

BAUGRUND-GUTACHTEN

zum Bau der Windenergieanlage
WEA 2 „Fahrenbreite“
in 32457 Porta Westfalica

Auftraggeber

W & S Power Porta
Sundern 31
32457 Porta Westfalica

Auftrag vom

30.07.2012

Projekt

Windenergieanlage WEA 2
„Fahrenbreite“ in Porta Westfalica

Projektnummer

G2822162

Datum

17.09.2012, ergänzt 12.08.2016

Ausfertigung

pdf

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Rahmensituation	3
1.1	Standortbeschreibung	3
1.2	Vorgehensweise und Untersuchungsumfang	3
2	Untersuchungsergebnisse	4
2.1	Geologisch-hydrogeologische Rahmensituation	4
2.2	Bodenprofil und Baugrund	4
2.3	Grundwasser	5
2.4	Altlasten	5
2.5	Lagerungsdichte bzw. Konsistenz, Standfestigkeit und Tragfähigkeit	5
2.6	Bodenmechanische Laboranalysen	6
2.6.1	Kornverteilungsanalysen	6
2.6.2	Wassergehaltsbestimmungen	6
3	Bautechnische Eigenschaften	7
3.1	Bodenklassifizierung	7
3.2	Bodenmechanische Kennwerte	8
4	Bautechnische Hinweise und Empfehlungen	8
4.1	Allgemeines	8
4.2	Bodenpressung und Gründung	9
4.3	Verkehrs- und Arbeitsflächen	10
5	Zusammenfassung	11

Anlagenverzeichnis

Anlage 1:	Lageplan mit Untersuchungspunkt
Anlage 2:	Schichtenverzeichnis (DIN 4021)
Anlage 3:	Bodenprofil (DIN 4023) und Rammsondierung (DIN 4094/DIN EN ISO 22476-2)
Anlage 4:	Bodenmechanische Laboranalysen (DIN 18121, DIN 18123)
Anlage 5:	Setzungs- und Grundbruchberechnungen (DIN 4017, DIN 4019)

1 Veranlassung und Rahmensituation

Die **W & S Power Porta** (Porta Westfalica) beabsichtigt, von der **Senvion Deutschland GmbH** (Hamburg) südlich der BAB 2 in 32457 Porta Westfalica die Windenergieanlage 'WEA 2 Fahrenbreite' des Typs MM100 mit 100 m Nabenhöhe errichten zu lassen.

Im Zuge der weiteren Ausführungsplanung wurde das Ingenieurbüro **GeoAnalytik Dr. Loh** (Bünde) am 30.07.2012 beauftragt, auf der Grundlage eines Angebotes vom 22.02.2012 eine Baugrunduntersuchung mit Gründungsberatung durchzuführen. Dazu wurde die Baugrund-Beschaffenheit stichprobenartig geprüft und im Hinblick auf Planung, Ausschreibung und Ausführung beurteilt.

Von der W & S Power Porta wurden folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

U1: Lageplan mit Kennzeichnung des Standortes WEA 2

U2: Standortdaten

U3: Plan Z-3.1-GP.00.10-A, Montagefläche / Kranstellfläche (REpower Systems AG)

U4: Schalplan Fundament (Fröhling & Rathjen GbR mbH, 25.05.2011: Auftrags-Nr. B728/11, Blatt Nr. 1a, 1 : 75)

Die Sondierarbeiten wurden am 07.08.2012 ausgeführt. Der Lageplan U1 wurde als Grundlage für den als Anlage 1 beigefügten Lageplan mit Kennzeichnung des Aufschlusspunktes genutzt.

Die Untersuchungsergebnisse und die daraus abzuleitenden Konsequenzen für die Gründung der geplanten WEA sind Gegenstand des vorliegenden Berichtes.

1.1 Standortbeschreibung

Das Baufeld liegt südöstlich der Stadt Porta Westfalica im Ortsteil Lohfeld (Flur 6, Flurstück 217, WGS 84: 32498211,5 / 5785006,1), nördlich der Straße 'Zu den Mühlenhöfen' und südlich der BAB 2 auf einer NN-Höhe von etwa 76,3 m.

Der Standort der geplanten Windenergieanlage WEA 2 liegt in der Zone IIIA des Wasserschutzgebietes „Holzhausen - Eisbergen“.

Das Gelände fällt mit flacher Neigung von Norden nach Süden hin zu einem Bachlauf ab. Die Fläche entspricht derzeit einer landwirtschaftlichen Nutzfläche.

Das Umfeld ist durch landwirtschaftliche Nutzflächen und Betriebe sowie Wohnbebauung gekennzeichnet. Die NN-Höhe des Untersuchungsgebietes ist mit etwa 72 - 77 m abzuschätzen.

1.2 Vorgehensweise und Untersuchungsumfang

Zur Prüfung der Baugrundbeschaffenheit wurde der Untergrund am Standort der WEA 2 in einer Rammkernsondierung (RKS, DIN 4021) mit einem Bohrdurchmesser von 50 – 40 mm bis 13,0 m unter OK Gelände aufgeschlossen und nach ingenieurgeologischen Gesichtspunkten in einem Schichtenverzeichnis nach DIN 4022 aufgezeichnet (vgl. Anlage 2). Das Bodenprofil ist in Anlage 3 nach DIN 4023 graphisch dargestellt.

Aus der Sondierung wurden 14 schichtenspezifische Bodenproben der Güteklasse 3 (DIN 4021) als Rückstellproben bzw. zur weiteren bodenmechanischen Analyse entnommen. Die Bodenproben werden 6 Monate im Probenlager des Ingenieurbüros **GeoAnalytik Dr. Loh** aufbewahrt und anschließend entsorgt.

Zur Ermittlung der Lagerungsdichte bzw. der Konsistenz mit Beurteilung der Tragfähigkeit und der Stand- und Scherfestigkeit der angetroffenen Böden wurde parallel zu der Rammkernsondierung eine schwere Rammsondierung (DPH, DIN 4094/DIN EN ISO 22476-2) mit gleicher Endteufe abgeteuft.

Die Rammergebnisse sind dem Bodenprofil (DIN 4023) in Anlage 3 als Rammprotokoll und Rammdiagramm gegenübergestellt.

Die Lage des Aufschlusspunktes (DPH 1 / RKS 1) im Gelände ist dem Lageplan in Anlage 1 zu entnehmen.

Die Daten der Ramm- und Rammkernsondierung sind in Tabelle 1 dargestellt:

Tabelle 1: Daten der Ramm- und Rammkernsondierung

RKS / DPH	Endteufe [m GOK]	Ansatzpunkt
RKS / DPH 1	13,0 / 13,0	etwa R 34 98,286 / H 57 86,872
Summe	13,0 / 13,0	lfdm

Insgesamt wurde der Untergrund in der Rammkern- und Rammsondierung in jeweils 13,0 lfd. Metern aufgeschlossen. Dabei wurde die kalkulierte Aufschlusstiefe von 10 m unter OK Gelände um jeweils 3 m überschritten, da bis +/- 9 m unter OK Gelände mit Rammsondier-Schlagzahlen ≤ 5 überwiegend locker gelagerte und somit bedingt tragfähige Sand-Böden aufgeschlossen wurden.

Zur Bodenklassifizierung und Beurteilung der bodenmechanischen Eigenschaften und Kennwerte wurden zwei Bodenproben nach DIN 18123 auf die Kornverteilung geprüft.

An zwei Bodenproben wurde nach DIN 18121 der natürliche Wassergehalt bestimmt.

2 Untersuchungsergebnisse

2.1 Geologisch-hydrogeologische Rahmensituation

Das Untersuchungsgebiet liegt nach Aussagen in der Geologischen Karte von NRW (Blatt C3918 Minden, 1:100.000, Blatt 3719 Minden, 1:25.000) im Bereich quartärer Böden, wobei pleistozäne Lößböden (Sandlöß) über Schmelzwassersanden (Kames, Pleistozän) anstehen.

Der in der Sondierung bis zur Aufschlusstiefe von 13 m unter OK Gelände nicht aufgeschlossene, präquartäre Festgesteins-Untergrund besteht aus dunkelgrauen Tonsteinen des Jura (Dogger).

2.2 Bodenprofil und Baugrund

Auf der Grundlage des Baugrundaufschlusses ist als Normalprofil ein differenziertes **Drei-Schichten-Profil** mit folgendem, mit allen Einschränkungen einer Verallgemeinerung gültigen Aufbau zu erwarten:

Tabelle 2: Baugrundsichtung

Schicht 1	bis $\geq 0,4$ m GOK	Oberboden	anthropogen - Holozän
Oberboden (Feinsand, schluffig, dunkelbraun, durchwurzelt), nicht tragfähig			
Schicht 2	bis $\geq 0,9$ m GOK	Sandlöß	Pleistozän
Feinsand, stark schluffig, hellbraun, schwach feucht bis feucht, weich- bis steifkonsistent, bedingt tragfähig. Die Standfestigkeit ist bei hohen Wassergehalten bzw. Wassersättigung eingeschränkt.			

Fortsetzung auf Seite 5

Fortsetzung von Seite 4

Schicht 3	bis $\geq$ ET 13 m GOK	Schmelzwassersande	Pleistozän
Sand, ab +/- 3,8 m GOK schwach schluffig, schwach kiesig und mit Schluffbändern, gelbbraun bis braungrau, schwach feucht bis nass, ab +/- 3,2 m GOK grundwassergesättigt, zunächst bis +/- 9 m GOK locker bis annähernd mitteldicht gelagert und somit bedingt bis ausreichend tragfähig, ab +/- 9 m GOK mitteldicht bis dicht gelagert und somit gut tragfähig			

Das schematisch beschriebene Bodenprofil ist in einem Säulenprofil nach DIN 4023 in Anlage 3 dargestellt. Bei den Mächtigkeitsangaben handelt es sich um die in der Sondierung ermittelten Werte. Es kann erfahrungsgemäß nicht ausgeschlossen werden, dass außerhalb des Homogenbereiches der Sondierung abweichende Schichtdicken und -folgen auftreten können.

2.3 Grundwasser

In der Sondierung wurde am 07.08.2012 in den Sanden bei etwa 3,2 m unter OK Gelände die grundwassergesättigte Bodenzone angebohrt. Das Grundwasser konnte nach Bohrende im nichtausgebauten Bohrloch etwa 0,4 m tiefer bei 3,6 m unter OK Gelände eingemessen werden.

Der Bemessungswasserstand ist mit +/- 2,7 m unter OK Gelände abzuschätzen.

Aufgrund der Lage in der Zone IIIA des Wasserschutzgebietes „Holzhausen - Eisbergen“ sind bei der Ausführung bzw. bei den Erdarbeiten die Schutzbestimmungen der Schutzgebietsverordnung, insbesondere § 4, zu beachten.

Das Bauwerk sollte nicht in die grundwassergesättigte Bodenzone einbinden. Zur Vermeidung einer nachteiligen Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit ist neben der Einhaltung der o.g. Schutzbestimmungen eine Gründungssohle von $GS \geq 1$ m über dem Grundwasserspiegel und somit bei $\leq 1,7$ m unter OK Gelände zu empfehlen.

2.4 Altlasten

Hinweise auf umwelt- oder entsorgungsrelevante Bodenbelastungen wurden am Bohrgut aus der Rammkernsondierung und an der Geländeoberfläche nicht festgestellt.

Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass das Baufeld altlastenfrei ist.

2.5 Lagerungsdichte bzw. Konsistenz, Standfestigkeit und Tragfähigkeit

Organische Böden (Oberboden / Mutterboden) sind grundsätzlich als Lastböden ungeeignet und im Baufeld nach örtlichem Befund vollständig abzutragen.

Die Beurteilung der Tragfähigkeit und der Stand- und Scherfestigkeit der natürlich gewachsenen Böden durch eine schwere Rammsondierung (DPH, DIN 4094/DIN EN ISO 22476-2) und durch manuelle Prüfung der bindigen Böden nach DIN 4022 ergab folgende Befunde:

Schicht 2: Sandlöß

Für die oberflächennah anstehenden bindigen Feinsande ist von einer überwiegend weichen Konsistenz und somit von einer bedingten Tragfähigkeit auszugehen. Die Scherfestigkeit und damit die Standfestigkeit dieser Böden ist gering.

Schicht 3: Schmelzwassersande

Für die nichtbindigen Sande ist bis etwa 3,8 m unter OK Gelände eine überwiegend lockere Lagerung, bis etwa 9 m unter OK Gelände eine annähernd mitteldichte Lagerung und somit bei vergleichsweise geringer Scherfestigkeit eine bedingte Tragfähigkeit angezeigt.

Ab etwa 9 m unter OK Gelände ist für die Sande eine mitteldichte bis dichte Lagerung und eine entsprechend ausreichende bis gute Standfestigkeit und Tragfähigkeit anzunehmen.

Vorübergehend in den Rammdiagrammen auftretende höhere Schlagzahlen können auf einzelne Kiese / Steine zurückzuführen sein und kennzeichnen somit nicht unbedingt die allgemeine Lagerungsdichte bzw. Konsistenz.

Auf der Grundlage der Sondierergebnisse ist zusammenfassend festzustellen, dass im Baufeld zunächst bis etwa 9 m unter OK Gelände für die geplante Windenergieanlage bedingt tragfähiger Baugrund ansteht. Ab ≥ 9 m unter OK Gelände sind insgesamt ausreichend standfeste und tragfähige Lastböden zu erwarten.

Die Ergebnisse der Rammsondierung sind zusammen mit dem Bodenprofil in Anlage 3 als Rammdiagramm und -protokoll dargestellt.

2.6 Bodenmechanische Laboranalysen

2.6.1 Kornverteilungsanalysen

Zur Bodenklassifizierung und Beurteilung der bodenmechanischen Eigenschaften und Kennwerte wurden an zwei Bodenproben Korngrößenanalysen (DIN 18123) ausgeführt. Die Ergebnisse der Laboranalysen sind wie folgt:

Tabelle 3: Kornverteilungsanalysen

Probe	Kornverteilung [DIN 18123]	Bodengruppen [DIN 18196]
RKS 1/5 (3,2 - 3,8 m)	Feinsand und Mittelsand	SE
RKS 1/9 (7,0 - 7,7 m)	Sand, schwach schluffig, schwach feinkiesig	SU

Die Sande sind als grob- bis gemischtkörnige Böden in die Bodengruppen SE - SU einzustufen.

Die vollständigen Kornverteilungen mit prozentualen Massenangaben (T/U/S/G) sind den Körnungslinien in Anlage 4 zu entnehmen.

2.6.2 Wassergehaltsbestimmungen

An zwei Bodenproben wurden nach DIN 18121 natürliche Wassergehalte wie folgt bestimmt:

Tabelle 4: Wassergehalt

Probe	Wassergehalt (DIN 18121)
RKS 1/3 (0,9 - 2,0 m)	4,24 % = schwach feucht bis feucht
RKS 1/5 (3,2 - 3,8 m)	18,31 % = nass

Die Laborprotokolle sind dem Bericht in Anlage 4 beigelegt.



3 Bautechnische Eigenschaften

3.1 Bodenklassifizierung

Im ungestörten Zustand sind die angetroffenen Böden bautechnisch nach DIN 18196 sowie hinsichtlich 'Bearbeiten' nach DIN 18300 wie folgt zu klassifizieren:

Tabelle 5: Bodenklassifizierung

Böden	Bodengruppen [DIN 18196]	Bodenklassen [DIN 18300]
Sandlöß	fein- bis gemischtkörnig = UL - SU*	mittelschwer lösbar = 4
Schmelzwassersande	grob- bis gemischtkörnig = SE - SU	leicht lösbar = 3

Bei der Ausschreibung der Erdarbeiten sind die Bodenklasse 1 (Oberboden) und die Bodenklassen 3 und 4 (leicht und mittelschwer lösbar) anzuführen.

Bei anhaltendem Regenwetter können die wasserempfindlichen, bindigen Böden (Bodengruppen UL – SU*) insbesondere bei dynamischer Erregung (z. B. Baustellenverkehr) fließende Eigenschaften annehmen, so dass auch eine Zulage für die Bodenklasse 2 (fließende Bodenarten) als Bedarfsposition vorzusehen ist. Diese Böden können die Erdarbeiten behindern.

Die Schmelzwassersande können Steine sowie vereinzelt Findlinge enthalten, die ggf. der Bodenklasse 5 (schwer lösbare Bodenarten) und bei Anteilen > 30 Gew.-% bzw. als Findlinge den Klassen 6 - 7 (leicht bis schwer lösbarer Fels) angehören, so dass entsprechende Zulagen zu berücksichtigen sind.

Die Frostepfindlichkeit und die Verdichtbarkeit der hier anstehenden Böden ist nach ZTVE - StB 09 bzw. ZTVA - StB 97 wie folgt anzugeben:

Tabelle 6: Frostepfindlichkeit und Verdichtbarkeit

Bodengruppe	Frostepfindlichkeit	Verdichtbarkeit
UL - SU*	F 3 = sehr frostepfindlich	V 3 = weniger gut verdichtbar
SE - SU	F1 - F2 = nicht bis gering frostepfindlich	V 1 = gut verdichtbar

Die Lößböden sind als „sehr frostepfindlich“ und als „praktisch nicht verdichtbar“ einzustufen und daher für einen Wiedereinbau in Bereichen mit statischen Anforderungen ohne Boden-Verbesserung bzw. -Verfestigung ungeeignet.

Die nichtbindigen und schwach bindigen Sande sind als „nicht bis gering frostepfindlich“ und als „gut verdichtbar“ einzustufen und somit für einen Wiedereinbau in Bereichen mit statischen Anforderungen geeignet.



3.2 Bodenmechanische Kennwerte

Für Standsicherheits- sowie Setzungs- und Grundbruchberechnungen (DIN 4017, DIN 4019) können für die ungestörten Hauptbodenarten nach DIN 1055 die folgenden bodenmechanischen Kennwerte als mittlere Rechenwerte angenommen werden:

Tabelle 7: Bodenmechanische Kennwerte

Bodengruppen	Wichte cal. γ [kN/m ³]		Reibungswinkel cal. φ' [°]	Kohäsion cal. c' [kN/m ²]	Steifemodul cal. $E_{s,stat}$ [MN/m ²]
UL – SU*, weich - steif	γ	20,0 – 21,5	27,5	0 - 2	3 - 15
	γ'	10,0 – 11,5			
SE - SU, locker	γ	17,0	30,0	0	10 – 30
	γ'	9,0			
SE - SU, mitteldicht	γ	18,0	32,5	0	20 – 50
	γ'	10,0			
SE - SU, dicht	γ	19,0	35,0	0	80 – 100
	γ'	11,0			

γ = Wichte des erdfeuchten Bodens, γ' = Wichte unter Auftrieb

Die dynamischen Elastizitäts-Moduln der hier anstehenden Böden können nach Literaturangaben wie folgt abgeschätzt werden:

Tabelle 8: dynamische Elastizitäts-Moduln der Böden

Bodengruppen	etwa von - bis [m GOK]	E_{sd} [MN/m ²]
Lehm, weich - steif	$\geq 0,4 - 0,9$	30 - 100
Sand, locker	0,9 - 3,8	150 - 300
Sand, mitteldicht	3,8 - 12,0	200 - 500
Sand, dicht	12,0 - 13,0	300 - 600

Die angegebenen E-Moduln bedürfen bei Anwendung in Grenz- und Zweifelsfällen einer analytischen Überprüfung und Bestätigung.

4 Bautechnische Hinweise und Empfehlungen

4.1 Allgemeines

Aufgrund der oberflächennah anstehenden, bodenmechanisch sensiblen Böden ist grundsätzlich zu empfehlen, die Aushubarbeiten bei trockener Witterung vorzunehmen.

Beim Anlegen von Baugruben mit einer Tiefe von mehr als 1,25 m sind die Böschungen zur Gewährleistung der Standsicherheit unter Berücksichtigung der einschlägigen Vorschriften der DIN 4124 mit ausreichendem Böschungswinkel anzulegen oder zu sichern. In weichen bindigen Böden und in nichtbindigen Böden sollte ein Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ nicht überschritten werden. Gemäß DIN EN 1997-1 bzw. DIN 1054 ist die Standsicherheit bei größeren Böschungswinkeln nach DIN 4084 nachzuweisen.

Baugrubenböschungen sollten zum Schutz vor Witterungseinflüssen bei längeren Standzeiten ggf. mit Folien abgedeckt werden.

Im Zuge der gründungstechnischen Tiefbauarbeiten werden bei Aushubtiefen $\leq 3,0$ m unter OK Gelände voraussichtlich keine Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich. Eventuell aus Schicht- oder Stauwasservorkommen in bindigen Böden zutretendes (Sicker-) Wasser kann ggf. durch eine bauzeitige offene Wasserhaltung gefasst und abgeführt werden.

Die Gründungssohlen sind stets wasserfrei zu halten und gegen Auflockerung bzw. Aufweichung zu schützen. Aufgelockerte bzw. aufgeweichte Böden sind nach örtlichem Befund aus dem Gründungsbereich zu entfernen und dicht mit Mineralgemisch oder Magerbeton zu verfüllen.

Die im Zuge der Aushubarbeiten anfallenden bindigen Lößböden sind nicht verdichtungsfähig (ZTVE: Verdichtbarkeitsklasse V3) und sollten dementsprechend bei statischen Anforderungen für einen Wiedereinbau nicht verwendet werden.

Die nichtbindigen Sande sind verdichtbar und somit für einen Wiedereinbau grundsätzlich geeignet.

Bei der Arbeitsraum-Hinterfüllung sollten ausschließlich nichtbindige bzw. grobkörnige, durchlässige Böden eingesetzt werden.

Da die Baumaßnahme nach DIN 1054 (2010) in die GK 2 - 3 einzustufen ist, sollte nach Abschnitt 4.3 der DIN 1997-1 (2009) im Hinblick auf erforderliche Anpassungen der Ausführung durch den Gutachter eine abschließende Prüfung und ggf. Abnahme des Baugrundes in der Baugrube erfolgen.

4.2 Bodenpressung und Gründung

Der Oberboden ist nicht tragfähig und somit vollständig abzutragen.

Im Sinne der DIN 1054 sind mindestens steifkonsistente bzw. mindestens mitteldicht gelagerte Böden grundsätzlich als Lastboden geeignet.

Die bis zu 3,8 m unter OK Gelände anstehenden Böden weisen zunächst eine überwiegend lockere Lagerung auf, so dass bis etwa 3,8 m unter OK Gelände vergleichsweise wenig scherfeste, wenig standfeste und somit bedingt tragfähige Böden anstehen.

Nach U3 ist im Gründungsbereich mindestens mitteldicht gelagerter Baugrund mit $E_{s,dyn} \geq 213 \text{ MN/m}^2$ bzw. mindestens halbfester bindiger Boden mit $E_{s,dyn} \geq 213 - 280 \text{ MN/m}^2$ gefordert. Die geforderte Bodenpressung beträgt $\sigma = 255 \text{ kN/m}^2$, wobei Kantenpressungen bis 355 kN/m^2 aufgenommen werden müssen.

Dementsprechend sind die bis etwa 3,8 m unter OK Gelände anstehenden Böden ohne intensive Nachverdichtung als Lastböden für das Fundament der WEA nicht geeignet. Erst ab $\geq 3,8 \text{ m}$ unter OK Gelände steht mit den mitteldicht gelagerten Sanden ein annähernd ausreichend tragfähiger Lastboden an, der bei Akzeptanz vergleichsweise großer Setzungen die o.g. Forderungen erfüllt.

Die geplanten Stahlbetonfundamente weisen im Zentrum eine Höhe von 2,4 m auf und sollen mit $\geq 0,75 \text{ m}$ Boden überschüttet werden.

Zunächst wurden für eine Gründungssohle bei 0,6 m unter OK Gelände (vgl. U3) unter Ansatz einer 50 cm dicken Tragschicht aus natürlichem Brechkorn-Mineralgemisch (STS 0/45) auf nachverdichteten und somit mitteldicht gelagerten Sanden Setzungs- und Grundbruchberechnungen (DIN 4017, DIN 4019) ausgeführt. Für die Berechnungen wird in erster Näherung eine maximale Gesamtlast der WEA inklusive Fundament von $V = 83.500 \text{ kN}$ angenommen, woraus eine maximale Boden- bzw. Kantenpressung von $\sigma = 355 \text{ kN/m}^2$ abzuleiten ist.

Bei einer Bodenpressung von $\sigma = 255 \text{ kN/m}^2$ sind Setzungen von 4,61 cm zu erwarten. Bei Kantenpressungen von 355 kN/m^2 sind Setzungen von 6,68 cm zu erwarten (vgl. Anlage 5.1 und 5.2).

Unter Ansatz einer Einbindetiefe von $t = 1,7 \text{ m}$ (vgl. Kap. 2.3) und einer Stärke des Gründungspolsters von 80 cm (STS 0/45, UK bei -2,5 m GOK) auf nachverdichteten und somit mitteldicht gelagerten Sanden ergeben entsprechende Setzungs- und Grundbruchberechnungen bei einer Bodenpressung von $\sigma = 255 \text{ kN/m}^2$ nur noch Setzungen von 4,10 cm, bei Ansatz einer Kantenpressung von 355 kN/m^2 sind Setzungen von 6,05 cm zu erwarten (vgl. Anlage 5.3 und 5.4). Die Grundbruchsicherheit ist gewährleistet.

Somit ist zu empfehlen, das Fundament entsprechend tief einbinden zu lassen und unter dem Fundament ein Gründungspolster einzubauen.

Die ab etwa 0,9 m unter OK Gelände anstehenden Sande sind für einen Wiedereinbau grundsätzlich geeignet. Aufgrund der dynamischen Windlasten und hoher Kantenpressungen ist jedoch im Hinblick auf bessere Stand- und Scherfestigkeit ein Gründungspolster aus natürlichem Brechkorn-Mineralgemisch 0/45 oder 0/56 zu empfehlen. Das Mineralgemisch ist lagenweise ($d \leq 30 \text{ cm}$) einzubauen und entsprechend zu verdichten. Vor dem Einbau des Gründungspolsters sind die anstehenden Sande nachzuverdichten.

Bei strengerem Anforderungen an die zu erwartenden Setzungen werden größere Gründungspolster, eine Baugrundverbesserung durch das Rüttelstopfverfahren oder eine Tiefgründung (z.B. über Mantelreibungspfähle) erforderlich.

Aufgrund der Lage in der Zone IIIA des Wasserschutzgebietes „Holzhausen - Eisbergen“ ist bei einem Eingriff in die grundwassergesättigte Bodenzone eine Abstimmung mit der Unteren Wasserbehörde des Kreises Minden-Lübbecke zu empfehlen.

Mit separatem Bericht G2822162 vom 15.07.2016 wurde eine hydrogeologische Stellungnahme mit Einschätzung möglicher Gefährdungspotentiale für die südlich gelegenen Trinkwassernutzungen der Stadtwerke Porta Westfalica und des Wassergewinnungsverband Veltheim vorgelegt.

4.3 Verkehrs- und Arbeitsflächen

Der Bau der Verkehrsflächen sollte unter Berücksichtigung der RStO 01 (*Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen*, FGSV 499, November 2001) und der ZTV E-StB 09 und ZTV SoB-StB 04 ausgeführt werden. Die Lage des Baufeldes ist der Frosteinwirkungszone I zuzuordnen.

Die oberflächennah anstehenden Böden sind als „sehr frostempfindlich“ einzustufen (Frostempfindlichkeitsklasse F 3).

Unter Ansatz der Bauklasse III (RStO 01) ist ein frostsicherer Gesamtaufbau für Schwerlastverkehr in einer Stärke von $d \geq 60 \text{ cm}$ zu empfehlen. Um die Verdichtbarkeit zu optimieren und die Standfestigkeit zu erhöhen, ist auf dem Planum ein Geogitter zu empfehlen.

Zur Prüfung und Kontrolle ausreichender Tragfähigkeit des Untergrundes sollte in Anlehnung an ZTV E und RStO vor dem Tragschichtaufbau auf OK Planum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ durch Plattendruckversuche (DIN 18134) nachgewiesen werden. Bei unzureichender Tragfähigkeit ist eine Stabilisierungsschicht oder der Einbau eines Geogitters zu empfehlen.

Der Tragschicht-Aufbau sollte grundsätzlich mit frostsicherem und verdichtungsfähigen Baustoffen erfolgen (z.B. Mineralgemisch 0/56 und 0/45 mm). Auf OK Tragschicht sollte in Anlehnung an ZTV E-StB 09 und RStO 01 durch Plattendruckversuche ein $E_{v2} \geq 120 - 150 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden.



Für die Kranstellfläche ist nach U2 eine Flächenpressung von mindestens 200 kN/m² bzw. für den Raupenkrane von 220 kN/m² gefordert, was bei standfestem Untergrund und dem o.g. Aufbau von ≥ 60 cm mit Geogitter gewährleistet sein kann.

5 Zusammenfassung

Die **W & S Power Porta** beabsichtigt in Porta Westfalica südlich der BAB 2 die Windenergieanlage 'WEA 2 Fahrenbreite' (Senvion MM 100 mit 100 m Nabenhöhe) errichten zu lassen.

Die stichprobenartige Untersuchung Baugrundbeschaffenheit ergab am Standort ein Baugrundprofil aus weichkonsistentem Sandlöß über nichtbindigen Sanden, die zunächst überwiegend locker bis annähernd mitteldicht gelagert und somit insgesamt bedingt stand- und scherstark und bedingt bis ausreichend tragfähig sind. Die Sande weisen erst in größerer Tiefe eine mitteldichte bis dichte Lagerung und somit eine gute Tragfähigkeit auf.

Dementsprechend ist in Anbetracht der hohen Boden- und Kantenpressungen, unter Berücksichtigung eines ausreichenden Abstandes zum Grundwasserspiegel, von vornherein eine tiefere Einbindung und der Einbau eines Gründungspolsters zu empfehlen.

Die bei den Aushubarbeiten anfallenden bindigen Böden sind nicht verdichtungsfähig und somit für einen Wiedereinbau in Bereichen mit statischen Anforderungen nicht geeignet. Die nichtbindigen Sande können für einen Wiedereinbau geeignet sein, wobei jedoch zur Verbesserung der Stand- und Scherstärke grundsätzlich zu empfehlen ist, Brechkornmisch als Bodenaustausch einzusetzen.

Mit separatem Bericht G2822162 vom 15.07.2016 wurde im Hinblick auf das Wasserschutzgebiet „Holzhausen - Eisbergen“ eine hydrogeologische Stellungnahme vorgelegt.

Da die Baumaßnahme nach DIN 1054 (2010) in die GK 3 einzustufen ist, ist nach Abschnitt 4.3 der DIN 1997-1 (2009) im Hinblick auf eine ggf. erforderliche Anpassung der Gründung in der Baugrube eine abschließende Prüfung und ggf. Abnahme des Baugrundes durch den Gutachter obligatorisch. Eine entsprechende Prüfung ist insbesondere auch bei Bodenverhältnissen erforderlich, die ggf. von der vorliegenden Beschreibung abweichen.

Mit dem vorliegenden Bericht sind Aufgabenstellung und Auftragsumfang vollständig erfüllt. Im Bericht nicht dargestellte Themen bedürfen ggf. einer gesonderten Untersuchung und Bearbeitung.

Bünde, den 17.09.2012, ergänzt und geändert 12.08.2016

-GeoAnalytik-



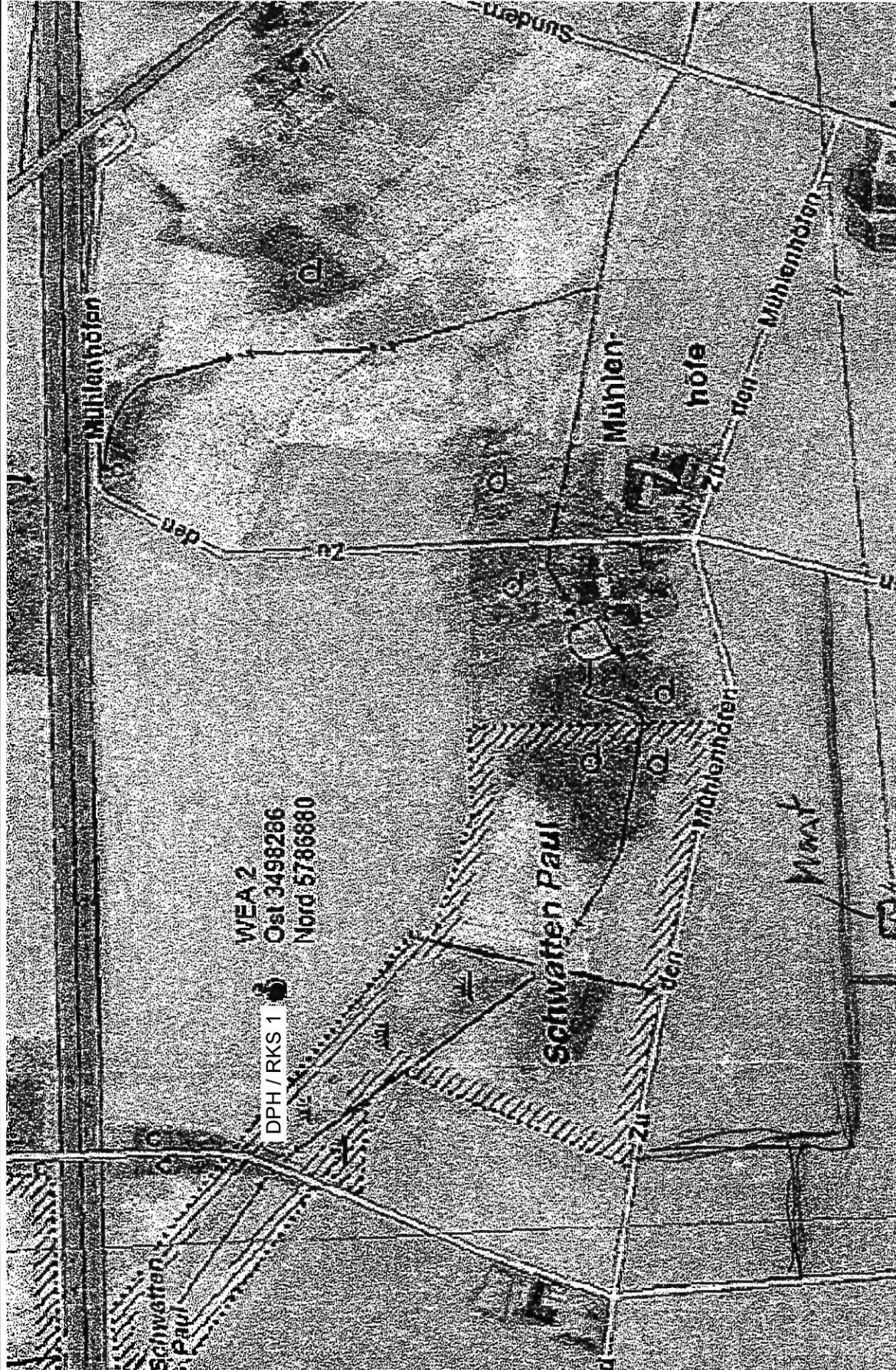
Dr. Hartmut Loh

i. A. Jarguarech

Dipl.-Ing. Henrieke Pampel

Anlage 1

Lageplan mit Untersuchungspunkten



WEA 2
DPH / RKS 1
Ost 3498236
Nord 5786880

<p>W & S Power Porta Sundern 31 32457 Porta Westfalica</p>	<p>BV WEA 2 Fahrenbreite in Porta Westfalica - Lohfeld Lageplan mit Untersuchungspunkten</p>
<p>GeoANALYTIK Dr. Hartmut Loh</p>	<p>Projekt-Nr.: G2822162 Maßstab: rel / k.A.</p>
<p>Fahreschweg 32, 32257 Bünde Tel.: 05223 - 522 130, Fax: 05223 - 522 132</p>	<p>Datei: G2822162-LP.bop Datum: 15.08.2016</p>
<p>Anlage: 1</p>	

Anlage 2

Schichtenverzeichnisse (DIN 4022)

GeoAnalytik Dr. Loh Fahreschweg 32 32257 Bünde Tel.: 05223 - 522 130 Fax: 05223 - 522 132		Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben			Bericht: G2822162 Anlage: 2.1		
Vorhaben: W&S Power: BV WEA 2 Fahrenbreite in Porta Westfalica - Lohfeld							
Bohrung RKS 1 / Blatt: 1					Höhe: 0.00 m		
					Datum: 07.08.2012		
1	2			3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾				Art	Nr	Tiefe in m (Unter-kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe				
0.40	a) Mutterboden, Feinsand, schluffig			schwach feucht - feucht		1\1	0.40
	b) durchwurzelt						
	c) weich	d) leicht	e) dunkelbraun - braungrau				
	f) Oberboden	g) Holozän	h) i) O				
0.90	a) Feinsand, stark schluffig			schwach feucht - feucht		1\2	0.90
	b)						
	c) weich - steif	d) leicht - mäßig schwer	e) hellbraun				
	f) Lößlehm - Sandlöß	g) Pleistozän	h) i) O				
3.80	a) Feinsand, Mittelsand			schwach feucht - nass, GW angebohrt (3.2), GW n. Bohrende (3.6)		1\3 1\4 1\5	2.00 3.20 3.80
	b)						
	c) locker - mitteldicht	d) leicht - mäßig schwer	e) gelbbraun - hellbraun				
	f) Schmelzwassersand	g) Pleistozän	h) i) O				
7.70	a) Sand, schwach schluffig, schwach feinkiesig			nass		1\6 1\7 1\8 1\9	5.00 6.00 7.00 7.70
	b) vereinzelt Schluffbänder						
	c) mitteldicht	d) mäßig schwer	e) braun				
	f) Schmelzwassersand	g) Pleistozän	h) i) O				
13.00	a) Sand, schwach schluffig			nass, Borhloch offen bis 3,85 m		1\10 1\11 1\12 1\13 1\14	9.00 10.00 11.00 12.00 13.00
	b) ab 10,0 m dunkelgraubraun mit Schluff- und Tonbändern						
	c) mitteldicht	d) mäßig schwer	e) braungrau				
	f) Schmelzwassersand	g) Pleistozän	h) i) O				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

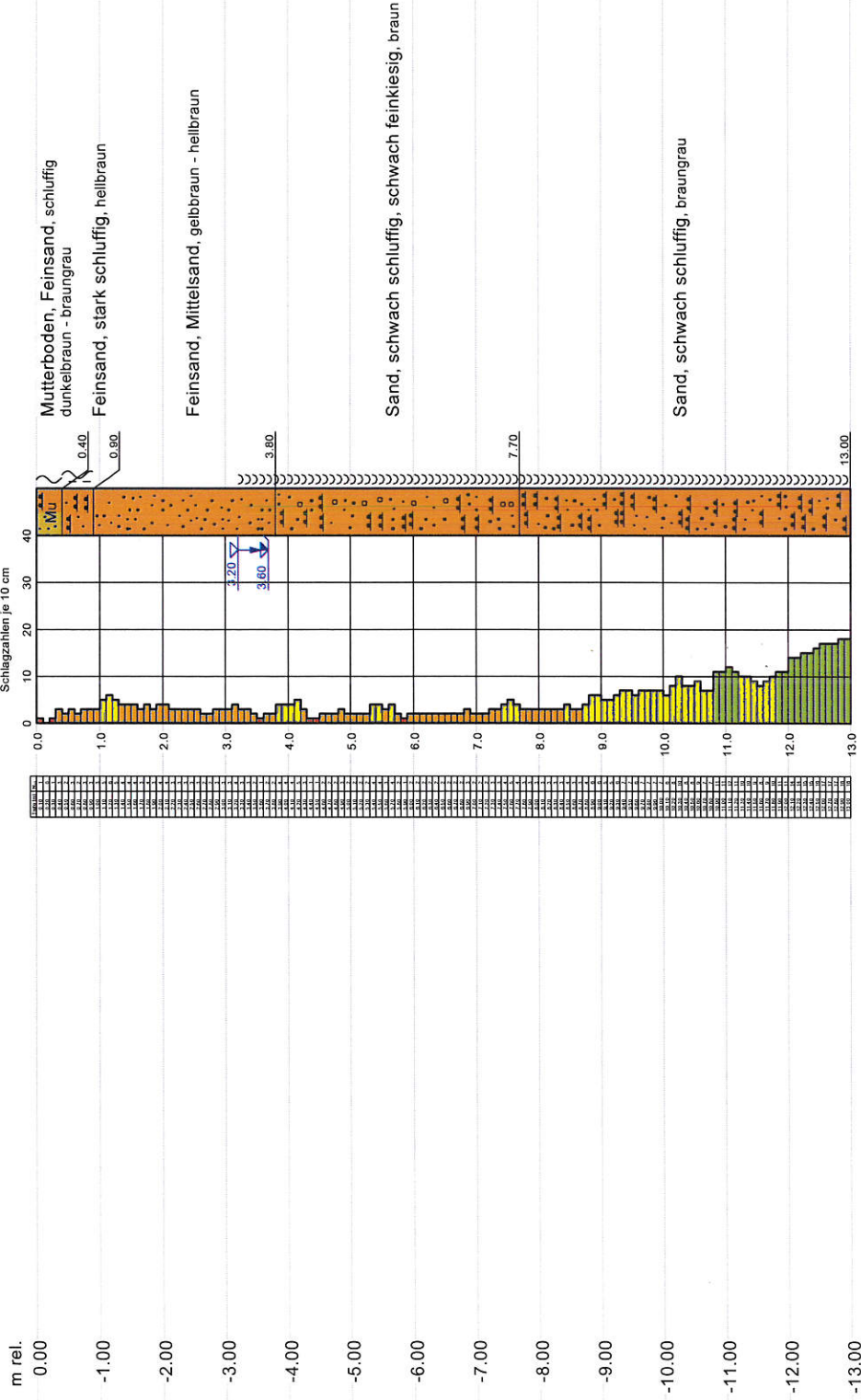
Anlage 3

Bodenprofile (DIN 4023)
und
Rammsondierungen (DIN 4094/DIN EN ISO 22476-2)

DPH 1/RKS 1

0.00 m 0.00 m

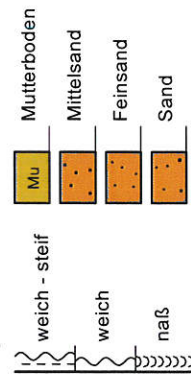
Schlagzahlen je 10 cm



Lagerungsdichte

sehr locker
locker
mitteldicht
dicht
sehr dicht

Signaturen und Bodenarten



W & S Power Porta
Sundern 31
32457 Porta Westfalica

BV WEA 2 Fahnenbreite
in Porta Westfalica - Lohfeld
Bodenprofil
und Rammsondierung

Projekt-Nr.: G2822162

Maßstab: rel / 1:75

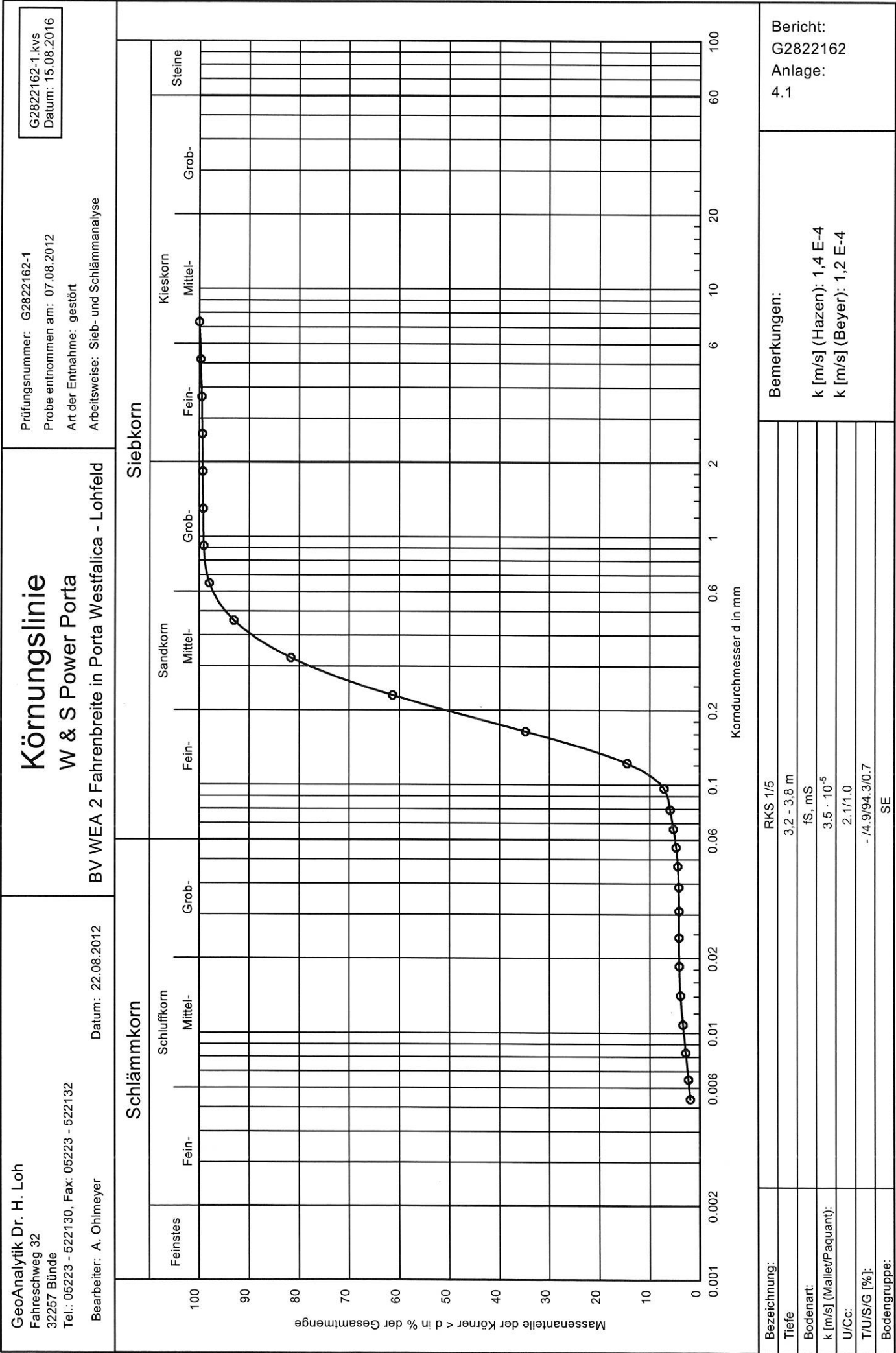
Datei: G2822162.bop
Datum: 15.08.2016

Anlage: 3

Dr. Hartmut Loh
Fahreschweg 32, 32257 Bünde
Tel.: 05223 - 522 130, Fax: 05223 - 522 132

Anlage 4

Bodenmechanische Laboranalysen
(DIN 18123, DIN 18121)

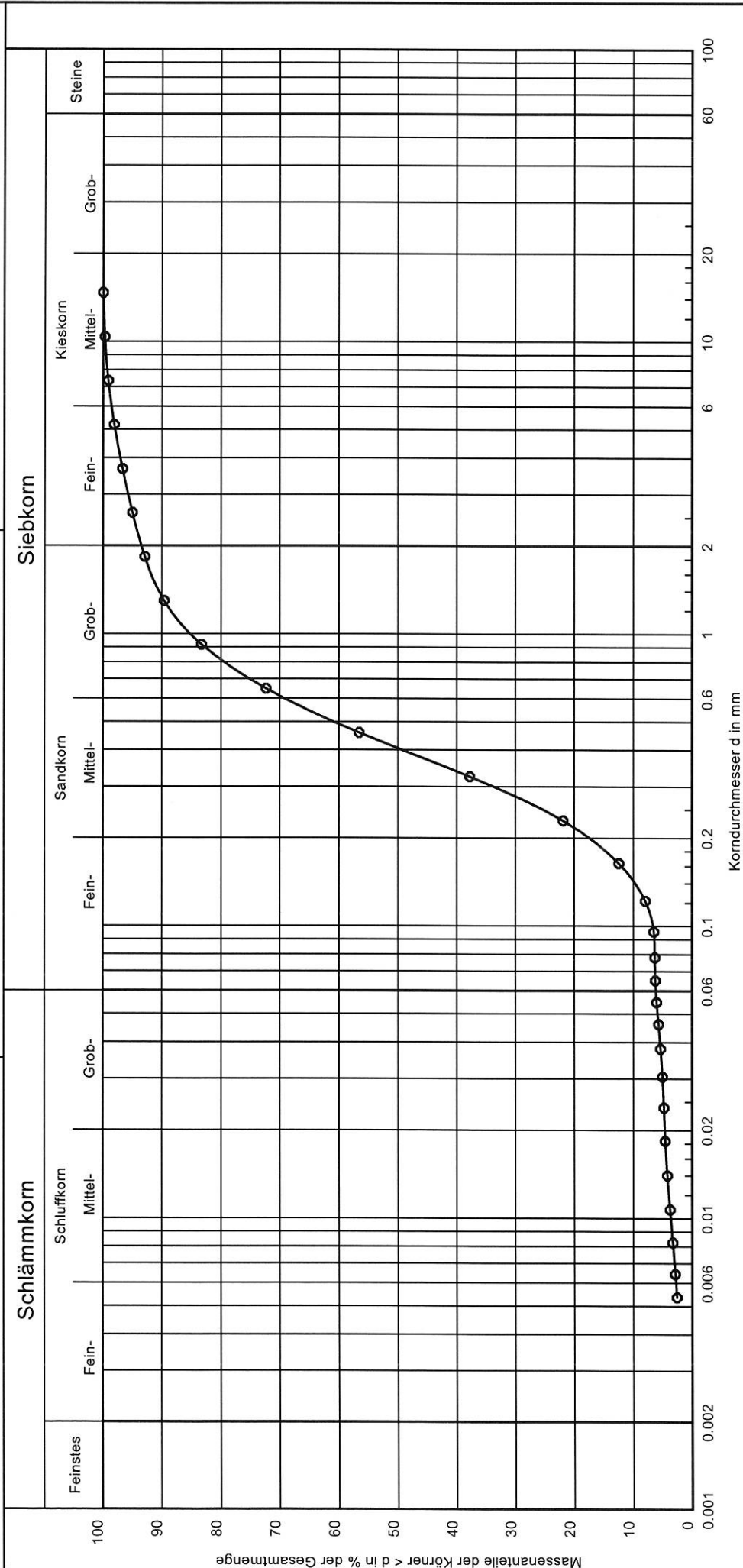


Bearbeiter: A. Ohlmeier
Datum: 22.08.2012

BV WEA 2 Fahrenbreite in Porta Westfalica - Lohfeld

Prüfungsnummer: G2822162-2
 Probe entnommen am: 07.08.2012
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: Sieb- und Schlämmanalyse

G2822162-2.kvs
Datum: 15.08.2016



k [m/s] (Hazen): 2,4 E-4
k [m/s] (Beyer): 1,8 E-4

- /6.2/87.3/6.5

US

Wassergehalt nach DIN 18 121

W & S Power Porta

BV WEA 2 Fahrenbreite in Porta Westfalica - Lohfeld

Bearbeiter: A. Ohlmeyer

Datum: 22.08.2012

Prüfungsnummer: G2822162

Entnahmestelle: vgl. Bezeichnung

Tiefe: vgl. Bezeichnung

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: siehe Schichtenverzeichnis

Probe entnommen am: 07.08.2012

Probenbezeichnung:	RKS 1/3 0,9 - 2,0 m	RKS 1/5 3,2 - 3,8 m			
Feuchte Probe + Behälter [g]:	149.50	163.10			
Trockene Probe + Behälter [g]:	143.80	139.30			
Behälter [g]:	9.30	9.30			
Porenwasser [g]:	5.70	23.80			
Trockene Probe [g]:	134.50	130.00			
Wassergehalt [%]	4.24	18.31			

Probenbezeichnung:					
Feuchte Probe + Behälter [g]:					
Trockene Probe + Behälter [g]:					
Behälter [g]:					
Porenwasser [g]:					
Trockene Probe [g]:					
Wassergehalt [%]					

Probenbezeichnung:					
Feuchte Probe + Behälter [g]:					
Trockene Probe + Behälter [g]:					
Behälter [g]:					
Porenwasser [g]:					
Trockene Probe [g]:					
Wassergehalt [%]					

Probenbezeichnung:					
Feuchte Probe + Behälter [g]:					
Trockene Probe + Behälter [g]:					
Behälter [g]:					
Porenwasser [g]:					
Trockene Probe [g]:					
Wassergehalt [%]					

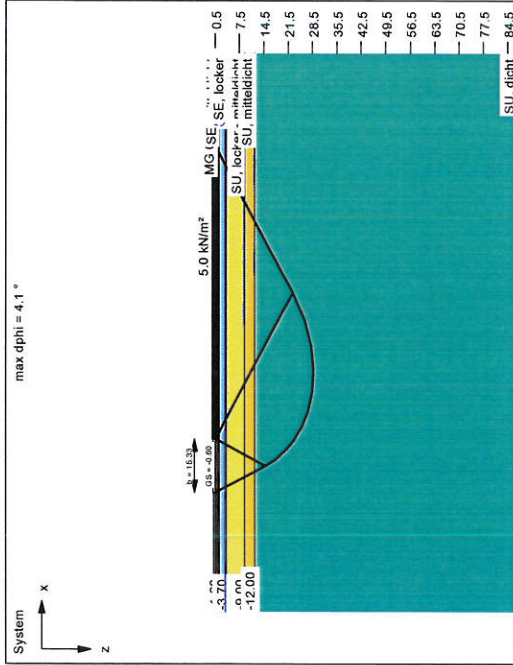
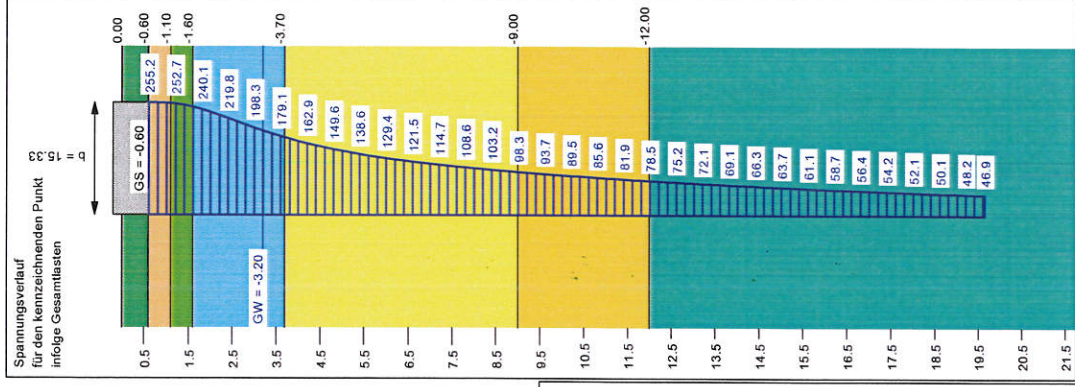
Anlage 5

Setzungs- und Grundbruchberechnungen
(DIN 4017, DIN 4019)

GS = 0,6 m GOK

Tiefe [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	σ [kN/m ²]	σ' [kN/m ²]	ϕ [°]	E [MN/m ²]	ν []	ν' []	Bezeichnung
0.00	21.0	11.0	27.5	0.0	0.0	7.0	0.00	1.000	SU* weich
-1.10	19.0	11.0	35.0	0.0	0.0	80.0	0.00	1.000	MG 045 mitteldicht
-1.60	18.0	10.0	32.5	0.0	0.0	50.0	0.00	1.000	SE mitteldicht
-3.70	17.0	9.0	30.0	0.0	0.0	30.0	0.00	1.000	SE locker
-9.00	18.0	10.0	32.5	0.0	0.0	40.0	0.00	1.000	SU locker - mitteldicht
-12.00	18.0	10.0	32.5	0.0	0.0	50.0	0.00	1.000	SU mitteldicht
<-12.00	18.0	11.0	35.0	0.0	0.0	80.0	0.00	1.000	SU dicht

Oberkante Gelände = 0.00 m



Ergebnisse Einzelfundament:

Vertikallast $V = 60000.00$ kN
 Horizontalkraft $H_x = 0.00$ kN
 Horizontalkraft $H_y = 0.00$ kN
 Moment $M_x = 0.00$ kN·m
 Moment $M_y = 0.00$ kN·m
 Länge $a = 15.332$ m
 Breite $b = 15.332$ m
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern
 Länge $a' = 15.332$ m
 Breite $b' = 15.332$ m

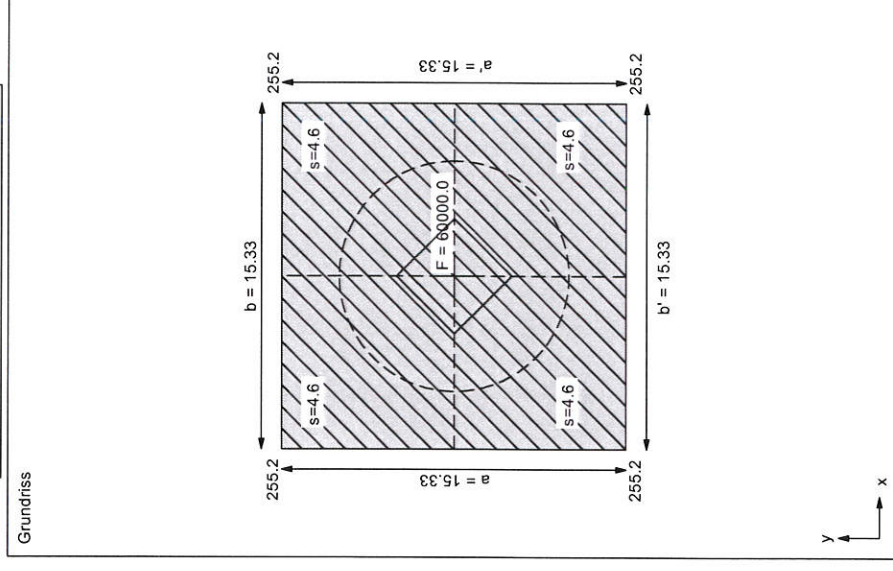
cal $\phi = 34.1^\circ$
 cal $c = 0.00$ kN/m²
 cal $\gamma_2 = 11.49$ kN/m³
 cal $\sigma_{v0} = 17.60$ kN/m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{90} = 42.67$; $N_{90} = 29.93$; $N_{90} = 19.61$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.581$; $v_d = 1.561$; $v_b = 0.700$
 Tiefenbeiwerte (x):
 $d_c = 1.000$; $d_d = 1.000$; $d_b = 1.000$

Setzung:
 Grenzsetzung $t_g = 19.64$ m u. GOK
 Vorbelastung $= 5.0$ kN/m²
 Setzung (Mittel aller KPs) $= 4.61$ cm
 Setzungen der KPs:
 links oben $= 4.61$ cm
 rechts oben $= 4.61$ cm
 links unten $= 4.61$ cm
 rechts unten $= 4.61$ cm

Grundbruch:
 Auflast (Grundbruch) $= 5.00$ kN/m²
 Bezugsgröße: Last
 erf $\eta = 2.00$
 vorh $\sigma = 255.2$ kN/m²
 σ (Bruch) $= 3241.8$ kN/m²
 vorh $V = 60000.00$ kN
 V (Bruch) $= 762047.1$ kN
 min η (parallel zu x) $= 12.70$
 Kohäsionsglied $= 0.00$ kN
 Breitenglied $= 568727.6$ kN
 Tiefenglied $= 193319.5$ kN

Berechnungsgrundlagen:
 RKS 1
 Norm: DIN 1054 (alt)
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Globalisierungs-konzept
 Bezugsgröße: Last
 Oberkante Gelände = 0.00 m
 Grundwasser = -3.20 m
 Grenzsetzung mit $p = 20.0$ %
 Datei: G2822162-1.gdg
 Datum: 15.08.2016
 --- 1. Kernweite
 --- 2. Kernweite

Grundriss



W & S Power Porta

Sundern 31

32457 Porta Westfalica

BV WEA 2 Fahrenbreite

in Porta Westfalica

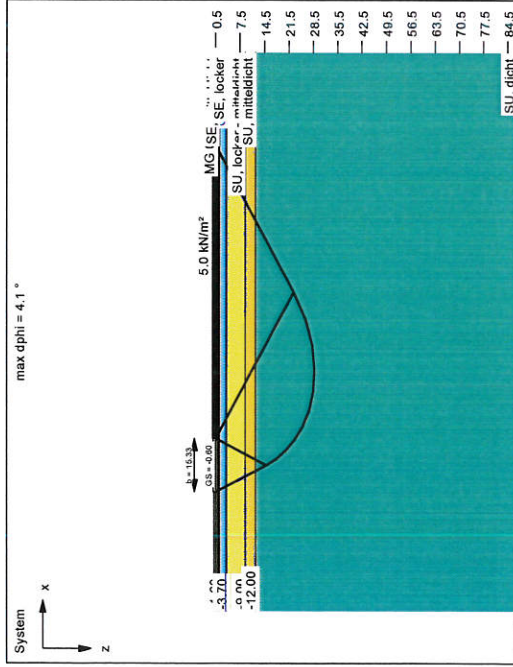
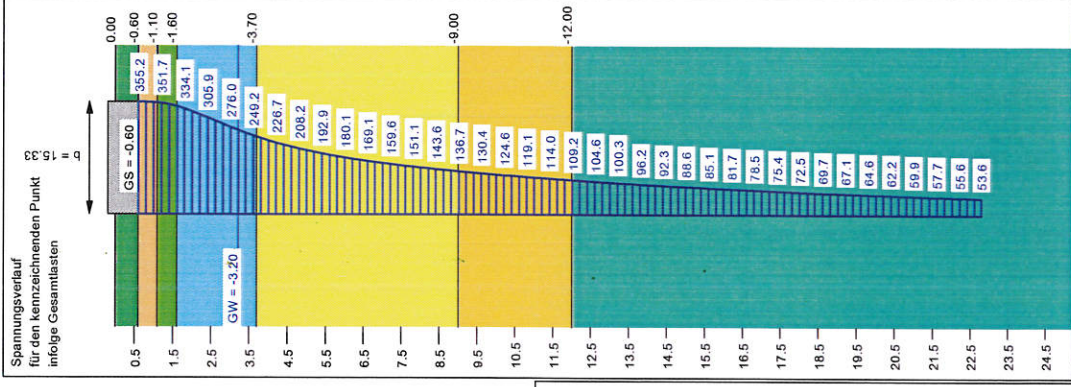
Einzelfundament

zul. Bodenpressungen und Setzungen

GS = 0,6 m GOK

Tiefe [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	σ [kN/m ²]	σ' [kN/m ²]	ϕ [°]	E [MN/m ²]	ν []	ν' []	ϵ []	Bezeichnung
-0.60	21.0	11.0	27.5	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	1.000	SU* weich
-1.10	19.0	11.0	35.0	0.0	0.0	80.0	0.0	0.0	1.000	MG 0.45 mitteldicht
-1.60	18.0	10.0	32.5	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0	1.000	SE mitteldicht
-3.70	17.0	9.0	30.0	0.0	0.0	30.0	0.0	0.0	1.000	SE locker
-9.00	18.0	10.0	32.5	0.0	0.0	40.0	0.0	0.0	1.000	SU locker-mitteldicht
-12.00	18.0	10.0	32.5	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0	1.000	SU mitteldicht
<-12.00	19.0	11.0	35.0	0.0	0.0	80.0	0.0	0.0	1.000	SU dicht

Oberkante Gelände = 0.00 m



Ergebnisse Einzelfundament:

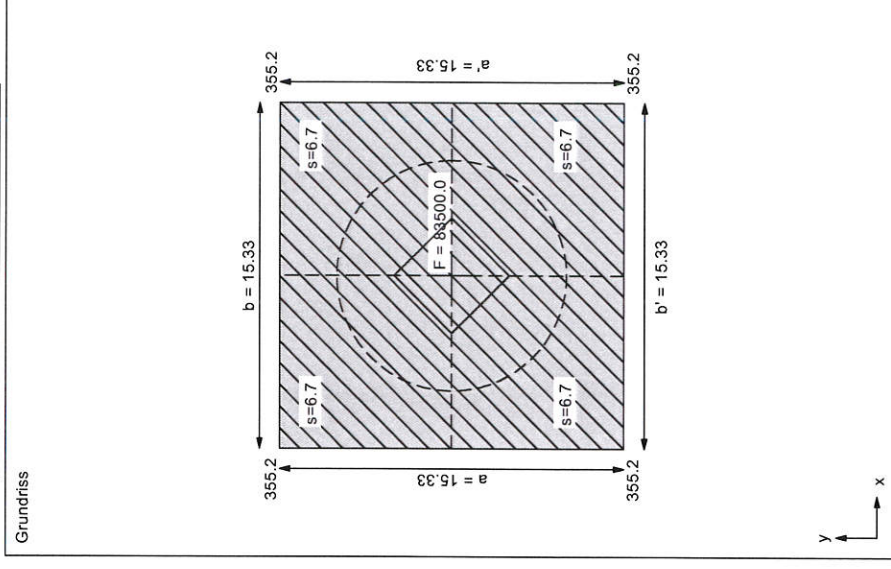
Vertikallast $V = 83500.00$ kN
 Horizontalkraft $H_x = 0.00$ kN
 Horizontalkraft $H_y = 0.00$ kN
 Moment $M_x = 0.00$ kN·m
 Moment $M_y = 0.00$ kN·m
 Länge $a = 15.332$ m
 Breite $b = 15.332$ m
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern
 Länge $a' = 15.332$ m
 Breite $b' = 15.332$ m
 Grundbruch:
 Auflast (Grundbruch) = 5.00 kN/m²
 Bezugsgröße: Last
 erf $\eta = 2.00$
 vorh $\sigma = 355.2$ kN/m²
 σ (Bruch) = 3241.8 kN/m²
 vorh $V = 83500.00$ kN
 V (Bruch) = 762047.1 kN
 min η (parallel zu x) = 9.13
 Kohäsionsglied = 0.00 kN
 Breitenglied = 568727.6 kN
 Tiefenglied = 193319.5 kN

cal $\phi = 34.1^\circ$
 cal $c = 0.00$ kN/m²
 cal $\gamma_2 = 11.49$ kN/m³
 cal $\sigma_{0v} = 17.60$ kN/m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{90} = 42.67$; $N_{100} = 29.93$; $N_{60} = 19.61$
 Formbeiwerte (x):
 $v_e = 1.581$; $v_d = 1.561$; $v_b = 0.700$
 Tiefenbeiwerte (x):
 $d_e = 1.000$; $d_d = 1.000$; $d_b = 1.000$

Setzung:
 Grenztiefe $t_g = 22.78$ m u. GOK
 Vorbelastung = 5.0 kN/m²
 Setzung (Mittel aller KPs) = 6.68 cm
 Setzungen der KPs:
 links oben = 6.68 cm
 rechts oben = 6.68 cm
 links unten = 6.68 cm
 rechts unten = 6.68 cm

Berechnungsgrundlagen:
 RKS 1
 Norm: DIN 1054 (alt)
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Globalisierungsbeiwerte
 Bezugsgröße: Last
 Oberkante Gelände = 0.00 m
 Gründungssohle = -0.60 m
 Grundwasser = -3.20 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0$ %
 Datei: G2822162-2.gdg
 Datum: 15.08.2016
 --- 1. Kernweite
 --- 2. Kernweite

Grundriss

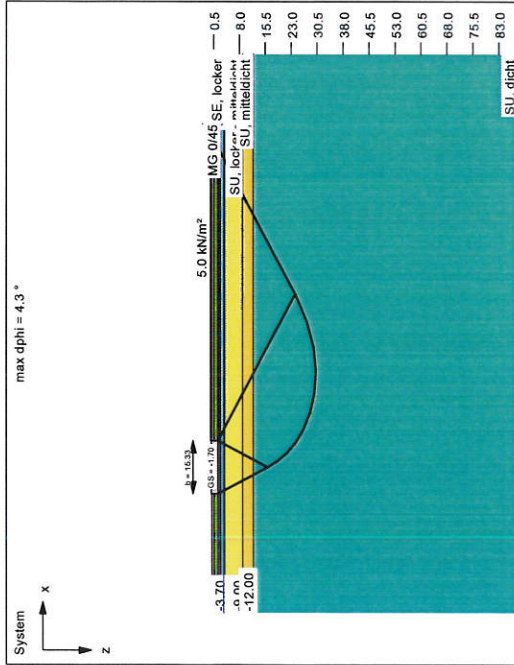


W & S Power Porta
 Sundern 31
 32457 Porta Westfalica

BV WEA 2 Fahrenbreite
 in Porta Westfalica
 Einzelfundament
 zul. Bodenpressungen und Setzungen

Boden	Tiefe [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	σ [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ϵ [%]	γ [%]	Bezeichnung
	-0.60	21.0	11.0	27.5	0.0	7.0	0.00	1.000	SU* weich
	-1.70	17.0	9.0	30.0	0.0	20.0	0.00	1.000	SE, locker
	-2.50	19.0	11.0	35.0	0.0	80.0	0.00	1.000	MG 0/45 mitteldicht
	-3.70	17.0	9.0	30.0	0.0	30.0	0.00	1.000	SE, locker
	-9.00	18.0	10.0	32.5	0.0	40.0	0.00	1.000	SU, locker - mitteldicht
	-11.00	19.0	11.0	35.0	0.0	80.0	0.00	1.000	SU, mitteldicht
	<-12.00	18.0	10.0	32.5	0.0	40.0	0.00	1.000	SU, dicht

Oberkante Gelände = 0.00 m

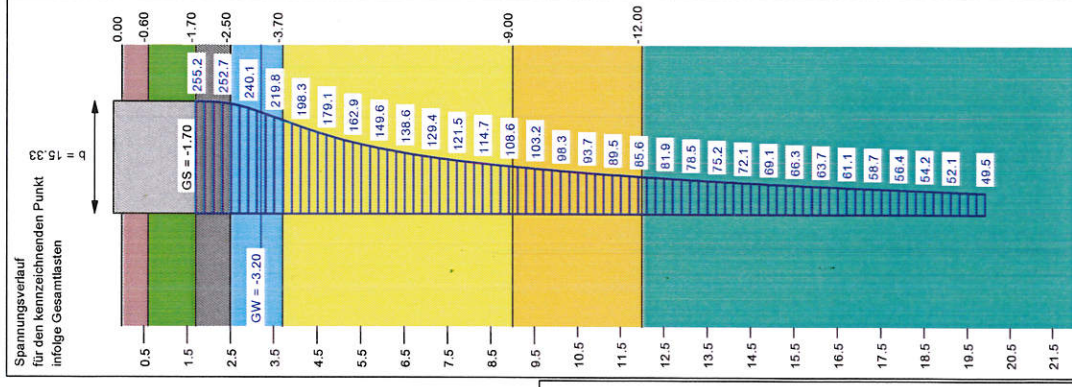
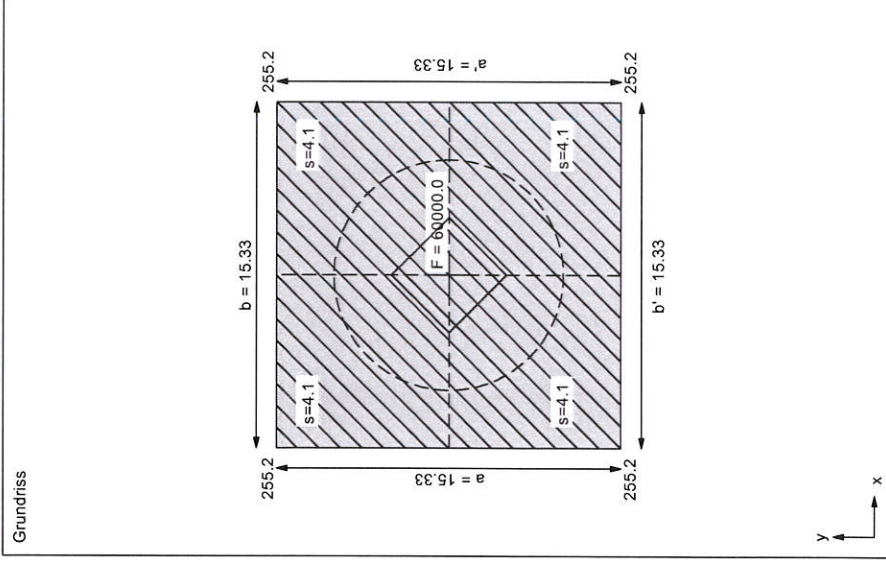


Ergebnisse Einzelfundament:

Vertikallast $V = 60000.00$ kN
 Horizontalkraft $H_x = 0.00$ kN
 Horizontalkraft $H_y = 0.00$ kN
 Moment $M_x = 0.00$ kN-m
 Moment $M_y = 0.00$ kN-m
 Länge $a = 15.332$ m
 Breite $b = 15.332$ m
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern
 Länge $a' = 15.332$ m
 Breite $b' = 15.332$ m

Grundbruch:

Auflast (Grundbruch) = 5.00 kN/m²
 Bezugsgröße: Last
 $\text{erf } \eta = 2.00$
 $\text{vorh } \sigma = 255.2$ kN/m²
 σ (Bruch) = 4136.3 kN/m²
 $\text{vorh } V = 60000.0$ kN
 V (Bruch) = 972320.4 kN
 $\min \eta$ (parallel zu x) = 16.21
 Kohäsionsglied = 0.0 kN
 Breitenglied = 565277.2 kN
 Tiefenglied = 407043.2 kN



Berechnungsgrundlagen:
 RKS 1
 Norm: DIN 1054 (alt)
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Globalisiertheitskonzept
 Bezugsgröße: Last
 Oberkante Gelände = 0.00 m
 Gründungssohle = -1.70 m
 Grundwasser = -3.20 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0$ %
 Datei: G2822162-3.gdg
 Datum: 08.08.2016
 --- 1. Kernweite
 --- 2. Kernweite

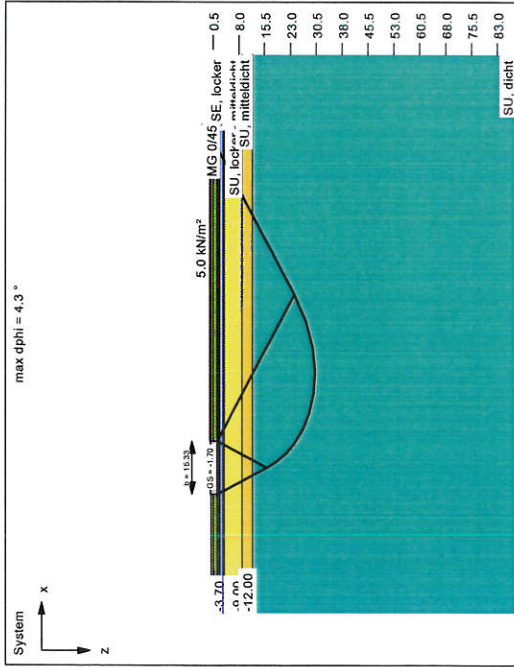
UK Fundament = 1,7 m GOK

W & S Power Porta
 Sundern 31
 32457 Porta Westfalica

BV WEA 2 Fahrenbreite
 in Porta Westfalica
 Einzelfundament
 zul. Bodenpressungen und Setzungen

Boden	Tiefe [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ϵ_1 [%]	ϵ_2 [%]	Bezeichnung
	-0.60	21.0	11.0	27.5	0.0	7.0	0.00	1.000	SU*, weich
	-1.70	17.0	9.0	30.0	0.0	20.0	0.00	1.000	SE, locker
	-2.50	19.0	11.0	35.0	0.0	80.0	0.00	1.000	MG 0/45 mitteldicht
	-3.70	17.0	9.0	30.0	0.0	30.0	0.00	1.000	SE, locker
	-9.00	18.0	10.0	32.5	0.0	40.0	0.00	1.000	SU, locker-mitteldicht
	-11.00	18.0	10.0	32.5	0.0	15.0	0.00	1.000	SU, mitteldicht
	<-12.00	19.0	11.0	35.0	0.0	80.0	0.00	1.000	SU, dicht

Oberkante Gelände = 0.00 m



Ergebnisse Einzelfundament:

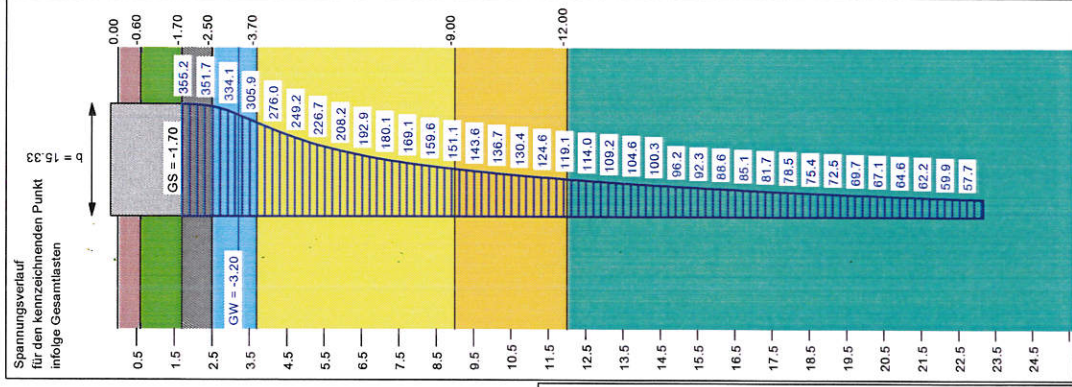
Vertikallast $V = 83500.00$ kN
 Horizontalkraft $H_x = 0.00$ kN
 Horizontalkraft $H_y = 0.00$ kN
 Moment $M_x = 0.00$ kN·m
 Moment $M_y = 0.00$ kN·m
 Länge $a = 15.332$ m
 Breite $b = 15.332$ m
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern
 Länge $a' = 15.332$ m
 Breite $b' = 15.332$ m

Grundbruch:

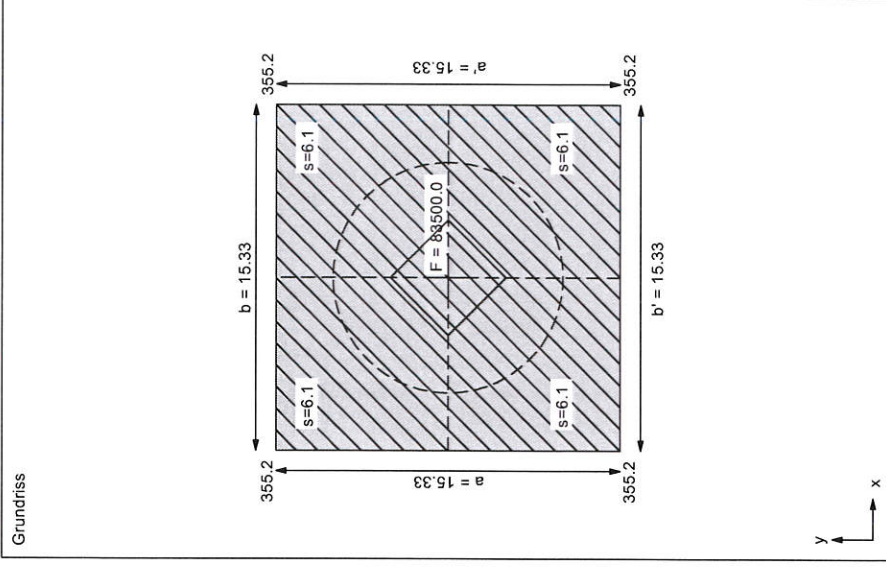
Auflast (Grundbruch) = 5.00 kN/m²
 Bezugsgröße: Last
 $\epsilon_f = 2.00$
 vorh $\sigma = 355.2$ kN/m²
 σ (Bruch) = 4136.3 kN/m²
 vorh $V = 83500.0$ kN
 V (Bruch) = 972320.4 kN
 min η (parallel zu x) = 11.64
 Kohäsionsglied = 0.0 kN
 Breitenglied = 565277.2 kN
 Tiefenglied = 407043.2 kN

Setzung:

Grenztiefe $t_g = 23.15$ m u. GOK
 Vorbelastung = 15.0 kN/m²
 Setzung (Mittel aller KPs) = 6.05 cm
 Setzungen der KPs:
 links oben = 6.05 cm
 rechts oben = 6.05 cm
 links unten = 6.05 cm
 rechts unten = 6.05 cm



Spannungsverlauf
für den kennzeichnenden Punkt
infolge Gesamtlasten



Grundriss

Berechnungsgrundlagen:

RKS 1
 Norm: DIN 1054 (alt)
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Globalisiertheitskonzept
 Bezugsgröße: Last
 Oberkante Gelände = 0.00 m
 Gründungssohle = -1.70 m
 Grundwasser = -3.20 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0$ %
 Datei: G2822162-4.gdg
 Datum: 15.08.2016
 --- 1. Kernweite
 --- 2. Kernweite

UK Fundament = 1,7 m GOK

W & S Power Porta
 Sundern 31
 32457 Porta Westfalica

BV WEA 2 Fahrenbreite
 in Porta Westfalica
 Einzelfundament
 zul. Bodenpressungen und Setzungen