



**Geotechnik Dr. Heer
GmbH & Co. KG**

Bühler Straße 111a
D-66130 Saarbrücken

Tel.: +49 (0) 6 81 - 37 99 75-3
Fax: +49 (0) 6 81 - 37 99 75-40

E-Mail: gcg-dr-heer.de
Web: www.gcg-dr-heer.de

GEOTECHNISCHER BERICHT

NEUBAU VON DREI WINDENERGIEANLAGEN WP FREUDENBERG

Projektnummer: Bo 2678-2

Auftraggeber: EnBW Windkraftprojekte GmbH
Schelmenwasenstraße 15
70567 Stuttgart

Auftragsinhalt: Geotechnischer Bericht zum Bauvorhaben „Neubau von drei Windenergieanlagen am Windpark Freudenberg“

Datum: 27.05.2019

Rechtsform
Kommanditgesellschaft
Sitz: Saarbrücken
HRA: 10248
Amtsgericht Saarbrücken

Komplementärin
GCG-Verwaltungs-GmbH
Sitz: Saarbrücken
HRB: 16506
Amtsgericht Saarbrücken

Geschäftsführer
Dipl.-Geol. Dr. Wolf Heer
Dipl. Wirt.-Ing. Helge Maurer

Bankverbindung
SaarLB Saarbrücken
IBAN: DE86 5905 0000 0020 0234 46
BIC: SALADE55XXX
Ust.- ID.: DE 256116296

ANLAGEN

1. Bohr- und Schurfprofile & Diagramme der Rammsondierungen
2. Bodenmechanische Laborversuche
3. Erdstatische Nachweise
4. Fotografische Dokumentation
5. Pläne:
 - Übersichtslageplan
 - Lagepläne der Aufschlüsse
 - Längsschnitte

VERTEILER:

EnBW Windkraftprojekte GmbH
Herr Lindner
Schelmenwasenstraße 15
70567 Stuttgart

dreifache Ausfertigung

GCG
Projektordner 2678-2

Vorgang

INHALTSVERZEICHNIS	SEITE
1 EINLEITUNG	4
2 VERWENDETE UNTERLAGEN	4
3 GEPLANTE BAUMASSNAHME UND GELÄNDEBESCHREIBUNG	5
4 GEOLOGISCHER ÜBERBLICK	7
5 GEOTECHNISCHE KATEGORIE	9
6 AUFSCHLUSSPROGRAMM	9
7 LABORVERSUCHE	12
8 UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE/HOMOGENBEREICHE	13
8.1 Bodenverhältnisse im Bereich der WEA-Standorte (Fundamente)	13
8.2 Grundwasserverhältnisse	17
8.3 Homogenbereiche, Bodenklassen (DIN 18 300) und Bodengruppen (DIN 18 196)	18
8.4 Bodenkenngrößen	18
9 EMPFEHLUNGEN ZUR BAUAUSFÜHRUNG	19
9.1 Gründungshinweise Fundamente	20
9.2 Weitere, allgemeingültige Hinweise zur Gründung	26
9.3 Hinweise zu den Erdarbeiten	27
9.4 Baugrubensicherung/Wasserhaltung	27
9.5 Hinterfüllen und Überschütten der Fundamente	28
9.6 Herstellen Kranstellflächen und Zuwegungen	29
9.7 Kabeltrasse zwischen WEA 1 neu und WEA 2	36
10 ENTSORGUNG DER ANFALLENDEN MASEN	38
11 QUALITÄTSSICHERUNG	39
12 BEURTEILUNG DES BAUGRUNDRISIKOS	40
13 ZUSAMMENFASSUNG	41

1 EINLEITUNG

Die EnBW Windkraftprojekte GmbH, Stuttgart plant die Errichtung von drei Windenergieanlagen (WEA) auf Flächen der Gemeinde Freudenberg im Landkreis Siegen-Wittgenstein. Konkret sollen die WEA's in forstwirtschaftlich genutzten Flächen zwischen den Ortschaften Freudenberg und Oberfischbach erstellt werden.

Zu diesem Bauvorhaben wurde das Büro Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG (nachfolgend GCG genannt) von der EnBW Windkraftprojekte GmbH beauftragt, den Baugrund zu untersuchen und Hinweise zur Gründung aufzustellen.

Im Rahmen dieser Beauftragung wurden durch GCG bereits im Dezember 2016 Erkundungsarbeiten hinsichtlich des Baugrundes im Bereich der drei Anlagenstandorte durchgeführt, woraus der geotechnische Bericht Bo 2678 vom 22.02.2017 resultierte.

Im Jahre 2019 wurde GCG dann durch die EnBW Windkraftprojekte GmbH beauftragt, aufgrund diverser Planungsänderungen zusätzliche Aufschlussarbeiten durchzuführen und einen auf die Änderungen angepassten geotechnischen Bericht zu erstellen. Die Änderungen beinhalten im Folgenden:

- die Verschiebung des Standortes der WEA 1 (→ WEA 1 neu)
- die Untersuchung der Kabeltrasse zwischen WEA 1 neu und WEA 2
- die Änderung des Anlagentyps vom Typ Nordex N131 auf Senvion 3.6M140 EBC

Der folgende Bericht stellt somit die Überarbeitung des vorhandenen Berichtes Bo 2678 in Bezug auf den geänderten Standort einer der drei WEA's, die geänderte Kabeltrasse zwischen zwei WEA's sowie den grundsätzlich geänderten Anlagentyp dar.

2 VERWENDETE UNTERLAGEN

Für die Erstellung dieses Gutachtens wurden folgende Pläne und Unterlagen verwendet:

- (1) Übersichtsplan zum Bauantrag, Windpark Freudenberg, Maßstab 1:2500, aufgestellt von: EnBW AG, 30.11.2016
- (2) Windpark Freudenberg, Zuwegungsplan mit Kabeltrasse, Maßstab 1:2500, aufgestellt von: EnBW AG, 01.12.2017
- (3) Schalplan Fundament Windkraftanlage, Senvion 3.4M140 / 3.6M140 EBC, Maßstab 1:50, aufgestellt von: nicht ersichtlich
- (4) Statische Berechnung/Typenprüfung für den Hybridturm der Windenergieanlage Senvion 3.6M140 EBC mit einer Nabenhöhe von 157-160 m als Flachgründung, aufgestellt von: grbv wind GmbH, 19.05.2017
- (5) Spezifikation für Zuwegungen und Kranstellflächen im Windpark für WEA Senvion 3.XM140 und 144, Nabenhöhen von 108m und 160 m Höhe, aufgestellt 03.08.2017

- (6) Richtlinie für Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, DIBt / Niedersachsen vom Oktober 2012
- (7) Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen, Blatt 5113 Freudenberg, Maßstab 1:25.000, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld 1968, nebst Erläuterungen
- (8) Geotechnischer Bericht Bo 2678 „Neubau von drei Windenergieanlagen, WP Freudenberg“ vom 22.02.2017, aufgestellt von: Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG

3 GEPLANTE BAUMASSNAHME UND GELÄNDEBESCHREIBUNG

Das Gelände für die geplanten Standorte der Windenergieanlagen befindet sich in einem zwischen Freudenberg und Oberfischbach gelegenen Waldgebiet. Bei den zugehörigen Flächen handelt es sich um zum Zeitpunkt der Aufschlussarbeiten (sowohl im Dezember 2016 als auch im April 2019) noch nicht gerodete Standorte. Die Zuwegung in das Untersuchungsgebiet erfolgt u.a. über den von der K20 Heuslinger Straße ausgehenden Waldweg

Bei den Standorten handelt es sich um leichte (WEA 1 neu) bis eher ausgeprägte Hanglagen (WEA 2 und WEA 3). Der minimale Höhenunterschied zwischen den höchsten und niedrigsten Aufschlusspunkten (ohne Aufschlüsse im Bereich der Kranstellflächen) wurde am Standort der WEA 1 neu mit 1,62 m, der maximale Höhenunterschied bei der WEA 3 mit 3,87 m festgestellt. Insgesamt betrachtet liegen die geplanten Windenergieanlagen in Höhen zwischen ca. 356,20 m (WEA 3) und 384,65 m ü. NN (WEA 1 neu, jeweils Fundamentmittelpunkt).

Der Standort der eigentlichen Anlage WEA 1 wird grundsätzlich nur um wenige Meter verschoben. Die wesentliche Änderung umfasst die Kranstellfläche, die in Bezug zur ursprünglichen Planung um ca. 180° gedreht ist.

Zwischen den Anlagen WEA 1 neu und WEA 2 verläuft die Kabeltrasse teils in dem bestehenden Waldweg, teils innerhalb einer Schneise in der eigentlichen Waldfläche.

Statt des ursprünglich vorgesehenen Anlagentyps Nordex N131 mit einer Nabenhöhe von 164 m sollen nun Anlagen des Herstellers Senvion, Typ 3.6M140 EBC mit einer Nabenhöhe von 160 m und einem kreisrunden Fundament mit einem Durchmesser von 22 m errichtet werden.

Angaben zum Fundament

Das Fundament besitzt am Rand eine Dicke von 1,30 m, im Bereich des Sockels beträgt die Dicke 1,90 m. Die Gesamthöhe des Fundamentes (Fundamentplatte mit Sockel) beträgt 3,20 m.

Nach dem vorliegenden Schalplan muss das Fundament zur Gewährleistung der statisch notwendigen Auflast mindestens mit einer 0,30 m mächtigen Erdschicht (abweichend von der Angabe in Abb. 2) überschüttet werden. Die maximal mögliche Überschütthöhe

reicht von der Geländeoberkante bis zur Höhe des Fundamenteinbauteils, d.h. ca. 1,80 m im Bereich des Fundamentrandes. Für das Überschüttmaterial ist eine Bodenwichte von mind. 18 kN/m³ einzuhalten. Das Einbringen einer Sauberkeitsschicht zwischen Fundamentunterkante und anstehendem Boden in einer Mächtigkeit von 0,15 m ist obligatorisch. Das Grundwasser darf laut Schalplan (3) bis maximal zur Geländeoberkante (+ 0,00) anstehen, jedoch nur bei maximal möglicher Überschüttung. Bei minimaler Überschüttung des Fundamentes darf der maximal zulässige Wasserstand bis zur Unterkante des Fundamentes reichen.

Die folgende Abbildung veranschaulicht die oben beschriebene Situation.

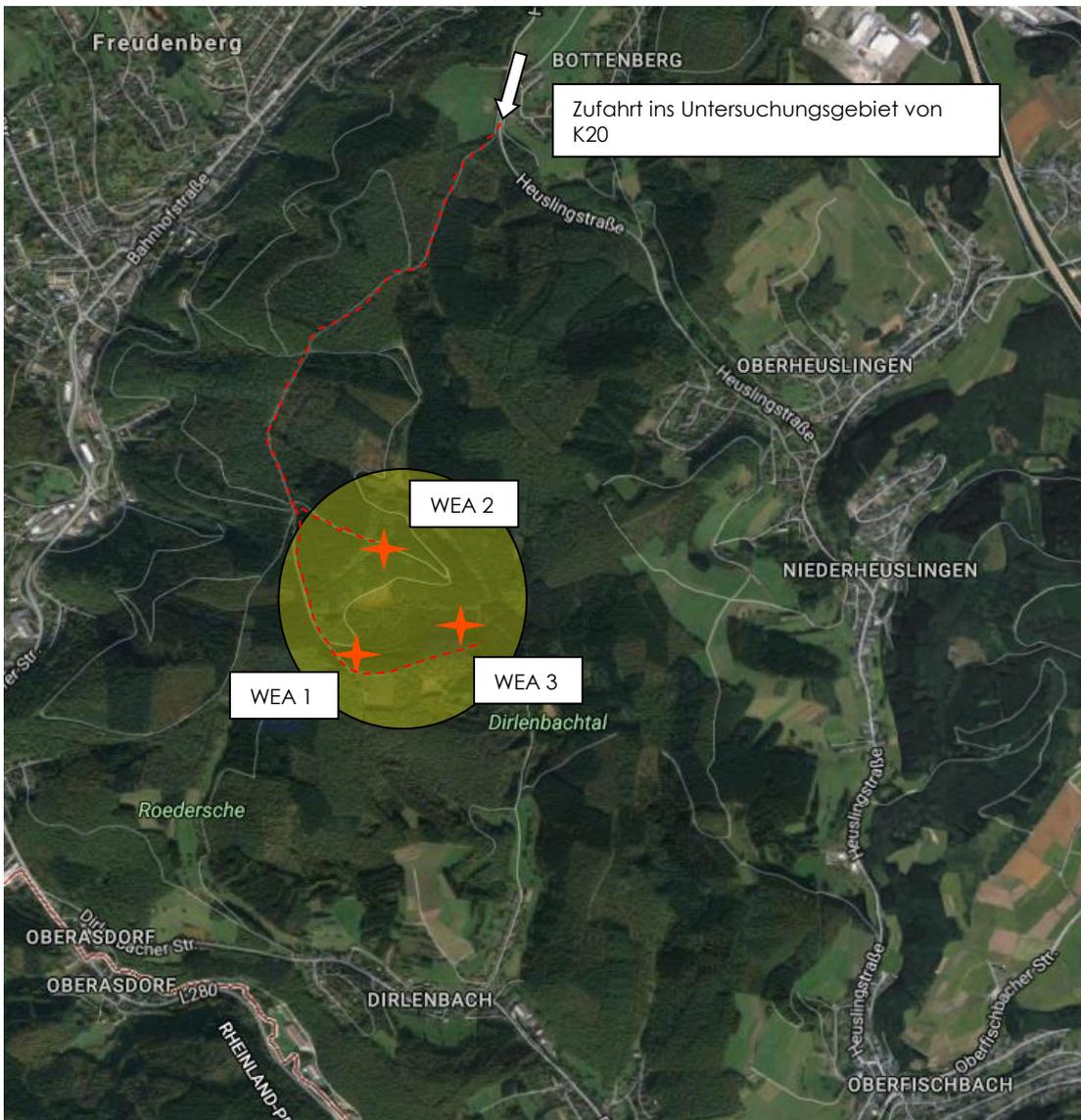


Abbildung 1: Luftbild des Geländes der Standorte der geplanten WEA (Quelle: google maps)

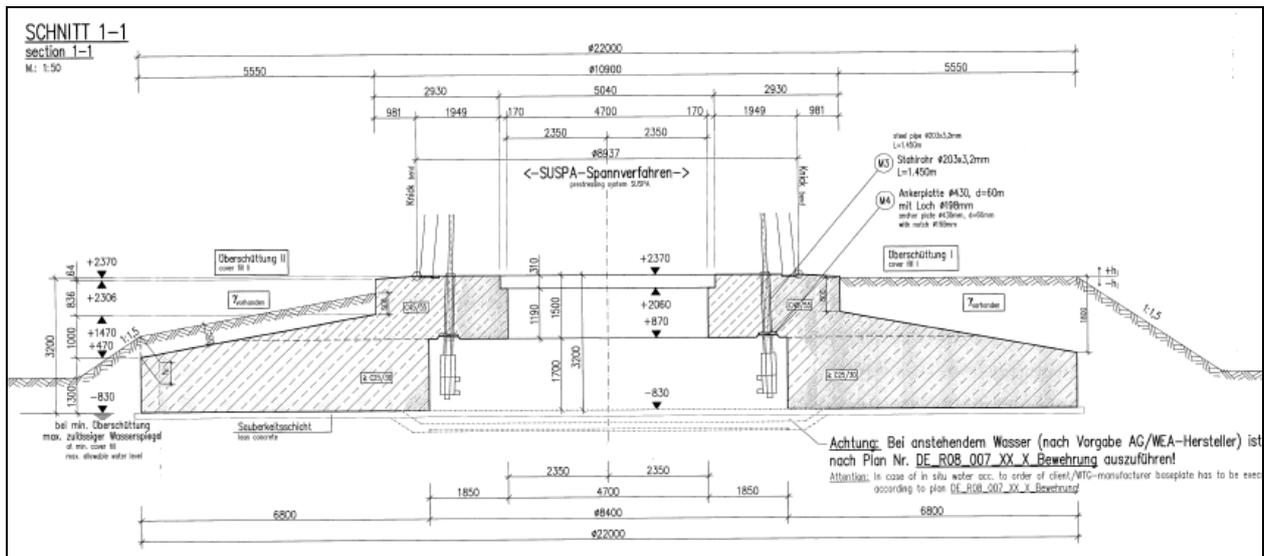


Abbildung 2: Schnitt durch geplantes Fundament (Planausschnitt aus (3))

Zusätzlich zu den eigentlichen Fundamentstandorten wurden auch die Kranstellflächen sowie die Zuwegungen zu den einzelnen Standorten untersucht.

An den jeweiligen Standorten sind Kranstellflächen bzw. Lagerflächen herzustellen (Abmessungen ca. 60 x 60 m).

Im Bereich der jeweiligen Kranstellflächen beträgt der Höhenunterschied zwischen den höchsten und den niedrigsten Aufschlusspunkten zwischen 4,00 m (WEA 1 neu) und 10,21 m (WEA 3).

4 GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Im Bereich der geplanten Windenergieanlagen stehen einheitlich die Ablagerungen der Oberen Siegener Schichten der Siegenstufe (ds) an. Der folgende Ausschnitt aus der geologischen Karte gibt eine grobe Übersicht über die geologischen Verhältnisse dieser Region. Gemäß dem Blatt 5113, Ausschnitt Freudenberg sind im Untersuchungsgebiet verbreitet die Übachtal-Schichten (dsA3) und die Niederndorfer-Schichten (dsA2) der Asdorfer Folge anstehend (dsA).

Die Oberen Siegener Schichten sind generell durch eine schlechte Sonderung der Gesteine gekennzeichnet. Die eher tonig-siltigen, in der Regel feinkörnigen Sandsteine weisen meist ebene Schichtflächen auf und neigen des öfteren zu plattigen Absonderungen. Auch die tonigen Gesteinsarten haben häufig einen stärkeren Silt- und Feinsandgehalt.

Die Niederndorfer Schichten (dsA2) sind im Gegensatz zu den Ahe-Schichten (dsA1) und den Übachtal-Schichten (dsA3) ein verstärkt Sandstein führendes Schichtenglied. Die Sandsteinbankfolgen besitzen Mächtigkeiten zwischen 1 und 4 m. Die Sandsteine haben häufig leicht quarzischen Charakter. Durch die schlechte Sonderung sind die Sandsteine

im Allgemeinen mürber. Zwischen Freudenberg und Oberheuslingen sind mehr ebenflächig und weniger quarzitische Sandsteine verbreitet.

In den Übachtal-Schichten (dsA3) überwiegen nur mäßig gesonderte, siltige Bandflaser- und Bandschiefer-Tonsteine. Die fein- bis mittelbandflaserigen Feinsandlagen wechseln in ihrer Häufigkeit laufend und treten gelegentlich einmal ganz zurück. Diese Gesteine gehen durch zunehmenden Siltgehalt auch in schlecht gesonderte tonig-feinsandige Siltsteine über. Sandsteinpartien finden sich selten – wenn, dann sind sie räumlich begrenzt. In dem Fall sind sie bis 1,5 m mächtig, ebenflächig, mürbe und dünnbankig bis plattig.

Im Bereich der Asdorfer Folge treten die beschriebenen Gesteine in Mächtigkeiten zwischen 400 und 500 m vor.

Die stratigraphische Einordnung ist wie folgt vorzunehmen:

System:	Devon
Serie:	Unterdevon
Stufe:	Siegenstufe (ds) / Obere Siegener Schichten
Folge:	Asdorfer Folge (dsA3 und dsA2)

Gemäß DIN 4149 (2005-04) ist das Untersuchungsgebiet keiner Erdbebenzone zuzuordnen (nicht erdbebengefährdet).

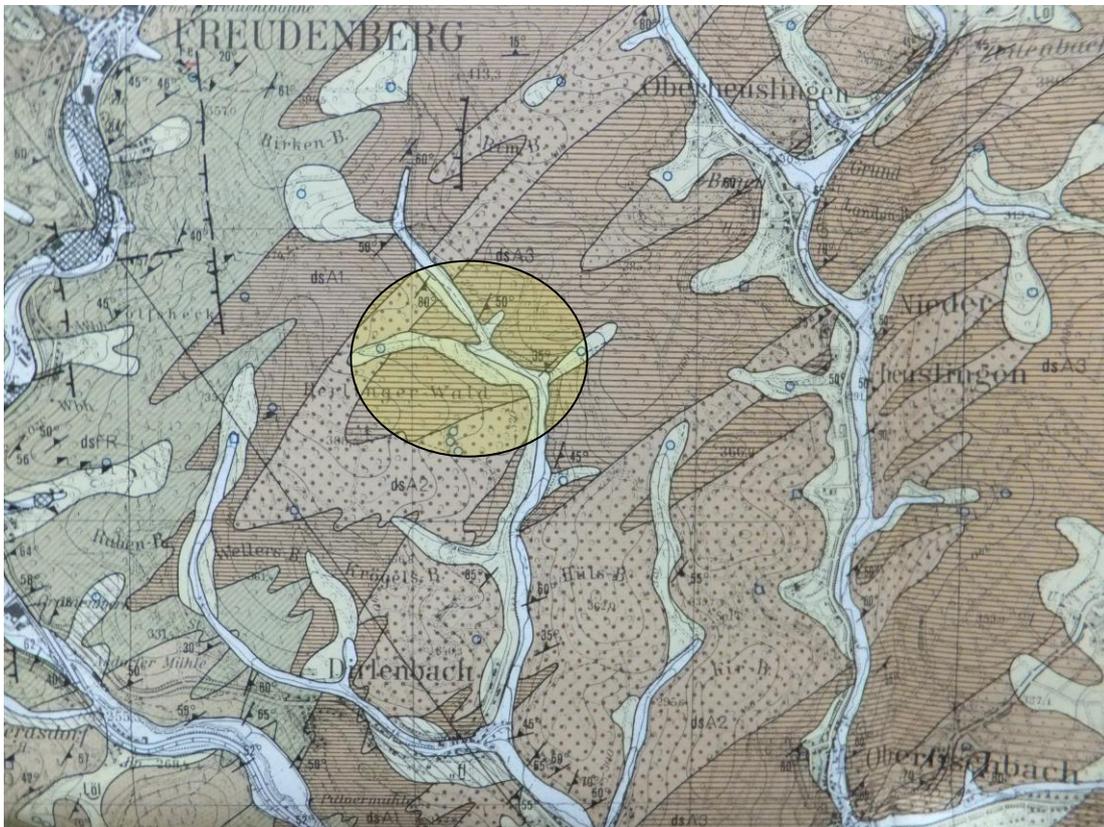


Abbildung 3: Ausschnitt der geologischen Karte, Blatt 5113 Freudenberg mit ungefährem Bereich des Untersuchungsgebietes

5 GEOTECHNISCHE KATEGORIE

Gemäß DIN 4020 sind die geplanten Bauwerke der Geotechnischen Kategorie 2 zuzuordnen. Diese Kategorie (GK 2) umfasst Bauobjekte und Baugrundverhältnisse mittleren Schwierigkeitsgrades, deren Planung eine ingenieurmäßige Bearbeitung erfordert und deren Sicherheit zahlenmäßig nachzuweisen ist.

6 AUFSCHLUSSPROGRAMM

Zur Erkundung der Bodenverhältnisse im Baugebiet inklusive Zuwegung wurden insgesamt 4 Bohrsondierungen (BS nach DIN EN ISO 22475-1) und 24 schwere (DPH nach DIN EN ISO 22476-2) sowie 38 Baggerschürfe abgeteuft. Die Ansatzpunkte und Endteufen der Aufschlüsse sind in den folgenden Tabellen aufgeführt:

WEA	Aufschluß-Nr.	Standort	Ansatzpunkt [m ü. NN]	Teufe [m unter GOK]
1 (alter Standort)	BS 1	Fundament	386,23	2,30
	DPH1		386,23	3,10
	DPH 1.1		387,01	3,10
	DPH 1.2		385,48	3,30
	SCH 1.1	Kranstellfläche	387,07	1,90
	SCH 1.2 (= SCH 17)		385,91	1,00
	SCH 1.3		384,47	1,60
	SCH 1.4		381,62	2,00
	DPH 1.3		385,91	2,20
	DPH 1.4		384,47	1,80
1 neu (neuer Standort)	BS 1 neu	Fundament	384,65	2,30
	SCH 1 neu		384,65	2,40
	DPH 1 neu		384,65	3,00
	DPH 1.1 neu		385,36	3,30
	DPH 1.2 neu		383,74	2,50
	SCH 2 neu	Kranstellfläche	385,96	2,60
	DPH 2 neu		385,96	2,70
	DPH 3 neu		386,52	2,30
	DPH 4 neu		386,82	3,20
	DPH 5 neu		383,87	2,00
	DPH 6 neu		382,97	1,80
	DPH 7 neu		382,82	3,30
	DPH 8 neu		384,85	2,60

Tabelle 1a: Ansatzpunkte und Endteufen der angelegten Aufschlüsse im Bereich der WEA's

WEA	Aufschluß-Nr.	Standort	Ansatzpunkt [m ü. NN]	Teufe [m unter GOK]
zwischen 1 und 2	SCH 3 neu	Kabeltrasse Waldfläche	377,13	1,85
	SCH 4 neu		378,42	2,40
	SCH 5 neu		378,21	2,10
	SCH 6 neu		381,66	2,05
2	BS 2	Fundament	375,18	2,30
	DPH 2		375,18	5,10
	DPH 2.1		376,30	3,50
	DPH 2.2		373,51	2,90
	SCH 2.1	Kranstellfläche	377,01	1,90
	SCH 2.2		379,78	2,00
	SCH 2.3		375,51	1,40
	SCH 2.4		376,34	1,70
	DPH 2.3		379,78	2,20
	DPH 2.4		375,51	1,90
3	BS 3	Fundament	356,16	1,70
	DPH 3		356,16	1,90
	DPH 3.1		357,97	1,70
	DPH 3.2		354,10	1,50
	SCH 3.1	Kranstellfläche	364,03	1,00
	SCH 3.2		359,23	1,60
	SCH 3.3		353,82	1,50
	SCH 3.4		357,53	1,60
	DPH 3.3		359,23	1,60

Tabelle 1b: Ansatzpunkte und Endteufen der angelegten Aufschlüsse im Bereich der WEA's

Die Anordnung und Nummerierung der Aufschlüsse folgt jeweils folgendem Schema:
 Die jeweils zuerst genannte Bohrsondierung (BS „x“) wurde zusammen mit einer Schweren Rammsondierung (DPH „x“), im Fall der Anlage WEA 1 neu auch noch in Verbindung mit einem Baggerschurf im Fundamentmittelpunkt durchgeführt. In entsprechender Gefällerichtung des Geländes wurde an jedem WEA-Standort eine weitere DPH bergseits (DPH „x.1“) sowie talseits (DPH „x.2“) jeweils im Bereich der Fundamentaßenkante durchgeführt.

Die Schweren Rammsondierungen DPH „x.3“ und DPH „x.4“ wurden jeweils im Bereich der einzelnen Kranstellflächen durchgeführt, wobei im Bereich der Kranstellfläche zu WEA 3 nur eine Rammsondierung (DPH 3.3) niedergebracht wurde. Zusätzlich wurden an allen vier Ecken der Kranstellflächen Baggerschürfe angelegt (SCH „x.1“ bis „x.4“). Hier ist zu beachten, dass die Schürfe SCH 1.2 bei WEA 1 identisch mit dem Schurf SCH 17 im Bereich der Zuwegung ist.

Für die WEA 1 neu gilt, dass im Bereich der Kranstellfläche ein Baggerschurf sowie 7 Schwere Rammsondierungen in den Ecken sowie über die Fläche verteilt durchgeführt wurden.

Die Schürfe im Bereich der Zuwegung sind SCH 1 bis SCH 20 durchnummeriert (s. Tab. 2).

Aufschluß-Nr.	Standort	Ansatzpunkt [m ü. NN]	Teufe [m unter GOK]
SCH 1	Zuwegung	385,99	1,80
SCH 2		392,56	1,90
SCH 3		395,53	1,70
SCH 4		397,08	1,70
SCH 5		393,98	1,80
SCH 6		394,60	1,70
SCH 7		396,13	1,80
SCH 8		396,05	1,80
SCH 9		396,19	1,90
SCH 10		387,18	1,90
SCH 11		377,10	1,80
SCH 12		377,06	1,80
SCH 13		377,72	1,90
SCH 14		380,40	1,80
SCH 15		382,76	1,50
SCH 16		383,88	1,40
SCH 17		385,91	1,00
SCH 18		385,92	1,40
SCH 19		372,60	1,00
SCH 20		360,76	1,40

Tabelle 2: Ansatzpunkte und Endteufen der angelegten Aufschlüsse im Bereich der Zuwegung

Alle Aufschlüsse wurden bis in die maximal erreichbare Teufe niedergebracht. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich unterhalb der erreichten Endteufe der verwitterte bzw. der feste Fels ansteht.

Die Aufschlussarbeiten wurden von Mitarbeitern des Büros Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG zwischen dem 19.12. und 22.12.2016 durchgeführt. Für die Erkundung der Untergrundverhältnisse am neuen Standort der Anlage WEA 1 und der Kabeltrasse zwischen WEA 1 neu und WEA 2 wurden die Aufschlussarbeiten zwischen dem 24.04. und dem 26.04.2019 durchgeführt.

Die Lage und Anordnung der Ansatzpunkte ist den beigefügten Lageplänen und Schnitten im Anhang zu entnehmen.

7 LABORVERSUCHE

Aus den Aufschlüssen sind insgesamt 21 Proben entnommen worden, von denen 12 im Labor bodenmechanisch untersucht wurden. Der Untersuchungsumfang ist aus der folgenden Tabelle ersichtlich.

Probe-Nr. 2678-2	1	2	3	4	5	8
Entnahmestelle	BS3	BS3	BS1	BS1	SCH3.1	SCH1.1
Entnahmetiefe (m)	0,3-0,9	0,9-1,7	0,2-0,9	0,9-2,3	01-1,0	0,2-1,5
Wassergehalt (DIN 18 121)	X	X	X	X	X	X
Atterberg (DIN 18 121)	X	-	X	-	X	X
Glühverlust (DIN 18 128)	X	-	X	-	X	X

Tabelle 3a: Umfang der bodenmechanischen Laboruntersuchungen

Probe-Nr. 2678-2	10	11	12	14	17	18
Entnahmestelle	SCH2.1	BS2	SCH 8	BS 1 neu	SCH 4 neu	SCH 6 neu
Entnahmetiefe (m)	0,2-0,8	0,2-0,9	0,3 – 1,5	0,7-2,3	0,1-0,7	0,1-1,7
Wassergehalt (DIN 18 121)	X	X	X	X	X	X
Atterberg (DIN 18 121)	X	X	-	X	X	-
Kornverteilung (DIN 18 123)	-	-	X	-	-	X
Glühverlust (DIN 18 128)	X	X	-	-	-	-
Trockendichte (DIN 18 127)	-	-	X	-	-	-

Tabelle 3b: Umfang der bodenmechanischen Laboruntersuchungen (Fortsetzung)

8 UNTERGRUNDVERHÄLTNISSSE/HOMOGENBEREICHE

8.1 Bodenverhältnisse im Bereich der WEA-Standorte (Fundamente)

Der Baugrund wurde mittels direkten Aufschlussverfahren (BS, SCH) bis in eine Tiefe von 2,40 m unter GOK (bei WEA 1 neu) aufgeschlossen und mittels indirektem Aufschlussverfahren (DPH) bis in eine Tiefe von 5,10 m unter GOK (bei WEA 2). Alle Aufschlüsse wurden bis in die maximal erreichbare Teufe niedergebracht.

Nach den durchgeführten Aufschlüssen weist der untersuchte Untergrund einen dreischichtigen Aufbau auf.

- I Oberboden
- II Lockergesteinsböden (inkl. Verwitterungszone)
- III Fels, verwittert

zu I Oberboden

Oberflächlich wurde Mutterboden (Waldboden) in einer Mächtigkeit zwischen 0,10 m bis 0,30 m aufgeschlossen. Der Mutterboden ist feucht und humos. Das Wurzelwerk der Bäume kann deutlich tiefer ausgebildet sein (Waldstandort).

zu II Lockergesteinsböden (inkl. Verwitterungszone)

Für die unterhalb des Mutterbodens anstehenden Lockergesteinsböden wird eine Einteilung der bautechnisch relevanten Schichten in Homogenbereiche nach DIN 18.300: 2015-08 wie folgt vorgenommen:

- Homogenbereich A:** Lockergesteinsböden (Deckschichten)
- Homogenbereich B:** Lockergesteinsböden (Verwitterungsböden)

allgemeine Beschreibung

Unterhalb des Oberbodens stehen bei allen Bohrungen fein- bis gemischtkörnige Lockergesteinsböden an, die aus der Verwitterung des im Untersuchungsgebiet anstehenden Felsens (Tonstein, Tonschiefer) hervorgegangen sind. Dabei stehen zunächst locker gelagerte Deckschichten an, im konkreten Fall bis in eine Tiefe von max. 1,0 m. Anschließend folgen mitteldicht (teils locker bis mitteldicht, teils mitteldicht bis dicht) gelagerte Böden, die unmittelbar aus der Verwitterung des Anstehenden hervorgegangen sind. Diese Böden stehen gemäß der durchgeführten Aufschlüsse bis in Tiefen zwischen ca. 1,0 m und 2,3 m u. GOK an.

Die Lockergesteinsböden stellen sich relativ homogen dar: prinzipiell bestehen sie aus Tonsteinstücken in einer feinkörnigen Matrix. In Abhängigkeit des jeweiligen dominierenden Anteils (Ton oder Tonsteinstücke) sind sie aus ingenieurgeologischer Sicht eher als schluffige, sandige, kiesige Tone bzw. als sandige, schluffige, tonige Kiese zu klassifizieren.

Gemäß den durchgeführten bodenmechanischen Laborversuchen **ist die feinkörnige Matrix** (Anteil < 0,4 mm) der anstehenden Lockergesteinsböden als leicht plastischer Ton/Schluff im Übergangsbereich zu Sand-Ton-Gemisch (TL/UL-ST* nach DIN 18 196) zu klassifizieren.

Gemäß der durchgeführten Korngrößenverteilung sind die repräsentativ als Verwitterungsböden anstehenden Untergrundverhältnisse (Kies, sandig, schluffig, tonig = Tonsteinstücke in bindiger Matrix) als stark schluffige bis stark tonige Kiese (nach DIN 18 196 als GU*-GT*) zu klassifizieren. Der Feinstkornanteil < 0,063 mm der untersuchten Proben beträgt ca. 16-18 M.-%. Der Kieskornanteil (Korn > 2 mm) beträgt zwischen 60 und 70 M.-%. Das Größtkorn liegt bei bis zu 63 mm. Gemäß der örtlichen Ansprache sind bereichsweise auch Tonsteinstücke in Steingröße (> 63 mm) anstehend.

Die Untergrundverhältnisse sind grundsätzlich durch einen relativ hohen Feinstkornanteil (≥ 15 M.-%) gekennzeichnet. Dadurch reagieren die Böden empfindlich auf Wasserzutritte. Bei Wasserzufuhr können die Böden aufweichen, was u.a. zu einer stark verminderten Tragfähigkeit führt. Um dies zu vermeiden, ist im Zuge der Bauausführung eine Wasserhaltung erforderlich.

Oberflächennah besitzen die Böden eine Lagerungsdichte von lockerer bis mitteldicht. Im Übergangsbereich zum verwitterten Fels nimmt die Lagerung bis hin zu dichter Lagerung zu.

Die Verwitterungsböden sind meist der Bodenklasse 4 nach DIN 18 300:2012 zuzuordnen. Teilweise dominieren Tonsteinstücke mit Kantenlängen > 63 mm, wodurch die Böden als „steinig“ zu klassifizieren und nach DIN 18 196 der Bodengruppe 5 zuzuordnen sind.

Die im Untersuchungsgebiet anstehenden Böden sind überwiegend der Frostempfindlichkeitsklasse F3 (sehr frostempfindlich) nach ZTV E-StB zuzuordnen.

Homogenbereich A: Lockergesteinsböden (Deckschichten)

Am Standort des Fundamentes der WEA 1 neu und der WEA 2 wurden unterhalb des Mutterbodens feinkörnige Lockergesteinsböden aufgeschlossen, die als sog. Deckschichten zu bezeichnen sind. Dabei handelt es sich zwar auch um Boden, der aus dem anstehenden Fels hervorgegangen ist. Es hat jedoch bereits eine tiefgreifende Verwitterung stattgefunden, so dass es sich um Lockergesteinsboden ohne Festgesteinseigenschaften handelt.

Der Boden besitzt weiche bis steife Konsistenz und ist dementsprechend mäßig tragfähig. Der Horizont reicht in eine Tiefe bis zwischen 0,7 m und 0,9 m unter GOK.

Auf Basis der bodenmechanischen Laborversuche können für die Böden des Homogenbereiches A folgende Kenngrößen festgelegt werden:

Homogenbereich A	
Bodengruppe nach DIN 18.196	TL/UL - ST*
Mineralogische Zusammensetzung	Hauptbestandteil Ton/Schluff
Anteil Steine und Blöcke	-
Natürlicher Wassergehalt *	20-25 Gew.-%
Konsistenz	weich, weich-steif, steif
undrainierte Scherfestigkeit c_u	5 - 15
Wichte γ / Wichte γ' [kN/m^3]*	20 – 21 / 10 – 11
Reibungswinkel φ [$^\circ$]*	25 - 27,5
Kohäsion c' [kN/m^2]*	0 - 2
Steifemodul E_s [MN/m^2]*	1 - 5
Glühverlust	5 - 10 Gew.-%
Durchlässigkeit nach DIN 18130, T1	durchlässig bis gering durchlässig

Tabelle 4.1 Homogenbereich A

* typisch für den angegebenen Konsistenzbereich

Homogenbereich B: Lockergesteinsböden (Verwitterungsböden)

Am Standort der WEA 3 stehen die Verwitterungsböden unmittelbar unterhalb des Mutterbodens an, nicht wie bei WEA 1 neu und WEA 2 unter den Deckschichten.

Sie unterscheiden sich von den Böden des Homogenbereichs A durch einen weniger fortgeschrittenen Verwitterungsprozess: so dominieren innerhalb dieser Horizonte zumeist Tonstein-, Schluffstein- und Tonschieferstücke (ingenieurgeologisch: Kiese bzw. Steine), die von einer feinkörnigen Matrix umgeben sind (tonig, schluffig, sandig). Seltener überwiegt der Anteil der Matrix den des Kieses: in dem Fall ist von sandig, kiesigen, schluffigen Tonen die Rede. Die Böden reichen bis in eine Tiefe von 0,8 m unter GOK (WEA 3), 1,4 m (WEA 2) oder bis zur erreichten Endteufe der Bohrung bzw. des Schurfes bei 2,3 m (WEA 1 neu). Am Standort der WEA 1 neu ist ab einer Tiefe von 1,60 m u. GOK ein fließend verlaufender Übergang von nahezu komplett aufgewittertem Fels, der bereits als Boden vorliegt, zu zersetztem Fels (blättriger, stückiger, mürber Tonstein) festzustellen.

Die Lagerung ist teils locker bis mitteldicht – mit zunehmender Tiefe bzw. beim Übergang zum verwitterten Fels ist eine zunehmende Lagerungsdichte (mitteldicht bis dicht) festzustellen. Das Spektrum der Konsistenz der bindigen Matrix reicht von weich über steif bis hin zu halbfest.

Auf Basis der bodenmechanischen Laborversuche können für die Böden des Homogenbereiches B folgende Kenngrößen festgelegt werden:

Homogenbereich B	
Bodengruppe nach DIN 18.196	GT* - GU* TL (bezogen auf die bindige Matrix)
Mineralogische Zusammensetzung	Hauptbestandteil Tonminerale
Anteil Steine und Blöcke	Teils > 40 Gew.-%
Lagerungsdichte	locker bis mitteldicht bis dicht
Natürlicher Wassergehalt*	10-20 Gew.-%
Konsistenz	weich – halbfest (bezogen auf die bindige Matrix)
undrainierte Scherfestigkeit c_u	5 - 30
Wichte γ / Wichte γ' [kN/m ³]*	21 – 22 / 11 – 12
Reibungswinkel φ [°]*	27,5 – 30
Kohäsion c' [kN/m ²]*	0,0 – 5,0
Steifemodul E_s [MN/m ²]*	10 - 40
Glühverlust	5 ± 2 Gew.-% (bezogen auf die bindige Matrix)
Durchlässigkeit nach DIN 18130, T1	durchlässig bis schwach durchlässig

Tabelle 4.2 Homogenbereich B

* typisch für den angegebenen Konsistenzbereich

zu III Fels, verwittert

Unterhalb der Lockergesteinsböden wird eine Einteilung der bautechnisch relevanten Schichten in Homogenbereiche nach DIN 18.300: 2015-08 wie folgt vorgenommen:

Homogenbereich C: Verwitterter Fels/Fels

allgemeine Beschreibung

Verfahrensbedingt kann mit den durchgeführten Bohr- und Rammsondierungen kein fester Fels aufgeschlossen werden. Über den zunehmenden Bohrwiderstand sowie die hohen Schlagzahlen der Rammsondierungen bzw. das Ausrammen der Sondierungen in den entsprechenden Tiefenbereichen kann auf die Oberkante des Felshorizontes geschlossen werden.

Im Untersuchungsgebiet dominieren die tonigen Gesteine der Übachtal-Schichten (dsA3). Dazu zählen die aufgeschlossenen Tonsteine und Tonschiefer.

Mittels der durchgeführten Baggerschürfe SCH 1 (Fundament WEA 1 neu) und SCH 2 (Kranstellplatz WEA 1 neu) konnte der verwitterte Fels für wenige Zentimeter bis hin zu wenigen Dezimetern aufgeschlossen werden. Hierbei handelt es sich um verwitterten Tonstein, der teils stark verwittert (mürbe, blättrig), teils mäßig verwittert ansteht.

Es ist anhand der vorliegenden Ergebnisse der Schweren Rammsondierungen zu erwarten, dass sich der Fels unterhalb der erreichten Schurfteufen zumindest in dieser Qualität fortsetzt.

Folgende Eigenschaften und Kenngrößen können für die Festgesteinshorizonte des Homogenbereiches C (verwitterter Fels) angesetzt werden:

Homogenbereich C	
Ortsübliche Bezeichnung	Tonstein/Tonschiefer
Benennung des Fels nach DIN EN ISO 14689-1	Sedimentgestein/metamorph
Verwitterung und Veränderung, Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689-1	Mäßig bis vollständig verwittert (Stufe 2-4), veränderlich
Einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins nach DGGT-Empfehlung Nr. 1	maximal 30 MPa
Trennflächenabstand	klüftig – stark klüftig
Wichte γ / Wichte γ' [kN/m ³]	21,0 – 22,0 / -
Reibungswinkel φ [°]	27,5 – 32,5
Kohäsion c' [kN/m ²]	10 - 25
Steifemodul E_s [MN/m ²]	25 – 75

Tabelle 4.3 Homogenbereich C

Gemäß DIN 18.300:2012 ist der verwitterte Fels den Bodenklassen 5 und 6 zuzuordnen. Fester Fels der Bodenklasse 7 wurde verfahrensbedingt nicht aufgeschlossen. Dementsprechend ist nicht bekannt, in welcher Tiefe der Übergang der Bodenklasse 6 zur Bodenklasse 7 erfolgt.

8.2 Grundwasserverhältnisse

Das Gelände liegt außerhalb von geplanten oder festgesetzten Wasserschutzgebieten.

Bei keinem der Aufschlüsse konnte Grundwasser festgestellt werden. Dennoch ist prinzipiell durch Niederschlags- und Hangschichtwasser mit Wasserzutritten in die Fundamentgruben zu rechnen – dies ist bei der Bauausführung und im Endzustand zu beachten.

8.3 Homogenbereiche, Bodenklassen (DIN 18 300) und Bodengruppen (DIN 18 196)

Aus der nachstehenden Tabelle sind die entsprechenden Bodengruppen und -klassen nach DIN 18 300 und DIN 18 196 ersichtlich.

Homogenbereich	Bodenart	Bodenklasse nach DIN 18 300:2012	Bodengruppe nach DIN 18 196	Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB
A	Lockergesteinsböden Deckschichten, feinkörnig weich - steif	4	TL-UL/ST*	F3
B	Lockergesteinsböden Verwitterungsböden locker bis dicht	4 - 5	GU*-GT*	F3
C	verwitterter Fels	5 - 6	-	F3

Tabelle 5: Bodenklassen und Bodengruppen nach DIN mit Frostempfindlichkeitsklassen bis zur Endteufe der Aufschlüsse

8.4 Bodenkenngrößen

Für die durchzuführenden erdstatischen Berechnungen wurden folgende charakteristische Bodenkenngrößen zugrunde gelegt:

Homogenbereich	Bodenart	Wichte γ [kN/m ³]	Wichte γ' [kN/m ³]	Reibungswinkel φ [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Steifemodul E_s * [MN/m ²]
A	Lockergesteinsböden Deckschichten, feinkörnig weich - steif	20,5	10,5	27,5	0,5	2
B	Lockergesteinsböden Verwitterungsböden locker - mitteldicht mitteldicht - dicht	21,0 22,0	11,0 12,0	27,5 27,5	1 3	15 30
C	verwitterter Fels	22,0	-	30,0	15	50

Tabelle 6: Bodenmechanische Kennwerte

*Wert des Steifemodul ist kein Bodenkennwert und nur als Richtwert zu verstehen, eine Ermittlung im Einzelfall ist notwendig

Die Werte aus Tabelle 6 sind nicht identisch mit denen der Tabellen 4.1 bis 4.3. Das resultiert daher, dass für die in einem Homogenbereich zusammengefassten Böden/Fels Spannweiten für die einzelnen Kenngrößen angegeben wurden (Tabellen 4), während in die erdstatischen Berechnungen jeweils nur ein (Rechen-)Wert einfließen kann.

9 EMPFEHLUNGEN ZUR BAUAUSFÜHRUNG

Es ist geplant, drei Windenergieanlagen (WEA) vom Typ Senvion 3.6M140 EBC mit 160 m Nabenhöhe und Hybridturm mit Flachgründung herzustellen. Das Fundament dieser Konstruktion ist kreisrund und besitzt einen Durchmesser von 22,0 m. Die Dicke des Fundamentes variiert von 1,30 m am Außenrand bis zu 3,20 m im Bereich des Fundamenteinbauteils.

Nach dem vorliegenden Fundamentdesign muss das Fundament zur Gewährleistung der statisch notwendigen Auflast eine Überschüttung in einer Stärke von mindestens 0,5 m erhalten. Für das Überschüttmaterial ist eine Bodenwichte von mindestens 18 kN/m³ einzuhalten. Das Einbringen einer Sauberkeitsschicht aus Beton zwischen Fundamentunterkante und anstehendem Boden in einer Mächtigkeit von 0,15 m ist obligatorisch.

Das Grundwasser darf gemäß dem vorliegenden Schalplan (3) bis maximal an der Geländeoberkante anstehen – jedoch nur bei maximal möglicher Überschüttung. Bei minimaler Überschüttung des Fundamentes darf der maximal zulässige Wasserstand bis zur Unterkante des Fundamentes reichen.

Bei allen Standorten handelt es sich um leichte bis ausgeprägte Hanglagen. Der minimale Höhenunterschied zwischen den höchsten und niedrigsten Aufschlusspunkten (ohne Aufschlüsse im Bereich der Kranstellflächen) wurde am Standort der WEA 1 neu mit 1,62 m, der maximale Höhenunterschied am Standort der WEA 3 mit 3,87 m festgestellt. Insgesamt betrachtet liegen die geplanten Windenergieanlagen in Höhen zwischen ca. 356,20 m (WEA 3) und 384,65 m ü. NN (WEA 1 neu, jeweils Fundamentmittelpunkt).

Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten wird bei Hangstandorten normalerweise eine möglichst oberflächennahe Gründung des Fundamentes angestrebt, um die hangseitigen Geländeeinschnitte zu minimieren. Gleichzeitig sollte die talseitig erforderliche Aufschüttung ebenfalls minimiert werden, so dass je nach Neigung des Geländes ein Kompromiss zwischen Einschnitt und Aufschüttung zu treffen ist.

Da tragfähige Böden bereits oberflächennah in Tiefen zwischen ca. 1,5 m und 2,0 m unter GOK anstehen, gehen wir im Folgenden davon aus, dass dieser Vorgehensweise gefolgt wird. **Für die weiteren Betrachtungen gehen wir davon aus, dass die Gründungssohle bei mindestens 2,0 m u. GOK liegt (bezogen auf den Fundamentmittelpunkt).** Sollen die Fundamente abweichend gegründet werden, d.h. weicht die Höhe der UK Fundament von den unter Kap. 9.1 getroffenen Empfehlungen zu den Standorten ab, ist der Unterzeichner darüber zu informieren.

Nach den aus dem Schalplan (3) entnommenen Angaben werden folgende Mindestanforderungen an den Baugrund gestellt:

Max. Schiefstellung	3 mm/m
Kantenpressung (Lastfall BS-P)	266,0
Kantenpressung (Lastfall BS-A)	363,0
Gewicht Auflast γ	18,0 kN/m ³
Grundwasser	GOK bzw. UK Fundament
statische Drehfedersteifigkeit $K_{\phi,stat}$	40.000 MN*m/rad
dynamischen Drehfedersteifigkeit $K_{\phi,dyn}$	200.000 MN*m/rad

Tabelle 7: Mindestanforderungen an den Baugrund

¹⁾ abhängig von der Mächtigkeit der Überschüttung

Die Anforderungen an die Kantenpressung sowie die Bodenpressung sind nach dem Lastfall BS-P (ständige Lasten) sowie nach Lastfall BS-A (außergewöhnliche Lasten) nach DIN 1.054-2010 ermittelt. Die zur Ermittlung der statischen Drehfedersteifigkeit angesetzten Lasten (H, V, M) wurden nach dem Lastfall D.3 nach DIN EN 61400-1 angesetzt.

9.1 Gründungshinweise Fundamente

Die Gründung muß in Böden erfolgen, die den oben genannten Anforderungen hinsichtlich der Tragfähigkeit genügen.

WEA 1 neu:

Im Bereich der *WEA 1 neu* wurden die Bohrung BS 1 neu, der Baggerschurf SCH 1 neu und die schweren Rammsondierungen DPH 1 neu, DPH 1.1 neu und DPH 1.2 neu niedergebracht. Die Aufschlüsse wurden so niedergebracht, dass der Untergrund beim Anlagenmittelpunkt (BS 1 neu, SCH 1 neu und DPH 1 neu) sowie in den Randbereichen des Fundamentes (DPH 1.1 neu und DPH 1.2 neu) erfasst wurde. Dabei wurde bei der Lage der Aufschlüsse die Richtung des Hanggefälles berücksichtigt, da in dieser Richtung die größten Variationen der Untergrundverhältnisse zu erwarten sind (DPH 1.1 neu – bergseitig / DPH 1.2 neu - talseitig). Die Neigung des Geländes zwischen dem höchst gelegenen Aufschluss DPH 1.1 neu und der talseitigen DPH 1.2 neu beträgt ca. 1,60 m.

Im Bereich des geplanten Fundamentmittelpunktes stehen gemäß der Aufschlüsse BS 1 neu und SCH 1 neu unterhalb des Mutterbodens zunächst quartäre feinkörnige Deckschichten an (Homogenbereich A). Diese sind als schluffig, sandig, schwach kiesige bis kiesige Tone von steifer Konsistenz zu beschreiben. Der kiesige Anteil wird aus Tonsteinstücken gebildet. Die Deckschichten reichen bis in eine Tiefe von 0,7 m unter GOK. Darunter folgen bis in eine Tiefe von 1,6 m unter GOK die Verwitterungsböden, die in mitteldichter bis dichter Lagerung vorliegen. Bis in eine Tiefe von 2,35 m unter GOK steht zersetzter Tonstein an, der stark klüftig, blättrig und von geringer bis mittlerer Härte ist (Tonschiefer). Dessen Lagerungsdichte ist ebenfalls als mitteldicht bis dicht zu beschreiben.

An der Basis des Schurfes SCH 1 konnte der Übergang zum verwitterten Tonstein festgestellt werden. Mittels des zur Erstellung der Schürfguben eingesetzten Kompaktbaggers (6 t) konnte aufgrund der Festigkeit des Gesteins ab einer Tiefe von 2,40 m unter GOK ohne zusätzlichen Maßnahmen (Hydraulikhammer) kein weiterer Tiefenfortschritt erzielt werden.

Ab einer Tiefe von 2,60 m unter GOK wurde mittels der durchgeführten Schweren Rammsondierung DPH 1 eine Zunahme des Sondierwiderstandes festgestellt, ehe ab 3,00 m kein weiterer Rammfortschritt zu erzielen war. In dem Bereich ist mit dem Übergang zum festen Fels der Bodenklasse 7 zu rechnen.

Die in Gefällerrichtung des Geländes zusätzlich durchgeführten Schweren Rammsondierungen – jeweils in 11 m Abstand zum angegebenen Fundamentmittelpunkt – bestätigen in etwa die mittig festgestellten Lagerungsverhältnisse: bis in eine Tiefe von ca. 0,7 m unter GOK stehen locker bis mitteldicht gelagerte bzw. weiche bis steife Böden an. Bis in eine Tiefe von ca. 1,5 bis 2,0 m m unter GOK besitzen die Böden eine zumindest mitteldicht bis dichte Lagerung bzw. steife bis halbfeste Konsistenz, ehe bis zur Endteufe der Sondierungen bei 2,5 m bzw. 3,3 m unter GOK grundsätzlich eine stetige Zunahme der Lagerungsdichte erfolgt.

Die Gründung der Windkraftanlage erfolgt bei der angenommenen Gründungstiefe von 2,60 m unter GOK (ca. 382 m über NN am Fundamentmittelpunkt) in mindestens mitteldicht bis dicht gelagerten Untergrundverhältnissen (talseitige Aufstandsfläche, DPH 1.2 neu). Hier ist ab einer Tiefe von ca. 0,4 m unter angenommenem Gründungsniveau (= 381,60 m ü. NN) mit dem Übergang zum verwitterten Fels zu rechnen. Im Bereich des Fundamentmittelpunktes und der bergseitigen Aufstandsfläche sind bei 382 m ü. NN mitteldicht bis dicht gelagerte Böden/Felszersatz (SCH 1/DPH1) bzw. bereits der verwitterte Fels (DPH 1.1) anstehend.

Die rechnerisch ermittelten Setzungsdifferenzen aus der Setzungsberechnung für ein Fundament mit dem Durchmesser von 22,0 m betragen maximal 3,1 cm. Die Schiefstellung der Fundamentsohle beträgt dann ca. 1:487. Nach DiBt Richtlinie ist eine maximale Schiefstellung von 3 mm/m (1:333) erlaubt. Die ermittelten Setzungen sind für die Anlage verträglich. Details zur Setzungsberechnung gehen aus den Diagrammen im Anhang „Erdstatische Berechnungen“ hervor.

Der Ausnutzungsgrad der Grundbruchsicherheit beträgt für die WEA 1 neu $\mu = 0,092$ (für Lastfall BS-P) bzw. 0,120 (für Lastfall BS-A) – somit besteht keine Grundbruchgefahr. Aus der Setzungsberechnung geht hervor, dass die Anforderungen an die Kantenpressung von 266 kN/m² (Lastfall BS-P) und 363 kN/m² (Lastfall BS-A) erfüllt sind.

Zum Nachweis der statischen Drehfedersteifigkeit wurde das Modell der Gründung der WEA 1 neu mit dem Programm SLAB mittels FE-Methode nachgewiesen. Dabei wurden die entsprechenden Bodenkennwerte aus Tabelle 6 verwendet (teils interpoliert zw. einzelnen Konsistenzbereichen). Unter Berücksichtigung der statischen Angaben aus der Typenprüfung und den Angaben zur Fundamentberechnung ergeben sich für ein Fundament mit dem Durchmesser von 22,0 m folgende Werte:

$$K_{\phi, \text{stat}} = 143.067,31 \text{ MN} \cdot \text{m} / \text{rad} \quad \geq \quad K_{\phi, \text{stat}} = 40.000 \text{ MN} \cdot \text{m} / \text{rad}$$

Das entspricht näherungsweise einer dynamischen Drehfedersteifigkeit nach dem Ansatz des EA 1.4 „Baugrunderdynamik“ ($K_{\phi, \text{dyn}} = \frac{8}{3} \cdot G \cdot r^3 / (1-\nu)$, mit $G_d = 70 \text{ MN/m}^2$ und $\nu = 0,35$) von $382.236 \text{ MN} \cdot \text{m/rad}$.

$$K_{\phi, \text{dyn}} = 382.236 \text{ MN} \cdot \text{m/rad} \geq K_{\phi, \text{dyn}} = 200.000 \text{ MN} \cdot \text{m/rad}$$

Da alle Anlagen in vergleichbaren Böden gründen, können für die dynamische Drehfedersteifigkeit gleiche dyn. Schubmoduln G_{dyn} sowie Querdehnungszahlen ν verwendet werden, was zu identischen Ergebnissen führt. Somit gilt für alle Anlagen, dass die Anforderungen an die dyn. Drehfedersteifigkeit erfüllt sind.

Die Berechnungen der stat. Drehfedersteifigkeit sind dem Anhang „Erdstatische Berechnungen“ beigelegt.

Für die Anforderungen aus dem Schalplan Fundament (3) kann für die WEA 1 neu folgendes festgestellt werden:

Max. Schiefstellung, gefordert 3 mm/m:	Bedingung erfüllt ✓
Kantenpressung gefordert 266 kN/m ² (Lastfall BS-P):	Bedingung erfüllt ✓
Kantenpressung gefordert 363 kN/m ² (Lastfall BS-A):	Bedingung erfüllt ✓
statische Drehfedersteifigkeit $K_{\phi, \text{stat}} \geq 40.000 \text{ MN} \cdot \text{m/rad}$:	Bedingung erfüllt ✓
dynamische Drehfedersteifigkeit $K_{\phi, \text{dyn}} \geq 200.000 \text{ MN} \cdot \text{m/rad}$:	Bedingung erfüllt ✓

Weitere Hinweise zu den Gründungsarbeiten sind unter Kapitel 9.2 aufgeführt.

Die Aushubsohle und Gründungssohle ist vor dem Überbauen zwingend von einem geotechnischen Sachverständigen abnehmen zu lassen.

Es ist kein Grundwasser im Sinne eines Aquifers zu erwarten. Bei ungünstiger Witterung ist mit hangseitigen Sickerwasserzutritten zu rechnen. Ebenso ist mit infiltrierendem Niederschlagswasser zu rechnen, welches bei den anstehenden Untergrundverhältnissen nur verzögert versickern kann. Das Grundwasser darf für das Fundament (gemäß Schalplan (3)) nur bis Fundamentunterkante anstehen. Der sog. „Badewanneneffekt“ ist zu vermeiden. Es sind Entwässerungsmaßnahmen für den Bauzustand und für den Endzustand vorzusehen. Sind solche Maßnahmen nicht vorgesehen oder nicht möglich, sind zusätzliche Maßnahmen vorzunehmen (z.B. erhöhte Auflast, anderer Fundamenttyp).

Die Auftriebssicherheit des Fundamentes ist in jedem Fall nachzuweisen.

Diese Hinweise zur Grundwassersituation gelten für alle Anlagenstandorte.

WEA 2, (Gauß-Krüger Koordinaten 421836/5637979):

Im Bereich der WEA 2 wurden die Bohrung BS 2 und die schweren Rammsondierungen DPH 2, DPH 2.1 und DPH 2.2 niedergebracht. Die Neigung des Geländes zwischen dem höchst gelegenen Aufschluss DPH 2.1 und der talseitigen DPH 2.2 beträgt ca. 2,80 m.

Am Standort der WEA 2 stehen unterhalb des Mutterbodens zunächst quartäre feinkörnige Deckschichten an (Homogenbereich A). Diese sind als schluffig, sandig, kiesige Tone von weicher bis steifer Konsistenz zu beschreiben. Der kiesige Anteil wird aus Tonsteinstücken gebildet. Die Deckschichten reichen bis in eine Tiefe von 0,9 m unter GOK. Darunter folgen bis in eine Tiefe von 1,4 m unter GOK die Verwitterungsböden, die in mitteldichter bis dichter Lagerung vorliegen. Bis in eine Tiefe von 2,30 m, was auch die Endteufe der Bohrung BS 2 darstellt, steht zersetzter bis stark verwitterter Tonstein an, der stark klüftig, blättrig und von geringer bis mittlerer Härte ist (Tonschiefer). Dessen Lagerungsdichte ist ebenfalls als mitteldicht bis dicht zu beschreiben.

Die schwere Rammsondierung DPH 2, die parallel zur BS 2 niedergebracht wurde, weist bis zur Endteufe auf überwiegend mitteldichte, ab 3,0 m unter GOK durchgehend dichte, stetig zunehmende Lagerungsverhältnisse hin. Ab 4,9 m unter GOK deutet ein abrupter Anstieg der Schlagzahlen auf das Erreichen der Oberkante des festen Felsens hin. Die maximal erreichbare Rammtiefe beträgt 5,1 m unter GOK (370,08 m über NN).

Die im Bereich der Kranstellfläche zur WEA 2 durchgeführten Aufschlüsse zeigen folgende Untergrundverhältnisse: die Deckschichten bzw. Verwitterungsböden stehen bis in Tiefen zwischen 1,20 m und 1,80 m unter GOK an. Darunter, d.h. ab einem Niveau zwischen ca. 374,3 m ü. NN (SCH 2.3/DPH 2.4) und ca. 378 m ü. NN (SCH 2.2/DPH 2.3) folgt mindestens dicht gelagerter Boden bzw. der verwitterte Fels.

Die zusätzlichen bergseits (DPH 2.1) und talseits (DPH 2.2) abgeteuften schweren Rammsondierungen ramnten bereits bei 3,50 m unter GOK (372,80 m über NN) bzw. bei 2,90 m unter GOK (370,61 m über NN) aus. Auffällig ist die bei allen Rammsondierungen festgestellte „Schwächezone“ (Schlagzahlen $n_{10} < 10$ Schläge) zwischen 1,30 m und 2,10 m unter GOK. Die Mächtigkeit dieses Bereichs beträgt zwischen 0,2 m (bergseits, 1,9 m – 2,1 m u. GOK) und 0,6 m (mittig, 1,3 m – 1,9 m u. GOK).

Die Gründung der Windkraftanlage erfolgt bei einer angenommenen Gründungstiefe von 3,20 m u. GOK (ca. 372 m ü. NN am Fundamentmittelpunkt) in mindestens mitteldicht gelagerten Böden (s. talseitige Aufstandsfläche, DPH 2.2). Hier ist ab einer Tiefe von ca. 2,30 m unter GOK (371,20 m ü. NN) von dichten und stetig zunehmenden Lagerungsverhältnissen auszugehen, ehe die Sondierung ab einer Tiefe von 2,60 m u. GOK (370,90 m ü. NN) ausrammt. Im Bereich des Fundamentmittelpunktes sind bei der angenommenen Gründungstiefe von 3,20 m unter GOK dicht gelagerte Böden bzw. der Übergang zum verwitterten Fels zu erwarten, während im bergseitigen Aufstandsbereich des Fundamentes bereits ca. 1 m über dem angenommenen Gründungsniveau mit festem Fels zu rechnen ist.

Die rechnerisch ermittelten Setzungsdifferenzen aus der Setzungsberechnung für ein Fundament mit dem Durchmesser von 22,0 m betragen maximal 3,0 cm. Die Schiefstellung der Fundamentsohle beträgt dann ca. 1:500. Nach DiBt Richtlinie ist eine maximale Schiefstellung von 3 mm/m (1:333) erlaubt. Die ermittelten Setzungen sind für

die Anlage verträglich. Details zur Setzungsberechnung gehen aus den Diagrammen im Anhang „Erdstatische Berechnungen“ hervor.

Der Ausnutzungsgrad der Grundbruchsicherheit beträgt für die WEA 2 $\mu = 0,085$ (für Lastfall BS-P) bzw. $0,110$ (für Lastfall BS-A) – somit besteht keine Grundbruchgefahr. Aus der Setzungsberechnung geht hervor, dass die Anforderungen an die Kantenpressung von 266 kN/m^2 (Lastfall BS-P) und 363 kN/m^2 (Lastfall BS-A) erfüllt sind.

Zum Nachweis der statischen Drehfedersteifigkeit wurde das Modell der Gründung der WEA 2 mit dem Programm SLAB mittels FE-Methode nachgewiesen. Dabei wurden entsprechende Bodenkennwerte aus Tabelle 6 verwendet. Unter Berücksichtigung der statischen Angaben aus der Typenprüfung und den Angaben zur Fundamentberechnung ergeben sich folgende Werte:

$$K_{\phi, \text{stat}} = 113.184,52 \text{ MN*m/rad} \geq K_{\phi, \text{stat}} = 40.000 \text{ MN*m/rad}$$

Das entspricht einer dynamischen Drehfedersteifigkeit von ca. 382.236 MN*m/rad (s. Kap. 9.1 unter Absatz WEA 1 neu).

Die Berechnungen der stat. Drehfedersteifigkeit sind dem Anhang „Erdstatische Berechnungen“ beigefügt.

Für die Anforderungen nach dem Ersatzdatenblättern kann für die WEA 2 folgendes festgestellt werden:

Max. Schiefstellung, gefordert 3 mm/m :	Bedingung erfüllt ✓
Kantenpressung gefordert 266 kN/m^2 (Lastfall BS-P):	Bedingung erfüllt ✓
Kantenpressung gefordert 363 kN/m^2 (Lastfall BS-A):	Bedingung erfüllt ✓
statische Drehfedersteifigkeit $K_{\phi, \text{stat}} \geq 40.000 \text{ MN*m/rad}$:	Bedingung erfüllt ✓
dynamische Drehfedersteifigkeit $K_{\phi, \text{dyn}} \geq 200.000 \text{ MN*m/rad}$:	Bedingung erfüllt ✓

WEA 3, (Gauß-Krüger Koordinaten 422125/5637627):

Im Bereich der WEA 3 wurden die Bohrung BS 3 und die schweren Rammsondierungen DPH 3, DPH 3.1 und DPH 3.2 niedergebracht. Die Neigung des Geländes zwischen dem höchst gelegenen Aufschluss DPH 3.1 und der talseitigen DPH 3.2 beträgt ca. $3,90 \text{ m}$.

Unter dem Mutterboden stehen, anders als am Standort der Anlagen WEA 1 neu und WEA 2, bis in eine Tiefe von $0,8 \text{ m}$ unter GOK Verwitterungsböden des Anstehenden an. Diese bestehen aus in einer feinkörnigen weichen Matrix eingebetteten Tonsteinstücken (Kies, sandig, schluffig, tonig, feucht). Gemäß der durchgeführten Rammsondierung DPH 3 ist von lockerer bis mitteldichter Lagerung auszugehen. Unter dem Verwitterungshorizont steht der verwitterte Fels an, der klüftig, stückig und von geringer bis mittlerer Härte ist (Tonschiefer). Ab einer Tiefe von $1,7 \text{ m}$ unter GOK war kein weiterer Bohrfortschritt zu erzielen.

Die Rammsondierung DPH 3 korrespondiert gut mit den Ergebnissen der Bohrung: in der Tiefe von 1,7 m unter GOK ist ein deutlicher Anstieg der Schlagzahlen zu erkennen, bevor ab 1,9 m unter GOK kein weiterer Rammfortschritt erzielbar war. Auch die talseitig (DPH 3.2) bzw. bergseitig (DPH 3.1) durchgeführten Rammsondierungen weisen einen ähnlichen Verlauf der Schlagzahlen mit vergleichbaren Eindringtiefen von 1,5 m und 1,7 m unter GOK auf.

Am Standort der WEA 3 ist demnach in Tiefen zwischen 1,5 m bis 1,9 m unter GOK mit der Oberkante des anstehenden Felsens zu rechnen.

Die im Bereich der Kranstellfläche zur WEA 3 durchgeführten Aufschlüsse zeigen folgende Untergrundverhältnisse: bis in eine Tiefe von zwischen 1,0 m und 1,6 m unter GOK sind Deckschichten bzw. Verwitterungsböden von überwiegend mitteldichter Lagerung anstehend. In diesem Tiefenbereich ist gemäß der durchgeführten Rammsondierung DPH 3.3 ein deutlicher Anstieg der Lagerungsdichte bis hin zum Ausrammen der Sondierung bei 1,6 m unter GOK festzustellen. Mit dem Übergang zum verwitterten Fels ist in Bereichen zwischen 352,30 m ü. NN (SCH 3.3) und 363 m ü. NN (SCH 3.1) zu rechnen.

Die Gründung erfolgt bei der angenommenen Gründungstiefe von 3,26 m unter GOK (352,90 m über NN am Fundamentmittelpunkt) einheitlich im verwitterten Fels.

Die rechnerisch ermittelten Setzungsdifferenzen aus der Setzungsberechnung für ein Fundament mit dem Durchmesser von 22,0 m betragen maximal 3,0 cm. Die Schiefstellung der Fundamentsohle beträgt dann ca. 1:500. Nach DiBt Richtlinie ist eine maximale Schiefstellung von 3 mm/m (1:333) erlaubt. Die ermittelten Setzungen sind für die Anlage verträglich. Details zur Setzungsberechnung gehen aus den Diagrammen im Anhang „Erdstatische Berechnungen“ hervor.

Der Ausnutzungsgrad der Grundbruchsicherheit beträgt für die WEA 3 $\mu = 0,085$ (Lastfall BS-P) bzw. 0,110 (Lastfall BS-A) – somit besteht keine Grundbruchgefahr. Aus der Setzungsberechnung geht hervor, dass die Anforderungen an die Kantenpressung von 266 kN/m² (Lastfall BS-P) und 363 kN/m² (Lastfall BS-A) erfüllt sind.

Zum Nachweis der statischen Drehfedersteifigkeit wurde das Modell der Gründung der WEA 3 mit dem Programm SLAB mittels FE-Methode nachgewiesen. Dabei wurden Bodenkennwerte aus Tabelle 6 verwendet. Unter Berücksichtigung der statischen Angaben aus der Typenprüfung und den Angaben zur Fundamentberechnung ergeben sich folgende Werte:

$$K_{\phi,stat} = 104,718,51 \text{ MN}\cdot\text{m}/\text{rad} \quad \geq \quad K_{\phi,stat} = 40.000 \text{ MN}\cdot\text{m}/\text{rad}$$

Das entspricht einer dynamischen Drehfedersteifigkeit von ca. 382.236 MN*m/rad (s. Kap. 9.1 unter Absatz WEA 1 neu).

Die Berechnungen der statischen Drehfedersteifigkeit sind dem Anhang „Erdstatische Berechnungen“ beigefügt.

Für die Anforderungen nach dem Ersatzdatenblättern (1) kann für die WEA 3 folgendes festgestellt werden:

Max. Schiefstellung, gefordert 3 mm/m:	Bedingung erfüllt ✓
Kantenpressung (Lastfall BS-P) gefordert 266 kN/m ² :	Bedingung erfüllt ✓
Kantenpressung (Lastfall BS-A) gefordert 363 kN/m ² :	Bedingung erfüllt ✓
statische Drehfedersteifigkeit $K_{\phi,stat} \geq 40.000 \text{ MN}^*\text{m/rad}$:	Bedingung erfüllt ✓
dynamische Drehfedersteifigkeit $K_{\phi,dyn} \geq 200.000 \text{ MN}^*\text{m/rad}$:	Bedingung erfüllt ✓

9.2 Weitere, allgemeingültige Hinweise zur Gründung

Es wird nochmals darauf hingewiesen, dass die Aushub- und Gründungssohlen vor dem Überbauen zwingend von einem geotechnischen Sachverständigen abnehmen zu lassen sind.

Die Böden auf Gründungsniveau sind witterungsempfindlich. Wir empfehlen, die Aushubsohlen unmittelbar nach dem Freilegen mit einer Sauberkeitsschicht aus Schotter 0/56 mm zu überbauen. Kann dies nicht erfolgen, so ist eine Schutzschicht aus Boden von mehreren Dezimetern zu belassen, die erst unmittelbar vor dem Überbauen entfernt wird (Verschleißschicht).

Unterhalb des Betonfundamentes ist eine Ausgleichsschicht vorzusehen, da bei den Aushubarbeiten davon ausgegangen werden muss, dass eine absolut exakte Profilierung mit dem Bagger nicht gelingt. Wir gehen von einer Stärke von ca. 15 - 20 cm aus. Außerdem wirkt sich eine solche Tragschicht positiv auf die Kompensation der zu erwartenden Kantenpressung aus. Zusätzlich ist nach dem Ersatzdatenblatt eine Sauberkeitsschicht aus Beton C12/15 von 10 cm einzubauen.

Es ist zu beachten, dass für die Ausgleichsschicht ein gut verdichtbares, güteüberwachtes Material der Verdichtbarkeitsklasse V1 verwendet wird (z.B. Schotter 0/56 mm nach TL-SoB). Auf eine gleichmäßige Verdichtung ist zu achten. Auf der OK der Tragschicht ist ein einheitlicher Tragwert E_{v2} von mind. 120 MN/m² nachzuweisen, alternativ kann ein dynamischer Verformungsmodul von E_d von mind. 60 MN/m² nachgewiesen werden. Dieser Nachweis gilt nicht als Nachweis der Standsicherheit für den Anlagenstandort im Sinne der Typenprüfung, sondern lediglich als indirekter Nachweis der Verdichtungsqualität des Planums und der Schotterschicht.

Aufgeweichte Böden auf dem Gründungsniveau sind restlos zu entfernen. Grobe Wurzelreste sind ebenfalls zu entfernen. Auflockerung durch den Baubetrieb ist durch Verdichtung zu kompensieren.

Während des Bauzustandes ist für eine kontinuierliche Entwässerung der Baugruben/Aushubsohlen zu sorgen. Dies kann z.B. durch eine entsprechende Profilierung des Planums und die Installierung eines schwimmergesteuerten Pumpensumpfes erfolgen. Ohne wirksame Entwässerung wird der Boden/Fels auf Gründungsebene bei Wasserzufuhr

aufweichen - die Tragfähigkeit ist dann nicht mehr gewährleistet. Insbesondere wird auf die Trockenhaltung der Gründungsebene im Bauzustand und im Endzustand hingewiesen.

Für den Endzustand ist in jedem Fall temporär mit bergseitig anfallendem Schicht- und Sickerwasser zu rechnen. Aufgrund des prinzipiell bindigen Charakters der Böden ist von einer stark verminderten Durchlässigkeit auszugehen. Wasser darf sich keinesfalls auf dem Gründungsniveau sammeln und dort zu einem Aufweichen der Baugrubensohle bzw. zu einer Auftriebsproblematik führen („Badewanneneffekt“). Auf eine kontinuierliche Entwässerung ist zu achten – dies kann für den Endzustand z.B. mit einer bergseitig angeordneten Drainage bewerkstelligt werden, die talseitig im Freigefälle entwässert. Ist dies nicht möglich, so müssen alternative Maßnahmen zur Gewährleistung der Standsicherheit vorgenommen werden (z.B. andere Fundamentdimensionierung, größere Überschüttung). Die Standsicherheit ist dann nochmals gesondert nachzuweisen.

9.3 Hinweise zu den Erdarbeiten

Vor den Abtragsarbeiten ist der Mutterboden abzuschleppen und seitlich zu lagern - es ist von einer Mächtigkeit des Mutterbodens von 20-30 cm auszugehen.

Die Aushubarbeiten sind mit einem mittelschweren Bagger (> 25 t) zu bewerkstelligen. Bis zur geplanten Aushubsohle sind Lockerböden der Bodenklassen 4 und 5 nach DIN 18.300:2012 zu lösen. Bereichsweise muss zur Profilierung im Sohlbereich Fels der Bodenklassen 6, evtl. auch 7 gelöst werden (WEA 3). Ein Felslöffel und ein Reißzahn sind vorzuhalten.

Das Gelände ist bei ungünstiger Witterung für radgetriebene Fahrzeuge nicht befahrbar. Wir empfehlen für die Aushubarbeiten den Einsatz von kettengetriebenen Fahrzeugen.

Die Zuwegungen für die Andienung der Baustelle und die Kranstellplätze sind durch eine Ertüchtigung der bestehenden Waldwege zu gewährleisten - hierzu sind die herstellereigenen Anforderungen und die Angaben aus Kapitel 9.6.1 zu beachten.

9.4 Baugrubensicherung/Wasserhaltung

Die Baugrubensicherung wird aller Voraussicht nach durch Abböschungen erfolgen. Ein Abböschungen der Baugrubenwände in den Lockergesteinsböden ist nach DIN 4124 unter einem Winkel von maximal 45° - 60° zulässig. Steilere Neigungen können nur nach Beurteilung durch einen geotechnischen Sachverständigen hergestellt werden. Lokale Sickerwasserzutritte können auch dazu führen, dass flachere Winkel für die Abböschung der Baugrubenwände erforderlich sind. Im Fels kann eine Böschungsneigung von 80° gewählt werden.

Im konkreten Fall stellt sich die Baugrubensicherung prinzipiell wie folgt dar:

Im Bereich des oberen Meters liegen die Böden in lockerer Lagerung vor. Hier ist grundsätzlich eine Böschungsneigung von maximal 45° einzuhalten. Darunter steigt die Lagerungsdichte der Böden an allen Standorten der WEA's an, so dass ein Böschungswinkel von maximal 60° gewählt werden kann. Bei WEA 3 steht ab einer Tiefe von ca. 1,5 m unter GOK Fels an, so dass im Bereich der bergseitigen Böschung ein

Böschungswinkel von 80° gewählt werden kann. Bis zu 1,5 m unter GOK ist eine Böschungsneigung von maximal 45° einzuhalten.

Die Baugrubenwände werden aus witterungs- und erosionsempfindlichen Böden gebildet und sind daher vor eindringendem Niederschlagswasser (z.B. durch Abdecken mit Folie oder Geotextil) zu schützen.

Es ist temporär (witterungsabhängig) mit Schichtwasser- und Sickerwasserzutritten zu rechnen. Dies ist mit einer offenen Wasserhaltung zu bewerkstelligen, z.B. über eine entsprechende Profilierung der Baugrubensohle mit Installation eines schwimmgesteuerten Pumpensumpfs. Der Pumpensumpf ist filterstabil zu ummanteln, um ein Ausspülen von Feinkornanteilen zu verhindern. Ohne wirksame Entwässerung, d.h. insbesondere eine Ableitung von Tagwasser, werden die Böden auf Gründungsebene aufweichen.

9.5 Hinterfüllen und Überschütten der Fundamente

Die ausgekofferten Böden sind aufgrund ihres überwiegend hohen Feinstkornanteils (>15 M.-%) nur mäßig verdichtbar und zudem witterungsempfindlich. Somit sind sie für einen qualifizierten Wiedereinbau im Hinterfüllbereich nicht geeignet.

Es empfiehlt sich, die Hinterfüllung der Fundamente in Anlehnung an die WAS 7 (Richtzeichnung des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen für die „Entwässerung erdberührter Flächen und Hinterfüllung von Bauwerken“) bzw. an die ZTVE-StB, Abs. 10.2.4 auszuführen.

Es ist ein gut verdichtbares Korngemisch (z.B. Schotter 0/56 mm) zum Hinterfüllen zu verwenden. Für das verwendete Material ist dem Fremdprüfer eine Eignungsprüfung vorzulegen.

Der Einbau hat lagenweise zu erfolgen. Im Hinterfüllbereich ist ein Verdichtungsgrad D_{PR} von mind. 100% nachzuweisen.

Vermutlich werden die örtlich anfallenden Massen zum Überschütten der Fundamente genutzt werden. Der zur Überschüttung verwendete Boden muss nach der Typenprüfung im eingebauten Zustand mindestens eine (Trocken-)Wichte $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ aufweisen. Der anstehende Boden erfüllt die Anforderung, wenn er mit entsprechender Verdichtung eingebaut wird: ein an den anstehenden Verwitterungsböden durchgeführter Proctorversuch nach DIN 18 127 zur Ermittlung der Trockendichte und des optimalen Wassergehaltes ergab eine Proctordichte von $2,05 \text{ t/m}^3$ (Trockenwichte von $20,5 \text{ kN/m}^3$) bei einem optimalen Wassergehalt von 12,7 %. Während des Einbaus der Massen als Überschüttung sind regelmäßig Kontrollprüfungen zur Ermittlung des Verdichtungsgrades nach DIN 18 125-2 durchführen zu lassen. Auf Grundlage der ermittelten Trockendichte ist ein Verdichtungsgrad der örtlich anfallenden Massen, mit denen das Fundament überschüttet werden soll, von 95 % D_{Pr} als ausreichend anzusehen. Zu Beginn der Arbeiten zum Überschütten der Fundamente ist die Trockendichte erneut zu verifizieren.

9.6 Herstellen Kranstellflächen und Zuwegungen

9.6.1 Kranstellflächen

Untergrundverhältnisse

Für die Kranstellflächen aller untersuchten Anlagenstandorte gilt, dass zunächst Waldboden/Mutterboden in einer Stärke zwischen 0,1 m bis 0,3 m anstehend ist.

Unterhalb des Oberbodens stehen bei WEA 1 neu zunächst feinkörnige Ablagerungen an, die sich als schluffiger, sandiger, kiesiger Ton von steifer Konsistenz darstellen. (s. Kap. 8.1, Homogenbereich A). Bis in eine Tiefe von 2,20 m u. GOK folgen Massen des Verwitterungshorizontes, wobei es sich um Tonsteinstücke in einer bindigen Matrix handelt. Der Sondierwiderstand nimmt innerhalb dieses Horizontes kontinuierlich zu. Ab einer Tiefe von 2,20 m u. GOK wurde verwitterter Fels aufgeschlossen, der als mürber, blättriger, stückiger Tonstein/Tonschiefer anzusprechen ist. Ab 2,60 m u. GOK konnte mittels des eingesetzten Baggers kein weiterer Tiefenfortschritt erzielt werden. Die entsprechend dazu durchgeführte Rammsondierung DPH 2 neu zeigt ebenfalls ab ca. 2 m u. GOK eine weitere, deutliche Zunahme der Schlagzahlen an, ehe sie in einer Tiefe von 2,70 m u. GOK ausrammt.

Die ebenfalls im Bereich der geplanten Kranstellfläche durchgeführten Schweren Rammsondierungen DPH 3 neu bis DPH 8 neu zeigen mit gewissen Nuancen ähnliche Ergebnisse: in Tiefen zwischen 1,80 m und 3,30 m u. GOK konnte kein weiterer Tiefenfortschritt erzielt werden (= OK verwitterter Fels). Allerdings wurde bei den Rammsondierungen DPH 5 neu bis DPH 7 neu im Bereich des ersten Meters unter Ansatzpunkt eine Schwächezone (Schlagzahlen zwischen 1-3) über Abschnitte von 0,6 m bis 0,9 m festgestellt.

Bei WEA 2 folgen unter dem Mutterboden überwiegend geringmächtig ausgebildete feinkörnige Böden (schluffige, schwach kiesige Tone) von weicher, teils steifer Konsistenz (s. Kap. 8.1, Homogenbereich A). Diese Böden haben eine Mächtigkeit zwischen 0,1 m und 0,5 m. Darunter folgen Tonsteinstücke in bindiger Matrix (s. Kap. 8.1, Homogenbereich B), die in Abhängigkeit der mengenmäßigen Verteilung teils als schluffige, sandige, kiesige Tone von steifer bis halbfester Konsistenz bzw. als sandig, schluffige, tonige Kiese mitteldichter Lagerung (bis 1,2 m – 1,8 m unter GOK) zu beschreiben sind. An einem Eckpunkt der Kranstellfläche fehlen die feinkörnigen Ablagerungen unterhalb des Mutterbodens. Hier stehen die schluffigen, sandigen, tonigen Kiese locker-mitteldichter Lagerung direkt unter dem Mutterboden an (s. SCH 2.3).

Im Bereich der Kranstellfläche der WEA 3 stehen unterhalb des Mutterbodens zunächst überwiegend feinkörnige Ablagerungen steifer bis halbfester Konsistenz an (Ton, schluffig, sandig, mit Tonsteinstücken). Diese Horizonte reichen bis in Tiefen zwischen 0,6 m und 1,0 m unter GOK. Darunter folgen, wie an einem Eckpunkt der Kranstellfläche direkt unterhalb des Mutterbodens, steinige Horizonte (Tonsteinstücke) mit kiesigen, sandigen, schluffigen und tonigen Komponenten (s. Kap. 8.1, Homogenbereich B). Die Böden besitzen mitteldichte Lagerung und konnten bis in Tiefen zwischen 1,0 m und 1,6 m unter GOK aufgeschlossen werden. Dies stellt bei WEA 3 gleichzeitig die maximal erreichbare Teufe der Schürfe dar.

An den Standorten der WEA 1 neu und WEA 2 wurde unter den Lockergesteins-/Verwitterungsböden der verwitterte Fels (s. Kap. 8.1, Homogenbereich C) aufgeschlossen. Dieser stellt sich grundsätzlich als mäßig verwitterter bis verwitterter, klüfftiger bis stark klüfftiger Tonstein/Schluffstein dar (s. Kap. 9.6.1 Zuwegungen).

Anforderungen und Hinweise zur Bauausführung

Die Spezifikationen der Fa. Senvion für die Kranstellflächen (6) sind zu beachten. Für den Aufbau gelten u.a. folgende Anforderungen:

- Herstellung ebener Aufstellfläche mit max. 0,3% Gefälle
- Maximales Krangewicht 660 t
- Flächenpressung max. 250 kN/m²
- Tragfähigkeit E_{v2} (OK Tragschicht) > 100 MN/m²
- Verhältnisswert E_{v2}/E_{v1} (OK Tragschicht) $\leq 2,5$

Grundsätzlich sollten auch folgende Kriterien gewährleistet sein:

- Dauerhaftigkeit und Frostsicherheit für die gesamte Nutzungsphase der Anlagen
- Tragfähig und belastbar auch bei ungünstiger Witterung
- Unterhaltung während der gesamten Bauphase und Nutzungsphase

Über den vorgenommenen Aufbau und die erreichte Tragfähigkeit der Kranstellfläche sind Nachweise zu führen. Die Nachweise sind durch Plattendruckversuche nach DIN 18.134 zu erbringen.

Die nachzuweisende Bodenpressung für einen Raupenkran (mind. 250 kN/m²) liegt deutlich über dem, was als Ersatzflächenlast für ein Schwerlastfahrzeug mit 12 t bzw. 16 t Achslast angesetzt wird.

Grundsätzlich ist auch im Bereich der Kranstellflächen davon auszugehen, dass sich die Maßnahmen zur Geländeprofilierung auf das notwendige Minimum beschränken sollen.

In dem Zusammenhang wird auf die Hanglage und die daraus resultierenden Höhenunterschiede der Geländeoberkante im Bereich der einzelnen Kranstellflächen hingewiesen. Zwischen dem am höchsten und dem am niedrigsten gelegenen Eckpunkt bestehen bei den Anlagen WEA 1 neu und WEA 2 Höhenunterschiede von 4,0 m bzw. 4,4 m. Bei der Anlage WEA 3 beträgt der maximale Höhenunterschied zwischen zwei Eckpunkten der geplanten Kranstellfläche 10,2 m.

Es wird davon ausgegangen, dass zur Schaffung einer ebenen Fläche weder ein kompletter Abtrag von anstehenden Massen noch ein Geländeauftrag mit Fremdmassen durchgeführt wird. Stattdessen wird vermutlich ein Einschnitt in das Bestandsgelände durchgeführt, der nach Möglichkeit so angelegt wird, dass mit den gelösten Massen – bei entsprechender Eignung – der Geländeauftrag bewerkstelligt werden kann (ausgeglichene Massenbilanz). Dabei ist zu beachten, dass der bergseitige Bereich der Kranstellfläche durch den Einschnitt im oder im Übergangsbereich zum verwitterten Fels liegt. Somit ist hier von einer guten Tragfähigkeit und entsprechend hohen zulässigen Bodenpressung auszugehen, so dass die Anforderungen an die Tragfähigkeit für den Raupenkran erfüllt werden können. Um Schiefstellungen von Kränen durch

ungleichmäßiges Setzungsverhalten auf der Kranstellfläche zu vermeiden, ist der Geländeauftrag zwingend mit gut verdichtbaren Massen der Verdichtbarkeitsklasse V1 nach den anerkannten Regeln eines qualifizierten Erdbaus (u.a. lagenweiser Einbau von geeigneten Massen mit geeignetem Verdichtungsgerät, treppenförmiger Einschnitt ins Bestandsgelände zwecks Verzahnung etc.) durchzuführen. Dies kann durch die anstehenden Aushubmassen nicht gewährleistet werden!

Außerdem führt die Erstellung einer ebenen Fläche in einer wie bei der Kranstellfläche zu WEA 3 relativ stark ausgeprägten Hanglage zur Schaffung großer Böschungen. Im konkreten Fall würden sich bei oben beschriebener Ausführung mit dem Ziel einer ausgeglichenen Massenbilanz eine bergseitige Böschung als Einschnitt in den Bestand sowie eine talseitige, künstlich hergestellte Böschung mit Höhen von jeweils ca. 5 m ergeben.

Es ist zu beachten, dass Maßnahmen zur Geländeprofilierung in diesem Umfang auch zu Schwierigkeiten beim Anschluss der Zuwegungen an die Kranstellflächen führen können. Dadurch können steile Rampen zum Erreichen einzelner Flächen erforderlich werden.

Im Bereich des Standortes der WEA 3 liegt eine ausgeprägte Hanglage vor. Besonders zur Erstellung einer ebenen Kranstellfläche sind umfangreiche Profilierungsmaßnahmen erforderlich. Es ist von planerischer Seite eine Verschiebung der Kranstellfläche in Bezug zum Fundament der Anlage bzw. eine Verschiebung der gesamten Anlage zu überdenken.

Grundsätzlich ist beim Anlegen von Böschungen folgendes zu beachten (gilt auch für die Fundamente):

- Böschungen, die im Rahmen der Geländeprofilierung entweder durch einen Geländeeinschnitt oder in Folge von Auftragsarbeiten entstehen und eine Höhe $\geq 2,00$ m besitzen, sind für den Endzustand mit einer Neigung von 1:1,5 anzulegen.
- Sofern für die Böschungen im Endzustand keine Regelneigung in Betracht kommt, können erfahrungsgemäß folgende Böschungsneigungen in Abhängigkeit der Bodenart und der Böschungshöhe als Anhaltswerte zugrunde gelegt werden.

Bodengruppe	Böschungshöhe h	Böschungsneigung
TL/UL - ST*; GU-GU*	$h < 3$ m	1:1,25 bis 1:1,5
	$3 \text{ m} < h < 10$ m	1:1,5 bis 1:1,8
	$8 \text{ m} < h < 15$ m	1:1,8 bis 1:2,0

Tabelle 8: Böschungsneigungen in Abhängigkeit der Bodengruppe und der Böschungshöhe

- Für Böschungen mit einer Höhe > 5 m ist die Standsicherheit im Einzelfall nachzuweisen. Das gleiche gilt für alle Böschungen, die mit anderen als den für ihre Höhe angegebenen zulässigen Böschungsneigungen angelegt werden.

Sofern die Höhe von Einschnittsböschungen über die quartären Lockergesteinsböden auch in den anstehenden Fels (für den andere Böschungsneigungen angesetzt werden können) reicht, ist im Übergangsbereich eine Berme mit einer Breite von mindestens 1,50

m anzuordnen. Diese ist mit einem dauerhaften talseitigen Gefälle für die Ableitung von Wasser auszubilden.

Die Böschungsflanken sind grundsätzlich, sowohl im Bau- als auch im Endzustand, vor Erosion zu schützen. Dies kann durch Abdecken der Böschung mittels Folien o.ä. (Bauzustand) bzw. ein rasches Begrünen der Böschung (Endzustand) erfolgen. Bei profilierten, aber nicht bewachsenen Böschungen muss von einem hohen Oberflächenabfluss ausgegangen werden.

Aus der Böschung austretendes Sickerwasser und über die Böschung anfallendes Oberflächenwasser sind zu fassen und schadlos abzuleiten. Ein Aufweichen des Untergrundes ist zwingend zu vermeiden, um die Standsicherheit der Böschungen nicht zu gefährden.

Des Weiteren verweisen wir bezüglich der Gestaltung von Böschungen auf die Hinweise der ZTV E-StB, die einzuhalten sind.

Der geforderte Tragwert von 45 MN/m² kann auf dem Planum voraussichtlich nicht nachgewiesen werden, so dass eine Untergrundverbesserung notwendig ist. Wir gehen davon aus, dass eine Untergrundverbesserung von mind. 0,3 m notwendig ist, um den geforderten Tragwert E_{v2} von 45 MN/m² zu erreichen. Prinzipiell ist der Einbau eines größeren Schotters (z.B. 0/100 mm) als Untergrundverbesserung zu empfehlen. Nachfolgend kann z.B. ein Naturschotter 0/56 mm in einer Mindestmächtigkeit von 0,4 m eingebaut werden, um den Tragwert E_{v2} von 100 MN/m² auf der OK Tragschicht zu erreichen. Der Untergrund ist vor dem Einbau der UV vollflächig überlappend mit einem Filtervlies GRK 4 abzudecken.

Die Tragfähigkeit des empfohlenen Aufbaus ist im Vorfeld generell für jede WEA durch Testfelder nachzuweisen.

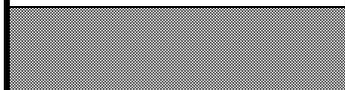
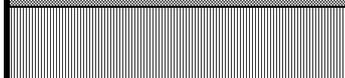
	Dicke	Verformungsmodul E_{v2}	Benennung
		∇ 100 MN/m ²	
	40 cm	∇ 45 MN/m ²	Tragschicht z.B. Naturschotter 0/56mm
	30 cm		Untergrundverbesserung z.B. Naturschotter 0/100mm
			Untergrund mit Geotextil GRK 4

Abbildung 4: Schematische Darstellung des empfohlenen Aufbaus der Kranstellflächen

Weitere Hinweise zur Herstellung der Kranstellflächen:

Bei ungünstigen Witterungsverhältnissen muss der Einbau der Untergrundverbesserung zumindest teilweise im Vor-Kopf Verfahren erfolgen.

Der Zulauf von Oberflächenwasser und Sickerwasser (bei Anschnitten) auf die Fläche ist durch eine angepasste Wasserhaltung auszuschließen (Drainage, Fangegraben etc.).

Böschungen durch Geländeanschnitte bis 3,0 m Höhe dürfen eine Neigung von 1:1,5 nicht überschreiten. Für höhere oder steilere Böschungen ist eine gesonderte Betrachtung durch einen geotechnischen Sachverständigen erforderlich.

Dammanschüttungen an das Urgelände müssen mit diesem verzahnt eingebaut werden (treppenförmige Abstufung).

Abgeschobene Erdmassen (z.B. Mutterboden) müssen außerhalb des Baufeldes gelagert werden und dürfen nicht in unmittelbarer Nähe der Kranstellfläche oder des Fundamentes gelagert werden.

Grundsätzlich sind die Anforderungen der ZTVE-StB an einen qualifizierten Erdbau zu beachten.

9.6.2 Zuwegungen

Untergrundverhältnisse

Die Untergrundverhältnisse im Bereich der geplanten Zuwegungen von Beginn des Waldweges am Anschlusspunkt der K20 bis zu den Standorten der einzelnen WEA's wurden mittels Baggerschürfe untersucht. Insgesamt wurden 20 Baggerschürfe bis in eine Tiefe von max. 1,90 m u. GOK ausgeführt. Dabei wurde der Untergrund im Bereich der bestehenden Waldwege untersucht.

Die Untersuchungen im Bereich der bestehenden Zuwegung zeigen folgendes Bild: In nahezu allen Bereichen liegt eine Deckschicht aus Naturschotter vor. Diese weist eine Mächtigkeit zwischen 0,1 m und 0,4 m auf. Im Abschnitt zwischen Schurf SCH 6 bis SCH 17 liegt eine Kombination aus einer geringmächtigen Deckschicht aus Naturschotter (0,1 m) mit darunter folgenden grobkörnigen Massen (überwiegend Schieferbruch, teils kiesig, steinige Massen) mit einer Mächtigkeit von 0,2 m bis 0,4 m vor. Die zum Wegeoberbau gehörigen Massen ergeben eine Mächtigkeit zwischen 0,1 m bis 0,5 m, wobei Dicken zwischen 0,2 m und 0,4 m überwiegen.

Die eigentliche Zuwegung zu den einzelnen Standorten der Windenergieanlagen erfolgt über vom „offiziellen“ Waldweg abgehende „Pfade“. In diesen Bereichen ist die Mächtigkeit des Wegeoberbaus deutlich reduziert: bei den Schürfen SCH 18 bis SCH 20 (Zuwegung zu WEA 1 neu und WEA 3) besitzt die bestehende Zuwegung einen Oberbau von nur 0,1 m. Bei Schurf SCH 12 (Zuwegung zu WEA 2) wurden keine Aufschüttungen festgestellt, die zum Wegeoberbau zu zählen sind. Bei SCH 13 konnte ein Oberbau, bestehend aus 10 cm Naturschotter mit 25 cm Schieferbruch festgestellt werden. Im Bereich dieser Zuwegung scheint kein durchgehender Oberbau zu bestehen.

Unterhalb der Massen des Wegeoberbaus stehen meist die gewachsenen, aus der Verwitterung des Anstehenden hervorgegangenen Lockergesteinsböden (s. Kap. 8.1, Homogenbereich B) an. Diese sind, in Abhängigkeit ihres Feinstkornanteils, teils als schluffig, tonig, sandige Kiese, teils als schluffig, sandig, kiesige Tone anzusprechen, wobei es sich meist um Tonsteinstücke in einer bindigen Matrix handelt. Diese besitzt überwiegend steife bis halbfeste Konsistenz. Die Lockergesteinsböden reichen bis in eine Tiefe zwischen 0,9 m und 1,5 m unter Geländeoberkante.

Unter den Lockergesteinsböden folgt der verwitterte Fels (s. Kap. 8.1, Homogenbereich C). Überwiegend läßt sich dieser als mäßig verwitterter bis verwitterter Tonstein beschreiben,

der eine geringe bis mittlere Härte aufweist (Bruchstücke lassen sich meist von Hand zerbrechen) bei einer starken Klüftigkeit. Daraus resultiert eine dünnbankige bis dickplattige Schichtung der einzelnen Gesteinslagen. Auffällig ist das überwiegend steile Einfallen der Trennflächen. Ab Schurf SCH 12 dominiert ein Gemenge aus verwittertem Ton- und verwittertem Schluffstein. Die oben genannten Eigenschaften bzgl. Härte, Klüftung und Einfallen gelten auch hier.

Auf der Oberkante des bestehenden Waldweges wurden zur Prüfung der Tragfähigkeit in regelmäßigen Abständen insgesamt 8 dynamische Plattendruckversuche mit dem Leichten Fallgewicht (nach TP BF-StB, T B8.3) mit folgenden Ergebnissen durchgeführt.

Prüfungs-Nr	Standort	E_{vd} (MN/m ²)	E_{v2} geschätzt (MN/m ²)
2678 DLP 1	SCH 2	175,78	> 200
2678 DLP 2	SCH 4	100,90	> 150
2678 DLP 3	SCH 6	72,35	ca. 140
2678 DLP 4	SCH 8	61,98	ca. 120
2678 DLP 5	SCH 11	105,63	> 150
2678 DLP 6	SCH 15	126,40	> 200
2678 DLP 7	SCH 17	40,54	ca. 80
2678 DLP 8	SCH 20	22,30	ca. 40

Tabelle 7: Auswertung dynamische Plattendruckversuche

Anforderungen und Hinweise zur Bauausführung

Die Spezifikationen der Fa. Senvion für die Zuwegungen und Kranstellflächen (6) sind zu beachten. Folgende Anforderungen an die Zugangswege werden hierbei gestellt:

An die Zuwegung bzw. den Untergrund im Bereich der Zuwegungen werden folgende Anforderungen gestellt:

- Lichtraumhöhe 5,5 m
- Lichtraumbreite 6,5 m
- Nutzbare Fahrbahnbreite 4,5 m
- Maximale Achslast der Transporte 12,5 t
- Maximale Achslast Kran 15 t
- Maximales Fahrzeuggewicht 140 t
- Tragfähigkeit E_{v2} OK Untergrund ≥ 45 MN/m²
- Tragfähigkeit E_{v2} OK Tragschicht ≥ 80 MN/m²
- Verhältniswert E_{v2}/E_{v1} $\leq 2,5$

Des Weiteren heißt es:

„Die Oberfläche der Baustraße muss so beschaffen sein, dass die Reifen von Transportfahrzeugen nicht beschädigt werden und keine gravierenden Spurrillen oder Verseifungen entstehen.

Schwerlastfahrzeuge sind für den Verkehr auf befestigten Straßen konstruiert – sie sind keine geländegängigen Fahrzeuge.

Alle Schichten müssen lagenweise maschinell verdichtet werden. Für sämtliche Erdarbeiten gelten die einschlägigen Richtlinien des Erdbaus.“

Grundsätzlich sollten auch folgende Kriterien gewährleistet sein:

- Dauerhaftigkeit und Frostsicherheit für die gesamte Nutzungsphase der Anlagen
- Tragfähig und belastbar auch bei ungünstiger Witterung
- Unterhaltung während der gesamten Bauphase und Nutzungsphase

Die Tragfähigkeit ist mittels statischem Plattendruckversuch nach DIN 18 134 nachzuweisen. Gemäß (6) ist pro 100 m Baustraße mindestens 1 Versuch durchzuführen.

Generell gilt, dass über die durchgeführten Versuche Nachweise führen und die Ergebnisse zu dokumentieren sind.

Hinweise zur Ertüchtigung der Wege

Es ist zu beachten, dass es sich bei den zu ertüchtigenden Wegen nicht um regelrechten Wegebau im Sinne der RStO handelt. Setzungen im cm-Bereich (5-10 cm) sind durchaus möglich und tolerierbar, solange die grundsätzliche Gebrauchstauglichkeit der Zuwegung gewährleistet ist.

Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die Ertüchtigung der Flächen durch einen „Hocheinbau“ samt entsprechender Verbreiterung des Straßenprofils auf 4,5 m Mindestbreite erfolgt. Das bedeutet, dass die Tragschichten im Bereich der bestehenden Wege (soweit vorhanden) erhalten bleiben und nur überbaut werden. Die unbefestigten Randbereiche werden durch Profilieren samt nachträglichem Überschütten auf die geplante GOK aufgefüllt.

Als Material kann ein kornabgestuftes Mineralgemisch verwendet werden. Dies kann z.B. Naturschotter der Körnung 0/56mm sein. Der Einbau von RC-Gemischen sollte nur nach ausdrücklicher Genehmigung der zuständigen Behörden erfolgen.

Die mit dem Leichten Fallgewicht durchgeführten Tragfähigkeitskontrollen ergaben auf der Oberkante der bestehenden Hauptzuwegung grundsätzlich bereits ausreichende Tragwerte. Der für die Zuwegung geforderte Tragwert von $E_{v2} > 80 \text{ MN/m}^2$ wird erreicht. Wir empfehlen das Einbringen einer Schottertragschicht in einer Stärke von 15 cm (verdichteter Zustand) auf der Oberkante des bestehenden Weges, zur Vereinheitlichung der Tragfähigkeit. Ansonsten reichen in diesem Abschnitt die zur Verbreiterung des bestehenden Weges auf die geforderte Breite von 4,50 m erforderlichen Arbeiten aus.

Auf den „Nebenwegen“, die von der Hauptzuwegung zu den Standorten der WEA's führen, wird aufgrund des vorhandenen geringmächtigeren Aufbaus der Tragschichten bzw. von gänzlich unbefestigten Abschnitten der geforderte Tragwert von 80 MN/m^2 nicht erreicht. In den Bereichen, in denen zumindest eine Tragschicht aus 10 cm Naturschotter vorhanden ist, ist von einem E_{v2} -Tragwert von ca. 40 MN/m^2 auszugehen. Das entspricht in etwa dem im Straßen- und Verkehrswegebau nachzuweisendem Tragwert auf dem Planum (45 MN/m^2). Hier kann der zusätzliche Einbau von Trag- und Deckschichtmaterial zumindest auf der Oberkante der bestehenden Wege durchgeführt werden.

In Abschnitten ohne jegliche Befestigung der bestehenden Oberfläche (Waldboden, Mutterboden) ist davon auszugehen, dass sich der geforderte Tragwert von 45 MN/m² nicht nachweisen lässt. Dies erfordert den Einbau einer Untergrundverbesserung. Nach Abschieben des anstehenden Oberbodens ist eine Untergrundverbesserung in einer Mächtigkeit von mindestens 0,3 m vorzunehmen. Als Material kann ebenfalls Schotter der Körnung 0/56 mm verwendet werden. Der Einbau eines gröberen Schotters (z.B. 0/100 mm) ist bei der Verwendung als Untergrundverbesserung jedoch vorteilhaft, sofern ein geeignetes Verdichtungsgerät zur Verfügung steht (Walze > 10 t).

Nach Einbringen der Untergrundverbesserung bzw. auf den vorhandenen Bestand ist in den Bereichen der „Nebenwege“ der Einbau von mindestens 0,3 m Schotter notwendig, um den Tragwert $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Zuwegung zu erreichen. Ein Geotextil GRK 4 (Filtervlies) zwischen Altbestand/Untergrund und den neuen Tragschichten wirkt sich positiv auf die Dauerhaftigkeit des Schotteraufbaus aus. Die Tragfähigkeit des empfohlenen Aufbaus ist durch Testfelder nachzuweisen.

Die folgende Abbildung veranschaulicht den empfohlenen Aufbau der Zuwegung.

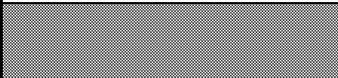
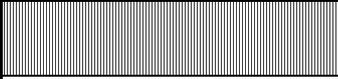
	Dicke	Verformungs- modul E_{v2}	Benennung
		$\nabla 80 \text{ MN/m}^2$	Oberkante Zuwegung
		$\nabla 45 \text{ MN/m}^2$	Planum
	ca. 30 cm		Untergrundverbesserung
			Untergrund mit Geotextil GRK 4

Abbildung 5: Schematische Darstellung des empfohlenen Aufbaus der Zuwegungen

9.7 Kabeltrasse zwischen WEA 1 neu und WEA 2

Ein weiterer Bestandteil im Rahmen der Beauftragung durch die EnBW ist die Untersuchung der Untergrundverhältnisse im Bereich der Kabeltrasse zwischen den Anlagen WEA 1 neu und WEA 2 über den Abschnitt, der nicht innerhalb der sonst genutzten Zuwegungen liegt. Dabei handelt es sich um einen ca. 260 m langen Abschnitt, in dem die Kabeltrasse innerhalb einer bestehenden Schneise im Wald verlaufen soll.

Der Abschnitt und die Lage der dort durchgeführten Aufschlüsse sind aus der folgenden Abbildung ersichtlich.

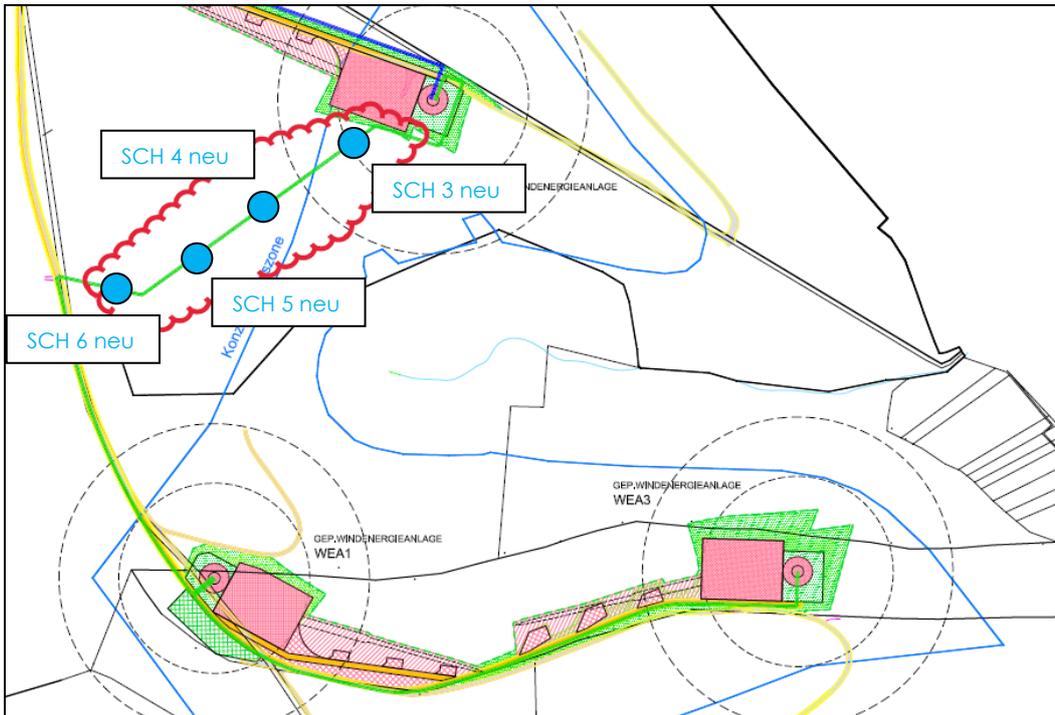


Abbildung 6: Auszug Lageplan (aus (1)) mit Lage der Aufschlusspunkte (blau markiert)

Nach Aussage von EnBW erfolgt die Verlegung der Kabel in einer Tiefe zwischen 0,5 m und 1,0 m u. GOK.

Aushubarbeiten:

Unter Annahme der oben genannten Sohlentiefe des zu verlegenden Kabels sind bis zur erforderlichen Aushubtiefe (max. 1,20 m inkl. Sauberkeitsschicht) neben dem humosen Oberboden (d = 0,1 m) feinkörnige Deckschichten (Homogenbereich A) von weicher bis steifer Konsistenz sowie Verwitterungsböden (Homogenbereich B) zu entfernen.

Die Aushubarbeiten sind mit einem mittelschweren Bagger (15 t) mit Felslöffel zu bewerkstelligen. Ein Reißzahn ist vorzuhalten für den Fall, dass wider Erwarten härtere, bankigere Felslagen auftreten sollten. Es sind Fahrzeuge mit Kettenantrieb zu bevorzugen.

Grabensohle:

Das Kabel kommt in dem untersuchten Abschnitt bei der angenommenen Tiefenlage in vermutlich mitteldicht gelagerten Böden (Tonsteinstücke in bindiger Matrix) sowie in weichen bis steifen Decklehmen zu liegen. Für das zu verlegende Kabel ist die Tragfähigkeit des Untergrundes ausreichend – außer dem Einbringen einer 10-20 cm starken Sauberkeitsschicht (z.B. aus Schotter 0/32 mm) sind keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich.

Bettung:

Nach Angaben der EnBW besitzt das zwischen WEA 1 und WEA 2 zu verlegende Kabel einen Querschnitt von 150 mm². Für gewöhnlich sollen erdverlegte Kabel immer innerhalb einer Schicht aus steinfreiem Sand verlegt werden. Zum Schutz des Kabels vor Beschädigungen ist dieses mittig in der ca. 30 cm starken Sandschicht zu verlegen.

Baugrubensicherung:

Nach DIN 4124 sind bis zu einer Grabentiefe von maximal 1,25 m u. GOK keine Maßnahmen bzgl. einer Baugrubensicherung erforderlich. Der Graben für die Kabeltrasse kann unverbaut mit senkrechten Wänden hergestellt werden – von einer zumindest kurzfristigen Standfestigkeit des Untergrundes kann ausgegangen werden.

Wasserhaltung:

Von relevanten Wasserzutritten in die Baugrube, die Maßnahmen zur Wasserhaltung erfordern würden, ist nicht auszugehen. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass der in dieser Tiefe anstehenden Untergrund sehr witterungsempfindlich ist und infolge Wasserzutritten aufweichen kann. Ein langes Offenstehen des Leitungsgrabens ist daher zu vermeiden. Die Sohle ist zumindest durch den verdichteten Einbau der Sauberkeitsschicht zu schützen.

Verfüllen der Aufgrabung:

Die Kabeltrasse liegt in dem untersuchten Abschnitt in einem unbefestigten Abschnitt abseits des Waldweges innerhalb einer Schneise. Es wird angenommen, dass die Trasse nach wie vor von Bewuchs freizuhalten ist, jedoch keine Befahrbarkeit des Untergrundes vorgesehen ist.

Somit ist davon auszugehen, dass keine besonderen Anforderungen an die Tragfähigkeit der Oberfläche gestellt werden und nur die ursprünglichen Lagerungsverhältnisse (im Waldbereich ist ein Verdichtungsgrad $> 95\% D_{Pr}$ nicht zu empfehlen) wiederherzustellen sind.

Bei den örtlich anfallenden Aushubmassen handelt es sich um gemischt- bis feinkörnige Böden, die gemäß der Laborversuche den Bodengruppen GU*-GT* und TL und somit gemäß ZTV A-StB den Verdichtbarkeitsklassen V2 und V3 zuzuordnen sind. Im Bereich befestigter Flächen oder dort, wo Anforderungen hinsichtlich der Tragfähigkeit an den Untergrund gestellt werden, sollte der Einbau von Massen dieser Verdichtbarkeitsklassen vermieden bzw. nur unter gewissen Voraussetzungen (optimaler Wassergehalt, mind. steife Konsistenz) durchgeführt werden.

Im konkreten Fall ist eine Wiederverwendung der ausgekofferten Massen möglich: aktuell besitzen die Massen weiche bis steife Konsistenz und sind somit grundsätzlich noch einbau- und verdichtungsfähig. Außerdem ist es im Bereich von Waldböden eher förderlich, wenn keine allzu starke Verdichtung vorherrscht.

Aus der geringeren Verdichtung des Untergrundes können Setzungen resultieren, die zu Absenkungen an der Oberfläche führen. Dies ist einzukalkulieren.

10 ENTSORGUNG DER ANFALLENDEN MASSEN

Beim Aushub der Baugruben für die Fundamente der Windenergieanlagen sowie bei der Geländeprofilierung für die Herstellung der Kranflächen und Zuwegungen werden überwiegend gemischtkörnige Lockerböden der Bodenklasse 3 und 4 nach DIN 18 300, bereichsweise auch Fels der Bodenklassen 6 und 7 nach DIN 18 300 anfallen, wenn die oben angenommenen Gründungstiefen Verwendung finden.

Organoleptisch wurden in keinem Fall Auffälligkeiten festgestellt. Im Zuge der Aushubarbeiten ist der Boden regelmäßig organoleptisch auf Verunreinigungen zu untersuchen. Bei begründetem Kontaminationsverdacht ist ein geotechnischer Sachverständiger zu Rate zu ziehen.

Es ist davon auszugehen, dass die anfallenden Lockergesteinsböden zum Überschütten der Fundamente wiederverwendet werden (vgl. Kap. 9.5) und der Mutterboden/Waldboden nachfolgend wieder angedeckt wird, so dass nicht von relevanten Mengen ausgegangen werden kann, die entsorgt werden müssen.

Ansonsten kann das Material kann bei Profilierungsmaßnahmen und zum Errichten von Aufschüttungen, Lärmschutzwällen o.ä. verwendet werden – vorausgesetzt es erfüllt die geotechnischen Mindestanforderungen des Einsatzbereichs. Zum Hinterfüllen ist der Boden generell nicht geeignet.

Alternativ kann der Boden auf einer Erdmassendeponie entsorgt werden. Hierzu ist eine Begutachtung des Aushubmaterials hinsichtlich seiner Eignung für eine DK0 Deponie durch einen geotechnischen Sachverständigen notwendig (Deklaration nach DepV).

Das anfallende Grundwasser im Bauzustand, welches über die offene Wasserhaltung gefasst wird, kann nach vorheriger Rücksprache mit den Behörden schadlos im Gelände über die belebte Bodenzone entsorgt werden.

11 QUALITÄTSSICHERUNG

Für die auszuführenden Erdarbeiten sollten folgende Prüfungen vorgenommen werden:

- Abnahme der Baugrubenböschungen und der Fundamentaufstandsflächen durch einen geotechnischen Sachverständigen
- Nachweis der Eignung von Schotter mittels Sieblinien; die Körnungslinien müssen innerhalb der Bandbreiten nach TL-SoB liegen (je eine Prüfung pro eingebautem Material)
- Nachweis der Böden, die zum Überschütten der Fundamente verwendet werden; durch Dichtekontrollen nach DIN 18 125 (erforderlicher Verdichtungsgrad abhängig von den verwendeten Massen; es ist eine Trockenwichte $\geq 18 \text{ kN/m}^3$ nachzuweisen)
- Nachweis der Böden, die zum Hinterfüllen der Fundamente verwendet werden; Nachweis $D_{Pr} > 100\%$ durch Dichtekontrollen nach DIN 18 125
- Prüfung der Tragfähigkeit der Oberkante Kranstellfläche bzw. Oberkante Zuwegung; Nachweis Tragwert E_{V2} von mindestens 80 MN/m^2 oder E_{Vd} von mindestens 40 MN/m^2

12 BEURTEILUNG DES BAUGRUNDRISIKOS

Da Bodenaufschlüsse stets nur für die unmittelbare Umgebung des jeweiligen Aufschlusspunktes exakte Aussagen ermöglichen, können für dazwischen liegende Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen gemacht werden.

Das Maß der Wahrscheinlichkeit einer Aussage für solch unerkundete Bereiche, über Aufbau oder andere für die geotechnische Beurteilung maßgebliche Eigenschaften, steigt mit zunehmendem Untersuchungsumfang, d.h. mit der Anzahl der Aufschlüsse. Bei erhöhter Wechselhaftigkeit des Baugrundes hingegen nimmt das Maß der beschriebenen Wahrscheinlichkeit ab.

Daher verbleibt stets ein Risiko, dass Abweichungen der zu erwartenden zu den tatsächlichen Baugrundverhältnissen vorhanden sind. Das an dieser Stelle beschriebenen Risiko wird als „Baugrundrisiko“ bezeichnet.

Des Weiteren versteht man hierunter auch die Gefahr, dass trotz vorhergehender, den Regeln der Technik entsprechend bestmöglicher Untersuchung und Beschreibung der Boden- und Wasserverhältnisse bei jeder Bebauung von Baugrund unvorhersehbare Erschwernisse auftreten können.

In diesem Sinne wird auch alles unerwartet im Baugrund Vorgefundene vom Begriff des „Baugrundrisikos“ generell ausgefüllt: so etwa Kellergewölbe, Fundamentreste, Holzpfähle, Findlinge, Bunker, Stollen, Wurzeln, Reste früherer Kulturen, alte Tanks, Versorgungsleitungen und Kanäle, mit Altlasten verunreinigte oder sonstige kontaminierte Bereiche, Einlagerungen aller Art, Klüfte; um nur einige Beispiele der Baupraxis und der Rechtsprechung aufzuführen.

Ein restliches Baugrundrisiko kann daher auch bei eingehender geotechnischer Untersuchung des Standortes nicht völlig ausgeschaltet werden. Kleinräumige Inhomogenitäten des Baugrundes sind nicht restlos zu erfassen. Ferner werden die bodenmechanischen Kenngrößen an faustgroßen Proben ermittelt, welche nicht immer repräsentativ für die gesamte Schicht sind. Die Werte der Baugrundparameter streuen in gewissem Maße und manche Eigenschaften des Baugrundes können mit angemessenem Aufwand nicht festgestellt werden.

Aufgabe der geotechnischen Untersuchungen von Boden als Baugrund ist es, das Baugrundrisiko im Hinblick auf die Aufgabenstellung des jeweiligen Projektes einzugrenzen und zu minimieren.

Das Baugrundrisiko besteht im vorliegenden Fall hauptsächlich in dem Verlauf der Felsoberkante. Hier ist immer von einem gewissen reliefartigen Verlauf der Schicht auszugehen, so dass ein linearer Verlauf zwischen den Aufschlusspunkten nicht gewährleistet werden kann. Aus diesem Grund sind die Gründungsollen in jedem Fall abnehmen zu lassen.

13 ZUSAMMENFASSUNG

Für den geplanten Neubau von drei Windenergieanlagen des WP Freudenberg wurde ein geotechnischer Bericht erstellt. Dieser vorliegende Bericht enthält Änderungen gegenüber dem Bericht Bo2678 vom 22.02.2017 in Bezug auf den neuen Standort der Anlage WEA 1 (hier jetzt mit *WEA 1 neu* bezeichnet) sowie auf den gewählten Anlagentyp. Zusätzlich wurden Untersuchungen in einem separaten Bereich der Kabeltrasse durchgeführt.

Mit Erscheinen dieses Berichtes Bo2678-2 verliert der Bericht Bo2678 vom 22.02.2017 seine Gültigkeit.

Im Rahmen der Berichtserstellung wurden die Baugrundverhältnisse, die Tragfähigkeit der Gründungssole sowie die Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen beschrieben und beurteilt. Zudem wurden Hinweise zum Aufbau der Kranstellflächen, der Ertüchtigung der Zuwegungen sowie zur Errichtung der Kabeltrasse gegeben.

Die Gründung sämtlicher WEA kann als normale Flachgründung entsprechend der Anforderungen (entnommen aus dem Schalplan Fundament (3)) vorgenommen werden. Es wurden Empfehlungen zur Gründungstiefe und den ausreichend tragfähigen Bodenhorizonten gegeben.

Es konnte zum Zeitpunkt der Aufschlussarbeiten kein Grundwasser festgestellt werden. In Abhängigkeit der Witterung ist in jedem Fall mit Schicht- und Sickerwasserzutritten zu rechnen. Auf eine kontinuierliche Entwässerung während des Bauzustandes und im Endzustand ist zu achten.

Die geforderten Werte hinsichtlich der Typenstatik werden unter Beachtung der Hinweise zur Bauausführung erfüllt.

Für den Aufbau des vorhandenen Wegebestandes, der im Zuge der Baumaßnahme im Hocheinbau ertüchtigt werden soll, sind bereichsweise zusätzliche Maßnahmen in Form einer Untergrundverbesserung notwendig. Für die Kranstellflächen sind aufgrund der hohen Anforderungen durch die hohen Lasten (Montagekran) und der damit geforderten Flächenpressung der Einbau einer Untergrundverbesserung notwendig.

Generell gilt, dass die getroffenen Angaben zu den Aufbaumächtigkeiten eine auf örtlicher Erfahrung basierte Einschätzung darstellen, die in der Örtlichkeit durch Testfelder zu verifizieren sind.

Zusätzlicher Hinweis:

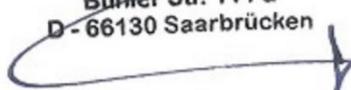
Die Angaben im Gutachten basieren auf den vor Ort durchgeführten Aufschlüssen. Sollten sich bei der Bauausführung andere als die beschriebenen Baugrundverhältnisse herausstellen, ist der Unterzeichner sofort zu verständigen. Gleiches gilt bei maßgeblichen Veränderungen der dem Gutachter zur Verfügung gestellten Planunterlagen.

2678-2 Windpark Freudenberg

Saarbrücken 27.05.2019

Gesehen:

Geotechnik Dr. Heer
GmbH & Co. KG
Bühler Str. 111 a
D - 66130 Saarbrücken

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'C. Borscheid', is written over the printed text of the stamp.

H. Maurer
(Geschäftsführer)

Aufgestellt:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'C. Borscheid', is written in a cursive style.

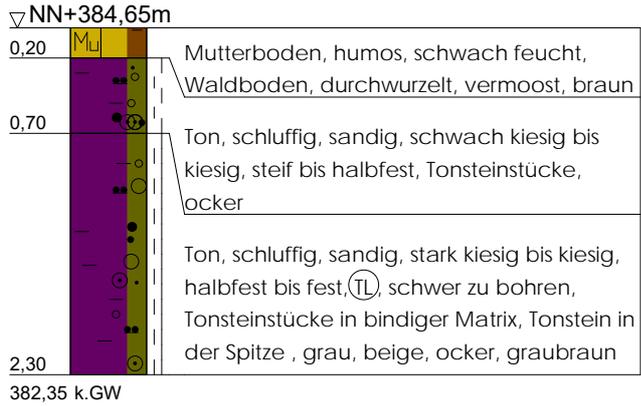
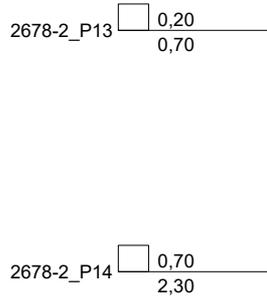
C. Borscheid
(Sachbearbeiter Geotechnik)

Anlage 1

**Bohr- und Schurfprofile &
Diagramme der
Rammsondierungen**

BS 1 neu

NN+m

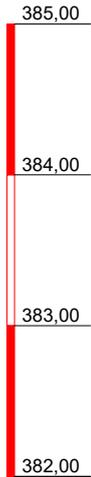


kein Bohrfortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@gcg-dr-heer.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg Umplanung</p>	Projekt-Nr.: 2678-2
		Aufschluss: BS / SCH / DPH
		Datum: 26.04.2019
		Bearbeiter: Ma
		Maßstab: 1:50

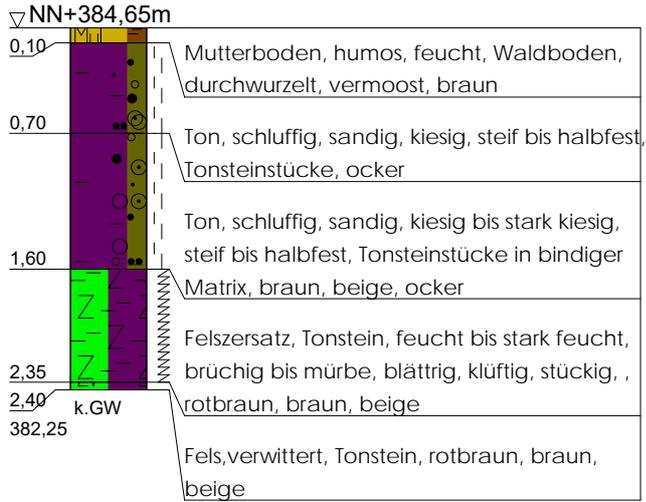
SCH 1 neu

NN+m



2678-2_P19 0,70
1,60

2678-2_P20 1,60
2,35

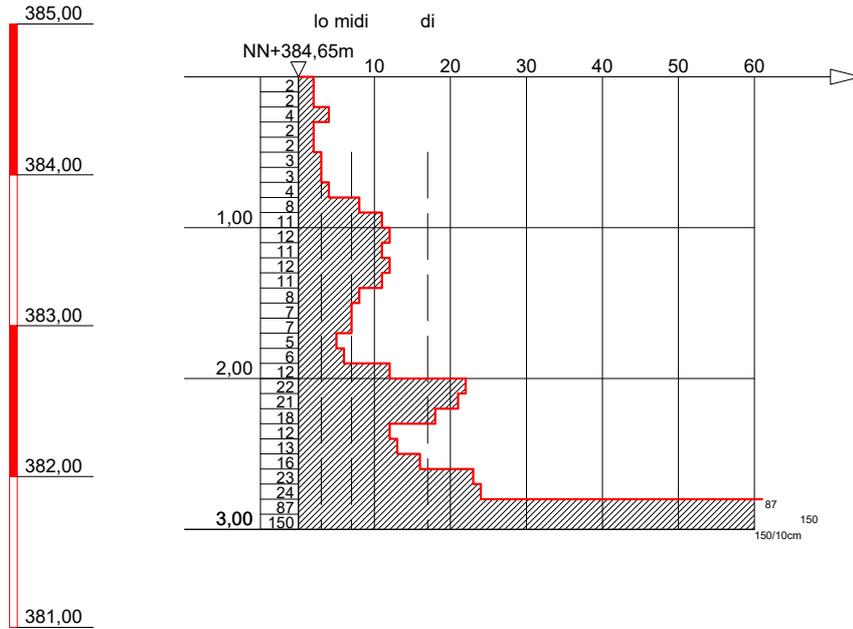


kein Schurffortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@gcg-dr-heer.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg Umplanung</p>	Projekt-Nr.: 2678-2
		Aufschluss: BS / SCH / DPH
		Datum: 26.04.2019
		Bearbeiter: Ma
		Maßstab: 1:50

DPH 1 neu

NN+m



kein Sondierfortschritt

k.GW

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken

Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@gcg-dr-heer.de

Projekt: Windpark
Freudenberg
Umplanung

Projekt-Nr.: 2678-2

Aufschluss: BS / SCH / DPH

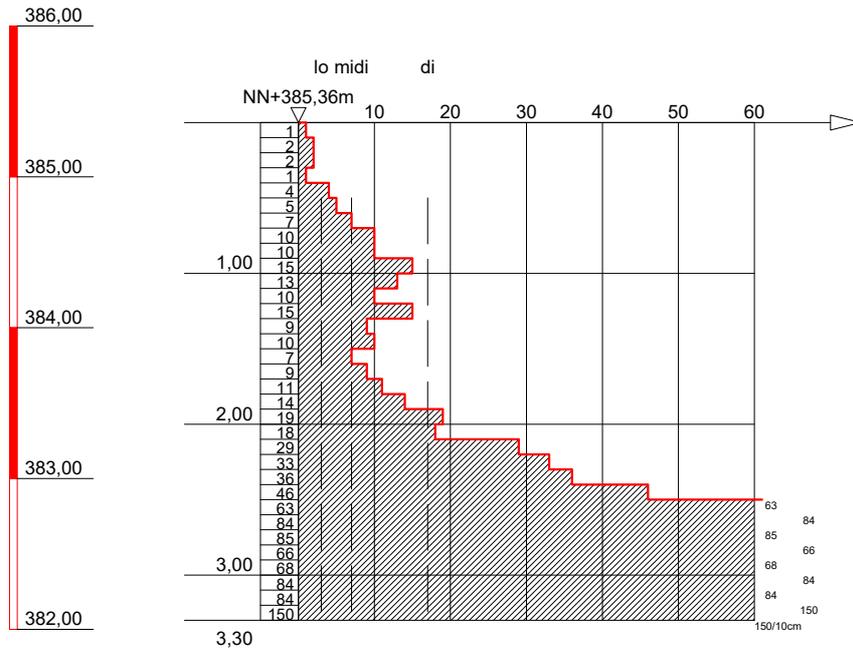
Datum: 26.04.2019

Bearbeiter: Ma

Maßstab: 1:50

NN+m

DPH 1.1 neu



kein Sondierfortschritt

k.GW

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken

Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@gcg-dr-heer.de

Projekt: Windpark
Freudenberg
Umplanung

Projekt-Nr.: 2678-2

Aufschluss: BS / SCH / DPH

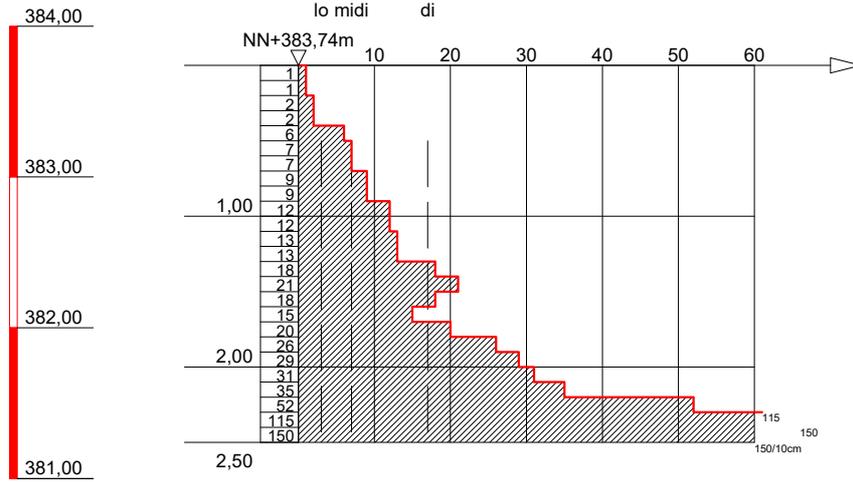
Datum: 26.04.2019

Bearbeiter: Ma

Maßstab: 1:50

DPH 1.2 neu

NN+m



kein Sondierfortschritt

k.GW

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken

Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@gcg-dr-heer.de

Projekt: Windpark
Freudenberg
Umplanung

Projekt-Nr.: 2678-2

Aufschluss: BS / SCH / DPH

Datum: 26.04.2019

Bearbeiter: Ma

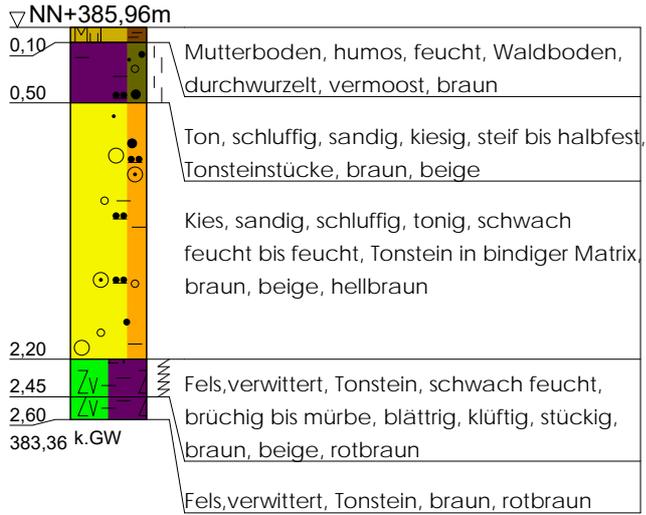
Maßstab: 1:50

SCH 2 neu

NN+m



2678-2_P21 0,50
2,20

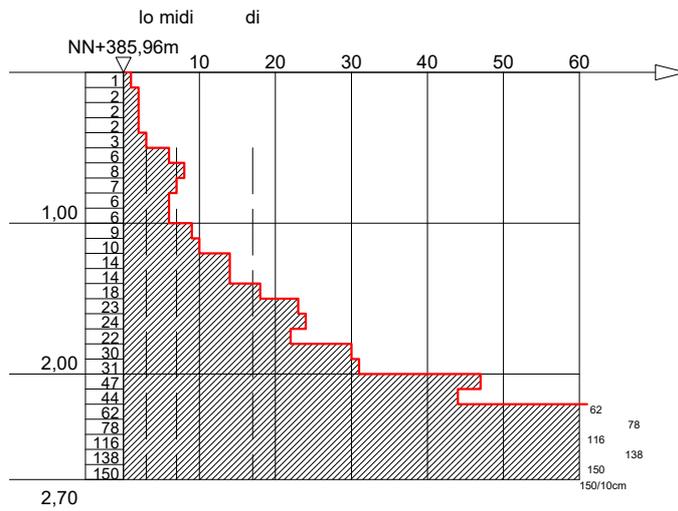
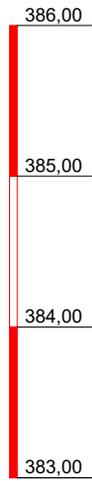


kein Schurffortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@gcg-dr-heer.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg Umplanung</p>	Projekt-Nr.: 2678-2
		Aufschluss: BS / SCH / DPH
		Datum: 26.04.2019
		Bearbeiter: Ma
		Maßstab: 1:50

DPH 2 neu

NN+m



kein Sondierfortschritt

k.GW

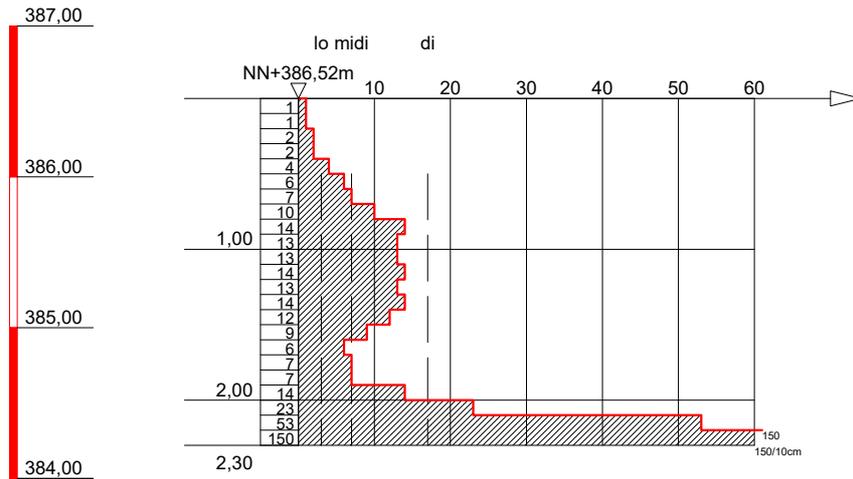
Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG
 Bühler Straße 111a
 66130 Saarbrücken
 Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
 gcg@gcg-dr-heer.de

Projekt: Windpark
Freudenberg
Umplanung

Projekt-Nr.:	2678-2
Aufschluss:	BS / SCH / DPH
Datum:	26.04.2019
Bearbeiter:	Ma
Maßstab:	1:50

NN+m

DPH 3 neu



kein Sondierfortschritt

k.GW

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken

Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@gcg-dr-heer.de

Projekt: Windpark
Freudenberg
Umplanung

Projekt-Nr.: 2678-2

Aufschluss: BS / SCH / DPH

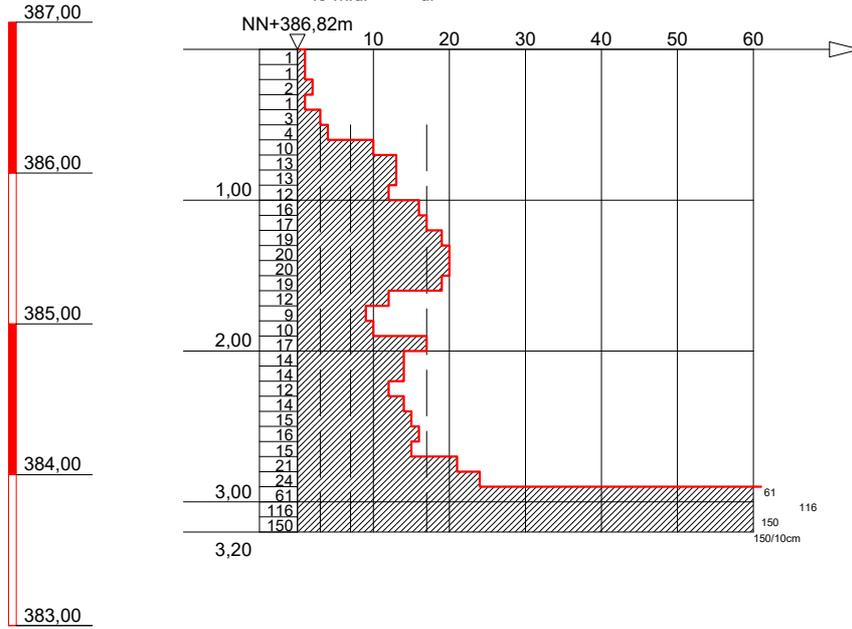
Datum: 26.04.2019

Bearbeiter: Ma

Maßstab: 1:50

DPH 4 neu

NN+m



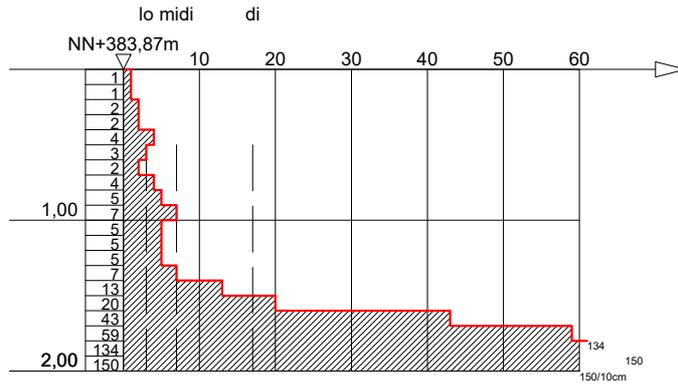
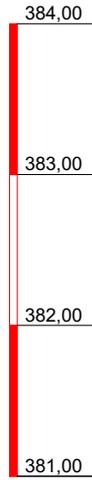
kein Sondierfortschritt

k.GW

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@gcg-dr-heer.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg Umplanung</p>	Projekt-Nr.: 2678-2
		Aufschluss: BS / SCH / DPH
		Datum: 26.04.2019
		Bearbeiter: Ma
		Maßstab: 1:50

DPH 5 neu

NN+m



kein Sondierfortschritt

k.GW

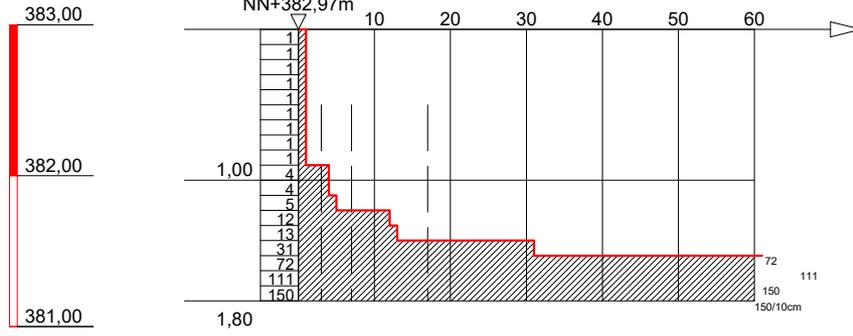
Geotechnik
 Dr. Heer GmbH & Co. KG
 Bühler Straße 111a
 66130 Saarbrücken
 Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
 gcg@gcg-dr-heer.de

Projekt: Windpark
 Freudenberg
 Umplanung

Projekt-Nr.:	2678-2
Aufschluss:	BS / SCH / DPH
Datum:	26.04.2019
Bearbeiter:	Ma
Maßstab:	1:50

DPH 6 neu

NN+m



k.GW

kein Sondierfortschritt

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken

Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@gcg-dr-heer.de

Projekt: Windpark
Freudenberg
Umplanung

Projekt-Nr.: 2678-2

Aufschluss: BS / SCH / DPH

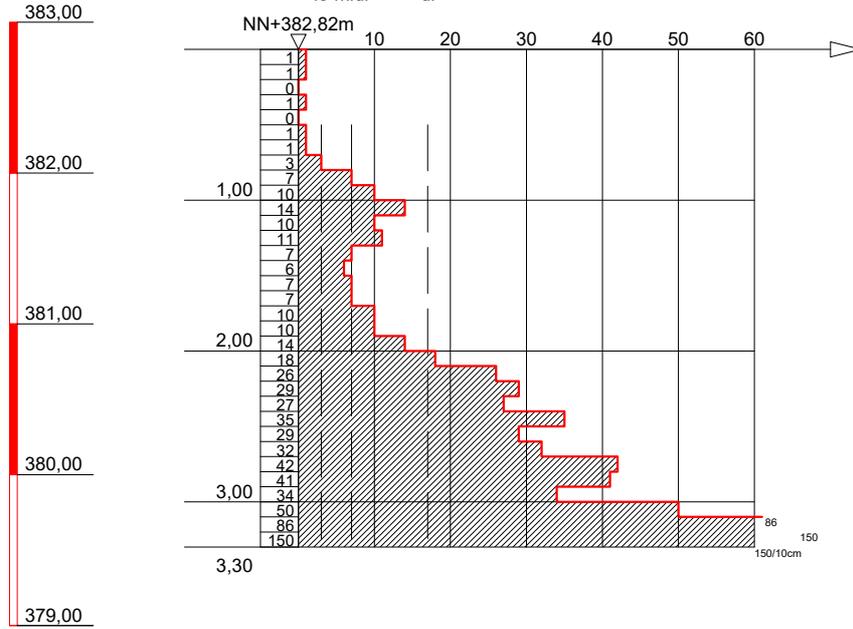
Datum: 26.04.2019

Bearbeiter: Ma

Maßstab: 1:50

DPH 7 neu

NN+m



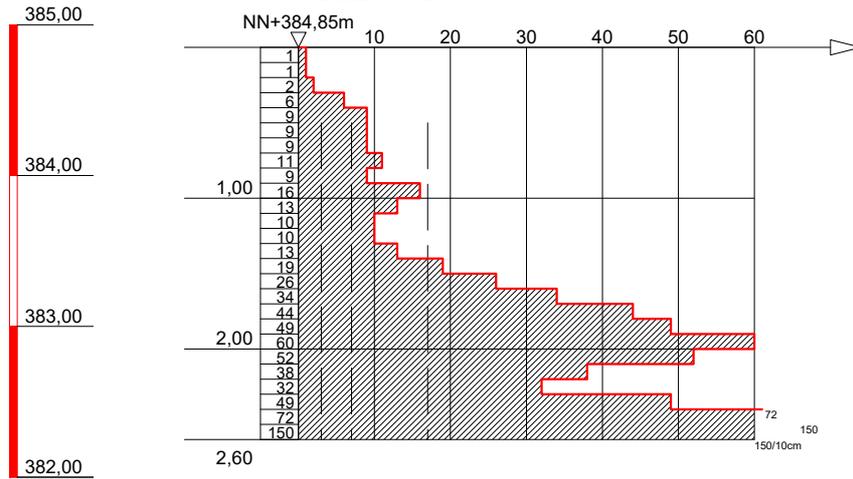
kein Sondierfortschritt

k.GW

<p style="text-align: center;">Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p style="text-align: center;">Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@gcg-dr-heer.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg Umplanung</p>	Projekt-Nr.: 2678-2
		Aufschluss: BS / SCH / DPH
		Datum: 26.04.2019
		Bearbeiter: Ma
		Maßstab: 1:50

DPH 8 neu

NN+m



kein Sondierfortschritt

k.GW

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken

Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@gcg-dr-heer.de

Projekt: Windpark
Freudenberg
Umplanung

Projekt-Nr.: 2678-2

Aufschluss: BS / SCH / DPH

Datum: 26.04.2019

Bearbeiter: Ma

Maßstab: 1:50

NN+m

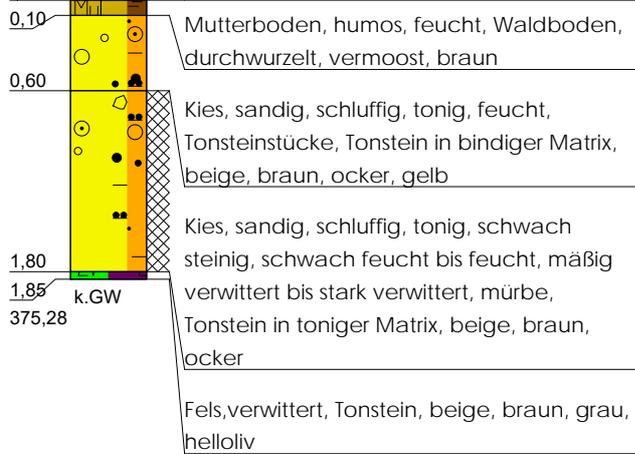
SCH 3 neu



2678-2_P15 0,10 / 0,60

2678-2_P16 0,60 / 1,80

▽ NN+377,13m



kein Schurffortschritt

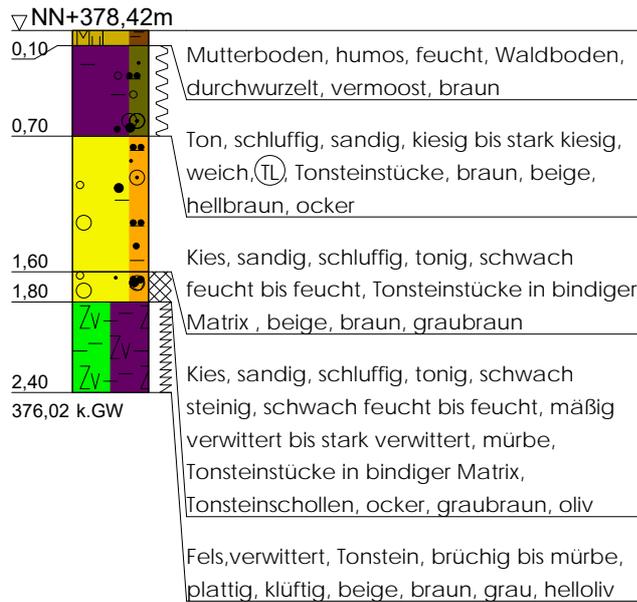
<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@gcg-dr-heer.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg Umplanung</p>	Projekt-Nr.: 2678-2
		Aufschluss: BS / SCH / DPH
		Datum: 26.04.2019
		Bearbeiter: Ma
		Maßstab: 1:50

NN+m

SCH 4 neu



2678-2_P17 0,10
0,70

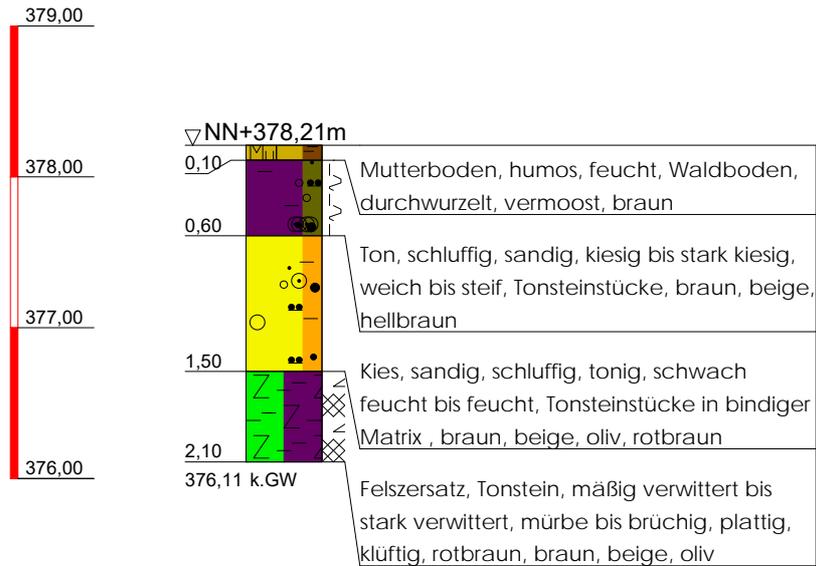


kein Schurffortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@gcg-dr-heer.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg Umplanung</p>	Projekt-Nr.: 2678-2
		Aufschluss: BS / SCH / DPH
		Datum: 26.04.2019
		Bearbeiter: Ma
		Maßstab: 1:50

NN+m

SCH 5 neu



kein Schurffortschritt

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken
Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@gcg-dr-heer.de

Projekt: Windpark
Freudenberg
Umplanung

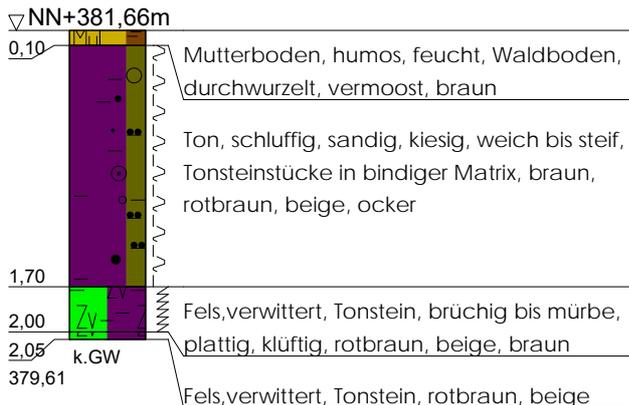
Projekt-Nr.:	2678-2
Aufschluss:	BS / SCH / DPH
Datum:	26.04.2019
Bearbeiter:	Ma
Maßstab:	1:50

SCH 6 neu

NN+m



2678-2_P18 0,10
1,70



kein Schurffortschritt

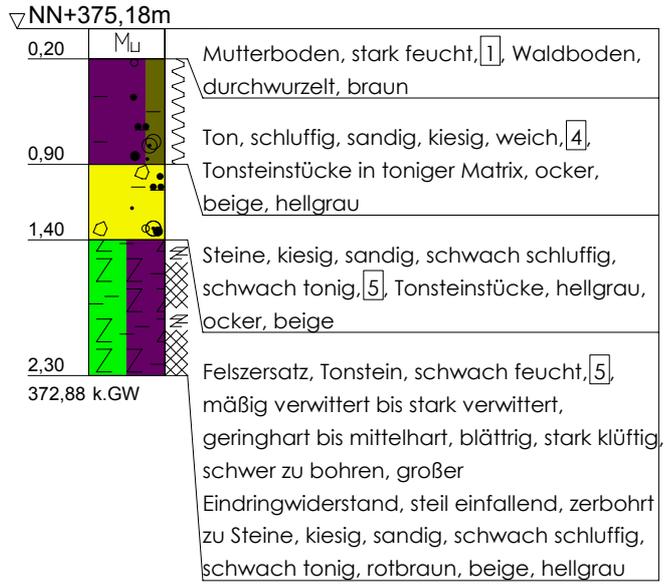
<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@gcg-dr-heer.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg Umplanung</p>	Projekt-Nr.: 2678-2
		Aufschluss: BS / SCH / DPH
		Datum: 26.04.2019
		Bearbeiter: Ma
		Maßstab: 1:50

NN+m

BS 2



2678-11 0,20
0,90

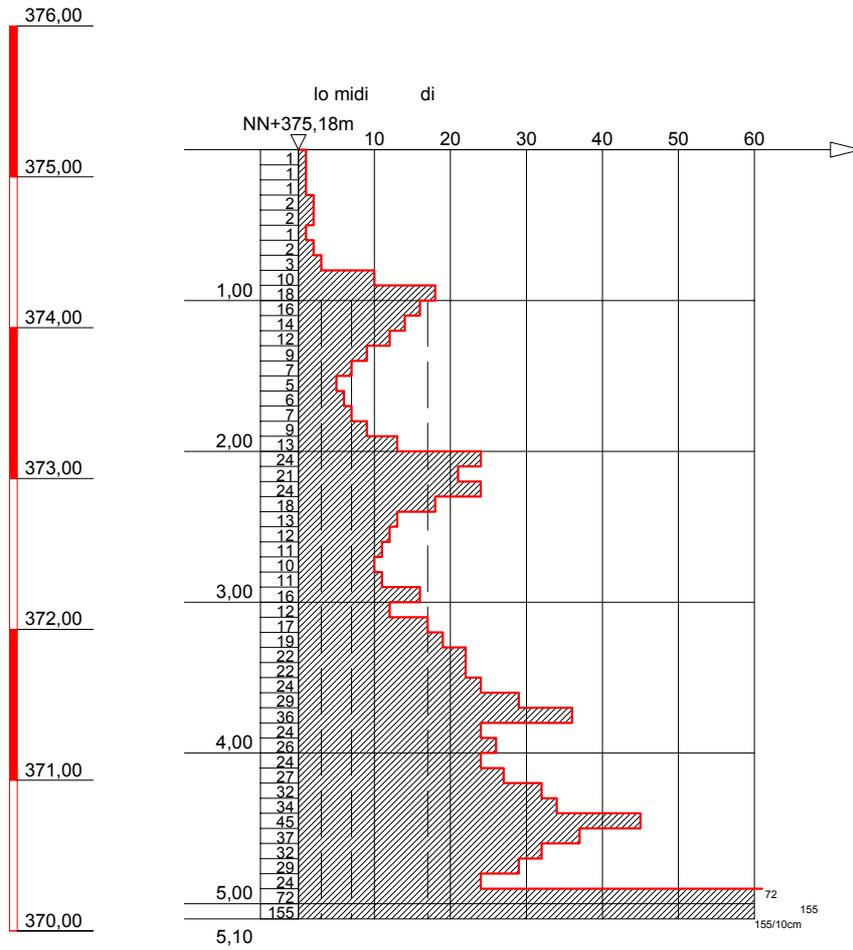


kein Bohrfortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: BS
		Datum: 02.01.2017
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

NN+m

DPH 2



kein Sondierfortschritt

k.GW

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG
Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken
Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@online.de

Projekt: Windpark
Freudenberg

Projekt-Nr.: 2678

Aufschluss: DPH

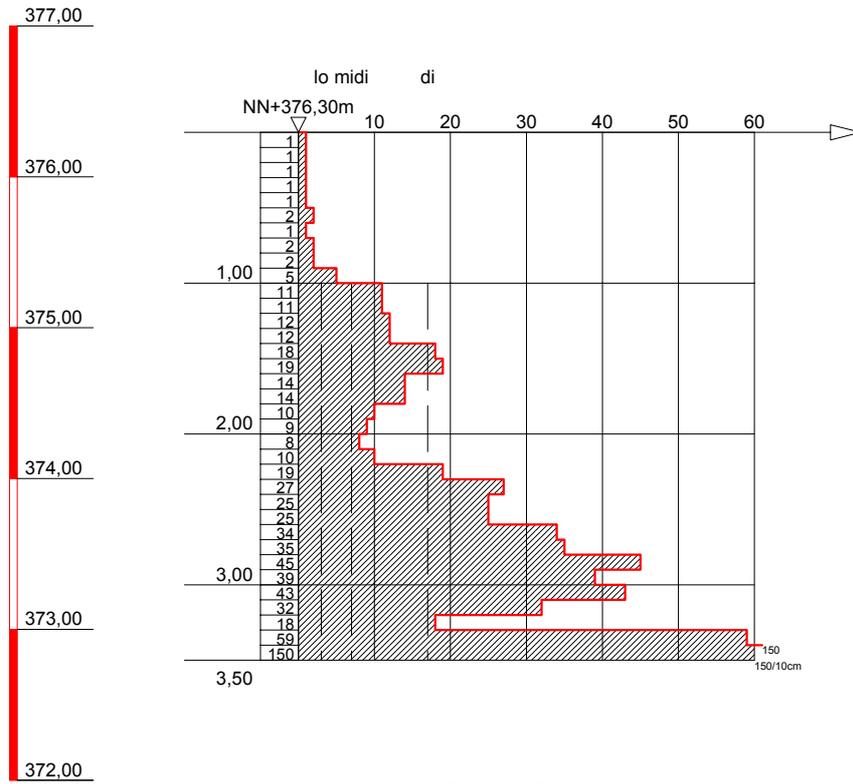
Datum: 02.01.2017

Bearbeiter: Bo

Maßstab: 1 : 50

NN+m

DPH 2.1

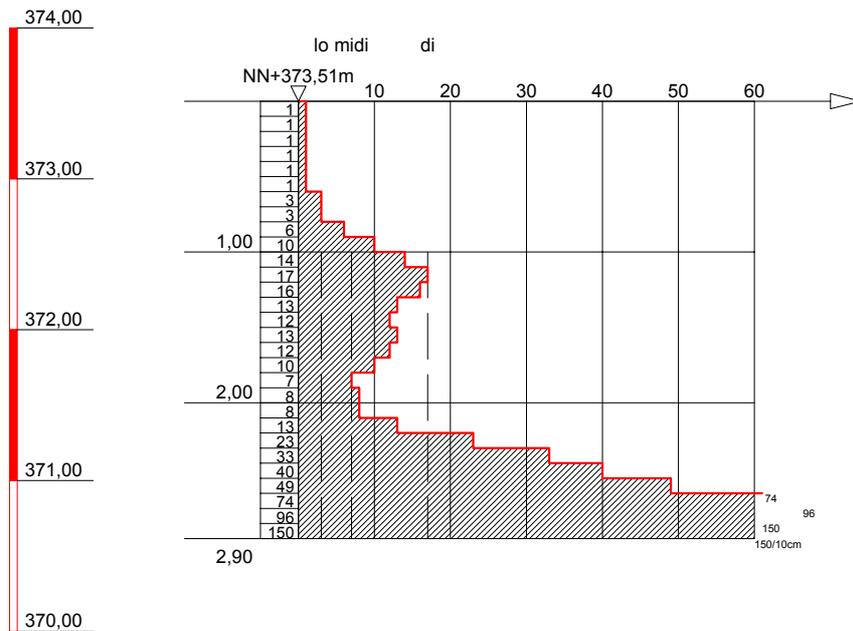


k.GW

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: DPH
		Datum: 02.01.2017
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

NN+m

DPH 2.2



kein Sondierfortschritt

k.GW

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG
Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken
Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@online.de

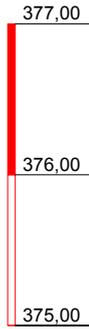
Projekt: Windpark
Freudenberg

Projekt-Nr.:	2678
Aufschluss:	DPH
Datum:	02.01.2017
Bearbeiter:	Bo
Maßstab:	1 : 50

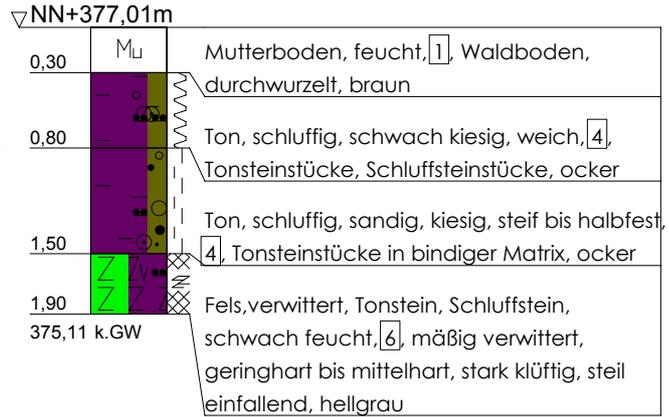
SCH 2.1

WEA 2

NN+m



2678-10 0,30
0,80



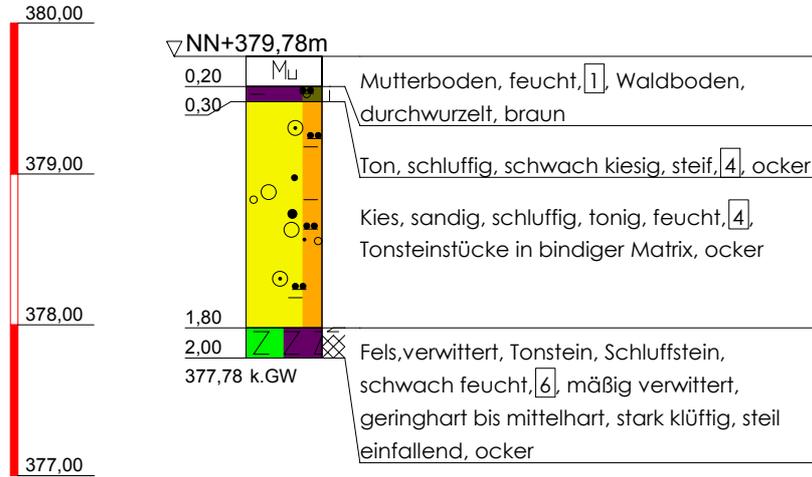
kein Schurffortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschurf
		Datum: 02.01.2016
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

SCH 2.2

WEA 2

NN+m



kein Schurffortschritt

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken

Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@online.de

Projekt: Windpark
Freudenberg

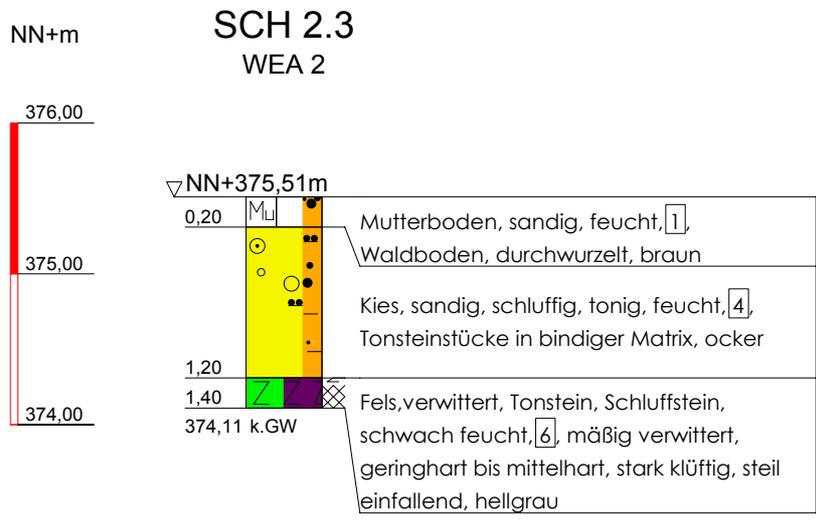
Projekt-Nr.: 2678

Aufschluss: Baggerschurf

Datum: 02.01.2016

Bearbeiter: Bo

Maßstab: 1 : 50

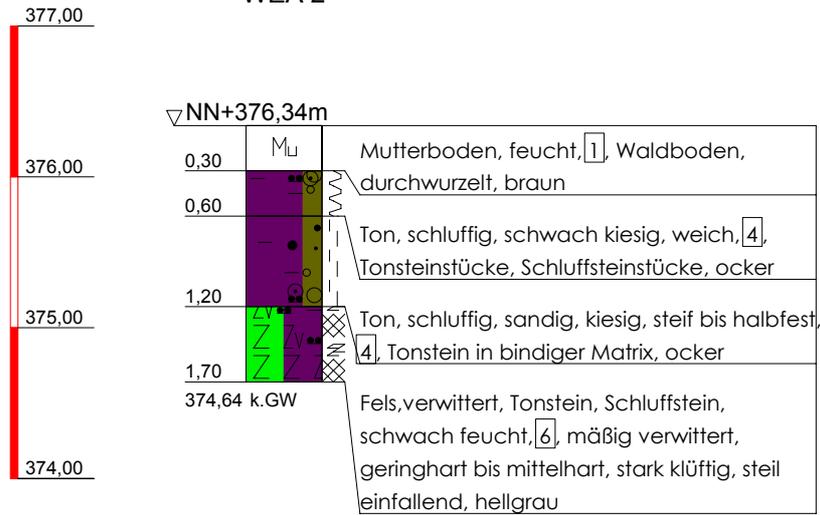


kein Schurffortschritt

<p style="text-align: center;">Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p style="text-align: center;">Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschurf
		Datum: 02.01.2016
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

NN+m

SCH 2.4 WEA 2



kein Schurffortschritt

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken
Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@online.de

Projekt: Windpark
Freudenberg

Projekt-Nr.: 2678

Aufschluss: Baggerschurf

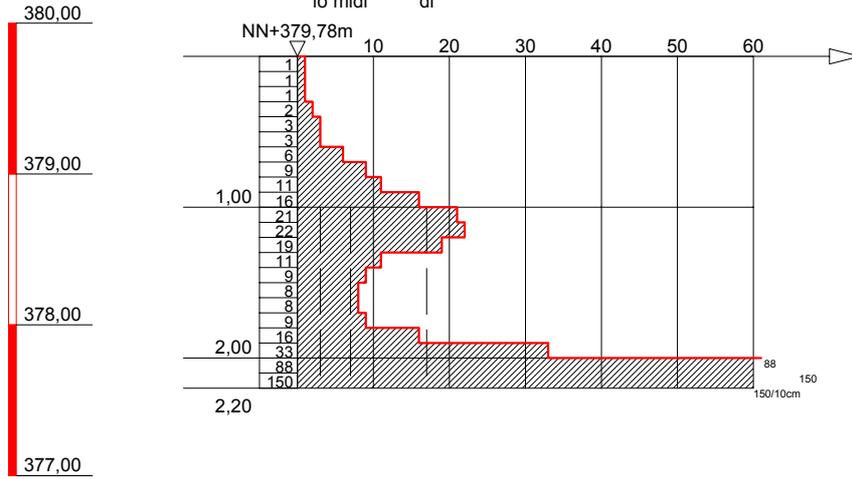
Datum: 02.01.2016

Bearbeiter: Bo

Maßstab: 1 : 50

DPH 2.3

NN+m



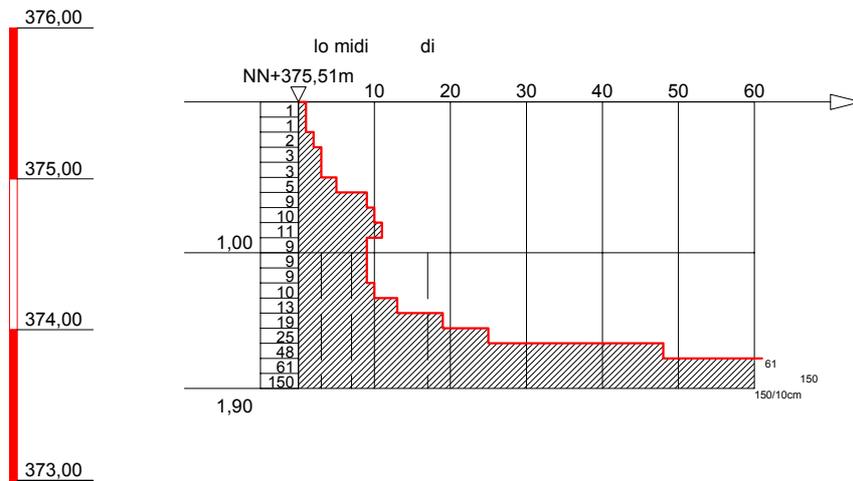
kein Sondierfortschritt

k.GW

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: DPH
		Datum: 02.01.2017
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

NN+m

DPH 2.4



kein Sondierfortschritt

k.GW

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken
Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@online.de

Projekt: Windpark
Freudenberg

Projekt-Nr.: 2678

Aufschluss: DPH

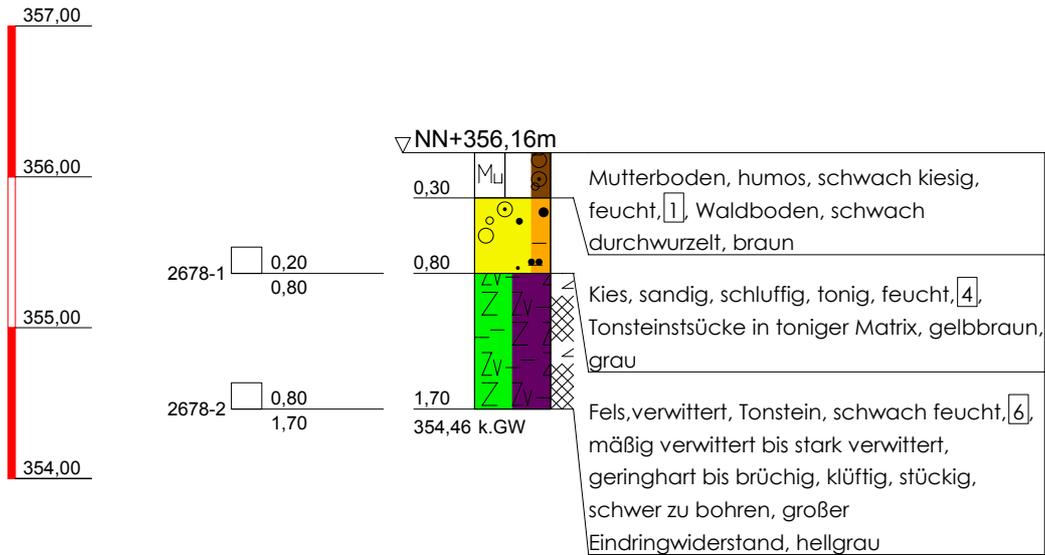
Datum: 02.01.2017

Bearbeiter: Bo

Maßstab: 1 : 50

NN+m

BS 3

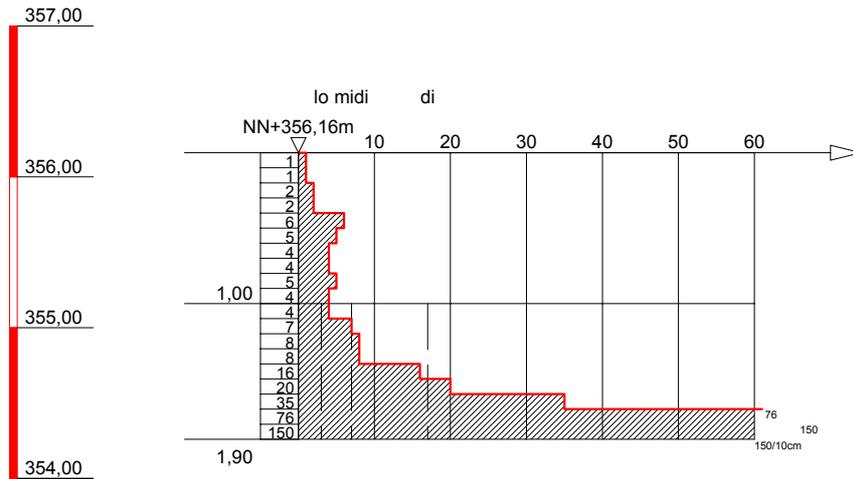


kein Bohrfortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: BS
		Datum: 02.01.2017
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

NN+m

DPH 3

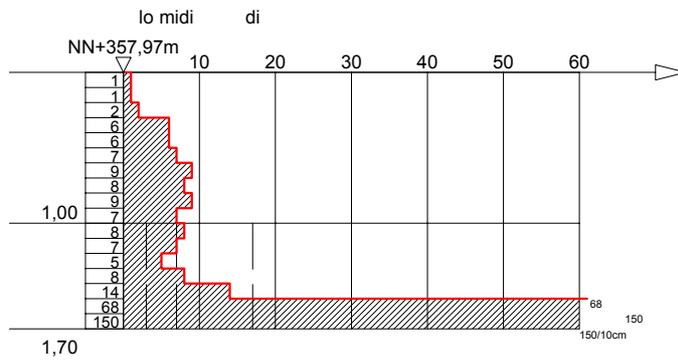
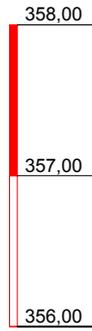


k.GW

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: DPH
		Datum: 02.01.2017
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

DPH 3.1

NN+m



kein Sondierfortschritt

k.GW

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken
Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@online.de

Projekt: Windpark
Freudenberg

Projekt-Nr.: 2678

Aufschluss: DPH

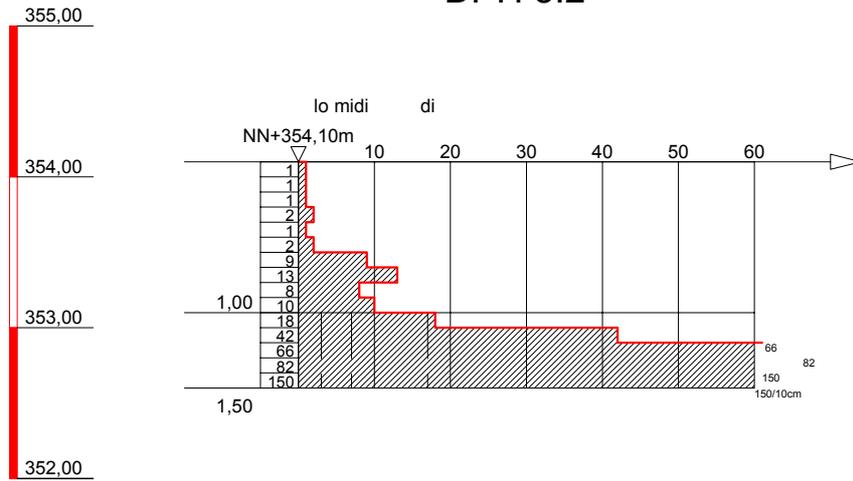
Datum: 02.01.2017

Bearbeiter: Bo

Maßstab: 1 : 50

NN+m

DPH 3.2



kein Sondierfortschritt

k.GW

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG
Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken
Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@online.de

Projekt: Windpark
Freudenberg

Projekt-Nr.: 2678

Aufschluss: DPH

Datum: 02.01.2017

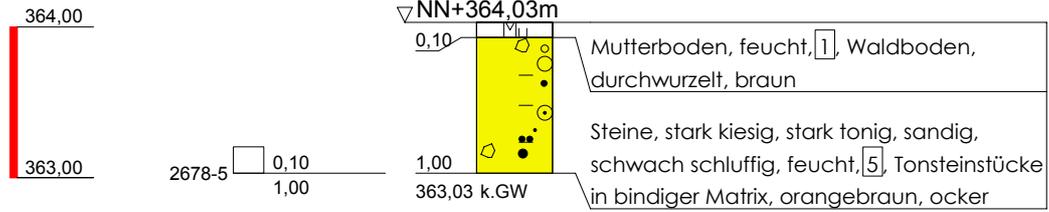
Bearbeiter: Bo

Maßstab: 1 : 50

SCH 3.1

WEA 3

NN+m



kein Schurffortschritt

<p style="text-align: center;">Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p style="text-align: center;">Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschurf
		Datum: 02.01.2016
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

NN+m

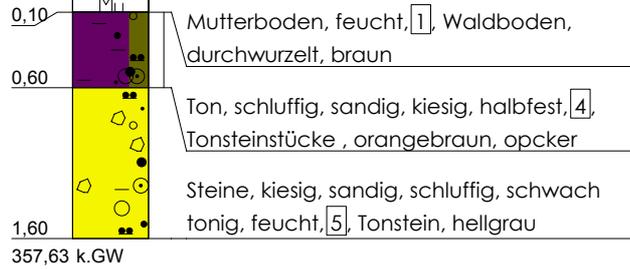
SCH 3.2

WEA 3



2678-6 0,60
1,60

▽ NN+359,23m



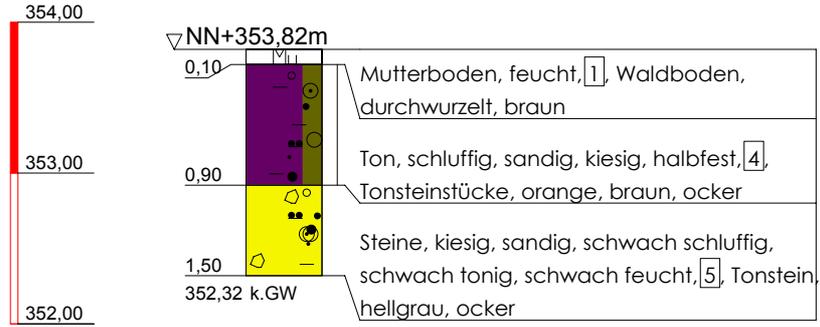
kein Schurffortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschurf
		Datum: 02.01.2016
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

SCH 3.3

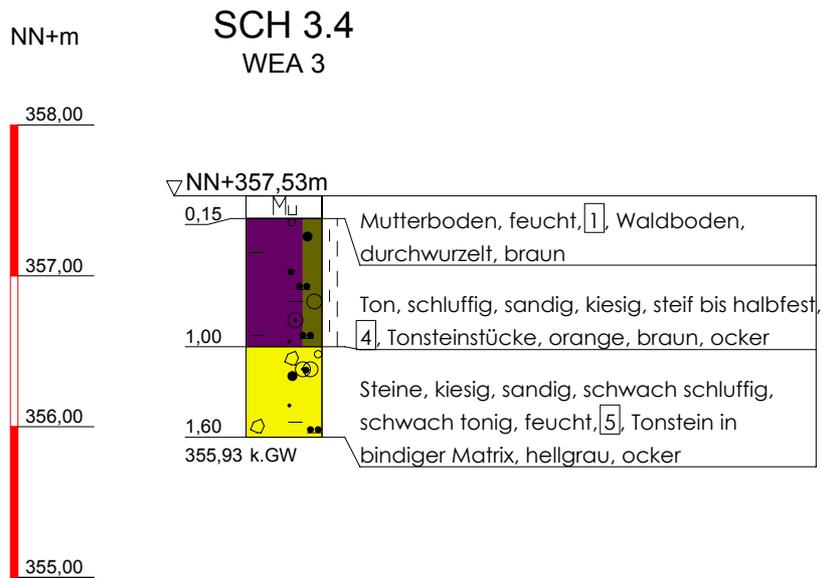
WEA 3

NN+m



kein Schurffortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschurf
		Datum: 02.01.2016
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

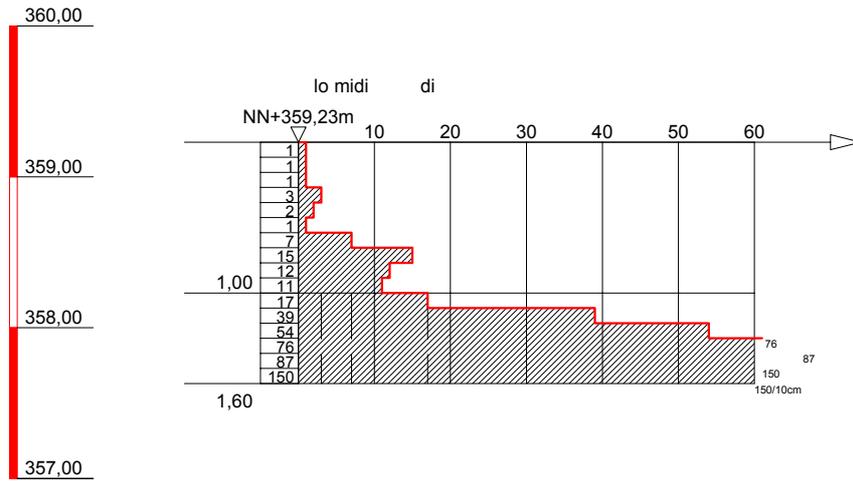


kein Schurffortschritt

<p style="text-align: center;">Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p style="text-align: center;">Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschurf
		Datum: 02.01.2016
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

NN+m

DPH 3.3



kein Sondierfortschritt

k.GW

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken
Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@online.de

Projekt: Windpark
Freudenberg

Projekt-Nr.: 2678

Aufschluss: DPH

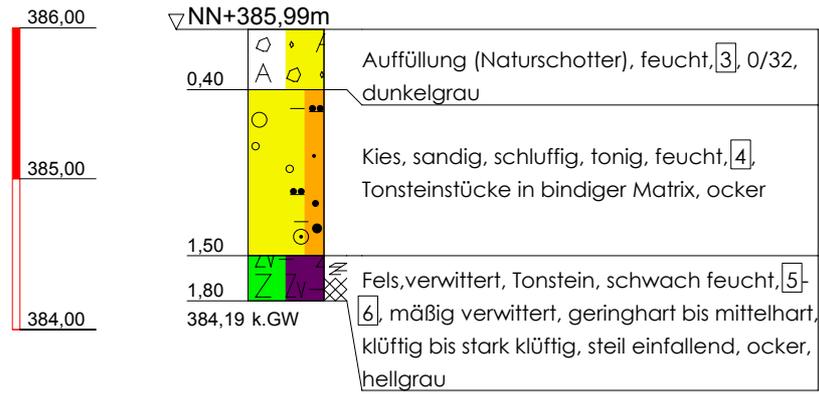
Datum: 02.01.2017

Bearbeiter: Bo

Maßstab: 1 : 50

SCH 1

NN+m



kein Schurffortschritt

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken

Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@online.de

Projekt: Windpark
Freudenberg
-Zuwegung-

Projekt-Nr.: 2678

Aufschluss: Baggerschürfe

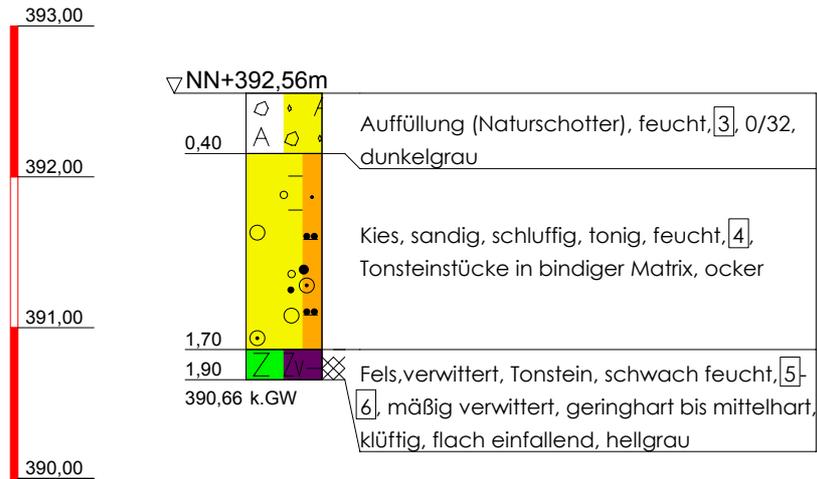
Datum: 02.01.2017

Bearbeiter: Bo

Maßstab: 1 : 50

SCH 2

NN+m



kein Schurffortschritt

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken

Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@online.de

Projekt: Windpark
Freudenberg
-Zuwegung-

Projekt-Nr.: 2678

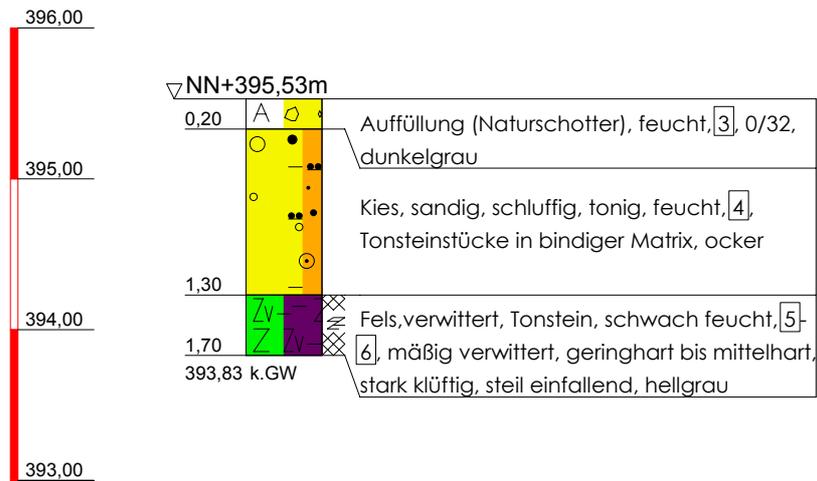
Aufschluss: Baggerschürfe

Datum: 02.01.2017

Bearbeiter: Bo

Maßstab: 1 : 50

NN+m **SCH 3**

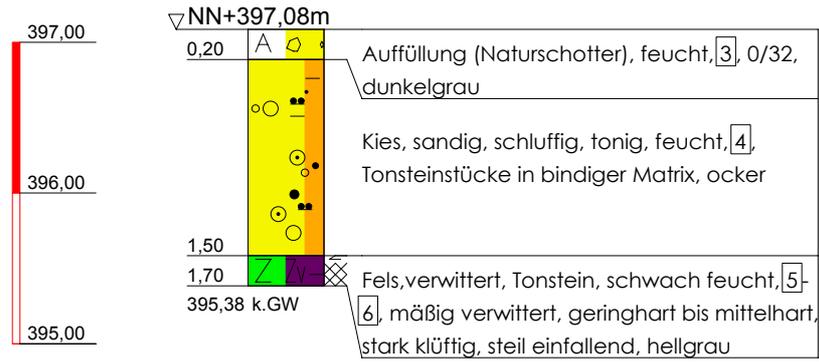


kein Schurffortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg -Zuwegung-</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschürfe
		Datum: 02.01.2017
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

SCH 4

NN+m



kein Schurffortschritt

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken

Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@online.de

Projekt: Windpark
Freudenberg
-Zuwegung-

Projekt-Nr.: 2678

Aufschluss: Baggerschürfe

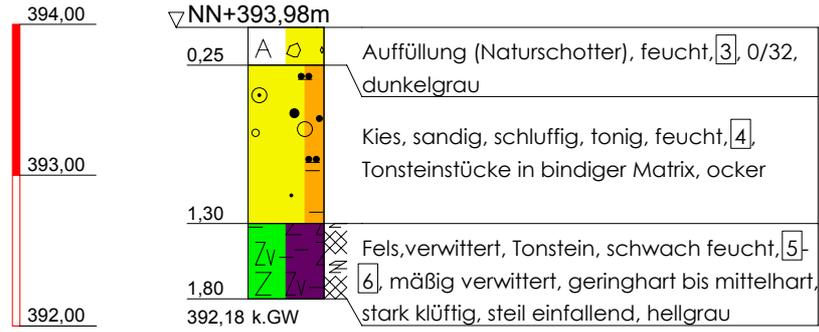
Datum: 02.01.2017

Bearbeiter: Bo

Maßstab: 1 : 50

SCH 5

NN+m

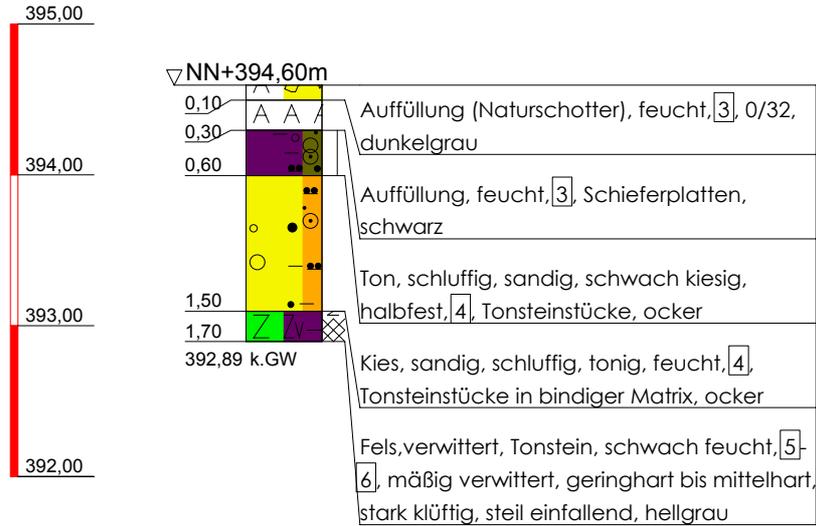


kein Schurffortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg -Zuwegung-</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschürfe
		Datum: 02.01.2017
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

SCH 6

NN+m

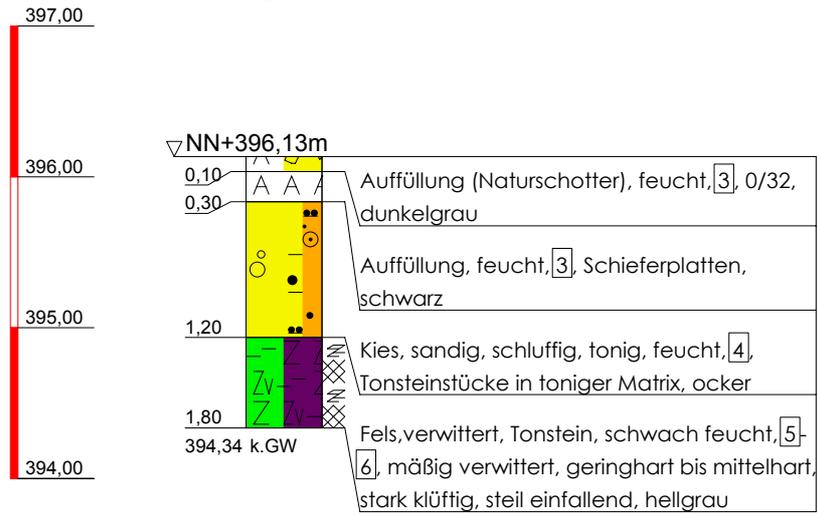


kein Schurffortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg -Zuwegung-</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschürfe
		Datum: 02.01.2017
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

NN+m

SCH 7



kein Schurffortschritt

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken
Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@online.de

Projekt: Windpark
Freudenberg
-Zuwegung-

Projekt-Nr.: 2678

Aufschluss: Baggerschürfe

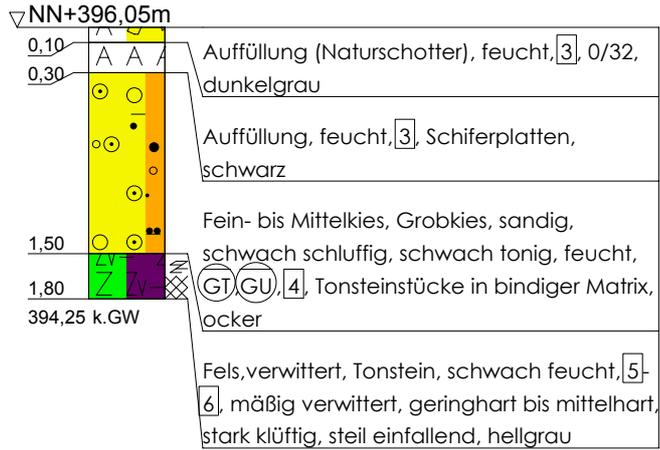
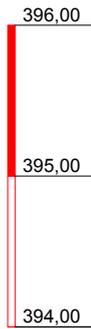
Datum: 02.01.2017

Bearbeiter: Bo

Maßstab: 1 : 50

SCH 8

NN+m

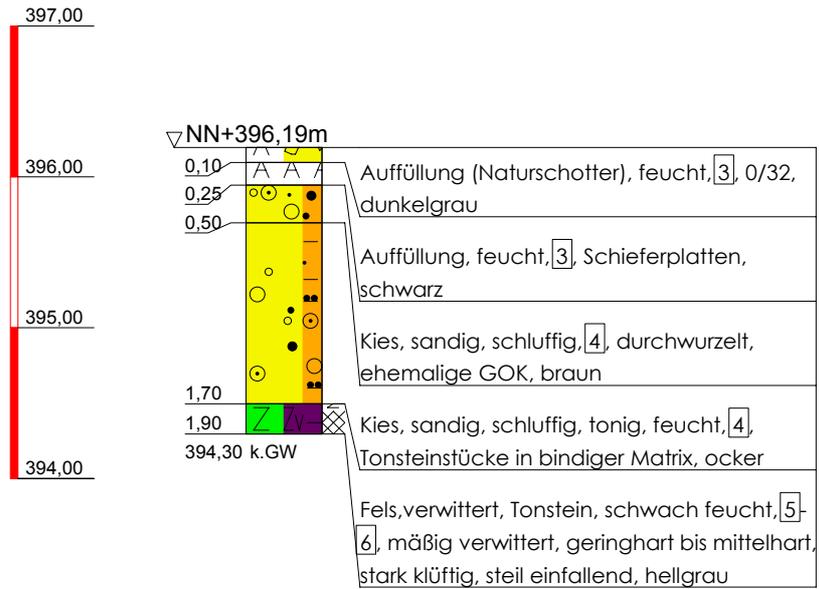


kein Schurffortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg -Zuwegung-</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschürfe
		Datum: 02.01.2017
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

NN+m

SCH 9



kein Schurffortschritt

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken
Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@online.de

Projekt: Windpark
Freudenberg
-Zuwegung-

Projekt-Nr.: 2678

Aufschluss: Baggerschürfe

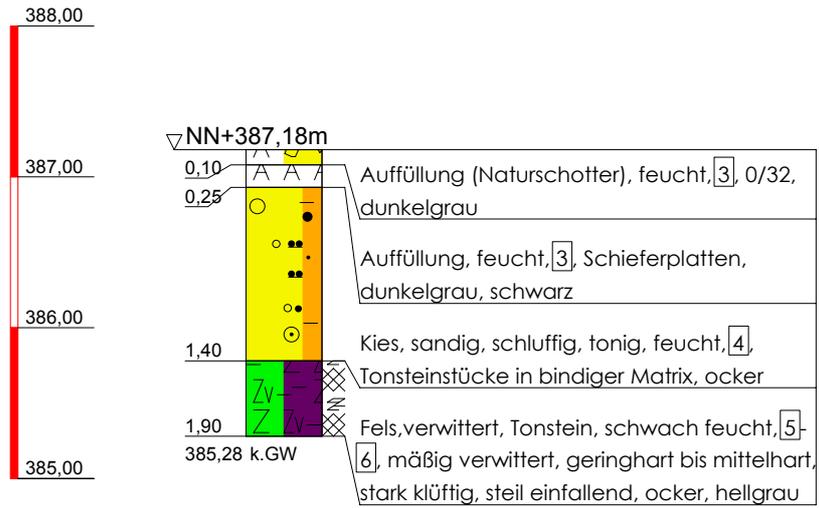
Datum: 02.01.2017

Bearbeiter: Bo

Maßstab: 1 : 50

NN+m

SCH 10



kein Schurffortschritt

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken
Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@online.de

Projekt: Windpark
Freudenberg
-Zuwegung-

Projekt-Nr.: 2678

Aufschluss: Baggerschürfe

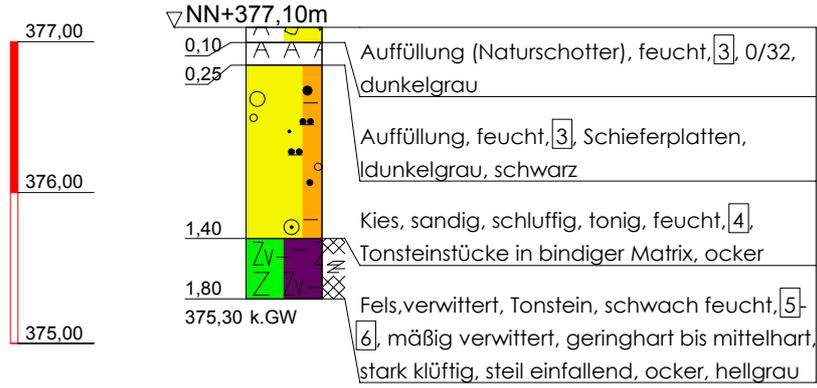
Datum: 02.01.2017

Bearbeiter: Bo

Maßstab: 1 : 50

SCH 11

NN+m

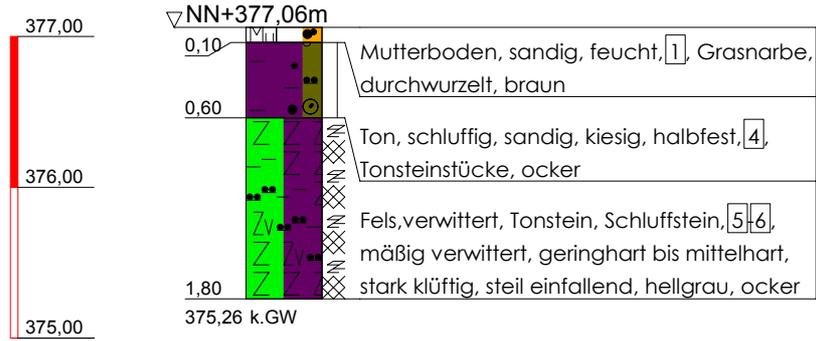


kein Schurffortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcc@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg -Zuwegung-</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschürfe
		Datum: 02.01.2017
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

SCH 12

NN+m

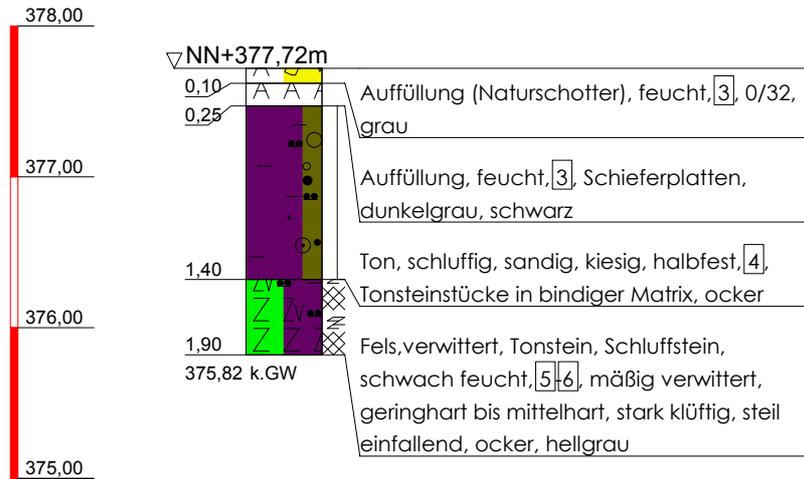


kein Schurffortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg -Zuwegung-</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschürfe
		Datum: 02.01.2017
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

SCH 13

NN+m

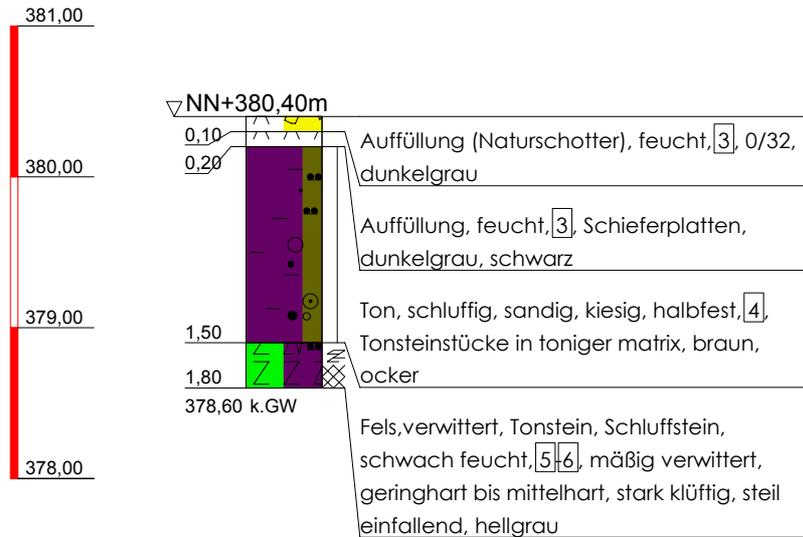


kein Schurffortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcc@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg -Zuwegung-</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschürfe
		Datum: 02.01.2017
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

NN+m

SCH 14



kein Schurffortschritt

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken
Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40
gcg@online.de

Projekt: Windpark
Freudenberg
-Zuwegung-

Projekt-Nr.: 2678

Aufschluss: Baggerschürfe

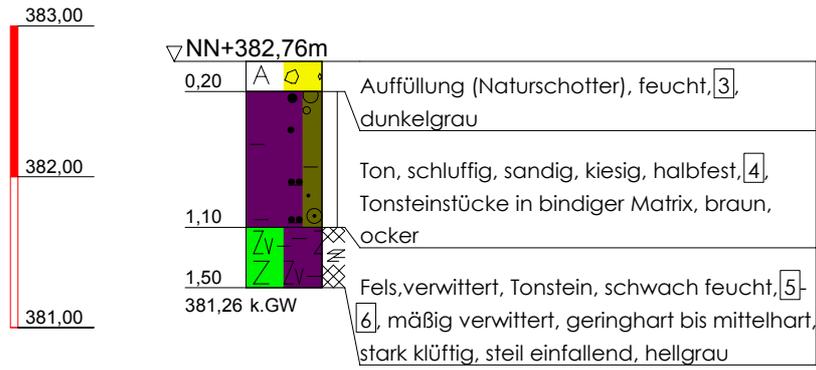
Datum: 02.01.2017

Bearbeiter: Bo

Maßstab: 1 : 50

SCH 15

NN+m

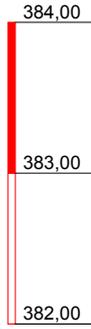


kein Schurffortschritt

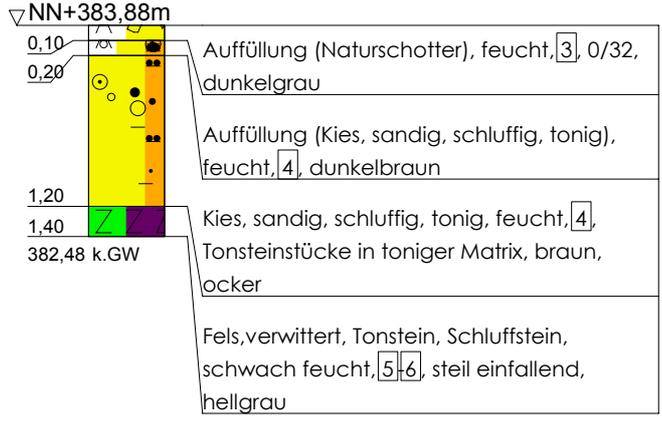
<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg -Zuwegung-</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschürfe
		Datum: 02.01.2017
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

SCH 16

NN+m



2678-9 0,10
0,20

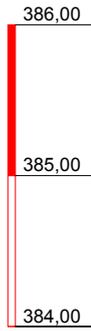


kein Schurffortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcc@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg -Zuwegung-</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschürfe
		Datum: 02.01.2017
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

SCH 17

NN+m



2678-7 0,10
0,40

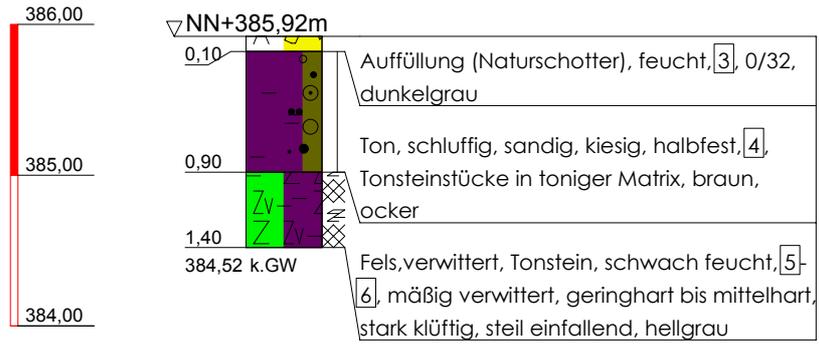


kein Schurffortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg -Zuwegung-</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschürfe
		Datum: 02.01.2017
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

SCH 18

NN+m

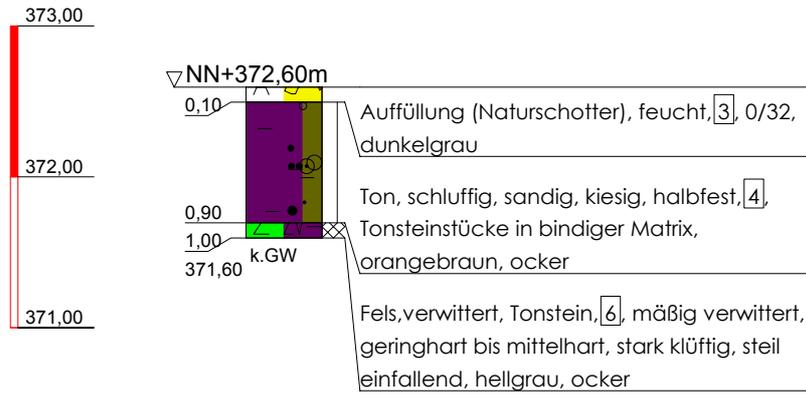


kein Sondierfortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg -Zuwegung-</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschürfe
		Datum: 02.01.2017
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

SCH 19

NN+m

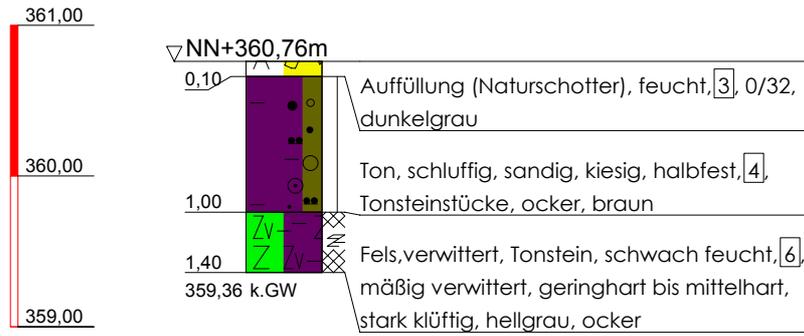


kein Schurffortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg -Zuwegung-</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschürfe
		Datum: 02.01.2017
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

SCH 20

NN+m



kein Schurffortschritt

<p>Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG</p> <p>Bühler Straße 111a 66130 Saarbrücken</p> <p>Tel. 0681/379975-3 Fax -379975-40 gcg@online.de</p>	<p>Projekt: Windpark Freudenberg -Zuwegung-</p>	Projekt-Nr.: 2678
		Aufschluss: Baggerschürfe
		Datum: 02.01.2017
		Bearbeiter: Bo
		Maßstab: 1 : 50

Anlage 2

Bodenmechanische Laborversuche



Wassergehalt (nach DIN 18 121)

Projekt-Nr.: 2678-2

Windpark Freudenberg

Bearbeiter: CH

Datum: 10.05.2019

Labor-Nr.:	-P14	-P17	-P17 (<0,4mm)	-P18	
Entnahmestelle:	BS 1 neu	SCH 4 neu	SCH 4 neu	SCH 6 neu	
Tiefe [m]:	0,7-2,3	0,1-0,7	0,1-0,7	0,1-1,7	
Feuchte Probe + Behälter [g]:	594.35	645.29	93.04	1023.20	
Trockene Probe + Behälter [g]:	564.17	577.59	89.47	943.70	
Behälter [g]:	227.63	229.24	72.80	234.87	
Porenwasser [g]:	30.18	67.70	3.57	79.50	
Trockene Probe [g]:	336.54	348.35	16.67	708.83	
Wassergehalt [%]	8.97	19.43	21.42	11.22	

Labor-Nr.:					
Entnahmestelle:					
Tiefe [m]:					
Feuchte Probe + Behälter [g]:					
Trockene Probe + Behälter [g]:					
Behälter [g]:					
Porenwasser [g]:					
Trockene Probe [g]:					
Wassergehalt [%]					

Labor-Nr.:					
Entnahmestelle:					
Tiefe [m]:					
Feuchte Probe + Behälter [g]:					
Trockene Probe + Behälter [g]:					
Behälter [g]:					
Porenwasser [g]:					
Trockene Probe [g]:					
Wassergehalt [%]					

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Windpark Freudenberg

Bearbeiter: CH

Datum: 13.05.2019

Labor-Nr.: 2678-2_P17

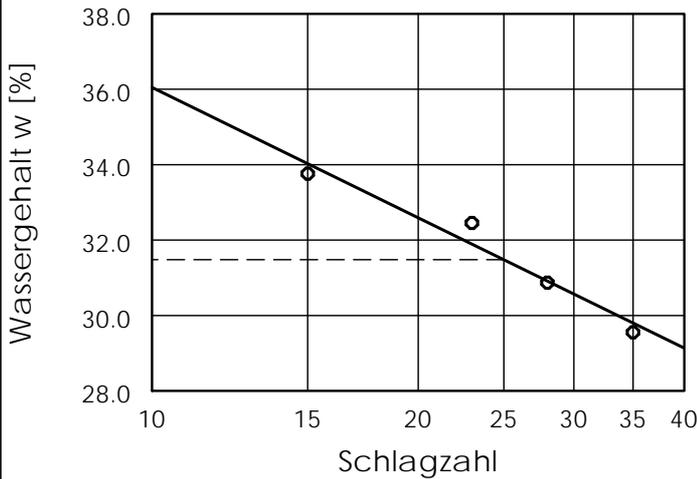
Entnahmestelle: SCH 4 neu

Tiefe [m]: 0,1-0,7

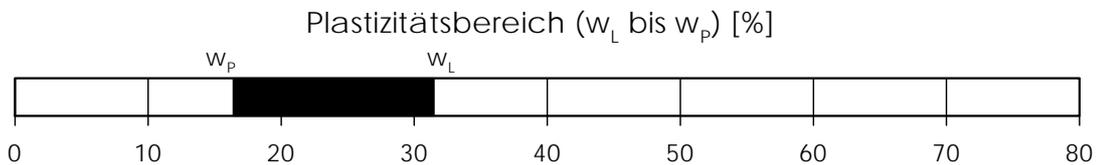
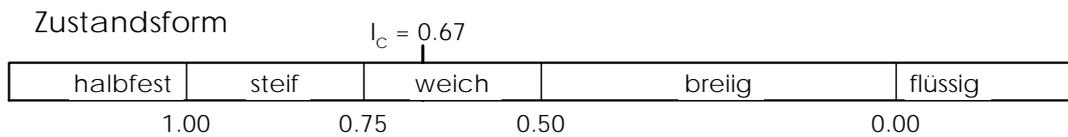
Art der Entnahme: gP

Probe entnommen am: 24.04.2019

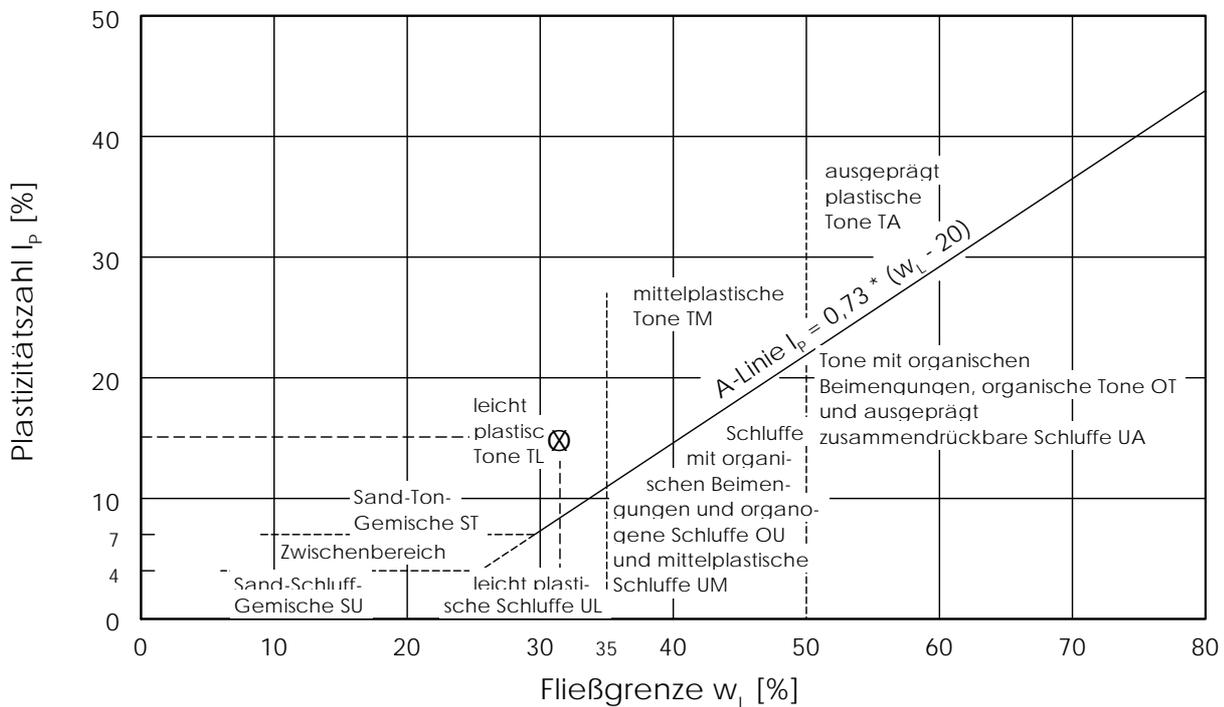
Kornfraktionen >0,4mm abgetrennt!



Wassergehalt $w = 21.4 \%$
 Fließgrenze $w_L = 31.5 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 16.4 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 15.1 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.67$



Plastizitätsdiagramm



Windpark Freudenberg

Körnungslinie

Projekt-Nr.: 2678-2

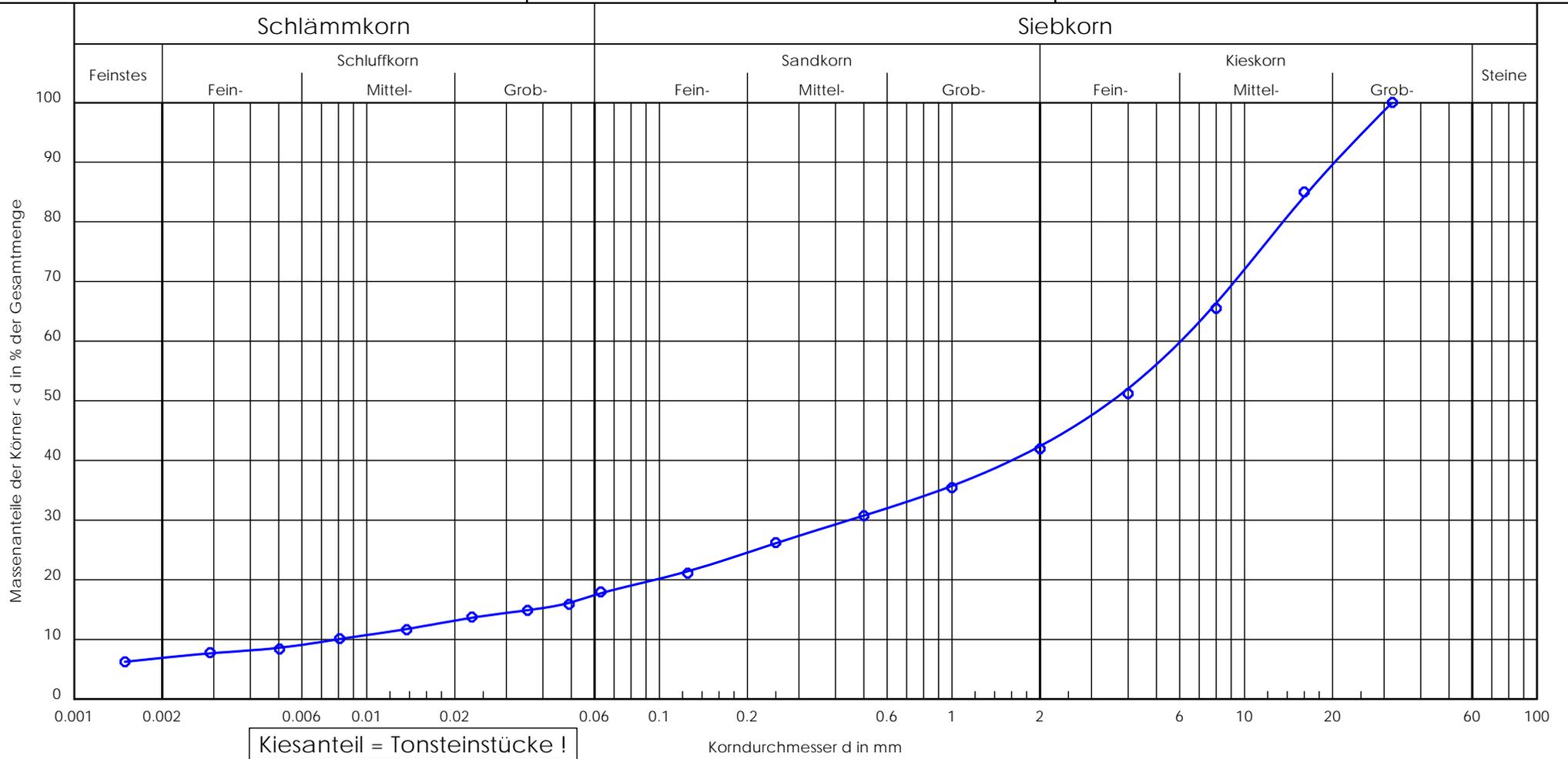
Siebanalyse nach DIN 18123

Probe entnommen am: 25.04.2019

Bearbeiter: CH

Datum: 13.05.2019

Art der Entnahme: gP



Labor-Nr.:	-P18
Entnahmestelle:	SCH 6 neu
Tiefe [m]:	0,1-1,7
Bodenart / DIN 18196:	fmG, s, u', t' / GU*-GT*
U/Cc	766.1/4.1
T/U/S/G [%]:	6.9/10.8/24.7/57.6

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken
Tel.: 0681-379975-3
Fax: 0681-379975-40





Wassergehalt (nach DIN 18 121)

Projekt-Nr.: 2678

Windpark Freudenberg

Bearbeiter: Th

Datum: 04.01.2017

Labor-Nr.:	-1	-1 (< 0,4 mm)	-2	-5	-5 (< 0,4 mm)
Entnahmestelle:	BS 3	BS 3	BS 3	SCH 3.1	SCH 3.1
Tiefe [m]:	0,3 - 0,9	0,3-0,9	0,9-1,7	0,1-1,0	0,1-1,0
Feuchte Probe + Behälter [g]:	102.64	13.22	218.00	175.44	13.14
Trockene Probe + Behälter [g]:	96.83	11.02	209.54	164.23	10.57
Behälter [g]:	68.14	1.18	83.25	113.42	1.19
Porenwasser [g]:	5.81	2.20	8.46	11.21	2.57
Trockene Probe [g]:	28.69	9.84	126.29	50.81	9.38
Wassergehalt [%]	20.25	22.36	6.70	22.06	27.40

Labor-Nr.:	-10	-10 (<0,4 mm)	-11	-11 (< 0,4 mm)	-12
Entnahmestelle:	SCH 2.1	SCH 2.1	BS 2	BS 2	SCH 8
Tiefe [m]:	0,2-0,8	0,2-0,8	0,2-0,9	0,2-0,8	0,3-1,5
Feuchte Probe + Behälter [g]:	227.02	17.36	176.62	12.89	6129.80
Trockene Probe + Behälter [g]:	205.18	14.03	167.61	10.65	5650.70
Behälter [g]:	114.66	1.18	117.32	1.17	1321.10
Porenwasser [g]:	21.84	3.33	9.01	2.24	479.10
Trockene Probe [g]:	90.52	12.85	50.29	9.48	4329.60
Wassergehalt [%]	24.13	25.91	17.92	23.63	11.07

Labor-Nr.:					
Entnahmestelle:					
Tiefe [m]:					
Feuchte Probe + Behälter [g]:					
Trockene Probe + Behälter [g]:					
Behälter [g]:					
Porenwasser [g]:					
Trockene Probe [g]:					
Wassergehalt [%]					

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Windpark Freudenberg

Bearbeiter: CH

Datum: 06.01.2016

Labor-Nr.: 2678-1

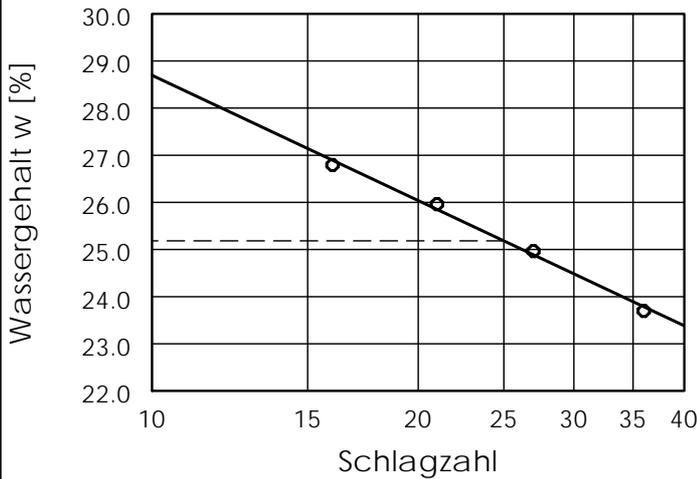
Entnahmestelle: BS 3

Tiefe [m]: 0,3-0,9

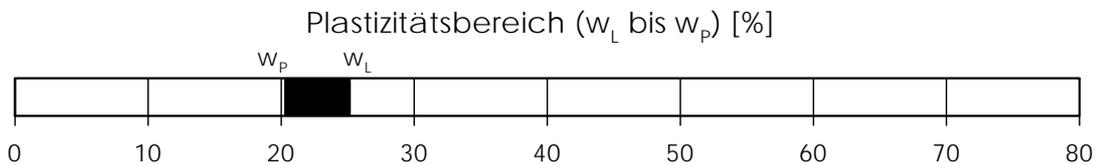
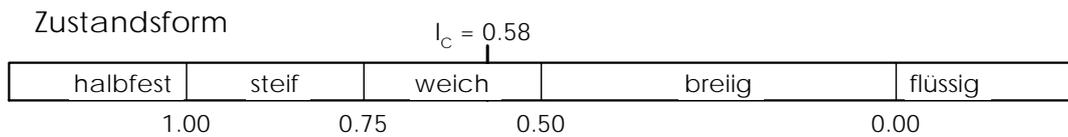
Art der Entnahme: gP

Probe entnommen am: 19.12.2016

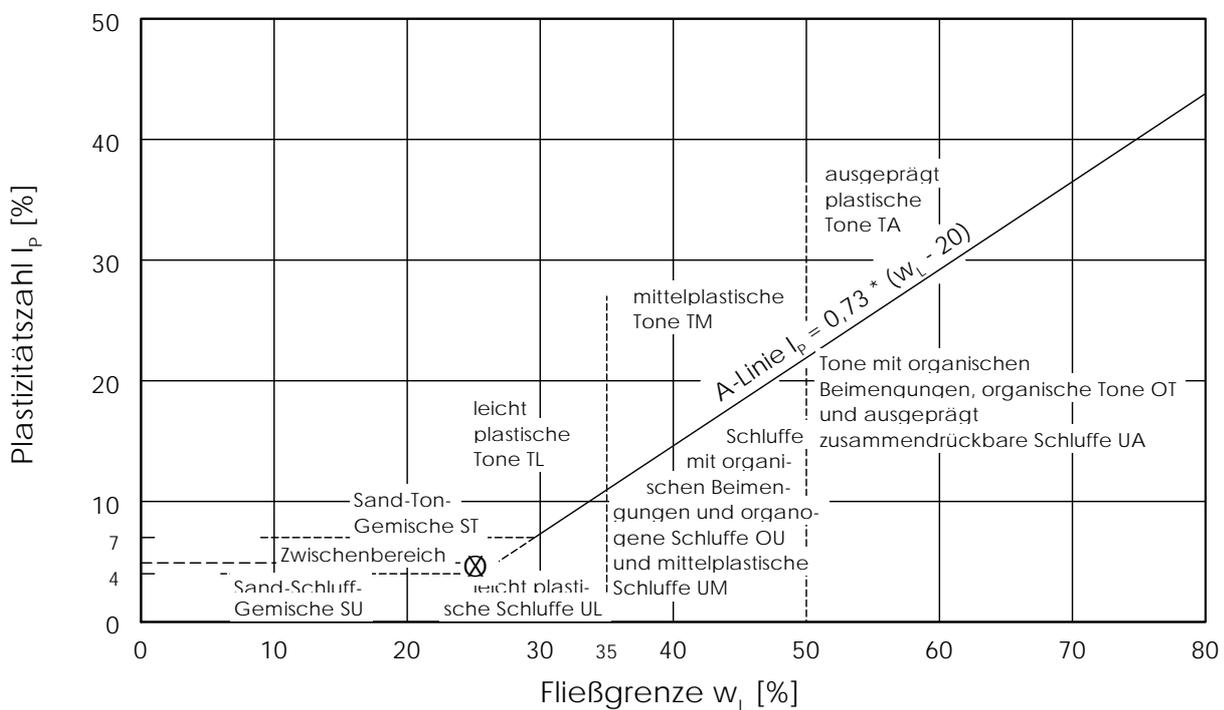
Kornfraktionen >0,4mm wurden abgetrennt!



Wassergehalt $w = 22.4 \%$
 Fließgrenze $w_L = 25.2 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 20.3 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 4.9 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.58$



Plastizitätsdiagramm





Glühverlust nach DIN 18 128

Windpark Freudenberg

Bearbeiter: Th

Datum: 04.01.2017

Projekt-Nr.: 2678

Art der Entnahme: gP

Probe entnommen am: 19.12.2016

Labor-Nr.:	-1	-1	-1
Entnahmestelle:	BS 3	BS 3	BS 3
Tiefe [m]:	0,3 - 0,9	0,3 - 0,9	0,3 - 0,9
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	29.30	31.17	31.22
Geglühte Probe + Behälter [g]	28.81	30.70	30.70
Behälter [g]	20.06	22.27	21.13
Massenverlust [g]	0.49	0.47	0.52
Trockenmasse vor Glühen [g]	9.24	8.90	10.09
Glühverlust [-]	0.053	0.053	0.052

Labor-Nr.:			
Entnahmestelle:			
Tiefe [m]:			
Ungeglühte Probe + Behälter [g]			
Geglühte Probe + Behälter [g]			
Behälter [g]			
Massenverlust [g]			
Trockenmasse vor Glühen [g]			
Glühverlust [-]			

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Windpark Freudenberg

Bearbeiter: CH

Datum: 06.01.2016

Labor-Nr.: 2678-5

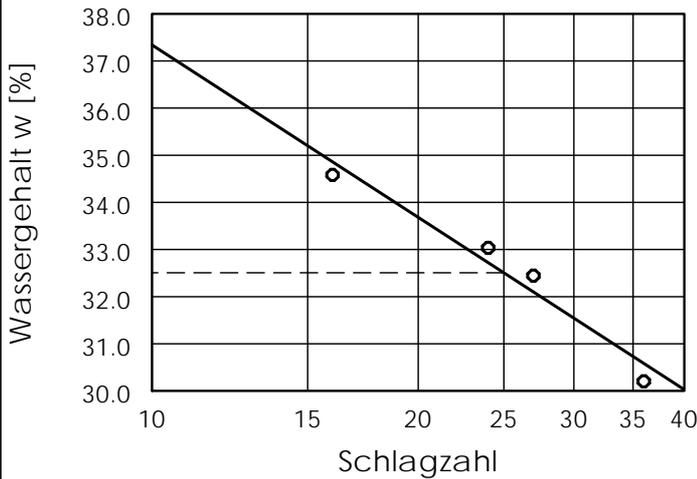
Entnahmestelle: SCH 3.1

Tiefe [m]: 0,1-1,0

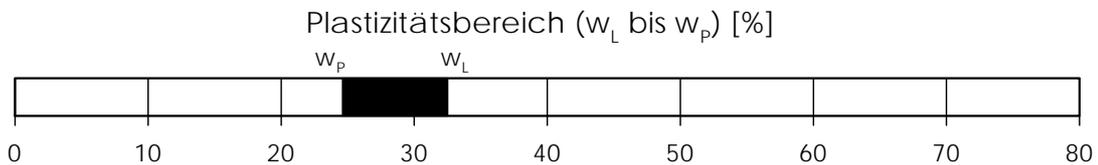
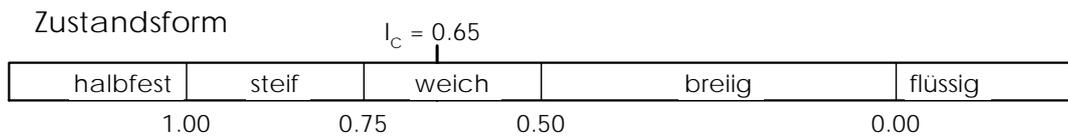
Art der Entnahme: gP

Probe entnommen am: 19.12.2016

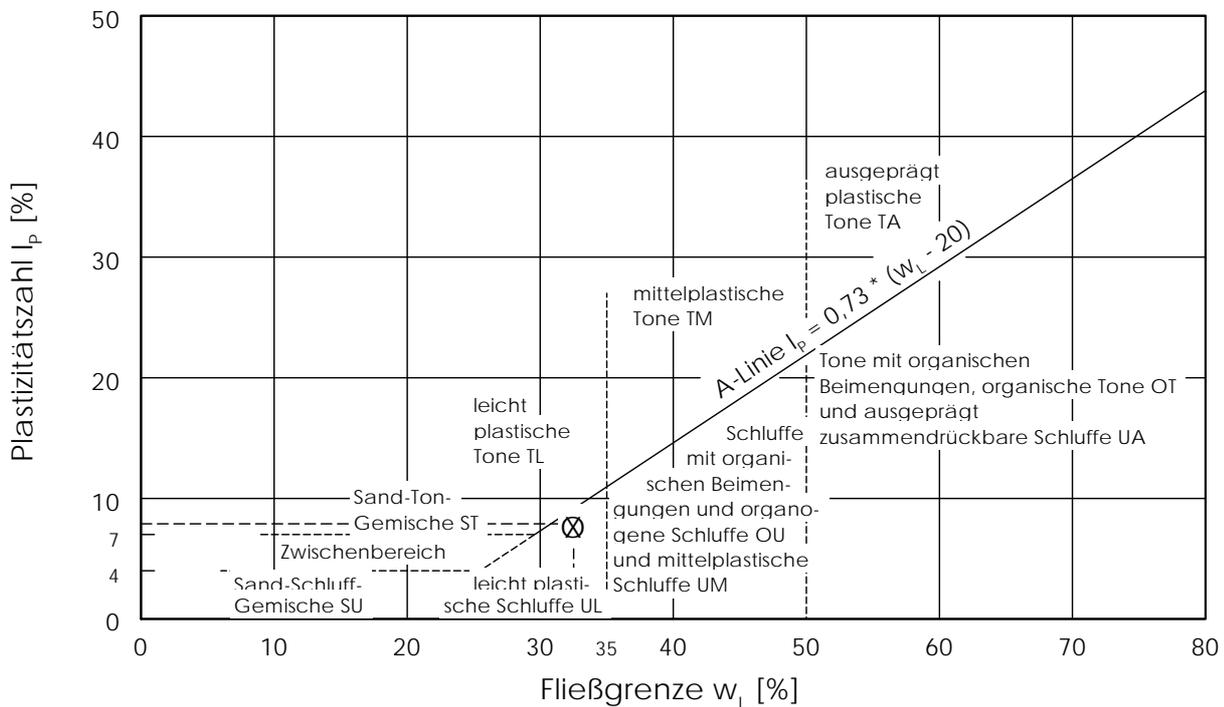
Kornfraktionen >0,4mm wurden abgetrennt!



Wassergehalt $w = 27.4 \%$
 Fließgrenze $w_L = 32.5 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 24.6 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 7.9 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.65$



Plastizitätsdiagramm





Glühverlust nach DIN 18 128

Windpark Freudenberg

Bearbeiter: Th

Datum: 04.01.2017

Projekt-Nr.: 2678

Art der Entnahme: gP

Probe entnommen am: 19.12.2016

Labor-Nr.:	-5	-5	-5
Entnahmestelle:	Sch 3.1	Sch 3.1	Sch 3.1
Tiefe [m]:	0,1 - 1,0	0,1 - 1,0	0,1 - 1,0
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	32.85	35.40	34.98
Geglühte Probe + Behälter [g]	32.14	34.51	34.15
Behälter [g]	22.31	22.34	22.73
Massenverlust [g]	0.71	0.89	0.83
Trockenmasse vor Glühen [g]	10.54	13.06	12.25
Glühverlust [-]	0.067	0.068	0.068

Labor-Nr.:			
Entnahmestelle:			
Tiefe [m]:			
Ungeglühte Probe + Behälter [g]			
Geglühte Probe + Behälter [g]			
Behälter [g]			
Massenverlust [g]			
Trockenmasse vor Glühen [g]			
Glühverlust [-]			

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Windpark Freudenberg

Bearbeiter: CH

Datum: 06.01.2016

Labor-Nr.: 2678-10

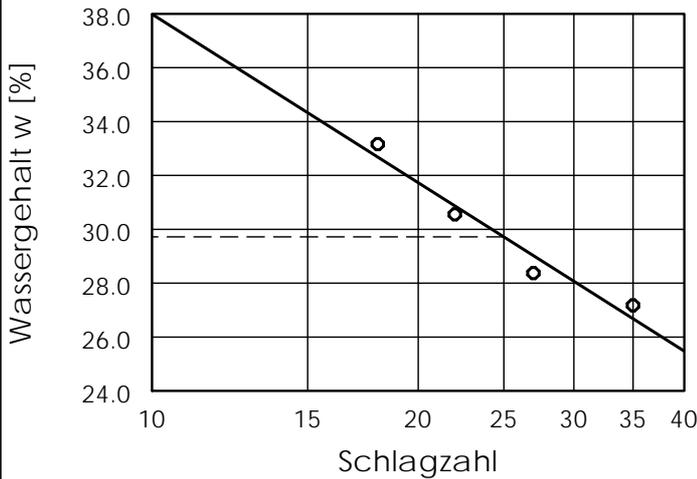
Entnahmestelle: SCH 2.1

Tiefe [m]: 0,2-0,8

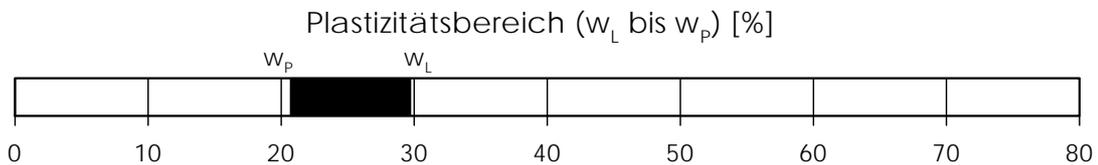
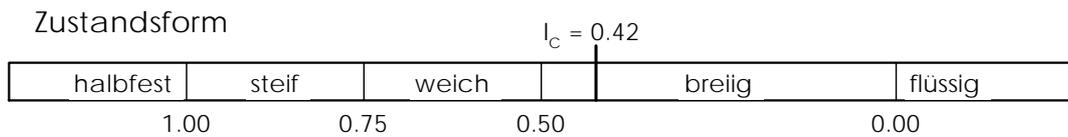
Art der Entnahme: gP

Probe entnommen am: 19.12.2016

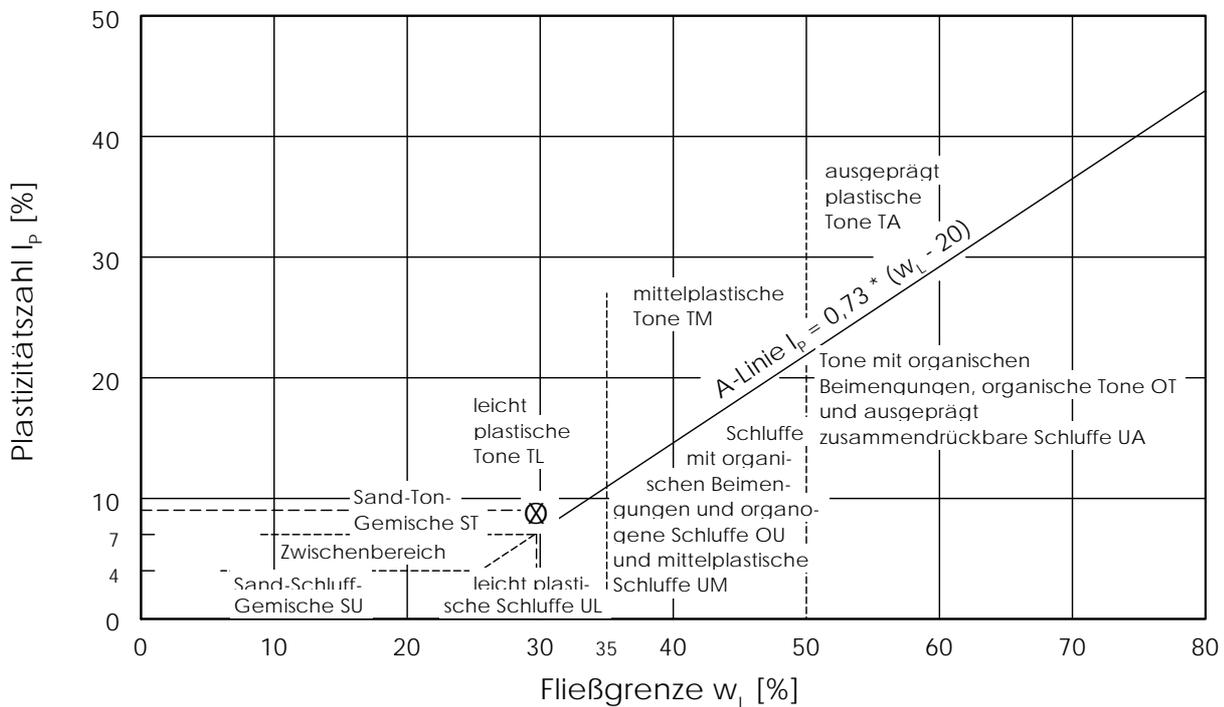
Kornfraktionen >0,4mm wurden abgetrennt!



Wassergehalt $w = 25.9 \%$
 Fließgrenze $w_L = 29.7 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 20.7 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 9.0 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.42$



Plastizitätsdiagramm





Glühverlust nach DIN 18 128

Windpark Freudenberg

Bearbeiter: Th

Datum: 04.01.2017

Projekt-Nr.: 2678

Art der Entnahme: gP

Probe entnommen am: 21.12.2016

Labor-Nr.:	-10	-10	-10
Entnahmestelle:	Sch 2.1	Sch 2.1	Sch 2.1
Tiefe [m]:	0,2 - 0,8	0,2 - 0,8	0,2 - 0,8
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	36.31	36.13	37.31
Geglühte Probe + Behälter [g]	35.72	35.56	36.71
Behälter [g]	22.21	22.27	22.88
Massenverlust [g]	0.59	0.57	0.60
Trockenmasse vor Glühen [g]	14.10	13.86	14.43
Glühverlust [-]	0.042	0.041	0.042

Labor-Nr.:			
Entnahmestelle:			
Tiefe [m]:			
Ungeglühte Probe + Behälter [g]			
Geglühte Probe + Behälter [g]			
Behälter [g]			
Massenverlust [g]			
Trockenmasse vor Glühen [g]			
Glühverlust [-]			

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Windpark Freudenberg

Bearbeiter: CH

Datum: 06.01.2016

Labor-Nr.: 2678-11

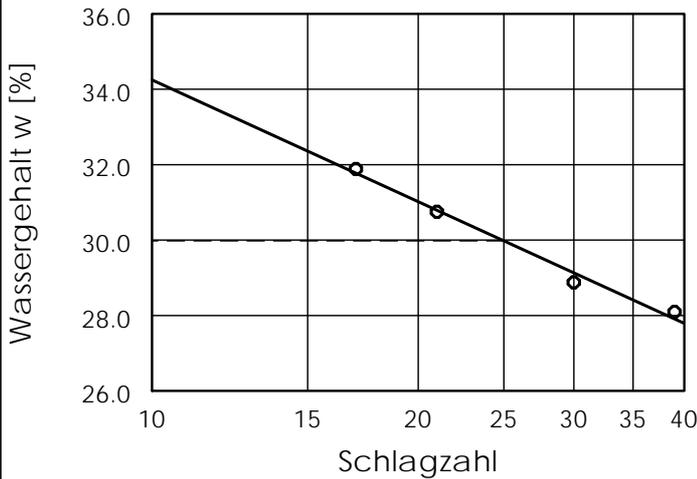
Entnahmestelle: BS 2

Tiefe [m]: 0,2-0,9

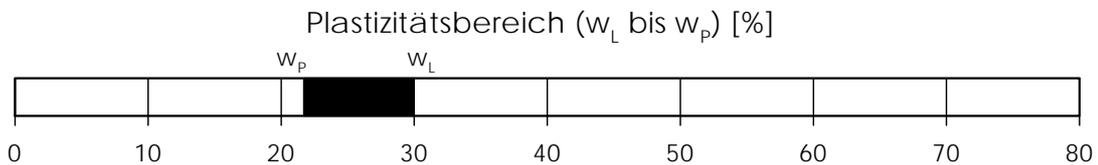
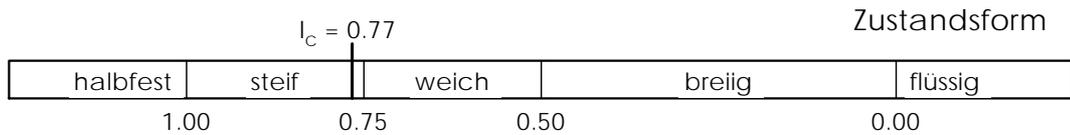
Art der Entnahme: gP

Probe entnommen am: 19.12.2016

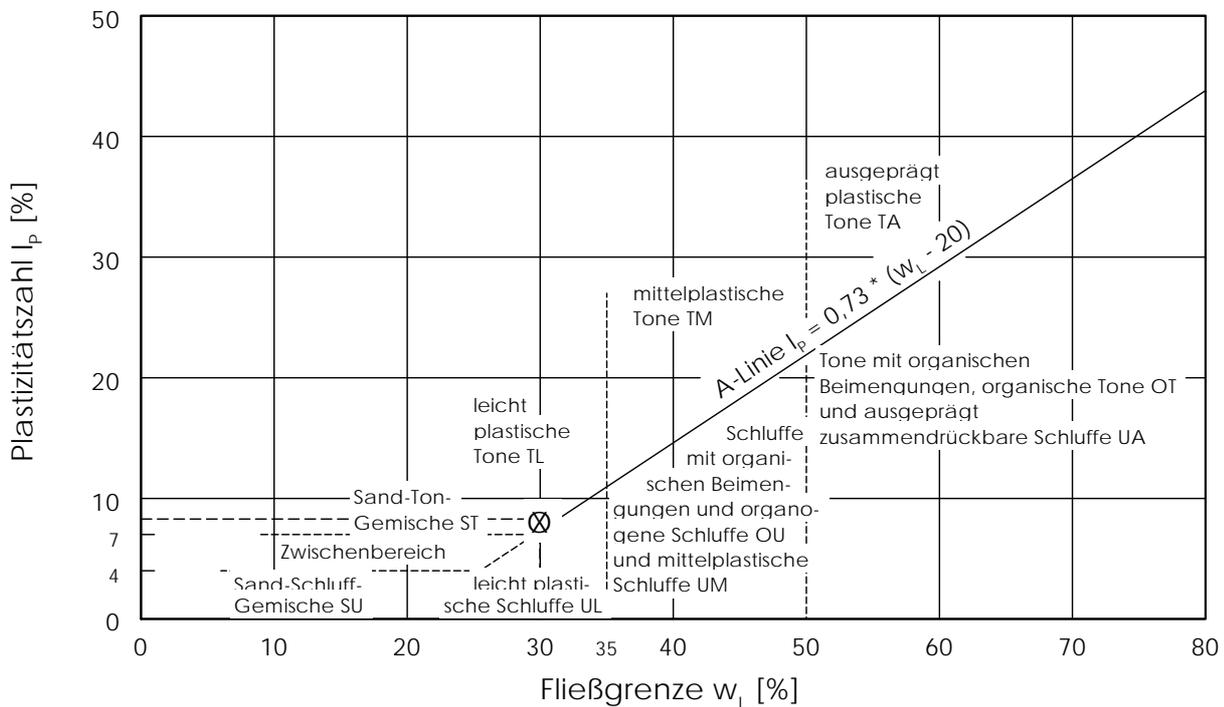
Kornfraktionen >0,4mm wurden abgetrennt!



Wassergehalt $w = 23.6 \%$
 Fließgrenze $w_L = 30.0 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 21.7 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 8.3 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.77$



Plastizitätsdiagramm





Glühverlust nach DIN 18 128

Windpark Freudenberg

Bearbeiter: Th

Datum: 04.01.2017

Projekt-Nr.: 2678

Art der Entnahme: gP

Probe entnommen am: 21.12.2016

Labor-Nr.:	-11	-11	-11
Entnahmestelle:	BS 2	BS 2	BS 2
Tiefe [m]:	0,2 - 0,9	0,2 - 0,9	0,2 - 0,9
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	34.71	34.27	36.20
Geglühte Probe + Behälter [g]	33.70	33.15	35.05
Behälter [g]	21.38	20.06	20.56
Massenverlust [g]	1.01	1.12	1.15
Trockenmasse vor Glühen [g]	13.33	14.21	15.64
Glühverlust [-]	0.076	0.079	0.074

Labor-Nr.:			
Entnahmestelle:			
Tiefe [m]:			
Ungeglühte Probe + Behälter [g]			
Geglühte Probe + Behälter [g]			
Behälter [g]			
Massenverlust [g]			
Trockenmasse vor Glühen [g]			
Glühverlust [-]			

WP Freudenberg

Bearbeiter: Th

Datum: 16.01.2017

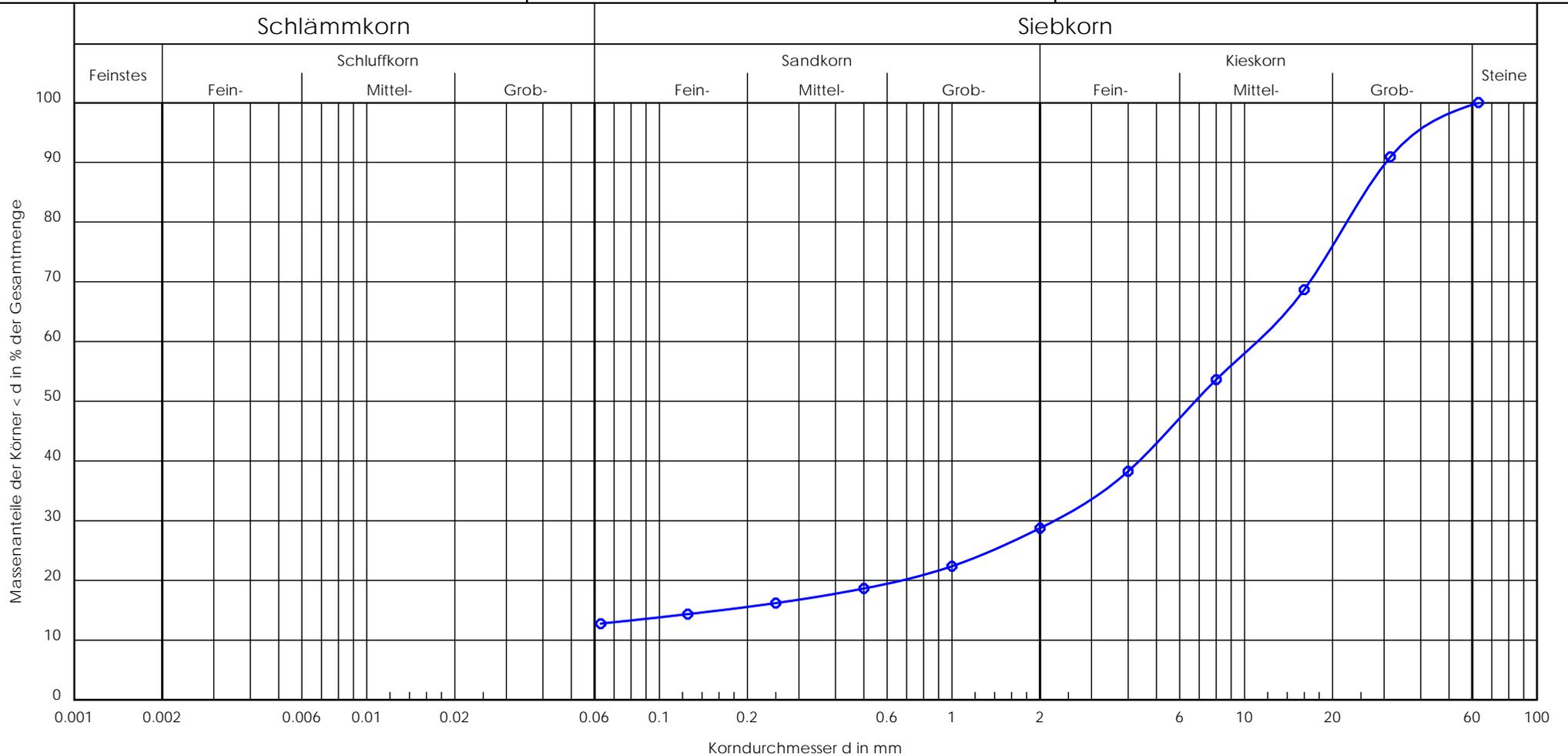
Körnungslinie

Siebanalyse nach DIN 18123

Projekt-Nr.: 2678

Probe entnommen am: 22.12.2016

Art der Entnahme: gP



Labor-Nr.:	-12
Entnahmestelle:	SCH 8
Tiefe [m]:	0,3 - 1,5
Bodenart / DIN 18196:	fmgG, s, u', t' / GT*-GU*
U/Cc	-/-

Geotechnik
Dr. Heer GmbH & Co. KG

Bühler Straße 111a
66130 Saarbrücken
Tel.: 0681-379975-3
Fax: 0681-379975-40



Proctorkurve nach DIN 18 127 P-150-Y

WP Freudenberg
FÜ

Bearbeiter: Th

Datum: 12.01.2017

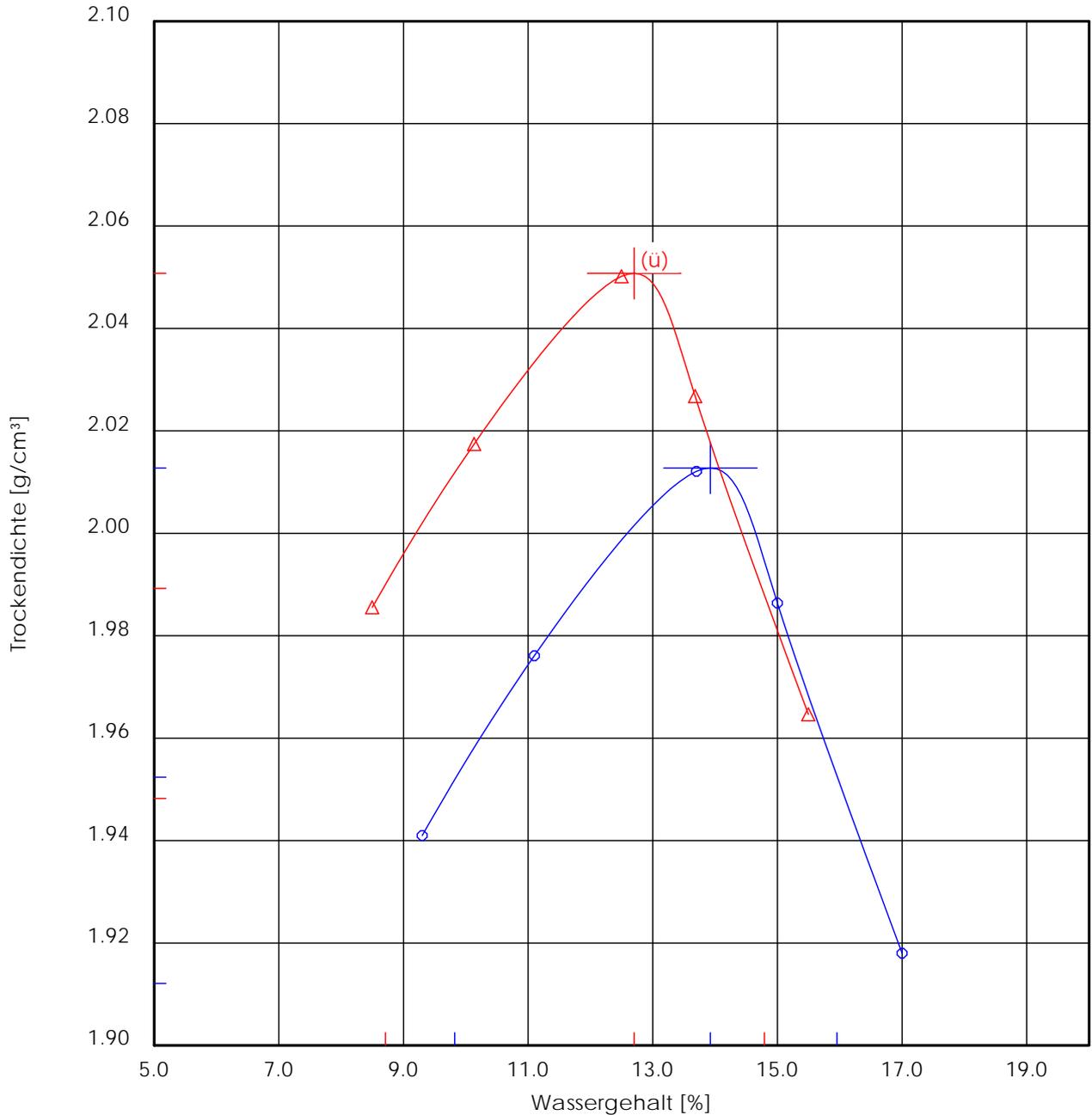
Labor Nr: 2678 -12

Entnahmestelle: Sch 8

Tiefe: 0,3 - 1,5

Bodenart: fmgG,s, u', t'

Probe entnommen am: 22.12.2016



100 % der Proctordichte $\rho_{Pr} = 2.013 \text{ g/cm}^3$	Optimaler Wassergehalt $w_{Pr} = 13.9 \%$
(ü) 100 % der Proctordichte $\rho_{Pr} = 2.051 \text{ g/cm}^3$	Optimaler Wassergehalt $w_{Pr} = 12.7 \%$
97.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.952 \text{ g/cm}^3$	min/max Wassergehalt $w = 9.8 / 16.0 \%$
(ü) 97.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.989 \text{ g/cm}^3$	min/max Wassergehalt $w = 8.7 / 14.8 \%$
95.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.912 \text{ g/cm}^3$	min/max Wassergehalt $w = - / - \%$
(ü) 95.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.948 \text{ g/cm}^3$	min/max Wassergehalt $w = - / - \%$

Anlage 3

Erdstatische Nachweise

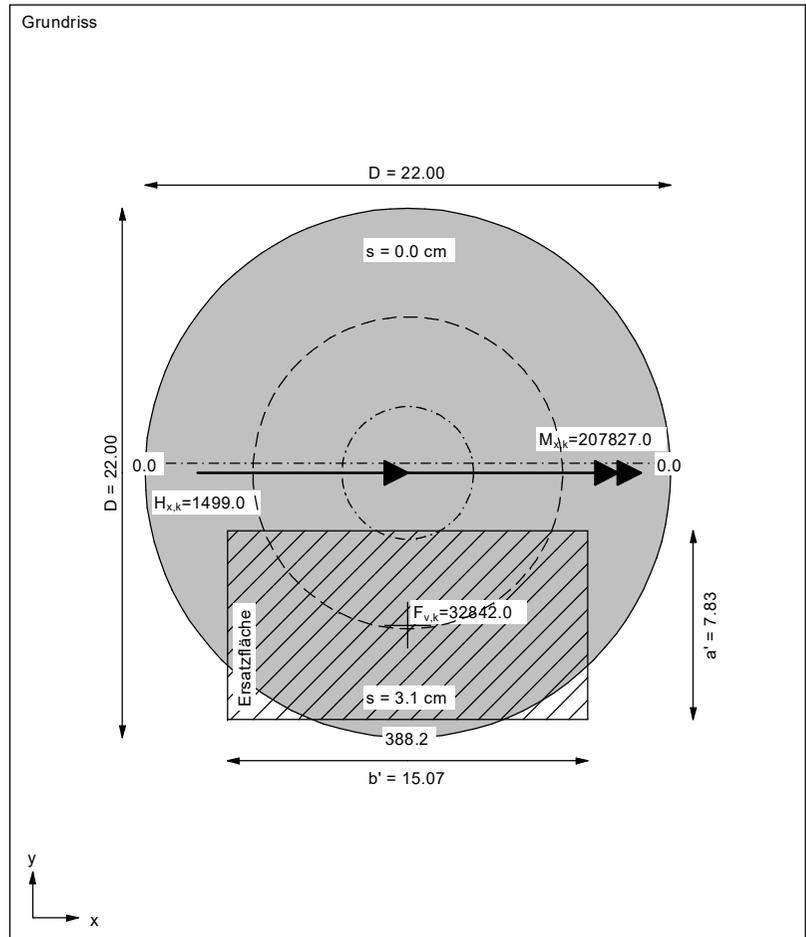
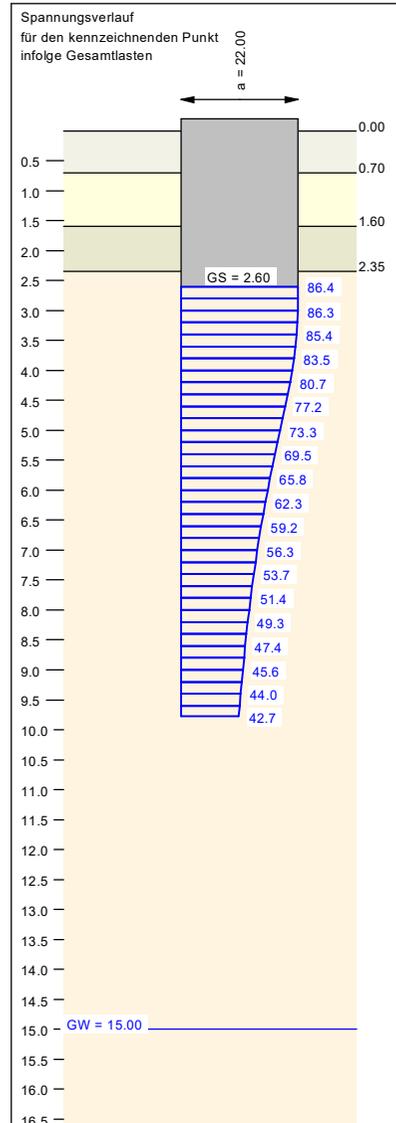
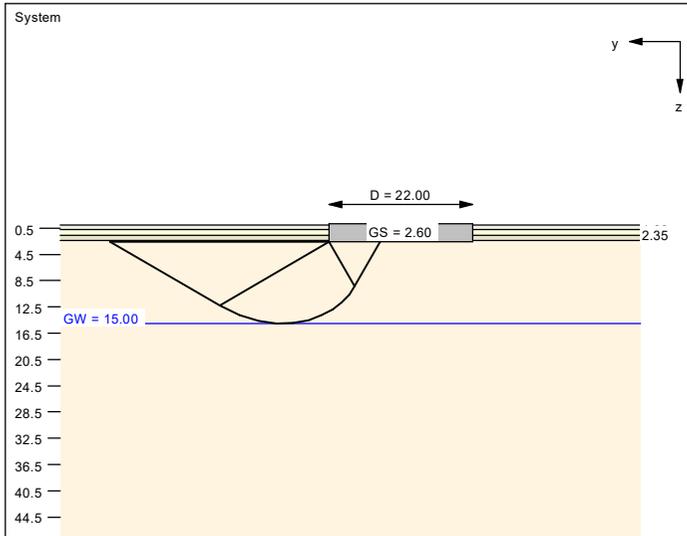
2678 WP Freudenberg, WEA 1 neu

Setzungsrechnung - Lastfall BS-A

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	20.5	10.5	27.5	2.0	8.0	0.00	Lockergesteinsböden, feinkörnig, st-hf
	21.5	11.5	27.5	2.0	20.0	0.00	Verwitterungsböden, midi
	21.5	11.5	27.5	3.0	30.0	0.00	Felsersatz
	22.0	12.0	30.0	15.0	50.0	0.00	verwitterter Fels

Berechnungsgrundlagen:
 2678 WP Freudenberg, WEA 1 neu
 Norm: EC 7
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{Gr} = 1.20$
 $\gamma_G = 1.10$
 $\gamma_Q = 1.10$
 Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,stab} = 0.95$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$
 Gründungssohle = 2.60 m
 Grundwasser = 15.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 - - - - 1. Kernweite
 - - - - 2. Kernweite



Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 32842.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1499.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 207827.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 22.00 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -6.328$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.480 m)
 $a' = 7.83$ m
 $b' = 15.07$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -6.328$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.480 m)
 $a' = 7.83$ m
 $b' = 15.07$ m

UK log. Spirale = 15.00 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 50.39 m
 Fläche log. Spirale = 325.73 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 30.14$; $N_{d0} = 18.40$; $N_{b0} = 10.05$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.275$; $v_d = 1.260$; $v_b = 0.844$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.936$; $i_d = 0.939$; $i_b = 0.896$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 9.78$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.58 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.02 cm
 unten = 3.13 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 487.2
 Nachweis EQU:
 $M_{dst} = 32842.0 \cdot 22.00 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 343198.9$
 $M_{dst} = 207827.0 \cdot 1.00 = 207827.0$
 $\mu_{EQU} = 207827.0 / 343198.9 = 0.606$

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.20$
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 3052.4 / 2543.7$ kN/m²
 $R_{n,k} = 359959.1$ kN
 $R_{n,d} = 299965.9$ kN
 $V_d = 1.10 \cdot 32842.00 + 1.10 \cdot 0.0$ kN
 $V_d = 36126.2$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.120
 cal $\varphi = 30.0^\circ$
 cal c = 15.00 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 22.00$ kN/m³
 cal $\sigma_u = 55.32$ kN/m²

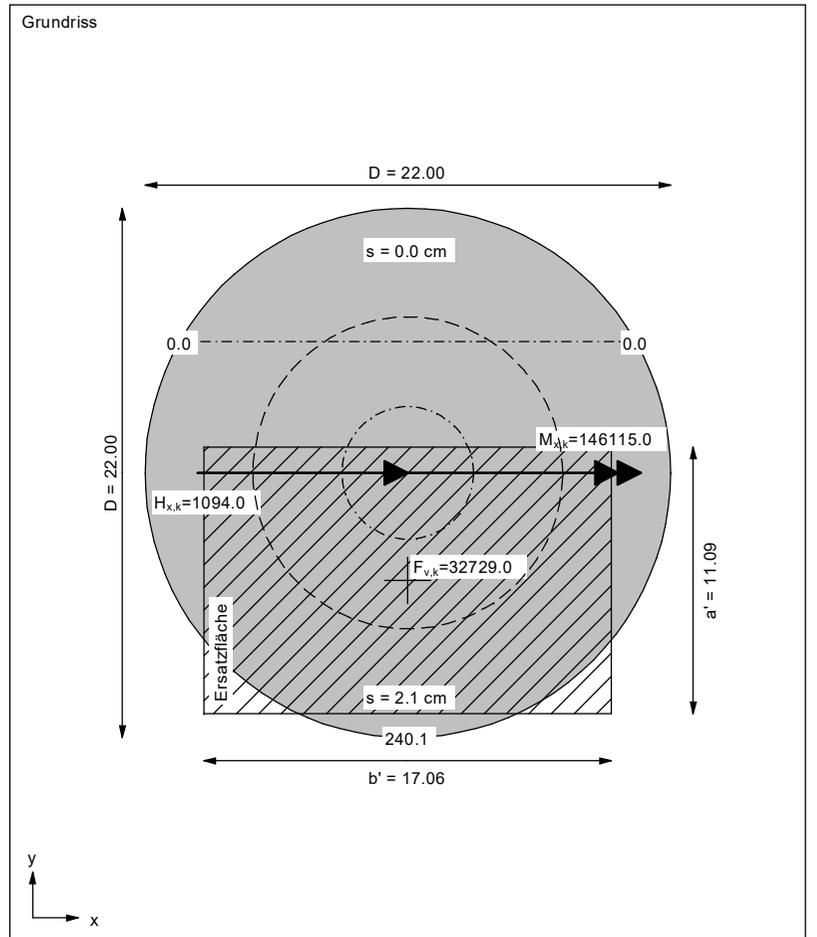
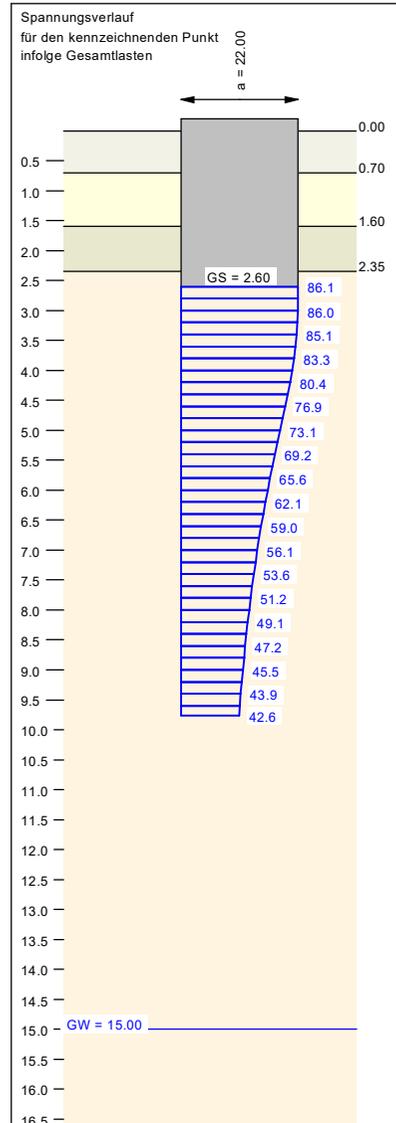
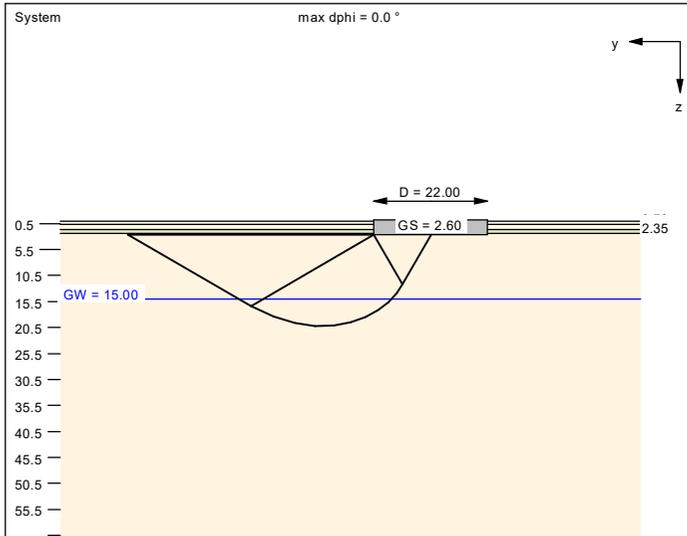
2678 WP Freudenberg, WEA 1 neu

Setzungsrechnung - Lastfall BS-P

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	20.5	10.5	27.5	2.0	8.0	0.00	Lockergesteinsböden, feinkörnig, st-hf
	21.5	11.5	27.5	2.0	20.0	0.00	Verwitterungsböden, midi
	21.5	11.5	27.5	3.0	30.0	0.00	Felsersatz
	22.0	12.0	30.0	15.0	50.0	0.00	verwitterter Fels

Berechnungsgrundlagen:
 2678 WP Freudenberg, WEA 1 neu
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 2.60 m
 Grundwasser = 15.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 - - - - 1. Kernweite
 - - - - 2. Kernweite



Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 32729.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1094.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 146115.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 22.00 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.464$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.480 m)
 $a' = 11.09$ m
 $b' = 17.06$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.464$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.480 m)
 $a' = 11.09$ m
 $b' = 17.06$ m

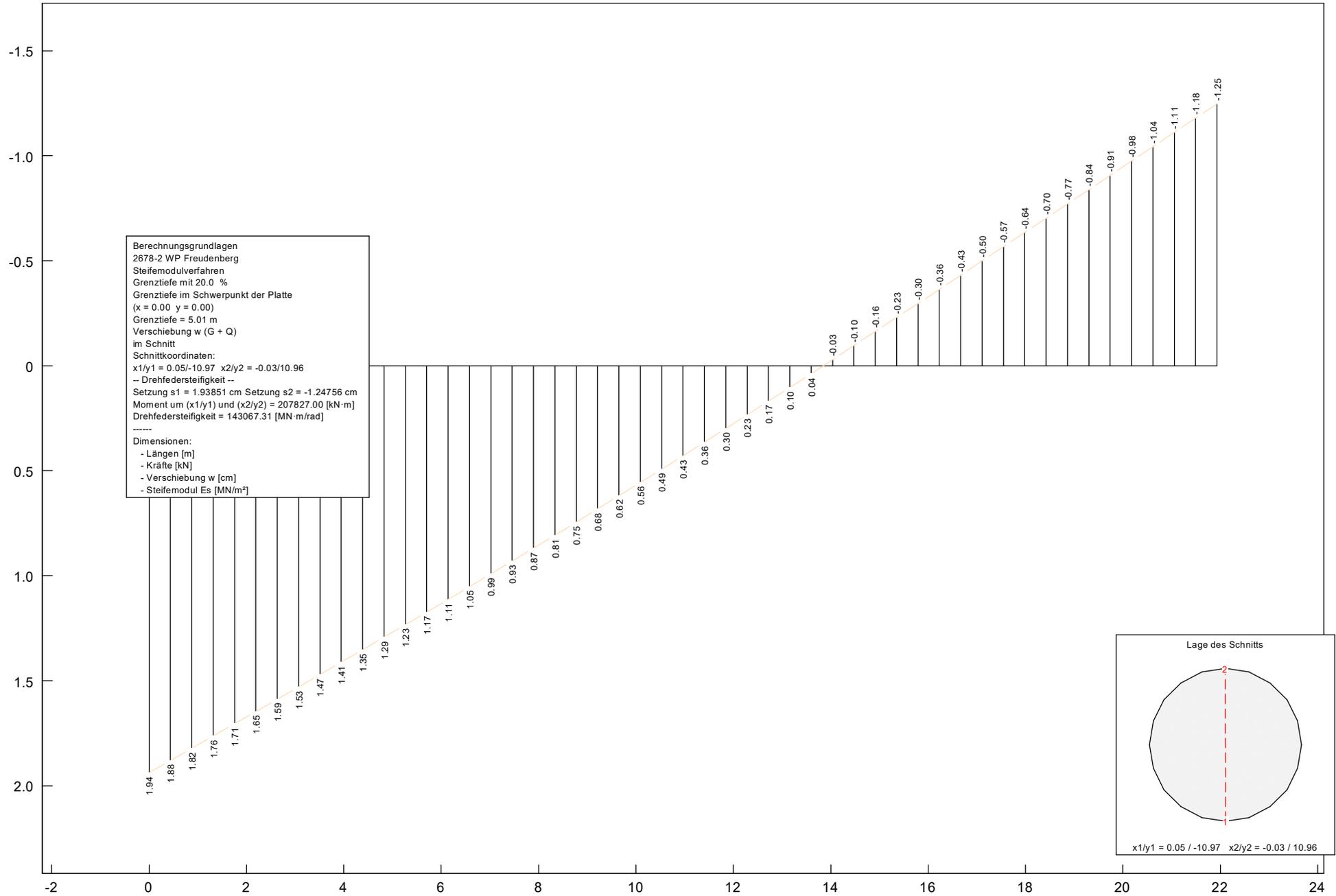
Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\sigma_{Gr,k} / \sigma_{Gr,d} = 3552.5 / 2537.5$ kN/m²
 $R_{n,k} = 672251.7$ kN
 $R_{n,d} = 480179.8$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 32729.00 + 1.50 \cdot 0.0$ kN
 $V_d = 44184.2$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.092
 cal $\varphi = 30.0^\circ$
 cal c = 15.00 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 20.42$ kN/m³
 cal $\sigma_u = 55.33$ kN/m²

UK log. Spirale = 20.18 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 71.42 m
 Fläche log. Spirale = 654.42 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 30.14$; $N_{d0} = 18.40$; $N_{b0} = 10.05$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.344$; $v_d = 1.325$; $v_b = 0.805$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.951$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.922$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 9.76$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.08 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.04 cm
 unten = 2.12 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 730.1
 Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 32729.0 \cdot 22.00 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 324017.1$
 $M_{dst} = 146115.0 \cdot 1.10 = 160726.5$
 $\mu_{EQU} = 160726.5 / 324017.1 = 0.496$

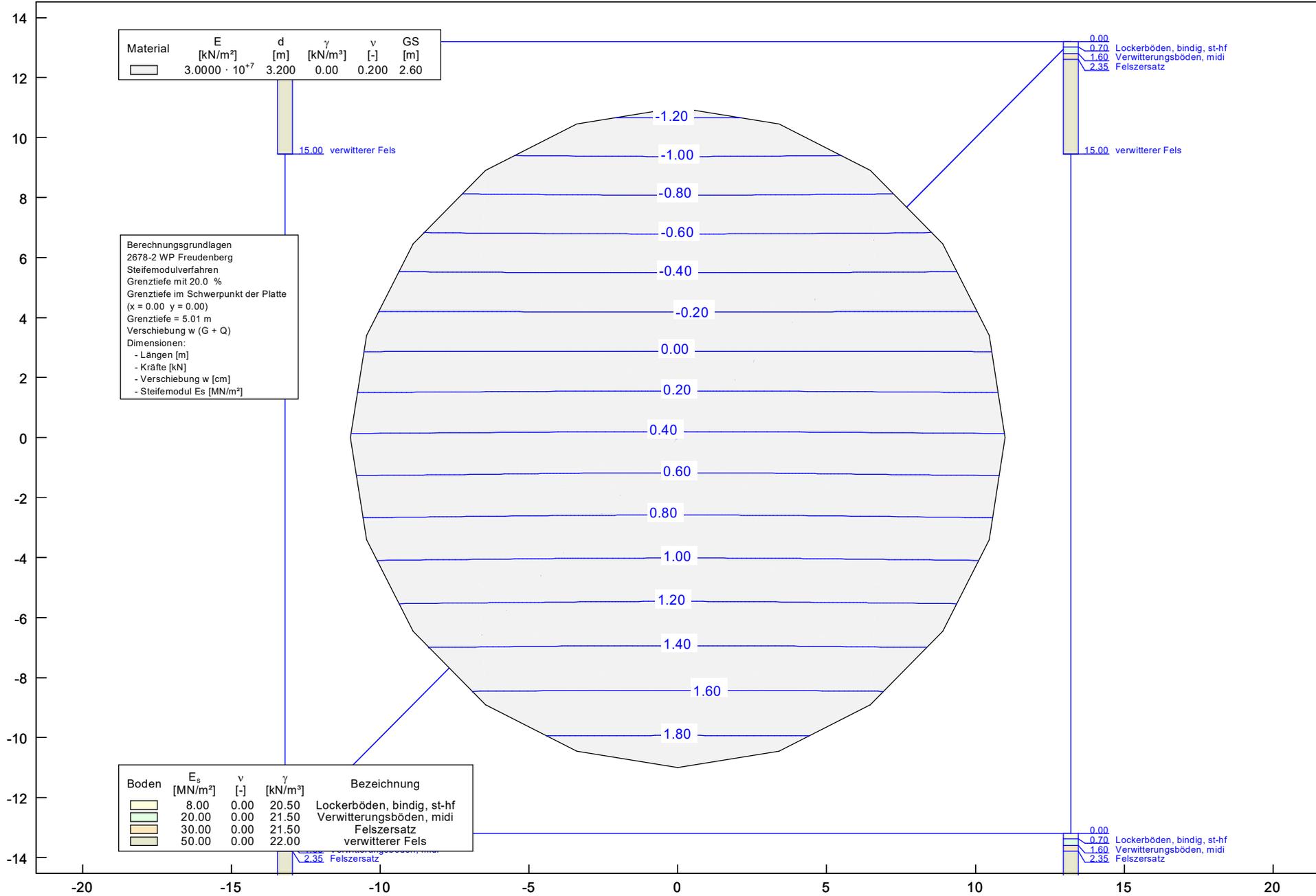
2678-2, WP Freudenberg, WEA 1 neu
 Senvion, Typ 3.6M140 EBC, NH160 m

Drehfedersteifigkeit



2678-2, WP Freudenberg, WEA 1 neu
 Senvion, Typ 3.6M140 EBC, NH160 m

Verschiebung



Material	E [kN/m ²]	d [m]	γ [kN/m ³]	ν [-]	GS [m]
□	3.0000 · 10 ¹⁷	3.200	0.00	0.200	2.60

Berechnungsgrundlagen
 2678-2 WP Freudenberg
 Steifemodulverfahren
 Grenztiefe mit 20.0 %
 Grenztiefe im Schwerpunkt der Platte
 (x = 0.00 y = 0.00)
 Grenztiefe = 5.01 m
 Verschiebung w (G + Q)
 Dimensionen:
 - Längen [m]
 - Kräfte [kN]
 - Verschiebung w [cm]
 - Steifemodul Es [MN/m²]

Boden	E _s [MN/m ²]	ν [-]	γ [kN/m ³]	Bezeichnung
□	8.00	0.00	20.50	Lockerböden, bindig, st-hf
□	20.00	0.00	21.50	Verwitterungsböden, midi
□	30.00	0.00	21.50	Felsersatz
□	50.00	0.00	22.00	verwitterter Fels

0.00
 0.70 Lockerböden, bindig, st-hf
 1.60 Verwitterungsböden, midi
 2.35 Felsersatz

15.00 verwitterter Fels

0.00
 0.70 Lockerböden, bindig, st-hf
 1.60 Verwitterungsböden, midi
 2.35 Felsersatz

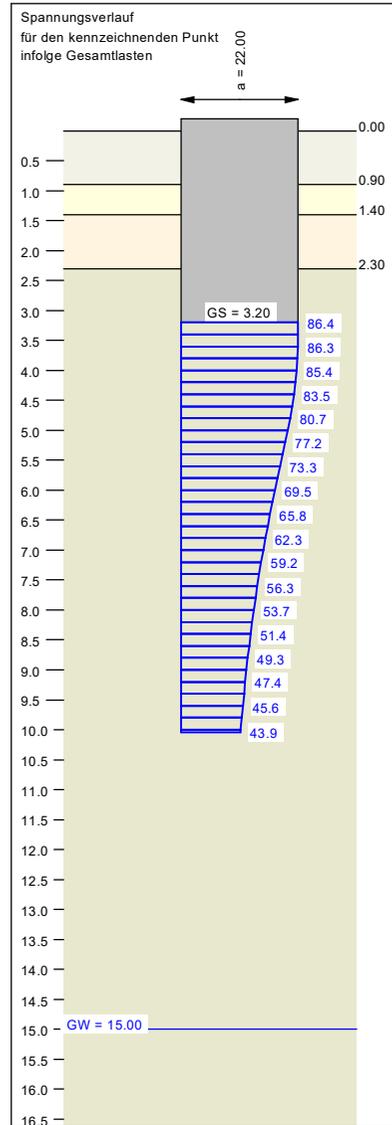
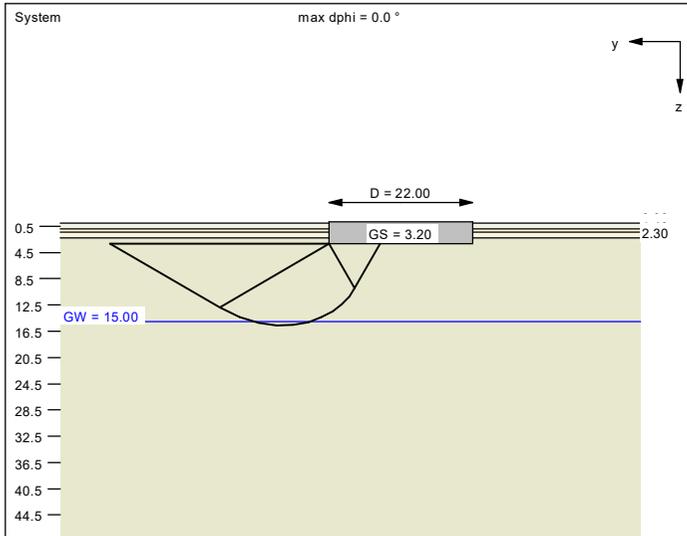
15.00 verwitterter Fels

2.35 Felsersatz

2678-2 WP Freudenberg, WEA 2

Setzungsrechnung - Lastfall BS-A - Senvion

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
█	20.5	10.5	27.5	0.5	2.0	0.00	Deckschichten, weich
█	22.0	12.0	27.5	3.0	30.0	0.00	Verwitterungsböden, midi-di
█	22.0	12.0	27.5	10.0	40.0	0.00	zersetzter Fels/Verwitterungsböden
█	22.0	12.0	30.0	15.0	50.0	0.00	verwitterter Fels



Berechnungsgrundlagen:
 2678-2 WP Freudenberg, WEA 2
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{Gr} = 1.20$
 $\gamma_G = 1.10$
 $\gamma_Q = 1.10$
 Grenzzustand EQU:

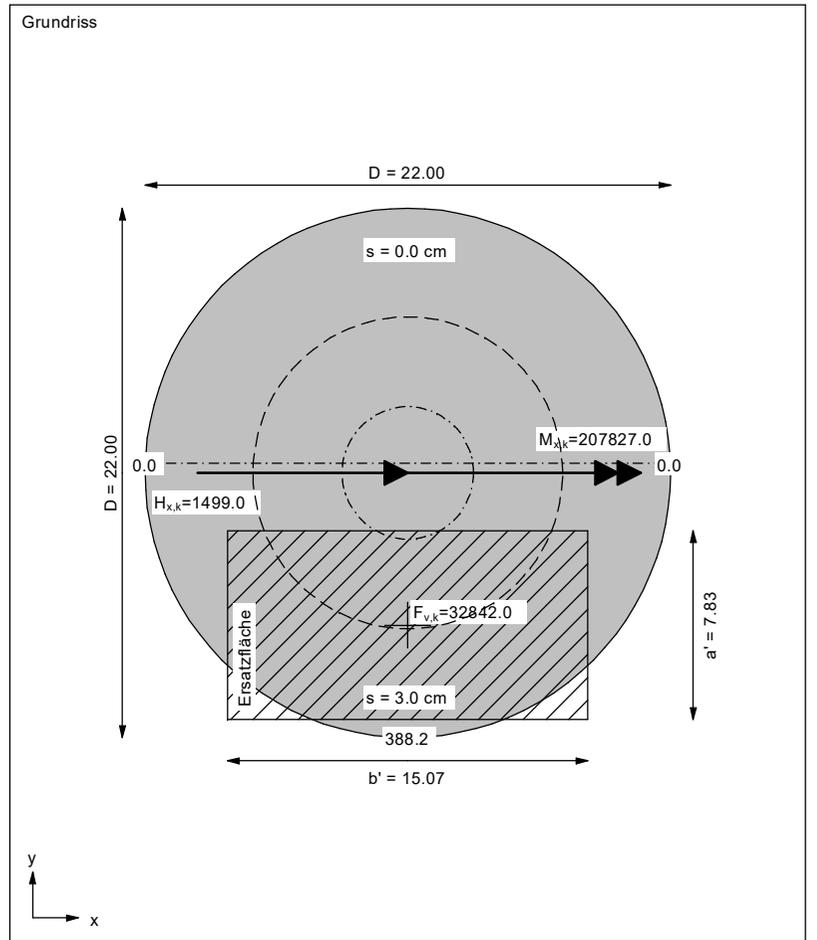
$\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,stab} = 0.95$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$
 Gründungssohle = 3.20 m
 Grundwasser = 15.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite

Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 32842.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 1499.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 207827.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 22.00 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -6.328$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.480 m)
 $a' = 7.83$ m
 $b' = 15.07$ m
 Unter Gesamlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -6.328$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.480 m)
 $a' = 7.83$ m
 $b' = 15.07$ m

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.20$
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 3344.9 / 2787.4$ kN/m²
 $R_{n,k} = 394445.0$ kN
 $R_{n,d} = 328704.2$ kN
 $V_d = 1.10 \cdot 32842.00 + 1.10 \cdot 0.0$ kN
 $V_d = 36126.2$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.110
 cal $\varphi = 30.0^\circ$
 cal c = 15.00 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 21.89$ kN/m³
 cal $\sigma_u = 69.05$ kN/m²

UK log. Spirale = 15.60 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 50.39 m
 Fläche log. Spirale = 325.73 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 30.14$; $N_{d0} = 18.40$; $N_{b0} = 10.05$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.275$; $v_d = 1.260$; $v_b = 0.844$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.936$; $i_d = 0.939$; $i_b = 0.896$

Setzung infolge Gesamlasten:
 Grenztiefe $t_g = 10.04$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.53 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.01 cm
 unten = 3.05 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 500.3
 Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 32842.0 \cdot 22.00 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 343198.9$
 $M_{dst} = 207827.0 \cdot 1.00 = 207827.0$
 $\mu_{EQU} = 207827.0 / 343198.9 = 0.606$



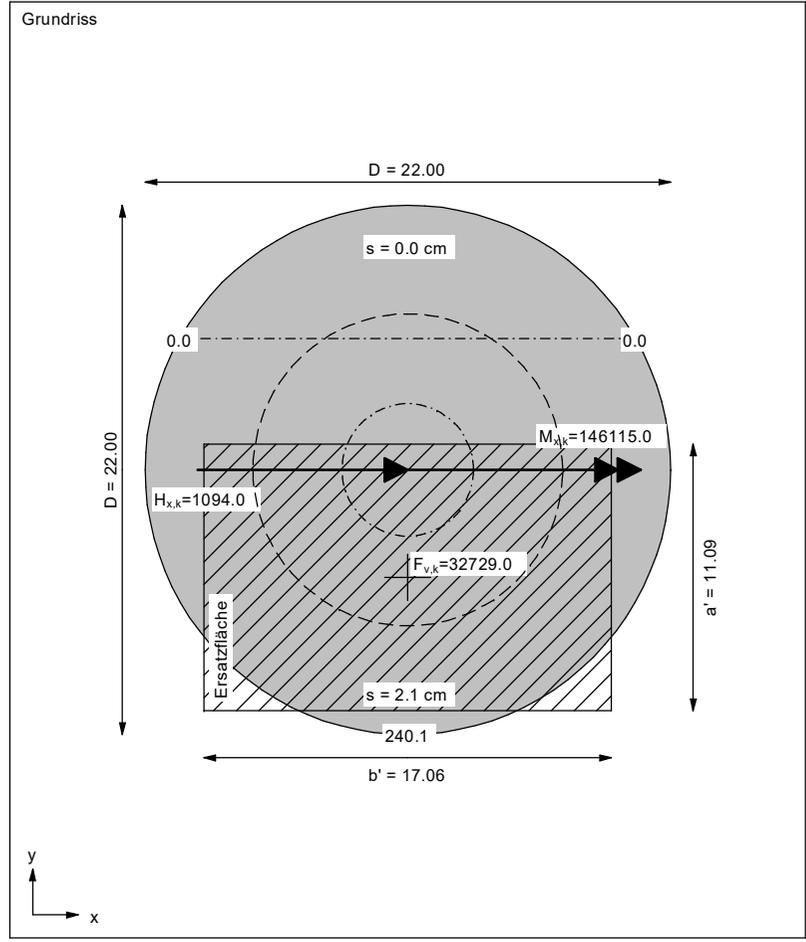
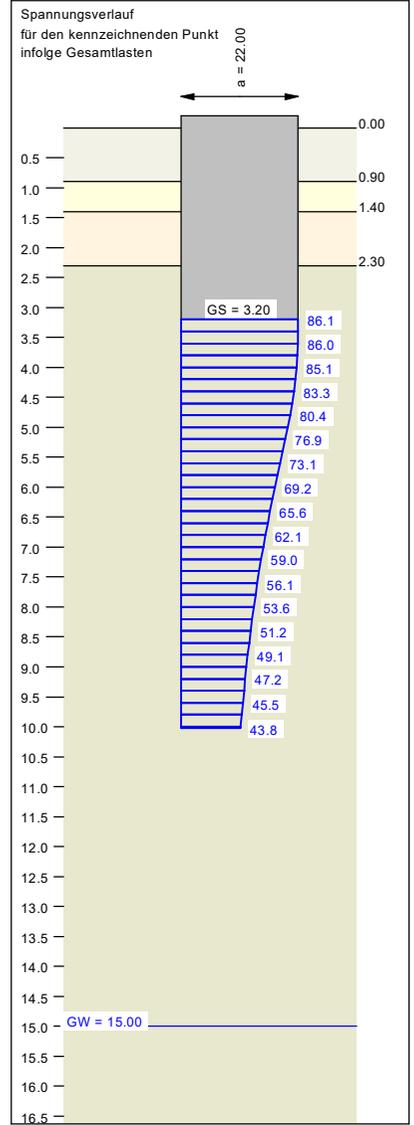
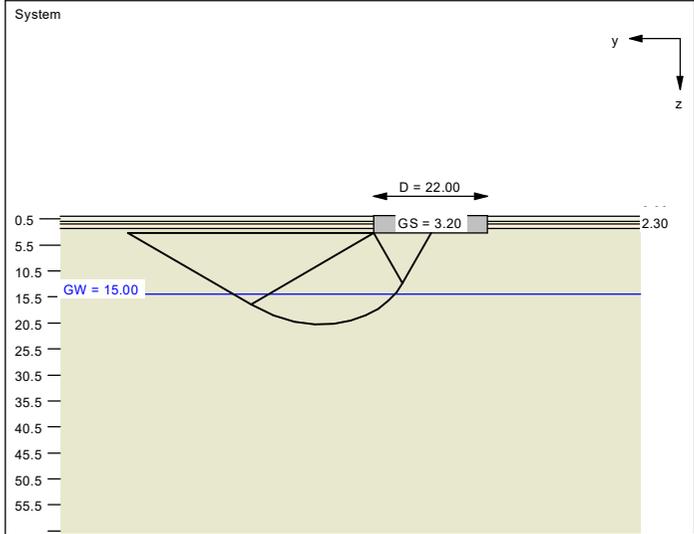
2678-2 WP Freudenberg, WEA 2

Setzungsrechnung - Lastfall BS-P - Senvion

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
█	20.5	10.5	27.5	0.5	2.0	0.00	Deckschichten, weich
█	22.0	12.0	27.5	3.0	30.0	0.00	Verwitterungsböden, midi-di
█	22.0	12.0	27.5	10.0	40.0	0.00	zersetzter Fels/Verwitterungsböden
█	22.0	12.0	30.0	15.0	50.0	0.00	verwitterter Fels

Berechnungsgrundlagen:
 2678-2 WP Freudenberg, WEA 2
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 3.20 m
 Grundwasser = 15.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 - - - - 1. Kernweite
 - - - - 2. Kernweite

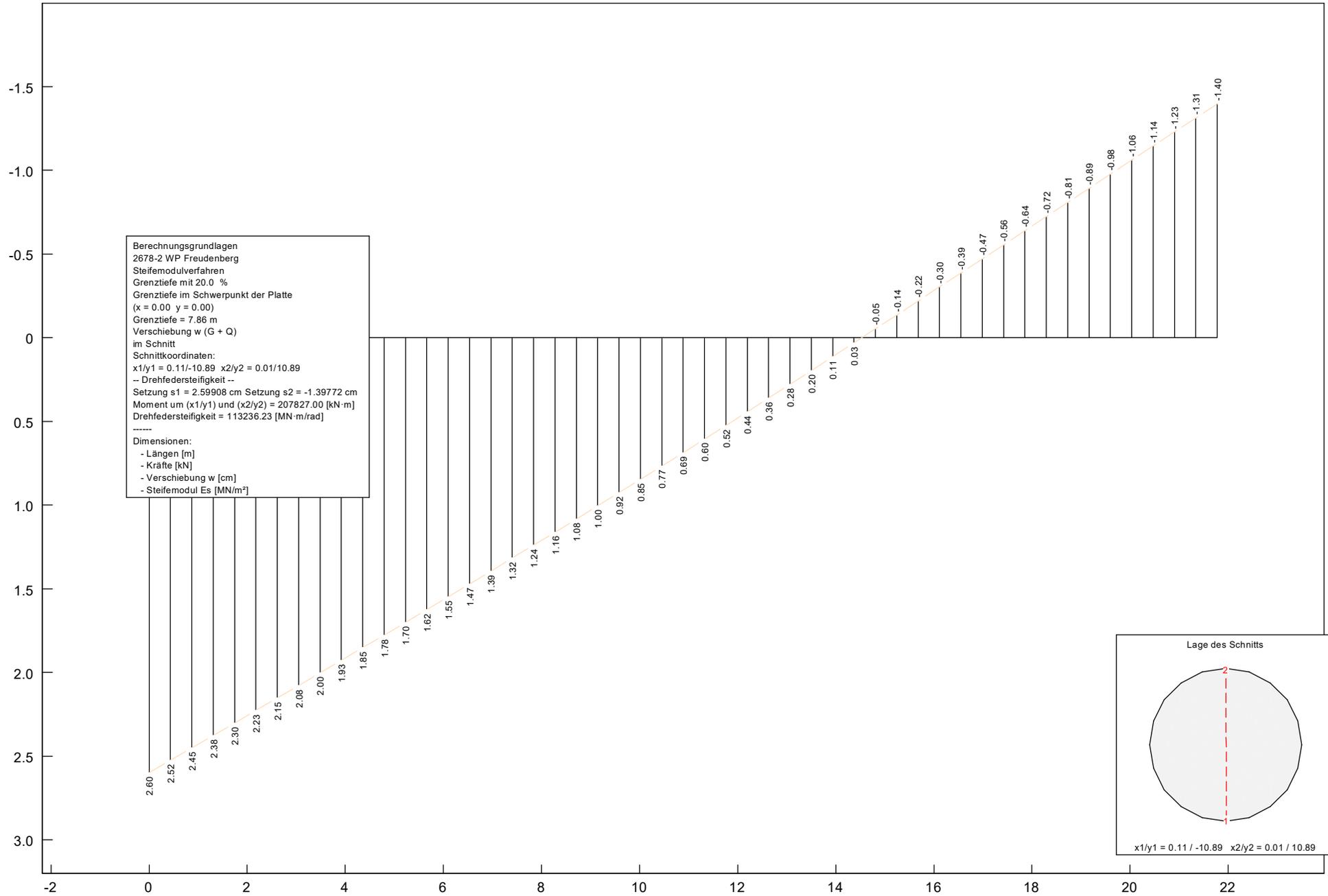


Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikalkraft $F_{v,k} = 32729.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1094.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 146115.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 22.00 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.464$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.480 m)
 $a' = 11.09$ m
 $b' = 17.06$ m
 Unter Gesamlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.464$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.480 m)
 $a' = 11.09$ m
 $b' = 17.06$ m

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 3848.6 / 2749.0$ kN/m²
 $R_{n,k} = 728290.6$ kN
 $R_{n,d} = 520207.6$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 32729.00 + 1.50 \cdot 0.0$ kN
 $V_d = 44184.2$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.085
 cal $\varphi = 30.0^\circ$
 cal c = 15.00 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 20.14$ kN/m³
 cal $\sigma_u = 69.05$ kN/m²

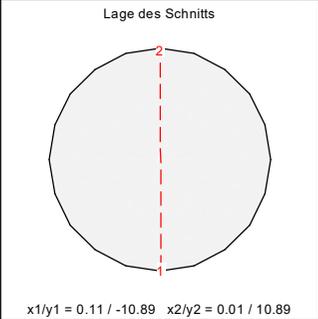
UK log. Spirale = 20.78 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 71.42 m
 Fläche log. Spirale = 654.42 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 30.14$; $N_{d0} = 18.40$; $N_{b0} = 10.05$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.344$; $v_d = 1.325$; $v_b = 0.805$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.951$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.922$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 10.02$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.05 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.04 cm
 unten = 2.06 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 750.6
 Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 32729.0 \cdot 22.00 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 324017.1$
 $M_{dst} = 146115.0 \cdot 1.10 = 160726.5$
 $\mu_{EQU} = 160726.5 / 324017.1 = 0.496$



Berechnungsgrundlagen
 2678-2 WP Freudenberg
 Steifemodulverfahren
 Grenztiefe mit 20.0 %
 Grenztiefe im Schwerpunkt der Platte
 (x = 0.00 y = 0.00)
 Grenztiefe = 7.86 m
 Verschiebung w (G + Q)
 im Schnitt
 Schnittkoordinaten:
 x1/y1 = 0.11/-10.89 x2/y2 = 0.01/10.89
 -- Drehfedersteifigkeit --
 Setzung s1 = 2.59908 cm Setzung s2 = -1.39772 cm
 Moment um (x1/y1) und (x2/y2) = 207827.00 [kN·m]
 Drehfedersteifigkeit = 113236.23 [MN·m/rad]

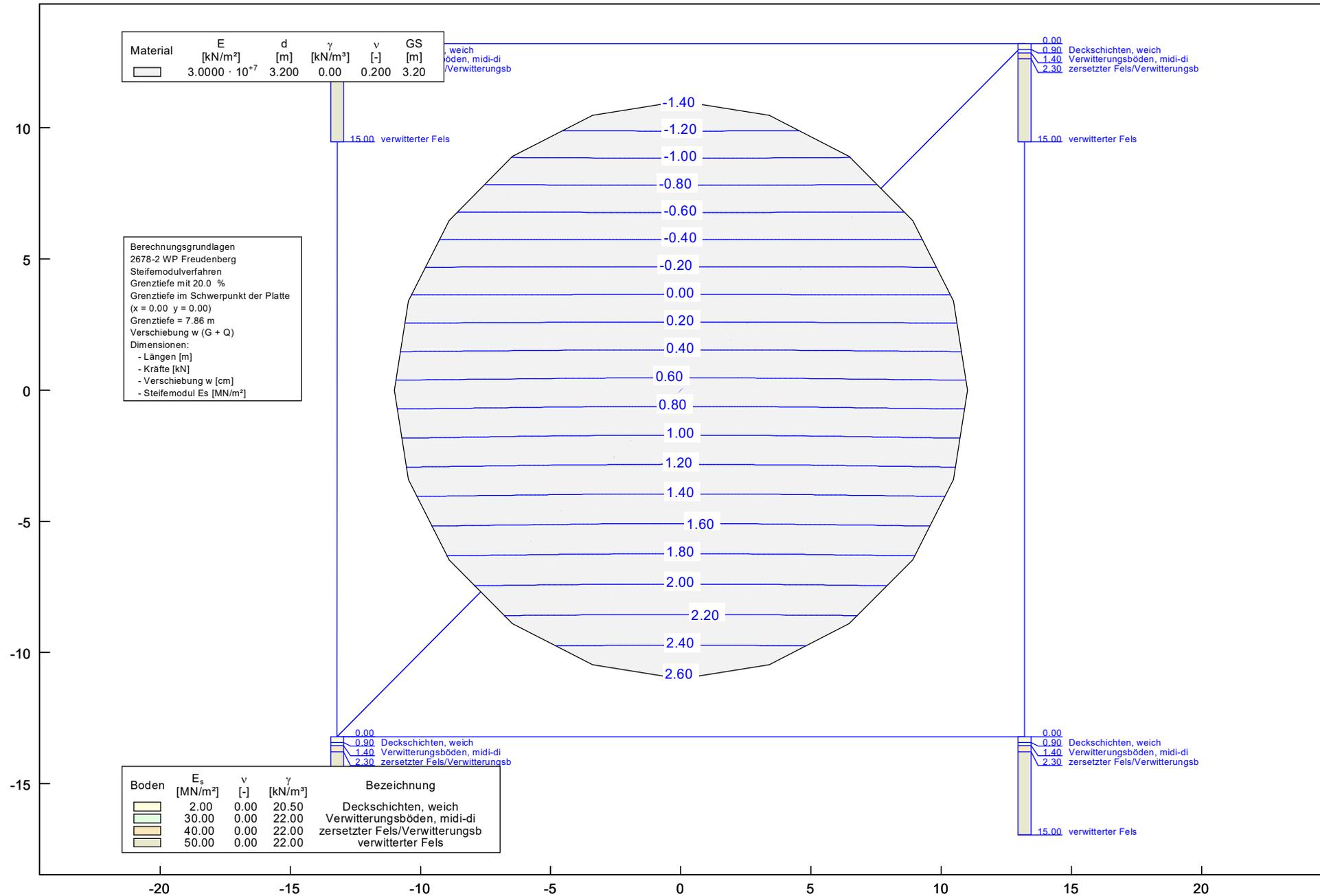
 Dimensionen:
 - Längen [m]
 - Kräfte [kN]
 - Verschiebung w [cm]
 - Steifemodul Es [MN/m²]



2678-2, WP Freudenberg, WEA 2

Senvion M3.6 140 NH 160

Verschiebung



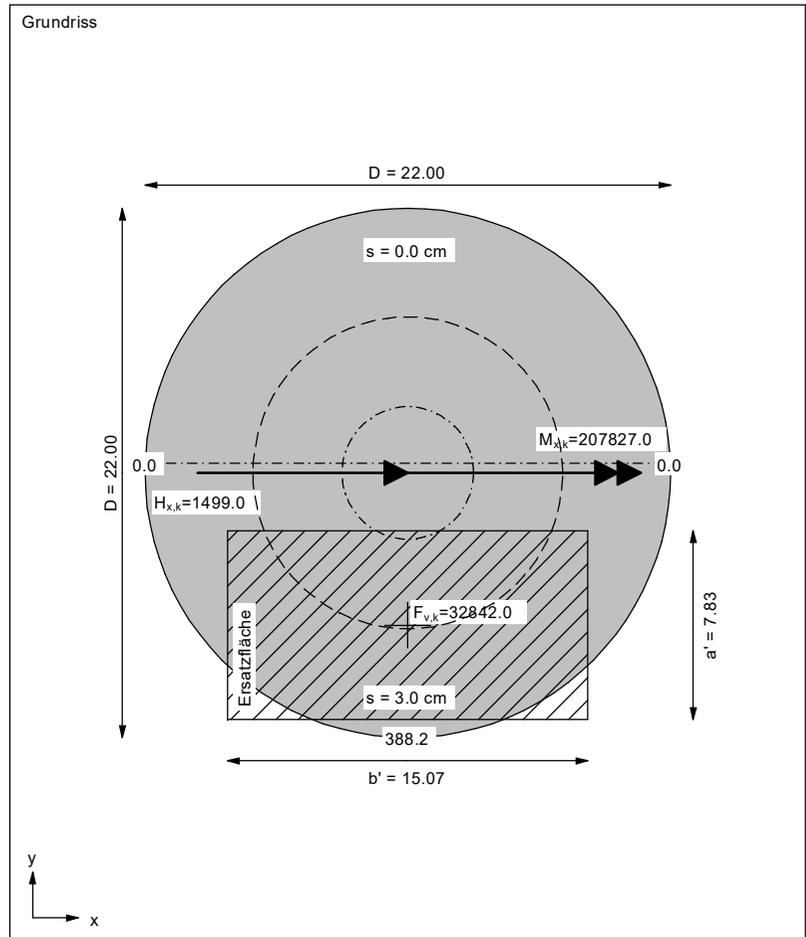
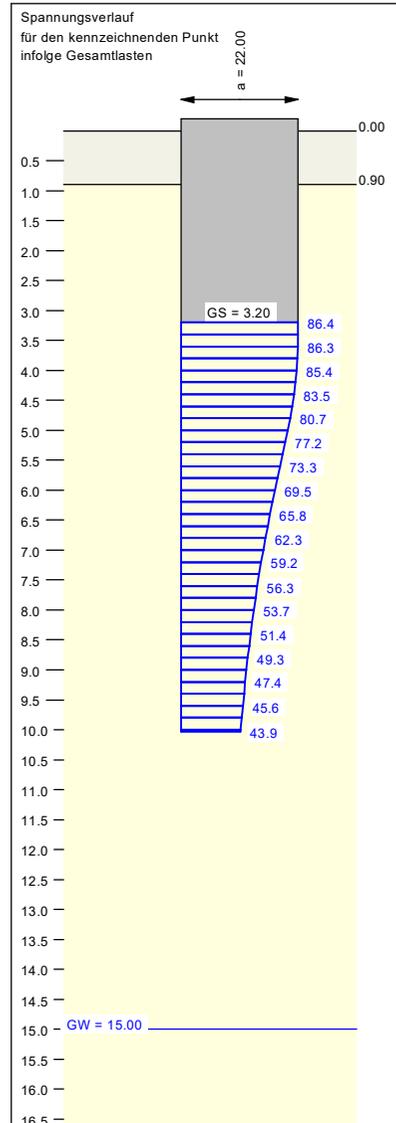
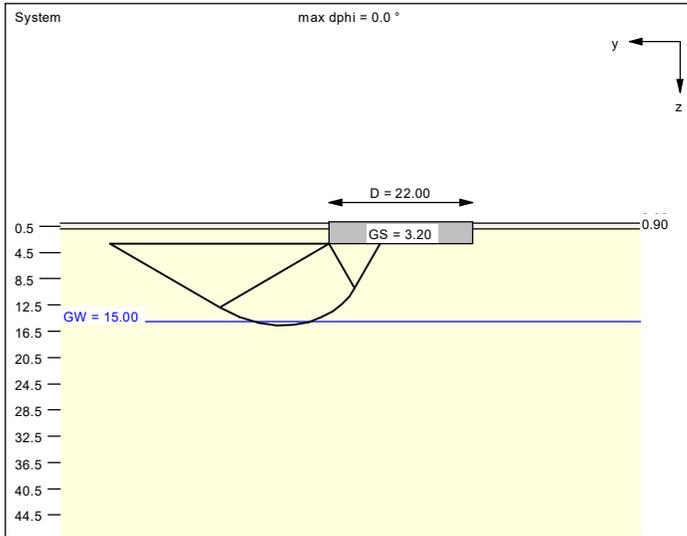
2678-2 WP Freudenberg, WEA 3

Setzungsrechnung - Lastfall BS-A - Servion

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
☐	21.0	11.0	27.5	1.0	15.0	0.00	Verwitterungsböden, lo-midi
☐	22.0	12.0	30.0	15.0	50.0	0.00	verwitterter Fels

Berechnungsgrundlagen:
 2678-2 WP Freudenberg, WEA 3
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{Gr} = 1.20$
 $\gamma_G = 1.10$
 $\gamma_Q = 1.10$
 Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,stab} = 0.95$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$
 Gründungssohle = 3.20 m
 Grundwasser = 15.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite



Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 32842.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1499.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 207827.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 22.00 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -6.328$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.480 m)
 $a' = 7.83$ m
 $b' = 15.07$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -6.328$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.480 m)
 $a' = 7.83$ m
 $b' = 15.07$ m
 Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.20$
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 3354.7 / 2795.6$ kN/m²
 $R_{n,k} = 395600.3$ kN
 $R_{n,d} = 329666.9$ kN
 $V_d = 1.10 \cdot 32842.00 + 1.10 \cdot 0.0$ kN
 $V_d = 36126.2$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.110
 cal $\varphi = 30.0^\circ$
 cal c = 15.00 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 21.89$ kN/m³
 cal $\sigma_u = 69.50$ kN/m²

UK log. Spirale = 15.60 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 50.39 m
 Fläche log. Spirale = 325.73 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 30.14$; $N_{d0} = 18.40$; $N_{b0} = 10.05$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.275$; $v_d = 1.260$; $v_b = 0.844$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.936$; $i_d = 0.939$; $i_b = 0.896$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 10.03$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.53 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.01 cm
 unten = 3.05 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 500.8
 Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 32842.0 \cdot 22.00 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 343198.9$
 $M_{dst} = 207827.0 \cdot 1.00 = 207827.0$
 $\mu_{EQU} = 207827.0 / 343198.9 = 0.606$

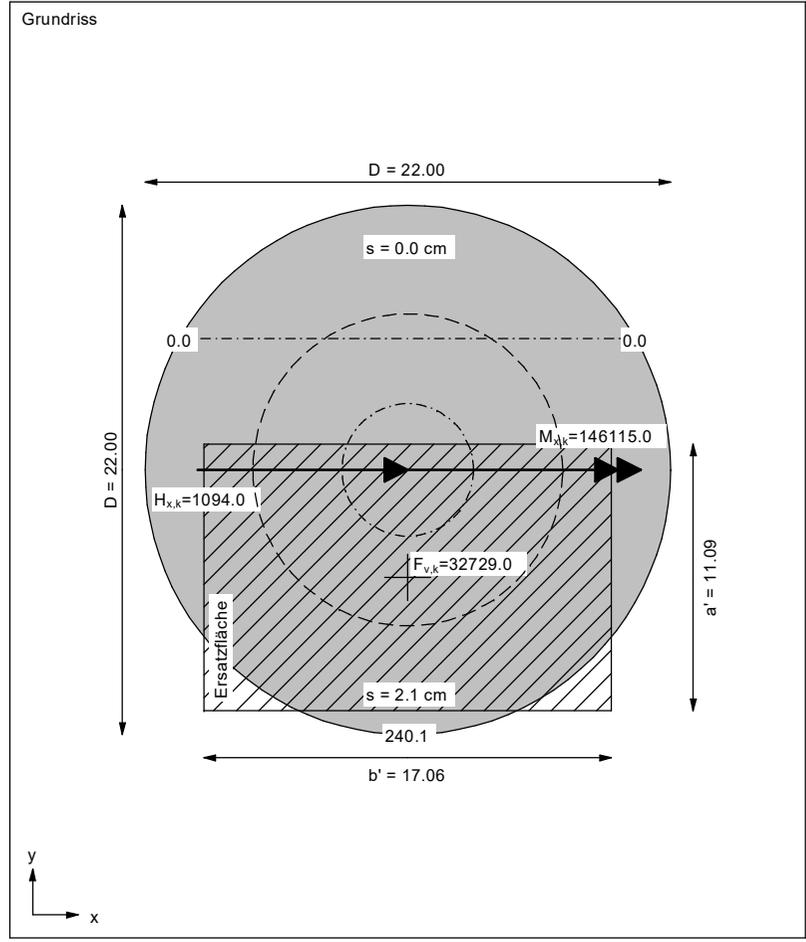
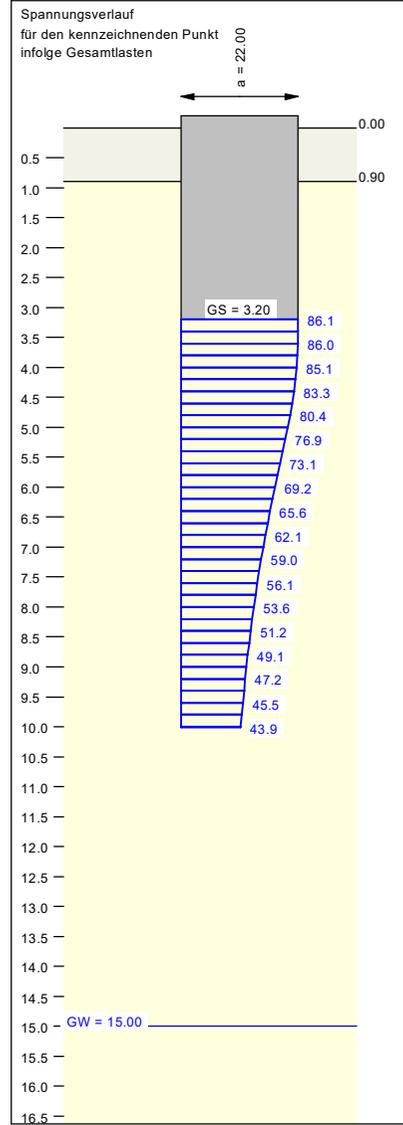
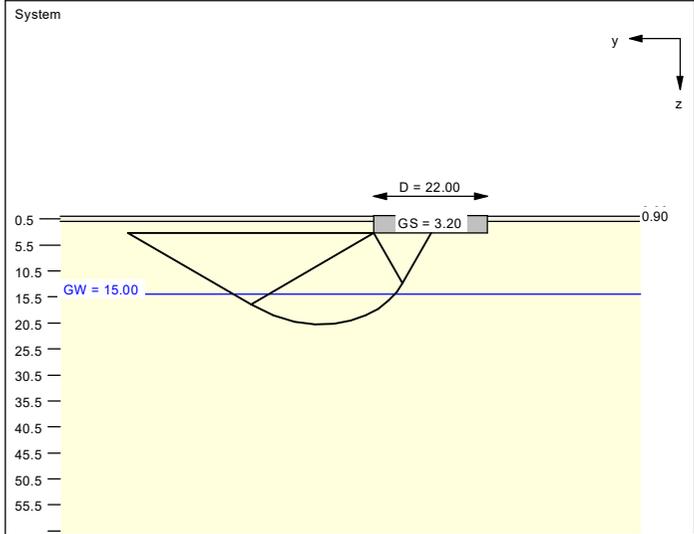
2678-2 WP Freudenberg, WEA 3

Setzungsrechnung - Lastfall BS-P - Servion

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
☐	21.0	11.0	27.5	1.0	15.0	0.00	Verwitterungsböden, lo-midi
☐	22.0	12.0	30.0	15.0	50.0	0.00	verwitterter Fels

Berechnungsgrundlagen:
 2678-2 WP Freudenberg, WEA 3
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 3.20 m
 Grundwasser = 15.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite

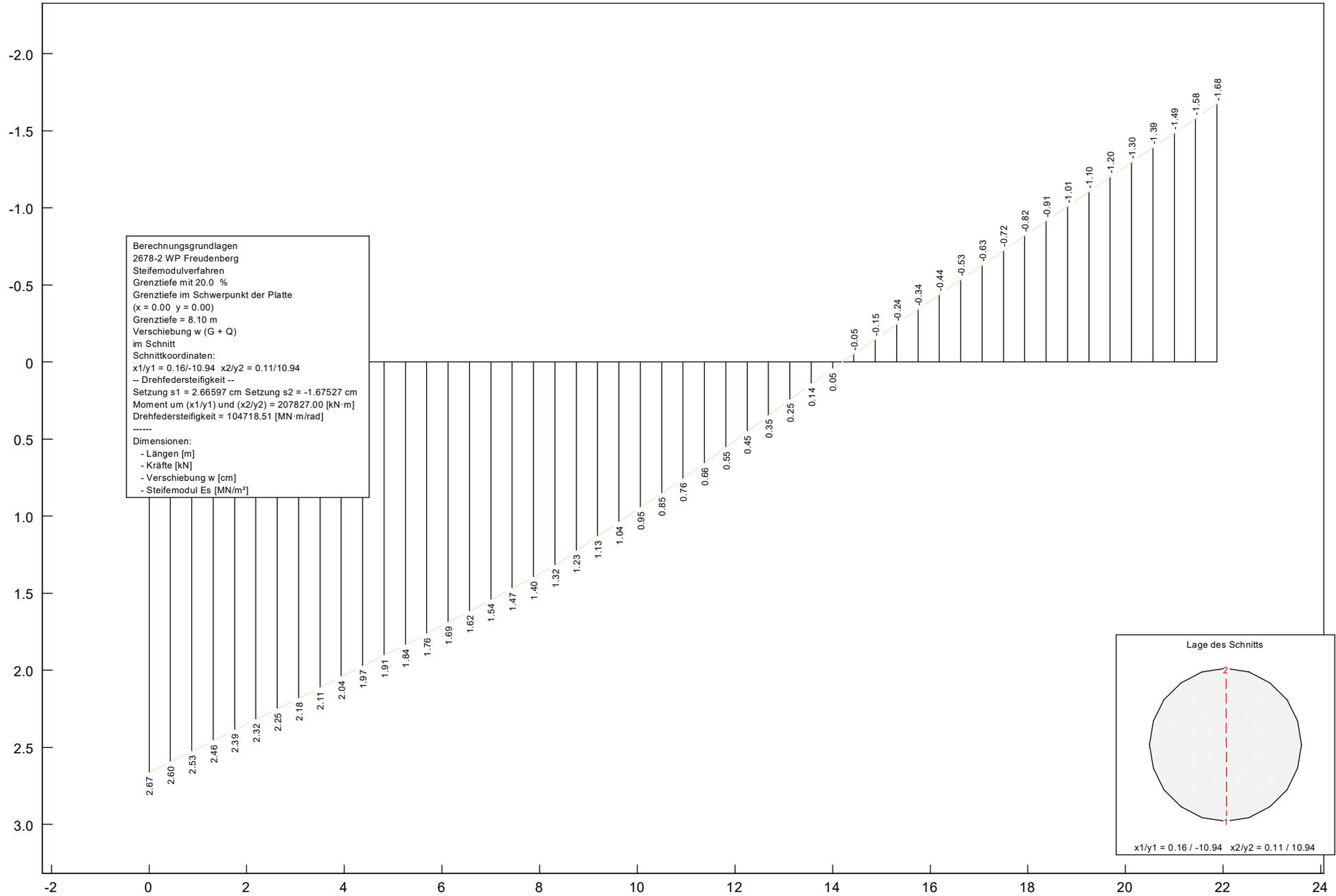


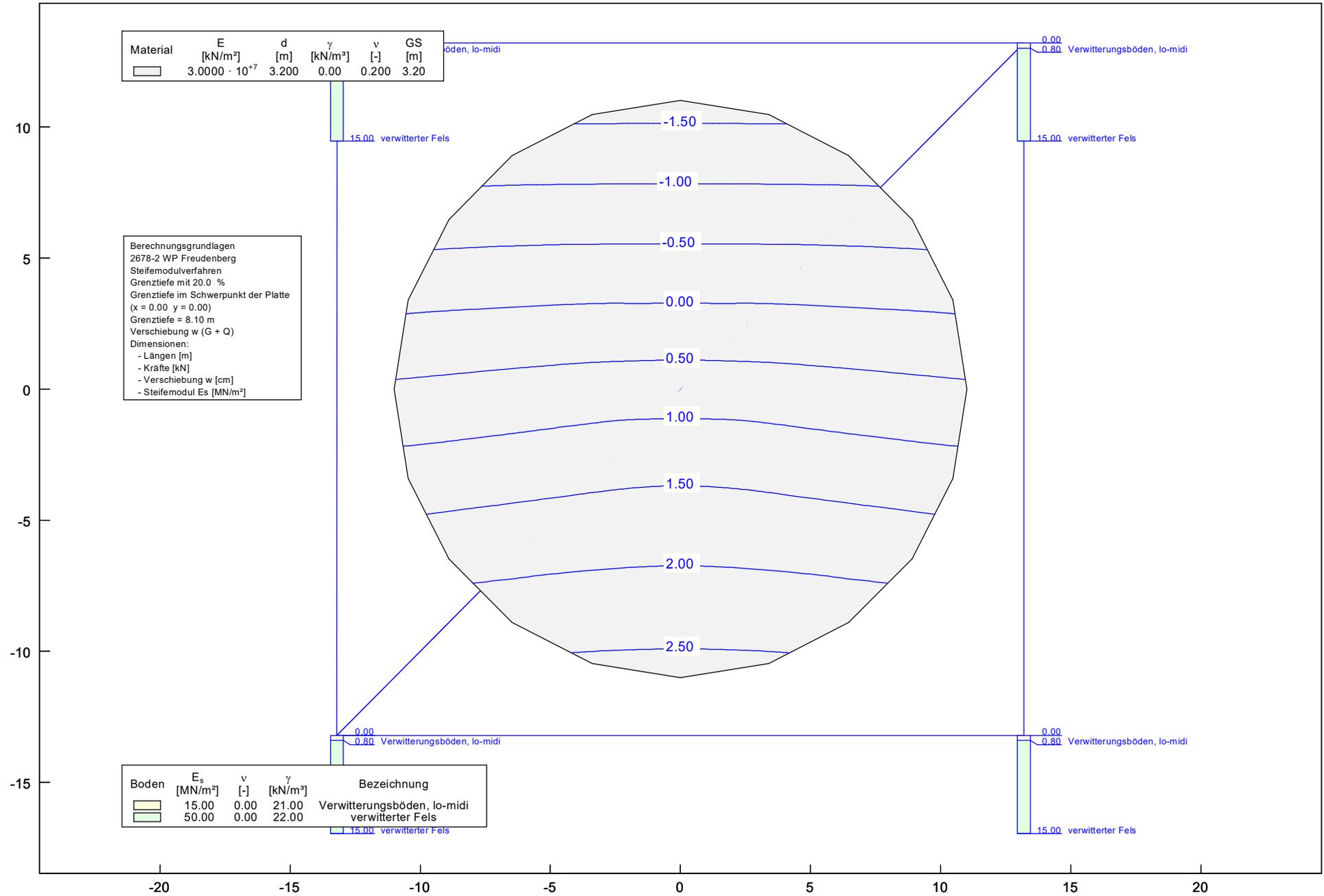
Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikalkraft $F_{v,k} = 32729.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1094.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 146115.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 22.00 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.464$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.480 m)
 $a' = 11.09$ m
 $b' = 17.06$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.464$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.480 m)
 $a' = 11.09$ m
 $b' = 17.06$ m

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\sigma_{Gr,k} / \sigma_{Gr,d} = 3859.1 / 2756.5$ kN/m²
 $R_{n,k} = 730270.8$ kN
 $R_{n,d} = 521622.0$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 32729.00 + 1.50 \cdot 0.0$ kN
 $V_d = 44184.2$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.085
 cal $\varphi = 30.0^\circ$
 cal c = 15.00 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 20.14$ kN/m³
 cal $\sigma_u = 69.50$ kN/m²

UK log. Spirale = 20.78 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 71.42 m
 Fläche log. Spirale = 654.42 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 30.14$; $N_{d0} = 18.40$; $N_{b0} = 10.05$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.344$; $v_d = 1.325$; $v_b = 0.805$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.951$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.922$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 10.01$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.05 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.04 cm
 unten = 2.06 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 751.3
 Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 32729.0 \cdot 22.00 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 324017.1$
 $M_{dst} = 146115.0 \cdot 1.10 = 160726.5$
 $\mu_{EQU} = 160726.5 / 324017.1 = 0.496$





Anlage 4

Fotografische Dokumentation



Foto Nr. 01

BS 1 neu ; 0,0 – 2,30m

25.04.2019



Foto Nr. 02

SCH 1 neu ; 0,0 – 2,40m

25.04.2019



Foto Nr. 03

SCH 2 neu ; 0,0 – 2,60m

25.04.2019



Foto Nr. 04

SCH 3 ; 0,0 – 1,85m

25.04.2019



Foto Nr. 05

SCH 4 ; 0,0 – 2,40m

25.04.2019



Foto Nr. 06

SCH 5 neu ; 0,0 – 2,10m

25.04.2019



Foto Nr. 07

SCH 6 neu ; 0,0 – 2,05m

25.04.2019

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 01

BS 2; 0,0 – 2,3 m

20.12.16



Foto Nr. 02

BS 3; 0,0 – 1,7 m

20.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 03

SCH 2.1; 0,0 –1,9 m

22.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 04

SCH 2.2 ; 0,0 -1,9 m

22.12.16



Foto Nr. 05

SCH 2.3 ; 0,0 -1,4 m

22.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 06

SCH 2.4; 0,0 –1,7 m

22.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 07

SCH 3.1 ; 0,0 -1,0 m

20.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 08

SCH 3.2 ; 0,0 -1,5 m

20.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 09

SCH 3.3 ; 0,0 -1,6 m

20.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 10

SCH 3.4 ; 0,0 -1,6 m

20.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 11

SCH 1; 0,0 – 1,9 m

22.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 12

SCH 2 ; 0,0 –1,9 m

22.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 13

SCH 3 ; 0,0 -1,5 m

22.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 14

SCH 4; 0,0 -1,7 m

21.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 15

SCH 5; 0,0 -1,7 m

21.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 16 SCH 6; 0,0-1,8 m 21.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 17

SCH 7; 0,0 -1,7 m

21.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 18

SCH 8; 0,0 –1,8 m

21.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 19

SCH 9; 0,0 -2,0 m

22.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 20

SCH 10; 0,0 – 1,9 m

22.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 21

SCH 11; 0,0 –1,8 m

22.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 22

SCH 12; 0,0 -1, m

22.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 23

SCH 13; 0,0 –1,6 m

20.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 24

SCH 14; 0,0 -2,1 m

20.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 25

SCH 15; 0,0 – 1,6 m

.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 26

SCH 16; 0,0 –1,4 m

21.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 27

SCH 17; 0,0 -1,0 m

20.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 28

SCH 18; 0,0 – 1,3 m

20.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 29 - SCH 19; 0,0 -1,0 m - 20.12.16

2678: Neubau von drei Windenergieanlagen WP Freudenberg



Foto Nr. 30

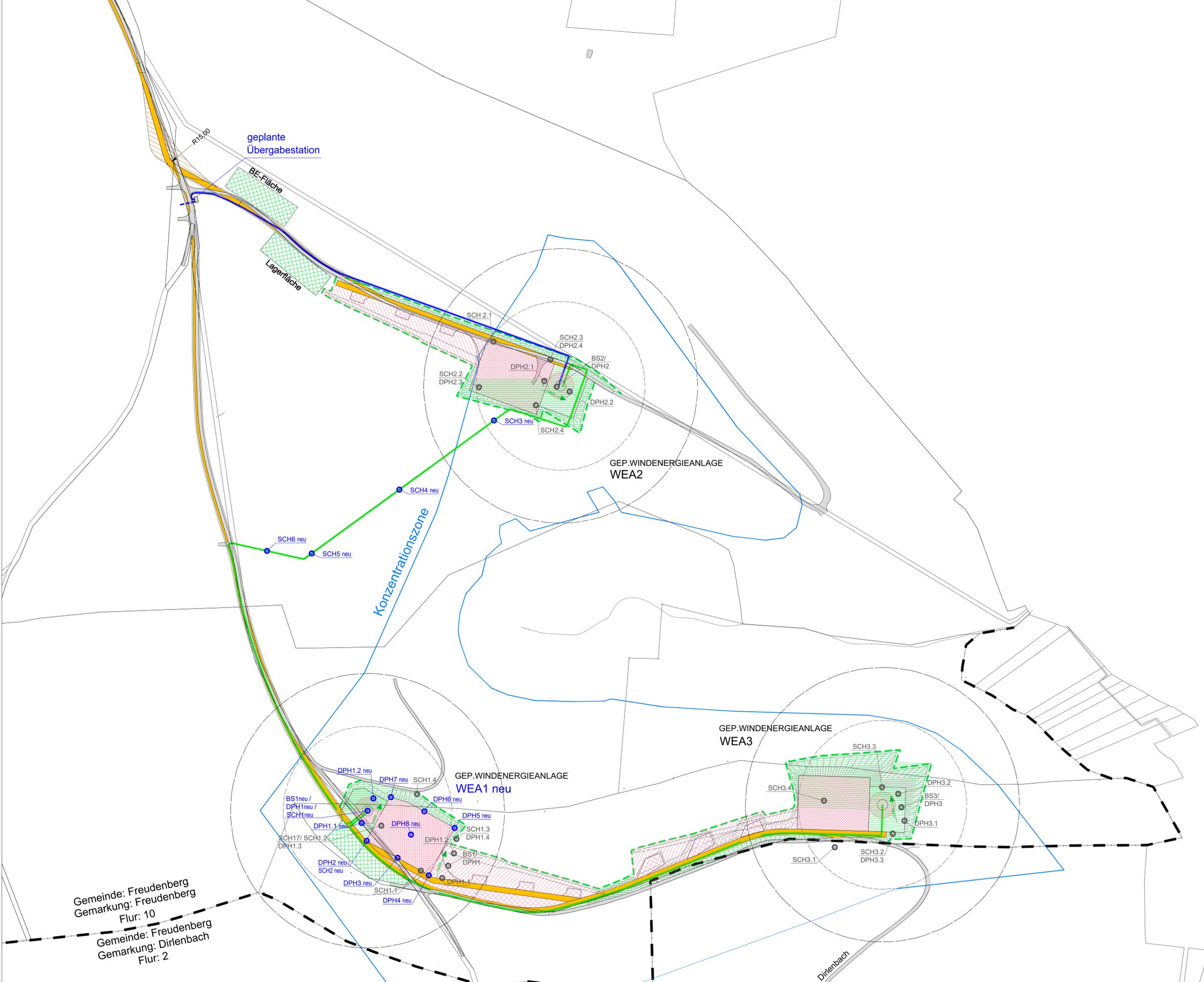
SCH 20; 0,0 - 1,6 m

20.12.16

Anlage 5

Pläne

- Übersichtslageplan
- Lagepläne der Aufschlüsse
- Längsschnitte



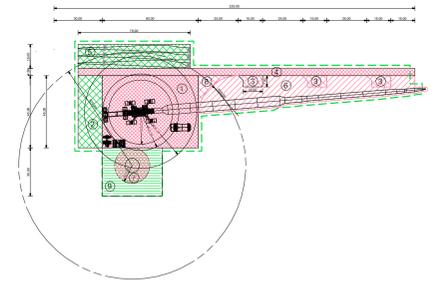
LEGENDE

- Ausbau der Kranstellflächen**
- dauerhaft geschottert / dauerhaft gerodet
 - temporär befestigt (z.B. Platten) dauerhaft gerodet
 - wurzelstockfrei / dauerhaft gerodet
 - temporär geschottert / temporär gerodet
 - temporär Fläche für Aushubmaterial / temporär gerodet
 - Rodungsgrenze

- Ausbau der Zuwegung**
- geplante Zuwegung / dauerhaft geschottert
 - vorhandene Zuwegung
 - Überschwenkbereich unbefestigt / dauerhaft gerodet
 - Konzentrationszone

- Ausbau Kabeltrasse**
- 20 kV - Kabel (Kabeltrasse intern)
 - 20 kV - Kabel (Kabeltrasse extern)
 - Kabel zwischen Übergabestation und Netzverknüpfungspunkt
 - 20 kV - Kabel mit Schutzstreifen (insgesamt 2 m)
 - 20 kV - Kabel mit Schutzstreifen (insgesamt 2m)

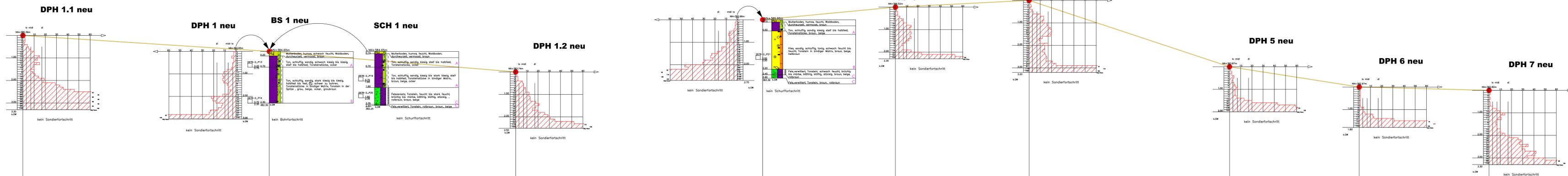
- DPH Schwere Rammsondierung (2017)
- BS Bohrsondierung (2017)
- SCH Schurf (2017)
- DPH Schwere Rammsondierung (2019)
- BS Bohrsondierung (2019)
- SCH Schurf (2019)



Gemeinde: Freudenberg
Gemarkung: Freudenberg
Flur: 10

Gemeinde: Freudenberg
Gemarkung: Dirlenbach
Flur: 2

Datum	Aenderung	bezt.	gel.
Auftraggeber EnBW		EnBW Windkraftprojekte GmbH Schelmenwasenstraße 15 70567 Stuttgart	
gezeichnet Planungsbüro EnBW		Projekt Windpark Freudenberg	Nr. Anlage Blatt 1
Planverleiher Energie Baden-Württemberg AG Erzeugung Technik - BBU/Bchnk Schelmenwasenstraße 15 70567 Stuttgart		Standort Lageplan der Aufschlüsse	
Plan-Nr. P:\GCG\Projekte\2651-2700\2678\2678-2\GCG-Pläne\2678-2_GCG_LP_LS_12.06.2019.dwg		Maßstab 1: 1000	Blattgröße 0,85x1,24 m 1,05 m²



UNTERGRUNDVERHÄLTNISS

Oberboden
 Homogenbereich ▲ Lockergesteinsböden (Deckschichten)
 Homogenbereich ▲ Lockergesteinsböden (Verwitterungsböden)
 Homogenbereich ▲ Verwitterter Fels / Fels

+ 375,00m ü NN

Geländehöhe [m ü NN]	385,36
Ruhewasserstand [m ü NN]	n.F.
Grundwassereintritt [m ü NN]	n.F.
OK Felsklasse 6/7 [m ü NN]	387,44
Stationierung	

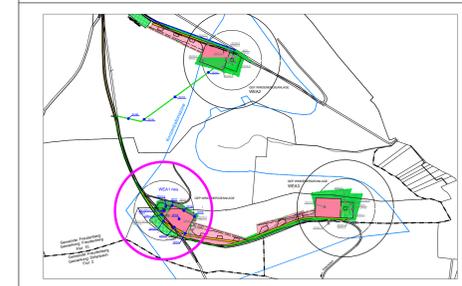
WEA 1 Neu

+ 375,00m ü NN

Geländehöhe [m ü NN]	385,98
Ruhewasserstand [m ü NN]	n.F.
Grundwassereintritt [m ü NN]	n.F.
OK Felsklasse 6/7 [m ü NN]	387,44
Stationierung	

Kranstellfläche WEA 1 neu

- LEGENDE:**
- BS Bohrsondierung
 - DPH Schwere Rammersondierung
 - SCH Schurf
 - Geländeoberkante entlang der Bohrprofile
 - Planungshöhe
 - vermutete Oberkante Felsklasse 6/7
 - Ruhewasserstand
 - Grundwasser nach Bohrende
 - Wassereintritt
 - k. GW kein Grundwasser feststellbar
 - Becherprobe 0,7 l
 - Sonderprobe
 - Ermerprobe 5 l
 - Bohransatzpunkt
 - Bodenklassifikation nach DIN 18194 (Bodengruppe) (Bodenmechanische Laborversuche)
 - Bodenklassen DIN 18300
 - A Auffüllungen
 - Mu Mutterbodenhorizonte
 - M schluffige Horizonte
 - S tonige Horizonte
 - ss sandige Horizonte
 - ks kiesig, steinige Horizonte
 - Fs Fels (verwittert/fest)
 - F Fels (allgemein)
 - vernöBt
 - breite Konsistenz
 - weiche Konsistenz
 - steile Konsistenz
 - halbsteile Konsistenz
 - steife Konsistenz/hart
- Rammdiagramm
 Schlagzahlen pro 10cm



EnBW
 Windkraftprojekte GmbH
 Schelmenwasenstraße 15
 70567 Stuttgart

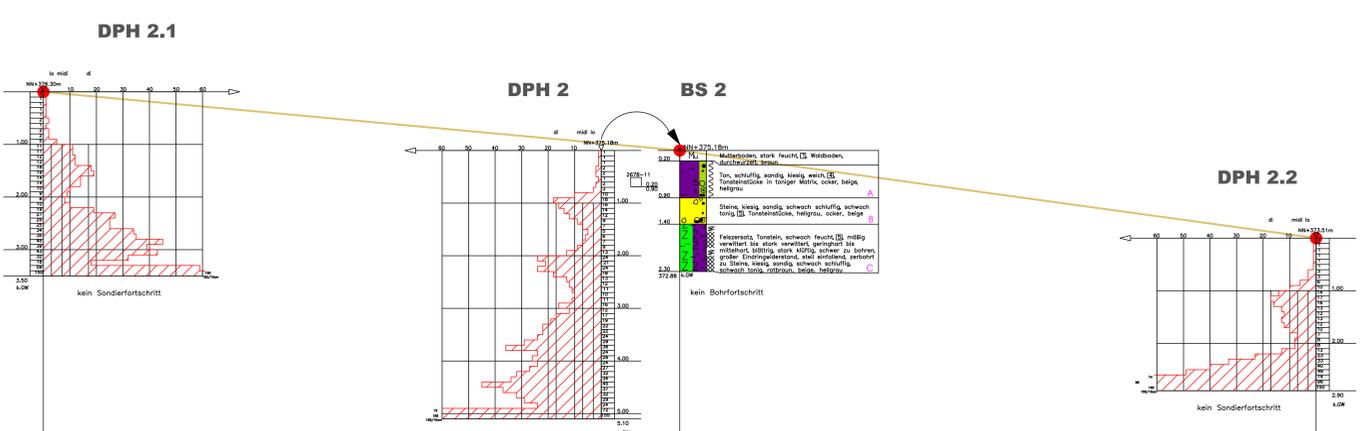
Windpark
 Freudenberg
 Landkreis Siegen-Wittgenstein

Blatt
 2.1

Schnitt WEA 1 neu

Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG

Plan-Nr.: P:\GCG\Projekte\2651-2700\2678\2678-2\GCG-Pläne\2678-2_GCG LS_12.06.2019.dwg
 Plan: 1:50/50
 1:250/50
 0,58x1,79 m
 1,04 m²

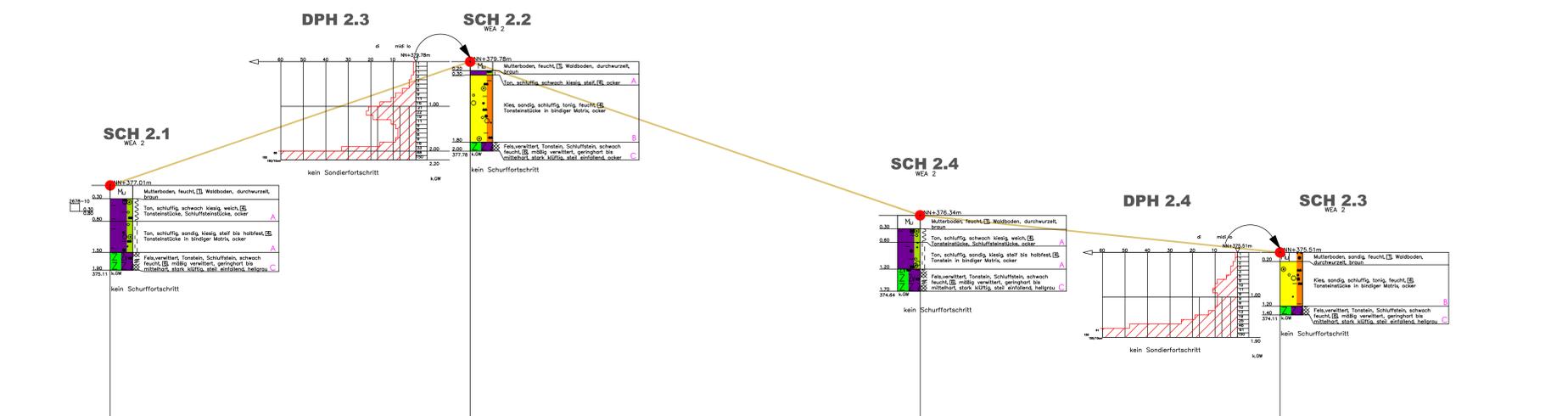


UNTERGRUNDVERHÄLTNISSSE
 Oberboden
 Homogenbereich A: Lockergesteinsböden (Deckschichten)
 Homogenbereich B: Lockergesteinsböden (Verwitterungsböden)
 Homogenbereich C: Verwitterter Fels / Fels

+ 365,00m ü NN

Geländehöhe [m ü NN]	376,30	375,18	373,51
Ruhewasserstand [m ü NN]	n.f.	n.f.	n.f.
Grundwassereintritt [m ü NN]	n.f.	n.f.	n.f.
OK Felsklasse 6/7 [m ü NN]	372,90	370,28	370,91
Stationierung			

WEA 2



+ 365,00m ü NN

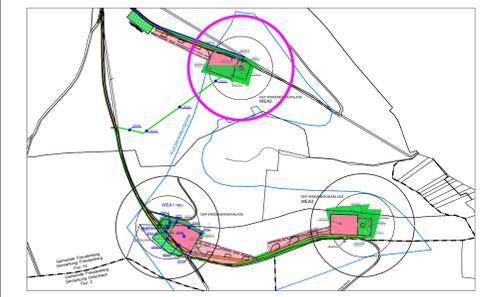
Geländehöhe [m ü NN]	377,01	375,51	376,34	375,51
Ruhewasserstand [m ü NN]	n.f.	n.f.	n.f.	n.f.
Grundwassereintritt [m ü NN]	n.f.	n.f.	n.f.	n.f.
OK Felsklasse 6/7 [m ü NN]	375,51	377,08	375,14	374,31
Stationierung				

Kranstellfläche WEA 2

LEGENDE:

- BS Bohrsondierung
- DPH Schwere Rammsondierung
- SCH Schurf
- Geländeoberkante entlang der Bohrprofile
- Planungshöhe
- vermutete Oberkante Felsklasse 6/7
- Ruhewasserstand
- Grundwasser nach Bohrende
- Wassereintritt
- kein Grundwasser feststellbar
- Becherprobe 0,7 l
- Sonderprobe
- Eimerprobe 5 l
- Bohransatzpunkt
- Bodenklassifikation nach DIN 18196 (Bodengruppe)
- Bodenmechanische Laborversuche
- Bodenklassen DIN 18300
- A Auffüllungen
- Mu Mutterbodenhorizonte
- schluffige Horizonte
- tonige Horizonte
- sandige Horizonte
- kiesig, steinige Horizonte
- Fels (verwittert/fest)
- Fels (allgemein)
- vernäbt
- breiige Konsistenz
- weiche Konsistenz
- steife Konsistenz
- halbsteife Konsistenz
- feste Konsistenz/hart

Rammdiagramm
 Schlagszahlen pro 10cm



Datum | Änderung | bearb. | ges.

Auftraggeber: **EnBW** Windkraftprojekte GmbH
 Scheimwenenstraße 15
 70567 Stuttgart

Soarbrücken, den 12.06.2019

gesehen
 Plangrundlage

Projekt: **Windpark Freudenberg**
 Landkreis Siegen-Wittgenstein

Blatt: 2.2

Planinhalt: **Schnitte WEA 2**

Plansteller: **GCG** Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG
 Böhler Straße 111a
 D-66130 Soarbrücken
 Tel.: +49 (0) 681 - 37 99 75 - 3
 Fax: +49 (0) 681 - 37 99 75 - 40
 E-Mail: gcg@heer.de
 Web: www.gcg-dr-heer.de

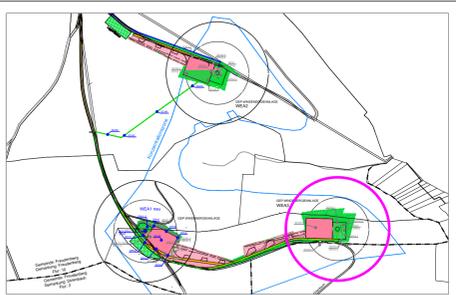
Mößltopf
 1:50/50
 Konstruktive
 1:250/50
 Blattgröße
 0,58x1,59 m
 0,92 m²

Plan-Nr.
 Proj

P:\GCG\Projekte\2651-2700\2678\2678-2\GCG-Pläne\2678-2_GCG_LS_12.06.2019.dwg

LEGENDE:

- BS Bohrsondierung
- DPH Schwere Rammsondierung
- SCH Schurf
- Geländeoberkante entlang der Bohrprofile
- Planungshöhe
- vermutete Oberkante Felsklasse 6/7
- Ruhewasserstand
- Grundwasser nach Bohrende
- Wassereintritt
- kein Grundwasser feststellbar
- Becherprobe 0,7 l
- Sonderprobe
- Eimerprobe 5 l
- Bohransatzpunkt
- Bodenklassifikation nach DIN 18196 (Bodengruppe) (Bodenmechanische Laborversuche)
- Bodenklassen DIN 18300
- A Auffüllungen
- Mu Mutterbodenhorizonte
- schluffige Horizonte
- tonige Horizonte
- sandige Horizonte
- kiesig, steinige Horizonte
- Fels (verwittert/fest)
- Fels (allgemein)
- verrät
- breiige Konsistenz
- weiche Konsistenz
- steife Konsistenz
- halbfeste Konsistenz
- feste Konsistenz/ hart



Datum	Änderung	bes.:	gh:
-------	----------	-------	-----

Auftraggeber: **EnBW** Windkraftprojekte GmbH
 Schelmewasstraße 15
 70567 Stuttgart

Saarbrücken, den 12.06.2019

Projekt: **Windpark Freudenberg**

Planungsbüro: **Landkreis Siegen-Wittgenstein**

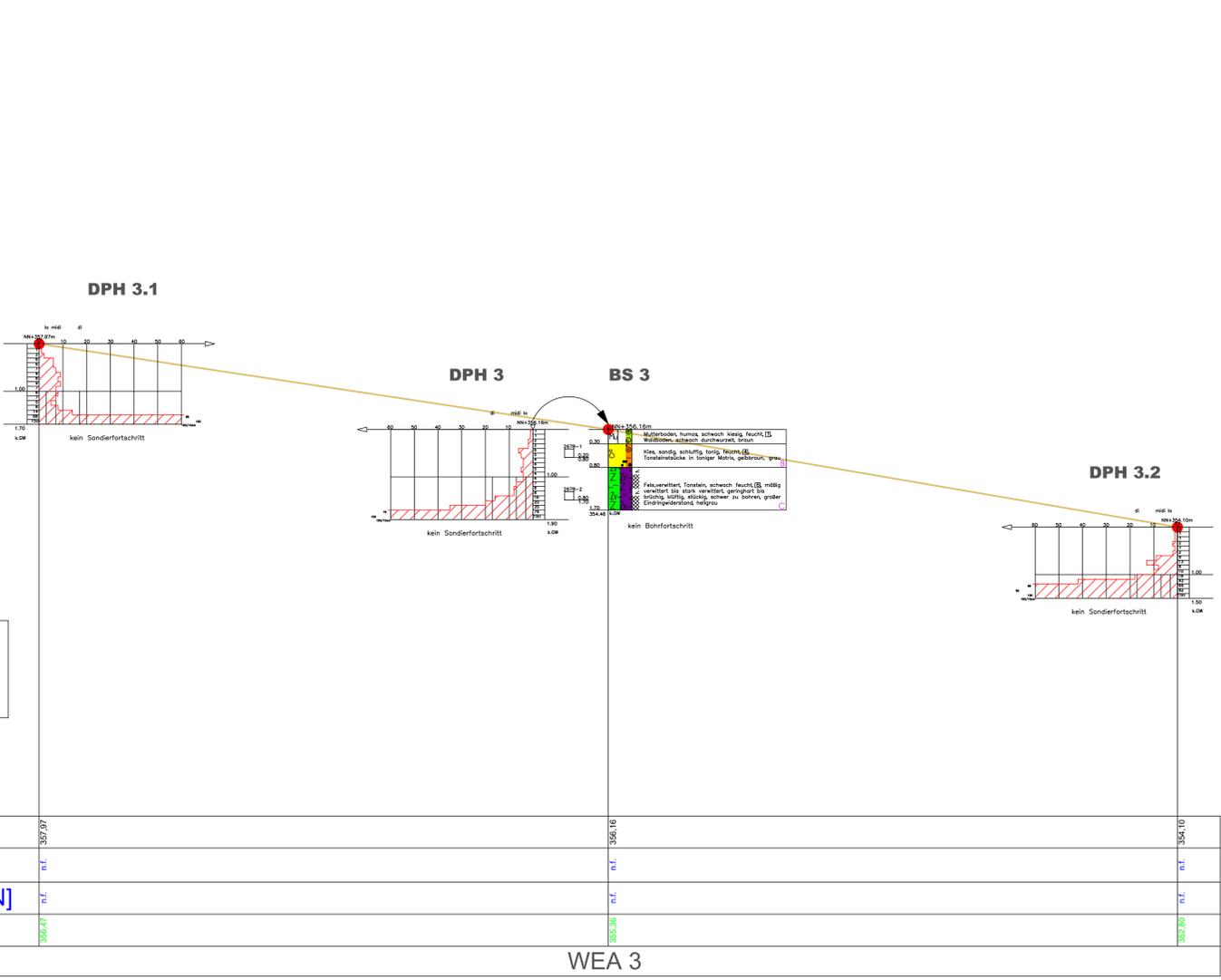
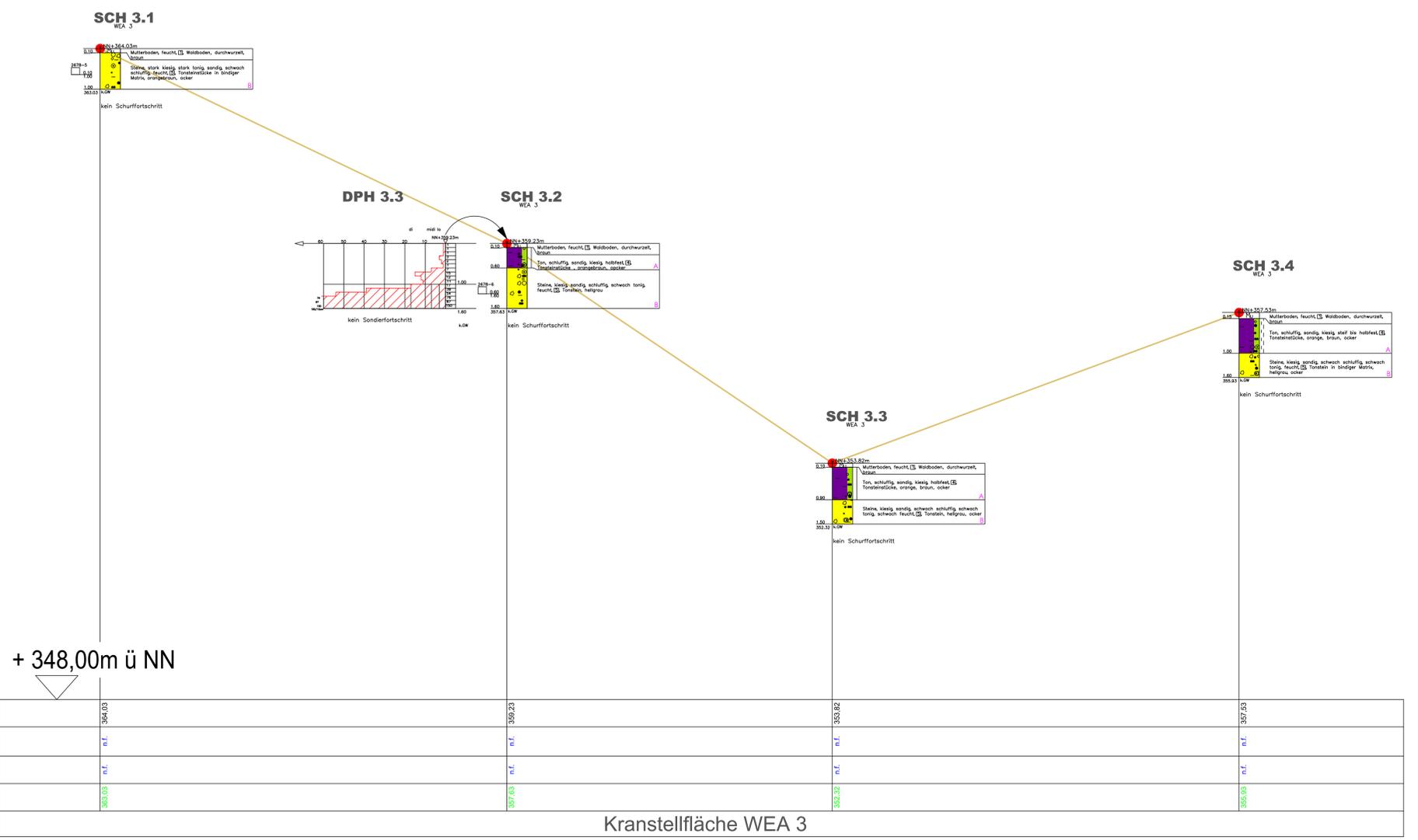
Blatt: **2.3**

Schnitte WEA 3

Plansteller: **GCG Geotechnik Dr. Heer GmbH & Co. KG**

Planung: Böhrer Straße 111a, D-66130 Saarbrücken
 Tel.: +49 (0) 681 - 37 99 75 - 3
 Fax: +49 (0) 681 - 37 99 75 - 40
 E-Mail: gcg@g-heer.de
 Web: www.gcg-dr-heer.de

Maßstab: 1:500 (SO)
 Koordinaten: 1:250/50
 Blattgröße: 0,58x1,59 m
 0,92 m²



UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE

Oberboden

Homogenbereich A: Lockergesteinsböden (Deckschichten)

Homogenbereich B: Lockergesteinsböden (Verwitterungsböden)

Homogenbereich C: Verwitterter Fels / Fels

+ 348,00m ü NN

Geländehöhe [m ü NN]	356,97	356,16	354,10
Ruhewasserstand [m ü NN]	n.l.	n.l.	n.l.
Grundwassereintritt [m ü NN]	n.l.	n.l.	n.l.
OK Felsklasse 6/7 [m ü NN]	356,97	355,36	352,30
Stationierung			

+ 348,00m ü NN

Geländehöhe [m ü NN]	360,03	359,23	353,82
Ruhewasserstand [m ü NN]	n.l.	n.l.	n.l.
Grundwassereintritt [m ü NN]	n.l.	n.l.	n.l.
OK Felsklasse 6/7 [m ü NN]	360,03	357,63	352,32
Stationierung			

Kranstellfläche WEA 3

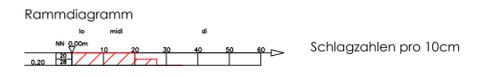
LEGENDE:

- BS Bohrsondierung
- DPH Schwere Rammsondierung
- SCH Schurf

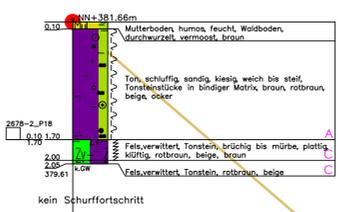
- Geländeoberkante entlang der Bohrprofile
- Planungshöhe
- vermutete Oberkante Felsklasse 6/7
- ▼ Ruhewasserstand
- ▼ Grundwasser nach Bohrende
- ▼ Wassereintritt
- k. GW kein Grundwasser feststellbar
- Becherprobe 0,7 l
- Sonderprobe
- Eimerprobe 5 l
- Bohransatzpunkt
- ⊕ Bodenklassifikation nach DIN 18194 (Bodengruppe)
(Bodenmechanische Laborversuche)
- Bodenklassen DIN 18300

- A Auffüllungen
- Mu Mutterbodenhorizonte
- schluffige Horizonte
- tonige Horizonte
- sandige Horizonte
- kiesig, steinige Horizonte
- Fels (verwittert/fest)
- Fels (allgemein)

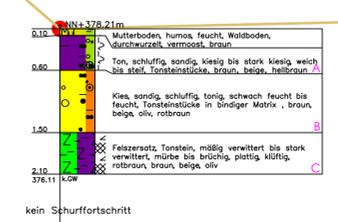
- vernäbt
- breiige Konsistenz
- weiche Konsistenz
- steife Konsistenz
- halbfeste Konsistenz
- feste Konsistenz/hart



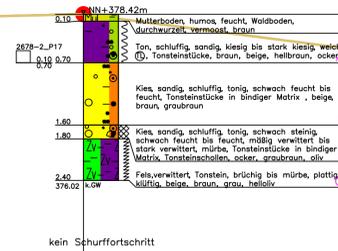
SCH 6 neu



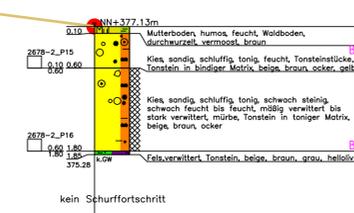
SCH 5 neu



SCH 4 neu



SCH 3 neu



UNTERGRUNDVERHÄLTNISS

Oberboden

Homogenbereich A: Lockergesteinsböden (Deckschichten)

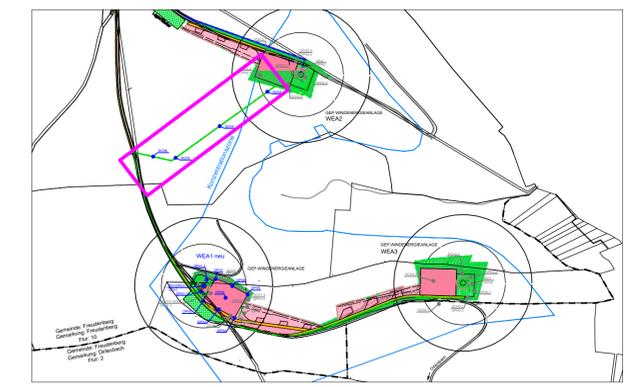
Homogenbereich B: Lockergesteinsböden (Verwitterungsböden)

Homogenbereich C: Verwitterter Fels / Fels

+ 370,00m ü NN

Geländehöhe [m ü NN]	381.66	378.21	378.42	377.13
Ruhewasserstand [m ü NN]	n.f.	n.f.	n.f.	n.f.
Grundwassereintritt [m ü NN]	n.f.	n.f.	n.f.	n.f.
OK Felsklasse 6/7 [m ü NN]	379.96	376.11	376.62	375.33
Stationierung				

Kabeltrasse Waldfläche



Datum	Änderung	bearb.	ges.
Auftraggeber 		EnBW Windkraftprojekte GmbH Schelmenwasenstraße 15 70567 Stuttgart	
Saarbrücken, den 12.06.2019 Br	Projekt	Nr.	
gesehen	Windpark Freudenberg Landkreis Siegen- Wittgenstein	Anlage	
Plangrundlage		Blatt	
Planinhalt Schnitt Kabeltrasse Waldfläche		2.4	
Planersteller Bühler Straße 111c D-66130 Saarbrücken Tel.: +49 (0) 681 - 37 99 75 - 3 Fax.: +49 (0) 681 - 37 99 75 - 40 E-Mail: gcg-dr-heer.de Web: www.gcg-dr-heer.de		Maßstab 1: 50/50 Kranzfläche 1: 250/50 Blattgröße 0,58x0,92 m 0,53 m²	
Plan-Nr. Pfad		P:\GCG\Projekte\2651-2700\2678\2678-2\GCG-Pläne\2678-2_GCG_LS_12.06.2019.dwg	