

Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH Fritz-Peters-Str. 22 47447 Moers

Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co. KG
Naendorf 1
48629 Metelen

- Erd- und Grundbau
- Ingenieurgeologie
- Hydrogeologie
- Baugrunduntersuchung
- Erdbaulabor

Moers, den 08.06.2020
Unser Zeichen: Ge - sk

Baugrundgutachten

Projekt: Windpark Haltern-Moddefeld
Neubau von 9 WEA der Fa. Vestas;
5 x Typ: V162 5,6MW HH169 m
2 x Typ: V150 5,6MW HH169 m
1 x Typ: V162 5,6MW HH148 m
1 x Typ: V150 5,6MW HH148 m

Auftraggeber: Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co. KG
Naendorf 1
48629 Metelen

Gutachten: 19102-01

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Ch. Gerdes

INHALT:

1	Vorgang	4
2	Untersuchungsumfang	5
3	Baugrund	5
3.1	Geologischer Überblick	5
3.2	Erbohrte Schichtenfolge	6
3.2.1	Oberboden	6
3.2.2	Fein- bis Mittelsand	6
3.2.3	Verwitterungslehm	6
3.2.4	Tonmergel und Tonmergelstein	7
3.3	Ergebnisse der Drucksondierungen	8
4	Wasserverhältnisse	10
4.1	Wasserstände	10
4.2	Durchlässigkeitsbeiwerte	10
4.3	Grundwasseranalyse nach DIN 4030/EN 206	11
5	Erdbebenzone	11
6	Bodenklassen, Bodengruppen, Frostempfindlichkeit	12
7	Bodenmechanische Kennwerte	12
8	Gründungsvorschläge	13
8.1	Grundlagen	13
8.2	Empfehlungen	15
9	Hinweise zur Bauausführung	17
10	Nachweis der geforderten Bodenkennwerte	19
10.1	Drehfedersteifigkeit	20
10.2	Grundwasserhöchststand	20
10.3	Zulässige Sohlnormalspannung	21
10.4	Setzungsbedingte Schiefstellung	21
10.5	Bodenüberdeckung	21
11	Elektrotechnische Erdung	22
12	Hinweise zum Wegeneubau und Kranstellflächenbau	22
12.1	Allgemeines	22
12.2	Oberbau unter Beachtung der RStO-12	23
12.3	Alternative Bemessungsgrundlagen für den Oberbau	24
12.3.1	Produktspezifische Bemessungen mit Geogittern	24
12.3.2	Optimierung des Oberbaus mit Prüffeldern	25
12.4	Tragfähigkeit der Kranstellfläche	25
12.5	Setzungsverhalten	26

ANLAGEN:**Dokumentation:**

Anlage 0.1:	Schichtenverzeichnis
Anlage 0.2...03:	Ergebnisse der Korngrößenanalysen nach DIN 18.123
Anlage 0.4:	Laborbericht der Grundwasseranalysen nach DIN 4030
Anlage 0.5...0.13:	Ergebnisse der Grundwasseranalysen nach DIN 4030

Berechnungen:

Anlage 1.1...1.9:	Berechnung der Drehfedersteifigkeiten WEA 1...WEA 9
Anlage 1.10:	Grundbruchberechnung nach DIN 4017, WEA
Anlage 1.11:	Setzungsberechnung nach DIN 4019, WEA
Anlage 1.12:	Grundbruchberechnung nach DIN 4017, Kran
Anlage 1.13:	Setzungsberechnung nach DIN 4019, Kran

Lagepläne:

Anlage 2:	Übersichtsplan mit Anlagenstandorten, ohne Maßstab Lageplan mit Anlagenstandorten, Maßstab 1:10000
-----------	---

Darstellung der Bohr- und Sondierergebnisse:

Anlage 3.1...3.9:	Fundamentaufsicht mit Bohr- und Sondierpunkten Schemaschnitt durch das Fundament, ohne Maßstab Interpolierte Schichtenprofile, Maßstab 1:~/100 Ergebnisse der Drucksondierungen
-------------------	--

1 Vorgang

Im Grenzgebiet zwischen den Gemeinden Metelen und Horstmar plant die Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co. KG neun Windenergieanlagen der Fa. Vestas zu errichten. An den unterschiedlichen Standorten werden Maschinen vom Typ V162 und V150 mit einer Nennleistung von jeweils 5,6 MW geplant. Die Anlagen werden auf Stahltürmen mit Nabenhöhen von 169 m und 148 m installiert.

Dadurch ergeben sich vier unterschiedliche Anlagenkonfigurationen. Fünf Windenergieanlagen werden vom Typ V162 5,6MW HH169 m, zwei vom Typ V150 5,6MW HH169 m und je eine vom Typ V162 5,6MW HH148 m und V150 5,6MW HH148 m errichtet. Die Standorte mit den geplanten Anlagentypen gehen aus der folgenden Tabelle hervor.

Die Fundamentmittelpunkte wurden bauseits mit folgenden Koordinaten angegeben:

Anlagenstandort	Gemarkung	Anlagentyp	Ostwert UTM ETRS 89	Nordwert UTM ETRS 89	Geländehöhe [mNHN]
WEA1	Metelen	V162 5,6MW HH169 m	32 378 489,6	57 76 514,7	61,0
WEA 2	Metelen	V150 5,6MW HH169 m	32 378 918,9	57 76 418,8	62,8
WEA 3	Metelen	V162 5,6MW HH148 m	32 379 273,2	57 77 033,7	60,3
WEA 4	Metelen	V150 5,6MW HH169 m	32 379 335,0	57 76 596,2	61,6
WEA 5	Metelen	V162 5,6MW HH169 m	32 379 754,4	57 76 774,3	61,5
WEA 6	Horstmar	V150 5,6MW HH148 m	32 380 176,5	57 76 585,1	63,1
WEA 7	Horstmar	V162 5,6MW HH169 m	32 381 713,4	57 76 866,0	63,1
WEA 8	Horstmar	V162 5,6MW HH169 m	32 381 975,6	57 77 329,7	62,3
WEA 9	Horstmar	V162 5,6MW HH169 m	32 382 408,5	57 77 080,8	62,7

Tab.: 1.1

Unser Büro wurde beauftragt eine Baugrunduntersuchung durchzuführen und nach der Vorlage der nun bereitstehenden Fundamentdaten Vorschläge zur Gründung auszuarbeiten.

2 Untersuchungsumfang

Für die Baugrunduntersuchungen vom 11.11. bis 13.11.2019 wurden je Anlagenstandort folgende Prüfungen durchgeführt:

Anzahl je WEA	Art der Untersuchung
3	Kleinrammbohrungen für das Anlagenfundament, \varnothing 80/36 mm, mit einer Tiefe von max. 14 m unter Geländeoberkante
2	Kleinrammbohrungen für die Kranstellfläche, \varnothing 80/36 mm, mit einer Tiefe von 4 m unter Geländeoberkante
4	Drucksondierungen mit der schweren elektrischen Drucksonde (CPT nach DIN EN ISO 22476-2: 2013-03) mit einer Auslastungsgrenze von 160 kN bis max. 24,3 m bzw. bis zur Geräteauslastung bzw. Bis zur max. Lotabweichung
1	Einmessung des Fundamentmittelpunkts mittels GPS: Genauigkeit $\pm 1,5$ m
1	Nivellement der Bohrpunkte mit Bezug auf die geplante Geländeoberkante im Bereich des Fundamentmittelpunktes (MP = $\pm 0,00$ m)
1	Messung des spezifischen elektrischen Erdwiderstands nach VDE 0413
1	Entnahme von Wasserproben und Analyse nach DIN 4030/EN 206 auf Betonangriff
1	Entnahme von Bodenproben und Durchführung von Korngrößenanalysen (9 Stück) nach DIN EN ISO 17.892-4
1	Auswertung der geologischen Karte 1:200.000, Blatt CC3902 Lingen

Tab. 2.1

Die WEA-Standorte und die Ergebnisse der Bohrungen für die Kranstellflächen sind im Lageplan und als Säulenprofile in der Anlage 2 verzeichnet. Die Lage der Bohrpunkte ist den Fundamentskizzen (Anl. 3.1...3.9) zu entnehmen. Die Ergebnisse der Bohrungen liegen als Schichtenverzeichnis bei und sind als interpolierte Schichtenprofile in den Anlagen 3.1...3.9 zeichnerisch dargestellt.

3 Baugrund

3.1 Geologischer Überblick

Der Untergrund im Windpark besteht geologisch aus kreidezeitlichen Gesteinsbildungen. Die Gesteine wurden nach der geologischen Übersichtskarte, Blatt Lingen, im Santon und Campan, d.h. in der Oberkreide, abgelagert. Sie werden als Ton-, Sand- und Kalkmergelstein sowie Mergel- und Kalkstein mit glaukonitischen Kalksandsteinen beschrieben.

Durch Verwitterungsprozesse ist der höchste Teil der kreidezeitlichen Gesteine entfestigt und es hat sich ein verwittertes Halbfestgestein (Tonmergel) gebildet.

Die Kreideablagerungen werden von Verwitterungslehm und fein- bis mittelkörnigen Terrassenablagerungen der Ems und Flugsanden überlagert. An deren Oberfläche hat sich ein Oberbodenhorizont (Mutterboden) entwickelt.

3.2 Erbohrte Schichtenfolge

Dementsprechend wurde in den Bohrungen der folgende generelle Schichtenaufbau festgestellt:

- Oberboden
- Fein- bis Mittelsand
- Verwitterungslehm
- Tonmergel und Tonmergelstein

Die erbohrten Bodenschichten sind durchnummeriert. Hierauf wird im Folgenden Bezug genommen. Die Legende in den Anlagen 3.1...3.9 enthält zudem eine Kurzbeschreibung der einzelnen Bodenschichten.

3.2.1 Oberboden

Das Schichtenprofil beginnt in den Bohrungen mit Mutterboden (Schicht Nr. 1.1) in Stärken von ca. 0,3...0,4 m; in Ausnahmefällen (B 2.1) max. 0,7 m. Dabei handelt es sich i. W. um humushaltigen, schwach schluffigen Fein- bis Mittelsand.

Der Mutterboden geht unter der Pflugtiefe in lagenweise schwach schluffigen teils schluffigen Fein- bis Mittelsand mit humosen Spuren (Schicht Nr. 1.2) über. Die Unterkante liegt überwiegend bei rd. 0,4...0,6 m Tiefe. Mit lokalen Abweichungen ist zu rechnen.

3.2.2 Fein- bis Mittelsand

Der Oberboden wird von Fein- bis Mittelsanden (Schicht Nr. 2.1) unterlagert. Diese sind im oberen Teil bereichsweise durchwurzelt. Sie gehen ohne scharfe Grenze nach unten in mitteldicht bis dicht gelagerten Fein- bis Mittelsand (Schicht Nr. 2.2) mit lagenweise schwach schluffiger, teils schwach grobsandiger Ausbildung und z.T. wechselnden Kalkgehalten über. Die Sande reichen nach den Bohrerergebnissen bis in Tiefen von 6...8 m unter Gelände.

An den Standorten WEA 2, 7, 8, und 9 ist nach den Drucksondierungen (s.u.) mit lokalen Abweichungen in der Lagerungsdichte oder der Materialzusammensetzung z.B. gleichkörnigen Sandlagen und -linsen, oder Wurzelkanälen von ehemaligen Bäumen zu rechnen.

3.2.3 Verwitterungslehm

Darunter folgt eine Wechsellagerung aus Verwitterungslehm und tonigem Schluff mit schluffigem Fein- bis Mittelsand (Schicht Nr. 3.1). Dieser geht nach unten in steif bis halbfesten tonigen Verwitterungslehm (Schicht Nr. 3.2) über.

Die Untergrenze des Verwitterungslehms wurde in den Bohrungen etwa in folgenden Tiefen (bezogen auf die Geländehöhe am jeweiligen Fundamentmittelpunkt; MP = $\pm 0,00$ m) angetroffen:

Standortbezeichnung	UK-Verwitterungslehm [m u. MP]
WEA 1	7,9...8,0
WEA 2	10,5...11,3
WEA 3	13,2...13,6
WEA 4	12,0...13,3
WEA 5	8,2...8,7
WEA 6	8,8...11,7
WEA 7	8,1...8,5
WEA 8	11,1...11,9
WEA 9	8,4...9,0

Tab. 3.1

Erfahrungsgemäß kann die Untergrenze des Verwitterungslehms kleinräumig in der Größenordnung von wenigen Dezimetern schwanken.

3.2.4 Tonmergel und Tonmergelstein

Unter dem Verwitterungslehm wurde eine wechselnd starke Schicht aus halbfestem und halbfest bis festem Tonmergel (Schicht Nr. 4.1) erbohrt. Es handelt sich um einen entfestigten Tonmergelstein. Die unscharf ausgebildete Untergrenze liegt nach den Bohr- und Sondiererergebnissen (s.u.) in einer Tiefe um ca. 12...15 m (max. 16,8 m; CPT 8.1) unter Gelände.

Der tiefe Untergrund besteht aus Tonmergelstein (Schicht Nr. 4.2). Meist ist eine mehr oder weniger kontinuierliche Zunahme der Festigkeit vorhanden. In verschiedenen Schürfen, Zementsteinbrüchen und Baugruben im Münsterland zeigt sich, dass diese kreidezeitlichen Festgesteine vorwiegend dünnbankig ausgebildet und mit geringer Schichtneigung gelagert sind. Die Schichtneigung führt in den Drucksondierungen zu einer Lotabweichung des Gestänges im tieferen Teil des erkundeten Baugrundes.

Erfahrungsgemäß muss lokal mit Kalkstein- und Kalksandsteinbänken gerechnet werden. Derartige feste Gesteinsbänke konnten bei der Baugrunderkundung nicht erbohrt werden. Nach den geologischen Kartenunterlagen haben die kreidezeitlichen Gesteine eine sehr große Mächtigkeit. Stärker zusammendrückbare Schichten, die für die Setzungen der geplanten Windenergieanlagen von Bedeutung sein könnten, sind daher im tiefen Untergrund nicht mehr vorhanden.

3.3 Ergebnisse der Drucksondierungen

Bei Drucksondierungen (CPT) wird eine konische Stahlspitze mit gleichbleibender Geschwindigkeit in den Untergrund eingedrückt, wobei der Spitzenwiderstand, die lokale Mantelreibung und ggf. der Gesamtwiderstand in Abhängigkeit von der Sondiertiefe gemessen werden. Bei der elektrischen Sonde befindet sich eine Kraftmesseinrichtung in der Sondenspitze. Diese Messeinrichtung überträgt den Spitzendruck und die lokale Mantelreibung einer Stahlhülse, die unmittelbar oberhalb der Sondenspitze angeordnet ist, mittels Kabel in das Messfahrzeug. Bei der mechanischen Sonde wird ausschließlich der Spitzendruck über ein Gestänge in das Messfahrzeug übertragen. Das Messfahrzeug besteht aus einem schweren LKW, der mit Hydraulikpressen Lasten von 160 kN auf die Sonde aufbringen kann.

Die Ergebnisse der Drucksondierungen sind als Widerstandsdiagramme in den Anlagen 3.1...3.9 dargestellt. Der Spitzendruck q_c ist als rote Linie und das Verhältnis R_f Mantelreibung zu Spitzendruck als blaue Linie aufgetragen.

Die Auswertung kann u.a. auch zur Abschätzung der Bodenzusammensetzung nach dem folgenden Diagramm vorgenommen werden:

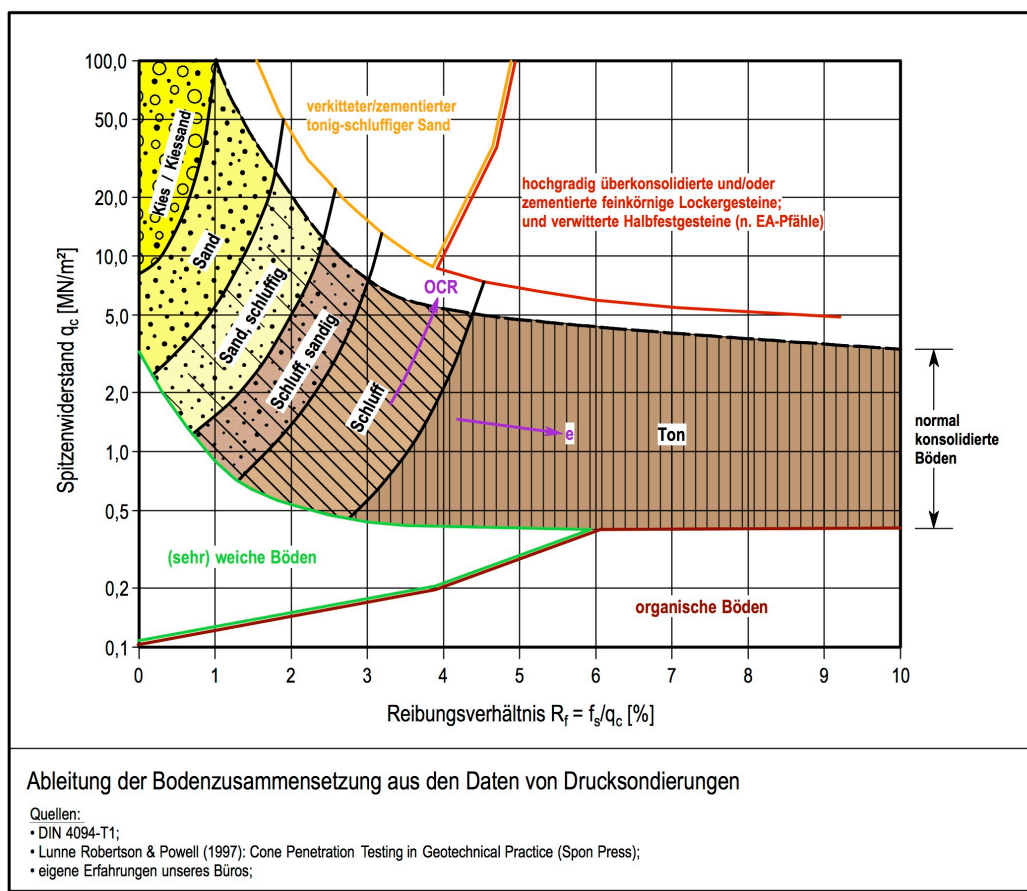


Bild 3.1

Die Auswertung der Drucksondierungen führt zu folgenden Ergebnissen:

Die Drucksondierungen spiegeln die oben beschriebenen Baugrundverhältnisse wider. Der Oberboden (Schicht Nr. 1.1) und der schluffige Fein- bis Mittelsand mit humosen Spuren (Schicht Nr. 1.2) zeichnen sich durch Spitzenwiderstände um ca. 1...3 MN/m² aus.

In den Fein- bis Mittelsanden der Schichten Nr. 2.1 und Nr. 2.2 sind mittlere Spitzenwiderstände von 6...20 MN/m² und Reibungsverhältnisse um 0,2...1,0 % nachgewiesen. An den Standorten WEA 2, 7, 8 und 9 wurden in einzelnen Drucksondierungen Linsen mit geringen Spitzenwiderständen von 1...2 MN/m² und Verhältniswerten von < 1 angetroffen. Das kann für weiche bindige Böden oder u.U. auch für sehr gleichkörnige Sande sprechen. Im Gesamtbild mit den übrigen Untersuchungsergebnissen spricht im vorliegenden Fall aber mehr für zufällig angetroffene Wurzelkanäle von verrotteten Baumwurzeln. Empfohlen wird diese Bereiche sicherheitshalber **mit Baggerschürfen vorab zu prüfen**.

In der Wechselfolge aus Verwitterungslehm, Schluff und Fein- bis Mittelsand (Schicht Nr. 3.1) erreichen die Verhältniswerte ca. 1 % bis 3 % und der Spitzenwiderstand fällt auf Werte um 2 MN/m² ab. Im unterlagernden tonigen Verwitterungslehm (Schicht Nr. 3.2) steigen die Reibungsverhältnisse auf ≥ 5 %. Der Spitzendruck bleibt zunächst in der Größenordnung um 2 MN/m² und steigt an der Basis mit zunehmender Konsistenz bis 4 MN/m² an.

Im steif bis halbfesten Tonmergel (Schicht Nr. 4.1) steigen die Widerstände auf mittlere Werte um ca. 4...10 MN/m² an. Die Verhältniswerte wurden meist mit 4...5 % festgestellt.

Mit dem Auftreffen der Sonde auf die Festgesteine der Kreideschichten (Schicht Nr. 4.2) nehmen die Reibungsverhältnisse Werte in der Größenordnung von ca. 2...5 % an. Auffallend sind die in derartigen Gesteinen typischen, raschen Wechsel der Reibungsverhältnisse. Die Spitzenwiderstände erreichen in den Mergelsteinen im oberen Teil 6...20 MN/m² und nehmen im Niveau der jeweiligen Endteufe der Sondierungen z.T. auf ≥ 20 MN/m² zu.

Die Drucksondierungen mussten in Tiefen von 14,0...24,3 m unter Gelände aufgrund des insgesamt sehr hohen Eindringwiderstandes von etwa 160 kN bzw. einer unzulässig starken seitlichen Auslenkung des Sondiergestänges aufgegeben werden.

4 Wasserverhältnisse

4.1 Wasserstände

Der Grundwasserspiegel lag während der Baugrunduntersuchung in den Bohrungen ca. 0,7...1,7 m unter Gelände. Es muss zumindest zeitweilig mit Wasserständen im oder dicht unter dem Geländeniveau gerechnet werden.

4.2 Durchlässigkeitsbeiwerte

Zur Absicherung der Erfahrungswerte zur Durchlässigkeit der Schichten Nr. 2.1...2.2 wurden je Anlage eine Siebanalyse nach DIN 18.123/DIN EN ISO 17.892-4 ausgeführt. Die Korngrößenverteilung ist in den Anlagen 0.2...0.3 dargestellt.

Die Auswertung der Körnungslinien im Hinblick auf die Durchlässigkeit erfolgt gewöhnlich nach dem Verfahren von BEYER, das sich auf die Auswertung von nur zwei Korndurchmessern stützt. Genauer, aber aufwändiger ist das Verfahren von KOZÉNY/KÖHLER, das zur Berechnung der Durchlässigkeit sämtliche Körnungsklassen benötigt. Zudem kann bei dem Verfahren von KOZÉNY/KÖHLER die Lagerungsdichte über die Angabe einer Porosität (hier $n \approx 0,3$) berücksichtigt werden.

Die Tabellen in den Anlagen 0.2...0.3 enthalten beide Auswertungen. Sie führen zu folgenden Ergebnissen:

Standort	Bodenart	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Durchlässigkeit k [m/s]	
			BEYER	KOZÉNY/KÖHLER
WEA 1	Sand, schwach schluffig	2,0...4,0	$5,8 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$
WEA 2	Sand, schwach schluffig	2,0...4,0	$6,3 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-5}$
WEA 3	Sand, schwach schluffig	2,0...4,0	$6,1 \cdot 10^{-5}$	$3,1 \cdot 10^{-5}$
WEA 4	Sand, schwach schluffig	2,0...4,0	$4,9 \cdot 10^{-5}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$
WEA 5	Sand, schwach schluffig	2,0...4,0	$8,1 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$
WEA 6	Sand, schwach schluffig	2,0...4,0	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$
WEA 7	Sand, schwach schluffig	2,0...4,0	$6,3 \cdot 10^{-5}$	$3,1 \cdot 10^{-5}$
WEA 8	Sand, schwach schluffig	2,0...4,0	$4,7 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$
WEA 9	Sand, schwach schluffig	2,0...4,0	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$

Tab. 4.1

Die schwach schluffigen Sande sind nach DIN 18.130, Tab. 1 als durchlässig einzustufen. Die berechneten Durchlässigkeitsbeiwerte nach dem Verfahren von KOZÉNY/KÖHLER sind generell kleiner als die nach dem Verfahren von BEYER ermittelten Werte. Die Differenz erhöht sich noch mit geringerer Porosität, d.h. mit zunehmender Lagerungsdichte. In

feinsandigen oder stark schluffigen Lagen können die Durchlässigkeiten deutlich abweichen.

4.3 Grundwasseranalyse nach DIN 4030/EN 206

Aus den provisorisch ausgebauten tiefen Bohrungen B 1.1...B 9.1 wurde je eine Wasserprobe entnommen und im chemischen Labor auf betonangreifende Inhaltsstoffe nach DIN 4030/EN 206 untersucht.

Die Ergebnisse der chemischen Analyse liegen als Laborbericht des Institutes SGS Fresenius sowie als Datenblätter (Anlagen 0.5...0.13) bei. Demnach ist das analysierte Wasser wie folgt einzustufen:

Anlagenstandort	Anlagentyp	Betonaggressivität nach DIN 4030/EN 206	Expositionsklasse
WEA 1	V162 5,6MW HH169 m	nicht betonangreifend	XA –
WEA 2	V150 5,6MW HH169 m	nicht betonangreifend	XA –
WEA 3	V162 5,6MW HH148 m	nicht betonangreifend	XA –
WEA 4	V150 5,6MW HH169 m	nicht betonangreifend	XA –
WEA 5	V162 5,6MW HH169 m	nicht betonangreifend	XA –
WEA 6	V150 5,6MW HH148 m	nicht betonangreifend	XA –
WEA 7	V162 5,6MW HH169 m	nicht betonangreifend	XA –
WEA 8	V162 5,6MW HH169 m	nicht betonangreifend	XA –
WEA 9	V162 5,6MW HH169 m	nicht betonangreifend	XA –

Tab.: 4.2

Die anstehenden **Böden** im Gründungsbereich lassen ebenfalls **keine Hinweise auf ein betonangreifendes Milieu** erkennen.

5 Erdbebenzone

Gemäß DIN EN 1998-01: 2010-12 „Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten“ und des nationalen Anhangs DIN EN 1998-01/NA: 2011-01 sowie der ergänzenden Karte des Geologischen Dienstes NRW liegt der Standortbereich **außerhalb einer Erdbebenzone**.

6 Bodenklassen, Bodengruppen, Frostempfindlichkeit

Bodenart	Schicht Nr.	Bodenklasse DIN 18.300	Bodengruppe DIN 18.196	Frostempfindlichkeitsklasse ZTVE-StB 09
Mutterboden	1.1	1	OH	F3
Fein- bis Mittelsand mit humosen Spuren	1.2	3	SE	F1
Fein- bis Mittelsand, lagenweise mit Wurzelresten, mitteldicht	2.1	3	SE	F1
Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mitteldicht bis dicht	2.2	3	SE	F1
Wechsellagerung aus Verwitterungslehm und Schluff, tonig, sandig, lagenweise Fein- bis Mittelsand, schluffig, steif übergehend in steif bis halbfest	3.1	4	UL/SU*	F3
Verwitterungslehm, tonig, steif und steif bis halbfest	3.2	4	UM	F3
Tonmergel, halbfest bis fest	4.1	4	TA	F3
Tonmergelstein, stark verwittert	4.2	6	–	–

Tab.: 6.1

7 Bodenmechanische Kennwerte

Bodenart	Schicht Nr.	Reibungswinkel	Kohäsion	stat. Steifemodul	dyn. Steifemodul	Wichte	Querdehnungszahl
		φ'_k	c'_k	$E_{s \text{ stat., k}}$	$E_{s \text{ dyn., k}}$	γ	ν
		[°]	[kN/m ²]	[MN/m ²]	[MN/m ²]	[kN/m ³]	[–]
Fein- bis Mittelsand, lagenweise mit Wurzelresten, mitteldicht	2.1	32,5	0	25...35	150	19	0,33
Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mitteldicht bis dicht	2.2	35	0	50...70	200...250	19...20	0,30...0,33
Wechsellagerung aus Verwitterungslehm und Schluff, tonig, sandig, lagenweise Fein- bis Mittelsand, schluffig, steif übergehend in steif bis halbfest	3.1	27,5	2,5...5	15	100...120	19	0,42
Verwitterungslehm, tonig, steif und steif bis halbfest	3.2	27,5	5...10	15	100...120	19	0,42
Tonmergel, halbfest bis fest	4.1	27,5	10...15	15...17,5	100...120	20...22	0,42...0,44
Tonmergelstein, stark verwittert	4.2	32,5... 35	10...25	70... 100	250...300	22	0,35...0,40
Bodenaustausch aus Schotter, mitteldicht bis dicht	0.1	37,5...42,5	0	100...120	300	20	0,30
Bodenaustausch aus vermörteltem Sand, mitteldicht bis dicht	0.2	37,5	0...10	70...120	200...300	20	0,30

Tab.: 7.1

Bei den o.a. Bodenkennwerten handelt es sich nach den örtlichen Kenntnissen um konservativ angesetzte Rechenwerte.

Der dichte, lagenweise schluffige Fein- bis Mittelsand (Schicht Nrn. 2.1...2.2) und der unterlagernde Tonmergel sowie der Tonmergelstein (Schichten Nr. 4.1 und 4.2) weisen eine normale bis gute Scherfestigkeit und Tragfähigkeit auf. Die Wechsellagerung aus Verwitterungslehm und sandigem Schluff sowie der Verwitterungslehm (Schicht Nr. 3.2) haben eine normale Scherfestigkeit und Tragfähigkeit.

Die bodenmechanischen Kennwerte im Gestein (Tonmergelstein; Schicht Nr. 4.2) sind auf Grund des Trennflächensystems richtungsabhängig. Die sandigen Deckschichten sind fließgefährdet, wenn sie unter Wasser ausgeschachtet werden.

8 Gründungsvorschläge

8.1 Grundlagen

Es ist der Neubau von neun Windenergieanlagen der Fa. Vestas geplant. Es werden folgende, vier unterschiedlichen Typen errichtet:

- fünf vom Typ V162 5,6MW HH169 m
- eine vom Typ V162 5,6MW HH148 m
- zwei vom Typ V150 5,6MW HH169 m
- eine vom Typ V150 5,6MW HH148 m.

Aus den vom Bauherrn zur Verfügung gestellten statischen Informationen und den bau-seits festgelegten Höhenplanungen ergeben sich für die Gründung folgende maßgebliche Werte:

WEA-Standorte		1, 5, 7, 8, 9	3	2, 4	6
Anlagenhersteller		Vestas	Vestas	Vestas	Vestas
Typenbezeichnung		V162 5,6MW HH169 m	V162 5,6MW HH148 m	V150 5,6MW HH169 m	V150 5,6MW HH148 m
Fundamenttyp		Kreis, flach, mit Auftrieb	Kreis, flach, ohne Auftrieb	Kreis, flach, mit Auftrieb	Kreis, flach, ohne Auftrieb
Turmtyp		Hybridturm	Stahlurm	Stahlurm	Stahlurm
Datengrundlagen		Max Bögl: Schalplan DE_T20_00 5_XX_X vom 15.11.2019	HCE/Vestas: Schalplan 112-19 V162 1 SP 001 v. 06.12.2019 mit Prüfvermerk 3015984-81- d v. 16.12.2019	Max Bögl: Schalplan DE_T21_00 5_XX_X vom 15.11.2019 mit Prüfvermerk 3170518- 22-d v. 11.03.2020	Vestas: Schalplan 0081-8139 v. 09.01.2019
Fundamentdaten	Einheit	Wert	Wert	Wert	Wert
Bezugshöhe am Funda- mentmittelpunkt (MP)	m	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00
Außendurchmesser	m	24,50	26,00	24,00	25,30
Sockeldurchmesser	m	10,90	7,60	10,90	8,116
Fundamenthöhe außen	m	2,90	3,79	2,80	3,55
UK-Fundament außen	m	-0,24	-0,38 projekt- spezifisch	-0,14	-0,358 projekt- spezifisch
UK-Sauberkeitsschicht außen	m	-0,34	-0,48 projekt- spezifisch	-0,24	-0,458 projekt- spezifisch
OK-Erdüberschüttung	m	2,56	3,00 projekt- spezifisch	2,56	3,00 projekt- spezifisch
erforderliche dyn. Drehfe- dersteifigkeit $k_{\varphi \text{dyn.}}$	MNm/rad	200.000	109.000	200000	163.500
erforderliche stat. Dreh- federsteifigkeit $k_{\varphi \text{stat.}}$	MNm/rad	40.000	36.000	40000	30.900
Sohldruck σ_{Rk}	kN/m ²	360,3	236	354,5	250
Wichte der Bodenauflast γ/γ'	kN/m ³	18/8	18/8	18/8	18/8
max. Vertikallast $V_{z k}$ inkl. Erdauflast	kN	47.692	48.801	45.292	44.140
max. Moment Funda- mentunterkante $M_{xy k}$	kNm	262.685	233.774	237.536	234.153
Grundwasserhöchststand nach Typenstatik	m	±0,00	-0,38	±0,00	-0,358
zul. Schiefstellung Δs	mm/m	3	3	3	3

Tab. 8.1

Die Anlagen (**V162 5,6MW HH169 m und V150 5,6MW HH169 m**) werden in der **Standardtiefe** gegründet. Der Grundwasserspiegel darf somit bei den Standorten WEA 1, 2, 4, 5, 7, 8 und 9 gemäß Typenprüfung zeitweilig bis zur Geländeoberkante reichen.

Die Anlagen **V162 5,6MW HH148 m (WEA 3) und V150 5,6MW HH148 m (WEA 6)** sollen gegenüber der maximalen Gründungstiefe **um 3,0 m angehoben** werden und liegen damit ca. 0,36 m bzw. 0,38 m unter Gelände, so dass die Gründungssohle u.U. zeitweilig vom Grundwasser erreicht wird.

Durch die Anhebung wird die Erdüberschüttung aber dauerhaft über dem Grundwasserspiegel liegen. Der in der Typenstatik angesetzte Auftrieb in der Fundamentüberdeckung kann daher nicht wirksam werden. Dadurch wird dauerhaft eine ausreichend hohe Auflast zur Kompensierung des in der Gründungssohle geringen Wasserauftriebs gewährleistet. Aus diesem Grund kann aus bodenmechanischer Sicht das vom Bauherrn gewünschte Typenfundament ohne Auftriebswirkung gewählt werden. Diese Argumentation sollte bauseits sicherheitshalber mit dem Anlagenhersteller und dem Prüfstatiker abgestimmt werden.

Unter Berücksichtigung der o.g. Tabellenwerte ergeben sich die im folgenden Kapitel beschriebenen Gründungsempfehlungen. Diese sind als Mindestanforderungen für eine möglichst wirtschaftliche und ausreichend sichere Bauweise zu verstehen. Bei der Baugrubenabnahme können sich im ungünstigsten Fall gewisse Zusatzmaßnahmen, wie z.B. lokale Verstärkungen eines Bodenaustausches (s.u.), ergeben. Diese Maßnahmen können dann aber auf das absolut notwendige Maß begrenzt werden.

Die Gründungsebenen (UK_Sauberkeitsschicht außen) liegen nach den aktuellen Planungen in einer Tiefe von 0,24...0,48 m unter GOK am jeweiligen Fundamentmittelpunkt an der Oberkante bzw. in den schwach schluffigen Fein- bis Mittelsanden mit humosen Spuren (Schicht Nr. 1.2).

8.2 Empfehlungen

An den Standorten WEA 2, 7, 8, und 9 ist nach den Drucksondierungen mit lokalen Abweichungen in der Lagerungsdichte oder der Materialzusammensetzung (z.B. gleichkörnigen Sandlagen und -linsen) oder Wurzelkanälen von ehemaligen Bäumen zu rechnen, die zufällig in einzelnen Sondierungen angetroffen wurden. Das sollte vor Baubeginn mit Baggerschürfen abschließend geklärt werden.

Stellen sich die Zonen mit den ungünstigen Sondierergebnissen wider Erwarten als ausgedehnte Linsen dar, so ist eine tiefe Baugrundverbesserung z.B. mit einer Rüttelstopfverdichtung einzukalkulieren. Empfohlen wird, auf Grundlage dieses Gutachtens vorsorglich die entsprechenden Berechnungen und Angebote für eine derartige Baugrundverbesserung an den vier o.g. Standorten bei einer erfahrenen Firma für das Rüttelstopfverfahren einzuholen und diese Gründungsvariante im Planungsverfahren als Bedarfsposition zu berücksichtigen, um nach der Prüfung mit den Baggerschürfen ggf. kurzfristig reagieren zu können. Die Rüttelstopfverdichtung sollte dann die schluffigen Fein- bis Mittelsandschichten (Schichten Nr. 2.1 und 2.2) bis zu deren Basis (mindestens 6 m unter Gelände) homogen verdichten. Unmittelbar über den Stopfsäulen wird i.d.R. eine Schottertragschicht in vergleichbarer Weise wie nachfolgend beschrieben, in einer Stärke von 0,5 m aufgebracht.

Handelt es sich – wie derzeit erwartet – nur um lokale, eng begrenzte Bereiche, die für die Fundamentstandsicherheit unerheblich sind, wird eine **Flachgründung** auf einem zweischichtigen **Bodenaustausch aus Schotter und vermörteltem Fein- bis Mittelsand** über dem gewachsenen, schwach schluffigen Fein- bis Mittelsand (Schicht Nr. 2.2) empfohlen.

Dafür werden die Baugruben bis 0,5 m unter die Unterkante der Sauberkeitsschicht ausgehoben und anschließend vom Baugrundgutachter abgenommen. Im Rahmen der Baugrubenabnahme können lokale Bodenstörungen bei Bedarf entfernt und der nachfolgend beschriebene Bodenaustausch vorgenommen werden. Sofern der Grundwasserspiegel während der Bauarbeiten zu hoch ansteht, ist für die nachfolgend beschriebenen Arbeiten eine Absenkung bis mindestens 1,2 m unter die Unterkante der jeweiligen Sauberkeitsschicht ($\geq 0,3$ m unter der Frästiefe für die Bodenstabilisierung, s.u.) erforderlich.

Die Baugrubensohlen sollten in annähernd humusfreiem, schwach schluffigen Fein- bis Mittelsand (Schicht Nr. 2.2) liegen. Lokale humushaltige Sandlinsen oder stark schluffige Linsen werden ggf. gegen humusfreien Sand aus der Ausschachtung ausgetauscht und die Sohle eingeebnet.

Anschließend sollten die **Baugrubensohlen** im gesamten Einflussbereich des jeweiligen Fundamentes (seitlicher Überstand über den Fundamentrand $\geq 0,9$ m) **in einer Stärke von $\geq 0,4$ m stabilisiert** werden, indem Zement oder ein Mischbinder aus Kalk und Zement (ca. 3...5 %) eingefräst und der aufbereitete Boden sofort auf ≥ 100 % der einfachen Proctordichte verdichtet wird. Darüber wird eine **Trennlage aus Geovlies** (GRK 4, ≥ 200 g/m²) und eine **Schottertragschicht** aus natürlichem, weit gestuftem Gesteinschotter (Schottertragschichtmaterial 0/45 mm nach TL SoB-StB 07) in einer Gesamt-

stärke von $\geq 0,5$ m (2 Lagen á 0,25 m) aufgebracht und auf ≥ 100 % der einfachen Proctordichte verdichtet.

Daraus ergeben sich folgende Bautiefen:

Anlagenstandort	Anlagentyp	UK-Sauberkeitsschicht [m u. MP]	UK-Schottertragschicht/Vlieslage [m u. MP]	UK-Bodenstabilisierung [m]
WEA 1	V162 5,6MW HH169 m	0,34	0,84	1,24
WEA 2	V150 5,6MW HH169 m	0,38	0,88	1,28
WEA 3	V162 5,6MW HH148 m	0,24	0,74	1,14
WEA 4	V150 5,6MW HH169 m	0,38	0,88	1,28
WEA 5	V162 5,6MW HH169 m	0,34	0,84	1,24
WEA 6	V150 5,6MW HH148 m	0,46	0,96	1,36
WEA 7	V162 5,6MW HH169 m	0,34	0,84	1,24
WEA 8	V162 5,6MW HH169 m	0,34	0,84	1,24
WEA 9	V162 5,6MW HH169 m	0,34	0,84	1,24

Tab.: 8.2

Der Verdichtungsgrad des Bodenauftrags sollte mit Plattendruckversuchen nach DIN 18.134 nachgewiesen werden. Dabei ist ein Verformungsmodul mit einem **E_{v2} -Wert** von ≥ 100 MN/m² und eine Verhältnis von $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$ zu fordern.

Für die Verfüllung und die verdichtete Überschüttung der Fundamentplatten eignet sich der humusfreie Fein- bis Mittelsand. Im höchsten Teil sollte eine ca. 0,1...0,2 m starke Mutterbodenabdeckung aufgebracht werden. Diese Bodenauflast muss im verdichteten Zustand eine Feuchtwichte $\gamma \geq 18$ kN/m³ erreichen. Dafür ist bei der Verdichtung auf den optimalen Wassergehalt zu achten.

9 Hinweise zur Bauausführung

In einem ausreichend frühen Stadium sollten an den Standorten WEA 2, 7, 8, und 9 im Bereich der auffällig niedrigen Drucksondiererergebnisse Probeschürfe ausgeführt werden, um die Ursache für die unerwartet niedrigen Spitzenwiderstände zu erkunden. Diese Schurfergebnisse dienen als Grundlage für die Entscheidung über evtl. Tiefenverdichtungen der Sandschicht.

Kurz vor Baubeginn sollten neben den geplanten Fundamentgruben Schürfe zur Prüfung des aktuellen Grundwasserstandes angelegt werden. Liegt der Grundwasserspiegel weniger als 0,3 m unter der geplanten Frästiefe, sollte eine Wasserhaltung, z.B. mit Tiefen-
dränagen, vorgesehen werden. Das anfallende Wasser muss in Abstimmung mit der zu-

ständigen Behörde ordnungsgemäß in einen nahegelegenen Vorfluter eingeleitet werden. Die Wasserhaltung sollte nur möglichst kurz betrieben werden. Die Dränagen werden dafür frühzeitig eingebaut. Die Pumpen werden aber erst kurz vor den Fräsarbeiten für die Bodenstabilisierung angeschlossen. Nach der Verdichtung darf der Wasserspiegel bis ca. 0,3 m unter das verdichtete Planum und nach dem Einbau der Schottertragschicht und der erfolgreichen Verdichtungskontrolle bis dicht unter die Tragschichtoberfläche ansteigen.

Die Baugruben werden mit einem Tieflöffelbagger mit glatter Schneide bis 0,5 m unter die Unterkante der Sauberkeitsschicht ausgehoben. Diese Aushubsohle wird durch den Baugrundgutachter abgenommen. Dabei können stärker schluffige Linsen oder auch mögliche Humusansammlungen erkannt und evtl. zusätzliche Maßnahmen für eine ordnungsgemäße Gründung vorgeschlagen werden.

Dabei kann ein unebenes Planum mit lokalen Vertiefungen entstehen, das mit schluff- und humusfreiem, sandigem Aushubmaterial ausgeglichen und eingeebnet wird. Tiefere Mulden von mehr als 0,3 m Tiefe müssen lagenweise aufgefüllt und mit einem Flächenrüttler in 3 bis 4 Übergängen verdichtet werden.

Das so eingeebnete Planum wird durch Einfräsen von 3...5 % Zement oder bei etwas höheren Schuff- und Wassergehalten mit einem Mischbinder aus Kalk und Zement in einer Stärke von $\geq 0,4$ m stabilisiert. Diese Schicht wird sofort nach dem Fräsen über die gesamte Höhe auf ≥ 100 % der einfachen Proctordichte verdichtet. Der letzte Übergang wird zweckmäßigerweise mit einer Walze statisch oder besser mit einem leichten bis mittelschweren Flächenrüttler ausgeführt. Auf der vermörtelten Sandoberfläche sollten unmittelbar nach der Verdichtung in dynamischen Plattendruckversuchen mit dem leichten Fallplattengerät nach TP BF-StB, Teil B 8.3 **E_{vd} -Werte** von $\geq 25 \text{ MN/m}^2$ erreicht werden. Nach dem Abbinden ist von einer deutlichen Zunahme der Festigkeit auszugehen.

Darüber wird die Trennlage aus Geovlies und der Tragschichtschotter in 2 Lagen aufgebracht und verdichtet. Empfohlen wird, die Vermörtelungsschicht nach der Verdichtung noch am gleichen Tag zumindest mit der ersten Schotterlage abzudecken und diese zu verdichten. Durch die Verdichtungsenergie kann es im noch nicht abgebunden Zustand zu keinen unnötigen Rissen in der Bodenstabilisierung kommen. Die zweite Lage sollte dann entweder noch am selben Tag oder frühestens 2 Tage später aufgebracht werden.

Die Fundamentplatten sollten mit sandigem Bodenaushub (humusfreier Boden) lagenweise über- und seitlich angeschüttet und verdichtet werden. Am Sockel sollte in der Abdeckung eine Dränage verlegt und das darin anfallende Niederschlagswasser vom Turm

sicher nach außen aus dem Einflussbereich des Fundamentes abgeführt werden. Die obersten ca. 0,2 m werden aus kulturfähigem Boden (Mutterboden) hergestellt.

Zur Geländegestaltung müssen dauerhafte Böschungen im Bodenauftrag angelegt werden. Diese sollten zur Vermeidung von Erosion möglichst flach (z.B. $\leq 1:2$) angelegt und bepflanzt werden. Die Böschungsoberkante sollte einige Dezimeter über den Fundamentrand überstehen, um im Falle von geringen Erosionen die rechnerisch erforderliche Bodenauflast zu gewährleisten.

Der für den Wiedereinbau vorgesehene Boden wird bei ungünstigen Witterungsverhältnissen z.B. in Bodenmieten mit glatt abgezogenen Flanken gelagert und so gegen stärkere Durchnässung geschützt, da andernfalls der Wiedereinbau bei zu starker Durchnässung kaum möglich ist.

10 Nachweis der geforderten Bodenkennwerte

Nach den vorliegenden Unterlagen werden an die Fundamentgründung der geplanten Windenergieanlagen folgende Anforderungen gestellt:

Kenngröße	Einheit	V162 5.6MW HH169 m	V162 5.6MW HH148 m	V150 5.6MW HH169 m	V150 5.6MW HH148 m
dynamische Drehfedersteifigkeit $k_{\varphi, \text{dyn.}}$	MNm/rad	200.000	109.000	200.000	163.500
statische Drehfedersteifigkeit $k_{\varphi, \text{stat.}}$	MNm/rad	40.000	36.000	40.000	30.900
aufnehmbarer Sohldruck σ_k	kN/m ²	360,3	236	354,5	250
Wichte Bodenauflast γ/γ'	kN/m ³	18/8	18/8	18/8	18/8
zul. Setzungsdifferenzen Δs	mm/m	3	3	3	3

Tab. 10.1

Sämtliche erdstatischen Nachweise wurden bereits für die Typenprüfung unter Ansatz von konservativen Bodenkennwerten ausgeführt. Die hier angeführten Berechnungen dienen ausschließlich als Kontrollrechnungen, um zu prüfen, ob nach den Gründungsempfehlungen ausreichende Sicherheiten vorhanden sind.

10.1 Drehfedersteifigkeit

Maßgebliche Kenngrößen für die Standsicherheit von Windkraftanlagen sind die statische und die dynamische Drehfedersteifigkeit in der Gründungssohle. Die Drehfedersteifigkeit ist eine Funktion von Steifemodul E_s , Querdehnungszahl des Bodens ν und Fundamentgröße. Bei der beschriebenen Gründung kann mit folgenden minimalen Drehfedersteifigkeiten gerechnet werden:

Anlagenstandort	Anlagentyp	statische Drehfedersteifigkeit $K_{\varphi, \text{stat}}$ [MNm/rad]	dynamische Drehfedersteifigkeit $K_{\varphi, \text{dyn}}$ [MNm/rad]
WEA 1	V162 5,6MW HH169 m	40.484	262.610
WEA 2	V150 5,6MW HH169 m	44.872	299.148
WEA 3	V162 5,6MW HH148 m	55.016	303.705
WEA 4	V150 5,6MW HH169 m	44.872	247.682
WEA 5	V162 5,6MW HH169 m	40.872	272.482
WEA 6	V150 5,6MW HH148 m	42.284	281.892
WEA 7	V162 5,6MW HH169 m	41.403	262.610
WEA 8	V162 5,6MW HH169 m	51.134	262.610
WEA 9	V162 5,6MW HH169 m	48.129	262.610

Tab. 10.2

Die so erreichbaren Drehfedersteifigkeiten des Untergrundes liegen über den geforderten Werten und somit auf der sicheren Seite.

10.2 Grundwasserhöchststand

An allen Standorten sollte von einem Anstieg des Grundwasserspiegels bis dicht unter die Geländeoberkante ausgegangen werden.

Die Anlagen **V162 5,6MW HH148 m (WEA 3)** und **V150 5,6MW HH148 m (WEA 6)** sollen gegenüber der maximalen Gründungstiefe **um 3,0 m angehoben** werden und liegen damit ca. 0,36 m bzw. 0,38 m unter Gelände, so dass die Gründungssohle u.U. zeitweilig vom Grundwasser erreicht wird.

Durch die Anhebung wird die Erdüberschüttung dauerhaft über dem Grundwasserspiegel liegen. Der in der Typenstatik angesetzte Auftrieb in der Fundamentüberdeckung kann daher nicht auftreten. Der ggf. zeitweilig auftretende Wasserauftrieb an der Fundamentsohle wird daher kompensiert. Aus diesem Grund kann aus bodenmechanischer Sicht das vom Bauherrn gewünschte Typenfundament ohne Auftriebswirkung gewählt werden. Diese Argumentation ist mit dem Anlagenhersteller und dem Prüfstatiker abzustimmen.

10.3 Zulässige Sohlnormalspannung

Für die geplanten Anlagen ist eine Bodenpressung/Sohlnormalspannung von $\sigma = 236...360,3 \text{ kN/m}^2$ angegeben. Bei den großen Fundamentbreiten und der Einbindetiefe ergeben Grundbruchberechnungen nach DIN 4017 (s. Anlage 1.10) zulässige Sohlnormalspannungen, die bereits bei wirksamen Einwirkungsbreiten von $\geq 4 \text{ m}$ höher liegen. Die angegebenen Bodenpressungen sind hinsichtlich des Grundbruchkriteriums bei der empfohlenen Flachgründung zulässig.

10.4 Setzungsbedingte Schiefstellung

Die Gesamtsetzungen der Anlagen wurden überschlägig berechnet (s. Anl. 1.11). Bei Zugrundelegung der maximalen Vertikallasten von 47.692 kN, 48.801 kN, 45.292 kN und 44.140 kN und einer angenommenen, sehr ungünstigen Bodenschichtung sind Setzungen in der Größenordnung von $< 6 \text{ cm}$ zu erwarten. Diese Setzungen liegen noch unter dem zulässigen Wert, der sich als Setzungsdifferenz bei der zulässigen maximalen Schiefstellung einstellen würde.

In der Typenstatik ist ein Wert von 3 mm/m (d.h. ca. 72 mm [V150/169 mNH] bis max. 78 mm [V162/148 mNH]) ausschließlich für setzungsbedingte Schiefstellungen zugelassen. Die Konsolidationssetzungen aus den Fundamentlasten der Anlagen sind daher zulässig.

10.5 Bodenüberdeckung

Die Überdeckung der Fundamentplatten sollte aus humusfreiem Verwitterungslehm und die oberen ca. 0,2 m aus Mutterboden hergestellt werden. Der Füllboden muss auf $\geq 98 \%$ der einfachen Proctordichte verdichtet werden. Die Überschüttung der Fundamentplatte mit einer Bodenverdichtung auf $\gamma \geq 18 \text{ kN/m}^3$ ist Teil des statischen Systems.

Die Wiederverwendung des Aushubmaterials aus humusfreiem schluffigem Sand für die Bodenüberdeckung ist grundsätzlich möglich.

11 Elektrotechnische Erdung

Der spezifische Erdwiderstand wurde im Bereich der Fundamentaufstandsfläche gemäß VDE 0413 gemessen. Dazu wurde ein Erdungsmessgerät vom Typ Gossen-Metrawatt Geohm 5 mit einer Wenner-Auslage und einem Abstand Erder-Hilfserder von 21 m verwendet.

Die Messergebnisse zeigt die folgende Tabelle:

Messort	Anordnung	Abstand Erder – Hilfserder [m]	spez. Erdwiderstand [Ωm]
WEA1	Wenner	21	43,8
WEA 2	Wenner	21	110,4
WEA 3	Wenner	21	110,7
WEA 4	Wenner	21	101,7
WEA 5	Wenner	21	72,8
WEA 6	Wenner	21	55,2
WEA 7	Wenner	21	54,5
WEA 8	Wenner	21	66,4
WEA 9	Wenner	21	55,9

Tab. 11.1

12 Hinweise zum Wegeneubau und Kranstellflächenbau

Im Folgenden werden Hinweise zur Befestigung der Kranstellflächen gegeben. Die endgültige Ausführung richtet sich nach den Faktoren wie Ausführungspreise, Vorgaben der Behörden, Materialangebot etc.. Es sollten daher Angebote für verschiedene Varianten eingeholt werden.

12.1 Allgemeines

Bei den vorhandenen Baugrundverhältnissen sollte zunächst der stärker humose Oberboden (Mutterboden) im Bereich der Kranstellflächen entfernt werden. Das Aushubplanum liegt dann voraussichtlich überwiegend im schwach schluffigen Fein- bis Mittelsand. Sollten lokal stärkere Aufweichungen festzustellen sein, sind diese zusätzlich in Form flacher Mulden mit auszuheben.

Der Aushub für das Planum sollte z.B. mit einem Tieflöffelbagger mit glatter Schneide rückschreitend von oben erfolgen. Der störungsempfindliche Boden darf mit schwerem Gerät nicht befahren werden, da dadurch stärkere Auflockerungen zu erwarten sind.

Nach Abtrag des Mutterbodens wird voraussichtlich eine Vertiefung um mindestens ca. 0,3/0,5 m gegenüber dem Ursprungsplanum vorliegen.

Empfohlen wird, den Wegezustand vor Baubeginn zu dokumentieren. Bei einem Durchbruch der Tragschicht sind im Bauverlauf Sanierungsmaßnahmen in Anlehnung an die folgenden Beschreibungen zu kalkulieren. Die Hauptbelastungen, die zu einer Zerstörung des Weges führen können, treten i.d.R. bis zu der Betonage des Fundaments auf. Für den Anlagenaufbau ist bei Bedarf eine Sanierung notwendig, um einen reibungslosen Bauablauf gewährleisten zu können.

12.2 Oberbau unter Beachtung der RStO-12

Die Mindeststärke der Schotterwege/-flächen für die schweren Baufahrzeuge sollte bei weniger empfindlichen Böden in Anlehnung an die RStO-12 (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen) bei $\geq 0,5$ m liegen. Auf dem Planum (Unterseite Tragschicht) müssen dann Verformungsmoduli von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht werden.

Im vorliegenden Fall werden unter dem Mutterboden in weiten Teilen fein- bis mittelkörnige Sande angetroffen. Dort kann erfahrungsgemäß mit Verformungsmoduli von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ gerechnet werden. Das sollte vor Baubeginn für die endgültige Festlegung der Aufbaustärken in einigen Probeschachtungen in den Kranstellflächen z.B. mit Fallplattenversuchen nach TP BF-StB T. B8.3 oder besser mit statischen Plattendruckversuchen nach DIN 18.134 geprüft werden. Für diese Prüfungen bitten wir um Benachrichtigung und Terminabstimmung.

Wird das **Planum vermörtelt**, so sollte die Fläche eingeebnet und in einer Stärke von ca. 0,3/0,4 m mit eingefrästem Kalk oder Kalk/Zementgemisch verbessert werden. Wird bindiger Boden für Auffüllungen/Einebnungen verwendet, so wird dieses Material ebenfalls lagenweise vermörtelt und verdichtet. In Plattendruckversuchen nach DIN 18.134 sollten auf dem verfestigten Boden Verformungsmoduli von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden. Werden deutlich höhere Werte nachgewiesen, so kann die Tragschichtstärke reduziert werden.

Über dem tragfähigen Planum wird eine **Schottertragschicht** (Kornverteilung für Tragschichtmaterial 0/45 mm nach TL SoB-StB 07) in einer Stärke von ca. 0,5 m eingebracht und verdichtet. Werden die Kranstellflächen und Wege nach oben aufgebaut und dadurch für eine gute seitliche Entwässerung gesorgt, kann die Tragschichtstärke auf 0,4 m reduziert werden. Die obere Lage von ca. 0,10/0,15 m kann ggf. zur Schonung der Reifen aus feinerem gebrochenem Schotter (z.B. 0/32 mm) hergestellt werden. Auf

der Tragschicht werden vom Anlagenhersteller i.d.R. bestimmte Verformungsmoduli gefordert. Diese sollten beachtet werden.

In vergleichbaren Böden wurde ein Aufbau aus einer 0,4 m starken Bodenvermörtelung mit einer 0,3 m dicken vermörtelten Kiessand-Tragschicht und einer ungebundenen Schotter-Verschleißschicht aus 0,10/0,15 m erfolgreich ausgeführt.

Die o.g. Bemessung des Oberbaus erfolgt, wie ausgeführt, i.d.R. in Anlehnung an die RStO-12 für Verformungen im Millimeterbereich. Da die Wege keine feste Oberfläche erhalten, werden diese zwangsläufig durch den Baustellenbetrieb, zumindest teilweise, oberflächennah wieder aufgelockert, so dass u.a. mit Spurbildungen zu rechnen ist.

12.3 Alternative Bemessungsgrundlagen für den Oberbau

Die Stärke der Tragschicht hängt i.W. von den Anforderungen an die Ebenheit, d. h. an die zulässigen Verformungen unter der Last der Fahrzeuge ab. Für Baufahrzeuge sind i.d.R. Verformungen in den Wegen von einigen Zentimetern unproblematisch. Die Deformationen ergeben sich erfahrungsgemäß während der Bauphase mit einer hohen Anzahl an Fahrzeugüberfahrten (Betonage). Vor allem weniger häufig benutzte und gerade Wegabschnitte können daher erfahrungsgemäß **wie unbefestigte Feld-/Wirtschaftswege** betrachtet werden. Bei größeren Verformungstoleranzen kann mit einer geringeren Tragschichtstärke als oben angegeben gerechnet werden. Das Durchbrechen von Fahrzeugen durch die Tragschicht muss aber verhindert werden. Unter einer dünneren Tragschicht als oben angegeben sollte im vorliegenden Fall z.B. ein schweres Geovlies, Bändchengewebe oder ein Kombigewebe aus Vlies und Geogitter verlegt werden.

12.3.1 Produktspezifische Bemessungen mit Geogittern

Von Geogitterherstellern werden produktspezifische Bemessungen angeboten. Wenn definierte Anforderungen und unterschiedlich frequentierte Wegabschnitte feststehen, kann auf Wunsch eine derartige spezifizierte Bemessung vorgenommen werden. Dafür sollte im Planum ein Steifemodul $E_s = 15...25 \text{ MN/m}^2$ angenommen werden. Das entspricht einem E_{v2} -Wert von ca. $10...20 \text{ MN/m}^2$.

Bei einer derartigen Bemessung werden üblicherweise im unteren und mittleren Teil der Tragschicht **2 Geogitterlagen** eingebaut, so dass praktisch eine Bewehrung und in Folge dessen eine gute Lastverteilung erfolgt. Die untere Lage sollte z.B. als Kombigewebe aus Vlies und Geogitter zur Trennung von bindigem Planum und der Tragschicht eingebaut werden.

12.3.2 Optimierung des Oberbaus mit Prüffeldern

Zur Optimierung des Oberbaus können z.B. vor der eigentlichen Baumaßnahme Probefelder angelegt werden. Als Mindestaufbau sollte für die Prüffelder auf dem annähernd humusfreien und steif bis halbfesten Lehm ein Kombigewebe aus Vlies und Geogitter aufgelegt und darauf ein insgesamt $\geq 0,4$ m dicker Oberbau aus weitgestuftem, groben Kiessand oder Schotter mit einer dünnen (ca. 10...15 cm), reifenschonenden Schotterabdeckung, Körnung 0/32 mm, vorgesehen werden. Weitere Probefelder sollten mit einer jeweils 10 cm dickeren Oberbaustärke oder auch unterschiedlichem Material hergestellt und anschließend mit Plattendruckversuchen geprüft werden. Für den Wegebau sind i.d.R. E_{v2} -Werte $\geq 80 \text{ MN/m}^2$ ausreichend. Die Anforderungen des Anlagenherstellers sind aber zu beachten.

12.4 Tragfähigkeit der Kranstellfläche

Für die Beurteilung der Tragfähigkeit der Kranstellfläche, d.h. zur Gewährleistung der Bodenpressungen unter den Hilfskränen und dem Hauptkran, wurde die beiliegende Grundbruchberechnung durchgeführt. Dabei wurden die ungünstigsten Bodenkennwerte im unterlagernden feinkörnigen Sand angesetzt.

Daraus ergeben sich an der Oberfläche des Planums in Abhängigkeit von der Breite der Aufstellfläche (Breite der Baggermatratzen) folgende zulässige Bodenpressungen:

Breite der Aufstandsfläche	Bodenpressung
1,0 m	100 kN/m ²
2,0 m	160 kN/m ²
3,0 m	220 kN/m ²
4,0 m	270 kN/m ²
5,0 m	320 kN/m ²
6,0 m und mehr	370 kN/m ²

Tab. 12.1: Zulässige Bodenpressungen für die Kräne

Die durch die Kräne verursachten Bodenpressungen in der kritischen Grenzschrift zwischen Schottertragschicht und Planum ergibt sich aus der Breite der Aufstandsflächen zuzüglich der Lastausbreitung in der Schottertragschicht. In gut kornabgestuftem, kantigem Schottermaterial kann ein Lastausbreitungswinkel von $37,5^\circ$ angesetzt werden.

Somit besteht allseits unter dem Rand der Lastfläche (Baggermatratzen) eine rechnerisch breitere Lastabtragungsfläche im Niveau der „Unterkante Tragschicht“. Die Tragschicht wirkt sich bei einer punktförmigen Last, d.h. der Beanspruchung durch Radfahrzeuge und kleinen Matratzenbreiten zwar günstig aus, bei sehr breiten Aufstandsflächen

ist die Lastausbreitung in der Schottertragschicht für die Grundbruchsicherheit aber zwangsläufig nur noch von untergeordneter Bedeutung.

Für die quasi statische Belastung durch die Kräne wird diese Schicht daher nicht als zusätzliche Sicherheit in den Berechnungen berücksichtigt. Empfohlen wird, aus Sicherheitsgründen die Baggermatratzen aus Holz und Stahl so breit zu wählen, dass die in der o.g. Tabelle angegebenen zulässigen Bodenpressungen nicht überschritten werden.

Bei einer stärkeren Durchbiegung der Matratzen kann sich eine geringere wirksame Breite ergeben. Für den Hauptkran ist voraussichtlich eine Unterlage aus gut ausgesteiften Stahl-Baggermatratzen sinnvoll, um die Kranlasten sicher und gleichmäßig zu verteilen.

Die angegebene zulässige Bodenpressung gilt ausschließlich für eine mittige Belastung, d.h. Unterlegbohlen unter Kranstützen müssen zentrisch belastet werden. Bei einer ausmittigen Belastung ergibt sich rechnerisch nur die sog. Ersatzbreite/-fläche (s. DIN 1054). Dadurch reduziert sich die Grundbruchsicherheit erheblich.

Aus baupraktischen Gründen wird empfohlen, unter Kranstützen kleinerer Hilfskräne Baggermatratzen oder Lastverteilungsbalken mit einer Grundfläche von $\geq 1 \text{ m}^2$ anzuordnen. Rechteckige Unterlegdielen sollten so ausgerichtet werden, dass sie längs zu evtl. auftretenden Horizontallasten aus den Kranstützen angeordnet werden.

12.5 Setzungsverhalten

Die maßgeblichen Setzungen ergeben sich aus dem stärker zusammendrückbaren Lehm zwischen der Bodenvermörtelung und dem kiesigen Sand.

Bei angenommenen Stützlasten des Hauptkrans von $\leq 4000 \text{ kN}$ und einer Abtragung auf ausreichend großen Baggermatratzen unter Einhaltung der o.g. Bodenpressungen zeigen Setzungsberechnungen nach DIN 4019, dass unter den Kränen bei dem Ansatz der ungünstigsten Bodenkennwerte rechnerische Setzungen von $\leq 3 \text{ cm}$ auftreten können. Der Einfluss der Tragschicht liegt dabei in der Größenordnung von nur ca. 1...2 mm.



Ch. Gerdes

Schichtenverzeichnis

Bezugshöhe ist Geländeoberkante im Bereich des jeweiligen Fundamentmittelpunktes
MP = $\pm 0,00$ m

WEA 1

B 1.1 -0,03 m (Ansatzhöhe)

0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,5	m	Mittelsand, feinsandig, schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,5	...	1,5	m	Fein- bis Mittelsand, mitteldicht, braun
1,5	...	7,0	m	Fein- bis Mittelsand, kalkhaltig, mitteldicht, grau
7,0	...	7,9	m	Verwitterungslehm, stark tonig, mit einzelnen Kalksteinstückchen, steif
7,9	...	9,9	m	Verwitterungslehm, tonig übergehend in Tonmegel, halbfest
9,9	...	13,0	m	Tonmergel übergehend in Tonmergelstein, stark verwittert

Grundwasserspiegel 0,73m

Wasserprobe 0,73...1,7 m

Rückstellprobe 2,0...4,0 m

B 1.2 0,0 m (Ansatzhöhe)

0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,5	m	Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,5	...	1,2	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise einzelne Wurzelstückchen
1,2	...	5,0	m	Fein- bis Mittelsand, mitteldicht

B 1.3 0,03 m (Ansatzhöhe)

0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,5	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,5	...	1,7	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise einzelne Wurzelstückchen
1,7	...	5,0	m	Fein- bis Mittelsand, mitteldicht

B 1.4 GOK

0,0	...	0,4	m	Mutterboden
0,4	...	0,5	m	Sand, mit humosen Spuren
0,5	...	1,5	m	Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig, lagenweise einzelne Wurzelreste, mitteldicht
1,5	...	4,0	m	Fein- bis Mittelsand, kalkhaltig, mitteldicht, grau

B 1.5 GOK

0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,4	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,4	...	1,4	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise einzelne Wurzelstückchen
1,4	...	4,0	m	Fein- bis Mittelsand, kalkhaltig, mitteldicht, grau

WEA 2**B 2.1** 0,13 m (Ansatzhöhe)

0,0	...	0,7	m	Mutterboden
0,7	...	0,9	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren, dunkelbraun
0,9	...	7,8	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, dicht
7,8	...	8,6	m	Verwitterungslehm, stark schluffig, lagenweise Fein- bis Mittelsand, kalkhaltig, steif, grau
8,6	...	11,0	m	Verwitterungslehm, stark schluffig, tonig, kalkig, steif bis halbfest, grau
11,0	...	13,0		Tonmergel übergehend in Tonmergelstein, stark verwittert

Grundwasserspiegel 1,68 m

Rückstellprobe 2,0...4,0 m

B 2.2 0,03 m (Ansatzhöhe)

0,0	...	0,4	m	Mutterboden
0,4	...	0,7	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren, dunkelbraun
0,7	...	4,0	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, mitteldicht bis dicht

B 2.3 -0,14 m (Ansatzhöhe)

0,0	...	0,5	m	Mutterboden
0,5	...	0,7	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren, dunkelbraun
0,7	...	4,0	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, mitteldicht bis dicht

B 2.4 GOK

0,0	...	0,5	m	Mutterboden
0,5	...	0,6	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,6	...	4,0	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, dicht

B 2.5 GOK

0,0	...	0,4	m	Mutterboden
0,4	...	0,6	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,6	...	4,0	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, dicht

WEA 3

B 3.1				-0,05 m (Ansatzhöhe)
0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,5	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,5	...	0,8	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise einzelne Wurzelreste, mitteldicht
0,8	...	1,4	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, dicht, braun
1,4	...	6,7	m	Fein- bis Mittelsand, schwach kalkhaltig, dicht, grau
6,7	...	7,7	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, schwach kalkhaltig, dicht, grau
7,7	...	12,8	m	Schluff, kalkhaltig, steif, grau
12,8	...	13,4	m	Verwitterungslehm, stark tonig, steif bis halbfest, graugrün
13,4	...	14,0	m	Tonmergel übergehend in Tonmergelstein, stark verwittert, weißgrau
Grundwasserspiegel 0,92 m				
Grundwasserprobe 1,0...2,0 m				
Rückstellprobe 2,0...4,0				

B 3.2				0,04 m (Ansatzhöhe)
0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,5	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,5	...	1,7	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise sehr schwach grobsandig, mitteldicht bis dicht
1,7	...	4,0	m	Fein- bis Mittelsand, schwach kalkhaltig, dicht

B 3.3				0,07 m (Ansatzhöhe)
0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,5	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,5	...	2,0	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise sehr schwach grobsandig, dicht
2,0	...	4,0	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach kalkhaltig, dicht

B 3.4				GOK
0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,5	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,5	...	1,7	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise sehr schwach grobsandig, dicht
1,7	...	4,0	m	Fein- bis Mittelsand, schwach grobsandig, kalkhaltig, dicht, grau

B 3.5				GOK
0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,4	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,4	...	1,5	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise einzelne Wurzelreste, mitteldicht
1,5	...	4,0	m	Fein- bis Mittelsand, schwach kalkhaltig, dicht, grau

WEA 4

B 4.1		-0,03 m (Ansatzhöhe)	
0,0	...	0,3	m Mutterboden
0,3	...	0,7	m Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,7	...	2,3	m Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, mitteldicht bis dicht, braun
2,3	...	7,4	m Fein- bis Mittelsand, schwach grobsandig, sehr schwach schluffig, kalkhaltig, dicht, grau
7,4	...	11,0	m Verwitterungslehm, stark schluffig, steif, grau
11,0	...	12,0	m Verwitterungslehm, tonig, steif bis halbfest, hellgrau
12,0	...	13,0	m Tonmergel, halbfest bis fest, hellgrau, nach unten übergehend in Tonmergelstein, weißgrau
Grundwasserspiegel 1,1 m			
Grundwasserprobe 1,1...2,0 m			
Rückstellprobe 2,0...4,0 m			

B 4.2		-0,03 m (Ansatzhöhe)	
0,0	...	0,3	m Mutterboden
0,3	...	0,6	m Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,6	...	4,0	m Fein- bis Mittelsand, lagenweise sehr schwach schluffig, mitteldicht bis dicht

B 4.3		0,01 m (Ansatzhöhe)	
0,0	...	0,3	m Mutterboden
0,3	...	0,4	m Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,4	...	4,0	m Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, mitteldicht bis dicht

B 4.4		GOK	
0,0	...	0,3	m Mutterboden
0,3	...	0,6	m Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,6	...	4,0	m Fein- bis Mittelsand, mitteldicht bis dicht

B 4.5		GOK	
0,0	...	0,3	m Mutterboden
0,3	...	0,4	m Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,4	...	1,2	m Fein- bis Mittelsand, lagenweise einzelne Wurzelreste, mitteldicht
1,2	...	4,0	m Fein- bis Mittelsand, mitteldicht bis dicht

WEA 5

B 5.1				-0,04 m (Ansatzhöhe)
0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,5	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,5	...	2,0	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, mitteldicht bis dicht, braun
2,0	...	6,2	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach kalkhaltig, dicht, grau
6,2	...	6,6	m	Verwitterungslehm, stark schluffig, steif, dunkelgrau
6,6	...	8,3	m	Verwitterungslehm, tonig, stark kalkhaltig, steif bis halbfest, hellgrau
8,3	...	9,0	m	Tonmergel, nach unten übergehend in Tonmergelstein, stark verwittert, hellgrau, nach unten übergehend in weißgrau
				Grundwasserspiegel 0,85 m
				Grundwasserprobe 1,0...2,0 m
				Rückstellprobe 2,0...4,0 m

B 5.2				-0,05 m (Ansatzhöhe)
0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,4	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,4	...	1,5	m	Fein- bis Mittelsand, mitteldicht bis dicht, braun
1,5	...	6,0	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach kalkhaltig, dicht, grau

B 5.3				0,00 m (Ansatzhöhe)
0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,5	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,5	...	6,0	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, dicht

B 5.4				GOK
0,0	...	0,4	m	Mutterboden
0,4	...	0,6	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,6	...	1,8	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise einzelne Wurzelreste, mitteldicht
1,8	...	4,0	m	Fein- bis Mittelsand, schwach grobsandig, dicht

B 5.5				GOK
0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,5	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,5	...	4,0	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, mitteldicht bis dicht

WEA 6

B 6.1		0,01 m (Ansatzhöhe)	
0,0	...	0,3	m Mutterboden
0,3	...	0,4	m Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,4	...	2,5	m Fein- bis Mittelsand, mitteldicht bis dicht, beigebraun
2,5	...	6,2	m Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, dicht, grau
6,2	...	6,4	m Fein- bis Mittelsand, lagenweise schluffig, mitteldicht bis dicht
6,4	...	8,2	m Schluff, schwach tonig, sandig, steif, beigebraun
8,2	...	8,9	m Verwitterungslehm, tonig, schwach sandig, steif bis halbfest
8,9	...	9,0	m Tonmergel, übergehend in Tonmergelstein, halbfest, übergehend in stark verwittert kein weiterer Bohrfortschritt
Grundwasserspiegel 0,85 m			
Grundwasserprobe 0,9...1,9 m			
Rückstellprobe 2,0...4,0 m			

B 6.2		-0,07 m (Ansatzhöhe)	
0,0	...	0,3	m Mutterboden
0,3	...	0,4	m Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,4	...	6,0	m Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, mitteldicht bis dicht

B 6.3		0,06 m (Ansatzhöhe)	
0,0	...	0,3	m Mutterboden
0,3	...	0,4	m Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,4	...	6,0	m Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, mitteldicht bis dicht

B 6.4		GOK	
0,0	...	0,3	m Mutterboden
0,3	...	0,5	m Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,5	...	4,0	m Fein- bis Mittelsand, mitteldicht bis dicht

B 6.5		GOK	
0,0	...	0,4	m Mutterboden
0,4	...	0,6	m Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,6	...	1,8	m Fein- bis Mittelsand, lagenweise einzelne Wurzelreste
1,8	...	4,8	m Fein- bis Mittelsand, dicht

WEA 7**B 7.1** 0,13 m [Ansatzhöhe]

0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,5	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,5	...	1,7	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, lagenweise einzelne Wurzelreste
1,7	...	6,5	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach kalkhaltig, dicht, grau
6,5	...	7,0	m	Verwitterungslehm, stark schluffig, in Wechsellagerung mit Fein- bis Mittelsand, steif, lagenweise dicht
7,0	...	8,5	m	Verwitterungslehm, steif, nach unten übergehend in halbfest, graubeige
8,5	...	9,0	m	Tonmergel, halbfest, nach unten übergehend in Tonmergelstein, stark verwittert, dunkelgrau

Grundwasserspiegel 0,70 m

Grundwasserprobe 1,0...2,0 m

Rückstellprobe 2,0...4,0 m

B 7.2 -0,17 m [Ansatzhöhe]

0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,4	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,4	...	1,5	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise einzelne Wurzelreste, mitteldicht, braun
1,5	...	6,0	m	Fein- bis Mittelsand, schwach kalkhaltig, dicht, grau

B 7.3 -0,21 m [Ansatzhöhe]

0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,4	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,4	...	1,6	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise einzelne Wurzelreste, mitteldicht, braun
1,6	...	6,0	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach kalkhaltig, dicht, grau

B 7.4 GOK

0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,4	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,4	...	1,6	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise sehr geringe Wurzelreste, mitteldicht
1,6	...	4,0	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach kalkhaltig, dicht, grau

B 7.5 GOK

0,0	...	0,4	m	Mutterboden
0,4	...	0,5	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,5	...	1,6	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise sehr geringe Wurzelreste, mitteldicht
1,6	...	4,0	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach kalkhaltig, dicht, grau

WEA 8**B 8.1** -0,04 m (Ansatzhöhe)

0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,4	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,4	...	1,5	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mitteldicht
1,5	...	8,5	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise Mittelsand, schwach kalkhaltig, dicht
8,5	...	9,6	m	Schluff, stark feinsandig, in Wechsellagerung mit Fein- bis Mittelsand, schluffig, steif, lagenweise dicht
9,6	...	11,2	m	Verwitterungslehm, stark tonig, steif bis halbfest, grau
11,2	...	11,8	m	Tonmergel, halbfest
11,8	...	12,0	m	Tonmergel, nach unten übergehend in Tonmergelstein, halbfest bis fest, nach unten übergehend in stark verwittert

Grundwasserspiegel 0,80 m
 Grundwasserprobe 1,0...2,0 m
 Rückstellprobe 2,0...4,0 m

B 8.2 0,01 m (Ansatzhöhe)

0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,5	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,5	...	6,0	m	Fein- bis Mittelsand, mitteldicht bis dicht

B 8.3 0,13 m (Ansatzhöhe)

0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,8	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,8	...	6,0	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach kalkhaltig, mitteldicht bis dicht, grau

B 8.4 GOK

0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,5	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren, verockert
0,5	...	1,5	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise geringe Wurzelreste, mitteldicht
1,5	...	4,0	m	Fein- bis Mittelsand, dicht, hellgrau

B 8.5 GOK

0,0	...	0,4	m	Mutterboden
0,4	...	0,5	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,5	...	4,0	m	Fein- bis Mittelsand, mitteldicht, nach unten übergehend in dicht

WEA 9**B 9.1** -0,07 m [Ansatzhöhe]

0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,5	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,5	...	1,5	m	Fein- bis Mittelsand, mitteldicht bis dicht, beigebraun
1,5	...	8,3	m	Fein- bis Mittelsand, dicht, grau
8,3	...	8,8	m	Verwitterungslehm, stark tonig, kalkhaltig, steif bis halbfest, grau
8,8	...	9,0	m	Tonmergel, nach unten übergehend in Tonmergelstein, stark verwittert grau

Grundwasserspiegel 0,70 m

Grundwasserprobe 1,0...2,0 m

Rückstellprobe 2,0...4,0 m

B 9.2 0,03 m [Ansatzhöhe]

0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,4	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,4	...	2,0	m	Fein- bis Mittelsand, mitteldicht bis dicht, beigebraun
2,0	...	6,0	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise Mittelsand, schwach kalkhaltig, dicht, grau

B 9.3 -0,03 m [Ansatzhöhe]

0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,5	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,5	...	1,8	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise sehr geringe Wurzelreste, mitteldicht, beigebraun, nach unten übergehend in grau
1,8	...	6,0	m	Fein- bis Mittelsand, schwach kalkhaltig, dicht, grau

B 9.4 GOK

0,0	...	0,3	m	Mutterboden
0,3	...	0,5	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mit humosen Spuren
0,5	...	1,2	m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig, mit sehr geringen Wurzelresten, mitteldicht
1,2	...	4,0	m	Fein- bis Mittelsand, dicht, grau

B 9.5 GOK

0,0	...	0,2	m	Mutterboden
0,2	...	0,4	m	Fein- bis Mittelsand, mit humosen Spuren
0,4	...	4,0	m	Fein- bis Mittelsand, mitteldicht bis dicht

Bez.:	B1.1 2,0...4,0m		
Ort:	WEA 1, Metelen		
Korngröße d [mm]	Rückstände m [g]	Σ Durchgänge	
63,000		100,0%	
31,500		100,0%	
16,000		100,0%	
8,000		100,0%	
4,000	0,6	99,8%	
2,000	0,2	99,8%	
1,000	0,8	99,5%	
0,500	4,7	98,2%	
0,400	6,1	96,4%	
0,250	49,0	82,2%	
0,125	196,2	25,4%	
0,063	63,3	7,1%	
< 0,063	24,5		
Summe:	345,4		
Masse m _d :	345,9		
Siebverlust	0,5	0,1%	

Bez.:	B2.1 2,0...4,0m		
Ort:	WEA 2, Metelen		
Korngröße d [mm]	Rückstände m [g]	Σ Durchgänge	
63,000		100,0%	
31,500		100,0%	
16,000		100,0%	
8,000		100,0%	
4,000	0,2	99,9%	
2,000	0,2	99,9%	
1,000	2,1	99,3%	
0,500	12,9	95,9%	
0,400	13,2	92,3%	
0,250	57,7	76,9%	
0,125	195,9	24,5%	
0,063	69,2	6,0%	
< 0,063	22,3		
Summe:	373,7		
Masse m _d :	374,2		
Siebverlust	0,5	0,1%	

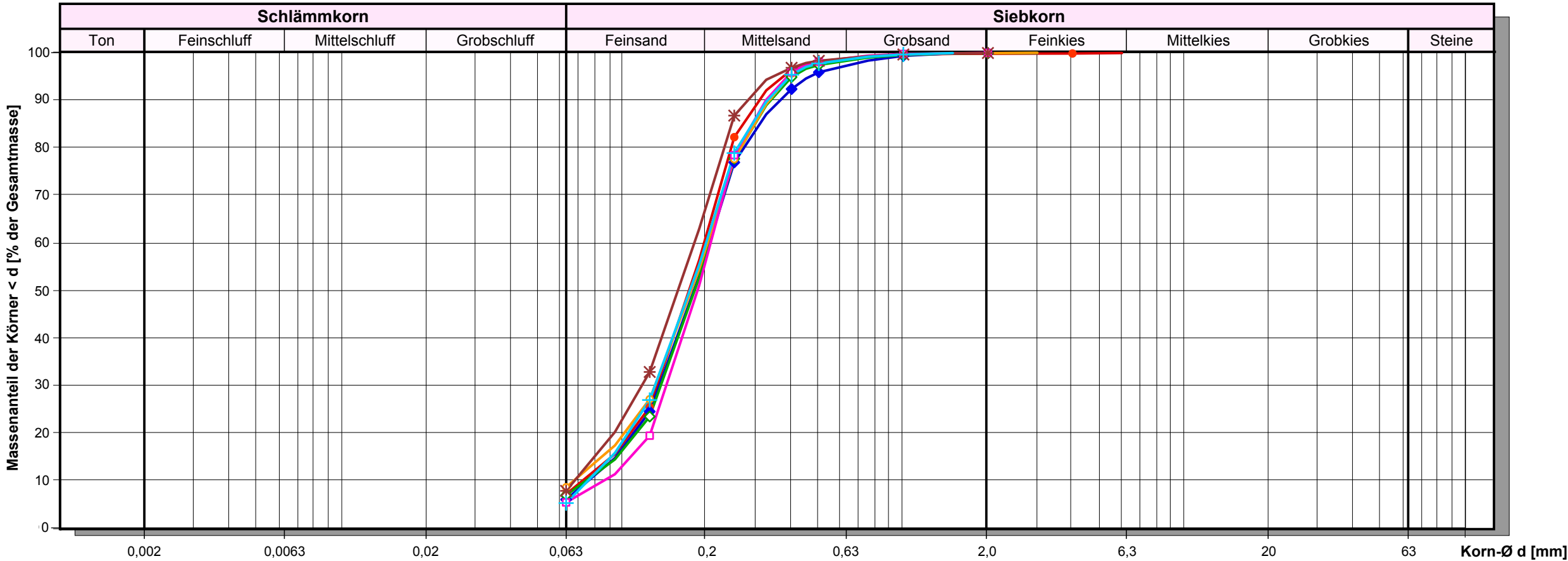
Bez.:	B3.1 2,0...4,0m		
Ort:	WEA 3, Metelen		
Korngröße d [mm]	Rückstände m [g]	Σ Durchgänge	
63,000		100,0%	
31,500		100,0%	
16,000		100,0%	
8,000		100,0%	
4,000	0,1	100,0%	
2,000	0,3	99,9%	
1,000	1,2	99,5%	
0,500	6,7	97,4%	
0,400	8,2	94,9%	
0,250	55,3	77,7%	
0,125	174,6	23,4%	
0,063	53,3	6,9%	
< 0,063	22,1		
Summe:	321,8		
Masse m _d :	321,9		
Siebverlust	0,1	0,0%	

Bez.:	B4.1 2,0...4,0m		
Ort:	WEA 4, Metelen		
Korngröße d [mm]	Rückstände m [g]	Σ Durchgänge	
63,000		100,0%	
31,500		100,0%	
16,000		100,0%	
8,000		100,0%	
4,000		100,0%	
2,000	0,3	99,9%	
1,000	0,8	99,6%	
0,500	4,9	98,0%	
0,400	6,9	95,6%	
0,250	53,1	77,6%	
0,125	148,9	27,1%	
0,063	54,6	8,6%	
< 0,063	25,2		
Summe:	294,7		
Masse m _d :	295,1		
Siebverlust	0,4	0,1%	

Bez.:	B5.1 2,0...4,0m		
Ort:	WEA 5, Metelen		
Korngröße d [mm]	Rückstände m [g]	Σ Durchgänge	
63,000		100,0%	
31,500		100,0%	
16,000		100,0%	
8,000		100,0%	
4,000		100,0%	
2,000	0,1	100,0%	
1,000	0,7	99,7%	
0,500	4,7	98,1%	
0,400	6,5	95,9%	
0,250	51,2	78,4%	
0,125	173,1	19,4%	
0,063	41,2	5,4%	
< 0,063	15,7		
Summe:	293,2		
Masse m _d :	293,5		
Siebverlust	0,3	0,1%	

Bez.:	B6.1 2,0...4,0m		
Ort:	WEA 6, Metelen		
Korngröße d [mm]	Rückstände m [g]	Σ Durchgänge	
63,000		100,0%	
31,500		100,0%	
16,000		100,0%	
8,000		100,0%	
4,000		100,0%	
2,000	0,2	99,9%	
1,000	0,9	99,6%	
0,500	3,8	98,3%	
0,400	4,2	96,8%	
0,250	28,8	86,8%	
0,125	154,4	32,8%	
0,063	71,6	7,8%	
< 0,063	22,3		
Summe:	286,2		
Masse m _d :	286,6		
Siebverlust	0,4	0,1%	

Bez.:	B7.1 2,0...4,0m		
Ort:	WEA 7, Metelen		
Korngröße d [mm]	Rückstände m [g]	Σ Durchgänge	
63,000		100,0%	
31,500		100,0%	
16,000		100,0%	
8,000		100,0%	
4,000		100,0%	
2,000	0,2	99,9%	
1,000	0,9	99,6%	
0,500	5,4	97,7%	
0,400	6,8	95,4%	
0,250	47,4	78,9%	
0,125	149,3	26,9%	
0,063	62,3	5,2%	
< 0,063	15,0		
Summe:	287,3		
Masse m _d :	287,5		
Siebverlust	0,2	0,1%	



- Art der Mittelwertbildung
- keine
 - Mischprobe, alle Proben
 - Mischprobe, X-Auswahl
 - Tabellenwerte, alle Proben
 - Tabellenwerte, X-Auswahl

Probenbezeichnung	Sym-bol	Anteile der Mischung [-]	Ton + Schluff [%]	Sand [%]	Kies [%]	Steine [%]	d ₁₀ [mm]	d ₃₀ [mm]	d ₆₀ [mm]	Ungleichförmigkeitszahl U=d ₆₀ /d ₁₀ [-]	Krümmungszahl C _c = d ₃₀ ² /(d ₁₀ ·d ₆₀)	Durchlässigkeit nach BEYER k[m/s]	Durchlässigkeit n. KOZENY/KÖHLER k[m/s]	Rauigkeit r[-] (rund: 1,5; eckig: 2,8; scharf: 5,6)	Porosität n[-]	Probenbeschreibung nach DIN 4022
B1.1 2,0...4,0m	●		7,1	92,7	0,2	0,0	0,074	0,134	0,196	2,67	1,25	5,8E-05	2,9E-05	1,50	0,30	Sand, schwach schluffig (fS, ms*, u')
B2.1 2,0...4,0m	◆		6,0	93,9	0,1	0,0	0,077	0,137	0,206	2,66	1,18	6,3E-05	3,2E-05	1,50	0,30	Sand, schwach schluffig (fS, ms*, gs', u')
B3.1 2,0...4,0m	◇		6,9	93,0	0,1	0,0	0,076	0,139	0,206	2,71	1,24	6,1E-05	3,1E-05	1,50	0,30	Sand, schwach schluffig (fS, ms*, u')
B4.1 2,0...4,0m	○		8,6	91,4	0,1	0,0	0,068	0,132	0,203	2,97	1,26	4,9E-05	2,8E-05	1,50	0,30	Sand, schwach schluffig (fS, ms*, u')
B5.1 2,0...4,0m	□		5,4	94,6	0,0	0,0	0,087	0,146	0,208	2,38	1,17	8,1E-05	3,5E-05	1,50	0,30	Sand, schwach schluffig (fS, ms*, u')
B6.1 2,0...4,0m	✱		7,8	92,2	0,1	0,0	0,069	0,118	0,181	2,65	1,12	5,0E-05	2,5E-05	1,50	0,30	Sand, schwach schluffig (fS, ms*, u')
B7.1 2,0...4,0m	✚		5,2	94,7	0,1	0,0	0,077	0,132	0,200	2,59	1,13	6,3E-05	3,1E-05	1,50	0,30	Sand, schwach schluffig (fS, ms*, u')

Bez.:	B8.1 2,0...4,0m		
Ort:	WEA 8, Metelen		
Korngröße d [mm]	Rückstände m [g]	Σ Durchgänge	
63,000		100,0%	
31,500		100,0%	
16,000		100,0%	
8,000		100,0%	
4,000		100,0%	
2,000	0,1	100,0%	
1,000	0,7	99,8%	
0,500	2,9	98,9%	
0,400	3,5	97,8%	
0,250	29,2	88,8%	
0,125	166,0	37,7%	
0,063	95,7	8,2%	
< 0,063	26,7		
Summe:	324,8		
Masse m _d :	325,3		
Siebverlust	0,5	0,2%	

Bez.:	B9.1 2,0...4,0m		
Ort:	WEA 9, Metelen		
Korngröße d [mm]	Rückstände m [g]	Σ Durchgänge	
63,000		100,0%	
31,500		100,0%	
16,000		100,0%	
8,000		100,0%	
4,000	0,1	100,0%	
2,000	0,2	99,9%	
1,000	1,3	99,5%	
0,500	6,4	97,3%	
0,400	6,6	95,0%	
0,250	42,9	80,4%	
0,125	137,9	33,4%	
0,063	70,9	9,2%	
< 0,063	27,0		
Summe:	293,3		
Masse m _d :	293,7		
Siebverlust	0,4	0,1%	

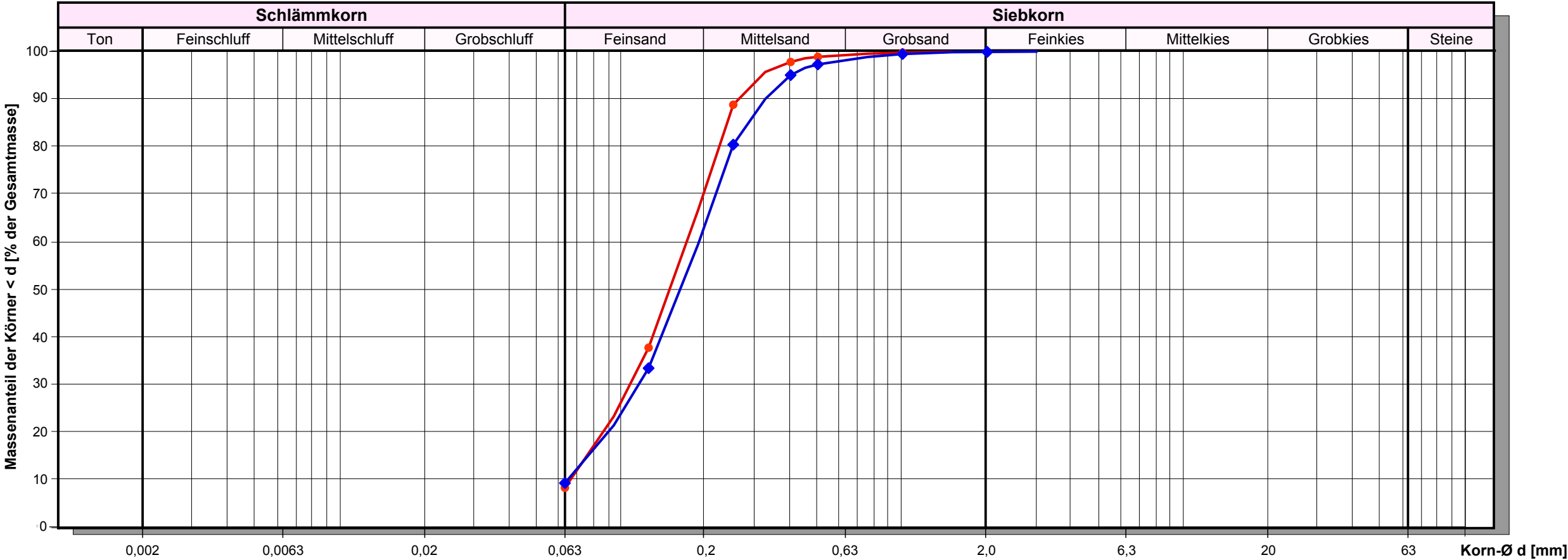
Bez.:			
Ort:			
Korngröße d [mm]	Rückstände m [g]	Σ Durchgänge	
63,000			
31,500			
16,000			
8,000			
4,000			
2,000			
1,000			
0,500			
0,400			
0,250			
0,125			
0,063			
< 0,063			
Summe:			
Masse m _d :			
Siebverlust			

Bez.:			
Ort:			
Korngröße d [mm]	Rückstände m [g]	Σ Durchgänge	
63,000			
31,500			
16,000			
8,000			
4,000			
2,000			
1,000			
0,500			
0,400			
0,250			
0,125			
0,063			
< 0,063			
Summe:			
Masse m _d :			
Siebverlust			

Bez.:			
Ort:			
Korngröße d [mm]	Rückstände m [g]	Σ Durchgänge	
63,000			
31,500			
16,000			
8,000			
4,000			
2,000			
1,000			
0,500			
0,400			
0,250			
0,125			
0,063			
< 0,063			
Summe:			
Masse m _d :			
Siebverlust			

Bez.:			
Ort:			
Korngröße d [mm]	Rückstände m [g]	Σ Durchgänge	
63,000			
31,500			
16,000			
8,000			
4,000			
2,000			
1,000			
0,500			
0,400			
0,250			
0,125			
0,063			
< 0,063			
Summe:			
Masse m _d :			
Siebverlust			

Bez.:			
Ort:			
Korngröße d [mm]	Rückstände m [g]	Σ Durchgänge	
63,000			
31,500			
16,000			
8,000			
4,000			
2,000			
1,000			
0,500			
0,400			
0,250			
0,125			
0,063			
< 0,063			
Summe:			
Masse m _d :			
Siebverlust			



Probenbezeichnung	Sym-bol	Anteile der Mischung [-]	Ton + Schluff [%]	Sand [%]	Kies [%]	Steine [%]	d ₁₀ [mm]	d ₃₀ [mm]	d ₆₀ [mm]	Ungleichförmigkeitszahl U=d ₆₀ /d ₁₀ [-]	Krümmungszahl C _c = d ₃₀ ² /(d ₁₀ ·d ₆₀)	Durchlässigkeit nach BEYER k[m/s]	Durchlässigkeit n. KOZENY/KÖHLER k[m/s]	Rauigkeit r[-] (rund: 1,5; eckig: 2,8; scharf: 5,6)	Porosität n[-]	Probenbeschreibung nach DIN 4022
B8.1 2,0...4,0m	●		8,2	91,8	0,0	0,0	0,067	0,109	0,173	2,60	1,02	4,7E-05	2,3E-05	1,50	0,30	Sand, schwach schluffig (fS, ms, u')
B9.1 2,0...4,0m	◆		9,2	90,7	0,1	0,0	0,065	0,116	0,189	2,91	1,10	4,5E-05	2,5E-05	1,50	0,30	Sand, schwach schluffig (fS, ms*, u')

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Am Technologiepark 10 D-45699 Herten

Geotechnisches Büro
Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH
Herrn Gerdes
Fritz-Peters-Str. 22
47447 Moers

Prüfbericht 4568994
Auftrags Nr. 5173490
Kunden Nr. 10002276

Herr Dr. Raymund Dressler
Telefon +49 2366/3056-43
Fax +49 2366/3056-11
raymund.dressler@sgs.com



Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Am Technologiepark 10
D-45699 Herten

Herten, den 26.11.2019

Ihr Auftrag/Projekt: Metelen, Neubau 9 WEA
Ihr Bestellzeichen: 19102-01
Ihr Bestelldatum: 14.11.2019

Prüfzeitraum von 19.11.2019 bis 26.11.2019
erste laufende Probenummer 191257165
Probeneingang am 18.11.2019

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.V. Dr. Raymund Dressler
Customer Service

i.V. Paul Rygol
Customer Service

Metelen, Neubau 9 WEA
19102-01

Prüfbericht Nr. 4568994
Auftrag Nr. 5173490

Seite 2 von 4
26.11.2019

Proben durch IF-Kurier abgeholt

Matrix: Wasser

Probennummer	191257165	191257166	191257167
Bezeichnung	B 1.1 0,7-1,7m	B 2.1 1,7-2,5m	B 3.1 1,0-2,0m

Eingangsdatum:	18.11.2019	18.11.2019	18.11.2019
----------------	------------	------------	------------

Parameter	Einheit	Bestimmungs Methode -grenze				Lab
-----------	---------	--------------------------------	--	--	--	-----

Untersuchungsergebnisse :

pH-Wert		7,3	7,0	7,2	0,1	DIN 38404-5	HE
Leitfähigkeit bei 25° C	µS/cm	887	857	925	3	DIN EN 27888	HE
KMnO ₄ -Verbr.	mg/l	53	100	17	0,3	DIN 4030-2	HE
Chlorid	mg/l	24,9	36,9	31,0	0,5	DIN EN ISO 10304-1	HE
Sulfat	mg/l	101	36	66	1	DIN EN ISO 10304-1	HE
Ammonium	mg/l	0,09	0,38	< 0,04	0,04	DIN EN ISO 11732	HE
Gesamthärte als CaO	mg/l	253,0	174,0	265,0		DIN 38409-6	HE
Nichtcarbonathärte	mg/l	79,71	119,04	58,35		DIN 38409-7	HE
Hydrogencarbonathärte	mg/l	173,29	54,96	206,65		DIN 38409-7	HE
Kohlensäure, kalklösend	mg/l	< 3,00	< 3,00	< 3,00	3,0	DIN 4030-2	HE

Metalle :

Magnesium	mg/l	7,67	13,0	13,4	0,05	DIN EN ISO 11885	HE
-----------	------	------	------	------	------	------------------	----

Metelen, Neubau 9 WEA
19102-01

Prüfbericht Nr. 4568994
Auftrag Nr. 5173490

Seite 3 von 4
26.11.2019

Proben durch IF-Kurier abgeholt

Matrix: Wasser

Probennummer	191257168	191257169	191257170
Bezeichnung	B 4.1 1,1-2,0m	B 6.1 0,9-1,9m	B 5.1 1,0-2,0m

Eingangsdatum:	18.11.2019	18.11.2019	18.11.2019
----------------	------------	------------	------------

Parameter	Einheit	Bestimmungs Methode -grenze				Lab
-----------	---------	--------------------------------	--	--	--	-----

Untersuchungsergebnisse :

pH-Wert		7,2	6,7	7,1	0,1	DIN 38404-5	HE
Leitfähigkeit bei 25° C	µS/cm	536	608	716	3	DIN EN 27888	HE
KMnO ₄ -Verbr.	mg/l	180	240	170	0,3	DIN 4030-2	HE
Chlorid	mg/l	17,7	21,6	34,7	0,5	DIN EN ISO 10304-1	HE
Sulfat	mg/l	40	25	48	1	DIN EN ISO 10304-1	HE
Ammonium	mg/l	0,17	0,05	0,11	0,04	DIN EN ISO 11732	HE
Gesamthärte als CaO	mg/l	121,0	117,0	139,0		DIN 38409-6	HE
Nichtcarbonathärte	mg/l	33,80	-0,77	66,94		DIN 38409-7	HE
Hydrogencarbonathärte	mg/l	87,20	117,77	72,06		DIN 38409-7	HE
Kohlensäure, kalklösend	mg/l	< 3,00	< 3,00	5,05	3,0	DIN 4030-2	HE

Metalle :

Magnesium	mg/l	9,32	6,79	11,9	0,05	DIN EN ISO 11885	HE
-----------	------	------	------	------	------	------------------	----

Metelen, Neubau 9 WEA
19102-01

Prüfbericht Nr. 4568994
Auftrag Nr. 5173490

Seite 4 von 4
26.11.2019

Proben durch IF-Kurier abgeholt Matrix: Wasser

Probennummer	191257171	191257172	191257173
Bezeichnung	B 7.1	B 8.1	B 9.1
	1,0-2,0m	1,0-2,0m	1,0-2,0m

Eingangsdatum:	18.11.2019	18.11.2019	18.11.2019
----------------	------------	------------	------------

Parameter	Einheit	Bestimmungs Methode				Lab
		-grenze				

Untersuchungsergebnisse :

		7,0	7,1	7,2	0,1	DIN 38404-5	HE
pH-Wert							
Leitfähigkeit bei 25° C	µS/cm	731	810	673	3	DIN EN 27888	HE
KMnO ₄ -Verbr.	mg/l	220	91	26	0,3	DIN 4030-2	HE
Chlorid	mg/l	26,0	62,5	28,5	0,5	DIN EN ISO 10304-1	HE
Sulfat	mg/l	132	55	82	1	DIN EN ISO 10304-1	HE
Ammonium	mg/l	0,07	1,1	0,35	0,04	DIN EN ISO 11732	HE
Gesamthärte als CaO	mg/l	167,0	173,0	159,0		DIN 38409-6	HE
Nichtcarbonathärte	mg/l	79,23	56,91	74,32		DIN 38409-7	HE
Hydrogencarbonathärte	mg/l	87,77	116,09	84,68		DIN 38409-7	HE
Kohlensäure, kalklösend	mg/l	14,7	< 3,00	< 3,00	3,0	DIN 4030-2	HE

Metalle :

		10,0	11,9	9,89	0,05	DIN EN ISO 11885	HE
Magnesium	mg/l						

Zusammenfassung der verwendeten Prüfmethode(n):

DIN 38404-5	2009-07
DIN 38409-6	1986-01
DIN 38409-7	2005-12
DIN 4030-2	2008-06
DIN EN 27888	1993-11
DIN EN ISO 10304-1	2009-07
DIN EN ISO 11732	2005-05
DIN EN ISO 11885	2009-09

Die Laborstandorte mit den entsprechenden Akkreditierungsverfahrensnummern der SGS-Gruppe Deutschland und Schweiz gemäß den oben genannten Kürzeln sind aufgeführt unter
<http://www.institut-fresenius.de/filestore/89/laborstandortkuerzelsgs2.pdf>.

*** Ende des Berichts ***

Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die unter www.sgsgroup.de/agb zugänglich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbegrenzung, Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Dieses Dokument ist ein Original. Wenn das Dokument digital übermittelt wird, ist es als Original im Sinne der UCP 600 zu behandeln. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung, Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.

Entnahmestelle: B 1.1

Entnahme am: 11.11.2019

Untersuchung am: 26.11.2019

Analysen-Nr.: 191257165

Grundwasser	Angriffsgrad/ Expositionsclassen bei chemischem Angriff durch natürliche Wässer					
			nicht	schwach	mäßig	stark
	Parameter im Wasser	Dim.	–	XA 1	XA 2	XA 3
	pH Wert	–	> 6,5	< 6,5...5,5	< 5,5...4,5	< 4,5...4,0
	Leitfähigkeit	µS/cm				
	KMnO4-Verbr.	mg/l				
	Chlorid	mg/l				
	Sulfat	mg/l	< 200	> 200...600	> 600...3000	> 3000
	Ammonium	mg/l	< 15	> 15...30	> 30...60	> 60...100
	Härte	mg/l				
	Nichtcarbonathärte	mg/l				
	Hydrogencarbonathärte	mg/l				
	Kohlensäure, kalklösend	mg/l	< 15	> 15...40	>40...100	> 100
	Magnesium	mg/l	< 300	> 300...1000	>1000...3000	> 3000
	Parameter im Boden	Dim.	–	XA 1	XA 2	XA 3
	Sulfat	g/kg	< 2	> 2...3	> 3...12	> 12...24
	Säuregrad n. Baumann-Gully			> 200	in der Praxis nicht anzutreffen	

Ergebnis der Untersuchung:

Angriffsgrad nach DIN 4030/EN206: **"nicht betonangreifend"**

Expositionsklasse nach Zement-Merkblatt Betontechnik B 9/1.2010: **XA -**

Entnahmestelle: B 2.1

Entnahme am: 12.11.2019

Untersuchung am: 26.11.2019

Analysen-Nr.: 191257166

Grundwasser

Angriffsgrad/ Expositionsclassen bei chemischem Angriff durch natürliche Wässer						
		nicht	schwach	mäßig	stark	
Parameter im Wasser	Dim.	–	XA 1	XA 2	XA 3	Messwert
pH Wert	–	> 6,5	< 6,5...5,5	< 5,5...4,5	< 4,5...4,0	7
Leitfähigkeit	µS/cm					857
KMnO4-Verbr.	mg/l					100
Chlorid	mg/l					36,9
Sulfat	mg/l	< 200	> 200...600	> 600...3000	> 3000	36
Ammonium	mg/l	< 15	> 15...30	> 30...60	> 60...100	0,38
Härte	mg/l					174
Nichtcarbonathärte	mg/l					119,04
Hydrogencarbonathärte	mg/l					54,96
Kohlensäure, kalklösend	mg/l	< 15	> 15...40	>40...100	> 100	<3
Magnesium	mg/l	< 300	> 300...1000	>1000...3000	> 3000	13
Parameter im Boden	Dim.	–	XA 1	XA 2	XA 3	Messwert
Sulfat	g/kg	< 2	> 2...3	> 3...12	> 12...24	
Säuregrad n. Baumann-Gully			> 200 in der Praxis nicht anzutreffen			

Ergebnis der Untersuchung:

Angriffsgrad nach DIN 4030/EN206: **"nicht betonangreifend"**

Expositionsklasse nach Zement-Merkblatt Betontechnik B 9/1.2010: **XA -**

Entnahmestelle: B 3.1		
Entnahme am: 12.11.2019	Untersuchung am: 26.11.2019	Analysen-Nr.: 191257167

Grundwasser

Angriffsgrad/ Expositionsklassen bei chemischem Angriff durch natürliche Wässer						
		nicht	schwach	mäßig	stark	
Parameter im Wasser	Dim.	–	XA 1	XA 2	XA 3	Messwert
pH Wert	–	> 6,5	< 6,5...5,5	< 5,5...4,5	< 4,5...4,0	7,2
Leitfähigkeit	µS/cm					925
KMnO4-Verbr.	mg/l					17
Chlorid	mg/l					31
Sulfat	mg/l	< 200	> 200...600	> 600...3000	> 3000	66
Ammonium	mg/l	< 15	> 15...30	> 30...60	> 60...100	<0,04
Härte	mg/l					265
Nichtcarbonathärte	mg/l					58,35
Hydrogencarbonathärte	mg/l					206,65
Kohlensäure, kalklösend	mg/l	< 15	> 15...40	>40...100	> 100	<3
Magnesium	mg/l	< 300	> 300...1000	>1000...3000	> 3000	13,4
Parameter im Boden	Dim.	–	XA 1	XA 2	XA 3	Messwert
Sulfat	g/kg	< 2	> 2...3	> 3...12	> 12...24	
Säuregrad n. Baumann-Gully			> 200 in der Praxis nicht anzutreffen			

Ergebnis der Untersuchung:
Angriffsgrad nach DIN 4030/EN206: "nicht betonangreifend"
Expositionsklasse nach Zement-Merkblatt Betontechnik B 9/1.2010: XA -

Ergebnisse der Untersuchung nach DIN 4030 / EN206 (Betonangriff) BV: Metelen, WEA 3	Dr. Koppberg & Gerdes GmbH	
	Gutachten: 19102-01	Anl.: 0.7

Entnahmestelle: B 4.1

Entnahme am: 12.11.2019

Untersuchung am: 26.11.2019

Analysen-Nr.: 191257168

Grundwasser	Angriffsgrad/ Expositionsclassen bei chemischem Angriff durch natürliche Wässer					
			nicht	schwach	mäßig	stark
	Parameter im Wasser	Dim.	–	XA 1	XA 2	XA 3
	pH Wert	–	> 6,5	< 6,5...5,5	< 5,5...4,5	< 4,5...4,0
	Leitfähigkeit	µS/cm				
	KMnO ₄ -Verbr.	mg/l				
	Chlorid	mg/l				
	Sulfat	mg/l	< 200	> 200...600	> 600...3000	> 3000
	Ammonium	mg/l	< 15	> 15...30	> 30...60	> 60...100
	Härte	mg/l				
	Nichtcarbonathärte	mg/l				
	Hydrogencarbonathärte	mg/l				
	Kohlensäure, kalklösend	mg/l	< 15	> 15...40	>40...100	> 100
	Magnesium	mg/l	< 300	> 300...1000	>1000...3000	> 3000
	Parameter im Boden	Dim.	–	XA 1	XA 2	XA 3
	Sulfat	g/kg	< 2	> 2...3	> 3...12	> 12...24
	Säuregrad n. Baumann-Gully			> 200	in der Praxis nicht anzutreffen	

Ergebnis der Untersuchung:

Angriffsgrad nach DIN 4030/EN206: **"nicht betonangreifend"**

Expositionsklasse nach Zement-Merkblatt Betontechnik B 9/1.2010: **XA -**

Ergebnisse der Untersuchung nach DIN 4030 / EN206 (Betonangriff)

BV: Metelen, WEA 4

Dr. Koppeltberg & Gerdes GmbH

Gutachten: 19102-01

Anl.: 0.8

Entnahmestelle: B 5.1

Entnahme am: 13.11.2019

Untersuchung am: 26.11.2019

Analysen-Nr.: 191257170

Grundwasser	Angriffsgrad/ Expositionsclassen bei chemischem Angriff durch natürliche Wässer						
			nicht	schwach	mäßig	stark	
	Parameter im Wasser	Dim.	–	XA 1	XA 2	XA 3	Messwert
	pH Wert	–	> 6,5	< 6,5...5,5	< 5,5...4,5	< 4,5...4,0	7,1
	Leitfähigkeit	µS/cm					716
	KMnO4-Verbr.	mg/l					170
	Chlorid	mg/l					34,7
	Sulfat	mg/l	< 200	> 200...600	> 600...3000	> 3000	48
	Ammonium	mg/l	< 15	> 15...30	> 30...60	> 60...100	0,11
	Härte	mg/l					139
	Nichtcarbonathärte	mg/l					66,94
	Hydrogencarbonathärte	mg/l					72,06
	Kohlensäure, kalklösend	mg/l	< 15	> 15...40	>40...100	> 100	5,05
	Magnesium	mg/l	< 300	> 300...1000	>1000...3000	> 3000	11,9
Parameter im Boden	Dim.	–	XA 1	XA 2	XA 3	Messwert	
Sulfat	g/kg	< 2	> 2...3	> 3...12	> 12...24		
Säuregrad n. Baumann-Gully			> 200 in der Praxis nicht anzutreffen				

Ergebnis der Untersuchung:

Angriffsgrad nach DIN 4030/EN206: **"nicht betonangreifend"**

Expositionsklasse nach Zement-Merkblatt Betontechnik B 9/1.2010: **XA -**

Entnahmestelle: B 6.1

Entnahme am: 12.11.2019

Untersuchung am: 26.11.2019

Analysen-Nr.: 191257169

Grundwasser	Angriffsgrad/ Expositionsclassen bei chemischem Angriff durch natürliche Wässer					
			nicht	schwach	mäßig	stark
	Parameter im Wasser	Dim.	–	XA 1	XA 2	XA 3
	pH Wert	–	> 6,5	< 6,5...5,5	< 5,5...4,5	< 4,5...4,0
	Leitfähigkeit	µS/cm				
	KMnO ₄ -Verbr.	mg/l				
	Chlorid	mg/l				
	Sulfat	mg/l	< 200	> 200...600	> 600...3000	> 3000
	Ammonium	mg/l	< 15	> 15...30	> 30...60	> 60...100
	Härte	mg/l				
	Nichtcarbonathärte	mg/l				
	Hydrogencarbonathärte	mg/l				
	Kohlensäure, kalklösend	mg/l	< 15	> 15...40	> 40...100	> 100
	Magnesium	mg/l	< 300	> 300...1000	> 1000...3000	> 3000
	Parameter im Boden	Dim.	–	XA 1	XA 2	XA 3
	Sulfat	g/kg	< 2	> 2...3	> 3...12	> 12...24
	Säuregrad n. Baumann-Gully			> 200	in der Praxis nicht anzutreffen	

Ergebnis der Untersuchung:

Angriffsgrad nach DIN 4030/EN206: **"nicht betonangreifend"**

Expositionsklasse nach Zement-Merkblatt Betontechnik B 9/1.2010: **XA -**

Entnahmestelle: B 7.1

Entnahme am: 13.11.2019

Untersuchung am: 26.11.2019

Analysen-Nr.: 191257171

Grundwasser	Angriffsgrad/ Expositionsklassen bei chemischem Angriff durch natürliche Wässer						
			nicht	schwach	mäßig	stark	
	Parameter im Wasser	Dim.	–	XA 1	XA 2	XA 3	Messwert
	pH Wert	–	> 6,5	< 6,5...5,5	< 5,5...4,5	< 4,5...4,0	7
	Leitfähigkeit	µS/cm					731
	KMnO4-Verbr.	mg/l					220
	Chlorid	mg/l					26
	Sulfat	mg/l	< 200	> 200...600	> 600...3000	> 3000	132
	Ammonium	mg/l	< 15	> 15...30	> 30...60	> 60...100	0,07
	Härte	mg/l					167
	Nichtcarbonathärte	mg/l					79,23
	Hydrogencarbonathärte	mg/l					87,77
	Kohlensäure, kalklösend	mg/l	< 15	> 15...40	>40...100	> 100	14,7
	Magnesium	mg/l	< 300	> 300...1000	>1000...3000	> 3000	10
	Parameter im Boden	Dim.	–	XA 1	XA 2	XA 3	Messwert
	Sulfat	g/kg	< 2	> 2...3	> 3...12	> 12...24	
	Säuregrad n. Baumann-Gully			> 200 in der Praxis nicht anzutreffen			

Ergebnis der Untersuchung:

Angriffsgrad nach DIN 4030/EN206: **"nicht betonangreifend"**

Expositionsklasse nach Zement-Merkblatt Betontechnik B 9/1.2010: **XA -**

Entnahmestelle: B 8.1

Entnahme am: 13.11.2019

Untersuchung am: 26.11.2019

Analysen-Nr.: 191257172

Grundwasser	Angriffsgrad/ Expositionsklassen bei chemischem Angriff durch natürliche Wässer						
			nicht	schwach	mäßig	stark	
	Parameter im Wasser	Dim.	–	XA 1	XA 2	XA 3	Messwert
	pH Wert	–	> 6,5	< 6,5...5,5	< 5,5...4,5	< 4,5...4,0	7,1
	Leitfähigkeit	µS/cm					810
	KMnO4-Verbr.	mg/l					91
	Chlorid	mg/l					62,5
	Sulfat	mg/l	< 200	> 200...600	> 600...3000	> 3000	55
	Ammonium	mg/l	< 15	> 15...30	> 30...60	> 60...100	1,1
	Härte	mg/l					173
	Nichtcarbonathärte	mg/l					56,91
	Hydrogencarbonathärte	mg/l					116,09
	Kohlensäure, kalklösend	mg/l	< 15	> 15...40	>40...100	> 100	<3
	Magnesium	mg/l	< 300	> 300...1000	>1000...3000	> 3000	11,9
Parameter im Boden	Dim.	–	XA 1	XA 2	XA 3	Messwert	
Sulfat	g/kg	< 2	> 2...3	> 3...12	> 12...24		
Säuregrad n. Baumann-Gully			> 200 in der Praxis nicht anzutreffen				

Ergebnis der Untersuchung:

Angriffsgrad nach DIN 4030/EN206: **"nicht betonangreifend"**

Expositionsklasse nach Zement-Merkblatt Betontechnik B 9/1.2010: **XA -**

Entnahmestelle: B 9.1

Entnahme am: 13.11.2019

Untersuchung am: 26.11.2019

Analysen-Nr.: 191257173

Grundwasser	Angriffsgrad/ Expositionsclassen bei chemischem Angriff durch natürliche Wässer					
			nicht	schwach	mäßig	stark
	Parameter im Wasser	Dim.	–	XA 1	XA 2	XA 3
	pH Wert	–	> 6,5	< 6,5...5,5	< 5,5...4,5	< 4,5...4,0
	Leitfähigkeit	µS/cm				
	KMnO ₄ -Verbr.	mg/l				
	Chlorid	mg/l				
	Sulfat	mg/l	< 200	> 200...600	> 600...3000	> 3000
	Ammonium	mg/l	< 15	> 15...30	> 30...60	> 60...100
	Härte	mg/l				
	Nichtcarbonathärte	mg/l				
	Hydrogencarbonathärte	mg/l				
	Kohlensäure, kalklösend	mg/l	< 15	> 15...40	> 40...100	> 100
	Magnesium	mg/l	< 300	> 300...1000	> 1000...3000	> 3000
	Parameter im Boden	Dim.	–	XA 1	XA 2	XA 3
	Sulfat	g/kg	< 2	> 2...3	> 3...12	> 12...24
	Säuregrad n. Baumann-Gully			> 200	in der Praxis nicht anzutreffen	

Ergebnis der Untersuchung:

Angriffsgrad nach DIN 4030/EN206: **"nicht betonangreifend"**

Expositionsklasse nach Zement-Merkblatt Betontechnik B 9/1.2010: **XA -**

Ergebnisse der Untersuchung nach DIN 4030 / EN206 (Betonangriff)

BV: Metelen, WEA 9

Dr. Koppeltberg & Gerdes GmbH

Gutachten: 19102-01

Anl.: 0.13

Höhenbezüge		Anlagentyp Fundamenttyp		Funda- ment- ab- mes- sungen	Durch- mes- ser Ø	Höhe h _{ges.}	Funda- ment- unter- kante	Gründungs- sohle [UK-Sau- berkeits- schicht]	geforderte Drehfeder- steifigkeit, statisch k _{φ, stat}	geforderte Drehfeder- steifigkeit, dynamisch k _{φ, dyn}	aufnehm- barer Sohldruck σ _{zul}	zulässige Setzung/ Schiefstellung			
Bezugspunkt (BZP)	Geländeoberkante am Fundamentmittelpunkt	V162 5,6MW HH169 m	außen		24,5	2,90	0,24	0,34	40.000	200.000	360,3	Schiefstellung ges. Δs [mm]	73		
Bezugshöhe (BZH)	MP = ±0,00 m	Flach mit Auftrieb										Setzungsdifferenz Δs [mm/m]	3,00		
Absolute Höhe BZP [mNHN]	61,0	Kreisfundament										Winkelverdrehung α [°]	0,17		
Schicht Kurzbeschreibung	Nr.	Ober- grenze	Unter- grenze	Schicht- mächtig- keit unter Gründung M	Rei- bungs- winkel φ',k	Kohä- sion c',k	Steifemodul statisch E _{s,stat,k}	Steifemodul dynamisch E _{s,dyn,k}	Wichte γ,k	Quer- dehnungs- zahl ν	wirksamer Radius OK- Schicht r	Drehfeder- steifigkeit, statisch k _{φ, stat}	Aus- nut- zung	Drehfeder- steifigkeit, dynamisch k _{φ, dyn}	Aus- nut- zung
		[m u. BZH]	[m u. BZH]	[m]	[°]	[kN/m²]	[MN/m²]	[MN/m²]	[kN/m³]	[-]	[m]	[MNm/rad]	[%]	[MNm/rad]	[%]
Bodenaustausch[Gesteinsschotter] (Verdichtungsgrad: D _{pr} ≥ 100%)	0.1	0,34	0,84	0,50	37,5	0,0	100	300	20,0	0,30	12,25	200.083	20,0	600.250	33,3
Bodenvermörtelung	0.2	0,84	1,24	0,40	37,5	0,0	70	200	20,0	0,30	12,63	153.634	26,0	438.956	45,6
Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, lagenweise Wurzelreste- mitteldicht	2.1	1,24	1,50	0,26	32,5	0,0	25	120	19,0	0,33	12,94	54.711	73,1	262.610	76,2
Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, mitteldicht bis dicht	2.2	1,50	6,70	5,20	35,0	0,0	35	250	19,0	0,30	13,11	85.764	46,6	612.599	32,6
Wechsellagerung aus Verwitte- rungslehm und Schluff, tonig, san- dig, Fein- Mittelsand, schluffig, steif	3.1	6,70	7,00	0,30	27,5	2,5	15	100	19,0	0,42	16,75	44.682	89,5	297.878	67,1
Verwitterungslehm, tonig, steif	3.2	7,00	8,00	1,00	27,5	5,0	15	100	19,0	0,42	16,90	45.943	87,1	306.289	65,3
Tonmergel, halbfest	4.1	8,00	13,00	5,00	27,5	10,0	15	100	20,0	0,44	17,42	40.484	98,8	269.893	74,1
Tonmergelstein, verwittert	4.2	13,00	25,00	12,00	32,5	10,0	70	250	22,0	0,40	20,03	416.490	9,6	1.487.464	13,4
Bei der empfohlenen Gründung ist die geforderte Drehfedersteifigkeit im Zusammenwirken zwischen Fundament und Baugrund gewährleistet!															
<div>K_φ = E_s / [(3/4r³ * [(1+ν) * (1-ν)²] / (1-ν-2ν²))]</div> <div>K_φ : Drehfedersteifigkeit E_s: Steifemodul r: Fundamentradius, bzw. bei quadratischen Fundamenten halbe Kantenlänge (rechnerisch OK-Bodenschicht) ν: Querdehnungszahl des Bodens</div>											Geotechnisches Büro Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH				
											Projekt: Windpark Metelen, Haltern Moddefeld WEA: 1 Typ: V162 5,6MW HH169 m				
											Auftraggeber: Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co.KG Naendorf 1 48629 Metelen				
Berechnung der Drehfedersteifigkeit an den Schichtoberkanten											Gutachten: 19102-01			Anl.: 1.1	

Höhenbezüge		Anlagentyp Fundamenttyp		Funda- ment- ab- mes- sungen	Durch- mes- ser Ø	Höhe h _{ges.}	Funda- ment- unter- kante	Gründungs- sohle (UK-Sau- berkeits- schicht)	geforderte Drehfeder- steifigkeit, statisch k _{φ, stat}	geforderte Drehfeder- steifigkeit, dynamisch k _{φ, dyn}	aufnehm- barer Sohldruck σ _{zul}	zulässige Setzung/ Schiefstellung			
					[m]	[m]	[m u. BZH]	[m u. BZH]	[MNm/rad]	[MNm/rad]	[MN/m²]				
Bezugspunkt (BZP)	Geländeoberkante am Fundamentmittelpunkt	V150 5,6MW HH169 m		außen	24	2,80	0,14	0,24	40.000	200.000	354,5	Schiefstellung ges. Δs [mm]		71	
Bezugshöhe (BZH)	MP = ±0,00 m	Flach mit Auftrieb										Setzungsdifferenz Δs [mm/m]		3,00	
Absolute Höhe BZP [mNHN]	62,8	Kreisfundament										Winkelverdrehung α [°]		0,17	
Schicht Kurzbeschreibung	Nr.	Ober- grenze	Unter- grenze	Schicht- mächtig- keit unter Gründung M	Rei- bungs- winkel φ',k	Kohä- sion c',k	Steifemodul statisch E _{s,stat,k}	Steifemodul dynamisch E _{s,dyn,k}	Wichte γ,k	Quer- dehnungs- zahl ν	wirksamer Radius OK- Schicht r	Drehfeder- steifigkeit, statisch k _{φ, stat}	Aus- nut- zung	Drehfeder- steifigkeit, dynamisch k _{φ, dyn}	Aus- nut- zung
		[m u. BZH]	[m u. BZH]	[m]	[°]	[kN/m²]	[MN/m²]	[MN/m²]	[kN/m³]	[-]	[m]	[MNm/rad]	[%]	[MNm/rad]	[%]
Bodenaustausch(Gesteinsschotter) (Verdichtungsgrad: D _{pr} ≥ 100%)	0.1	0,24	0,74	0,50	37,5	0,0	100	300	20,0	0,30	12,00	188.082	21,3	564.245	35,4
Bodenvermörtelung	0.2	0,74	1,14	0,40	37,5	0,0	70	200	20,0	0,30	12,38	144.693	27,6	413.409	48,4
Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, lagenweise Wurzelreste- mitteldicht	2.1	1,14	1,50	0,36	32,5	0,0	25	120	19,0	0,33	12,69	51.601	77,5	247.682	80,7
Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, mitteldicht bis dicht	2.2	1,50	7,00	5,50	35,0	0,0	35	250	19,0	0,30	12,92	82.158	48,7	586.846	34,1
Wechsellagerung aus Verwitte- rungslehm und Schluff, tonig, san- dig, Fein- Mittelsand, schluffig, steif	3.1	7,00	9,00	2,00	27,5	2,5	15	100	19,0	0,42	16,77	44.872	89,1	299.148	66,9
Verwitterungslehm, tonig, steif	3.2	9,00	11,00	2,00	27,5	5,0	15	100	19,0	0,42	17,81	53.759	74,4	358.391	55,8
Tonmergel, halbfest	4.1	11,00	13,00	2,00	27,5	10,0	15	100	20,0	0,44	18,85	51.286	78,0	341.908	58,5
Tonmergelstein, verwittert	4.2	13,00	25,00	12,00	32,5	10,0	70	250	22,0	0,40	19,89	408.284	9,8	1.458.157	13,7
Bei der empfohlenen Gründung ist die geforderte Drehfedersteifigkeit im Zusammenwirken zwischen Fundament und Baugrund gewährleistet!															
$K_{\varphi} = E_s / [3/4r^3 * [(1+\nu) * (1-\nu)^2] / (1-\nu-2\nu^2)]$ K _φ : Drehfedersteifigkeit E _s : Steifemodul r: Fundamentradius, bzw. bei quadratischen Fundamenten halbe Kantenlänge (rechnerisch OK-Bodenschicht) ν: Querdehnungszahl des Bodens												Geotechnisches Büro Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH			
												Projekt: Windpark Metelen, Haltern Moddefeld WEA: 2 Typ: V150 5,6MW HH169 m			
												Auftraggeber: Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co.KG Naendorf 1 48629 Metelen			
												Gutachten: 19102-01			
Berechnung der Drehfedersteifigkeit an den Schichtoberkanten												Gutachten: 19102-01		Anl.: 1.2	

Höhenbezüge		Anlagentyp Fundamenttyp		Funda- ment- ab- mes- sungen	Durch- mes- ser Ø	Höhe h _{ges.}	Funda- ment- unter- kante	Gründungs- sohle [UK-Sau- berkeits- schicht]	geforderte Drehfeder- steifigkeit, statisch k _{φ, stat}	geforderte Drehfeder- steifigkeit, dynamisch k _{φ, dyn}	aufnehm- barer Sohldruck σ _{zul}	zulässige Setzung/ Schiefstellung			
Bezugspunkt (BZP)	Geländeoberkante am Fundamentmittelpunkt	V162 5,6MW HH148 m		außen	26	3,79	0,38	0,48	36.000	109.000	236	Schiefstellung ges. Δs [mm] 77			
Bezugshöhe (BZH)	MP = ±0,00 m	Flach ohne Auftrieb										Setzungsdifferenz Δs [mm/m] 3,00			
Absolute Höhe BZP [mNHN]	60,3	Kreisfundament										Winkelverdrehung α [°] 0,17			
Schicht Kurzbeschreibung	Nr.	Ober- grenze	Unter- grenze	Schicht- mächtig- keit unter Gründung M	Rei- bungs- winkel φ',k	Kohä- sion c',k	Steifemodul statisch E _{s,stat,k}	Steifemodul dynamisch E _{s,dyn,k}	Wichte γ,k	Quer- dehnungs- zahl ν	wirksamer Radius OK- Schicht r	Drehfeder- steifigkeit, statisch k _{φ, stat}	Aus- nut- zung	Drehfeder- steifigkeit, dynamisch k _{φ, dyn}	Aus- nut- zung
		[m u. BZH]	[m u. BZH]	[m]	[°]	[kN/m²]	[MN/m²]	[MN/m²]	[kN/m³]	[-]	[m]	[MNm/rad]	[%]	[MNm/rad]	[%]
Bodenaustausch[Gesteinsschotter] (Verdichtungsgrad: D _{pr} ≥ 100%)	0.1	0,48	0,84	0,36	37,5	0,0	100	300	20,0	0,30	13,00	239.129	15,1	717.388	15,2
Bodenvermörtelung	0.2	0,84	1,24	0,40	37,5	0,0	70	200	20,0	0,30	13,28	178.289	20,2	509.399	21,4
Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, lagenweise Wurzelreste- mitteldicht	2.1	1,24	1,50	0,26	32,5	0,0	25	120	19,0	0,33	13,58	63.272	56,9	303.705	35,9
Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, mitteldicht bis dicht	2.2	1,50	7,50	6,00	35,0	0,0	35	250	19,0	0,30	13,75	99.007	36,4	707.193	15,4
Wechsellagerung aus Verwitte- rungslehm und Schluff, tonig, san- dig, Fein- Mittelsand, schluffig, steif	3.1	7,50	12,50	5,00	27,5	2,5	15	100	19,0	0,42	17,95	55.016	65,4	366.775	29,7
Verwitterungslehm, tonig, steif	3.2	12,50	13,80	1,30	27,5	5,0	15	100	19,0	0,42	20,55	82.587	43,6	550.581	19,8
Tonmergel, halbfest	4.1	13,80	15,30	1,50	27,5	10,0	15	100	20,0	0,44	21,23	73.225	49,2	488.170	22,3
Tonmergelstein, verwittert	4.2	15,30	25,00	9,70	32,5	10,0	70	250	22,0	0,40	22,01	552.908	6,5	1.974.670	5,5
Bei der empfohlenen Gründung ist die geforderte Drehfedersteifigkeit im Zusammenwirken zwischen Fundament und Baugrund gewährleistet!															
$K_{\varphi} = E_s / [3/4r^3 * [(1+\nu) * (1-\nu)^2] / (1-\nu-2\nu^2)]$ K _φ : Drehfedersteifigkeit E _s : Steifemodul r: Fundamentradius, bzw. bei quadratischen Fundamenten halbe Kantenlänge (rechnerisch OK-Bodenschicht) ν: Querdehnungszahl des Bodens												Geotechnisches Büro Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH			
												Projekt: Windpark Metelen, Haltern Moddefeld WEA: 3 Typ: V162 5,6MW HH148 m			
												Auftraggeber: Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co.KG Naendorf 1 48629 Metelen			
Berechnung der Drehfedersteifigkeit an den Schichtoberkanten												Gutachten: 19102-01		Anl.: 1.3	

Höhenbezüge		Anlagentyp Fundamenttyp		Funda- ment- ab- mes- sungen	Durch- mes- ser Ø	Höhe h _{ges.}	Funda- ment- unter- kante	Gründungs- sohle [UK-Sau- berkeits- schicht]	geforderte Drehfeder- steifigkeit, statisch k _{φ, stat}	geforderte Drehfeder- steifigkeit, dynamisch k _{φ, dyn}	aufnehm- barer Sohldruck σ _{zul}	zulässige Setzung/ Schiefstellung			
Bezugspunkt (BZP)	Geländeoberkante am Fundamentmittelpunkt	V150 5,6MW HH169 m		außen	24	2,80	0,14	0,24	40.000	200.000	354,5	Schiefstellung ges. Δs [mm]		71	
Bezugshöhe (BZH)	MP = ±0,00 m	Flach mit Auftrieb										Setzungsdifferenz Δs [mm/m]		3,00	
Absolute Höhe BZP [mNHN]	61,6	Kreisfundament										Winkelverdrehung α [°]		0,17	
Schicht Kurzbeschreibung	Nr.	Ober- grenze	Unter- grenze	Schicht- mächtig- keit unter Gründung M	Rei- bungs- winkel φ',k	Kohä- sion c',k	Steifemodul statisch E _{s,stat,k}	Steifemodul dynamisch E _{s,dyn,k}	Wichte γ,k	Quer- dehnungs- zahl ν	wirksamer Radius OK- Schicht r	Drehfeder- steifigkeit, statisch k _{φ, stat}	Aus- nut- zung	Drehfeder- steifigkeit, dynamisch k _{φ, dyn}	Aus- nut- zung
		[m u. BZH]	[m u. BZH]	[m]	[°]	[kN/m²]	[MN/m²]	[MN/m²]	[kN/m³]	[-]	[m]	[MNm/rad]	[%]	[MNm/rad]	[%]
Bodenaustausch[Gesteinsschotter] (Verdichtungsgrad: D _{pr} ≥ 100%)	0.1	0,24	0,74	0,50	37,5	0,0	100	300	20,0	0,30	12,00	188.082	21,3	564.245	35,4
Bodenvermörtelung	0.2	0,74	1,14	0,40	37,5	0,0	70	200	20,0	0,30	12,38	144.693	27,6	413.409	48,4
Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, lagenweise Wurzelreste- mitteldicht	2.1	1,14	1,50	0,36	32,5	0,0	25	120	19,0	0,33	12,69	51.601	77,5	247.682	80,7
Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, mitteldicht bis dicht	2.2	1,50	7,00	5,50	35,0	0,0	35	250	19,0	0,30	12,92	82.158	48,7	586.846	34,1
Wechsellagerung aus Verwitte- rungslehm und Schluff, tonig, san- dig, Fein- Mittelsand, schluffig, steif	3.1	7,00	11,00	4,00	27,5	2,5	15	100	19,0	0,42	16,77	44.872	89,1	299.148	66,9
Verwitterungslehm, tonig, steif	3.2	11,00	13,00	2,00	27,5	5,0	15	100	19,0	0,42	18,85	63.747	62,7	424.980	47,1
Tonmergel, halbfest	4.1	13,00	15,50	2,50	27,5	10,0	15	100	20,0	0,44	19,89	60.261	66,4	401.737	49,8
Tonmergelstein, verwittert	4.2	15,50	25,00	9,50	32,5	10,0	70	250	22,0	0,40	21,20	493.765	8,1	1.763.445	11,3
Bei der empfohlenen Gründung ist die geforderte Drehfedersteifigkeit im Zusammenwirken zwischen Fundament und Baugrund gewährleistet!															
$K_{\varphi} = E_s / [3/4r^3 * [(1+\nu) * (1-\nu)^2] / (1-\nu-2\nu^2)]$ K _φ : Drehfedersteifigkeit E _s : Steifemodul r: Fundamentradius, bzw. bei quadratischen Fundamenten halbe Kantenlänge (rechnerisch OK-Bodenschicht) ν: Querdehnungszahl des Bodens												Geotechnisches Büro Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH			
												Projekt: Windpark Metelen, Haltern Moddefeld WEA: 4 Typ: V150 5,6MW HH169 m			
												Auftraggeber: Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co.KG Naendorf 1 48629 Metelen			
Berechnung der Drehfedersteifigkeit an den Schichtoberkanten												Gutachten: 19102-01			Anl.: 1.4

Höhenbezüge		Anlagentyp Fundamenttyp		Funda- ment- ab- mes- sungen	Durch- mes- ser Ø	Höhe h _{ges.}	Funda- ment- unter- kante	Gründungs- sohle [UK-Sau- berkeits- schicht]	geforderte Drehfeder- steifigkeit, statisch k _{φ, stat}	geforderte Drehfeder- steifigkeit, dynamisch k _{φ, dyn}	aufnehm- barer Sohldruck σ _{zul}	zulässige Setzung/ Schiefstellung			
Bezugspunkt (BZP)	Geländeoberkante am Fundamentmittelpunkt	V162 5,6MW HH169 m		außen	24,5	2,90	0,24	0,34	40.000	200.000	360,3	Schiefstellung ges. Δs [mm] 73			
Bezugshöhe (BZH)	MP = ±0,00 m	Flach mit Auftrieb										Setzungsdifferenz Δs [mm/m] 3,00			
Absolute Höhe BZP [mNHN]	61,5	Kreisfundament										Winkelverdrehung α [°] 0,17			
Schicht Kurzbeschreibung	Nr.	Ober- grenze	Unter- grenze	Schicht- mächtig- keit unter Gründung M	Rei- bungs- winkel φ',k	Kohä- sion c',k	Steifemodul statisch E _{s,stat,k}	Steifemodul dynamisch E _{s,dyn,k}	Wichte γ,k	Quer- dehnungs- zahl ν	wirksamer Radius OK- Schicht r	Drehfeder- steifigkeit, statisch k _{φ, stat}	Aus- nut- zung	Drehfeder- steifigkeit, dynamisch k _{φ, dyn}	Aus- nut- zung
		[m u. BZH]	[m u. BZH]	[m]	[°]	[kN/m²]	[MN/m²]	[MN/m²]	[kN/m³]	[-]	[m]	[MNm/rad]	[%]	[MNm/rad]	[%]
Bodenaustausch[Gesteinsschotter] (Verdichtungsgrad: D _{pr} ≥ 100%)	0.1	0,34	0,84	0,50	37,5	0,0	100	300	20,0	0,30	12,25	200.083	20,0	600.250	33,3
Bodenvermörtelung	0.2	0,84	1,24	0,40	37,5	0,0	70	200	20,0	0,30	12,63	153.634	26,0	438.956	45,6
Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, lagenweise Wurzelreste- mitteldicht	2.1	1,24	1,50	0,26	32,5	0,0	25	120	19,0	0,33	12,94	54.711	73,1	262.610	76,2
Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, mitteldicht bis dicht	2.2	1,50	6,00	4,50	35,0	0,0	35	250	19,0	0,30	13,11	85.764	46,6	612.599	32,6
Wechsellagerung aus Verwitte- rungslehm und Schluff, tonig, san- dig, Fein- Mittelsand, schluffig, steif	3.1	6,00	6,70	0,70	27,5	2,5	15	100	19,0	0,42	16,26	40.872	97,9	272.482	73,4
Verwitterungslehm, tonig, steif	3.2	6,70	8,60	1,90	27,5	5,0	15	100	19,0	0,42	16,62	43.683	91,6	291.218	68,7
Tonmergel, halbfest	4.1	8,60	13,00	4,40	27,5	10,0	15	100	20,0	0,44	17,61	41.798	95,7	278.657	71,8
Tonmergelstein, verwittert	4.2	13,00	25,00	12,00	32,5	10,0	70	250	22,0	0,40	19,90	408.694	9,8	1.459.620	13,7
Bei der empfohlenen Gründung ist die geforderte Drehfedersteifigkeit im Zusammenwirken zwischen Fundament und Baugrund gewährleistet!															
$K_{\varphi} = E_s / [3/4r^3 * [(1+\nu) * (1-\nu)^2] / (1-\nu-2\nu^2)]$ K _φ : Drehfedersteifigkeit E _s : Steifemodul r: Fundamentradius, bzw. bei quadratischen Fundamenten halbe Kantenlänge (rechnerisch OK-Bodenschicht) ν: Querdehnungszahl des Bodens												Geotechnisches Büro Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH			
												Projekt: Windpark Metelen, Haltern Moddefeld WEA: 5 Typ: V162 5,6MW HH169 m			
												Auftraggeber: Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co.KG Naendorf 1 48629 Metelen			
Berechnung der Drehfedersteifigkeit an den Schichtoberkanten												Gutachten: 19102-01		Anl.: 1.5	

Höhenbezüge		Anlagentyp Fundamenttyp		Funda- ment- ab- mes- sungen	Durch- mes- ser Ø	Höhe h _{ges.}	Funda- ment- unter- kante	Gründungs- sohle [UK-Sau- berkeits- schicht]	geforderte Drehfeder- steifigkeit, statisch k _{φ, stat}	geforderte Drehfeder- steifigkeit, dynamisch k _{φ, dyn}	aufnehm- barer Sohldruck σ _{zul}	zulässige Setzung/ Schiefstellung			
Bezugspunkt (BZP)	Geländeoberkante am Fundamentmittelpunkt	V150 5,6MW HH148 m		außen	25,3	3,55	0,36	0,46	30.900	163.500	250	Schiefstellung ges. Δs [mm] 75			
Bezugshöhe (BZH)	MP = ±0,00 m	Flach ohne Auftrieb										Setzungsdifferenz Δs [mm/m] 3,00			
Absolute Höhe BZP [mNHN]	63,1	Kreisfundament										Winkelverdrehung α [°] 0,17			
Schicht Kurzbeschreibung	Nr.	Ober- grenze	Unter- grenze	Schicht- mächtig- keit unter Gründung M	Rei- bungs- winkel φ',k	Kohä- sion c',k	Steifemodul statisch E _{s,stat,k}	Steifemodul dynamisch E _{s,dyn,k}	Wichte γ,k	Quer- dehnungs- zahl ν	wirksamer Radius OK- Schicht r	Drehfeder- steifigkeit, statisch k _{φ, stat}	Aus- nut- zung	Drehfeder- steifigkeit, dynamisch k _{φ, dyn}	Aus- nut- zung
		[m u. BZH]	[m u. BZH]	[m]	[°]	[kN/m²]	[MN/m²]	[MN/m²]	[kN/m³]	[-]	[m]	[MNm/rad]	[%]	[MNm/rad]	[%]
Bodenaustausch(Gesteinsschotter) (Verdichtungsgrad: D _{pr} ≥ 100%)	0.1	0,46	0,96	0,50	37,5	0,0	100	300	20,0	0,30	12,65	220.330	14,0	660.991	24,7
Bodenvermörtelung	0.2	0,96	1,36	0,40	37,5	0,0	70	200	20,0	0,30	13,04	168.754	18,3	482.154	33,9
Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, lagenweise Wurzelreste- mitteldicht	2.1	1,36	1,50	0,14	32,5	0,0	25	120	19,0	0,33	13,34	59.963	51,5	287.822	56,8
Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, mitteldicht bis dicht	2.2	1,50	5,80	4,30	35,0	0,0	35	250	19,0	0,30	13,43	92.305	33,5	659.324	24,8
Wechsellagerung aus Verwitte- rungslehm und Schluff, tonig, san- dig, Fein- Mittelsand, schluffig, steif	3.1	5,80	9,80	4,00	27,5	2,5	15	100	19,0	0,42	16,44	42.284	73,1	281.892	58,0
Verwitterungslehm, tonig, steif	3.2	9,80	11,80	2,00	27,5	5,0	15	100	19,0	0,42	18,52	60.469	51,1	403.126	40,6
Tonmergel, halbfest	4.1	11,80	14,70	2,90	27,5	10,0	15	100	20,0	0,44	19,57	57.321	53,9	382.142	42,8
Tonmergelstein, verwittert	4.2	14,70	25,00	10,30	32,5	10,0	70	250	22,0	0,40	21,08	485.381	6,4	1.733.504	9,4
Bei der empfohlenen Gründung ist die geforderte Drehfedersteifigkeit im Zusammenwirken zwischen Fundament und Baugrund gewährleistet!															
<div>K_φ = E_s / [(3/4r³ * [(1+ν) * (1-ν)²] / (1-ν-2ν²))]</div> <div>K_φ : Drehfedersteifigkeit E_s: Steifemodul r: Fundamentradius, bzw. bei quadratischen Fundamenten halbe Kantenlänge (rechnerisch OK-Bodenschicht) ν: Querdehnungszahl des Bodens</div>												Geotechnisches Büro Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH			
												Projekt: Windpark Metelen, Haltern Moddefeld WEA: 6 Typ: V150 5,6MW HH148 m			
												Auftraggeber: Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co.KG Naendorf 1 48629 Metelen			
Berechnung der Drehfedersteifigkeit an den Schichtoberkanten												Gutachten: 19102-01		Anl.: 1.6	

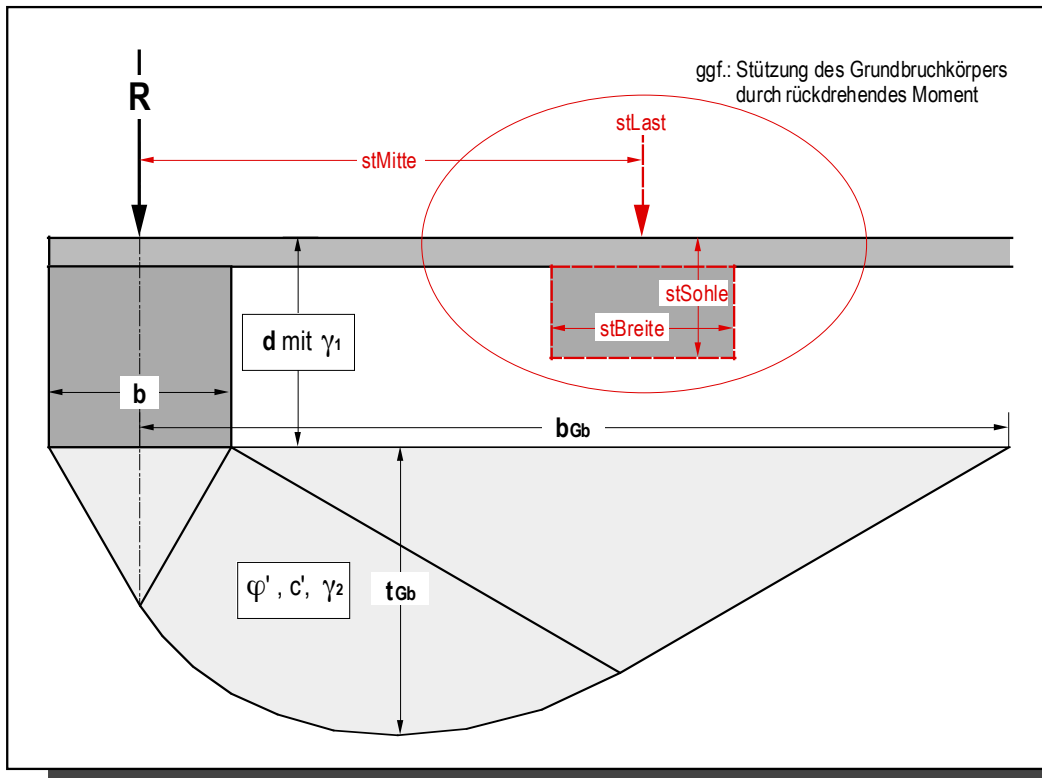
Höhenbezüge		Anlagentyp Fundamenttyp		Funda- ment- ab- mes- sungen	Durch- mes- ser Ø	Höhe h _{ges.}	Funda- ment- unter- kante	Gründungs- sohle [UK-Sau- berkeits- schicht]	geforderte Drehfeder- steifigkeit, statisch k _{φ, stat}	geforderte Drehfeder- steifigkeit, dynamisch k _{φ, dyn}	aufnehm- barer Sohldruck σ _{zul}	zulässige Setzung/ Schiefstellung			
Bezugspunkt (BZP)	Geländeoberkante am Fundamentmittelpunkt	V162 5,6MW HH169 m	außen		24,5	2,90	0,24	0,34	40.000	200.000	360,3	Schiefstellung ges. Δs [mm]	73		
Bezugshöhe (BZH)	MP = ±0,00 m	Flach mit Auftrieb										Setzungsdifferenz Δs [mm/m]	3,00		
Absolute Höhe BZP [mNHN]	63,1	Kreisfundament										Winkelverdrehung α [°]	0,17		
Schicht Kurzbeschreibung	Nr.	Ober- grenze	Unter- grenze	Schicht- mächtig- keit unter Gründung M	Rei- bungs- winkel φ',k	Kohä- sion c',k	Steifemodul statisch E _{s,stat,k}	Steifemodul dynamisch E _{s,dyn,k}	Wichte γ,k	Quer- dehnungs- zahl ν	wirksamer Radius OK- Schicht r	Drehfeder- steifigkeit, statisch k _{φ, stat}	Aus- nut- zung	Drehfeder- steifigkeit, dynamisch k _{φ, dyn}	Aus- nut- zung
		[m u. BZH]	[m u. BZH]	[m]	[°]	[kN/m²]	[MN/m²]	[MN/m²]	[kN/m³]	[-]	[m]	[MNm/rad]	[%]	[MNm/rad]	[%]
Bodenaustausch[Gesteinsschotter] (Verdichtungsgrad: D _{pr} ≥ 100%)	0.1	0,34	0,84	0,50	37,5	0,0	100	300	20,0	0,30	12,25	200.083	20,0	600.250	33,3
Bodenvermörtelung	0.2	0,84	1,24	0,40	37,5	0,0	70	200	20,0	0,30	12,63	153.634	26,0	438.956	45,6
Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, lagenweise Wurzelreste- mitteldicht	2.1	1,24	1,50	0,26	32,5	0,0	25	120	19,0	0,33	12,94	54.711	73,1	262.610	76,2
Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, mitteldicht bis dicht	2.2	1,50	6,10	4,60	35,0	0,0	35	250	19,0	0,30	13,11	85.764	46,6	612.599	32,6
Wechsellagerung aus Verwitte- rungslehm und Schluff, tonig, san- dig, Fein- Mittelsand, schluffig, steif	3.1	6,10	7,00	0,90	27,5	2,5	15	100	19,0	0,42	16,33	41.403	96,6	276.018	72,5
Verwitterungslehm, tonig, steif	3.2	7,00	8,50	1,50	27,5	5,0	15	100	19,0	0,42	16,80	45.070	88,8	300.467	66,6
Tonmergel, halbfest	4.1	8,50	16,00	7,50	27,5	10,0	15	100	20,0	0,44	17,58	41.556	96,3	277.041	72,2
Tonmergelstein, verwittert	4.2	16,00	25,00	9,00	32,5	10,0	70	250	22,0	0,40	21,48	513.944	7,8	1.835.514	10,9
Bei der empfohlenen Gründung ist die geforderte Drehfedersteifigkeit im Zusammenwirken zwischen Fundament und Baugrund gewährleistet!															
$K_{\varphi} = E_s / [3/4r^3 * [(1+\nu) * (1-\nu)^2] / (1-\nu-2\nu^2)]$ K _φ : Drehfedersteifigkeit E _s : Steifemodul r: Fundamentradius, bzw. bei quadratischen Fundamenten halbe Kantenlänge (rechnerisch OK-Bodenschicht) ν: Querdehnungszahl des Bodens											Geotechnisches Büro Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH				
											Projekt: Windpark Metelen, Haltern Moddefeld WEA: 7 Typ: V162 5,6MW HH169 m				
											Auftraggeber: Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co.KG Naendorf 1 48629 Metelen				
Berechnung der Drehfedersteifigkeit an den Schichtoberkanten											Gutachten: 19102-01			Anl.: 1.7	

Höhenbezüge		Anlagentyp Fundamenttyp		Funda- ment- ab- mes- sungen	Durch- mes- ser Ø	Höhe h _{ges.}	Funda- ment- unter- kante	Gründungs- sohle [UK-Sau- berkeits- schicht]	geforderte Drehfeder- steifigkeit, statisch k _{φ, stat}	geforderte Drehfeder- steifigkeit, dynamisch k _{φ, dyn}	aufnehm- barer Sohldruck σ _{zul}	zulässige Setzung/ Schiefstellung			
Bezugspunkt (BZP)	Geländeoberkante am Fundamentmittelpunkt	V162 5,6MW HH169 m	außen		24,5	2,90	0,24	0,34	40.000	200.000	360,3	Schiefstellung ges. Δs [mm]	73		
Bezugshöhe (BZH)	MP = ±0,00 m	Flach mit Auftrieb										Setzungsdifferenz Δs [mm/m]	3,00		
Absolute Höhe BZP [mNHN]	62,3	Kreisfundament										Winkelverdrehung α [°]	0,17		
Schicht Kurzbeschreibung	Nr.	Ober- grenze	Unter- grenze	Schicht- mächtig- keit unter Gründung M	Rei- bungs- winkel φ',k	Kohä- sion c',k	Steifemodul statisch E _{s,stat,k}	Steifemodul dynamisch E _{s,dyn,k}	Wichte γ,k	Quer- dehnungs- zahl ν	wirksamer Radius OK- Schicht r	Drehfeder- steifigkeit, statisch k _{φ, stat}	Aus- nut- zung	Drehfeder- steifigkeit, dynamisch k _{φ, dyn}	Aus- nut- zung
		[m u. BZH]	[m u. BZH]	[m]	[°]	[kN/m²]	[MN/m²]	[MN/m²]	[kN/m³]	[-]	[m]	[MNm/rad]	[%]	[MNm/rad]	[%]
Bodenaustausch[Gesteinsschotter] (Verdichtungsgrad: D _{pr} ≥ 100%)	0.1	0,34	0,84	0,50	37,5	0,0	100	300	20,0	0,30	12,25	200.083	20,0	600.250	33,3
Bodenvermörtelung	0.2	0,84	1,24	0,40	37,5	0,0	70	200	20,0	0,30	12,63	153.634	26,0	438.956	45,6
Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, lagenweise Wurzelreste- mitteldicht	2.1	1,24	1,50	0,26	32,5	0,0	25	120	19,0	0,33	12,94	54.711	73,1	262.610	76,2
Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, mitteldicht bis dicht	2.2	1,50	7,80	6,30	35,0	0,0	35	250	19,0	0,30	13,11	85.764	46,6	612.599	32,6
Wechsellagerung aus Verwitte- rungslehm und Schluff, tonig, san- dig, Fein- Mittelsand, schluffig, steif	3.1	7,80	10,00	2,20	27,5	2,5	15	100	19,0	0,42	17,52	51.134	78,2	340.896	58,7
Verwitterungslehm, tonig, steif	3.2	10,00	12,00	2,00	27,5	5,0	15	100	19,0	0,42	18,66	61.833	64,7	412.223	48,5
Tonmergel, halbfest	4.1	12,00	16,80	4,80	27,5	10,0	15	100	20,0	0,44	19,70	58.545	68,3	390.303	51,2
Tonmergelstein, verwittert	4.2	16,80	25,00	8,20	32,5	10,0	70	250	22,0	0,40	22,20	567.516	7,0	2.026.844	9,9
Bei der empfohlenen Gründung ist die geforderte Drehfedersteifigkeit im Zusammenwirken zwischen Fundament und Baugrund gewährleistet!															
<div>K_φ = E_s / [(3/4r³ * [(1+ν) * (1-ν)²] / (1-ν-2ν²))]</div> <div>K_φ : Drehfedersteifigkeit E_s: Steifemodul r: Fundamentradius, bzw. bei quadratischen Fundamenten halbe Kantenlänge (rechnerisch OK-Bodenschicht) ν: Querdehnungszahl des Bodens</div>											Geotechnisches Büro Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH				
											Projekt: Windpark Metelen, Haltern Moddefeld WEA: 8 Typ: V162 5,6MW HH169 m				
											Auftraggeber: Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co.KG Naendorf 1 48629 Metelen				
Berechnung der Drehfedersteifigkeit an den Schichtoberkanten											Gutachten: 19102-01			Anl.: 1.8	

Höhenbezüge		Anlagentyp Fundamenttyp		Funda- ment- ab- mes- sungen	Durch- mes- ser	Höhe	Funda- ment- unter- kante	Gründungs- sohle (UK-Sau- berkeits- schicht)	geforderte Drehfeder- steifigkeit, statisch	geforderte Drehfeder- steifigkeit, dynamisch	aufnehm- barer Sohldruck	zulässige Setzung/ Schiefstellung			
					\varnothing	$h_{ges.}$			$k_{\varphi, stat}$	$k_{\varphi, dyn}$	σ_{zul}				
					[m]	[m]	[m u. BZH]	[m u. BZH]	[MNm/rad]	[MNm/rad]	[MN/m²]				
Bezugspunkt (BZP)	Geländeoberkante am Fundamentmittelpunkt	V162 5,6MW HH169 m		außen	24,5	2,90	0,24	0,34	40.000	200.000	360,3	Schiefstellung ges. Δs [mm]		73	
Bezugshöhe (BZH)	MP = ±0,00 m	Flach mit Auftrieb										Setzungsdifferenz Δs [mm/m]		3,00	
Absolute Höhe BZP [mNHN]	62,7	Kreisfundament										Winkelverdrehung α [°]		0,17	
Schicht Kurzbeschreibung	Nr.	Ober- grenze	Unter- grenze	Schicht- mächtig- keit unter Gründung M	Rei- bungs- winkel $\varphi'_{,k}$	Kohä- sion $c'_{,k}$	Steifemodul statisch $E_{s,stat,k}$	Steifemodul dynamisch $E_{s,dyn,k}$	Wichte $\gamma_{,k}$	Quer- dehnungs- zahl ν	wirksamer Radius OK- Schicht r	Drehfeder- steifigkeit, statisch $k_{\varphi, stat}$	Aus- nut- zung	Drehfeder- steifigkeit, dynamisch $k_{\varphi, dyn}$	Aus- nut- zung
		[m u. BZH]	[m u. BZH]	[m]	[°]	[kN/m²]	[MN/m²]	[MN/m²]	[kN/m³]	[-]	[m]	[MNm/rad]	[%]	[MNm/rad]	[%]
Bodenaustausch(Gesteinsschotter) (Verdichtungsgrad: D _{pr} ≥ 100%)	0.1	0,34	0,84	0,50	37,5	0,0	100	300	20,0	0,30	12,25	200.083	20,0	600.250	33,3
Bodenvermörtelung	0.2	0,84	1,24	0,40	37,5	0,0	70	200	20,0	0,30	12,63	153.634	26,0	438.956	45,6
Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, lagenweise Wurzelreste- mitteldicht	2.1	1,24	1,50	0,26	32,5	0,0	25	120	19,0	0,33	12,94	54.711	73,1	262.610	76,2
Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, mitteldicht bis dicht	2.2	1,50	7,30	5,80	35,0	0,0	35	250	19,0	0,30	13,11	85.764	46,6	612.599	32,6
Wechsellagerung aus Verwitte- rungslehm und Schluff, tonig, san- dig, Fein- Mittelsand, schluffig, steif	3.1	7,30	8,00	0,70	27,5	2,5	15	100	19,0	0,42	17,17	48.129	83,1	320.863	62,3
Verwitterungslehm, tonig, steif	3.2	8,00	8,80	0,80	27,5	5,0	15	100	19,0	0,42	17,53	51.260	78,0	341.731	58,5
Tonmergel, halbfest	4.1	8,80	15,00	6,20	27,5	10,0	15	100	20,0	0,44	17,95	44.249	90,4	294.994	67,8
Tonmergelstein, verwittert	4.2	15,00	25,00	10,00	32,5	10,0	70	250	22,0	0,40	21,18	492.361	8,1	1.758.433	11,4
Bei der empfohlenen Gründung ist die geforderte Drehfedersteifigkeit im Zusammenwirken zwischen Fundament und Baugrund gewährleistet!															
$K_{\varphi} = E_s / [3/4r^3 * [(1+\nu) * (1-\nu)^2] / (1-\nu-2\nu^2)]$ K_{φ} : Drehfedersteifigkeit E_s : Steifemodul r : Fundamentradius, bzw. bei quadratischen Fundamenten halbe Kantenlänge (rechnerisch OK-Bodenschicht) ν : Querdehnungszahl des Bodens											Geotechnisches Büro Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH				
											Projekt: Windpark Metelen, Haltern Moddefeld WEA: 9 Typ: V162 5,6MW HH169 m				
											Auftraggeber: Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co.KG Naendorf 1 48629 Metelen				
Berechnung der Drehfedersteifigkeit an den Schichtoberkanten											Gutachten: 19102-01			Anl.: 1.9	

Grundbruchberechnungen n. DIN 4017, Teil 1

Mathematica™ Applikation von W.Koppelberg © 1991-2007



Funktionen: DIN4017T1[...], InfoDIN4017T1[...]

InfoDIN4017T1[...];

----- Update: 31.05.2007 -----

FUNKTION:

DIN4017T1[... ,PrintErg->True oder False] Default Input-Dimensionen: m und kN
 PrintErg->False => {Grundbruchspannung[kN/m²], Breite[m], Tiefe[m]} !Bruchkörper!
 PrintErg->True => Ausdruck aller Eingaben und Ergebnisse (Default)

Parameterliste:

[PosNr, a,b,d, phi,c, gamma1,gamma2] oder
 [PosNr, a,b,d, phi,c, gamma1,gamma2,Stützkörper]
 mit Stützkörper:= {stMitte, stBreite, stSohle, stLast}

PosNr: Bezeichnung des Fundamentes

a: Länge des Fundamentes

b: Breite des Fundamentes

d: Einbindetiefe des Fundamentes

ϕ' [°]: Reibungswinkel des Bodens

c' : Kohäsion des Bodens

γ_1 : Wichte Boden über Fundamentsohle

γ_2 : Wichte Boden unter Fundamentsohle

stMitte : Distanz Mitte Fundament - Mitte Stützkörper

stBreite: Breite des Stützkörpers

stSohle : Sohlentiefe des Stützkörpers; stSohle ≤ d

stLast : Stützlinienlast

1. WEA Gründung in: Tragschicht über Sand

■ 1.2 Graphik der zul. Sohlnormalspannung als Funktion der Fundamentbreite

```

dPlatte = 0.00 m; (* Stärke der Bodenplatte *)
d        = 0.24 m; (* Mindesteinbindetiefe incl.SS *)

gamBeton = 25.0 kN/m^3; (* Wichte Beton *)
gamBoden = 11.0 kN/m^3; (* Wichte Boden *)

(* gamma1 als gewichtetes Mittel bestimmen *)
gamma1 = (dPlatte*gamBeton+(d-dPlatte)*gamBoden)/d;
gamma2 = gamBoden;

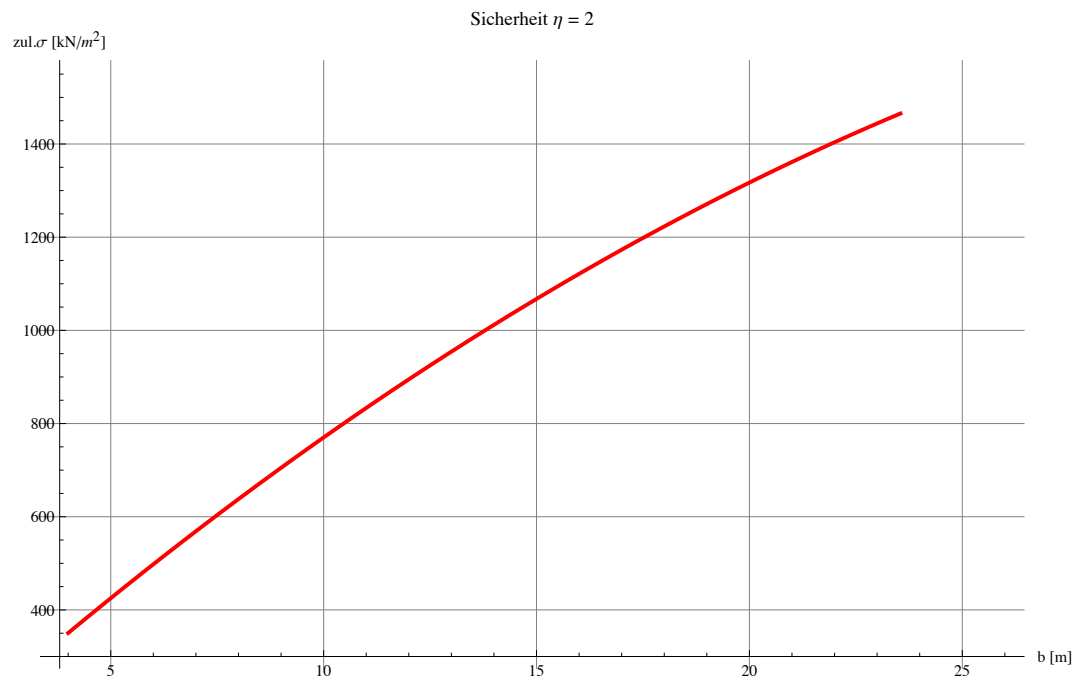
phi = 32.5;
c    = 0 kN/m^2;

a = 26.0 m;

eta = 2;
b = .; bMin = 4; bMax = 26;

Plot[DIN4017T1["POS 1", a,b,d, phi,c,gamma1,gamma2, PrintErg->False][[1]]/eta,{b, bMin, bMax},
GridLines->Automatic, AxesOrigin->{bMin-0.05*bMin,300},
PlotStyle->{Thickness[0.004],RGBColor[1,0,0],Dashing[{1]}],
AxesLabel->{"b [m]","zul.σ [kN/!(m^2)]"},
PlotLabel->StringJoin["Sicherheit η = ",ToString[eta]]]

```



Setzungsberechnungen n. DIN 4019, Teil 1

*Mathematica*TM Applikation von W.Koppelberg

Info[]

```
False: gibt nur Gesamtsetzung s[m] zurück
True : Ausdruck einer Ergebnisliste
PrintErg ->True      True oder False
          z-Wert     : belieb.num.Wert (< Starttiefe)
          Altes,ALTES: Grenztiefe n.ALTES(1976)
          DIN4019    : Grenztiefe n.DIN4019, SigmaVor erf.
          Automatic  : Grenztiefe:= 3b
                      oder z-Wert
Grenztiefe ->Automatic, Automatic, DIN4019, ALTES, Altes
          z-Wert: belieb.num.Wert (≤ Gründungssohle)
          None   : StartTiefe = Gründungssohle
StartTiefe ->None,      None oder z-Wert
          Berücksichtigung der Aushubentlastung?
SigmaEff   ->False,     True oder False
          a) SigmaEff->True,    b) Grenztiefe->DIN4019
          Vorbelastung durch Überlagerung; notwendig,wenn:
SigmaVor    ->None,      {GOK, Gamma, {GWSp, Gamma'}}
          Lage des Fundamentes in einem xy-System
FundPosition->{0, 0, 0}, {x0,y0,Winkel(x,a)}
          Lage des Berechnungspunktes, falls nicht kennz.Pkt.
XYPosition  ->{Automatic},{xPos,yPos}
-----
Name        default      gültige Angaben
=====
```

1. WEA 8: V162 5,6MW HH169m (ungünstigster Fall)

1.1 Bodenpressungen

```
bSigma = {{6.8 m, 360.3 kN/m^2}
};
```

1.2 Listen: Schichtunterkanten - Steifemoduli:

```
GOK   = 100 mNN; (* mittlere Geländehöhe *)
OKKS  = 100 mNN; (* OK Kellersohle *)
GWSp  = 100 mNN; (* mittlerer Wasserspiegel *)

SchichtenFolge = {{99.16mNN, 100.OMN/m^2}, (* 0.1 *)
                  {98.96mNN, 70.OMN/m^2}, (* 0.2 *)
                  {98.50mNN, 25.OMN/m^2}, (* 2.1 *)
                  {92.20mNN, 35.OMN/m^2}, (* 2.2 *)
                  {90.00mNN, 15.OMN/m^2}, (* 3.1 *)
                  {88.50mNN, 15.OMN/m^2}, (* 3.2 *)
                  {83.20mNN, 15.OMN/m^2}, (* 4.1 *)
                  {60.00mNN, 70.OMN/m^2} (* 4.2 *)
};
```

1.3 Listen: Fundamentgeometrie, Gründungssohle und Bodenpressung:

■ Einzelfundamente

```
Lastfaktor = 1;      (* 100% ständige Lasten *)
d           = 0.24;   (* Einbindetiefe einschl. Sauberkeitsschicht *)

PosNr       = "Pos. P1";
P           = 47692 kN; (* Einzellast *)
b           = FbQuadrat[P,bSigma]; (* Breite des Fundamentes *)
a           = b;      (* Länge des Fundamentes *)
zGrSohle    = OKKS-d; (* Gründungssohle *)
sigma       = P/(a*b) Lastfaktor; (* Bodenpressung *)
posFP1      = {PosNr, a,b,d, zGrSohle, sigma};
```

1.4 Bestimmung der Setzungen:

■ 1 Einzelfundamente

CalcSetzung[SchichtenFolge,posFP1,SigmaVor->{GOK,19kN/m³, GWSp,12kN/m³},
SigmaEff->True, GrenzTiefe->ALTES]

ERGEBNISSE DER SETZUNGSBERECHNUNG NACH DIN 4019:

=====

FUNDAMENT: Pos. P1

Länge a [m]: 11.55
Breite b [m]: 11.55
Höhe d [m]: 0.24
Gründungssohle [mNN]: 99.76
Sigma [MN/m²]: 0.358
Belastung GQk [kN]: 47692.

Angaben zur Bestimmung von Sigma(überlagerung):

GOK [mNN]: 100.
Gamma [kN/m³]: 19.
GW-Höhe [mNN]: 100.
Gamma' [kN/m³]: 12.

Berücksichtigung von Fundamentgewicht und Aushubentlastung:

eff.Sigma [MN/m²]: 0.359

Koordinaten für den Berechnungspunkt:

Kennzeichnender Punkt

Grenztiefe für die Setzungsberechnung:

u.Gründungssohle [m]: 9.24
in [mNN]: 90.52

PARTIALSETZUNGEN:

z1=0.m(99.8mNN)	z2=0.6m(99.2mNN)	Es=100.MN/m ²	Δs=0.21cm
z1=0.6m(99.2mNN)	z2=0.8m(99.mNN)	Es=70.MN/m ²	Δs=0.1cm
z1=0.8m(99.mNN)	z2=1.3m(98.5mNN)	Es=25.MN/m ²	Δs=0.61cm
z1=1.3m(98.5mNN)	z2=7.6m(92.2mNN)	Es=35.MN/m ²	Δs=3.38cm
z1=7.6m(92.2mNN)	z2=9.2m(90.5mNN)	Es=15.MN/m ²	Δs=1.26cm

GESAMTSETZUNG: ca. 5.55cm in {x',y'} = {4.27m,4.27m}

2. WEA 3 V162 5,6MW HH148m (ungünstigster Fall)

2.1 Bodenpressungen

```
bSigma = {{7.9m, 236 kN/m^2}
};
```

2.2 Listen: Schichtunterkanten - Steifemoduli:

```
GOK    = 100 mNN; (* mittlere Geländehöhe *)
OKKS    = 100 mNN; (* OK Kellersohle *)
GWSp    = 100 mNN; (* mittlerer Wasserspiegel *)

SchichtenFolge = {{99.16mNN, 100.OMN/m^2}, (* 0.1 *)
                  {98.76mNN, 70.OMN/m^2}, (* 0.2 *)
                  {98.50mNN, 25.OMN/m^2}, (* 2.1 *)
                  {92.50mNN, 35.OMN/m^2}, (* 2.2 *)
                  {87.50mNN, 15.OMN/m^2}, (* 3.1 *)
                  {86.20mNN, 15.OMN/m^2}, (* 3.2 *)
                  {84.70mNN, 15.OMN/m^2}, (* 4.1 *)
                  {50.00mNN, 70.OMN/m^2} (* 4.2 *)
};
```

2.3 Listen: Fundamentgeometrie, Gründungssohle und Bodenpressung:

■ 3.2 Einzelfundamente mit quadratischen Grundflächen

```
Lastfaktor = 1;      (* 100% ständige Lasten *)
d           = 0.34;   (* Einbindetiefe einschl. Sauberkeitsschicht *)

PosNr       = "Pos. P2";
P           = 48801 kN; (* Einzellast *)
b           = FbQuadrat[P,bSigma]; (* Breite des Fundamentes *)
a           = b;      (* Länge des Fundamentes *)
zGrSohle    = OKKS-d; (* Gründungssohle *)
sigma       = P/(a*b) Lastfaktor; (* Bodenpressung *)
posFP2      = {PosNr, a,b,d, zGrSohle, sigma};
```

2.4 Bestimmung der Setzungen:

■ Einzelfundamente

```
CalcSetzung[SchichtenFolge,posFP2,SigmaVor->{GOK,19kN/m^3, GWSp,12kN/m^3},
SigmaEff->True, GrenzTiefe->ALTES]
```

ERGEBNISSE DER SETZUNGSBERECHNUNG NACH DIN 4019:

=====

FUNDAMENT: Pos. P2

```
Länge      a [m]: 14.4
Breite     b [m]: 14.4
Höhe      d [m]: 0.34
Gründungssohle [mNN]: 99.66
Sigma      [MN/m^2]: 0.235
Belastung GQk [kN]: 48801.
```

Angaben zur Bestimmung von Sigma(überlagerung):

```
GOK      [mNN]: 100.
Gamma    [kN/m^3]: 19.
GW-Höhe  [mNN]: 100.
Gamma'   [kN/m^3]: 12.
```

Berücksichtigung von Fundamentgewicht und Aushubentlastung:

```
eff.Sigma [MN/m^2]: 0.237
```

Koordinaten für den Berechnungspunkt:

```
Kennzeichnender Punkt
```

Grenztiefe für die Setzungsberechnung:

```
u.Gründungssohle [m]: 8.82
in [mNN]: 90.84
```

PARTIALSETZUNGEN:

z1=0.m(99.7mNN)	z2=0.5m(99.2mNN)	Es=100.MN/m^2	Δs=0.12cm
z1=0.5m(99.2mNN)	z2=0.9m(98.8mNN)	Es=70.MN/m^2	Δs=0.13cm
z1=0.9m(98.8mNN)	z2=1.2m(98.5mNN)	Es=25.MN/m^2	Δs=0.23cm
z1=1.2m(98.5mNN)	z2=7.2m(92.5mNN)	Es=35.MN/m^2	Δs=2.46cm
z1=7.2m(92.5mNN)	z2=8.8m(90.8mNN)	Es=15.MN/m^2	Δs=1.cm

GESAMTSETZUNG: ca. 3.95cm in {x',y'} = {5.33m,5.33m}

3. WEA 4: V150 5,6MW HH169m (ungünstigster Fall)

3.1 Bodenpressungen

```
bSigma = {{4.55m, 354.5 kN/m^2}
};
```

3.2 Listen: Schichtunterkanten - Steifemoduli:

```
GOK   = 100 mNN; (* mittlere Geländehöhe *)
OKKS  = 100 mNN; (* OK Kellersohle *)
GWSp  = 100 mNN; (* mittlerer Wasserspiegel *)

SchichtenFolge = {{99.26mNN, 100.OMN/m^2}, (* 0.1 *)
                  {98.86mNN, 70.OMN/m^2}, (* 0.2 *)
                  {98.50mNN, 25.OMN/m^2}, (* 2.1 *)
                  {93.00mNN, 35.OMN/m^2}, (* 2.2 *)
                  {89.00mNN, 15.OMN/m^2}, (* 3.1 *)
                  {84.50mNN, 15.OMN/m^2}, (* 3.2 *)
                  {84.50mNN, 15.OMN/m^2}, (* 4.1 *)
                  {60.00mNN, 70.OMN/m^2} (* 4.2 *)
};
```

3.3 Listen: Fundamentgeometrie, Gründungssohle und Bodenpressung:

■ Einzelfundamente

```
Lastfaktor = 1;      (* 100% ständige Lasten *)
d           = 0.24;   (* Einbindetiefe einschl. Sauberkeitsschicht *)

PosNr      = "Pos. P3";
P          = 45292 kN; (* Einzellast *)
b          = FbQuadrat[P,bSigma]; (* Breite des Fundamentes *)
a          = b;       (* Länge des Fundamentes *)
zGrSohle   = OKKS-d;  (* Gründungssohle *)
sigma      = P/(a*b) Lastfaktor; (* Bodenpressung *)
posFP3     = {PosNr, a,b,d, zGrSohle, sigma};
```

3.4 Bestimmung der Setzungen:

■ 1 Einzelfundamente

CalcSetzung[SchichtenFolge,posFP3,SigmaVor->{GOK,19kN/m³, GWSp,12kN/m³},
SigmaEff->True, GrenzTiefe->ALTES]

ERGEBNISSE DER SETZUNGSBERECHNUNG NACH DIN 4019:

=====

FUNDAMENT: Pos. P3

Länge a [m]: 11.3
Breite b [m]: 11.3
Höhe d [m]: 0.24
Gründungssohle [mNN]: 99.76
Sigma [MN/m²]: 0.355
Belastung GQk [kN]: 45 292.

Angaben zur Bestimmung von Sigma(überlagerung):

GOK [mNN]: 100.
Gamma [kN/m³]: 19.
GW-Höhe [mNN]: 100.
Gamma' [kN/m³]: 12.

Berücksichtigung von Fundamentgewicht und Aushubentlastung:

eff.Sigma [MN/m²]: 0.356

Koordinaten für den Berechnungspunkt:

Kennzeichnender Punkt

Grenztiefe für die Setzungsberechnung:

u.Gründungssohle [m]: 9.02
in [mNN]: 90.74

PARTIALSETZUNGEN:

z1=0.m(99.8mNN)	z2=0.5m(99.3mNN)	Es=100.MN/m ²	Δs=0.18cm
z1=0.5m(99.3mNN)	z2=0.9m(98.9mNN)	Es=70.MN/m ²	Δs=0.2cm
z1=0.9m(98.9mNN)	z2=1.3m(98.5mNN)	Es=25.MN/m ²	Δs=0.46cm
z1=1.3m(98.5mNN)	z2=6.8m(93.mNN)	Es=35.MN/m ²	Δs=3.03cm
z1=6.8m(93.mNN)	z2=9.m(90.7mNN)	Es=15.MN/m ²	Δs=1.74cm

GESAMTSETZUNG: ca. 5.6cm in {x',y'} = {4.18m,4.18m}

4. WEA 6: V150 5,6MW HH169m (ungünstigster Fall)

4.1 Bodenpressungen

```
bSigma = {{6.98m, 250 kN/m^2}
};
```

4.2 Listen: Schichtunterkanten - Steifemoduli:

```
GOK    = 100 mNN; (* mittlere Geländehöhe *)
OKKS    = 100 mNN; (* OK Kellersohle *)
GWSp    = 100 mNN; (* mittlerer Wasserspiegel *)

SchichtenFolge = {{99.04mNN, 100.OMN/m^2}, (* 0.1 *)
                  {98.64mNN, 70.OMN/m^2}, (* 0.2 *)
                  {98.50mNN, 25.OMN/m^2}, (* 2.1 *)
                  {94.20mNN, 35.OMN/m^2}, (* 2.2 *)
                  {90.20mNN, 15.OMN/m^2}, (* 3.1 *)
                  {88.20mNN, 15.OMN/m^2}, (* 3.2 *)
                  {83.30mNN, 15.OMN/m^2}, (* 4.1 *)
                  {50.00mNN, 70.OMN/m^2} (* 4.2 *)
};
```

4.3 Listen: Fundamentgeometrie, Gründungssohle und Bodenpressung:

■ 1 Einzelfundamente mit quadratischen Grundflächen

```
Lastfaktor = 1;      (* 100% ständige Lasten *)
d           = 0.24;   (* Einbindetiefe einschl. Sauberkeitsschicht *)

PosNr       = "Pos. P4";
P           = 44140 kN; (* Einzellast *)
b           = FbQuadrat[P,bSigma]; (* Breite des Fundamentes *)
a           = b;      (* Länge des Fundamentes *)
zGrSohle    = OKKS-d; (* Gründungssohle *)
sigma       = P/(a*b) Lastfaktor; (* Bodenpressung *)
posFP4      = {PosNr, a,b,d, zGrSohle, sigma};
```

4.4 Bestimmung der Setzungen:

■ Einzelfundamente

```
CalcSetzung[SchichtenFolge,posFP4,SigmaVor->{GOK,19kN/m^3, GWSp,12kN/m^3},
SigmaEff->True, GrenzTiefe->ALTES]
```

ERGEBNISSE DER SETZUNGSBERECHNUNG NACH DIN 4019:

=====

FUNDAMENT: Pos. P4

```
Länge      a [m]: 13.3
Breite     b [m]: 13.3
Höhe      d [m]: 0.24
Gründungssohle [mNN]: 99.76
Sigma      [MN/m^2]: 0.25
Belastung GQk [kN]: 44140.
```

Angaben zur Bestimmung von Sigma(überlagerung):

```
GOK      [mNN]: 100.
Gamma    [kN/m^3]: 19.
GW-Höhe  [mNN]: 100.
Gamma'   [kN/m^3]: 12.
```

Berücksichtigung von Fundamentgewicht und Aushubentlastung:

```
eff.Sigma [MN/m^2]: 0.251
```

Koordinaten für den Berechnungspunkt:

```
Kennzeichnender Punkt
```

Grenztiefe für die Setzungsberechnung:

```
u.Gründungssohle [m]: 8.68
in [mNN]: 91.08
```

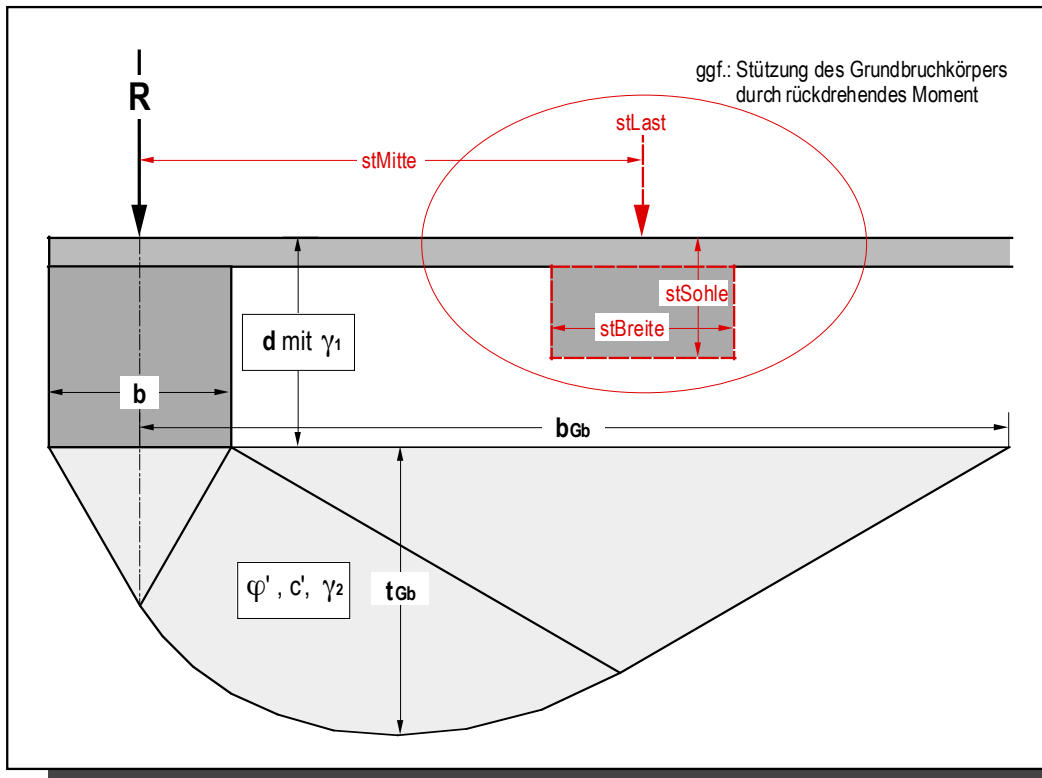
PARTIALSETZUNGEN:

z1=0.m(99.8mNN)	z2=0.7m(99.mNN)	Es=100.MN/m^2	Δs=0.18cm
z1=0.7m(99.mNN)	z2=1.1m(98.6mNN)	Es=70.MN/m^2	Δs=0.14cm
z1=1.1m(98.6mNN)	z2=1.3m(98.5mNN)	Es=25.MN/m^2	Δs=0.13cm
z1=1.3m(98.5mNN)	z2=5.6m(94.2mNN)	Es=35.MN/m^2	Δs=1.96cm
z1=5.6m(94.2mNN)	z2=8.7m(91.1mNN)	Es=15.MN/m^2	Δs=2.05cm

GESAMTSETZUNG: ca. 4.45cm in {x',y'} = {4.92m,4.92m}

Grundbruchberechnungen n. DIN 4017, Teil 1

Mathematica™ Applikation von W.Koppelberg © 1991-2007



Funktionen: DIN4017T1[...], InfoDIN4017T1[...]

InfoDIN4017T1[...];

----- Update: 31.05.2007 -----

FUNKTION:

DIN4017T1[... ,PrintErg->True oder False] Default Input-Dimensionen: m und kN
 PrintErg->False => {Grundbruchspannung[kN/m²], Breite[m], Tiefe[m]} !Bruchkörper!
 PrintErg->True => Ausdruck aller Eingaben und Ergebnisse (Default)

Parameterliste:

[PosNr, a,b,d, phi,c, gamma1,gamma2] oder
 [PosNr, a,b,d, phi,c, gamma1,gamma2,Stützkörper]
 mit Stützkörper:= {stMitte, stBreite, stSohle, stLast}

PosNr: Bezeichnung des Fundamentes

a: Länge des Fundamentes

b: Breite des Fundamentes

d: Einbindetiefe des Fundamentes

φ' [°]: Reibungswinkel des Bodens

c' : Kohäsion des Bodens

γ_1 : Wichte Boden über Fundamentsohle

γ_2 : Wichte Boden unter Fundamentsohle

stMitte : Distanz Mitte Fundament - Mitte Stützkörper

stBreite: Breite des Stützkörpers

stSohle : Sohlentiefe des Stützkörpers; stSohle ≤ d

stLast : Stützlinienlast

■ 1.1 Graphik der zul. Sohlnormalspannung als Funktion der Fundamentbreite

```

dPlatte = 0.0 m; (* Stärke der Bodenplatte *)
d        = 1 cm; (* Mindesteinbindetiefe incl.SS *)

gamBeton = 25.0 kN/m^3; (* Wichte Beton *)
gamBoden = 11.0 kN/m^3; (* Wichte Boden *)

(* gamma1 als gewichtetes Mittel bestimmen *)
gamma1 = (dPlatte*gamBeton+(d-dPlatte)*gamBoden)/d;
gamma2 = gamBoden;

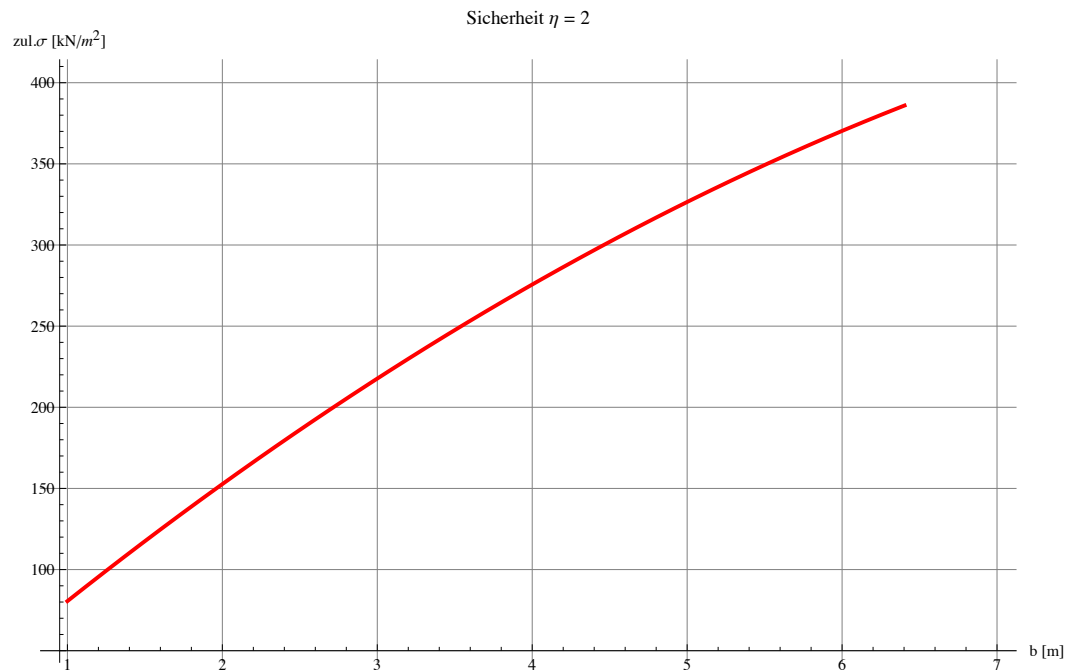
phi = 32.5;
c    = 0 kN/m^2;

a = 7.0 m;

eta = 2;
b = .; bMin = 1; bMax = 7;

Plot[DIN4017T1["POS 1", a,b,d, phi,c,gamma1,gamma2, PrintErg->False][[1]]/eta,{b, bMin, bMax},
GridLines->Automatic, AxesOrigin->{bMin-0.05*bMin,50},
PlotStyle->{Thickness[0.004],RGBColor[1,0,0],Dashing[{1]}],
AxesLabel->{"b [m]","zul.σ [kN/!\(m^2\)}"},
PlotLabel->StringJoin["Sicherheit η = ",ToString[eta]]]

```



Setzungsberechnungen n. DIN 4019, Teil 1

*Mathematica*TM Applikation von W.Koppelberg

----- Version 1.7, (C) W.Koppelberg 1988-2013 -----

```

=====
Info[{1}]:
=====
Geologisches System
Liste: {{z1,Es1},{z2,Es2}, .. ,{zn,EsN}}
zi[mNN] (oder Planhöhe); Esi[MN/m^2]
Liste wird nach fallenden zi sortiert!

=====
Info[{2}]:
=====
Angaben für das Fundament
Liste: {PosNr, a,b,d, zGründungsSohle, Sigma0}
      "POS 007", a,b,d [m], zGründungsSohle [mNN], Sigma0 [MN/m^2]}

=====
Info[{3}]:
=====
Name          default      gültige Angaben
-----
XYPosition    ->{Automatic},{xPos,yPos}
              Lage des Berechnungspunktes, falls nicht kennz.Pkt.
FundPosition ->{0, 0, 0}, {x0,y0,Winkel(x,a)}
              Lage des Fundamentes in einem xy-System
SigmaVor      ->None,      {GOK, Gamma, {GWSp, Gamma'}}
              Vorbelastung durch Überlagerung; notwendig,wenn:
              a) SigmaEff->True,   b) GrenzTiefe->DIN4019
SigmaEff      ->False,     True oder False
              Berücksichtigung der Aushubentlastung?
StartTiefe    ->None,      None oder z-Wert
              None : StartTiefe = Gründungssohle
              z-Wert: belieb.num.Wert (<= Gründungssohle)
GrenzTiefe    ->Automatic, Automatic, DIN4019, ALTES, Altes
              oder z-Wert
              Automatic : Grenztiefe:= 3b
              DIN4019   : Grenztiefe n.DIN4019, SigmaVor erf.
              Altes,ALTES: Grenztiefe n.ALTES(1976)
              z-Wert    : belieb.num.Wert (< Starttiefe)
PrintErg      ->True       True oder False
              True : Ausdruck einer Ergebnisliste
              False: gibt nur Gesamtsetzung s[m] zurück

```

1. Listen: Schichtunterkanten - Steifemoduli:

```

bSigma = {{1.0m, 100 kN/m^2},
           {2.0m, 160 kN/m^2},
           {3.0m, 220 kN/m^2},
           {4.0m, 270 kN/m^2},
           {5.0m, 320 kN/m^2},
           {6.0m, 370 kN/m^2}
          };

GOK    = 100.2 mNN; (* mittlere Geländehöhe *)
OKRF   = 100.2 mNN; (* OK Rohfußboden *)
GWSp   = 99.0 mNN; (* mittlerer Wasserspiegel *)

(* günstigste Kombination der Steifemoduli *)

SchichtenFolge1 = {{99.5mNN, 120.0MN/m^2}, (* TS *)
                   {99.1mNN, 45.0MN/m^2}, (* Planum *)
                   {98.5mNN, 35.0MN/m^2}, (* S, h' *)
                   {94.0mNN, 45.0MN/m^2}, (* S *)
                   {93.0mNN, 15.0MN/m^2}, (* L *)
                   {90.0mNN, 15.0MN/m^2}, (* U/TMGL *)
                   {70.0mNN, 70.0MN/m^2} (* TMGLSt *)
                  };

(* ungünstigste Kombination der Steifemoduli *)

SchichtenFolge2 = {{99.5mNN, 120.0MN/m^2}, (* TS *)
                   {99.1mNN, 45.0MN/m^2}, (* Planum *)
                   {98.5mNN, 25.0MN/m^2}, (* S, h' *)
                   {94.0mNN, 35.0MN/m^2}, (* S *)
                   {90.0mNN, 10.0MN/m^2}, (* L *)
                   {85.0mNN, 15.0MN/m^2}, (* U/TMGL *)
                   {70.0mNN, 70.0MN/m^2} (* TMGLSt *)
                  };

```

2. Listen: Fundamentgeometrie, Gründungssohle und Bodenpressung:

■ Streckenlasten auf Platte

```

Lastfaktor = 1;          (* 100% der Lasten sind ständige, setzungsrelevante Lasten *)
d           = 0.20 m;    (* Plattenstärke *)
dWand       = 2 m;       (* Kettenbreite *)

PosNr       = "Pos. GQk = 1";
GQk         = 250 kN/m;   (* Streckenlast *)
a           = 8 m;        (* Länge des Fundamentes *)
b           = FbStreifen[GQk,bSigma]; (* Breite des Fundamentes *)
zGrSohle    = OKRF-d;     (* Gründungssohle *)
sigma       = GQk/b Lastfaktor; (* Bodenpressung *)
posFq1={PosNr, a,b,d, zGrSohle, sigma};

```

■ Einzellasten auf Platte

```

Lastfaktor = 1;          (* 100% der Lasten sind ständige, setzungsrelevante Lasten *)
d           = 0.20 m;    (* Plattenstärke *)
dWand       = 2 m;       (* Kettenbreite *)

PosNr       = "Pos. P1";
P           = 4000 kN;    (* Einzellast *)
b           = FbQuadrat[P,bSigma]; (* Breite des Fundamentes *)
a           = b;          (* Länge des Fundamentes *)
zGrSohle    = OKRF-d;     (* Gründungssohle *)
sigma       = P/(a*b) Lastfaktor; (* Bodenpressung *)
posFP1     = {PosNr, a,b,d, zGrSohle, sigma};

```

3. Bestimmung der Setzungen:

■ 3.1 Günstigste Kombination der Steifemoduli: Setzungen und Bettungsmoduli

SchichtenFolge = SchichtenFolge1;

CalcSetzung[SchichtenFolge,posFq1,SigmaVor->{GOK,19kN/m³, GWSp,12kN/m³},
SigmaEff->False, GrenzTiefe->DIN4019]

ERGEBNISSE DER SETZUNGSBERECHNUNG NACH DIN 4019:

=====

FUNDAMENT: Pos. GQk = 1

Länge a [m]: 8.
Breite b [m]: 1.7
Höhe d [m]: 0.2
Gründungssohle [mNN]: 100.
Sigma [MN/m²]: 0.147
Belastung GQk [kN]: 2000.

Angaben zur Bestimmung von Sigma(überlagerung):

GOK [mNN]: 100.2
Gamma [kN/m³]: 19.
GW-Höhe [mNN]: 99.
Gamma' [kN/m³]: 12.

Koordinaten für den Berechnungspunkt:

Kennzeichnender Punkt

Grenztiefe für die Setzungsberechnung:

u.Gründungssohle [m]: 5.72
in [mNN]: 94.28

PARTIALSETZUNGEN:

z1=0.m(100.mNN)	z2=0.5m(99.5mNN)	Es=120.MN/m ²	Δs=0.05cm
z1=0.5m(99.5mNN)	z2=0.9m(99.1mNN)	Es=45.MN/m ²	Δs=0.08cm
z1=0.9m(99.1mNN)	z2=1.5m(98.5mNN)	Es=35.MN/m ²	Δs=0.13cm
z1=1.5m(98.5mNN)	z2=5.7m(94.3mNN)	Es=45.MN/m ²	Δs=0.29cm

GESAMTSETZUNG: ca. 0.56cm in {x',y'} = {2.96m,0.63m}

CalcSetzung[SchichtenFolge,posFP1,SigmaVor->{GOK,19kN/m³, GWSp,12kN/m³},
SigmaEff->False, GrenzTiefe->DIN4019]

ERGEBNISSE DER SETZUNGSBERECHNUNG NACH DIN 4019:

=====

FUNDAMENT: Pos. P1

Länge a [m]: 3.9
Breite b [m]: 3.9
Höhe d [m]: 0.2
Gründungssohle [mNN]: 100.
Sigma [MN/m²]: 0.263
Belastung GQk [kN]: 4000.

Angaben zur Bestimmung von Sigma(überlagerung):

GOK [mNN]: 100.2
Gamma [kN/m³]: 19.
GW-Höhe [mNN]: 99.
Gamma' [kN/m³]: 12.

Koordinaten für den Berechnungspunkt:

Kennzeichnender Punkt

Grenztiefe für die Setzungsberechnung:

u.Gründungssohle [m]: 8.34
in [mNN]: 91.66

PARTIALSETZUNGEN:

z1=0.m(100.mNN)	z2=0.5m(99.5mNN)	Es=120.MN/m ²	Δs=0.1cm
z1=0.5m(99.5mNN)	z2=0.9m(99.1mNN)	Es=45.MN/m ²	Δs=0.17cm
z1=0.9m(99.1mNN)	z2=1.5m(98.5mNN)	Es=35.MN/m ²	Δs=0.25cm
z1=1.5m(98.5mNN)	z2=6.m(94.mNN)	Es=45.MN/m ²	Δs=0.69cm
z1=6.m(94.mNN)	z2=7.m(93.mNN)	Es=15.MN/m ²	Δs=0.22cm
z1=7.m(93.mNN)	z2=8.3m(91.7mNN)	Es=15.MN/m ²	Δs=0.23cm

GESAMTSETZUNG: ca. 1.66cm in {x',y'} = {1.44m,1.44m}

■ 3.2 Ungünstigste Kombination der Steifemoduli: Setzungen und Bettungsmoduli

SchichtenFolge = SchichtenFolge2;

CalcSetzung[SchichtenFolge,posFq1,SigmaVor->{GOK,19kN/m³, GWSp,12kN/m³},
SigmaEff->False, GrenzTiefe->DIN4019]

ERGEBNISSE DER SETZUNGSBERECHNUNG NACH DIN 4019:

=====

FUNDAMENT: Pos. GQk = 1

Länge a [m]: 8.
Breite b [m]: 1.7
Höhe d [m]: 0.2
Gründungssohle [mNN]: 100.
Sigma [MN/m²]: 0.147
Belastung GQk [kN]: 2000.

Angaben zur Bestimmung von Sigma(überlagerung):

GOK [mNN]: 100.2
Gamma [kN/m³]: 19.
GW-Höhe [mNN]: 99.
Gamma' [kN/m³]: 12.

Koordinaten für den Berechnungspunkt:

Kennzeichnender Punkt

Grenztiefe für die Setzungsrechnung:

u.Gründungssohle [m]: 5.72
in [mNN]: 94.28

PARTIALSETZUNGEN:

z1=0.m(100.mNN)	z2=0.5m(99.5mNN)	Es=120.MN/m ²	Δs=0.05cm
z1=0.5m(99.5mNN)	z2=0.9m(99.1mNN)	Es=45.MN/m ²	Δs=0.08cm
z1=0.9m(99.1mNN)	z2=1.5m(98.5mNN)	Es=25.MN/m ²	Δs=0.18cm
z1=1.5m(98.5mNN)	z2=5.7m(94.3mNN)	Es=35.MN/m ²	Δs=0.38cm

GESAMTSETZUNG: ca. 0.69cm in {x',y'} = {2.96m,0.63m}

CalcSetzung[SchichtenFolge,posFP1,SigmaVor->{GOK,19kN/m³, GWSp,12kN/m³},
SigmaEff->False, GrenzTiefe->DIN4019]

ERGEBNISSE DER SETZUNGSBERECHNUNG NACH DIN 4019:

=====

FUNDAMENT: Pos. P1

Länge a [m]: 3.9
Breite b [m]: 3.9
Höhe d [m]: 0.2
Gründungssohle [mNN]: 100.
Sigma [MN/m²]: 0.263
Belastung GQk [kN]: 4000.

Angaben zur Bestimmung von Sigma(überlagerung):

GOK [mNN]: 100.2
Gamma [kN/m³]: 19.
GW-Höhe [mNN]: 99.
Gamma' [kN/m³]: 12.

Koordinaten für den Berechnungspunkt:

Kennzeichnender Punkt

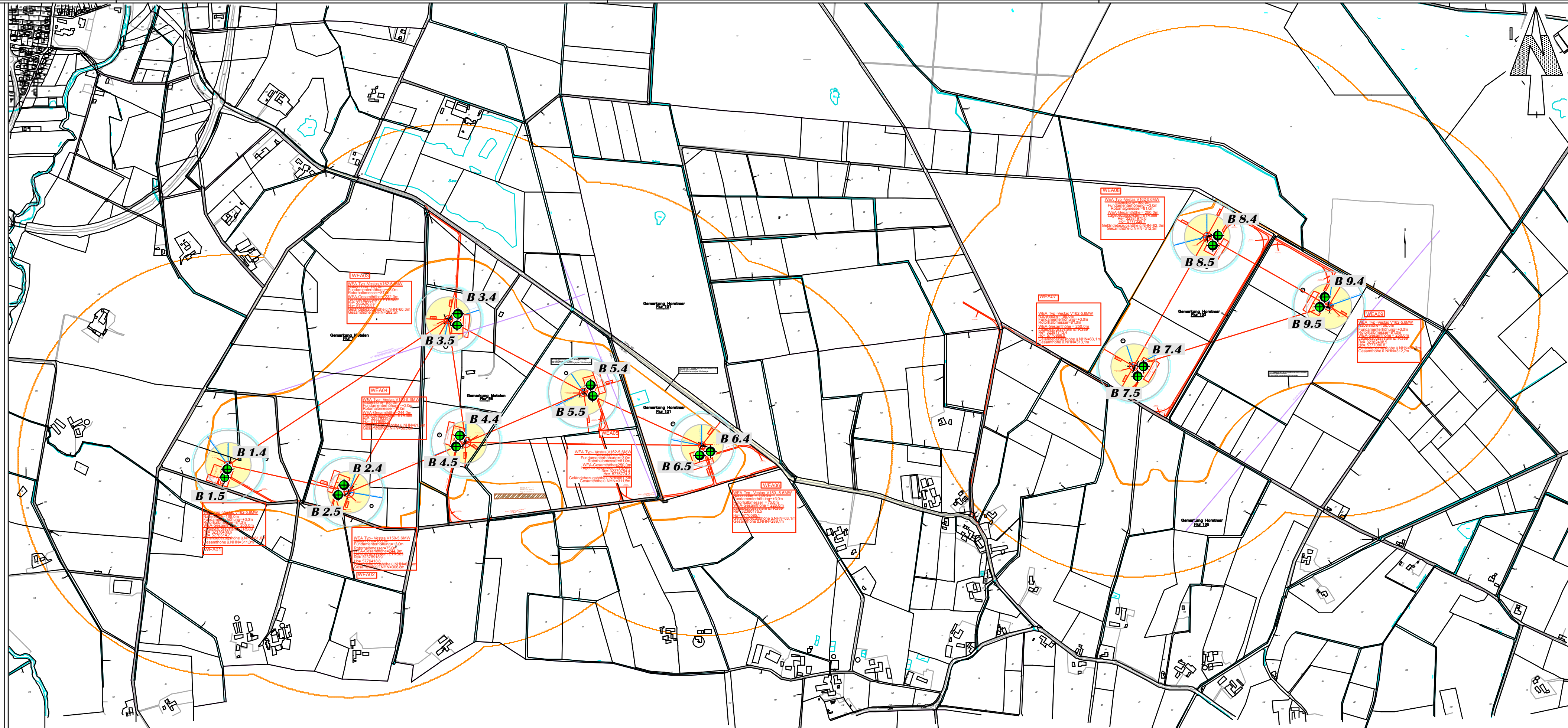
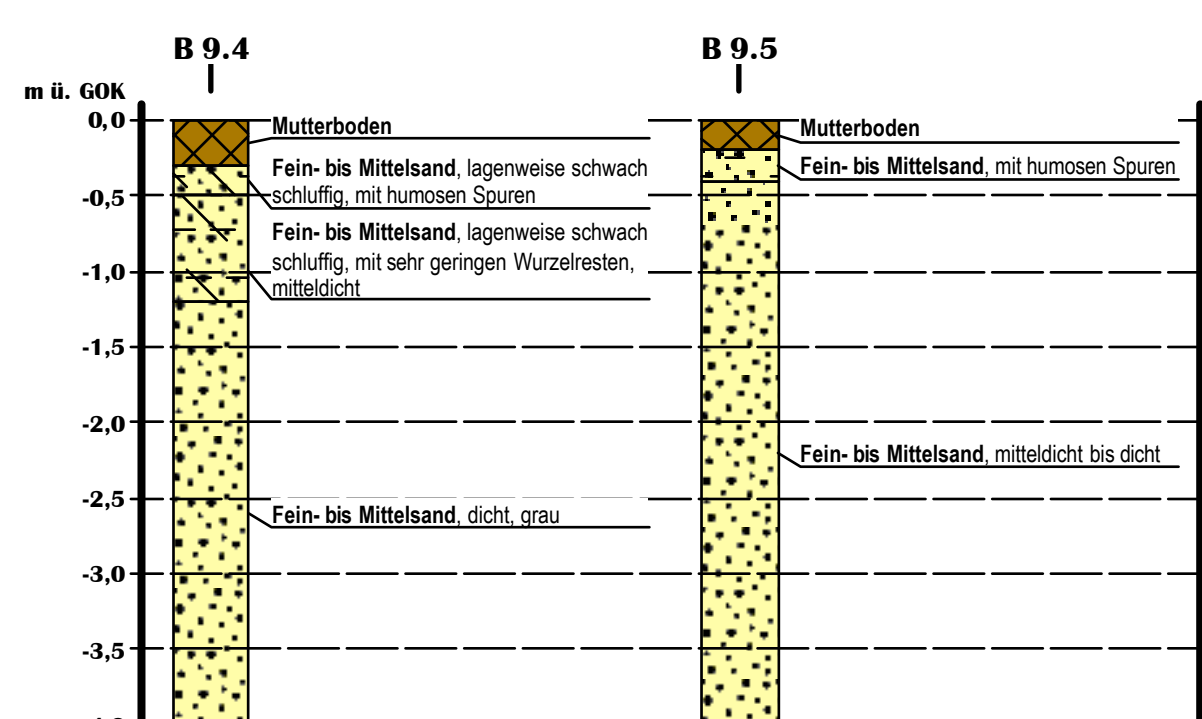
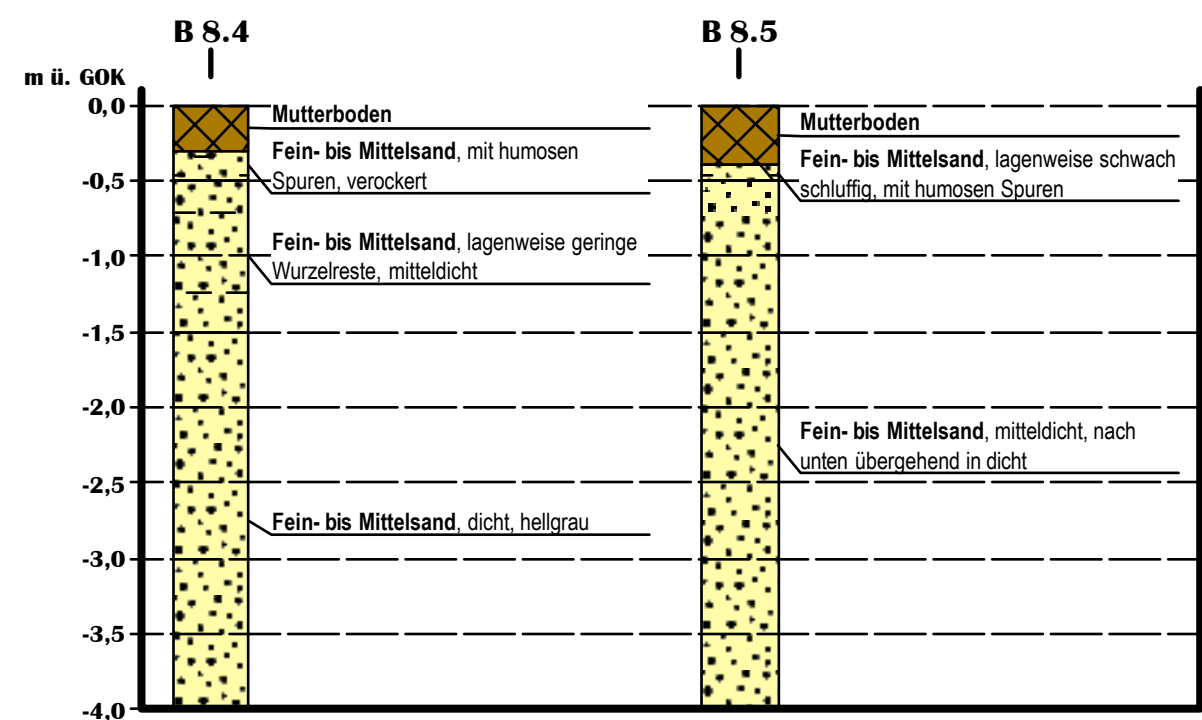
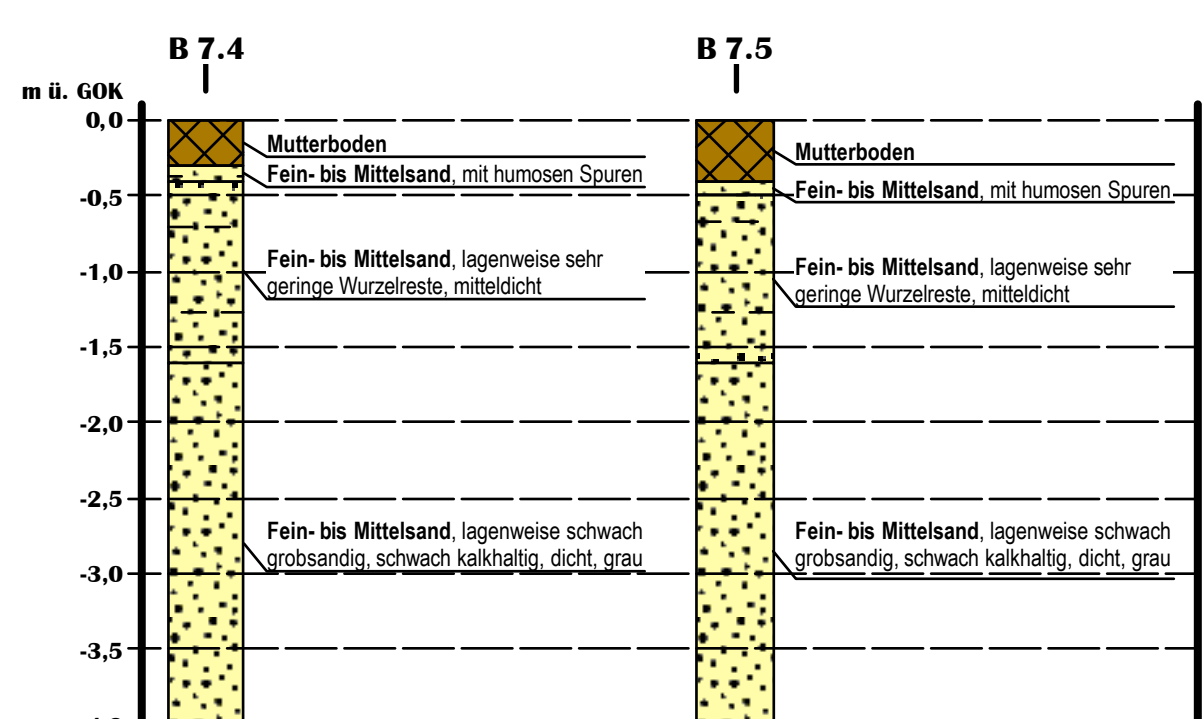
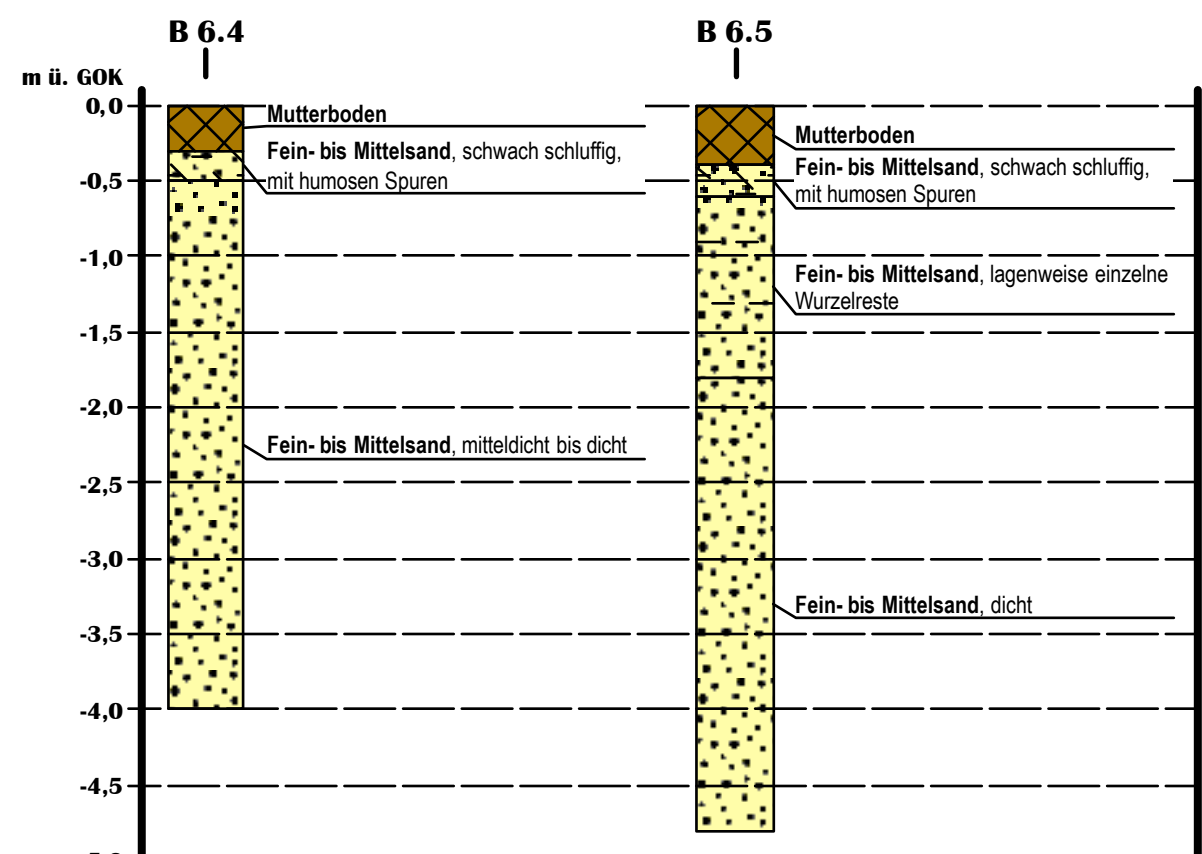
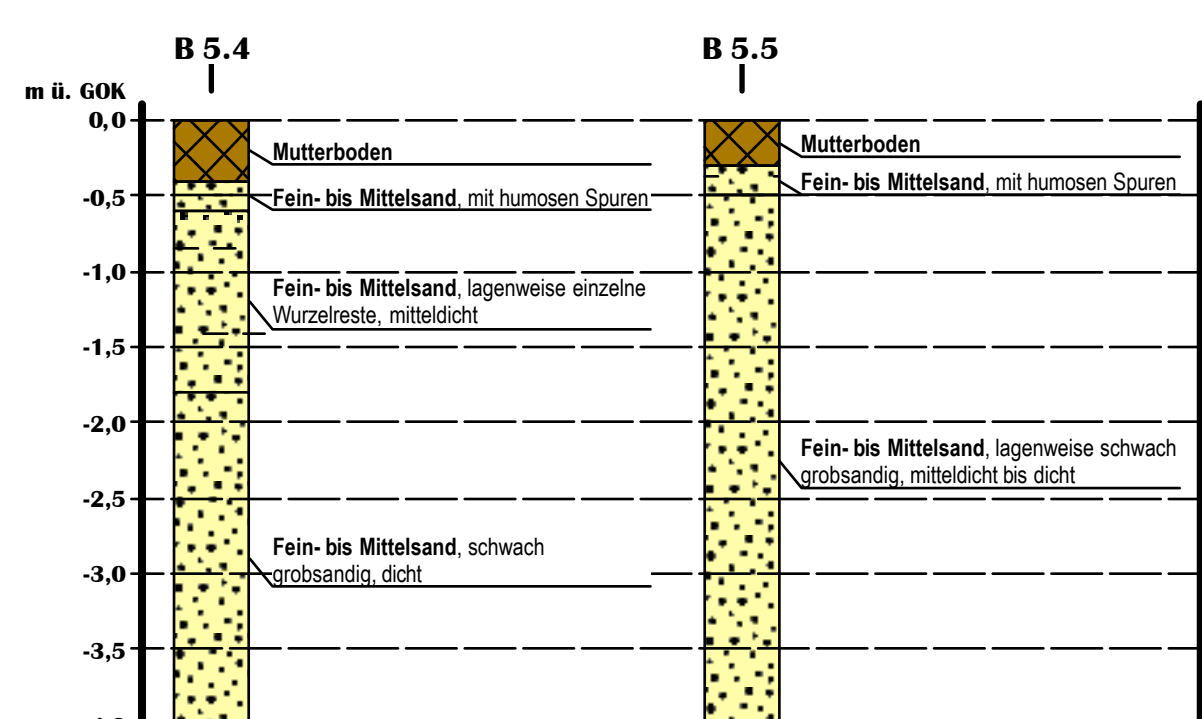
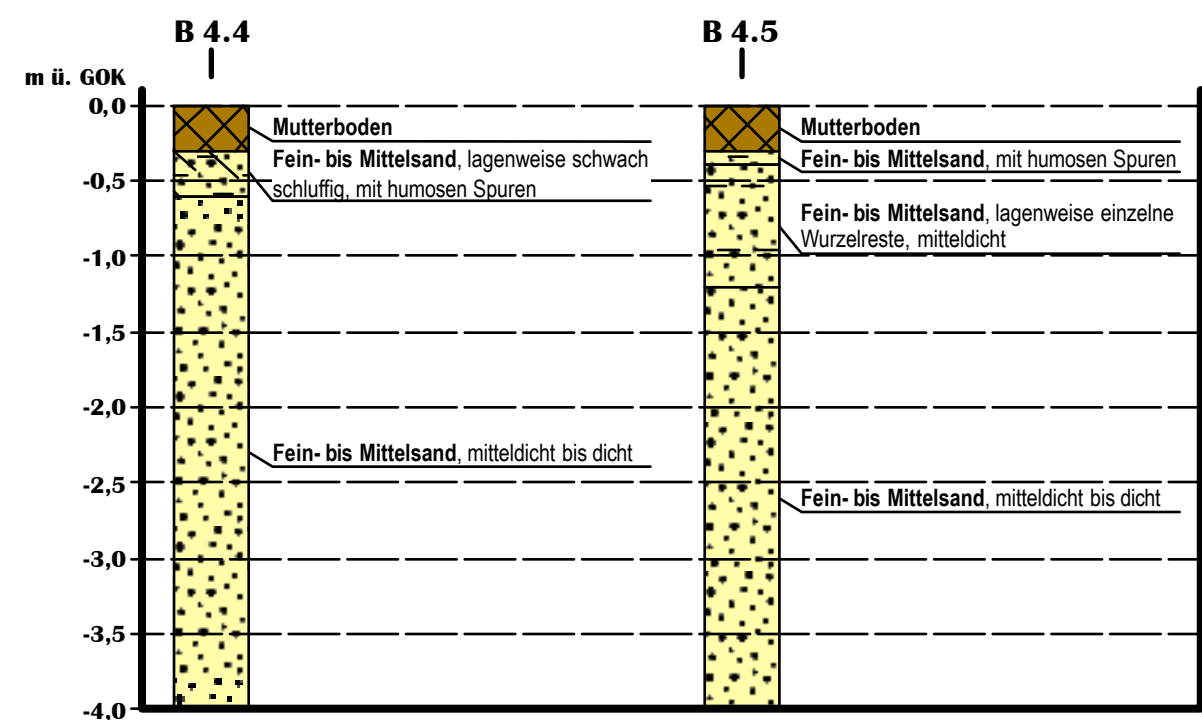
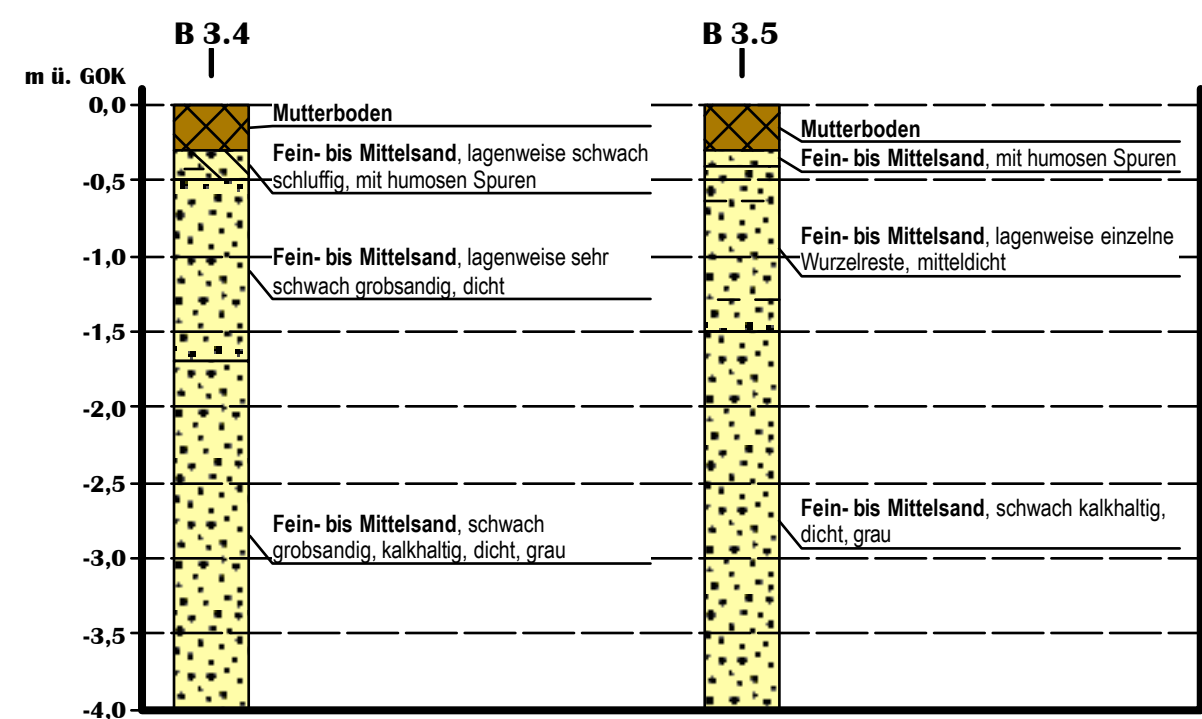
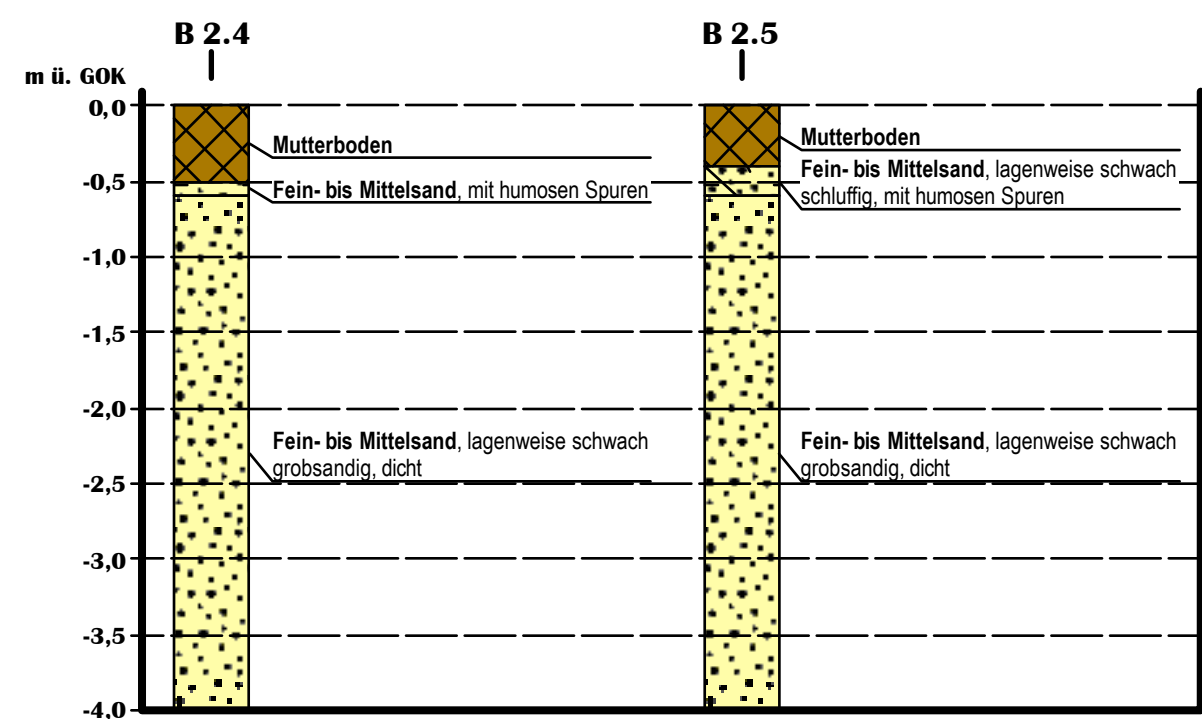
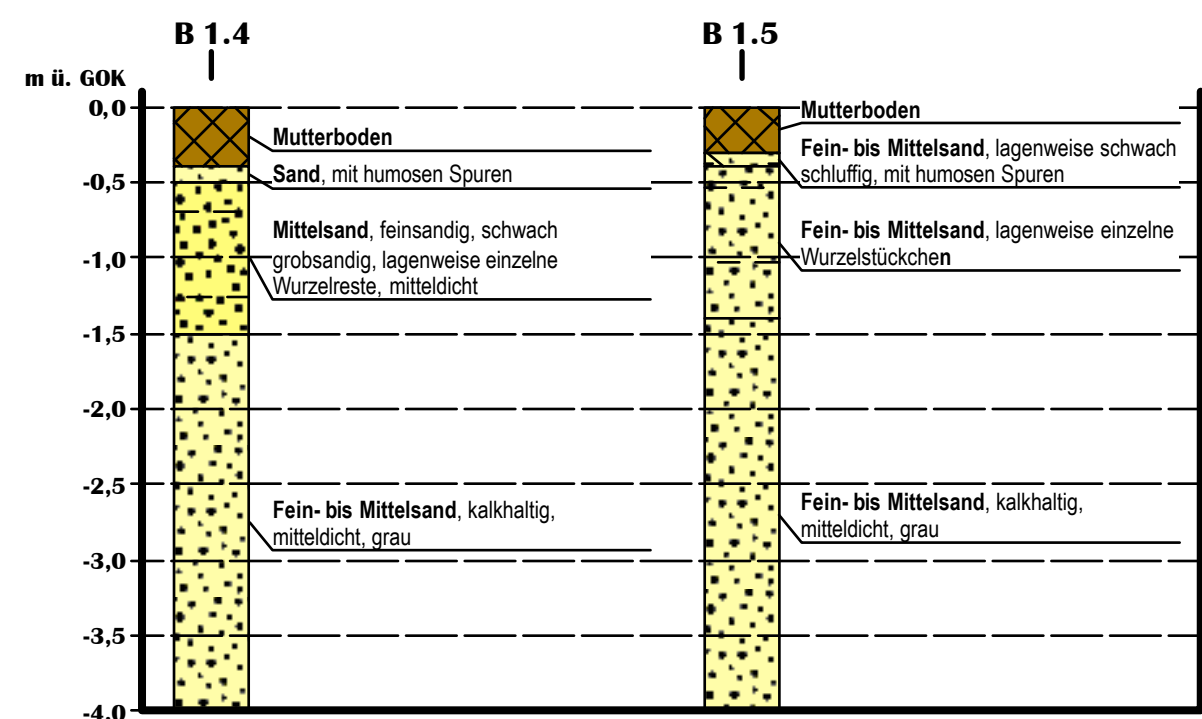
Grenztiefe für die Setzungsrechnung:

u.Gründungssohle [m]: 8.34
in [mNN]: 91.66

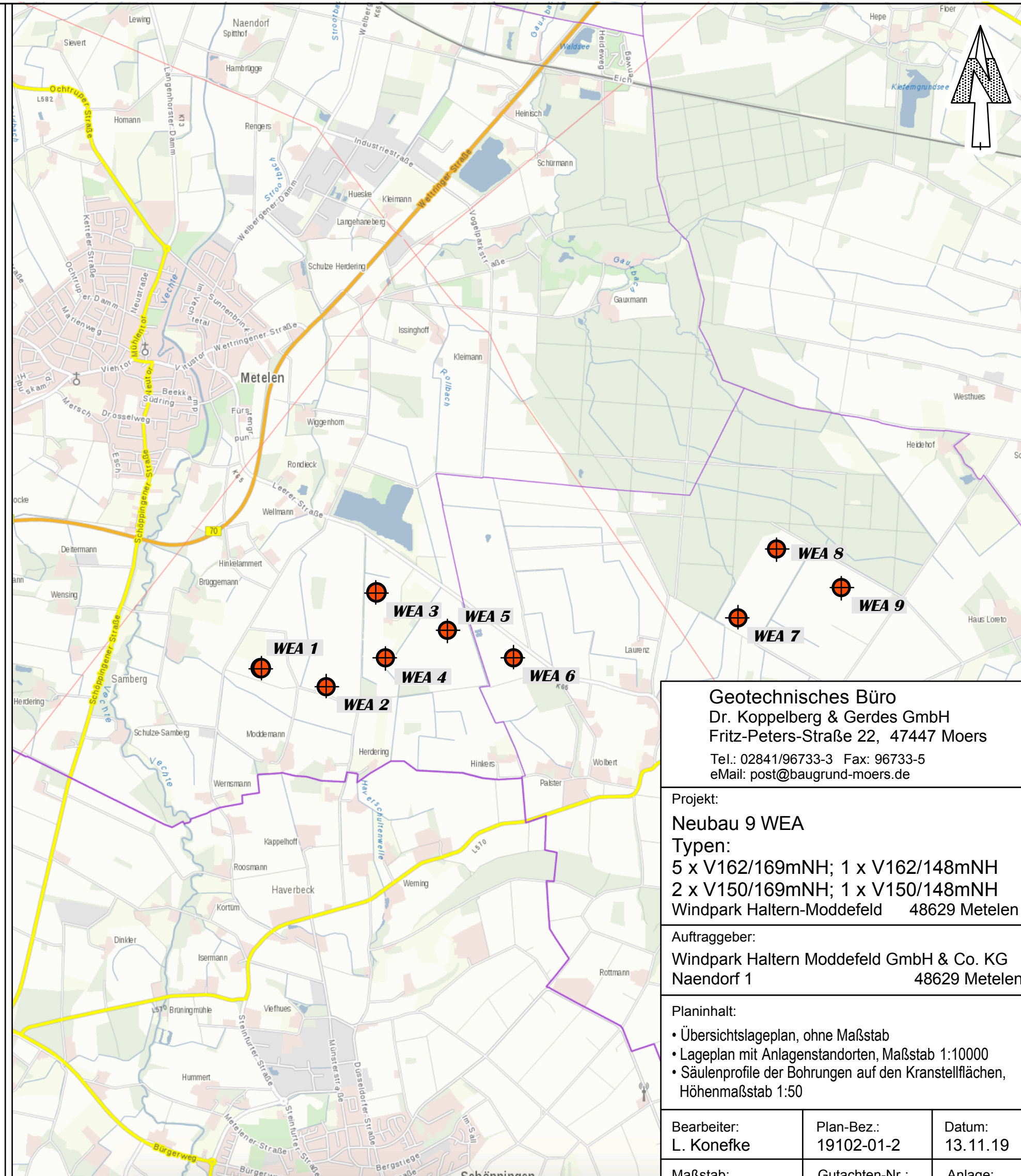
PARTIALSETZUNGEN:

z1=0.m(100.mNN)	z2=0.5m(99.5mNN)	Es=120.MN/m ²	Δs=0.1cm
z1=0.5m(99.5mNN)	z2=0.9m(99.1mNN)	Es=45.MN/m ²	Δs=0.17cm
z1=0.9m(99.1mNN)	z2=1.5m(98.5mNN)	Es=25.MN/m ²	Δs=0.35cm
z1=1.5m(98.5mNN)	z2=6.m(94.mNN)	Es=35.MN/m ²	Δs=0.89cm
z1=6.m(94.mNN)	z2=8.3m(91.7mNN)	Es=10.MN/m ²	Δs=0.67cm

GESAMTSETZUNG: ca. 2.18cm in {x',y'} = {1.44m,1.44m}

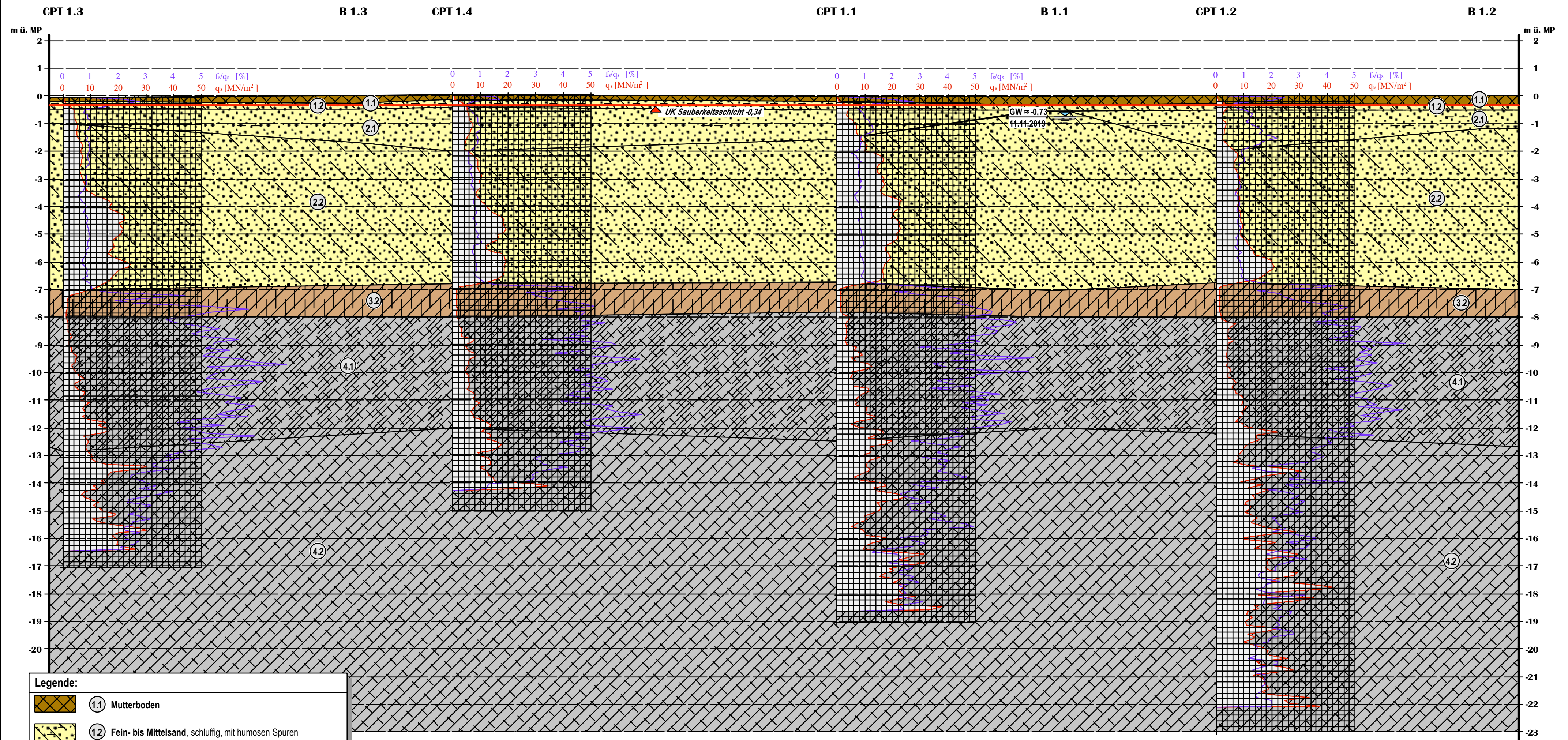


Lageplan mit den Anlagenstandorten, Maßstab 1:10000



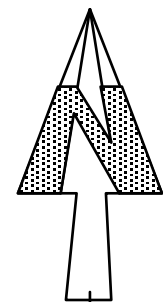
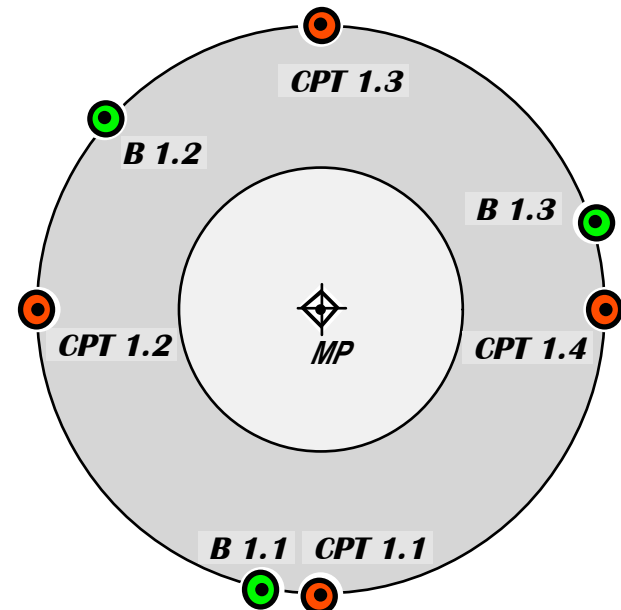
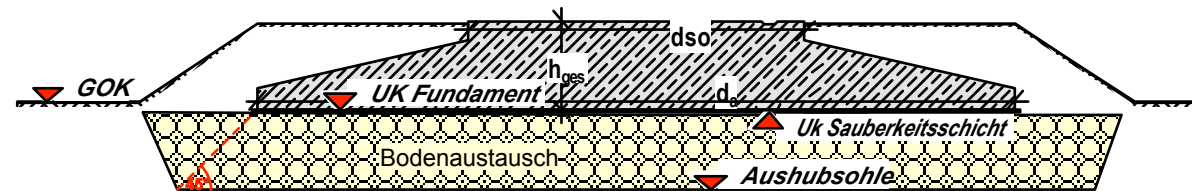
Geotechnisches Büro Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH Fritz-Peters-Straße 22, 47447 Moers Tel.: 02841/96733-3 Fax: 96733-5 eMail: post@baugrund-moers.de		
Projekt: Neubau 9 WEA		
Typen: 5 x V162/169mNH; 1 x V162/148mNH 2 x V150/169mNH; 1 x V150/148mNH Windpark Haltern-Moddefeld 48629 Metelen		
Auftraggeber: Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co. KG Naendorf 1 48629 Metelen		
Planinhalt: • Übersichtslegeplan, ohne Maßstab • Lageplan mit Anlagenstandorten, Maßstab 1:10000 • Säulenprofile der Bohrungen auf den Kranstellflächen, Höhenmaßstab 1:50		
Bearbeiter: L. Konefke	Plan-Bez.: 19102-01-2	Datum: 13.11.19
Maßstab:	Gutachten-Nr.: 19102	Anlage: 2

Säulenprofile der Bohrungen auf den Kranstellflächen, Höhenmaßstab 1:50



- Legende:**
- 1.1 Mutterboden
 - 1.2 Fein- bis Mittelsand, schluffig, mit humosen Spuren
 - 2.1 Fein- bis Mittelsand, lagenweise Wurzelreste, mitteldicht
 - 2.2 Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, schwach kalkhaltig, mitteldicht bis dicht
 - 3.1 Wechsellagerung aus Verwitterungslehm und Schluff, tonig, sandig, lagenweise Fein- bis Mittelsand, schluffig, steif, übergehend in steif bis halbfest
 - 3.2 Verwitterungslehm, tonig, steif bis halbfest
 - 4.1 Tonmergel, halbfest bis fest
 - 4.2 Tonmergelstein, stark verwittert

Fundamentgeometrie	V162-5,6/ 169mNH
	Flachgründung
Außendurchmesser da [m]	24,500
Sockeldurchmesser dso [m]	10,900
Fundamenthöhe hges [m]	2,900
Unterkante Fundament [m ü. GOK]	-0,240
Unterkante Sauberkeitsschicht [m ü. GOK]	-0,340



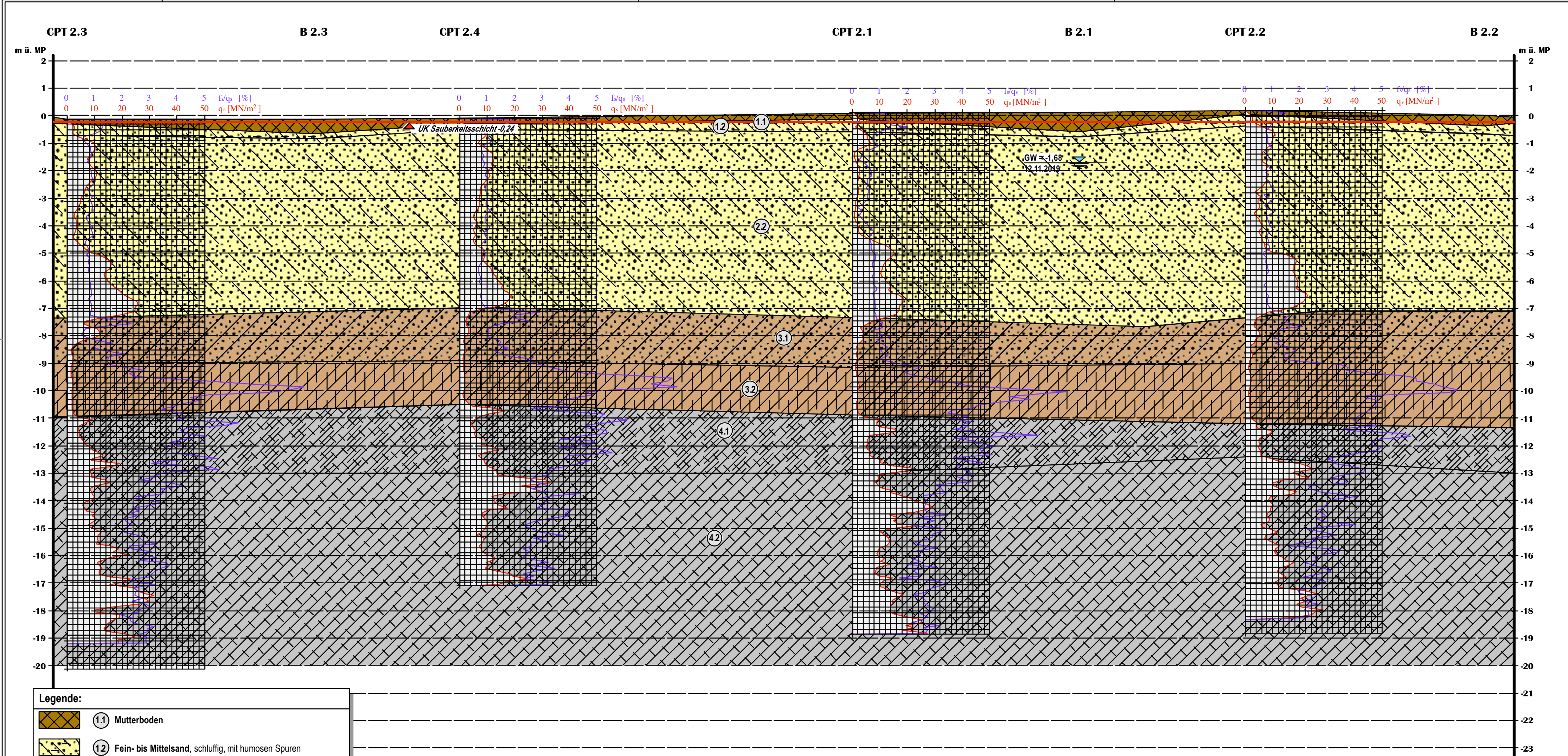
Geotechnisches Büro
Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH
Fritz-Peters-Straße 22, 47447 Moers
Tel.: 02841/96733-3 Fax: 96733-5
eMail: post@baugrund-moers.de


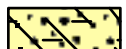






Projekt:
Neubau 9 WEA
Typen:
5 x V162/169mNH; 1 x V162/148mNH
2 x V150/169mNH; 1 x V150/148mNH
Windpark Haltern-Moddefeld 48629 Metelen

Auftraggeber:
Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co. KG
Naendorf 1 48629 Metelen

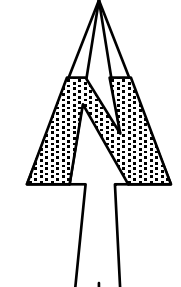
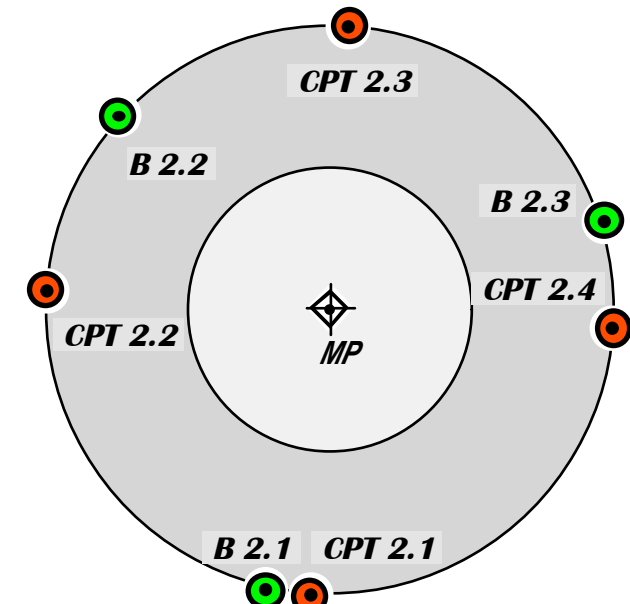
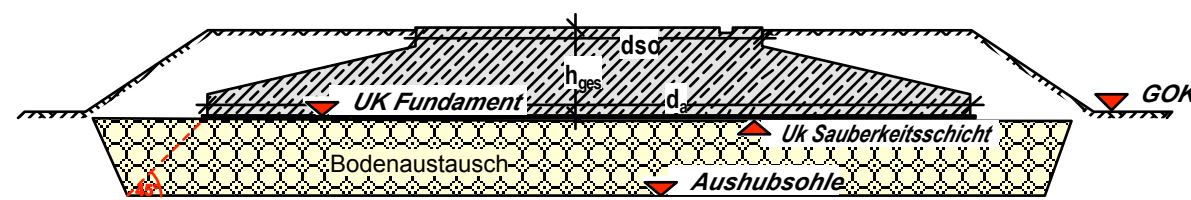
Planinhalt:
• Fundamentaufsicht mit Untersuchungen, o.M.
• Schemaschnitt durch das Fundament, o.M.
• Interpoliertes Schichtenprofil, Maßstab 1:~100
• Ergebnisse der Drucksondierungen

Bearbeiter: L. Konefke	Plan-Bez.: 19102-01-3.1	Datum: 13.11.19
WEA 1	Gutachten-Nr.: 19102	Anlage: 3.1



- Legende:**
-  1.1 Mutterboden
 -  1.2 Fein- bis Mittelsand, schluffig, mit humosen Spuren
 -  2.1 Fein- bis Mittelsand, lagenweise Wurzelreste, mitteldicht
 -  2.2 Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, schwach kalkhaltig, mitteldicht bis dicht
 -  3.1 Wechsellagerung aus Verwitterungslehm und Schluff, tonig, sandig, lagenweise Fein- bis Mittelsand, schluffig, steif, übergehend in steif bis halbfest
 -  3.2 Verwitterungslehm, tonig, steif bis halbfest
 -  4.1 Tonmergel, halbfest bis fest
 -  4.2 Tonmergelstein, stark verwittert

Fundamentgeometrie		V150-5,6 HH169m
		Flachgründung
Außendurchmesser d_a [m]		24,000
Sockeldurchmesser d_{so} [m]		10,900
Fundamenthöhe h_{ges} [m]		2,800
Unterkante Fundament [m ü. GOK]		-0,140
Unterkante Sauberkeitsschicht [m ü. GOK]		-0,240



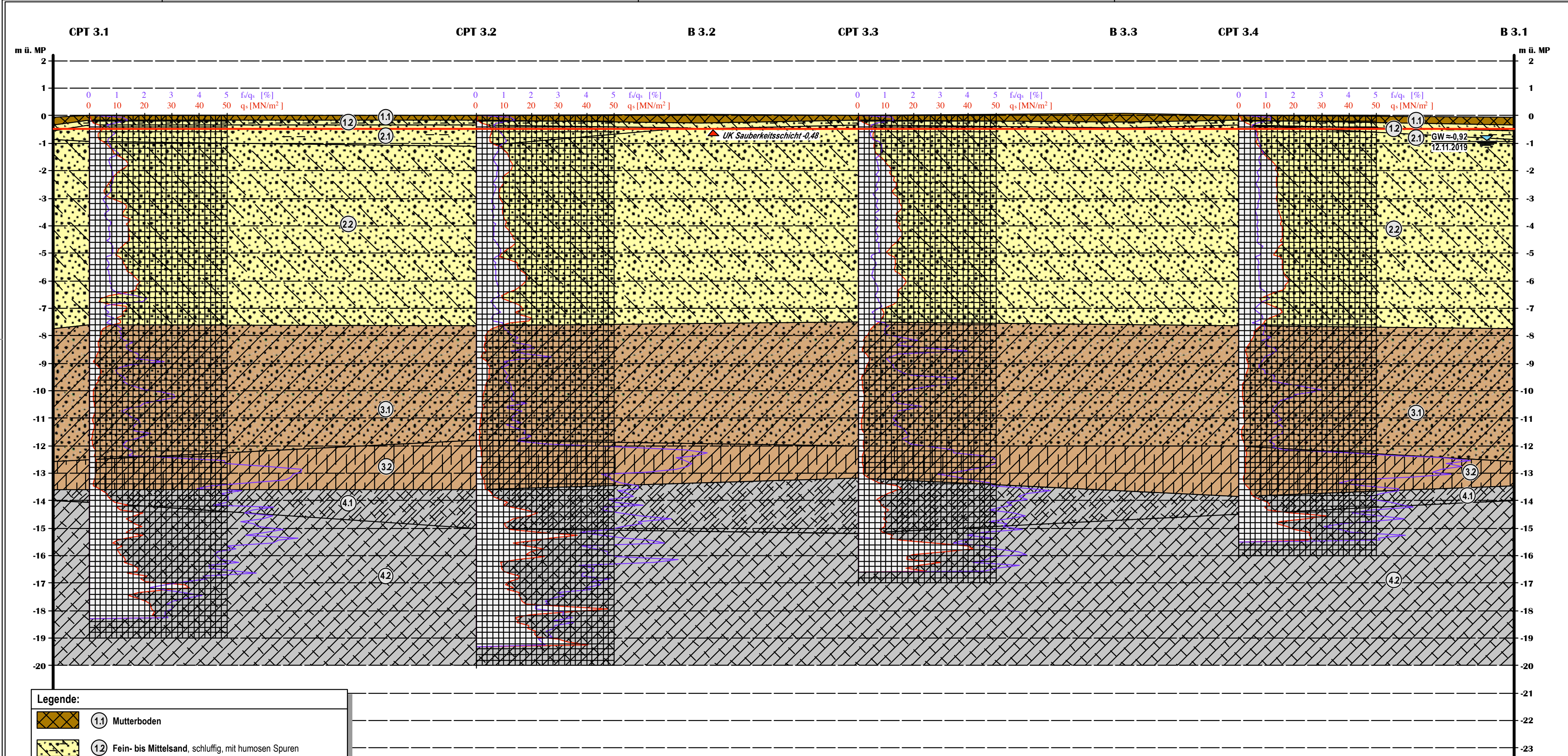
Geotechnisches Büro
Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH
Fritz-Peters-Straße 22, 47447 Moers
Tel.: 02841/96733-3 Fax: 96733-5
eMail: post@baugrund-moers.de

Projekt:
Neubau 9 WEA
Typen:
5 x V162/169mNH; 1 x V162/148mNH
2 x V150/169mNH; 1 x V150/148mNH
Windpark Haltern-Moddefeld 48629 Metelen

Auftraggeber:
Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co. KG
Naendorf 1 48629 Metelen

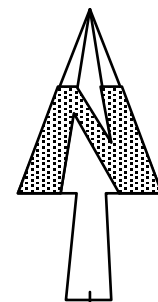
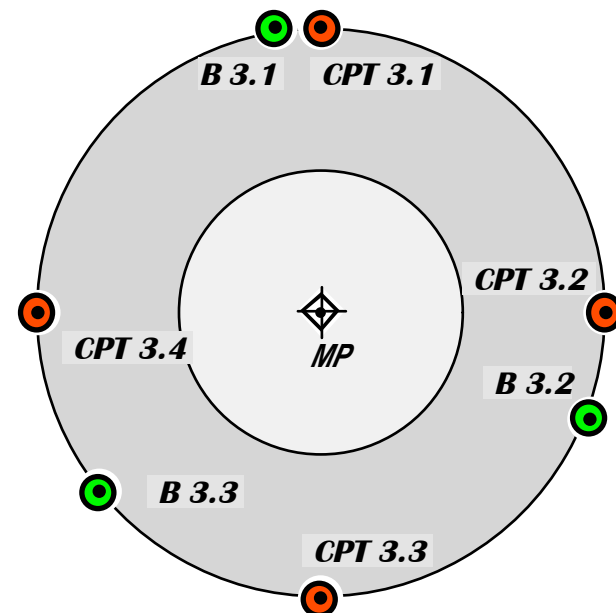
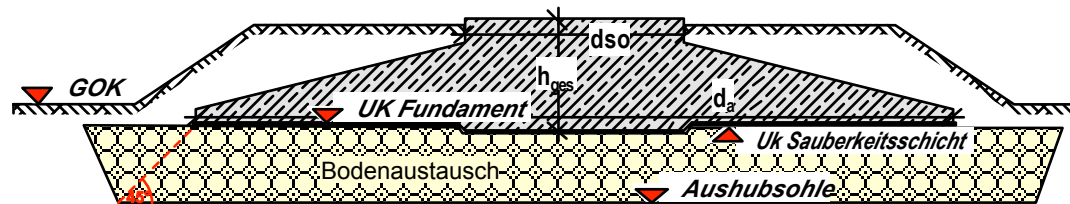
Planinhalt:
• Fundamentaufsicht mit Untersuchungen, o.M.
• Schemaschnitt durch das Fundament, o.M.
• Interpoliertes Schichtenprofil, Maßstab 1:~100
• Ergebnisse der Drucksondierungen

Bearbeiter: L. Konefke	Plan-Bez.: 19102-01-3.2	Datum: 13.11.19
WEA 2	Gutachten-Nr.: 19102	Anlage: 3.2



- Legende:**
- 1.1 Mutterboden
 - 1.2 Fein- bis Mittelsand, schluffig, mit humosen Spuren
 - 2.1 Fein- bis Mittelsand, lagenweise Wurzelreste, mitteldicht
 - 2.2 Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, schwach kalkhaltig, mitteldicht bis dicht
 - 3.1 Wechsellagerung aus Verwitterungslehm und Schluff, tonig, sandig, lagenweise Fein- bis Mittelsand, schluffig, steif, übergehend in steif bis halbfest
 - 3.2 Verwitterungslehm, tonig, steif bis halbfest
 - 4.1 Tonmergel, halbfest bis fest
 - 4.2 Tonmergelstein, stark verwittert

Fundamentgeometrie	V162-5,6/ 148 mNH
	Flachgründung
Außendurchmesser da [m]	26,000
Sockeldurchmesser dso [m]	7,600
Fundamenthöhe hges [m]	3,790
Unterkante Fundament außen [m ü. GOK]	-0,380
Unterkante Sauberkeitsschicht innen/außen [m ü. GOK]	-0,480



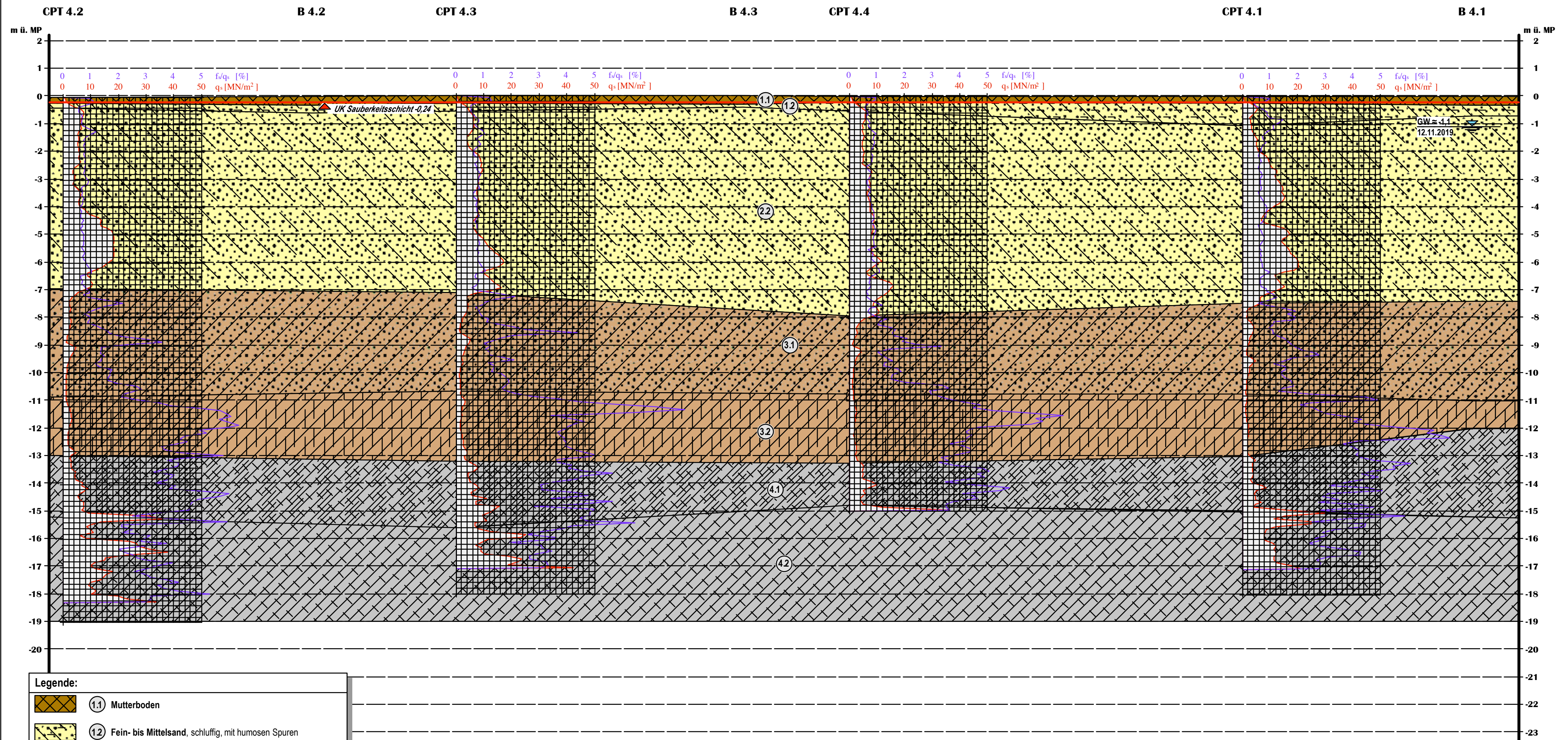
Geotechnisches Büro
Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH
Fritz-Peters-Straße 22, 47447 Moers
Tel.: 02841/96733-3 Fax: 96733-5
eMail: post@baugrund-moers.de

Projekt:
Neubau 9 WEA
Typen:
5 x V162/169mNH; 1 x V162/148mNH
2 x V150/169mNH; 1 x V150/148mNH
Windpark Haltern-Moddefeld 48629 Metelen

Auftraggeber:
Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co. KG
Naendorf 1 48629 Metelen

Planinhalt:
• Fundamentaufsicht mit Untersuchungen, o.M.
• Schemaschnitt durch das Fundament, o.M.
• Interpoliertes Schichtenprofil, Maßstab 1:~100
• Ergebnisse der Drucksondierungen

Bearbeiter: L. Konefke	Plan-Bez.: 19102-01-3.3	Datum: 13.11.19
WEA 3	Gutachten-Nr.: 19102	Anlage: 3.3



Legende:

1.1 Mutterboden

1.2 Fein- bis Mittelsand, schluffig, mit humosen Spuren

2.1 Fein- bis Mittelsand, lagenweise Wurzelreste, mitteldicht

2.2 Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, schwach kalkhaltig, mitteldicht bis dicht

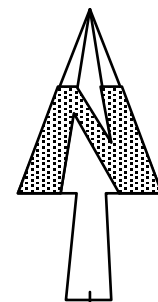
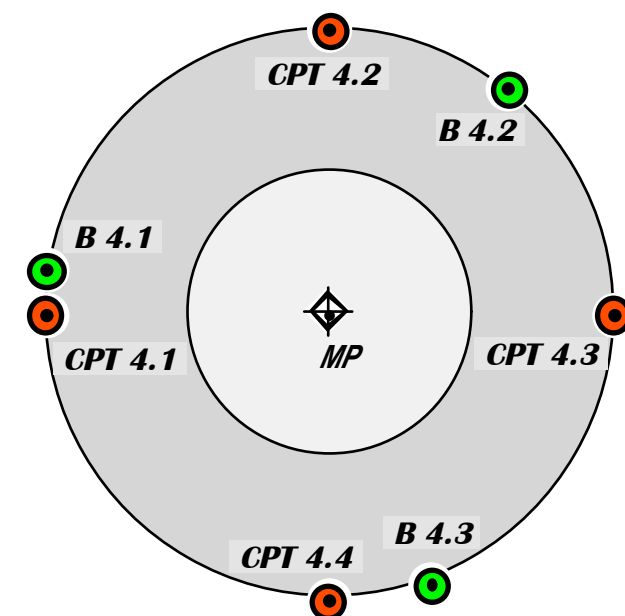
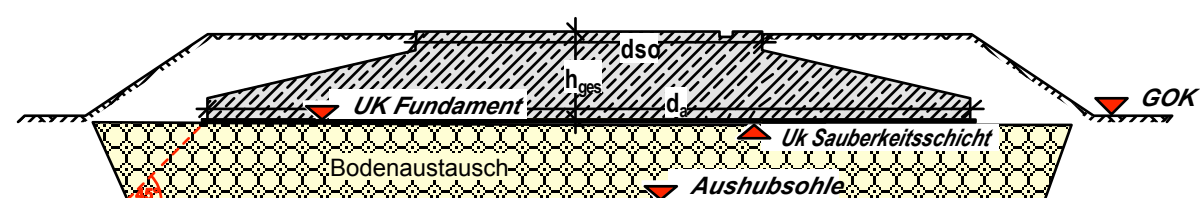
3.1 Wechsellagerung aus Verwitterungslehm und Schluff, tonig, sandig, lagenweise Fein- bis Mittelsand, schluffig, steif, übergehend in steif bis halbfest

3.2 Verwitterungslehm, tonig, steif bis halbfest

4.1 Tonmergel, halbfest bis fest

4.2 Tonmergelstein, stark verwittert

Fundamentgeometrie	V150-5,6 HH169m
	Flachgründung
Außendurchmesser d_a [m]	24,000
Sockeldurchmesser d_{so} [m]	10,900
Fundamenthöhe h_{ges} [m]	2,800
Unterkante Fundament [m ü. GOK]	-0,140
Unterkante Sauberkeitsschicht [m ü. GOK]	-0,240



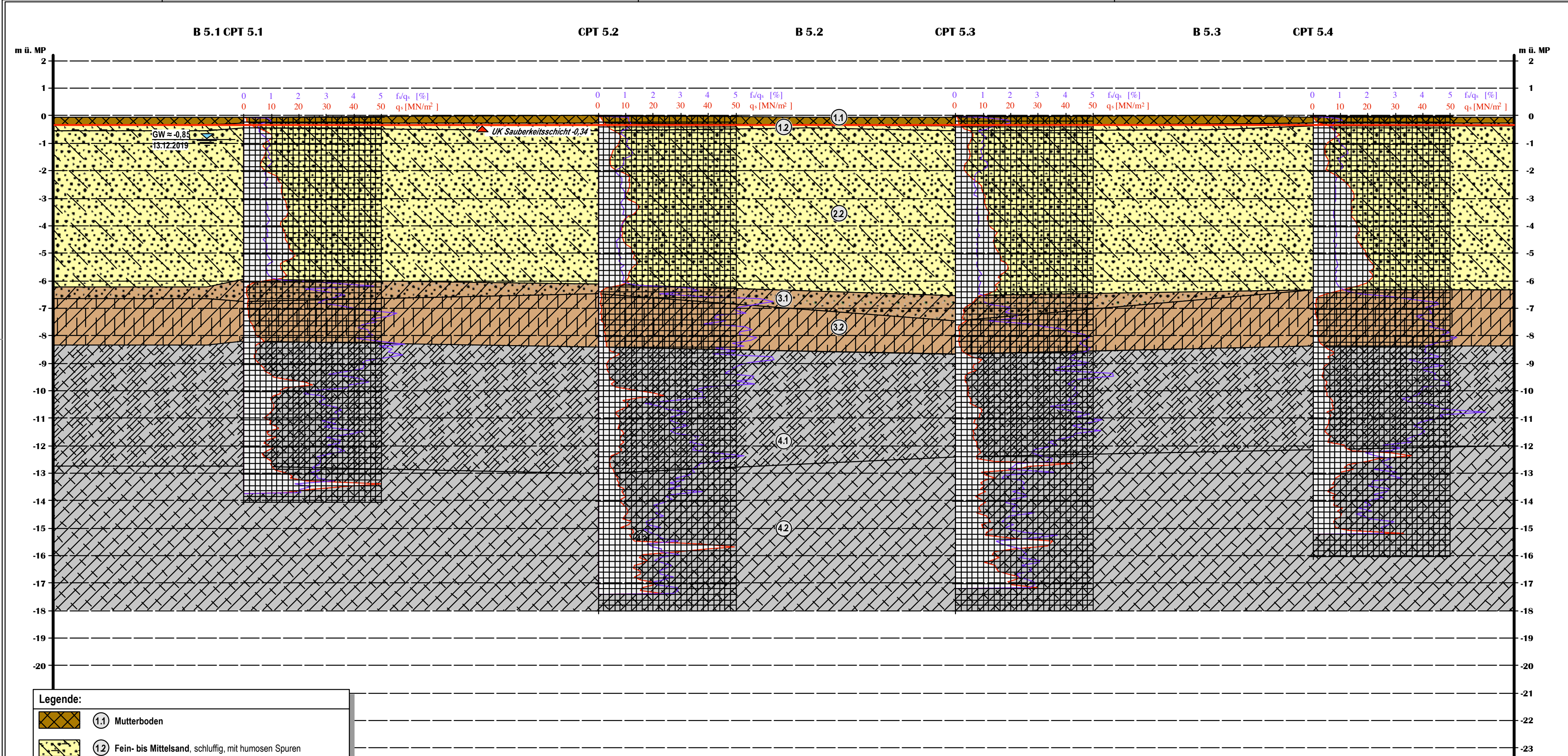
Geotechnisches Büro
Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH
Fritz-Peters-Straße 22, 47447 Moers
Tel.: 02841/96733-3 Fax: 96733-5
eMail: post@baugrund-moers.de

Projekt:
Neubau 9 WEA
Typen:
5 x V162/169mNH; 1 x V162/148mNH
2 x V150/169mNH; 1 x V150/148mNH
Windpark Haltern-Moddefeld 48629 Metelen

Auftraggeber:
Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co. KG
Naendorf 1 48629 Metelen

Planinhalt:
• Fundamentaufsicht mit Untersuchungen, o.M.
• Schemaschnitt durch das Fundament, o.M.
• Interpoliertes Schichtenprofil, Maßstab 1:~100
• Ergebnisse der Drucksondierungen

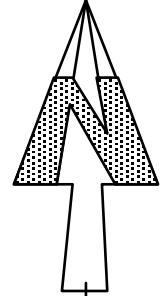
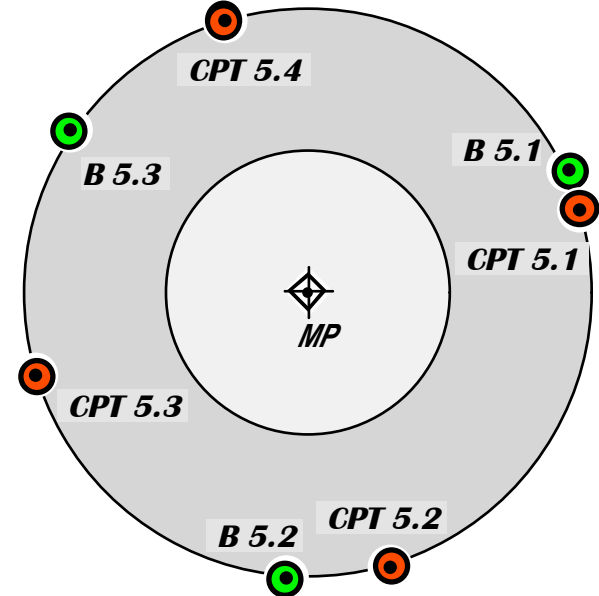
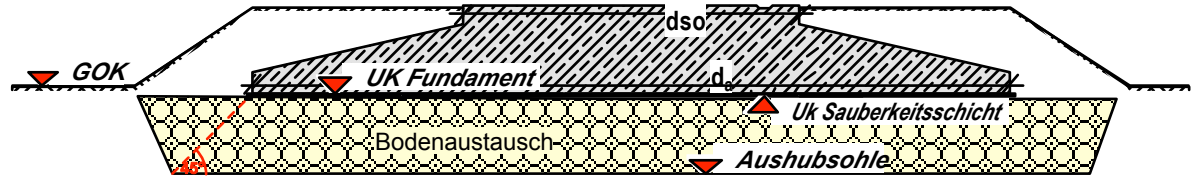
Bearbeiter: L. Konefke	Plan-Bez.: 19102-01-3.4	Datum: 13.11.19
WEA 4	Gutachten-Nr.: 19102	Anlage: 3.4



Legende:

- ① Mutterboden
- ② Fein- bis Mittelsand, schluffig, mit humosen Spuren
- ②.1 Fein- bis Mittelsand, lagenweise Wurzelreste, mitteldicht
- ②.2 Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, schwach kalkhaltig, mitteldicht bis dicht
- ③.1 Wechsellagerung aus Verwitterungslehm und Schluff, tonig, sandig, lagenweise Fein- bis Mittelsand, schluffig, steif, übergehend in steif bis halbfest
- ③.2 Verwitterungslehm, tonig, steif bis halbfest
- ④.1 Tonmergel, halbfest bis fest
- ④.2 Tonmergelstein, stark verwittert

Fundamentgeometrie	V162-5,6/ 169mNH
	Flachgründung
Außendurchmesser da [m]	24,500
Sockeldurchmesser dso [m]	10,900
Fundamenthöhe [m]	2,900
Unterkante Fundament [m ü. GOK]	-0,240
Unterkante Sauberkeitsschicht [m ü. GOK]	-0,340



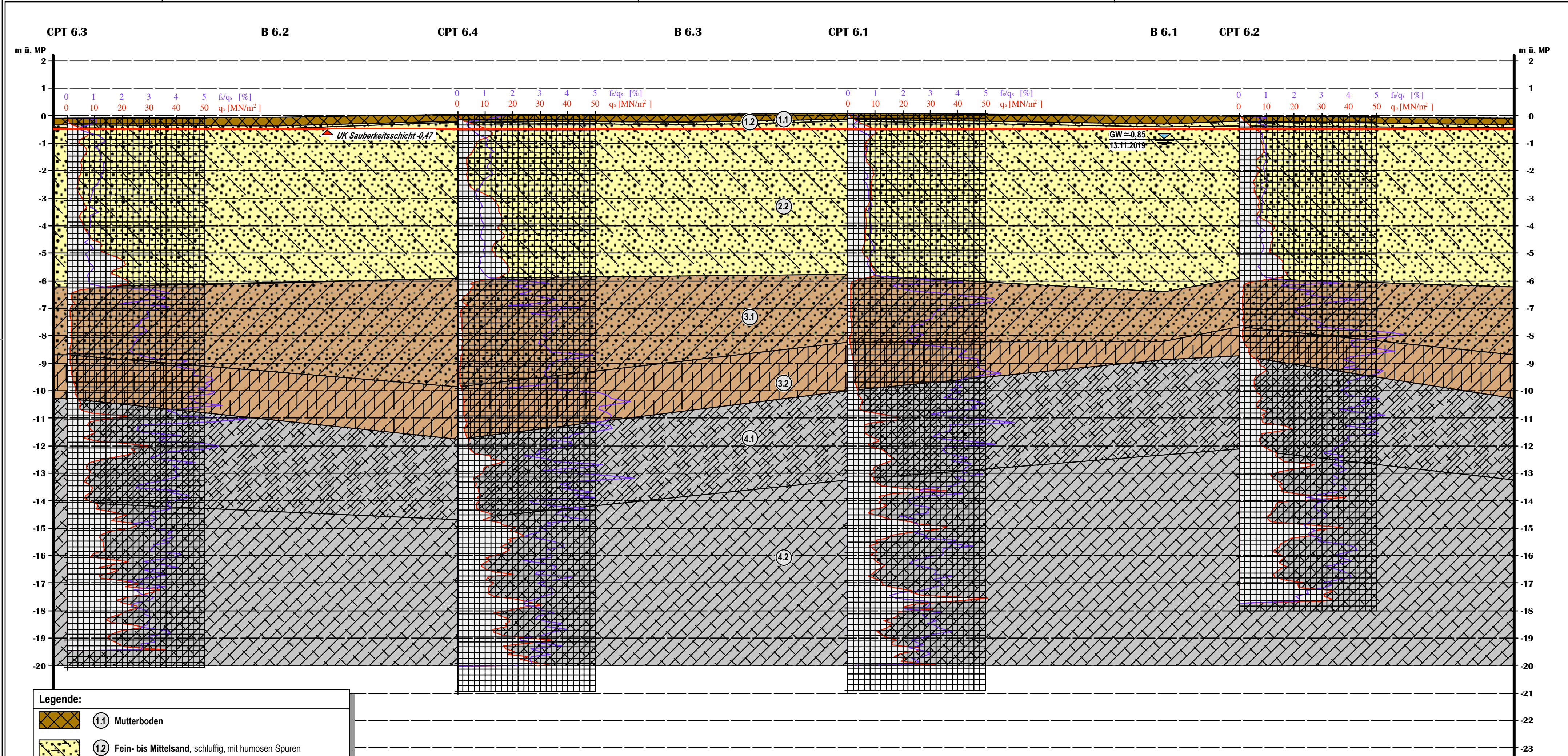
Geotechnisches Büro
Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH
Fritz-Peters-Straße 22, 47447 Moers
Tel.: 02841/96733-3 Fax: 96733-5
eMail: post@baugrund-moers.de

Projekt:
Neubau 9 WEA
Typen:
5 x V162/169mNH; 1 x V162/148mNH
2 x V150/169mNH; 1 x V150/148mNH
Windpark Haltern-Moddefeld 48629 Metelen

Auftraggeber:
Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co. KG
Naendorf 1 48629 Metelen

Planinhalt:
• Fundamentaufsicht mit Untersuchungen, o.M.
• Schemaschnitt durch das Fundament, o.M.
• Interpoliertes Schichtenprofil, Maßstab 1:-/100
• Ergebnisse der Drucksondierungen

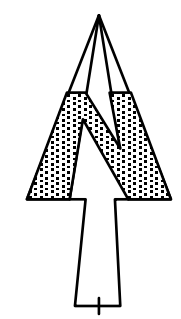
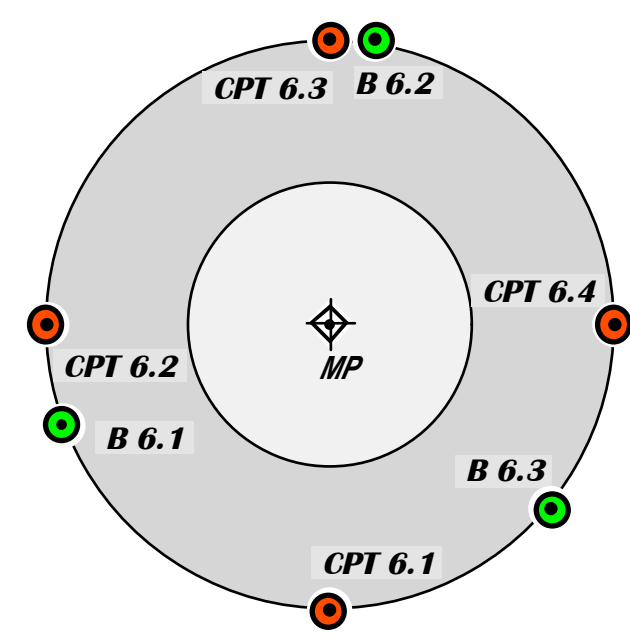
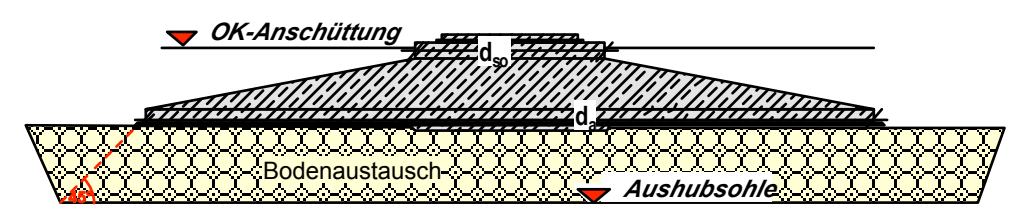
Bearbeiter: L. Konefke	Plan-Bez.: 19102-01-3.5	Datum: 13.11.19
WEA 5	Gutachten-Nr.: 19102	Anlage: 3.5



Legende:

- 1.1 Mutterboden
- 1.2 Fein- bis Mittelsand, schluffig, mit humosen Spuren
- 2.1 Fein- bis Mittelsand, lagenweise Wurzelreste, mitteldicht
- 2.2 Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, schwach kalkhaltig, mitteldicht bis dicht
- 3.1 Wechsellagerung aus Verwitterungslehm und Schluff, tonig, sandig, lagenweise Fein- bis Mittelsand, schluffig, steif, übergehend in steif bis halbfest
- 3.2 Verwitterungslehm, tonig, steif bis halbfest
- 4.1 Tonmergel, halbfest bis fest
- 4.2 Tonmergelstein, stark verwittert

Fundamentgeometrie	V150-5,6/ 148mNH
	Flachgründung
Außendurchmesser da [m]	25,300
Sockeldurchmesser dso [m]	8,116
Fundamenthöhe außen[m]	3,55
Unterkante Fundamen außen [m ü. GOK]	-0,358
Unterkante Sauberkeitsschicht außen [m ü. GOK]	-0,468



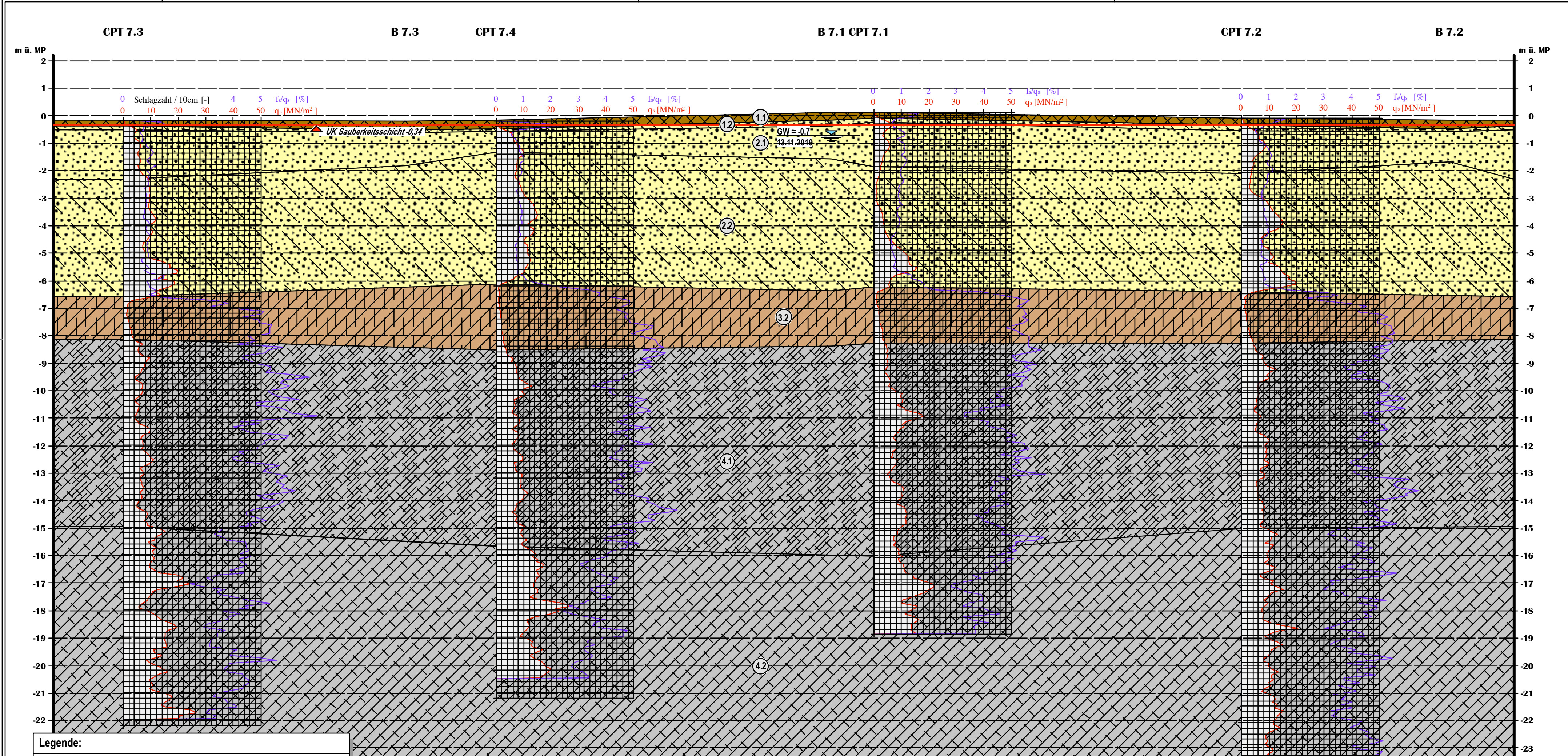
Geotechnisches Büro
Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH
Fritz-Peters-Straße 22, 47447 Moers
Tel.: 02841/96733-3 Fax: 96733-5
eMail: post@baugrund-moers.de

Projekt:
Neubau 9 WEA
Typen:
5 x V162/169mNH; 1 x V162/148mNH
2 x V150/169mNH; 1 x V150/148mNH
Windpark Haltern-Moddefeld 48629 Metelen

Auftraggeber:
Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co. KG
Naendorf 1 48629 Metelen

Planinhalt:
• Fundamentaufsicht mit Untersuchungen, o.M.
• Schemaschnitt durch das Fundament, o.M.
• Interpoliertes Schichtenprofil, Maßstab 1:~100
• Ergebnisse der Drucksondierungen

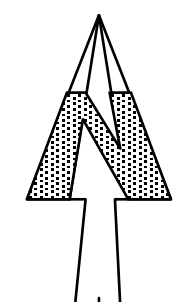
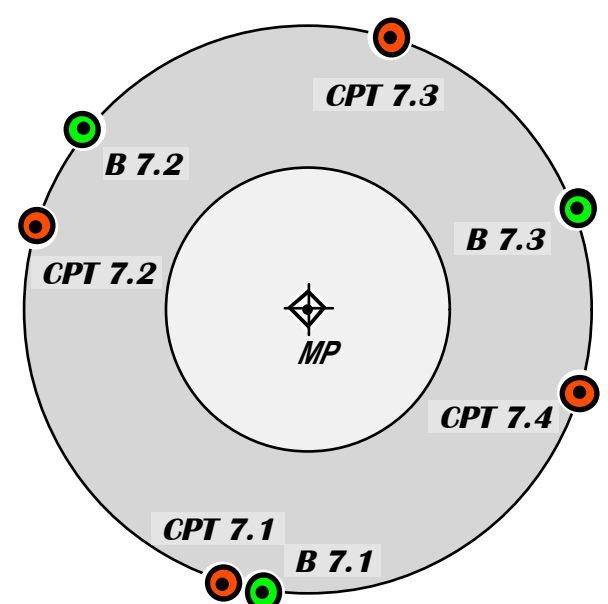
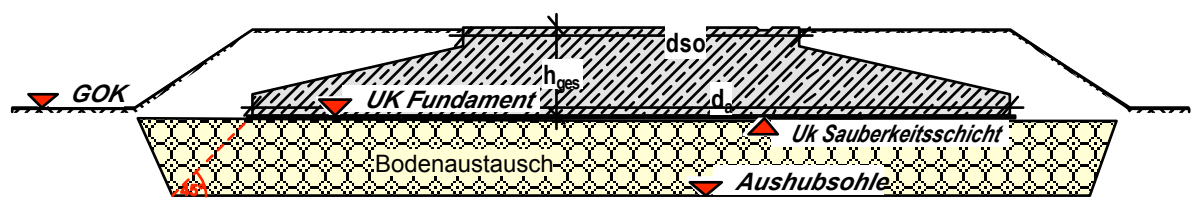
Bearbeiter: L. Konefke	Plan-Bez.: 19102-01-3.6	Datum: 13.11.19
WEA 6	Gutachten-Nr.: 19102	Anlage: 3.6



Legende:

- 1.1 Mutterboden
- 1.2 Fein- bis Mittelsand, schluffig, mit humosen Spuren
- 2.1 Fein- bis Mittelsand, lagenweise Wurzelreste, mitteldicht
- 2.2 Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, schwach kalkhaltig, mitteldicht bis dicht
- 3.1 Wechsellagerung aus Verwitterungslehm und Schluff, tonig, sandig, lagenweise Fein- bis Mittelsand, schluffig, steif, übergehend in steif bis halbfest
- 3.2 Verwitterungslehm, tonig, steif bis halbfest
- 4.1 Tonmergel, halbfest bis fest
- 4.2 Tonmergelstein, stark verwittert

Fundamentgeometrie		V162-5,6/ 169mNH
		Flachgründung
Außendurchmesser da [m]		24,500
Sockeldurchmesser dso [m]		10,900
Fundamenthöhe hges [m]		2,900
Unterkante Fundament [m ü. GOK]		-0,240
Unterkante Sauberkeitsschicht [m ü. GOK]		-0,340



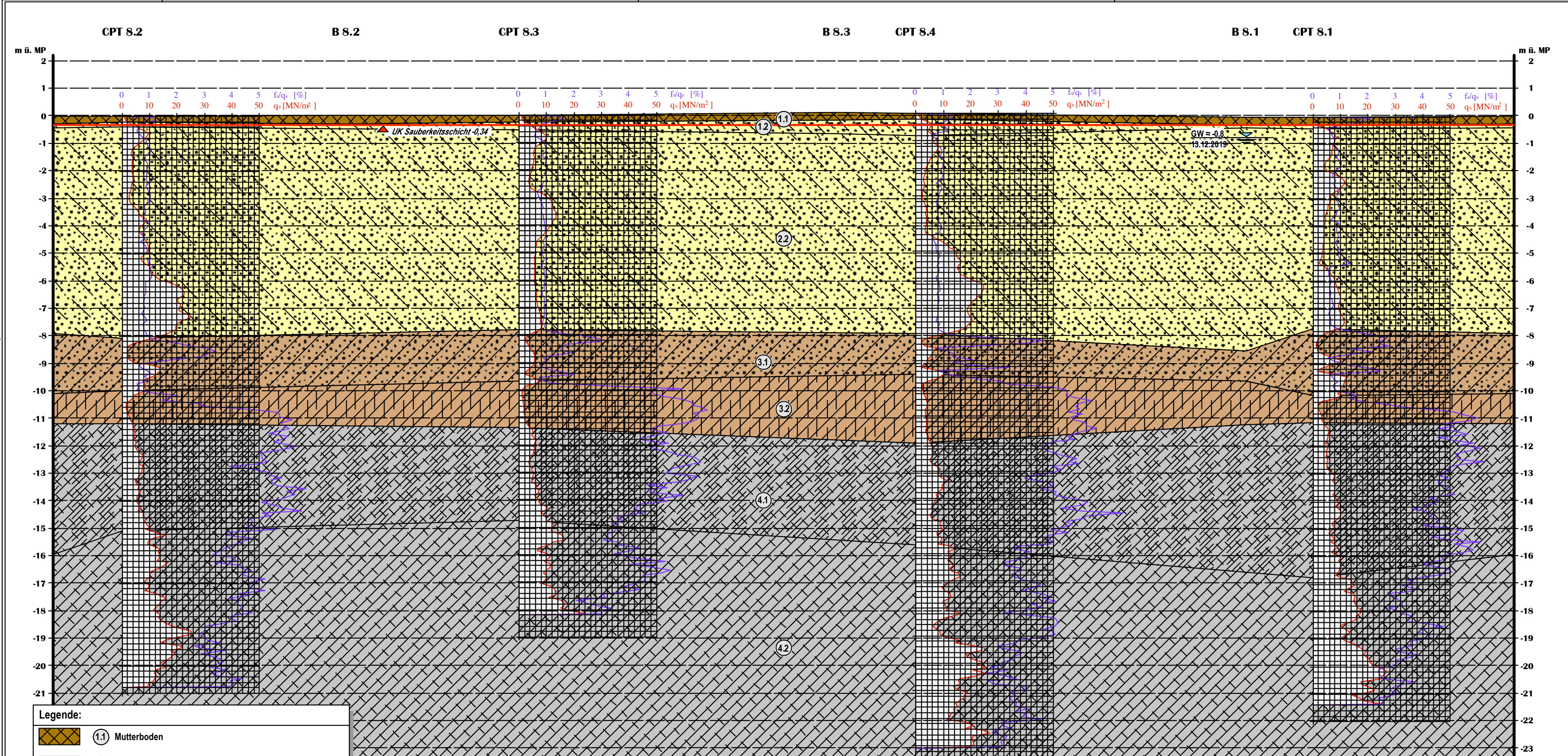
Geotechnisches Büro
Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH
Fritz-Peters-Straße 22, 47447 Moers
Tel.: 02841/96733-3 Fax: 96733-5
eMail: post@baugrund-moers.de

Projekt:
Neubau 9 WEA
Typen:
5 x V162/169mNH; 1 x V162/148mNH
2 x V150/169mNH; 1 x V150/148mNH
Windpark Haltern-Moddefeld 48629 Metelen

Auftraggeber:
Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co. KG
Naendorf 1 48629 Metelen

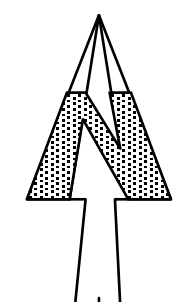
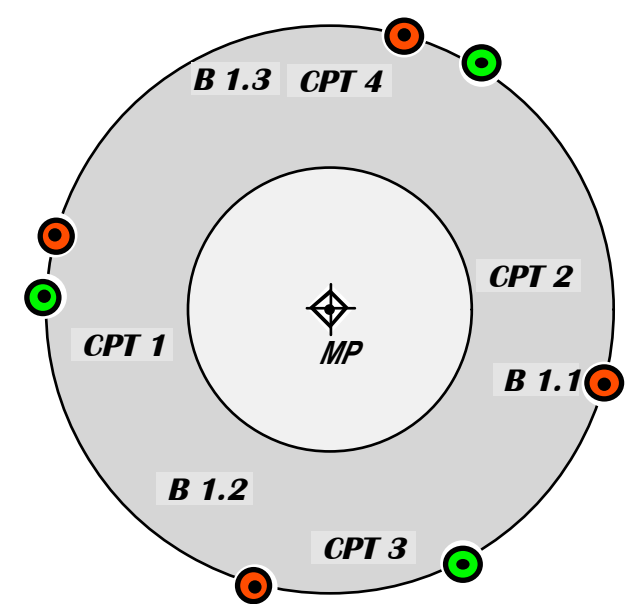
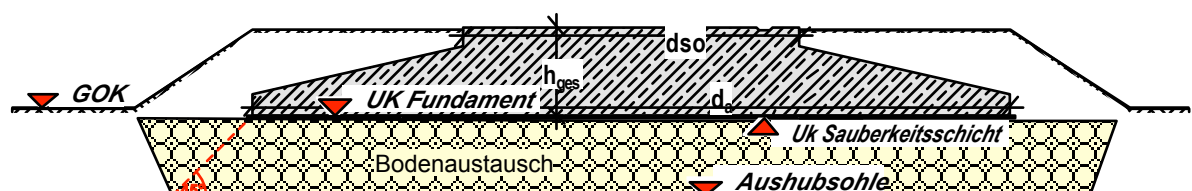
Planinhalt:
• Fundamentaufsicht mit Untersuchungen, o.M.
• Schemaschnitt durch das Fundament, o.M.
• Interpoliertes Schichtenprofil, Maßstab 1:~100
• Ergebnisse der Drucksondierungen

Bearbeiter: L. Konefke	Plan-Bez.: 19102-01-3.7	Datum: 13.11.19
WEA 7	Gutachten-Nr.: 19102	Anlage: 3.7



- Legende:**
- 1.1 Mutterboden
 - 1.2 Fein- bis Mittelsand, schluffig, mit humosen Spuren
 - 2.1 Fein- bis Mittelsand, lagenweise Wurzelreste, mitteldicht
 - 2.2 Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, schwach kalkhaltig, mitteldicht bis dicht
 - 3.1 Wechsellagerung aus Verwitterungslehm und Schluff, tonig, sandig, lagenweise Fein- bis Mittelsand, schluffig, steif, übergehend in steif bis halbfest
 - 3.2 Verwitterungslehm, tonig, steif bis halbfest
 - 4.1 Tonmergel, halbfest bis fest
 - 4.2 Tonmergelstein, stark verwittert

Fundamentgeometrie	V162-5,6/ 169mNH
	Flachgründung
Außendurchmesser da [m]	24,500
Sockeldurchmesser dso [m]	10,900
Fundamenthöhe hges [m]	2,900
Unterkante Fundament [m ü. GOK]	-0,240
Unterkante Sauberkeitsschicht [m ü. GOK]	-0,340



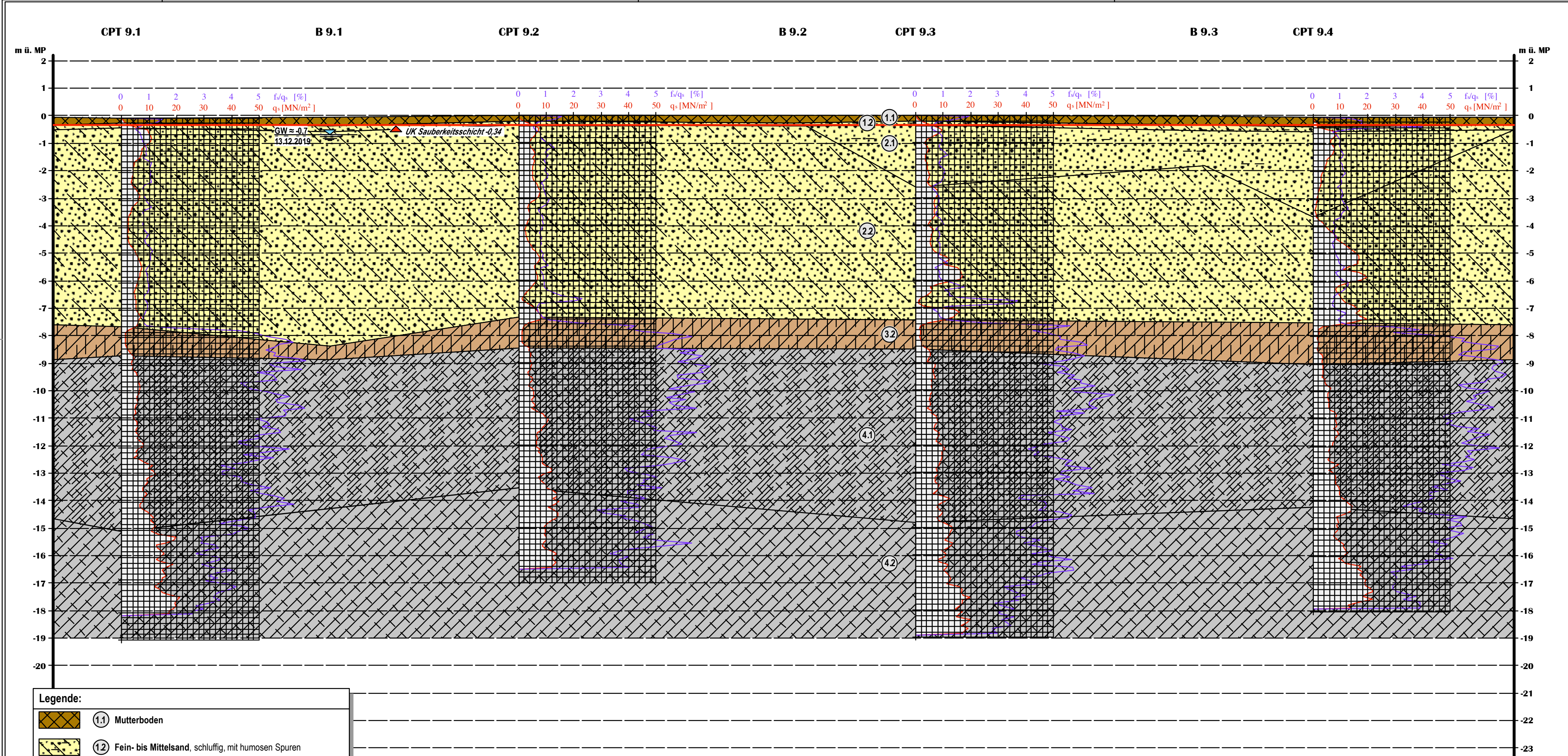
Geotechnisches Büro
Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH
Fritz-Peters-Straße 22, 47447 Moers
Tel.: 02841/96733-3 Fax: 96733-5
eMail: post@baugrund-moers.de

Projekt:
Neubau 9 WEA
Typen:
5 x V162/169mNH; 1 x V162/148mNH
2 x V150/169mNH; 1 x V150/148mNH
Windpark Haltern-Moddefeld 48629 Metelen

Auftraggeber:
Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co. KG
Naendorf 1 48629 Metelen

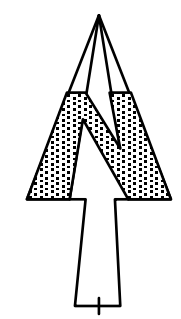
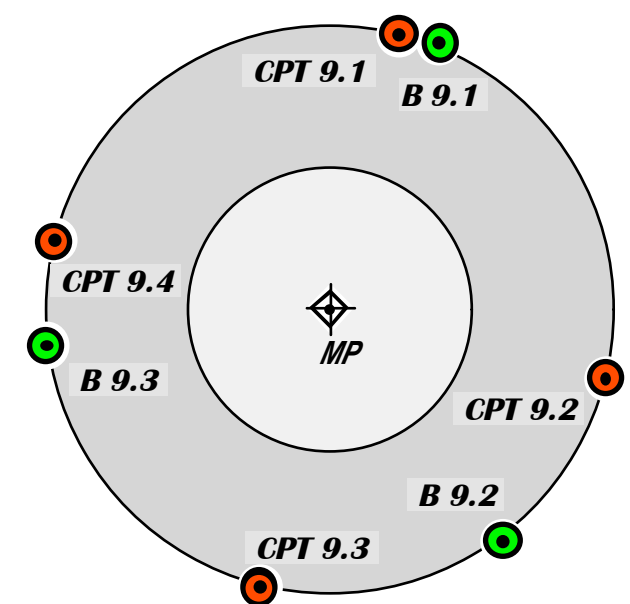
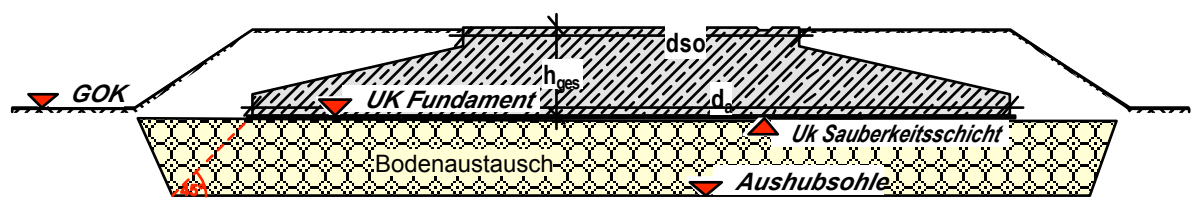
Planinhalt:
• Fundamentaufsicht mit Untersuchungen, o.M.
• Schemaschnitt durch das Fundament, o.M.
• Interpoliertes Schichtenprofil, Maßstab 1:~100
• Ergebnisse der Drucksondierungen

Bearbeiter: L. Konefke	Plan-Bez.: 19102-01-3.8	Datum: 13.11.19
WEA 8	Gutachten-Nr.: 19102	Anlage: 3.8



- Legende:**
- 1.1 Mutterboden
 - 1.2 Fein- bis Mittelsand, schluffig, mit humosen Spuren
 - 2.1 Fein- bis Mittelsand, lagenweise Wurzelreste, mitteldicht
 - 2.2 Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, schwach schluffig, schwach kalkhaltig, mitteldicht bis dicht
 - 3.1 Wechsellagerung aus Verwitterungslehm und Schluff, tonig, sandig, lagenweise Fein- bis Mittelsand, schluffig, steif, übergehend in steif bis halbfest
 - 3.2 Verwitterungslehm, tonig, steif bis halbfest
 - 4.1 Tonmergel, halbfest bis fest
 - 4.2 Tonmergelstein, stark verwittert

Fundamentgeometrie	V162-5,6/ 169mNH
	Flachgründung
Außendurchmesser da [m]	24,500
Sockeldurchmesser dso [m]	10,900
Fundamenthöhe hges [m]	2,900
Unterkante Fundament [m ü. GOK]	-0,240
Unterkante Sauberkeitsschicht [m ü. GOK]	-0,340



Geotechnisches Büro
Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH
Fritz-Peters-Straße 22, 47447 Moers
Tel.: 02841/96733-3 Fax: 96733-5
eMail: post@baugrund-moers.de

Projekt:
Neubau 9 WEA
Typen:
5 x V162/169mNH; 1 x V162/148mNH
2 x V150/169mNH; 1 x V150/148mNH
Windpark Haltern-Moddefeld 48629 Metelen

Auftraggeber:
Windpark Haltern Moddefeld GmbH & Co. KG
Naendorf 1 48629 Metelen

Planinhalt:
• Fundamentaufsicht mit Untersuchungen, o.M.
• Schemaschnitt durch das Fundament, o.M.
• Interpoliertes Schichtenprofil, Maßstab 1:~100
• Ergebnisse der Drucksondierungen

Bearbeiter: L. Konefke	Plan-Bez.: 19102-01-3.9	Datum: 13.11.19
WEA 9	Gutachten-Nr.: 19102	Anlage: 3.9