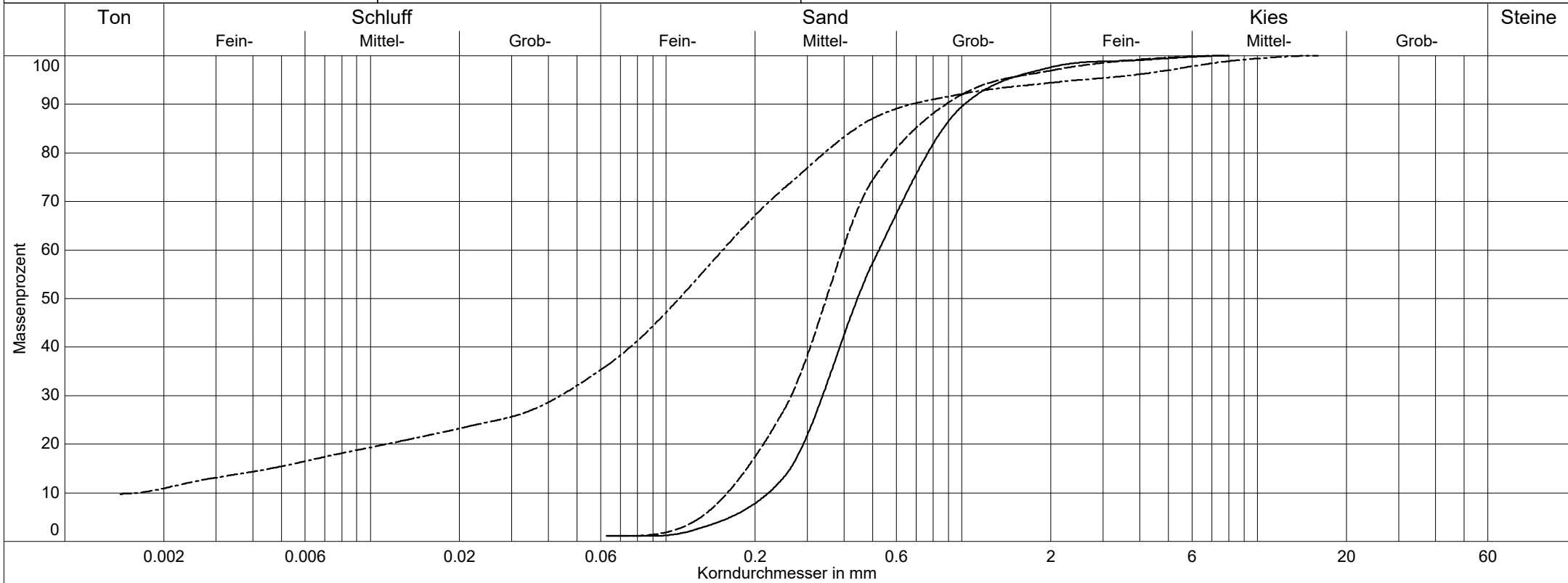
Kornverteilungen

FH Potsdam
FB Bauingenieurwesen
FG Grundbau und Bodenmechanik
Grundbaulabor

Kornverteilung

DIN EN ISO 17892-4

Projekt:	WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 7
Projektnr.:	L 62/232
Anlage:	27.10.2023
Datum:	4



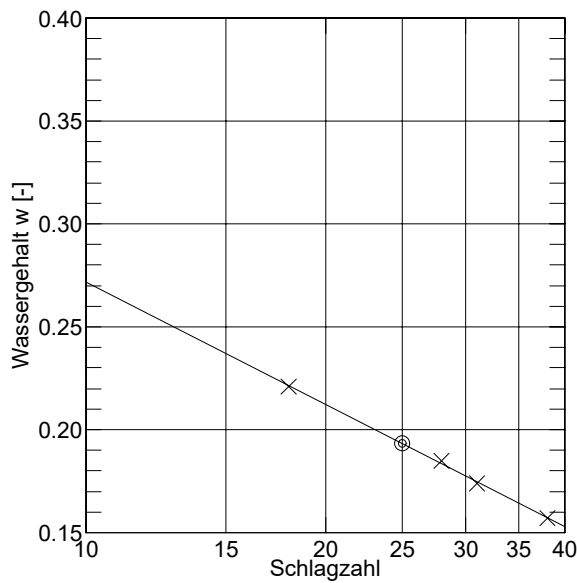
Labornummer	—— s7-1,6	----- s7-5,0	-·-·-· s7-11,0	
Entnahmestelle	S7	S7	S7	
Entnahmetiefe	0,8 -1,6 m	3,1-5,0 m	9,2-11,0 m	
Ungleichförm. Cu	2.4	2.4	95.1	
Krümmungszahl Cc	1.0	1.1	7.6	
Bodengruppe	SE	SE	TL	
Anteil < 0.063 mm	1.1 %	1.1 %	36.2 %	
Frostempfindl.klasse	F1	F1	F3	
kf nach Beyer	4.8E-04 m/s	2.5E-04 m/s	-(Cu > 30)	
kf nach USBR	-(d10 > 0.02)	-(d10 > 0.02)	1.2E-07 m/s	
kf nach Kaubisch	-(0.063 <= 10%)	-(0.063 <= 10%)	5.3E-08 m/s	

Anlage 5

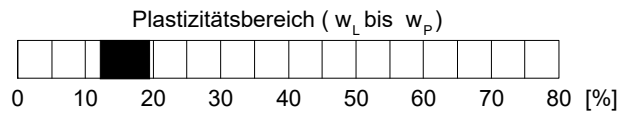
Konsistenzgrenzen

FH Potsdam	Projekt : WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 7
FB Bauingenieurwesen	Projektnr.: L 62/23
FG Grundbau und Bodenmechanik	Anlage : 5
Grundbaulabor	Datum : 27.10.2023
Zustandsgrenzen DIN EN ISO 17892-12	Labornummer: s7-11,0
	Entnahmestelle: S7
	Entnahmetiefe : 9,2-11,0 m

Behälter-Nr.	Fließgrenze				Ausrollgrenze			
	W1	W2	W3	N4	IV	V	M	
Zahl der Schläge	38	31	28	18				
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_b$ [g]	64.03	62.52	59.27	65.89	33.45	34.45	34.30
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_b$ [g]	60.58	59.14	56.15	60.98	31.85	32.97	32.68
Behälter	m_b [g]	38.54	39.67	39.33	38.78	18.84	20.74	19.51
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	3.45	3.38	3.12	4.91	1.60	1.48	1.62
Trockene Probe	m_t [g]	22.04	19.47	16.82	22.20	13.01	12.23	13.17
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$	[-]	0.157	0.174	0.185	0.221	0.123	0.121	0.123



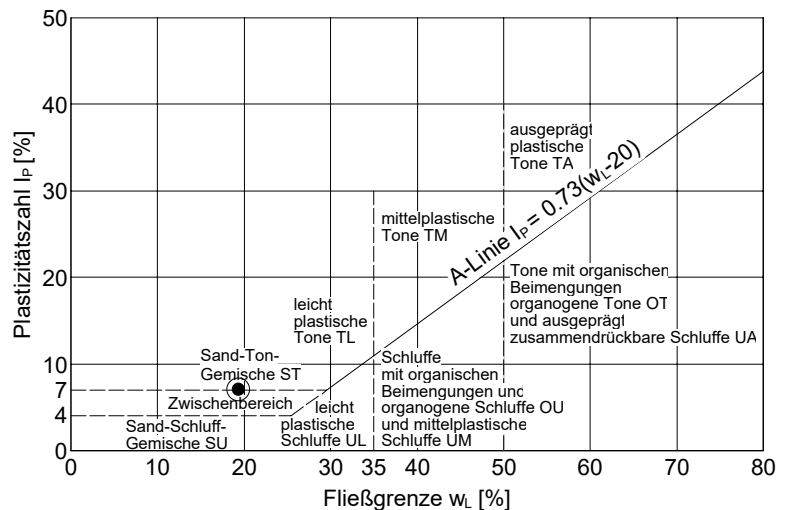
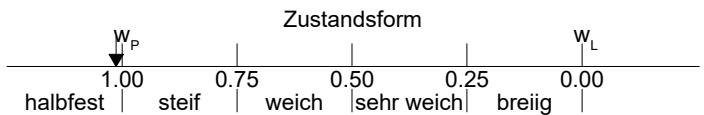
Wassergehalt $w_N = 0.121$
 Fließgrenze $w_L = 0.193$
 Ausrollgrenze $w_P = 0.122$



Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 0.071$

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P} = -0.014$

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P} = 1.014$



Anlage 6

Wassergehalte

FH Potsdam	Projekt : WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 7
FB Bauingenieurwesen	Projektnr.: L 62/23
FG Grundbau und Bodenmechanik	Anlage : 6
Grundbaulabor	Datum : 27.10.2023
Wassergehalt	Labor-Nr.: s7-12,0
	Aufschluss-Nr. S7
	Tiefe: 11,0-12,0 m

Schale Nr. H3	Schale u. Probe feucht [g]	= 174.14 g	Schale u. Probe trocken [g]	= 162.10 g
	Schale u. Probe trocken [g]	= 162.10 g	Gewicht Schale [g]	= 63.33 g
	Wassergehalt [g]	= 12.04 g	Probe trocken G [g]	= 98.77 g
			Wassergehalt [%]	= 12.2 %
Schale Nr.	Schale u. Probe feucht [g]	= g	Schale u. Probe trocken [g]	= g
	Schale u. Probe trocken [g]	= g	Gewicht Schale [g]	= g
	Wassergehalt [g]	= g	Probe trocken G [g]	= g
			Wassergehalt [%]	= %
			Mittel	= 12.2 %

Anlage 7

Betonaggressivität des Bodens

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
www.agrolab.de

AGROLAB Agrar&Umwelt Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel

Ingenieurbüro für Geotechnik Kleen GmbH
Berliner Straße 124
14467 Potsdam

Datum 23.10.2023
Kundennr. 20122596

PRÜFBERICHT

Auftrag **2311623** Projekt: WP Müncheberg-Mittelheide - Auftrag Boden
Betonaggressivität
Analysenr. **211958** Mineralisch/Anorganisches Material
Probeneingang **11.10.2023**
Probenahme **04.10.2023**
Probenehmer **Auftraggeber**
Kunden-Probenbezeichnung **MP 07**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Trockensubstanz	u) %	°	97,9	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03(PL)
Säuregrad n. Baumann-Gully	u)*) ml/kg		62	0,1	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u)*) mg/kg	°	432	100	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u)*) mmol/kg	°	5	1	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfid leicht freisetzbar	u)*) mg/kg		<4,0	4	DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.)(PL)
Chlorid (Cl)	u)*) mg/kg		<10	10	DIN 4030-2 : 2008-06(PL)
Sulfid, gesamt	u)*) mg/kg		<0,10	0,1	DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03(PL)

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

u) externe Dienstleistung eines AGROLAB GROUP Labors

Untersuchung durch

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen

Methoden

DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.); DIN 4030 (mod.); DIN 4030-2 : 2008-06; DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen, für die zitierte Methode akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Akkreditierungsverfahren: D-PL-14087-01-00 DAkkS

Methoden

DIN EN 14346 : 2007-03

Hinweis zum Probenahmedatum: Das Probenahmedatum ist eine Kundeninformation.

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "u)" gekennzeichnet.

Datum 23.10.2023
Kundennr. 20122596

PRÜFBERICHT

Auftrag **2311623** Projekt: WP Müncheberg-Mittelheide - Auftrag Boden Betonaggressivität
Analysennr. **211958** Mineralisch/Anorganisches Material
Kunden-Probenbezeichnung **MP 07**

Beginn der Prüfungen: 11.10.2023
Ende der Prüfungen: 19.10.2023

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Das Laboratorium ist nicht für die vom Kunden bereitgestellten Informationen verantwortlich. Die ggf. im vorliegenden Prüfbericht dargestellten Kundeninformationen unterliegen nicht der Akkreditierung des Laboratoriums und können sich auf die Validität der Prüfergebnisse auswirken. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.

L. Gorski

AGROLAB Agrar&Umwelt Frau Larissa Gorski, Tel. 0431/22138-581
Service Team Umwelt 1, Email: umwelt1.kiel@agrolab.de

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol " (*) " gekennzeichnet.

Anlage 8

Stand sicherheitsnachweise

Berechnungsgrundlagen:
 WP Müncheberg wpd7-P
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-P
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$

Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 9.20 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

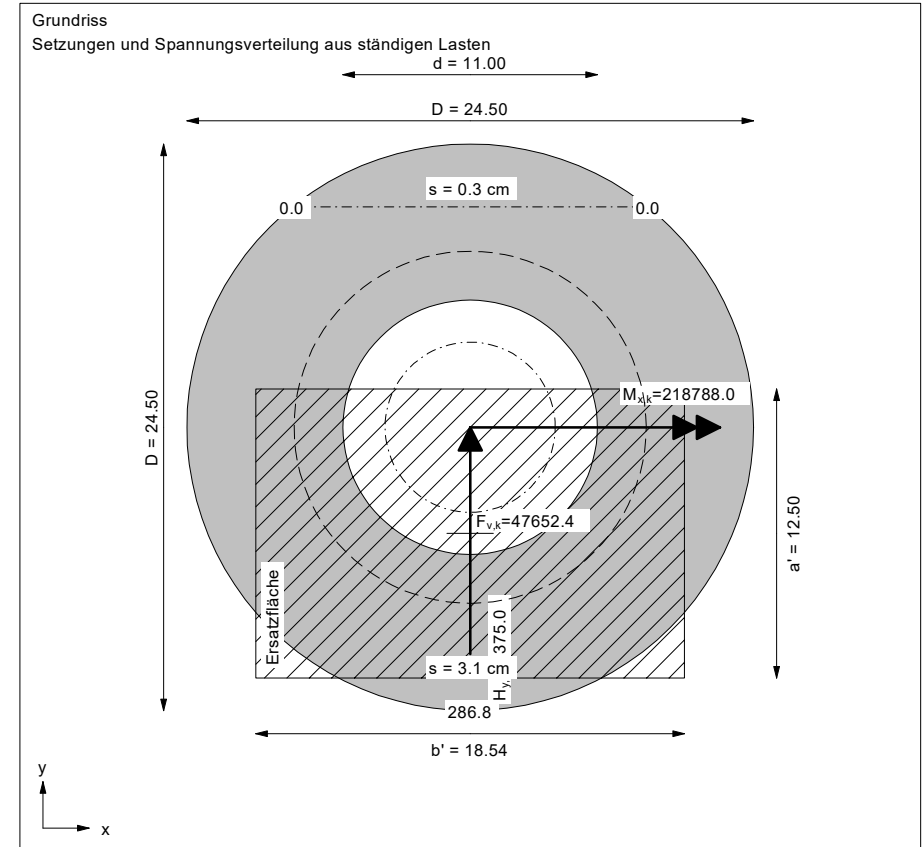
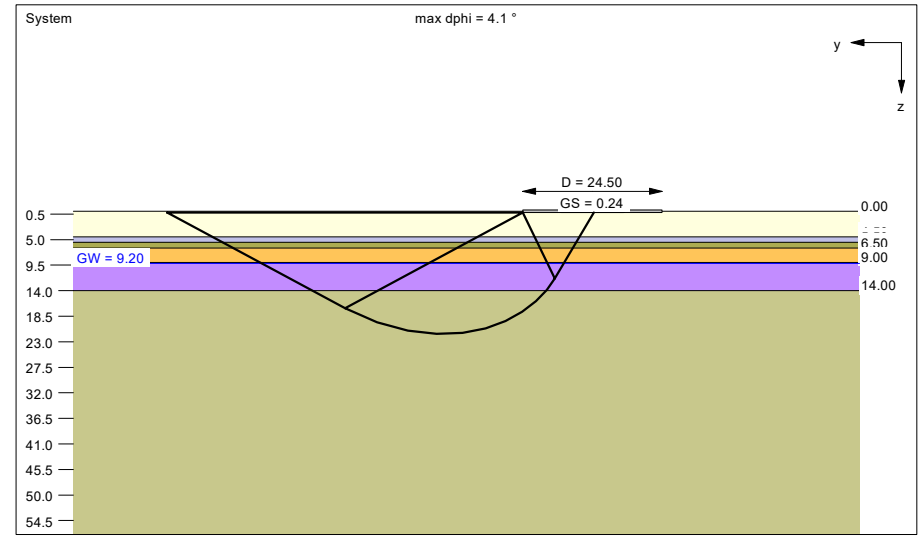
Boden	Tiefe [m]	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	4.50	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md (Polster)
	5.50	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	6.50	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	9.00	19.0/11.0	35.0	0.0	150.0	1.000	Sand, d
	14.00	21.0/12.0	30.0	40.0	25.0	1.000	Mergel, stf-sth
	>14.00	19.0/11.0	35.0	0.0	150.0	1.000	Sand, d

Ergebnisse Kreisringfundament
 Kippnachweis nicht untersucht
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 47652.40 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1375.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 218788.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser $D = 24.500$ m
 Durchmesser (innen) $d = 11.000$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.591$ m
 $a' = 12.502$ m
 $b' = 18.540$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.591$ m
 $a' = 12.502$ m
 $b' = 18.540$ m

Grundbruch:
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 3045.3 / 2175.20$ kN/m²
 $R_{n,k} = 705873.13$ kN
 $R_{n,d} = 504195.09$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 47652.40 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 64330.74$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.128
 Kohäsionsglied = 90340.23 kN (k)
 Breitenglied = 579339.17 kN (k)
 Tiefenglied = 36193.73 kN (k)
 cal $\varphi = 33.5^\circ$
 cal $c = 7.34$ kN/m²
 cal $\gamma_2 = 15.37$ kN/m³
 cal $\sigma_0 = 4.32$ kN/m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 42.38$; $N_{d0} = 29.64$; $N_{b0} = 19.36$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.391$; $v_d = 1.378$; $v_b = 0.798$

Neigungsbeiwerte (x):
 $i_c = 0.953$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.927$
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 40.25$; $N_{d0} = 27.61$; $N_{b0} = 17.59$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.386$; $v_d = 1.372$; $v_b = 0.798$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.953$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.927$
 Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47652.40 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27598.12$ kN
 $T_d = 1856.25$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.067$

Setzung infolge ständiger Lasten:
 Grenztiefe $t_g = 12.99$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.73 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.33 cm
 unten = 3.14 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 736.0
 Nachweis EQU:
 $M_{stb} = 47652.4 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 525367.7$
 $M_{dst} = 218788.0 \cdot 1.10 = 240666.8$
 $\mu_{EQU} = 240666.8 / 525367.7 = 0.458$



Berechnungsgrundlagen:
 WP Müncheberg wpd7-A
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-A
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\gamma_G = 1.10$
 $\gamma_Q = 1.10$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$

Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,stb} = 0.95$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 9.20 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

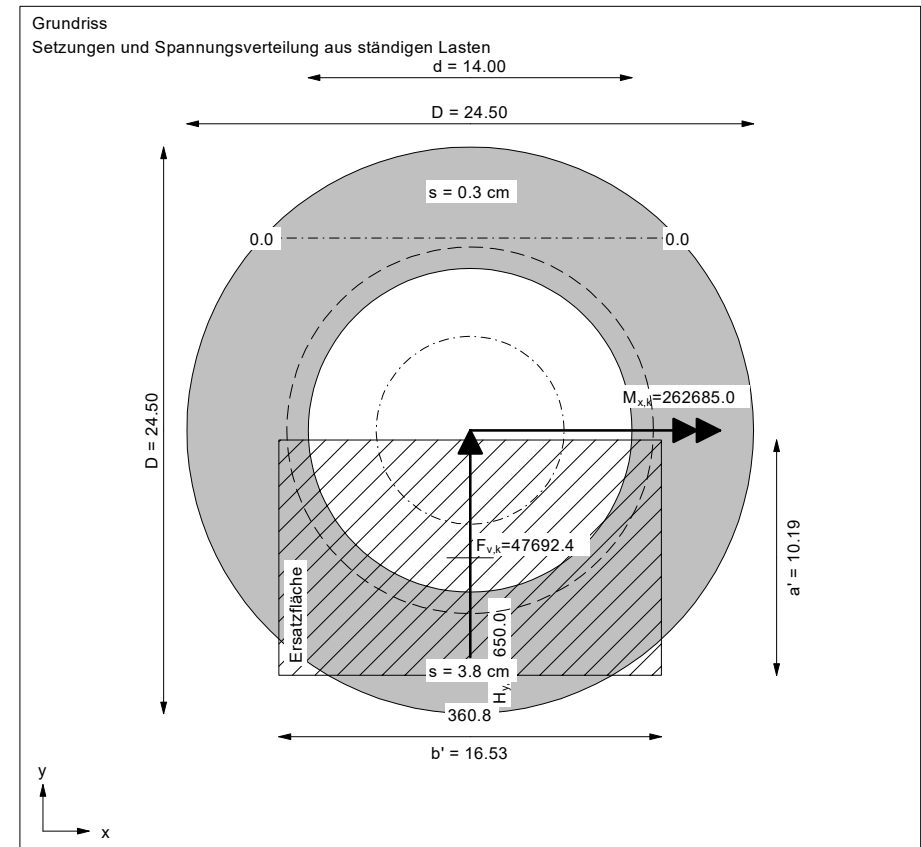
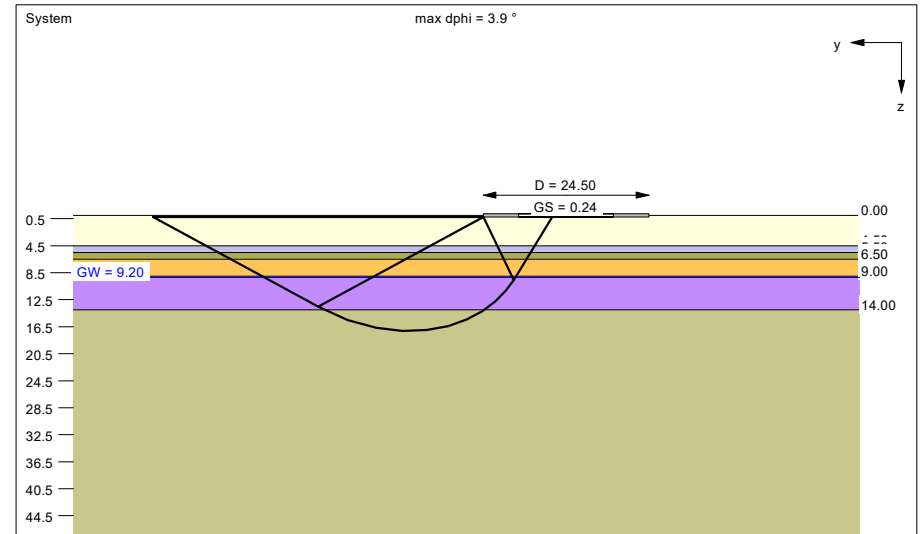
Boden	Tiefe [m]	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	4.50	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md (Polster)
	5.50	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	6.50	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	9.00	19.0/11.0	35.0	0.0	150.0	1.000	Sand, d
	14.00	21.0/12.0	30.0	40.0	25.0	1.000	Mergel, stf-sth
	>14.00	19.0/11.0	35.0	0.0	150.0	1.000	Sand, d

Ergebnisse Kreisringfundament
 Kippnachweis nicht untersucht.
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 47692.40 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1650.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 262685.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser $D = 24.500$ m
 Durchmesser (innen) $d = 14.000$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.508$ m
 $a' = 10.185$ m
 $b' = 16.530$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.508$ m
 $a' = 10.185$ m
 $b' = 16.530$ m

Grundbruch:
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 2622.7 / 2185.54$ kN/m²
 $R_{n,k} = 441538.63$ kN
 $R_{n,d} = 367948.86$ kN
 $V_d = 1.10 \cdot 47692.40 + 1.10 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 52461.64$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.143
 Kohäsionsglied = 81839.17 kN (k)
 Breitenglied = 335836.20 kN (k)
 Tiefenglied = 23863.26 kN (k)
 cal $\varphi = 33.0^\circ$
 cal c = 9.92 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 16.24$ kN/m³
 cal $\sigma_0 = 4.32$ kN/m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 41.92$; $N_{d0} = 29.21$; $N_{b0} = 18.98$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.356$; $v_d = 1.344$; $v_b = 0.815$

Neigungsbeiwerte (x):
 $i_c = 0.943$; $i_d = 0.945$; $i_b = 0.912$
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 38.55$; $N_{d0} = 26.01$; $N_{b0} = 16.23$
Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.349$; $v_d = 1.335$; $v_b = 0.815$
Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.942$; $i_d = 0.945$; $i_b = 0.912$
Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47692.40 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27621.28$ kN
 $T_d = 1815.00$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.066$

Setzung infolge ständiger Lasten:
 Grenztiefe $t_g = 13.90$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 2.05 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.26 cm
 unten = 3.84 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 577.6
 Nachweis EQU:
 $M_{stb} = 47692.4 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 555020.3$
 $M_{dst} = 262685.0 \cdot 1.00 = 262685.0$
 $\mu_{EQU} = 262685.0 / 555020.3 = 0.473$



- BAUGRUNDUNTERSUCHUNGEN
- BAUGRUNDGUTACHTEN
- GRÜNDUNGSBERATUNG
- ALTMASTERKUNDUNGEN
- KONTAMINATIONS-GUTACHTEN
- GRUNDBAUSTATIK
- BAULEITUNG · PLANUNG

GEOTECHNISCHER ENTWURFSBERICHT

108-23wpd8

Bauvorhaben:	Windpark Müncheberg - Mittelheide wpd 8
Auftraggeber:	Naturwind Potsdam GmbH Hegelallee 41 14467 Potsdam
Bearbeiter:	M.Sc. B. Tamme Prof. Dr.-Ing. H. Kleen
Umfang:	11 Seiten 8 Anlagen
Datum:	17.11.2023

1. VERANLASSUNG

Unser Büro wurde am 31.07.2023 durch die Naturwind Potsdam GmbH schriftlich beauftragt, für die im Windpark Müncheberg - Mittelheide geplante Windkraftanlage wpd 8, einen Geotechnischen Entwurfsbericht, einschließlich der notwendigen Feld- und Laboruntersuchungen, anzufertigen.

2. UNTERLAGEN

Für die Bearbeitung standen die nachfolgend aufgeführten Unterlagen zur Verfügung:

- U 2.1 Geologische Karte, M.: 1 : 25.000, über www.geo.brandenburg.de/gk25/, Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
- U 2.2 Unser Geotechnischer Entwurfsbericht zum Bauvorhaben „Windpark Müncheberg-Mittelheide WEA7, vom 27.11.2020 nebst Unterlagen
- U 2.3 Prüfbericht für eine Typenprüfung, Vestas V162-5.4/5.6/6.0/6.2 MW mit 169 m Nabenhöhe, D = 24,5 m, Kreisringfundament mit Auftrieb, Prüfnr.: 3108363-23-d Rev.4, der TÜV SÜD Industrie Service GmbH aus München, vom 25.02.2022
- U 2.4 Lageplan zum Projekt Müncheberg-Mittelheide, der naturwind potsdam GmbH, M.: 1 : 12.000, vom 28.07.2023
- U 2.5 Geländeordinaten der Windkraftanlagenmittelpunkte, übersandt am 01.11.2023 durch das zuständige Vermessungsbüro Horst Möhring aus Frankfurt Oder
- U 2.6 Ergebnisse der Drucksondierungen der Firma Fugro Germany Land GmbH aus Berlin, übersandt am 31.10.2023
- U 2.7 Ergebnisse bodenmechanischer Laboruntersuchungen der Fachhochschule Potsdam, Fachgebiet Grundbau und Bodenmechanik, vom 27.10.2023 (L63/23)
- U 2.8 Prüfbericht zur Betonaggressivität des Bodens, WP Müncheberg - Mittelheide / MP08 (wpd 8), der Agrolab Agrar und Umwelt GmbH aus Kiel, Analysennummer: 211959 vom 23.10.2023

3. BAUGRUNDSTÜCK UND BAUWERK

Der Standort für den Neubau einer Windkraftanlage befindet sich zwischen dem Maxsee und Schönfelde, südlich des Müncheberger Ortsteils Hoppegarten, innerhalb des geplanten Windparks Müncheberg - Mittelheide.

Hier soll, auf der forstwirtschaftlich genutzten Fläche, die Windkraftanlage wpd 8 vom Typ V162-6.2 MW mit Hybridturm und einer Nabenhöhe von 169 m auf einem Kreisringfundament, mit einem Außendurchmesser von $D = 24,5$ m, auf einer 0,1 m starken Sauberkeitsschicht in einer Tiefe von ca. 0,24 m unter Gelände, flach gegründet werden.

Die Geländehöhe am Standort der Windkraftanlage wpd 8 liegt auf einer Ordinate von ca. 57,8 m über NHN.

Die Lage der geplanten Windkraftanlage geht aus der Anlage 1 und der Anlage 2 hervor.

4. BAUGRUND

4.1 Vorkenntnisse

Der Windpark Müncheberg - Mittelheide befindet sich im Bereich einer im Pleistozän gebildeten Hochfläche.

Hier ist mit Schmelzwasserablagerungen in Form von feinkörnigen, schwach mittelkörnigen Sanden, die zum Teil schwach schluffige Beimengungen beinhalten, zu rechnen (s. Unterlage U 2.1).

Gemäß der Unterlage U 2.2 stehen östlich der geplanten Windenergieanlage wpd 8, unterhalb einer ca. 0,1 m starken, sandigen, stark humosen Oberbodenschicht, bis zur Aufschlussendteufe von 15,0 m unter Gelände Fein-, Mittel- und Grobsande an, die ab einer Tiefe von ca. 7,3 m unter Gelände von bis zu 2,3 m starken, sandigen Geschiebemergelschichten durchzogen werden.

Die Sande sind bis in eine Tiefe von ca. 7,5 m unter Gelände stellenweise sehr locker, locker und mitteldicht, darunter mitteldicht gelagert. Dem Geschiebemergel konnte eine halbfeste, lokal eine steif-halbfeste Konsistenz zugewiesen werden

4.2 Baugrunduntersuchungen

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurde im Bereich der geplanten Windkraftanlage wpd 8 eine Kleinbohrung (S8) bis zu einer Endteufe von 15,0 m unter Gelände abgeteuft.

Zur Feststellung der Lagerungsdichte bzw. der Festigkeit des anstehenden Baugrundes wurden zudem drei Drucksondierungen als CPT-E (DS8-1 bis DS8-3) bis in Tiefen von 20,0 m und 25,0 m unter Gelände vorgesehen.

Auf Grund zu hoher Baugrundfestigkeiten mussten die Drucksondierungen wegen Auslastung in Tiefen zwischen ca. 14,0 m und 17,0 m unter Gelände abgebrochen werden.

Die Einmessung und Kennzeichnung des Untersuchungsstandortes erfolgte durch das beauftragte Vermessungsbüro (vgl. Unterlage U 2.5).

Die Lage der genannten Aufschlüsse ist aus der Anlage 1 und der Anlage 2 ersichtlich.

4.3 Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

Auf der Grundlage des, während der Feldarbeiten erstellten Schichtenverzeichnisses und einer durch uns vorgenommenen Bodenansprache, wurde das in der Anlage 3 dokumentierte Schichtenprofil angefertigt. Zudem sind innerhalb der Anlage 3 die Ergebnisse der Drucksondierungen dargestellt.

Im Einzelnen kann damit am Standort der geplanten Windkraftanlage wpd 8 von folgendem Baugrundaufbau ausgegangen werden:

Unterhalb einer ca. 0,2 m starken, sandigen und schwach humosen Oberbodenschicht (Mutterboden) stehen bis zur Aufschlussendteufe von 15,0 m unter Gelände Fein-, Mittel- und Grobsande an, die in einer Tiefe von ca. 9,7 m unter Gelände von einer 1,6 m starken Geschiebemergelschicht durchzogen werden.

Der in S8 erbohrte Geschiebeboden besitzt, auf Grund unserer Ansprachen und der durchgeführten bodenmechanischen Versuche zur Bestimmung der Konsistenzgrenzen und des Wassergehaltes, eine halbfeste Zustandsform.

Die Drucksondierungen DS8-1 bis DS8-3 bestätigen die erkundeten Baugrundverhältnisse im Wesentlichen und ergeben für die Sande oberhalb des Geschiebemergels, bis in eine Tiefe von maximal 3,0 m unter Gelände (DS8-1) eine überwiegend lockere, darunter eine mitteldichte und dichte, lokal, in Tiefen ab ca. 3,5 m unter Gelände, eine lockere Lagerung.

Körnungslinien repräsentativer Böden sind in der Anlage 4, Konsistenzgrenzen in Anlage 5 und ein Wassergehalt in der Anlage 6 dargestellt.

5. HOMOGENBEREICHE / BODENKLASSIFIZIERUNG

Die im Bereich des Untersuchungsstandortes anstehenden Böden können gemäß VOB Teil C, Ausgabe 2012 und Ausgabe 2015, DIN 18196:2011-05 sowie ZTV E-StB 17 wie folgt eingestuft und klassifiziert werden:

Oberboden

Bodengruppe:	OH
Lagerung:	locker
Frostempfindlichkeit:	gering bis mittel frostempfindlich (F2)

Der Oberboden entspricht nach VOB Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 1 (Oberboden). Nach DIN 18915:2002-08 kann der Oberboden für vegetationstechnische Zwecke der Bodengruppe 2 zugeordnet werden.

Homogenbereich A / Sande

Bodengruppe:	SE
Lagerung:	bis ca. 2,8 m: locker ab ca. 2,8 m: mindestens mitteldicht, lokal locker
Verdichtungsfähigkeit:	gut bis mittel
Frostempfindlichkeit:	nicht frostempfindlich (F1)
Durchlässigkeit [m/s]:	$k_f = 1 \times 10^{-3}$ bis 1×10^{-4}

Die Sande entsprechen nach VOB, Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 3 (leicht lösbare Bodenarten).

Homogenbereich B / Geschiebemergel

Bodengruppe:	SU*, TL
Festigkeit:	steif-halbfest
Verdichtungsfähigkeit:	SU*: mittel TL: mäßig
Frostempfindlichkeit:	sehr frostempfindlich (F3)
Durchlässigkeit [m/s]:	$k_f < 1 \times 10^{-7}$

Der Geschiebemergel entspricht nach VOB, Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 4 (mittelschwer lösbare Bodenarten).

Innerhalb und unmittelbar oberhalb des Geschiebehorizontes ist mit Findlingen zu rechnen.

Werden weiterreichende Angaben zu Körnungsbändern, zur Dichte und zur Festigkeit anstehender Böden erforderlich, sind ggf. zusätzliche Labor- bzw. Feldversuche durchzuführen.

6. GRUNDWASSER

Während der Baugrunduntersuchungen im September 2023 wurde kein Grundwasser angeschnitten.

Da im Gründungsbereich kein Grundwasser ansteht, wurde hier ersatzweise eine Bodenprobe hinsichtlich Betonaggressivität untersucht.

Als Ergebnis konnte festgestellt werden, dass der anstehende Boden hier als nicht betonangreifend einzustufen ist, was gemäß DIN EN 206-1 zu der Expositionsklasse XAI führt.

Die Einzelergebnisse der Bodenanalytik können der Unterlage U 2.8, die innerhalb der Anlage 7 dargestellt ist, entnommen werden.

7. BODENKENNWERTE

Für erdstatische Berechnungen können, auf Grund der Ansprache der gelieferten Proben, der Bohr- und Sondierergebnisse und unserer Erfahrung die charakteristischen Bodenkennwerte der folgenden Tabelle 1 angesetzt werden.

Die Tiefenlagen der Bodenschichten sind dem Schichtenprofil, welches innerhalb der Anlage 3 dargestellt ist, zu entnehmen.

Tabelle 1: charakteristische Bodenkennwerte

Bodenart	Bodenkennwerte				
	Wichte	Reibungswinkel	Kohäsion	Querdehnzahl	Steifeziffer stat. / dyn.
	γ_k / γ'_{k}	φ'_{k}	$c'_{k} / c_{u,k}$	ν	$E_{s,k} / E_{sd,k}$
	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[-]	[MN/m ²]
Oberboden	17 / 9	30,0	-- / --	-- / --	-- / --
Sand locker (lo) mitteldicht (md) dicht (d)	18 / 10	30,0	-- / --	0,32	40 / 170
	18 / 11	32,5	-- / --	0,32	80 / 260
	19 / 11	35,0	-- / --	0,32	150 / 420
Geschiebeboden steif (stf) halbfest (sth)	20 / 11	30,0	15 / 45	0,35	10 / 80
	21 / 12	30,0	60 / 100	0,35	40 / 170

8. ANGABEN ZUR GRÜNDUNG, ZUWEGUNG UND KRANSTELLFLÄCHE

8.1 Gründung

Der erkundete Baugrundaufbau und die ermittelten Baugrundfestigkeiten erlauben für die Windkraftanlage wpd 8 die Ausführung einer Flachgründung mittels Kreisringfundament.

Zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit und Standsicherheit der Anlage werden dazu vorab jedoch Bodenverbesserungen erforderlich, die hier über ein einzubauendes Gründungspolster realisiert werden können.

Im Einzelnen sind hierzu folgende Voraussetzungen einzuhalten:

Die im Gründungsbereich anstehenden weniger tragfähigen, locker gelagerten Sande sind bis in eine Tiefe von ca. 2,6 m unter Gelände vollständig gegen mindestens mitteldicht gelagertes rolliges Material auszutauschen.

Hierbei ist zu beachten, dass nach Freilegung der Austauschenebene, die gewachsenen Sande mit einer Tiefenwirkung von mindestens 0,4 m nach verdichtet werden.

Das nachfolgend einzubringende rollige Polstermaterial hat zur besseren Verdichtbarkeit eine Ungleichförmigkeit von $U > 6$ aufzuweisen. Die Polsterlagen sollten bis zur geplanten Gründungssohle, mit maximalen Stärken von 0,3 m unter Berücksichtigung eines Ausbreitungswinkels von 45° , so verdichtet eingebracht werden, dass durchweg eine mindestens mitteldichte Lagerung vorherrscht.

Die Güte des Austauschbodens und der Sohle sind durch geeignete Versuche, wie Plattendruck- oder Proctorversuche nachzuweisen.

Bei Einhaltung der o.g. Gründungshinweise und unter Zugrundelegung der in Tabelle 1 angegebenen Bodenkennwerte, werden die Anforderungen an die Windkraftanlage des Typs V162-6.2 MW mit einer Nabenhöhe von 169 m mit einem Fundamentdurchmesser $D = 24,5$ m, von jeder erkundeten Baugrundsicht erfüllt.

Die ermittelten statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten gemäß der Unterlage U 2.5 für die anstehenden Bodenschichten können der folgenden Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: wpd 8- statische und dynamische Drehfedersteifigkeiten

Bodenart	Tiefe [m u. GOK]	r_E [m]	ν [-]	$E_{S,stat.}$ [MN/m ²]	$k_{\varphi,stat}$ [MNm/rad]	$E_{S,dyn.}$ [MN/m ²]	$k_{\varphi,dyn}$ [MNm/rad]
Polster Sand (md)	> 0,35	12,25	0,32	80	152.600	260	496.100
Sand (lo)	> 3,5	14,25	0,32	40	120.100	170	510.600
Sand (md)	> 4,0	14,53	0,32	80	254.700	260	827.800

r_E	Ersatzradius
ν	Querdehnzahl
$E_{S,stat.}$	Steifeiffer, statisch
$E_{S,dyn.}$	Steifeiffer, dynamisch
$k_{\varphi,stat}$	Drehfedersteifigkeit, statisch
$k_{\varphi,dyn}$	Drehfedersteifigkeit, dynamisch

Damit liegen die vorhandenen statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten jeder erkundeten Schicht über den geforderten Werten von $k_{\varphi,stat} \geq 40.000$ bzw. $k_{\varphi,dyn} \geq 200.000$ [MNm/rad].

Die angegebenen Sohlspannungen können vom Baugrund aufgenommen werden. Bei sorgfältiger Ausführung der Gründungsarbeiten und Einhaltung der vor genannten Voraussetzungen wird die Absolutsetzung der Windkraftanlage 3,0 cm nicht überschreiten.

In Folge der erfolgten Baugrundverbesserung werden damit keine relevanten, baugrundbedingten Setzungsunterschiede auftreten.

Die Standsicherheit der Windkraftanlage ist gegeben; die zum Nachweis geführten Berechnungen für die Bemessungssituationen BS-P und BS-A können der Anlage 8 entnommen werden.

8.2 Zuwegung und Kranstellfläche

Unter der Voraussetzung, dass der in Abschnitt 4 beschriebene Baugrundaufbau im Bereich der Verkehrsflächen hier übertragbar ist, kann hierzu zusammenfassend von den nachfolgenden Gegebenheiten und Anforderungen ausgegangen werden:

- Die bis in eine Tiefe von mindestens ca. 0,2 m unter Gelände anstehende Oberbodenschicht ist gänzlich zu entfernen und gegen ein verdichtet eingebrachtes rolliges Material zu ersetzen. Die nach Aushub der Oberböden freiliegenden Sande sind mit einer Tiefenwirkung von mindestens 0,4 m nach zu verdichten.
- Der Einbau von Austausch-, Trag- und Frostschutzschichten hat lagenweise, in Abhängigkeit des eingesetzten Verdichtungsgerätes, mit Stärken von 20 cm bis 30 cm, zu erfolgen.
- Auszuführende Gründungspolster sind immer, sofern nicht durch andere konstruktive Maßnahmen die seitliche Stützung des Polsters erreicht wird, mit einer Verbreiterung entsprechend des Lastverteilungswinkels von ca. 45° bis auf die Solltiefe zu führen.
- Die Verdichtungsanforderungen an die Zuwegung und die Kranstellfläche können grundsätzlich, unter Einhaltung der o.g. Anforderungen, sowohl für den Untergrund mit $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$, den Tragschichtaufbau mit $E_{V2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ und die Deckschichten mit $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verhältniswert $E_{V2} / E_{V1} \leq 2,3$ nachgewiesen werden.
- Die geforderten Mindesttragfähigkeiten des Planums sind vor Ort durch geeignete Verdichtungskontrollen, wie beispielsweise Plattendruckversuche, zu überprüfen.

9. ERGÄNZENDE HINWEISE UND EMPFEHLUNGEN

- Die durchgeführten Untersuchungen liefern lediglich einen stichprobenartigen Aufschluss im Bereich der geplanten Windkraftanlage. Sollte sich bei den Gründungsmaßnahmen die Bodensituation örtlich anders darstellen als von uns bisher erkundet, sind wir darüber zu informieren.

Der Untersuchungsbereich gehört zu keiner Erdbebenzone.

- Der unterhalb der Oberböden überwiegend anstehende gewachsene Sand, mit einer Feuchtwichte von $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, eignet sich grundsätzlich zur Überschüttung und Wiederanfüllung, auch für die Schnittstellen zwischen Fundamentarbeitsraum und Kranstellfläche. Die Überschüttung muss dabei mindestens 0,5 m betragen.
- Für die im Gründungsbereich der Windkraftanlage anstehenden Sande kann mit einem abgeschätzten spezifischen Erdwiderstand zwischen 300 und 1000 Ωm gerechnet werden.
- Die Gründungs- und ggf. erforderlichen Baugrundverbesserungsarbeiten sollten geotechnisch begleitet und überwacht werden.
- Das Bauvorhaben ist in die geotechnische Kategorie GK-3 einzuordnen. Folgerichtig ist nach den Vorgaben der DIN 1054 der Geotechnische Entwurfsbericht zur Fortschreibung zu bringen.
- Für ergänzende Erläuterungen und Beratungen stehen wir gerne zur Verfügung.



Prof. Dr.-Ing. H. Kleen



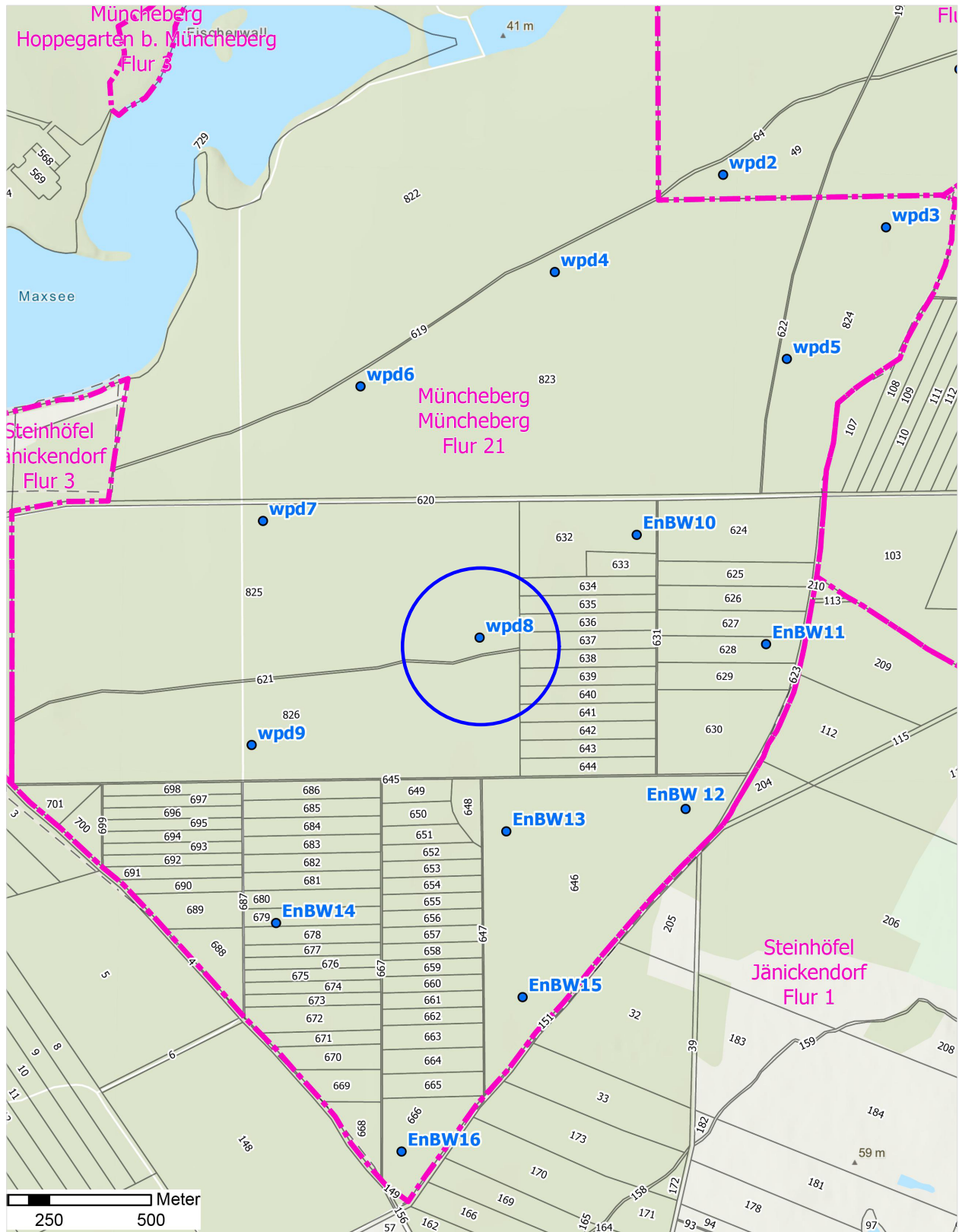
M. Sc. B. Tamme

ANLAGEN	SEITEN
1. Übersicht	1
2. Lageplan mit Aufschlussansatzpunkten	1
3. Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse	4
4. Körnungslinien	1
5. Zustandsgrenzen	1
6. Wassergehalt	1
7. Betonaggressivität Boden	2
8. Standsicherheitsnachweise	2

Anlage 1

Übersicht

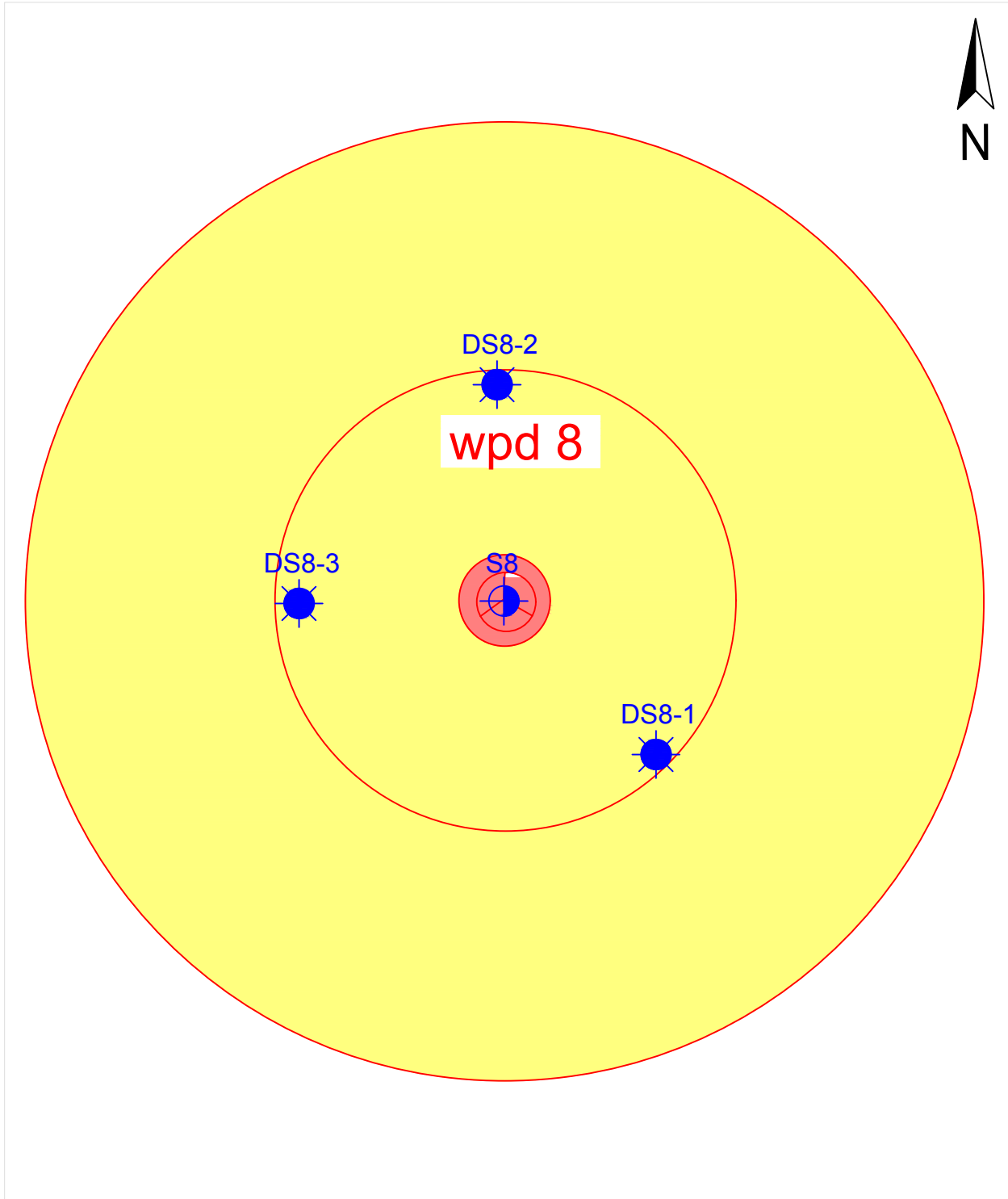
Übersicht



Anlage 2

Lageplanskizze

Lageplanskizze



ohne Maßstab



Kleinbohrung (S)

Drucksondierung CPT-E (DS)

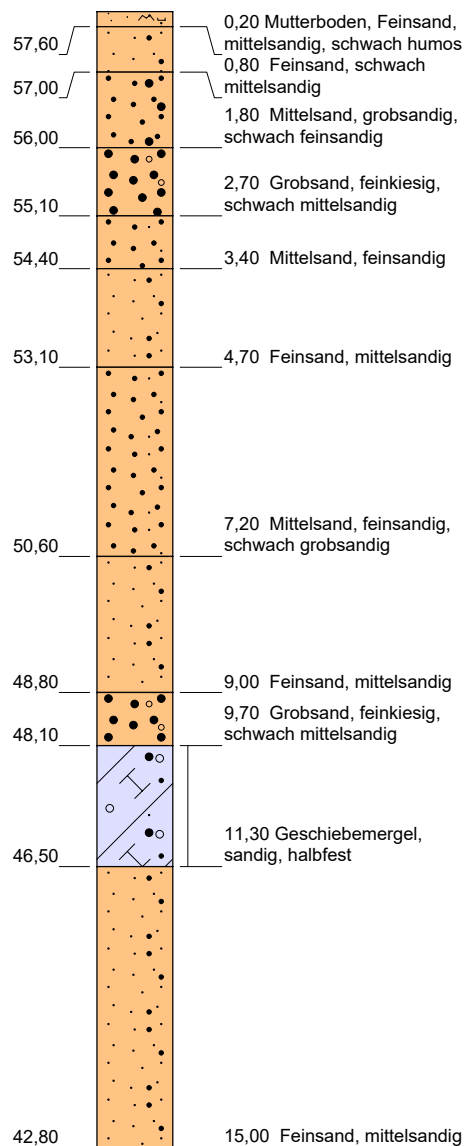
Anlage 3

Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

S8

57,80 m ü.NHN



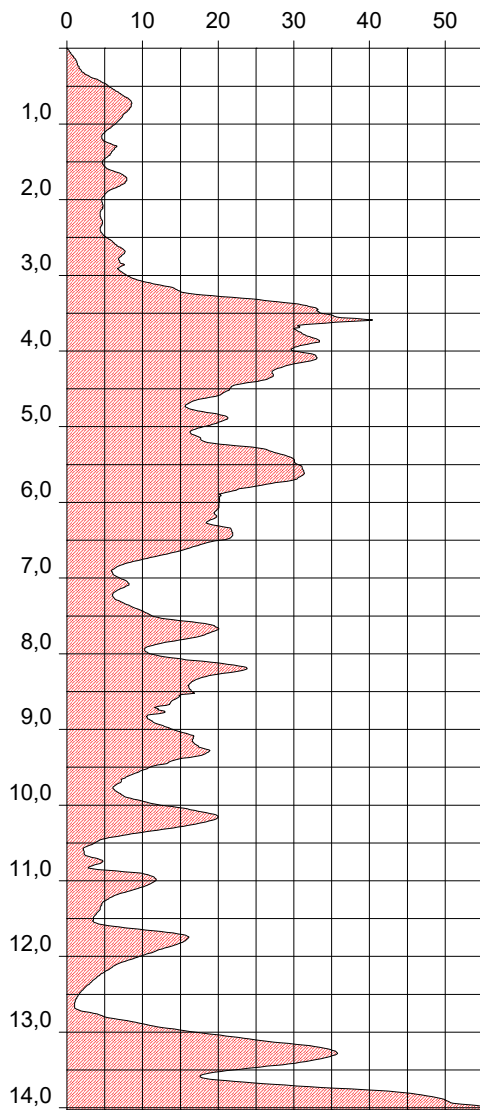
Höhenmaßstab 1:100

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS8-1

57,80 m ü.NHN

CPT-E

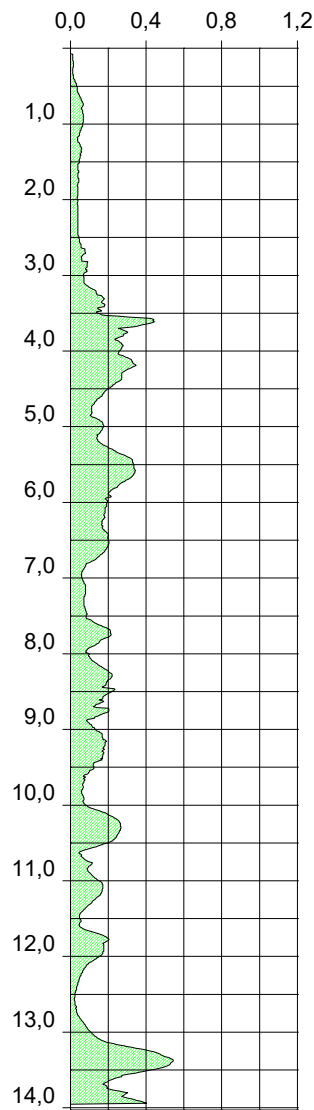


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS8-1

57,80 m ü.NHN

CPT-E

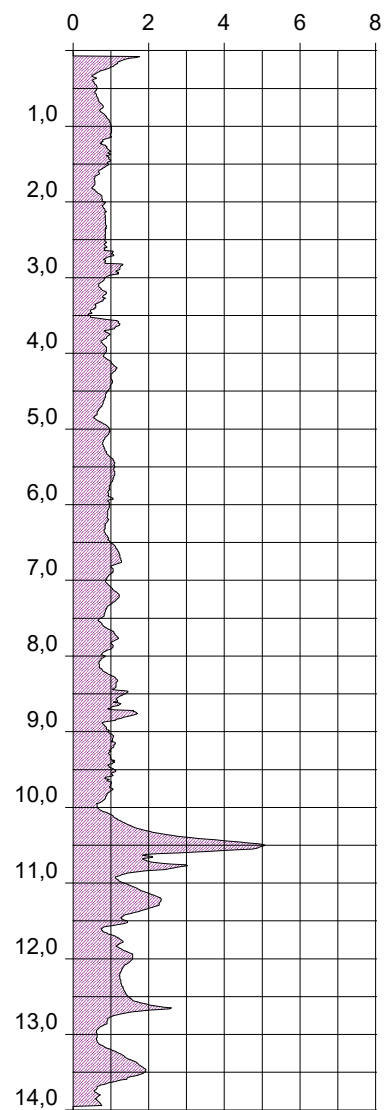


Mantelreibung f_s [MN/m²]

DS8-1

57,80 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

Abbruch wegen Stillstand

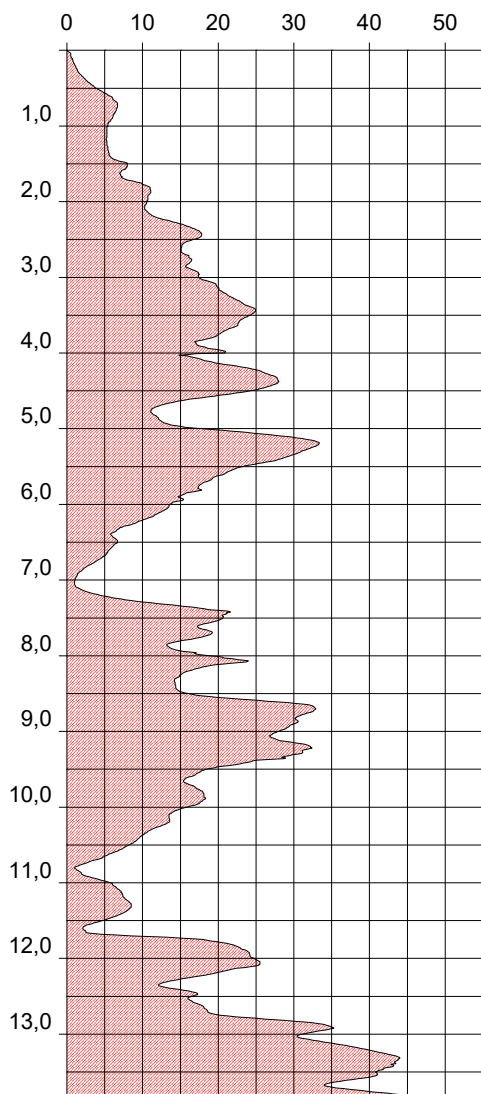
Höhenmaßstab 1:100

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS8-2

57,80 m ü.NHN

CPT-E

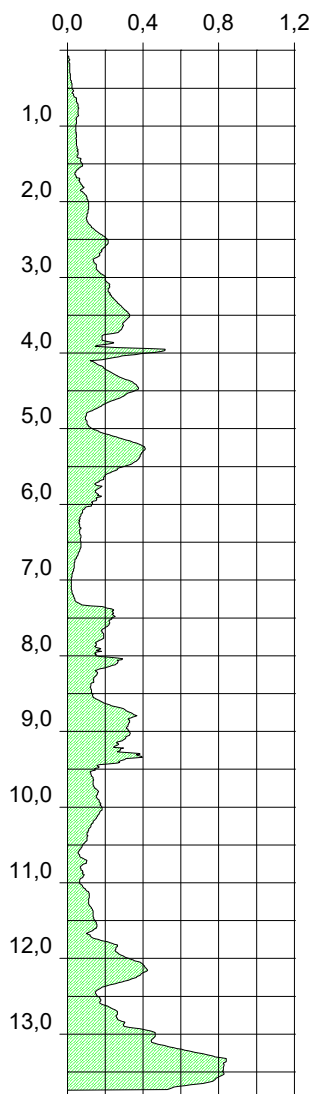


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS8-2

57,80 m ü.NHN

CPT-E

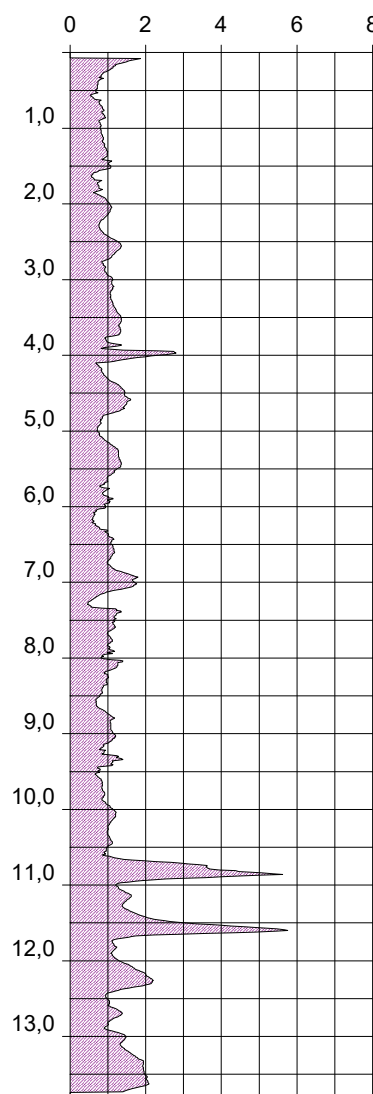


Mantelreibung f_s [MN/m²]

DS8-2

57,80 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

Abbruch wegen Stillstand

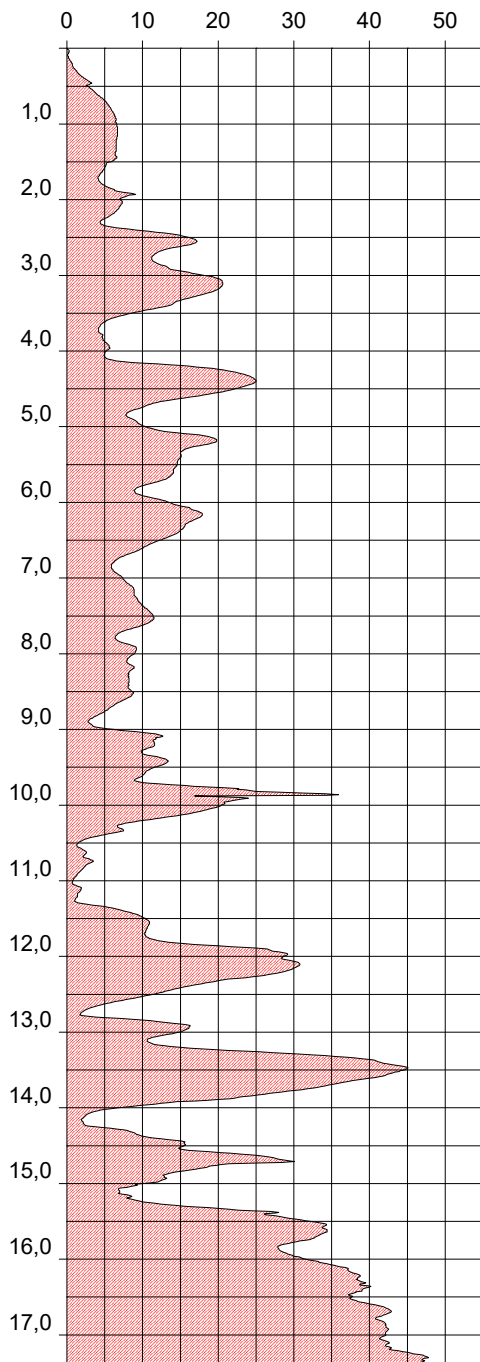
Höhenmaßstab 1:100

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS8-3

57,80 m ü.NHN

CPT-E

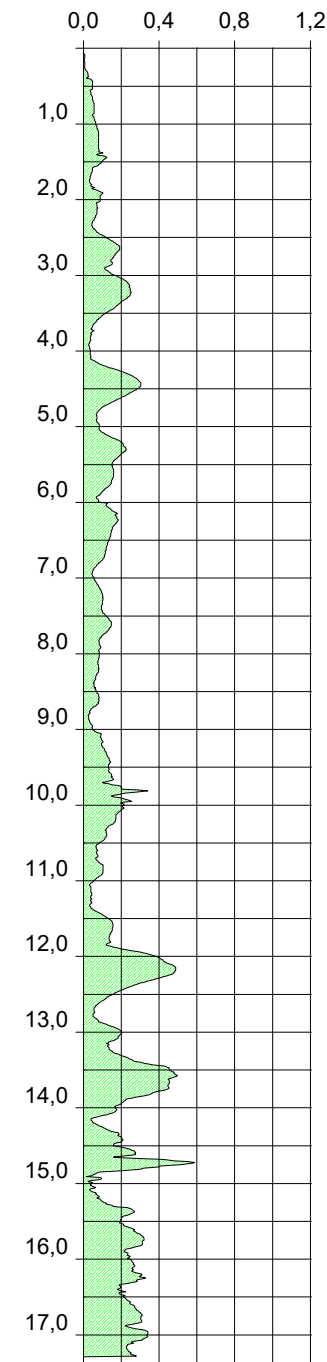


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS8-3

57,80 m ü.NHN

CPT-E

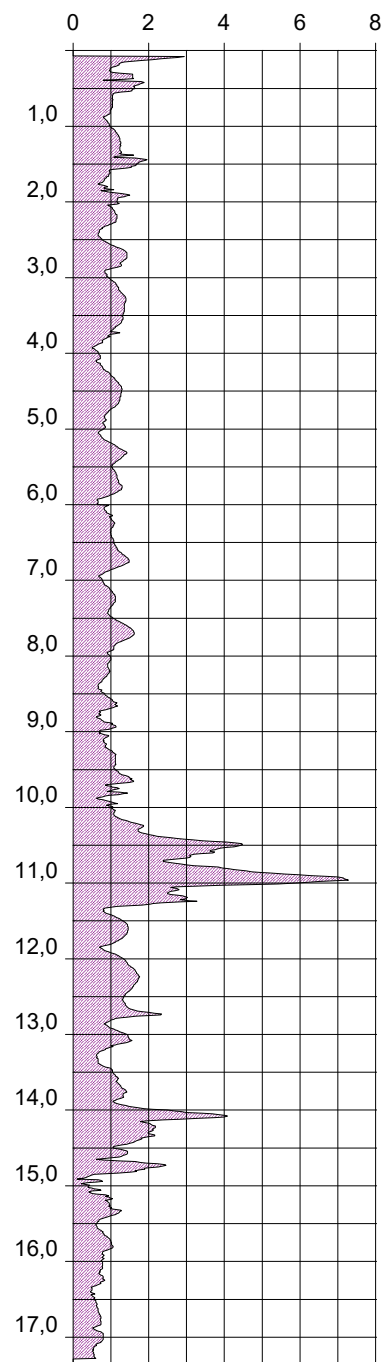


Mantelreibung f_s [MN/m²]

DS8-3

57,80 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

Höhenmaßstab 1:100

Abbruch wegen Stillstand

Anlage 4

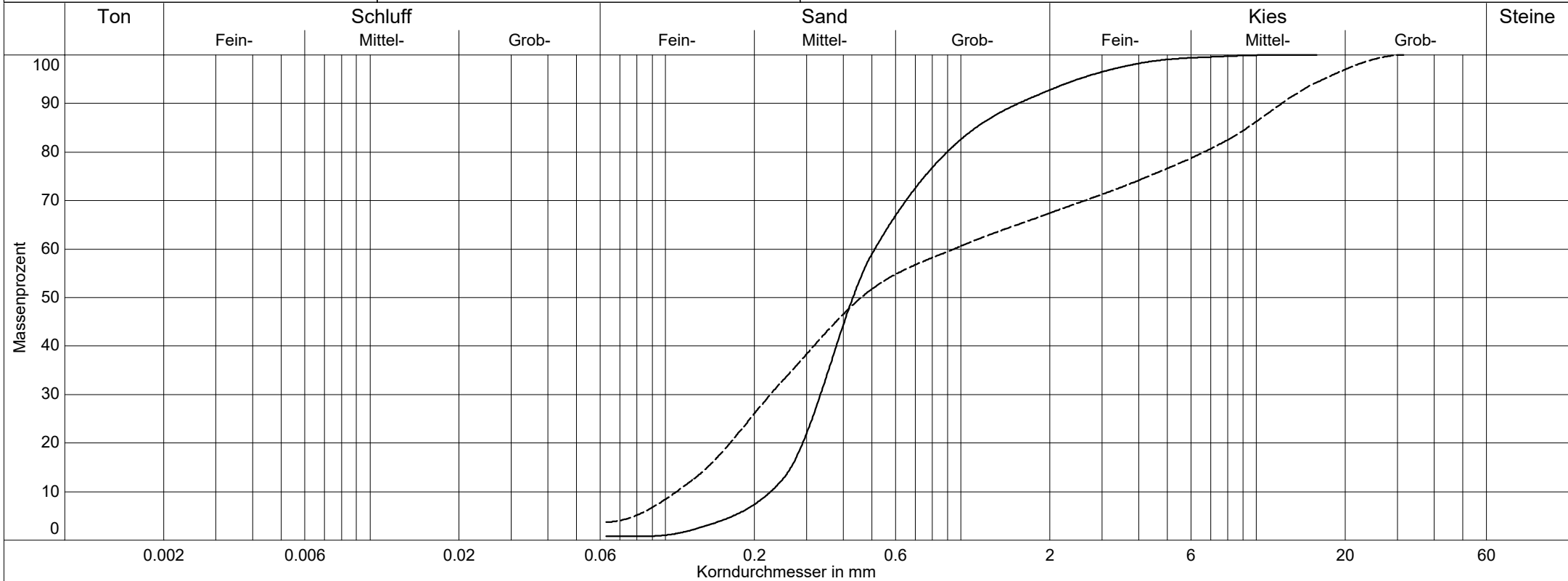
Kornverteilungen

FH Potsdam
FB Bauingenieurwesen
FG Grundbau und Bodenmechanik
Grundbaulabor

Kornverteilung

DIN EN ISO 17892-4

Projekt:	WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 8
Projektnr.:	L 62/232
Anlage:	27.10.2023
Datum:	4



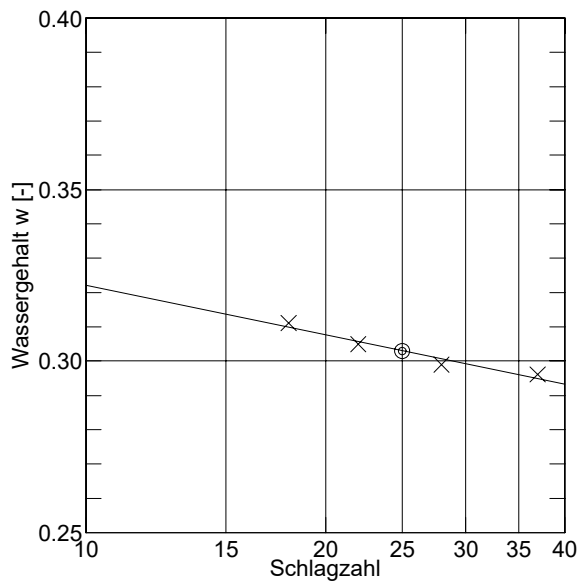
Labornummer	—— s8-1,8	---- s8-2,7		
Entnahmestelle	S8	S8		
Entnahmetiefe	0,8-1,8 m	1,8-2,7 m		
Ungleichförm. Cu	2.3	8.7		
Krümmungszahl Cc	1.0	0.5		
Bodengruppe	SE	SI		
Anteil < 0.063 mm	0.7 %	3.7 %		
Frostempfindl.klasse	F1	F1		
kf nach Beyer	6.6E-04 m/s	1.3E-04 m/s		
kf nach USBR	- (d10 > 0.02)	- (d10 > 0.02)		
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)	- (0.063 <= 10%)		

Anlage 5

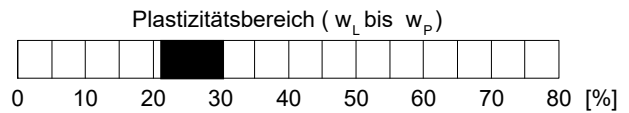
Konsistenzgrenzen

FH Potsdam	Projekt : WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 8
FB Bauingenieurwesen	Projektnr.: L 62/23
FG Grundbau und Bodenmechanik	Anlage : 6
Grundbaulabor	Datum : 27.10.2023
Zustandsgrenzen DIN EN ISO 17892-12	Labornummer: s8-11,3
	Entnahmestelle: S8
	Entnahmetiefe : 9,7 -11,3 m

Behälter-Nr.	Fließgrenze				Ausrollgrenze			
	R1	S2	S3	R3	4	5	7	
Zahl der Schläge	37	28	22	18				
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_b$ [g]	58.06	67.25	65.80	57.98	19.23	20.11	22.79
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_b$ [g]	53.46	60.44	59.16	51.94	17.05	17.81	19.94
Behälter	m_b [g]	37.92	37.67	37.36	32.49	6.82	6.85	6.43
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	4.60	6.81	6.64	6.04	2.18	2.30	2.85
Trockene Probe	m_t [g]	15.54	22.77	21.80	19.45	10.23	10.96	13.51
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$	[-]	0.296	0.299	0.305	0.311	0.213	0.210	0.211



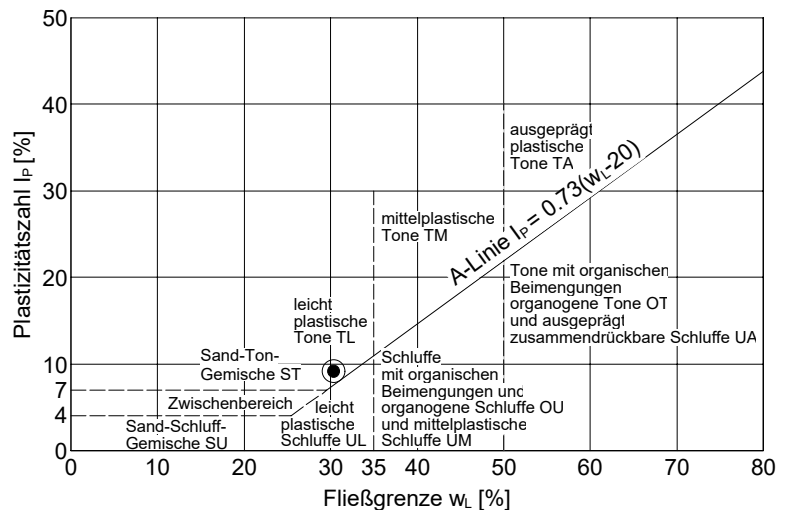
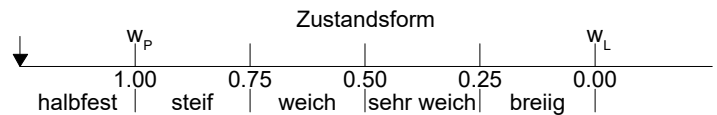
Wassergehalt $w_N = 0.115$
 Fließgrenze $w_L = 0.303$
 Ausrollgrenze $w_P = 0.211$



Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 0.092$

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P} = -1.043$

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P} = 2.043$



Anlage 6

Wassergehalte

FH Potsdam	Projekt : WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 8
FB Bauingenieurwesen	Projektnr.: L 62/23
FG Grundbau und Bodenmechanik	Anlage : 6
Grundbaulabor	Datum : 27.10.2023
Wassergehalt	Labor-Nr.: s8-11,3
	Aufschluss-Nr. S8
	Tiefe: 9,7 -11,3 m

Schale Nr. H2	Schale u. Probe feucht [g]	= 140.82 g	Schale u. Probe trocken [g]	= 132.43 g
	Schale u. Probe trocken [g]	= 132.43 g	Gewicht Schale [g]	= 59.47 g
	Wassergehalt [g]	= 8.39 g	Probe trocken G [g]	= 72.96 g
			Wassergehalt [%]	= 11.5 %
Schale Nr.	Schale u. Probe feucht [g]	= g	Schale u. Probe trocken [g]	= g
	Schale u. Probe trocken [g]	= g	Gewicht Schale [g]	= g
	Wassergehalt [g]	= g	Probe trocken G [g]	= g
			Wassergehalt [%]	= %
			Mittel	= 11.5 %

Anlage 7

Betonaggressivität des Bodens

AGROLAB Agrar&Umwelt Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel

Ingenieurbüro für Geotechnik Kleen GmbH
Berliner Straße 124
14467 Potsdam

Datum 23.10.2023
Kundennr. 20122596

PRÜFBERICHT

Auftrag **2311623** Projekt: WP Müncheberg-Mittelheide - Auftrag Boden Betonaggressivität
 Analysennr. **211959** Mineralisch/Anorganisches Material
 Probeneingang **11.10.2023**
 Probenahme **04.10.2023**
 Probenehmer **Auftraggeber**
 Kunden-Probenbezeichnung **MP 08**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Trockensubstanz	u)	%	°	98,2	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03(PL)
Säuregrad n. Baumann-Gully	u)*)	ml/kg		71	0,1	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u)*)	mg/kg	°	581	100	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u)*)	mmol/kg	°	6	1	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfid leicht freisetzbar	u)*)	mg/kg		<4,0	4	DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.)(PL)
Chlorid (Cl)	u)*)	mg/kg		<10	10	DIN 4030-2 : 2008-06(PL)
Sulfid, gesamt	u)*)	mg/kg		<0,10	0,1	DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03(PL)

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

u) externe Dienstleistung eines AGROLAB GROUP Labors

Untersuchung durch

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen

Methoden

DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.); DIN 4030 (mod.); DIN 4030-2 : 2008-06; DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen, für die zitierte Methode akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Akkreditierungsverfahren: D-PL-14087-01-00 DAkkS

Methoden

DIN EN 14346 : 2007-03

Hinweis zum Probenahmedatum: Das Probenahmedatum ist eine Kundeninformation.

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "u)" gekennzeichnet.

Datum 23.10.2023
Kundennr. 20122596

PRÜFBERICHT

Auftrag **2311623** Projekt: WP Müncheberg-Mittelheide - Auftrag Boden Betonaggressivität
Analysennr. **211959** Mineralisch/Anorganisches Material
Kunden-Probenbezeichnung **MP 08**

Beginn der Prüfungen: 11.10.2023
Ende der Prüfungen: 19.10.2023

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Das Laboratorium ist nicht für die vom Kunden bereitgestellten Informationen verantwortlich. Die ggf. im vorliegenden Prüfbericht dargestellten Kundeninformationen unterliegen nicht der Akkreditierung des Laboratoriums und können sich auf die Validität der Prüfergebnisse auswirken. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.



AGROLAB Agrar&Umwelt Frau Larissa Gorski, Tel. 0431/22138-581
Service Team Umwelt 1, Email: umwelt1.kiel@agrolab.de

Anlage 8

Stand sicherheitsnachweise

Berechnungsgrundlagen:
 WP Müncheberg wpd8-P
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-P
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$

Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 9.00 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

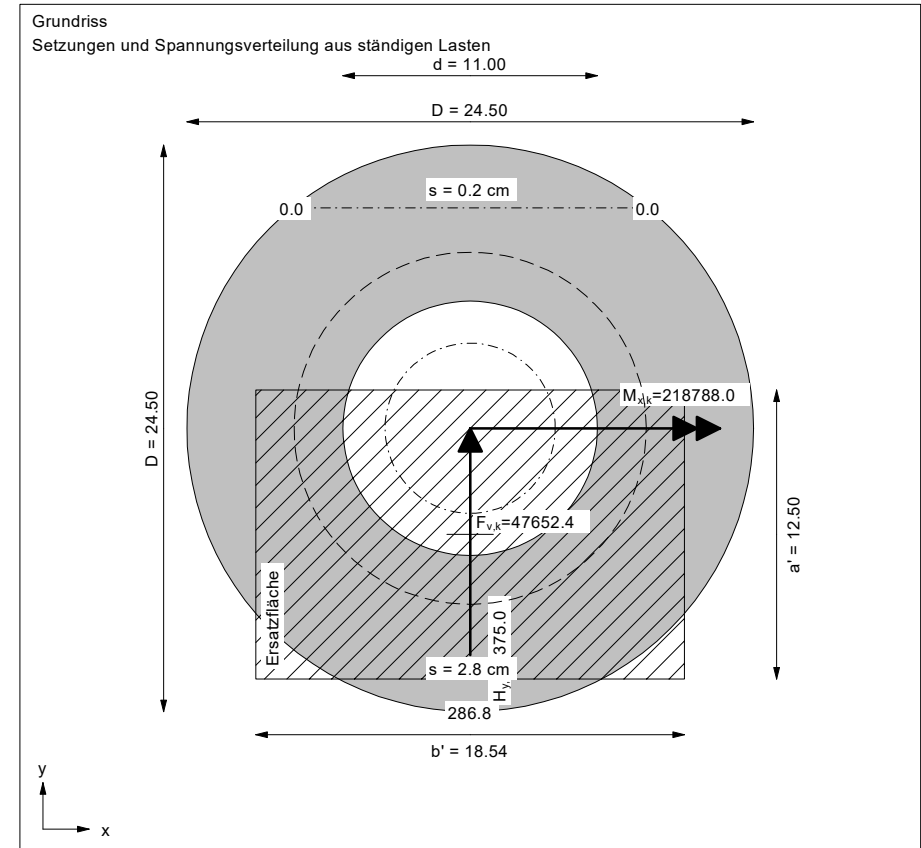
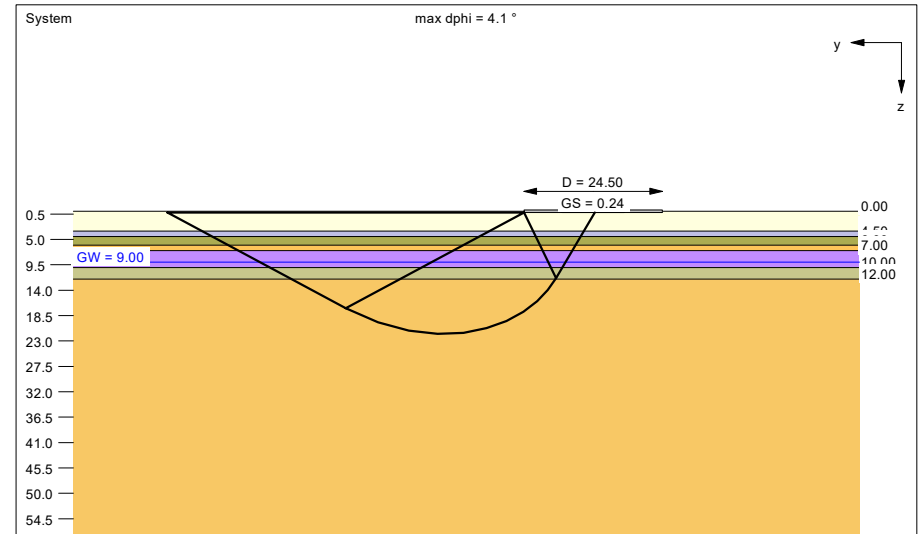
Boden	Tiefe [m]	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	3.50	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md (Polster)
	4.50	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	6.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	7.00	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	10.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	12.00	21.0/12.0	30.0	60.0	40.0	1.000	Mergel, sth
	>12.00	19.0/11.0	35.0	0.0	150.0	1.000	Sand, d

Ergebnisse Kreisringfundament
 Kippnachweis nicht untersucht
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 47652.40 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1375.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 218788.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser $D = 24.500$ m
 Durchmesser (innen) $d = 11.000$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.591$ m
 $a' = 12.502$ m
 $b' = 18.540$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.591$ m
 $a' = 12.502$ m
 $b' = 18.540$ m

Grundbruch:
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 2886.0 / 2061.45$ kN/m²
 $R_{n,k} = 668958.52$ kN
 $R_{n,d} = 477827.52$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 47652.40 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 64330.74$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.135
 Kohäsionsglied = 54199.10 kN (k)
 Breitenglied = 577898.58 kN (k)
 Tiefenglied = 36860.84 kN (k)
 cal $\varphi = 33.6^\circ$
 cal $c = 4.34$ kN/m²
 cal $\gamma_2 = 14.98$ kN/m³
 cal $\sigma_0 = 4.32$ kN/m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 42.68$; $N_{d0} = 29.93$; $N_{b0} = 19.62$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.392$; $v_d = 1.378$; $v_b = 0.798$

Neigungsbeiwerte (x):
 $i_c = 0.953$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.927$
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 40.75$; $N_{d0} = 28.09$; $N_{b0} = 18.01$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.387$; $v_d = 1.373$; $v_b = 0.798$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.953$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.927$
 Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47652.40 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27598.12$ kN
 $T_d = 1856.25$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.067$

Setzung infolge ständiger Lasten:
 Grenztiefe $t_g = 13.26$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.51 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.22 cm
 unten = 2.79 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 804.1
 Nachweis EQU:
 $M_{stb} = 47652.4 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 525367.7$
 $M_{dst} = 218788.0 \cdot 1.10 = 240666.8$
 $\mu_{EQU} = 240666.8 / 525367.7 = 0.458$



Berechnungsgrundlagen:
 WP Müncheberg wpd8-A
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-A
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\gamma_G = 1.10$
 $\gamma_Q = 1.10$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$

Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,stb} = 0.95$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 9.00 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

Boden	Tiefe [m]	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	3.50	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md (Polster)
	4.50	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	6.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	7.00	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	10.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	12.00	21.0/12.0	30.0	60.0	40.0	1.000	Mergel, sth
	>12.00	19.0/11.0	35.0	0.0	150.0	1.000	Sand, d

Ergebnisse Kreisringfundament
 Kippnachweis nicht untersucht.
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 47692.40 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1650.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 262685.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 24.500 m
 Durchmesser (innen) d = 14.000 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.508$ m
 $a' = 10.185$ m
 $b' = 16.530$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.508$ m
 $a' = 10.185$ m
 $b' = 16.530$ m

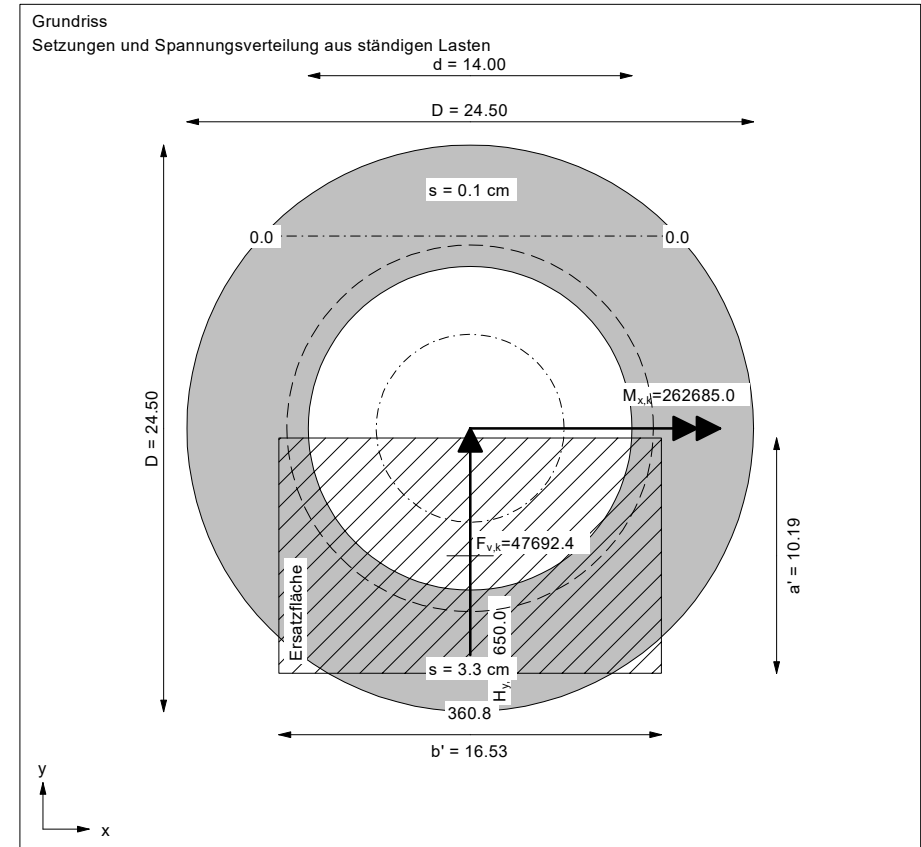
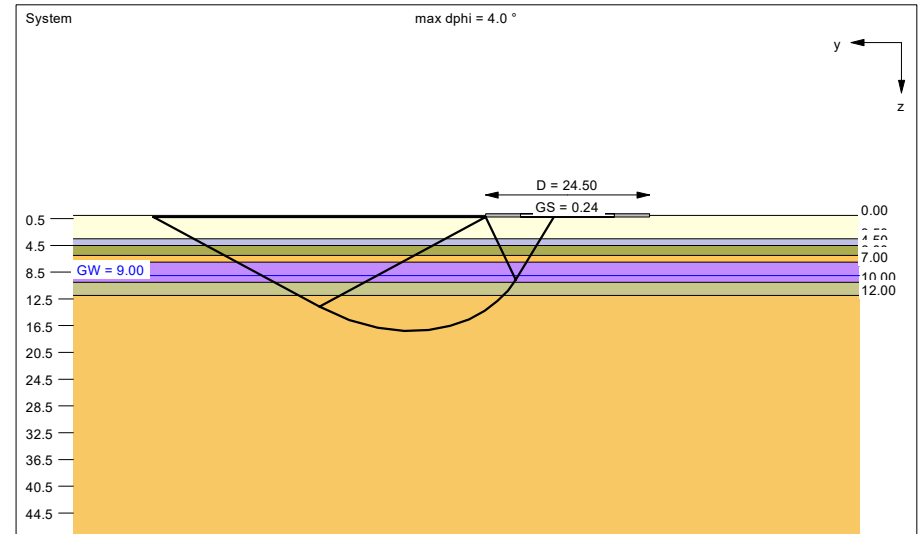
Neigungsbeiwerte (x):
 $i_c = 0.943$; $i_d = 0.945$; $i_b = 0.912$
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{d0} = 39.39$; $N_{d0} = 26.80$; $N_{b0} = 16.90$
Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.351$; $v_d = 1.338$; $v_b = 0.815$
Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.942$; $i_d = 0.945$; $i_b = 0.912$

Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47692.40 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27621.28$ kN
 $T_d = 1815.00$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.066$

Setzung infolge ständiger Lasten:
 Grenztiefe $t_g = 14.19$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.72 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.14 cm
 unten = 3.29 cm

Verdrehung(x) (KP) = 1 : 656.3
Nachweis EQU:
 $M_{stb} = 47692.4 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 555020.3$
 $M_{dst} = 262685.0 \cdot 1.00 = 262685.0$
 $\mu_{EQU} = 262685.0 / 555020.3 = 0.473$

Grundbruch:
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 2451.5 / 2042.95$ kN/m²
 $R_{n,k} = 412731.82$ kN
 $R_{n,d} = 343943.18$ kN
 $V_d = 1.10 \cdot 47692.40 + 1.10 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 52461.64$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.153
 Kohäsionsglied = 47996.16 kN (k)
 Breitenglied = 340108.57 kN (k)
 Tiefenglied = 24627.09 kN (k)
 cal $\varphi = 33.2^\circ$
 cal c = 5.69 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 15.79$ kN/m³
 cal $\sigma_0 = 4.32$ kN/m²
Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 42.27$; $N_{d0} = 29.54$; $N_{b0} = 19.27$
Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.357$; $v_d = 1.345$; $v_b = 0.815$



- BAUGRUNDUNTERSUCHUNGEN
- BAUGRUNDGUTACHTEN
- GRÜNDUNGSBERATUNG
- ALTLASTERKUNDUNGEN
- KONTAMINATIONS-GUTACHTEN
- GRUNDBAUSTATIK
- BAULEITUNG · PLANUNG

GEOTECHNISCHER ENTWURFSBERICHT

108-23wpd9

Bauvorhaben:	Windpark Müncheberg - Mittelheide wpd 9
Auftraggeber:	Naturwind Potsdam GmbH Hegelallee 41 14467 Potsdam
Bearbeiter:	M.Sc. B. Tamme Prof. Dr.-Ing. H. Kleen
Umfang:	11 Seiten 8 Anlagen
Datum:	17.11.2023

1. VERANLASSUNG

Unser Büro wurde am 31.07.2023 durch die Naturwind Potsdam GmbH schriftlich beauftragt, für die im Windpark Müncheberg - Mittelheide geplante Windkraftanlage wpd 9, einen Geotechnischen Entwurfsbericht, einschließlich der notwendigen Feld- und Laboruntersuchungen, anzufertigen.

2. UNTERLAGEN

Für die Bearbeitung standen die nachfolgend aufgeführten Unterlagen zur Verfügung:

- U 2.1 Geologische Karte, M.: 1 : 25.000, über www.geo.brandenburg.de/gk25/, Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
- U 2.2 Unser Geotechnischer Entwurfsbericht zum Bauvorhaben „Windpark Müncheberg-Mittelheide WEA6, vom 27.11.2020 nebst Unterlagen
- U 2.3 Prüfbericht für eine Typenprüfung, Vestas V162-5.4/5.6/6.0/6.2 MW mit 169 m Nabenhöhe, D = 24,5 m, Kreisringfundament mit Auftrieb, Prüfnr.: 3108363-23-d Rev.4, der TÜV SÜD Industrie Service GmbH aus München, vom 25.02.2022
- U 2.4 Lageplan zum Projekt Müncheberg-Mittelheide, der naturwind potsdam GmbH, M.: 1 : 12.000, vom 28.07.2023
- U 2.5 Geländeordinaten der Windkraftanlagenmittelpunkte, übersandt am 01.11.2023 durch das zuständige Vermessungsbüro Horst Möhring aus Frankfurt Oder
- U 2.6 Ergebnisse der Drucksondierungen der Firma Fugro Germany Land GmbH aus Berlin, übersandt am 31.10.2023
- U 2.7 Ergebnisse bodenmechanischer Laboruntersuchungen der Fachhochschule Potsdam, Fachgebiet Grundbau und Bodenmechanik, vom 27.10.2023 (L63/23)
- U 2.8 Prüfbericht zur Betonaggressivität des Bodens, WP Müncheberg - Mittelheide / MP09 (wpd 9), der Agrolab Agrar und Umwelt GmbH aus Kiel, Analysennummer: 211960 vom 23.10.2023

3. BAUGRUNDSTÜCK UND BAUWERK

Der Standort für den Neubau einer Windkraftanlage befindet sich zwischen dem Maxsee und Schönfelde, südlich des Müncheberger Ortsteils Hoppegarten, innerhalb des geplanten Windparks Müncheberg - Mittelheide.

Hier soll, auf der forstwirtschaftlich genutzten Fläche, die Windkraftanlage wpd 9 vom Typ V162-6.2 MW mit Hybridturm und einer Nabenhöhe von 169 m auf einem Kreisringfundament, mit einem Außendurchmesser von $D = 24,5$ m, auf einer 0,1 m starken Sauberkeitsschicht in einer Tiefe von ca. 0,24 m unter Gelände, flach gegründet werden.

Die Geländehöhe am Standort der Windkraftanlage wpd 9 liegt auf einer Ordinate von ca. 56,0 m über NHN.

Die Lage der geplanten Windkraftanlage geht aus der Anlage 1 und der Anlage 2 hervor.

4. BAUGRUND

4.1 Vorkenntnisse

Der Windpark Müncheberg - Mittelheide befindet sich im Bereich einer im Pleistozän gebildeten Hochfläche.

Hier ist mit Schmelzwasserablagerungen in Form von feinkörnigen, schwach mittelkörnigen Sanden, die zum Teil schwach schluffige Beimengungen beinhalten, zu rechnen (s. Unterlage U 2.1).

Gemäß der Unterlage U 2.2 stehen am Standort der geplanten Windenergieanlage, unterhalb einer ca. 0,1 m starken, sandigen, stark humosen Oberbodenschicht, bis zur Aufschlussendteufe von 15,0 m unter Gelände, Fein-, Mittel- und Grobsande an, die in Tiefen zwischen ca. 9,3 m und 12,5 m unter Gelände, von einer sandigen Geschiebemergelschicht durchzogen werden.

Die Sande sind bis in eine Tiefe von ca. 6,5 m unter Gelände sehr locker, locker und mitteldicht, darunter überwiegend mindestens mitteldicht gelagert; der erbohrte Geschiebepoden besitzt eine steif-halbfeste Zustandsform.

4.2 Baugrunduntersuchungen

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurde im Bereich der geplanten Windkraftanlage wpd 9 eine Kleinbohrung (S9) bis zu einer Endteufe von 15,0 m unter Gelände abgeteuft.

Zur Feststellung der Lagerungsdichte bzw. der Festigkeit des anstehenden Baugrundes wurden zudem drei Drucksondierungen als CPT-E (DS9-1 bis DS9-3) bis in Tiefen von 20,0 m und 25,0 m unter Gelände angeordnet.

Auf Grund zu hoher Baugrundfestigkeiten mussten die Drucksondierungen wegen Auslastung in Tiefen zwischen 9,0 m und 12,0 m unter Gelände abgebrochen werden.

Die Einmessung und Kennzeichnung des Untersuchungsstandortes erfolgte durch das beauftragte Vermessungsbüro (vgl. Unterlage U 2.5).

Die Lage der genannten Aufschlüsse ist aus der Anlage 1 und der Anlage 2 ersichtlich.

4.3 Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

Auf der Grundlage des, während der Feldarbeiten erstellten Schichtenverzeichnisses und einer durch uns vorgenommenen Bodenansprache, wurde das in der Anlage 3 dokumentierte Schichtenprofil angefertigt. Zudem sind innerhalb der Anlage 3 die Ergebnisse der Drucksondierungen dargestellt.

Im Einzelnen kann damit am Standort der geplanten Windkraftanlage wpd 9 von folgendem Baugrundaufbau ausgegangen werden:

Unterhalb einer ca. 0,3 m starken, sandigen, stark humosen Oberbodenschicht (Mutterboden) stehen bis zur Aufschlussendteufe von 15,0 m unter Gelände Fein-, Mittel- und Grobsande an, die in Tiefen zwischen ca. 8,9 m und 12,2 m unter Gelände von einer sandigen Geschiebemergelschicht durchzogen werden (S9).

Der in S9 erbohrte Geschiebepoden besitzt, auf Grund unserer Ansprachen und der durchgeführten bodenmechanischen Versuche zur Bestimmung der Konsistenzgrenzen und des Wassergehaltes, eine halbfestee Zustandsform.

Die Drucksondierungen DS9-1 bis DS9-3 bestätigen die erkundeten Baugrundverhältnisse im Wesentlichen und ergeben für die Sande oberhalb des Geschiebemergels bis in eine Tiefe von ca. 1,6 m unter Gelände eine vornehmlich lockere, darunter eine überwiegend mindestens mitteldichte, lokal lockere Lagerung.

Körnungslinien repräsentativer Böden sind in der Anlage 4, Konsistenzgrenzen in Anlage 5 und ein Wassergehalt in der Anlage 6 dargestellt.

5. HOMOGENBEREICHE / BODENKLASSIFIZIERUNG

Die im Bereich des Untersuchungsstandortes anstehenden Böden können gemäß VOB Teil C, Ausgabe 2012 und Ausgabe 2015, DIN 18196:2011-05 sowie ZTV E-StB 17 wie folgt eingestuft und klassifiziert werden:

Oberboden

Bodengruppe:	OH
Lagerung:	locker
Frostempfindlichkeit:	gering bis mittel frostempfindlich (F2)

Der Oberboden entspricht nach VOB Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 1 (Oberboden). Nach DIN 18915:2002-08 kann der Oberboden für vegetationstechnische Zwecke der Bodengruppe 2 zugeordnet werden.

Homogenbereich A / Sande

Bodengruppe:	SE
Lagerung:	bis ca. 1,5 m: locker ab ca. 1,5 m: mindestens mitteldicht, lokal locker
Verdichtungsfähigkeit:	gut bis mittel
Frostempfindlichkeit:	nicht frostempfindlich (F1)
Durchlässigkeit [m/s]:	$k_f = 1 \times 10^{-3}$ bis 1×10^{-4}

Die Sande entsprechen nach VOB, Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 3 (leicht lösbare Bodenarten).

Homogenbereich B / Geschiebemergel

Bodengruppe:	SU*, TL
Festigkeit:	halbfest
Verdichtungsfähigkeit:	SU*: mittel TL: mäßig
Frostempfindlichkeit:	sehr frostempfindlich (F3)
Durchlässigkeit [m/s]:	$k_f < 1 \times 10^{-7}$

Der Geschiebemergel entspricht nach VOB, Teil C, Ausgabe 2012 (DIN 18300) der Bodenklasse 4 (mittelschwer lösbare Bodenarten).

Innerhalb und unmittelbar oberhalb des Geschiebehorizontes ist mit Findlingen zu rechnen.

Werden weiterreichende Angaben zu Körnungsbändern, zur Dichte und zur Festigkeit anstehender Böden erforderlich, sind ggf. zusätzliche Labor- bzw. Feldversuche durchzuführen.

6. GRUNDWASSER

Während der Baugrunduntersuchungen im September 2023 wurde Grundwasser in einer Tiefe von ca. 12,2 m unter Gelände und damit auf einer Ordinate von ca. 43,7 m über NHN angeschnitten.

Da im Gründungsbereich kein Grundwasser ansteht, wurde hier ersatzweise eine Bodenprobe hinsichtlich Betonaggressivität untersucht.

Als Ergebnis konnte festgestellt werden, dass der anstehende Boden hier als nicht betonangreifend einzustufen ist, was gemäß DIN EN 206-1 zu der Expositionsklasse XAI führt.

Die Einzelergebnisse der Bodenanalytik können der Unterlage U 2.8, die innerhalb der Anlage 7 dargestellt ist, entnommen werden.

7. BODENKENNWERTE

Für erdstatische Berechnungen können, auf Grund der Ansprache der gelieferten Proben, der Bohr- und Sondierergebnisse und unserer Erfahrung die charakteristischen Bodenkennwerte der folgenden Tabelle 1 angesetzt werden.

Die Tiefenlagen der Bodenschichten sind dem Schichtenprofil, welches innerhalb der Anlage 3 dargestellt ist, zu entnehmen.

Tabelle 1: charakteristische Bodenkennwerte

Bodenart	Bodenkennwerte				
	Wichte	Reibungswinkel	Kohäsion	Querdehnzahl	Steifeziffer stat. / dyn.
	γ_k / γ'_{k} [kN/m ³]	φ'_k [°]	$c'_k / c_{u,k}$ [kN/m ²]	ν [-]	$E_{s,k} / E_{sd,k}$ [MN/m ²]
Oberboden	17 / 9	30,0	-- / --	-- / --	-- / --
Sand					
locker (lo)	18 / 10	30,0	-- / --	0,32	40 / 170
mitteldicht (md)	18 / 11	32,5	-- / --	0,32	80 / 260
dicht (d)	19 / 11	35,0	-- / --	0,32	150 / 420
Geschiebeboden halbfest (sth)	21 / 12	30,0	60 / 100	0,35	40 / 170

8. ANGABEN ZUR GRÜNDUNG, ZUWEGUNG UND KRANSTELLFLÄCHE

8.1 Gründung

Der erkundete Baugrundaufbau und die ermittelten Baugrundfestigkeiten erlauben für die Windkraftanlage wpd 9 die Ausführung einer Flachgründung mittels Kreisringfundament.

Zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit und Standsicherheit der Anlage werden dazu vorab jedoch Bodenverbesserungen erforderlich, die hier über ein einzubauendes Gründungspolster realisiert werden können.

Im Einzelnen sind hierzu folgende Voraussetzungen einzuhalten:

Die im Gründungsbereich anstehenden weniger tragfähigen, locker gelagerten Sande sind bis in eine Tiefe von ca. 1,6 m unter Gelände vollständig gegen mindestens mitteldicht gelagertes rolliges Material auszutauschen.

Hierbei ist zu beachten, dass nach Freilegung der Austauschenebene, die gewachsenen Sande mit einer Tiefenwirkung von mindestens 0,4 m nach verdichtet werden.

Das nachfolgend einzubringende rollige Polstermaterial hat zur besseren Verdichtbarkeit eine Ungleichförmigkeit von $U > 6$ aufzuweisen. Die Polsterlagen sollten bis zur geplanten Gründungssohle, mit maximalen Stärken von 0,3 m unter Berücksichtigung eines Ausbreitungswinkels von 45° , so verdichtet eingebracht werden, dass durchweg eine mindestens mitteldichte Lagerung vorherrscht.

Die Güte des Austauschbodens und der Sohle sind durch geeignete Versuche, wie Plattendruck- oder Proctorversuche nachzuweisen.

Bei Einhaltung der o.g. Gründungshinweise und unter Zugrundelegung der in Tabelle 1 angegebenen Bodenkennwerte, werden die Anforderungen an die Windkraftanlage des Typs V162-6.2 MW mit einer Nabenhöhe von 169 m mit einem Fundamentdurchmesser $D = 24,5$ m, von jeder erkundeten Baugrundsicht erfüllt.

Die ermittelten statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten gemäß der Unterlage U 2.5 für die anstehenden Bodenschichten können der folgenden Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: wpd 9 - statische und dynamische Drehfedersteifigkeiten

Bodenart	Tiefe [m u. GOK]	r_E [m]	ν [-]	$E_{S,stat.}$ [MN/m ²]	$k_{\phi,stat}$ [MNm/rad]	$E_{S,dyn.}$ [MN/m ²]	$k_{\phi,dyn}$ [MNm/rad]
Polster Sand (md)	> 0,35	12,25	0,32	80	152.600	260	496.100
Sand (lo)	> 2,0	13,30	0,32	40	97.600	170	415.100
Sand (md)	> 2,5	13,58	0,32	80	207.900	260	675.800

r_E	Ersatzradius
ν	Querdehnzahl
$E_{S,stat.}$	Steifziffer, statisch
$E_{S,dyn.}$	Steifziffer, dynamisch
$k_{\phi,stat}$	Drehfedersteifigkeit, statisch
$k_{\phi,dyn}$	Drehfedersteifigkeit, dynamisch

Damit liegen die vorhandenen statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten jeder erkundeten Schicht über den geforderten Werten von $k_{\phi,stat} \geq 40.000$ bzw. $k_{\phi,dyn} \geq 200.000$ [MNm/rad].

Die angegebenen Sohlspannungen können vom Baugrund aufgenommen werden.

Bei sorgfältiger Ausführung der Gründungsarbeiten und Einhaltung der vor genannten Voraussetzungen wird die Absolutsetzung der Windkraftanlage 3,0 cm nicht überschreiten.

In Folge der erfolgten Baugrundverbesserung werden damit keine relevanten, baugrundbedingten Setzungsunterschiede auftreten.

Die Standsicherheit der Windkraftanlage ist gegeben; die zum Nachweis geführten Berechnungen für die Bemessungssituationen BS-P und BS-A können der Anlage 8 entnommen werden.

8.2 Zuwegung und Kranstellfläche

Unter der Voraussetzung, dass der in Abschnitt 4 beschriebene Baugrundaufbau im Bereich der Verkehrsflächen hier übertragbar ist, kann hierzu zusammenfassend von den nachfolgenden Gegebenheiten und Anforderungen ausgegangen werden:

- Die bis in eine Tiefe von mindestens ca. 0,3 m unter Gelände anstehende Oberbodenschicht ist gänzlich zu entfernen und gegen ein verdichtet eingebrachtes rolliges Material zu ersetzen. Die nach Aushub der Oberböden freiliegenden Sande sind mit einer Tiefenwirkung von mindestens 0,4 m nach zu verdichten.
- Der Einbau von Austausch-, Trag- und Frostschutzschichten hat lagenweise, in Abhängigkeit des eingesetzten Verdichtungsgerätes, mit Stärken von 20 cm bis 30 cm, zu erfolgen.
- Auszuführende Gründungspolster sind immer, sofern nicht durch andere konstruktive Maßnahmen die seitliche Stützung des Polsters erreicht wird, mit einer Verbreiterung entsprechend des Lastverteilungswinkels von ca. 45° bis auf die Solltiefe zu führen.
- Die Verdichtungsanforderungen an die Zuwegung und die Kranstellfläche können grundsätzlich, unter Einhaltung der o.g. Anforderungen, sowohl für den Untergrund mit $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$, den Tragschichtaufbau mit $E_{V2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ und die Deckschichten mit $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verhältniswert $E_{V2} / E_{V1} \leq 2,3$ nachgewiesen werden.
- Die geforderten Mindesttragfähigkeiten des Planums sind vor Ort durch geeignete Verdichtungskontrollen, wie beispielsweise Plattendruckversuche, zu überprüfen.

9. ERGÄNZENDE HINWEISE UND EMPFEHLUNGEN

- Die durchgeführten Untersuchungen liefern lediglich einen stichprobenartigen Aufschluss im Bereich der geplanten Windkraftanlage. Sollte sich bei den Gründungsmaßnahmen die Bodensituation örtlich anders darstellen als von uns bisher erkundet, sind wir darüber zu informieren.

Der Untersuchungsbereich gehört zu keiner Erdbebenzone.

- Der unterhalb der Oberböden überwiegend anstehende gewachsene Sand, mit einer Feuchtwichte von $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, eignet sich grundsätzlich zur Überschüttung und Wiederanfüllung, auch für die Schnittstellen zwischen Fundamentarbeitsraum und Kranstellfläche. Die Überschüttung muss dabei mindestens 0,5 m betragen.
- Für die im Gründungsbereich der Windkraftanlage anstehenden Sande kann mit einem abgeschätzten spezifischen Erdwiderstand zwischen 300 und 1000 Ωm gerechnet werden.
- Die Gründungs- und ggf. erforderlichen Baugrundverbesserungsarbeiten sollten geotechnisch begleitet und überwacht werden.
- Das Bauvorhaben ist in die geotechnische Kategorie GK-3 einzuordnen. Folgerichtig ist nach den Vorgaben der DIN 1054 der Geotechnische Entwurfsbericht zur Fortschreibung zu bringen.
- Für ergänzende Erläuterungen und Beratungen stehen wir gerne zur Verfügung.



Prof. Dr.-Ing. H. Kleen



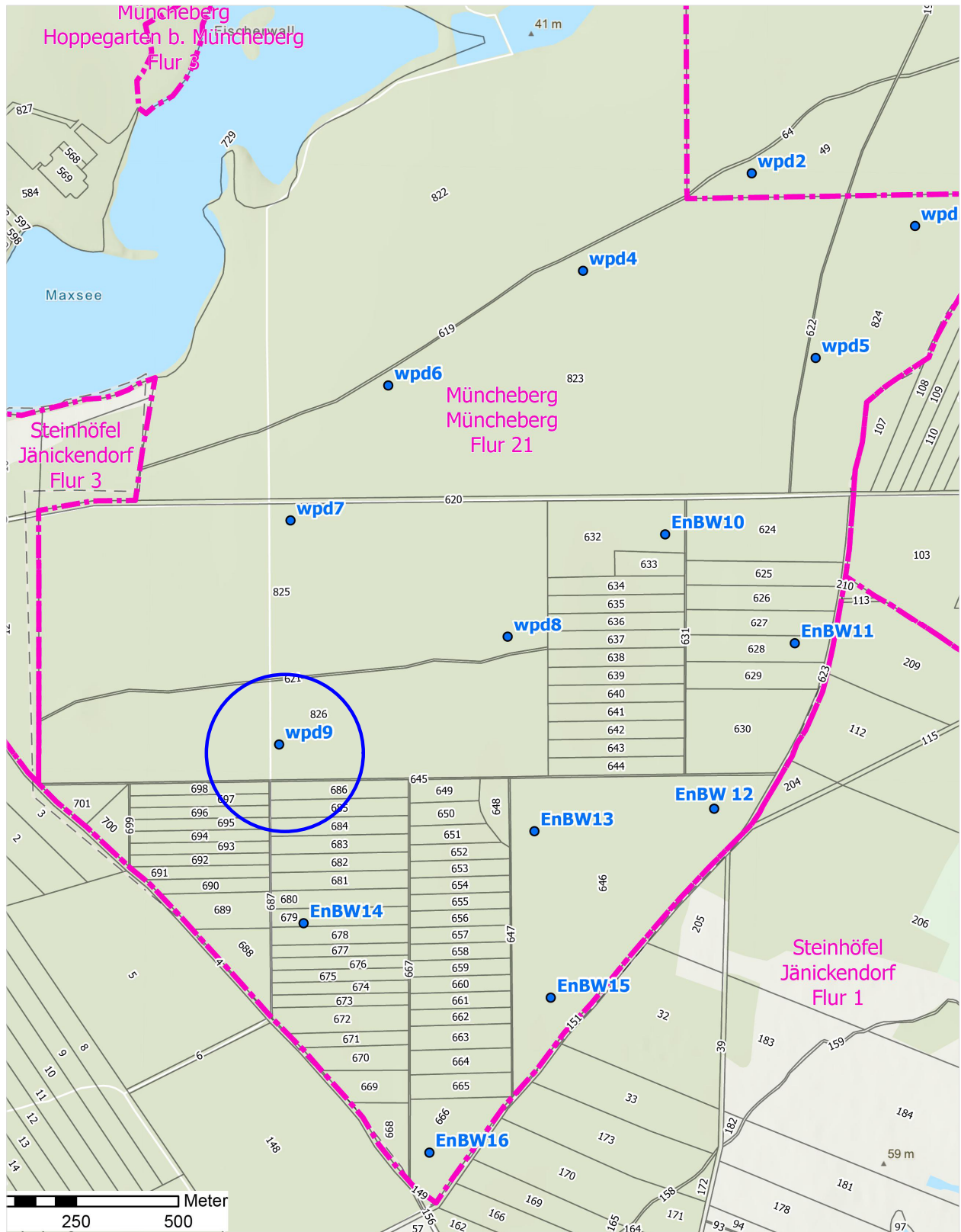
M. Sc. B. Tamme

ANLAGEN	SEITEN
1. Übersicht	1
2. Lageplan mit Aufschlussansatzpunkten	1
3. Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse	4
4. Körnungslinien	1
5. Zustandsgrenzen	1
6. Wassergehalt	1
7. Betonaggressivität Boden	2
8. Standsicherheitsnachweise	2

Anlage 1

Übersicht

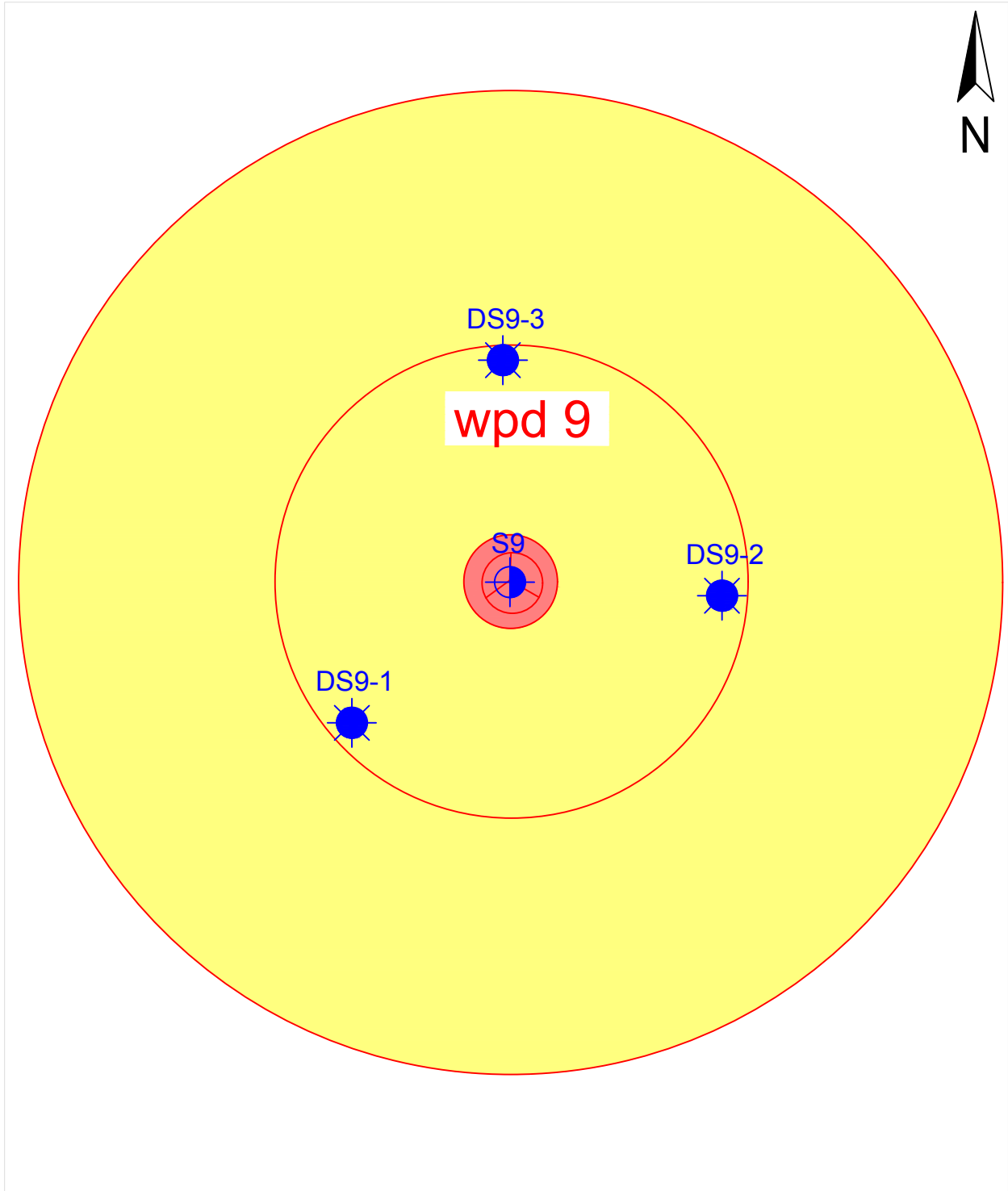
Übersicht



Anlage 2

Lageplanskizze

Lageplanskizze



ohne Maßstab



Kleinbohrung (S)

Drucksondierung CPT-E (DS)

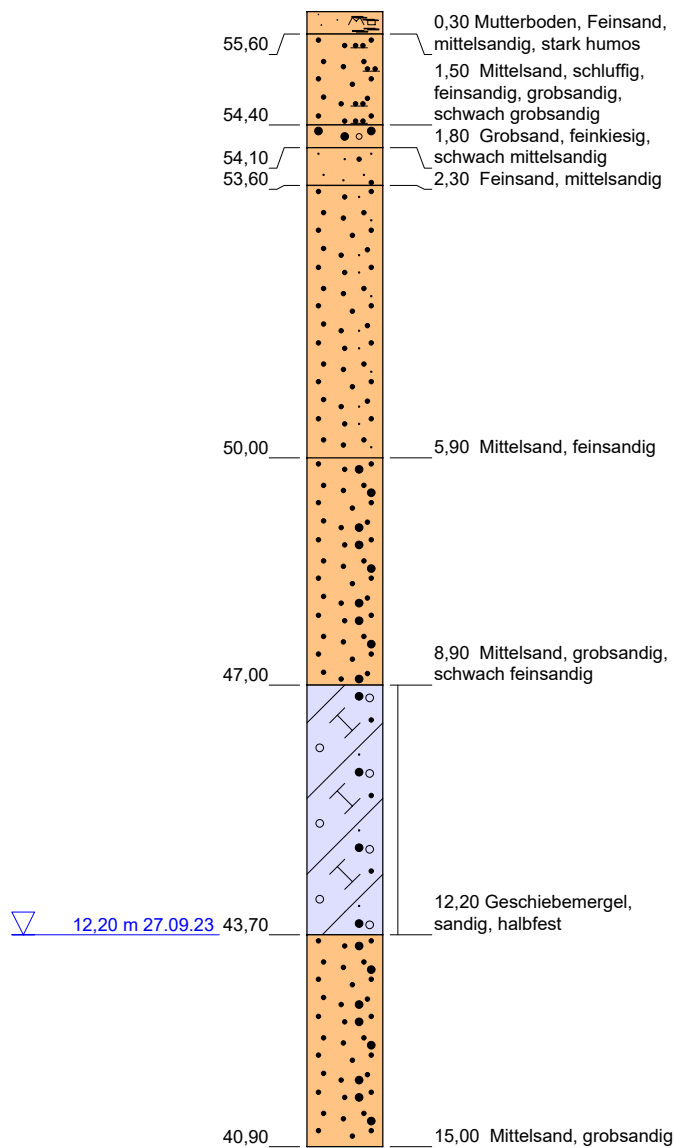
Anlage 3

Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

S9

55,90 m ü.NHN



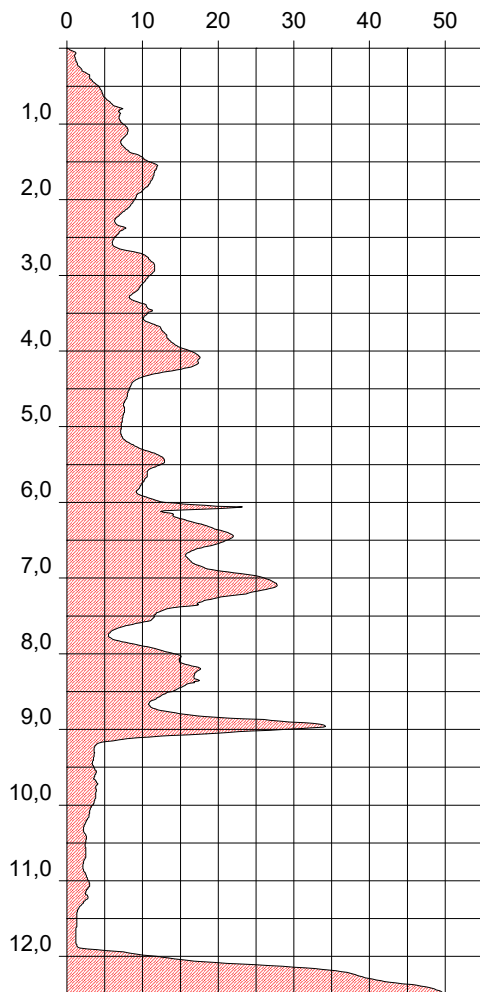
Höhenmaßstab 1:100

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS9-1

55,90 m ü.NHN

CPT-E

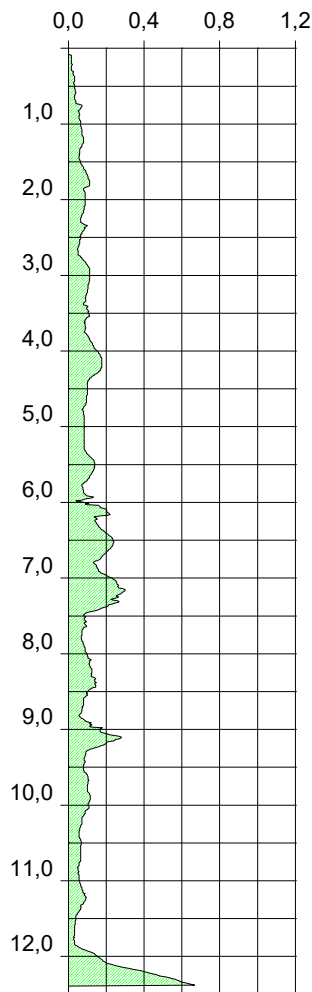


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS9-1

55,90 m ü.NHN

CPT-E



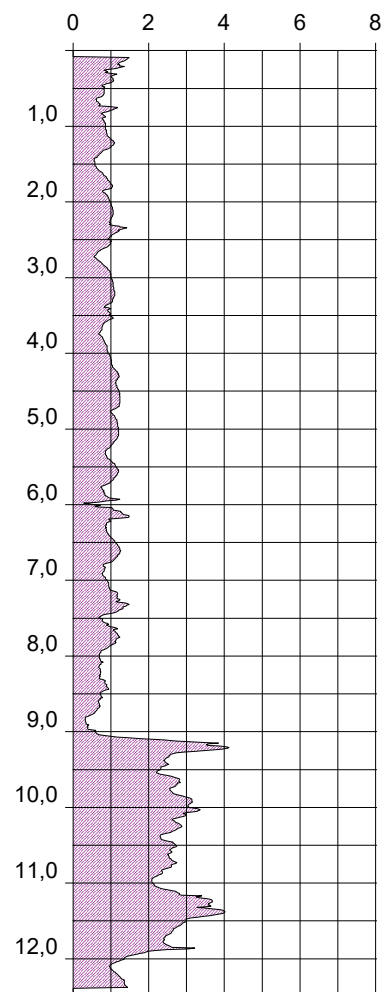
Mantelreibung f_s [MN/m²]

Abbruch wegen Stillstand

DS9-1

55,90 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

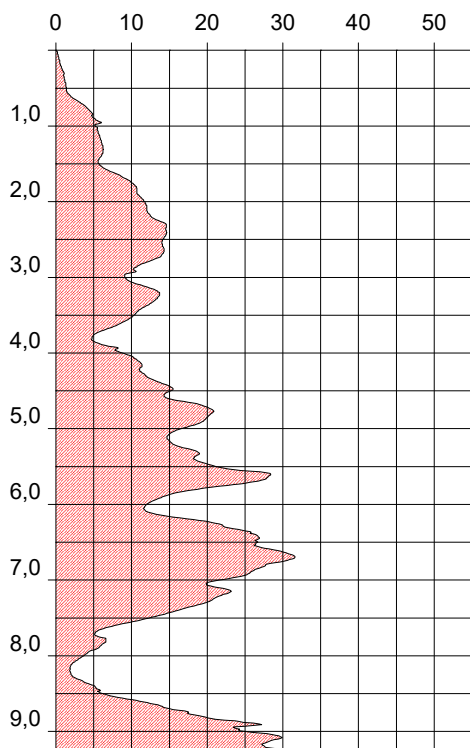
Höhenmaßstab 1:100

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS9-2

55,90 m ü.NHN

CPT-E

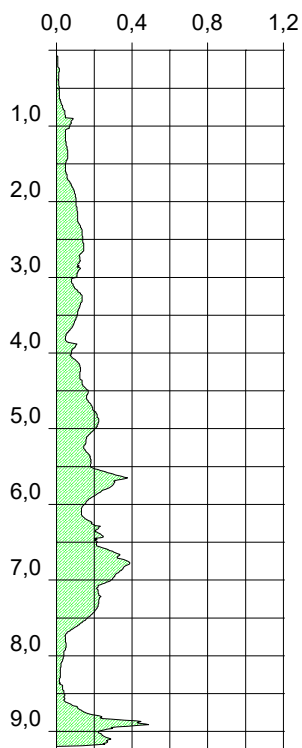


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS9-2

55,90 m ü.NHN

CPT-E



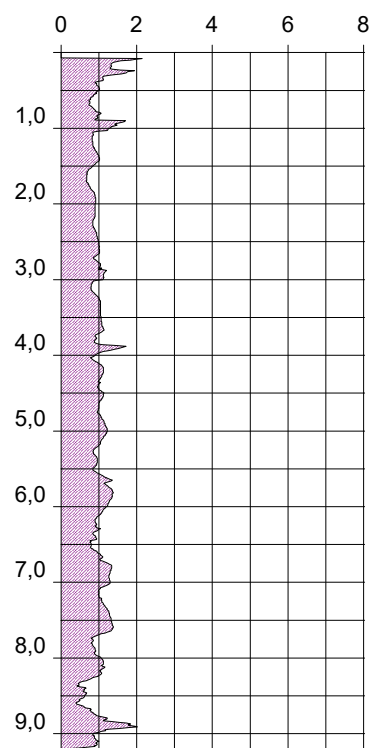
Mantelreibung f_s [MN/m²]

Abbruch wegen Stillstand

DS9-2

55,90 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

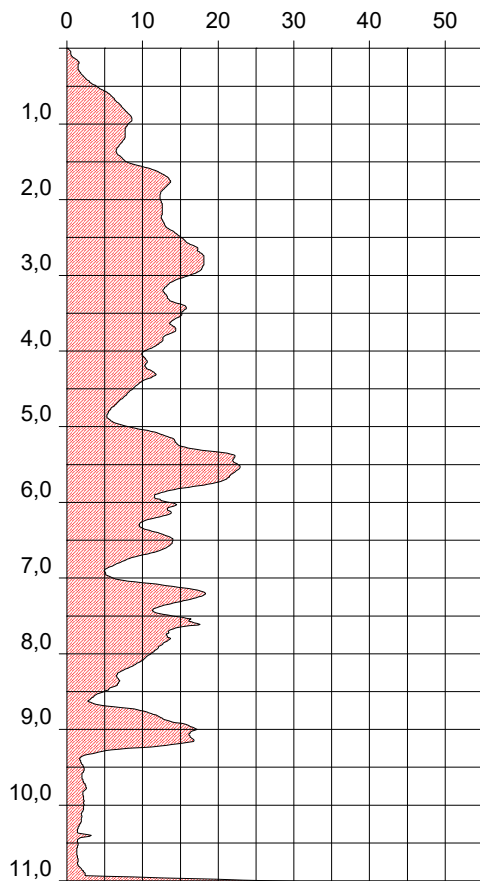
Höhenmaßstab 1:100

ERGEBNISSE DER BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE

DS9-3

55,90 m ü.NHN

CPT-E

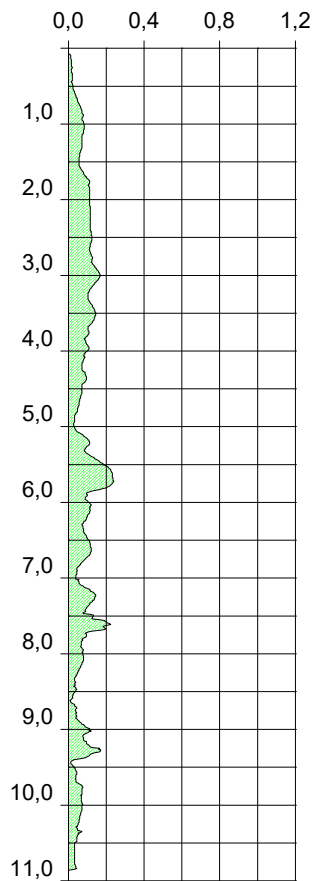


Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

DS9-3

55,90 m ü.NHN

CPT-E

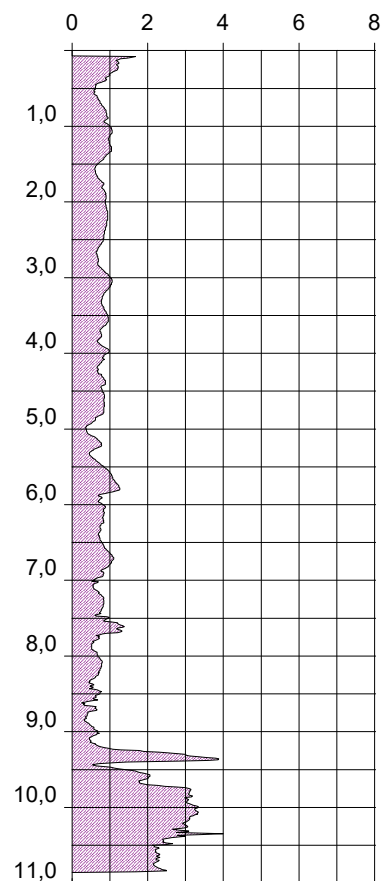


Mantelreibung f_s [MN/m²]

DS9-3

55,90 m ü.NHN

CPT-E



Reibungsverhältnis r_f [%]

Abbruch wegen Stillstand

Höhenmaßstab 1:100

Anlage 4

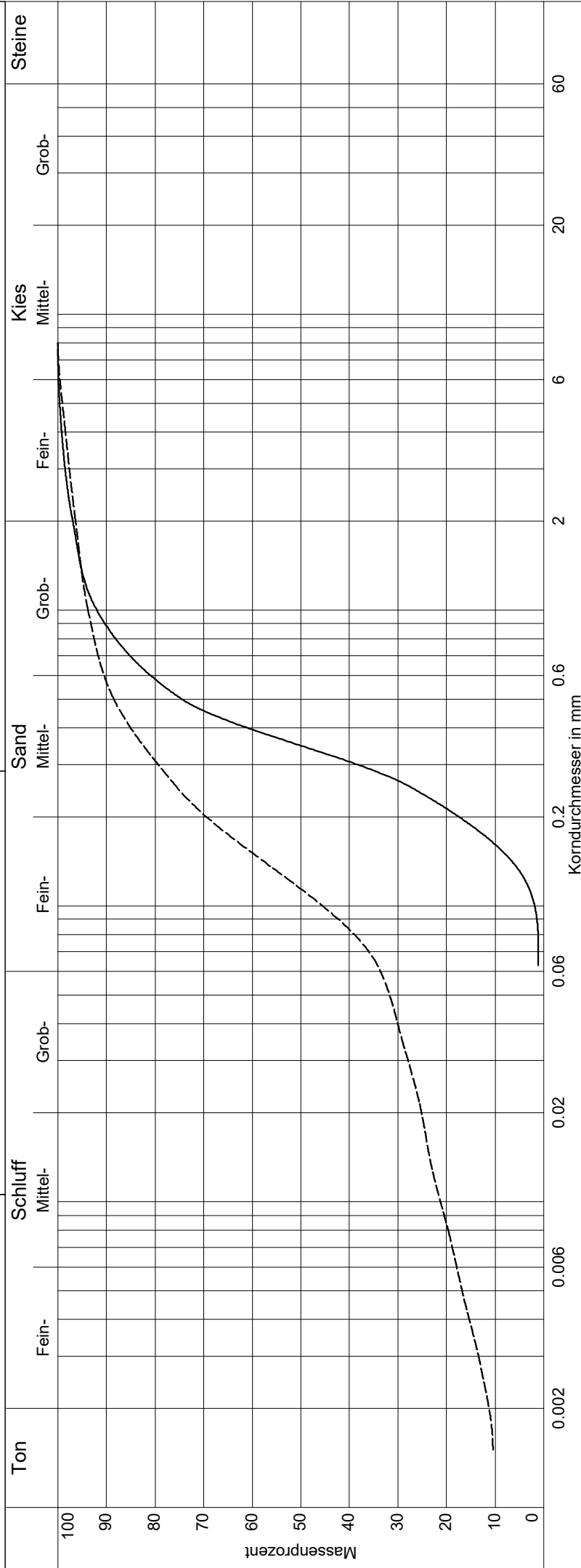
Kornverteilungen

FH Potsdam
 FB Bauingenieurwesen
 FG Grundbau und Bodenmechanik
 Grundbaulabor

Kornverteilung

DIN EN ISO 17892-4

Projekt: WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 9
 Projektnr.: L 62/23
 Anlage: 4
 Datum: 27.10.2023



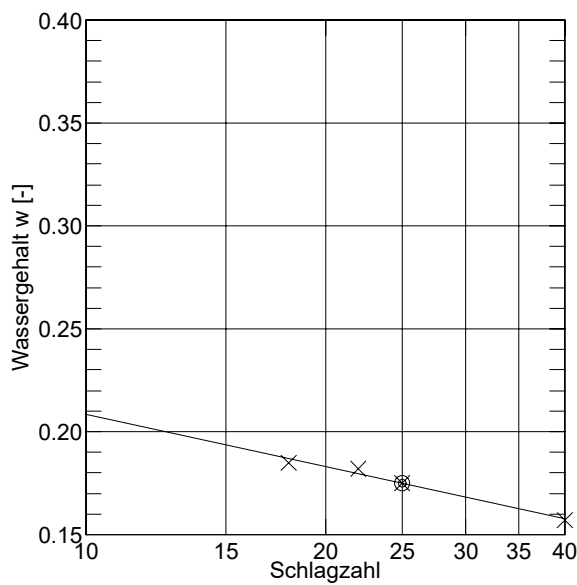
Labornummer	— s9-4,0	----- s9-10,5
Entnahmestelle	S9	S9
Entnahmetiefe	2,3-4,0 m	9,3-10,5 m
Ungleichförm. Cu	2.4	-
Krümmungszahl Cc	1.1	-
Bodengruppe	SE	TL
Anteil < 0.063 mm	1.1 %	34.2 %
Frostempfindl.klasse	F1	F3
kf nach Beyer	2.5E-04 m/s	-
kf nach USBR	- (d10 > 0.02)	6.1E-08 m/s
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)	7.7E-08 m/s

Anlage 5

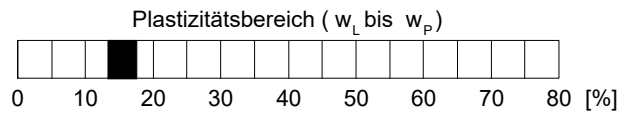
Konsistenzgrenzen

FH Potsdam	Projekt : WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 9
FB Bauingenieurwesen	Projektnr.: L 62/23
FG Grundbau und Bodenmechanik	Anlage : 5
Grundbaulabor	Datum : 27.10.2023
Zustandsgrenzen DIN EN ISO 17892-12	Labornummer: s9-10,5
	Entnahmestelle: S9
	Entnahmetiefe : 9,3-10,5 m

Behälter-Nr.	Fließgrenze				Ausrollgrenze			
	S1	VIII	M	VI	5	2	7	
Zahl der Schläge	40	25	22	18				
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_B$ [g]	77.22	78.47	87.92	78.35	23.32	20.52	31.89
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_B$ [g]	71.76	72.34	80.28	72.18	21.51	18.92	28.66
Behälter	m_B [g]	37.07	37.25	38.29	38.79	6.85	6.75	6.42
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	5.46	6.13	7.64	6.17	1.81	1.60	3.23
Trockene Probe	m_t [g]	34.69	35.09	41.99	33.39	14.66	12.17	22.24
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$	[-]	0.157	0.175	0.182	0.185	0.123	0.131	0.145



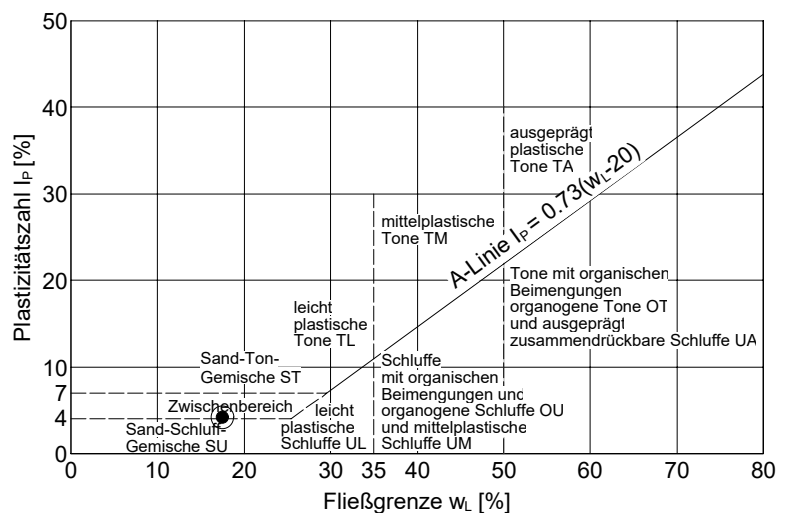
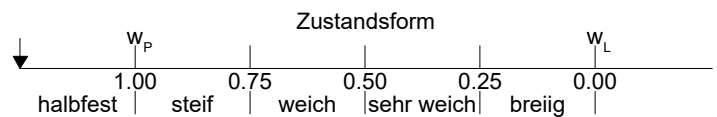
Wassergehalt $w_N = 0.119$
 Fließgrenze $w_L = 0.175$
 Ausrollgrenze $w_P = 0.133$



Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 0.042$

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P} = -0.333$

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P} = 1.333$



Anlage 6

Wassergehalte

FH Potsdam	Projekt : WP Müncheberg - Mittelheide / wpd 9
FB Bauingenieurwesen	Projektnr.: L 62/23
FG Grundbau und Bodenmechanik	Anlage : 6
Grundbaulabor	Datum : 27.10.2023
Wassergehalt DIN ISO/TS 17892-1	Labor-Nr.: s9-12,2
	Aufschluss-Nr. S9
	Tiefe: 10,5-12,2 m

Schale Nr. A7	Schale u. Probe feucht [g]	= 168.48 g	Schale u. Probe trocken [g]	= 156.67 g
	Schale u. Probe trocken [g]	= 156.67 g	Gewicht Schale [g]	= 53.13 g
	Wassergehalt [g]	= 11.81 g	Probe trocken G [g]	= 103.54 g
			Wassergehalt [%]	= 11.4 %
Schale Nr.	Schale u. Probe feucht [g]	= g	Schale u. Probe trocken [g]	= g
	Schale u. Probe trocken [g]	= g	Gewicht Schale [g]	= g
	Wassergehalt [g]	= g	Probe trocken G [g]	= g
			Wassergehalt [%]	= %
			Mittel	= 11.4 %

Anlage 7

Betonaggressivität des Bodens

AGROLAB Agrar&Umwelt Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel

Ingenieurbüro für Geotechnik Kleen GmbH
Berliner Straße 124
14467 Potsdam

Datum 23.10.2023
Kundennr. 20122596

PRÜFBERICHT

Auftrag **2311623** Projekt: WP Müncheberg-Mittelheide - Auftrag Boden Betonaggressivität
 Analysennr. **211960** Mineralisch/Anorganisches Material
 Probeneingang **11.10.2023**
 Probenahme **04.10.2023**
 Probenehmer **Auftraggeber**
 Kunden-Probenbezeichnung **MP 09**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Trockensubstanz	u)	%	°	97,9	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03(PL)
Säuregrad n. Baumann-Gully	u)*)	ml/kg		29	0,1	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u)*)	mg/kg	°	373	100	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u)*)	mmol/kg	°	4	1	DIN 4030 (mod.)(PL)
Sulfid leicht freisetzbar	u)*)	mg/kg		<4,0	4	DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.)(PL)
Chlorid (Cl)	u)*)	mg/kg		<10	10	DIN 4030-2 : 2008-06(PL)
Sulfid, gesamt	u)*)	mg/kg		<0,10	0,1	DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03(PL)

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

u) externe Dienstleistung eines AGROLAB GROUP Labors

Untersuchung durch

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen

Methoden

DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.); DIN 4030 (mod.); DIN 4030-2 : 2008-06; DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jölsnitzer Str. 113, 08525 Plauen, für die zitierte Methode akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Akkreditierungsverfahren: D-PL-14087-01-00 DAkkS

Methoden

DIN EN 14346 : 2007-03

Hinweis zum Probenahmedatum: Das Probenahmedatum ist eine Kundeninformation.

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "u)" gekennzeichnet.

Datum 23.10.2023
Kundennr. 20122596

PRÜFBERICHT

Auftrag **2311623** Projekt: WP Müncheberg-Mittelheide - Auftrag Boden
Betonaggressivität
Analysennr. **211960** Mineralisch/Anorganisches Material
Kunden-Probenbezeichnung **MP 09**

Beginn der Prüfungen: 11.10.2023
Ende der Prüfungen: 19.10.2023

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Das Laboratorium ist nicht für die vom Kunden bereitgestellten Informationen verantwortlich. Die ggf. im vorliegenden Prüfbericht dargestellten Kundeninformationen unterliegen nicht der Akkreditierung des Laboratoriums und können sich auf die Validität der Prüfergebnisse auswirken. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.



AGROLAB Agrar&Umwelt Frau Larissa Gorski, Tel. 0431/22138-581
Service Team Umwelt 1, Email: umwelt1.kiel@agrolab.de

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

Anlage 8

Stand sicherheitsnachweise

Berechnungsgrundlagen:
 WP Müncheberg wpd9-P
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-P
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$

Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 8.00 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

Boden	Tiefe [m]	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	2.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md (Polster)
	2.50	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	9.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	12.00	21.0/12.0	30.0	60.0	40.0	1.000	Mergel, sth
	>12.00	19.0/11.0	35.0	0.0	150.0	1.000	Sand, d

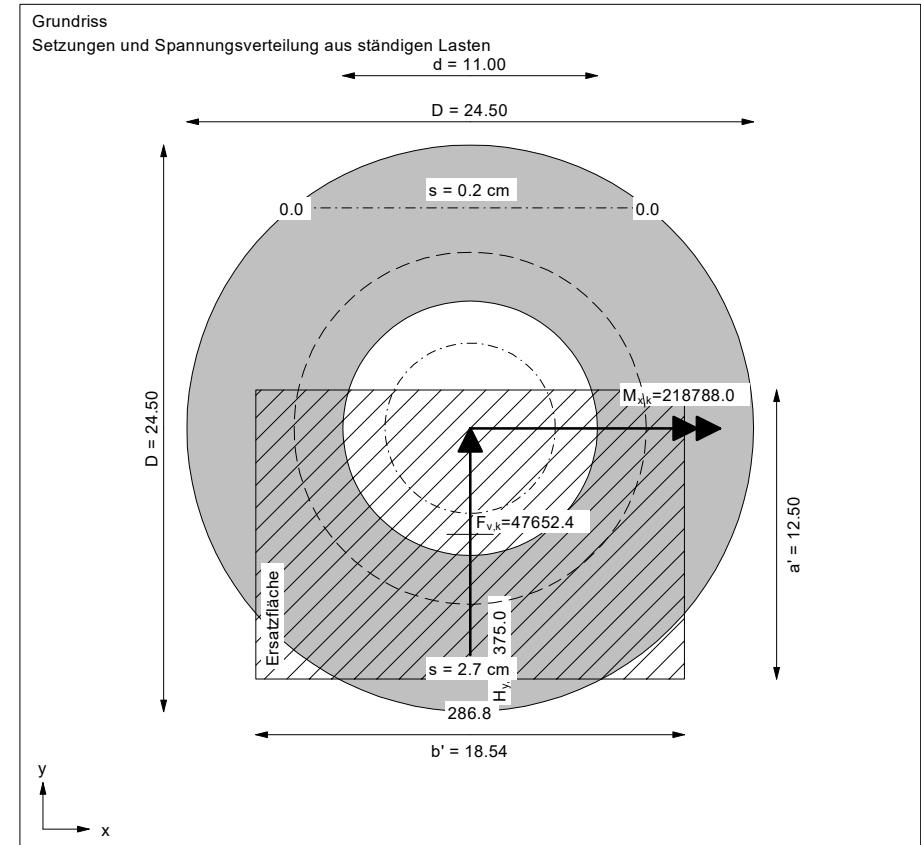
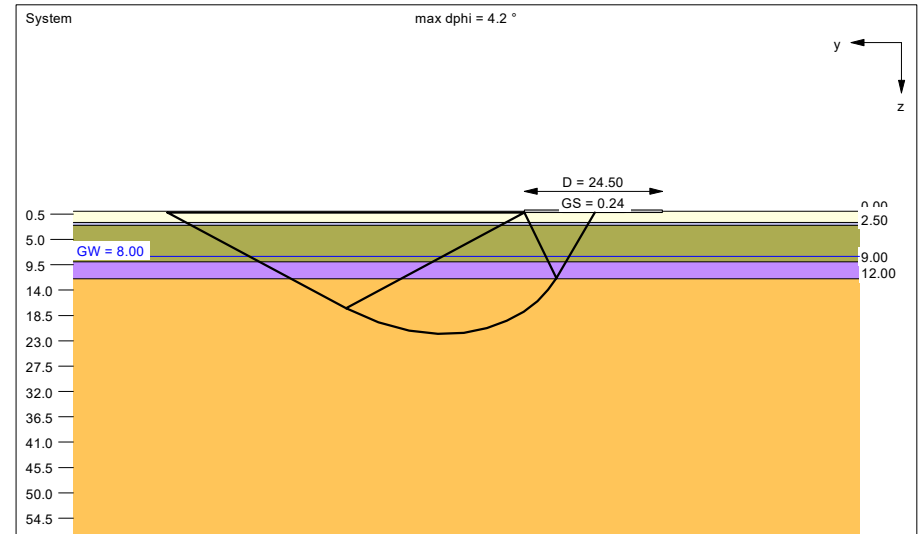
Ergebnisse Kreisringfundament
 Kippnachweis nicht untersucht
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 47652.40 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1375.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 218788.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser $D = 24.500$ m
 Durchmesser (innen) $d = 11.000$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.591$ m
 $a' = 12.502$ m
 $b' = 18.540$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.591$ m
 $a' = 12.502$ m
 $b' = 18.540$ m

Grundbruch:
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 2967.4 / 2119.60$ kN/m²
 $R_{n,k} = 687830.63$ kN
 $R_{n,d} = 491307.60$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 47652.40 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 64330.74$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.131
 Kohäsionsglied = 81463.12 kN (k)
 Breitenglied = 569291.73 kN (k)
 Tiefenglied = 37075.78 kN (k)
 cal $\varphi = 33.7^\circ$
 cal $c = 6.50$ kN/m²
 cal $\gamma_2 = 14.65$ kN/m³
 cal $\sigma_0 = 4.32$ kN/m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 42.78$; $N_{d0} = 30.03$; $N_{b0} = 19.70$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.392$; $v_d = 1.379$; $v_b = 0.798$

Neigungsbeiwerte (x):
 $i_c = 0.953$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.927$
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 40.91$; $N_{d0} = 28.24$; $N_{b0} = 18.14$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.387$; $v_d = 1.374$; $v_b = 0.798$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.953$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.927$






Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47652.40 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27598.12$ kN
 $T_d = 1856.25$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.067$

Setzung infolge ständiger Lasten:
 Grenztiefe $t_g = 13.52$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.45 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.22 cm
 unten = 2.68 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 840.4
 Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 47652.4 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 525367.7$
 $M_{dst} = 218788.0 \cdot 1.10 = 240666.8$
 $\mu_{EQU} = 240666.8 / 525367.7 = 0.458$



Berechnungsgrundlagen:
 WP Müncheberg wpd9-A
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-A
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\gamma_G = 1.10$
 $\gamma_Q = 1.10$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$

Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,stab} = 0.95$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 8.00 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

Boden	Tiefe [m]	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	2.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md (Polster)
	2.50	18.0/10.0	30.0	0.0	40.0	1.000	Sand, lo
	9.00	18.0/11.0	32.5	0.0	80.0	1.000	Sand, md
	12.00	21.0/12.0	30.0	60.0	40.0	1.000	Mergel, sth
	>12.00	19.0/11.0	35.0	0.0	150.0	1.000	Sand, d

Ergebnisse Kreisringfundament
 Kippnachweis nicht untersucht.
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 47692.40 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1650.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 262685.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser $D = 24.500$ m
 Durchmesser (innen) $d = 14.000$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.508$ m
 $a' = 10.185$ m
 $b' = 16.530$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.508$ m
 $a' = 10.185$ m
 $b' = 16.530$ m

Grundbruch:
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 2562.1 / 2135.09$ kN/m²
 $R_{n,k} = 431345.72$ kN
 $R_{n,d} = 359454.77$ kN
 $V_d = 1.10 \cdot 47692.40 + 1.10 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 52461.64$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.146
 Kohäsionsglied = 71482.44 kN (k)
 Breitenglied = 335054.55 kN (k)
 Tiefenglied = 24808.73 kN (k)
 cal $\varphi = 33.3^\circ$
 cal c = 8.42 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 15.41$ kN/m³
 cal $\sigma_u = 4.32$ kN/m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 42.38$; $N_{d0} = 29.64$; $N_{b0} = 19.36$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.357$; $v_d = 1.345$; $v_b = 0.815$

Neigungsbeiwerte (x):
 $i_c = 0.943$; $i_d = 0.945$; $i_b = 0.912$
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 39.59$; $N_{d0} = 26.99$; $N_{b0} = 17.06$
Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.351$; $v_d = 1.338$; $v_b = 0.815$
Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.942$; $i_d = 0.945$; $i_b = 0.912$
Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47692.40 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27621.28$ kN
 $T_d = 1815.00$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.066$
Setzung infolge ständiger Lasten:
 Grenztiefe $t_g = 14.44$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.65 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.14 cm
 unten = 3.16 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 685.4
Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 47692.4 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 555020.3$
 $M_{dst} = 262685.0 \cdot 1.00 = 262685.0$
 $\mu_{EQU} = 262685.0 / 555020.3 = 0.473$

