

WPW Geoconsult Südwest GmbH
Büro Ramstein
Raiffeisenstraße 16
66877 Ramstein-Miesenbach

Telefon 06371/49 96-0
Telefax 06371/49 96-20
E-Mail ramstein@wpwgeo-sw.de
www.wpwgeo-sw.de

Geotechnischer Bericht

Objekt: **Windpark Reichenbach-Steegen**
WEA 01, 02, 03 und 04
4 x Vestas V 162 NH 169 m

Auftraggeber: **juwi AG**
Energie-Allee 1
55286 Wörrstadt

Auftrag Nr.: **20.92592.1**

Datum: **27.09.2021**

92592.1_G

Geschäftsführer: Dipl.-Ing. S. Arnsberg, Dipl.-Umweltwiss. B. Herrmann, Dr.-Ing. M. Luber
Gesellschafter: Dipl.-Ing. S. Arnsberg, Dipl.-Ing. M. Gräser, Dipl.-Umweltwiss. B. Herrmann, Dr.-Ing. M. Luber
HRB 63041 | Registergericht: Ludwigshafen am Rhein | USt.Id.Nr. DE283038037
Bank 1 Saar St. Ingbert, BLZ 591 900 00, Konto 116380005, IBAN DE47591900000116380005, SWIFT/ BIC SABADE55
Deutsche Bank Kaiserslautern, BLZ 540 700 24, Konto 0195198, IBAN DE44540700240019519800, SWIFT/ BIC DEUTDEDB540
Sparkasse Rhein Neckar Nord Mannheim, BLZ 670 505 05, Konto 39185253, IBAN DE18670505050039185253, SWIFT/ BIC MANSDE66XXX

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einführung	3
2	Vorhandene Unterlagen und Beschreibung der Baumassnahme	3
3	Beschreibung der Baugrundverhältnisse	4
3.1	Aufschlussprogramm	4
3.2	Geologischer Überblick	5
3.3	Bodenverhältnisse	5
3.3.1	WEA 01	5
3.3.2	WEA 02	7
3.3.3	WEA 03	8
3.3.4	WEA 04	9
3.4	Hydrogeologische Verhältnisse	10
3.5	Bodengruppen, Frostempfindlichkeitsklassen	11
3.6	Homogenbereiche nach DIN 18300 (2016)	11
3.7	Bodenkenngrößen	14
3.8	Erdbebenzone	16
4	Gründung	16
4.1	WEA 01, WEA 02 und WEA 03	16
4.2	WEA 04	17
5	Ausführungshinweise	18
5.1	Hinweise zur Baugrube	18
5.2	Hinweise zum Bodenaustausch / Polster	19
5.3	Ableitung von Oberflächen- und Schichtwasser, Turmwasser	20
5.4	Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen	20
5.5	Hinweise zum Herstellen der Schottersäulen	21
6	Betonaggressivität des Baugrundes	22
7	Verfüllen von Leitungsgräben	22
8	Hinweise zu den Kranstellflächen	22

ANLAGEN

- 0 Legende
- 1 Übersichtslagepläne
- 2 Schnitte, Lageskizze
- 3 Geotechnische Laborversuche
- 4 Grundbruch-/Setzungsberechnung
- 5 Prüfbericht zur Betonaggressivität
- 6 Fotos der Kernbohrungen

VERTEILER

juwi AG
Energie-Allee 1 ·
55286 Wörrstadt

1-fach und PDF

Stablo@juwi.de

1 EINFÜHRUNG

Im Windpark Reichenbach-Steegen ist die Errichtung von 4 Windenergieanlagen Vestas V 162, Nabenhöhe 169 m geplant. WPW Geoconsult Südwest GmbH wurde mit der Durchführung von geotechnischen Untersuchungen und der Erarbeitung eines Geotechnischen Berichtes beauftragt.

2 VORHANDENE UNTERLAGEN UND BESCHREIBUNG DER BAUMASSNAHME

Für die Ausarbeitung des Berichtes standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [1] Lageplan, Windpark, M 1:2500, 21.04.2021
- [2] Schalplan Fundament Durchmesser 24,5 m, Max Bögl, Maßstab 1 : 200 / 1 : 50, Stand 08.01.2020
- [3] Geologische Karte von Rheinland-Pfalz, Blatt 6411 Wolfstein, M 1: 25.000

Den vorliegenden Unterlagen zufolge ist die Errichtung von 4 Windenergieanlagen des Typs Vestas V 162 mit einer Nabenhöhe von 169 m geplant.

Der Unterlage [2] zufolge können die Anlagen mit einem Kreisringfundament gegründet werden. Die Fundamentsohle wird planmäßig auf der Kote -0,240 m angeordnet. Bezugsebene ist die Geländeoberkante am Fundamentmittelpunkt, die mit der Kote $\pm 0,0$ m belegt ist. Der Fundamentaußendurchmesser beträgt 24,50 m, der Durchmesser des äußeren Weichschichtrings (Kreisringinnendurchmesser) beträgt 14,90 m. Der Grundwasserspiegel darf maximal bis zur Kote $\pm 0,0$ m ansteigen. Das Fundament wird planmäßig bis auf die Kote +2,560 m überschüttet.

Nach Unterlage [2] wirken in der Fundamentsohle folgende charakteristische Lasten ohne Berücksichtigung der Überschüttung:

Tabelle 1: Charakteristische Fundamentlasten bezogen auf UK Fundament ohne Berücksichtigung der Erdüberschüttung

Last	Lastfall BS-P	Lastfall BS-A
Maximale Horizontallast H_k:	1.375 kN	1.650 kN
Maximale Vertikallast V_k:	38.107 kN	38.147 kN
Maximales Moment M_k:	218.788 kNm	262.685 kNm
Maximale Kantenpressung $\sigma_{R,k}$:	286,6 kN/m ²	360,3 kN/m ²

Der geforderte Mindestwert der dynamischen Drehfedersteifigkeit beträgt $k_{\phi, \text{dyn}} = 200.000 \text{ MN m/rad}$, der Mindestwert der statischen Drehfedersteifigkeit beträgt $k_{\phi, \text{stat}} = 40.000 \text{ MN m/rad}$. Als zulässige Schiefstellung für eine Beanspruchungszeit von 25 Jahren gilt $\Delta s \leq 3 \text{ mm/m}$.

Die planmäßige Mindestwichte der Fundametauflast beträgt 18 kN/m^3 . Eine Abweichung von diesem Wert kann durch eine Variation der Überschüttungsmächtigkeit ausgeglichen werden.

In Unterlage [1] sind folgende Koordinaten für die jeweiligen Fundamentmittelpunkte angegeben:

Tabelle 2: UTM32 (ETRS 89) Koordinaten der Fundamentmittelpunkte

WEA Nr.	Ostwert	Nordwert
01	32 393532	5486215
02	32 394180	5486101
03	32 394787	5486230
04	32 394502	5486488

3 BESCHREIBUNG DER BAUGRUNDVERHÄLTNISS

3.1 Aufschlussprogramm

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden an jeder Anlage 2 Baggerschürfe sowie 3 Sondierungen mit der Schweren Rammsonde (DPH) ausgeführt. An den Standorten der WEA 01, 02 und 03 wurden zusätzlich am Fundamentmittelpunkt gewerbliche Kernbohrungen bis max. 20 m Tiefe durchgeführt. In den Kranstellflächen wurde jeweils ein Baggerschurf angelegt.

Die Lage der Aufschlusspunkte ist der Lageskizze der Anlage 2 zu entnehmen. Die Aufschlussprofile sind in der Anlage 2 in Schnitten dargestellt. Höhenmäßiger Bezug erfolgte zur Geländehöhe am Fundamentmittelpunkt (Kote $\pm 0,0$ m), welcher bauherenseits ausgepflockt war.

An entnommenen gestörten Proben wurden im chemischen Labor folgende Versuche durchgeführt:

- 4 x Bestimmung der Betonaggressivität an Bodenproben.

Zusätzlich wurden an entnommenen Proben folgende bodenmechanische Laborversuche durchgeführt:

- 2 x Bestimmung des natürlichen Wassergehaltes gemäß DIN 18121
- 4 x Bestimmung des Wassergehaltes und der Fließ- und Ausrollgrenze gemäß DIN 18122
- 3 x Bestimmung der Korngrößenverteilung gemäß DIN 18123

3.2 Geologischer Überblick

Das Untersuchungsgebiet liegt regionalgeologisch im Verbreitungsgebiet der Kusel-Gruppe des Unterrotliegenden, die hier von Sandsteinen, Schluffsteinen und Tonsteinen aufgebaut wird. In diese Gesteine können Kalksteine und Kohlenflözchen eingeschaltet sein. Die Basis der Gruppe besteht aus Feistkonglomerat (geröllführende Sandsteine, Tonsteine und Arkosen).

3.3 Bodenverhältnisse

3.3.1 WEA 01

Der Standort der WEA 01 liegt in einer landwirtschaftlich genutzten Fläche. Die Geländeoberfläche in der unmittelbaren Umgebung des Standortes weist ein Gefälle von ca. 5° in südwestlicher – westlicher Richtung auf.

Der Schurf 1.1 schloss unter 30 cm Oberboden bis 0,8 m Tiefe dunkelbraunen Hangschutt aus schwach schluffigem, schwach blöckigem, steinigem, stark sandigem Kies auf. Darunter folgt bis zur Endtiefe von 2,6 m Tiefe dunkelbrauner Sandsteinersatz aus schwach schluffigem, schwach sandigem, kiesigem, blockigem bis stark blockigem Kies.

Mit dem Schurf 1.2 wurde unter 30 cm Oberboden bis 1,2 m Tiefe dunkelbrauner Lehm aufgeschlossen. Darunter folgt bis 2,5 m Tiefe dunkelbrauner Hangschutt in Form von schwach steinigem, sandigem, schluffigem, kiesigem Stein (Sandstein). Bis 3,3 m Tiefe wurde darunter dunkelgrauer bis dunkelbrauner Tonsteinersatz aus Schluff mit kiesigen und sandigen Beimengungen konstatiert. Darunter wurde bis zur Schurfendtiefe von 4,5 m schwach schluffiger bis schluffiger, sandiger, steiniger bis stark steiniger Kies als Tonsteinersatz festgestellt.

Die Bohrung KB 1.5 schloss unter 20 cm mächtigem Oberboden bis 0,8 m Tiefe dunkelbraunen, kiesigen und schluffigen Sand auf. Darunter folgt bis 2,0 m Tiefe rötlich brauner, sandiger, toniger Schluff halbfester Konsistenz. Nachfolgend wurden bis zur Tiefe von 3,5 m schwach schluffige, sandige bis stark sandige Kiese aus Schluffstein festgestellt. Unterlagernd folgt der Verwitterungshorizont des Sandsteins. Bis 4,0 m zerfällt er kleinstückig, bis 7,0 m stückig. Mit Ausnahme der Tiefenlage zwischen 11,3 m und 12,2 m, wo eine kleinstückige Wechsellagerung von Tonstein und Sandstein festgestellt wurde, wurde danach bis zur Endtiefe von 19,2 m verwitterter, rötlich brauner Sandstein mäßig hoher- hoher Festigkeit erkundet.

Im Schurf 1.6 am Kranstandort wurde unter 30 cm Oberboden bis 0,6 m Tiefe dunkelbrauner Hangschutt aus sandigem, schluffigem Kies aufgeschlossen. Darunter steht bis 1,0 m Tiefe dunkelbrauner, verlehmteter Hangschutt aus steinigem, sandigem Schluff und Kies an. Darunter folgt bis 1,5 m Tiefe dunkelbrauner Lehm. Bis 2,0 m Tiefe steht danach dunkelbrauner Lehm an. Bis zur Schurfendtiefe von 3,6 m wurde Tonsteinersatz aus schwach tonigem, steinigem, sandigem, schluffigem Kies erkundet.

Im Tiefenbereich bis maximal ca. 2,5 m unter GOK wurden mit den Sondierungen mit der Schweren Rammsonde Schlagzahlen von $N_{10,DPH} \approx 2 - 5$ ermittelt. Darunter liegen die Schlagzahlen überwiegend bei ≥ 6 , entsprechend mindestens steifer Konsistenz der feinkörnigen Böden bzw. mindestens mittlerer Lagerungsdichte der gemischtkörnigen Böden.

Ausgerammt wurden die Sondierungen in Tiefen von 3,1 m bis 3,9 m. In diesem Tiefenbereich ist der Übergang zum stark verwitterten bis verwitterten Festgestein zu erwarten.

3.3.2 WEA 02

Der Standort der WEA 02 liegt in einer landwirtschaftlich genutzten Fläche. Die Geländeoberfläche in der unmittelbaren Umgebung des Standortes weist ein Gefälle von ca. 11° in südlicher – südöstlicher Richtung auf.

Der Schurf 2.1 schloss unter 20 cm Oberboden bis 1,5 m Tiefe dunkelbraunen Hangschutt aus schwach schluffigem, sandigem, steinigem Kies auf. Darunter wurde bis zur Schurfendteufe von 3,5 m stark verwitterter, gering harter Sandstein mit plattiger bis blättriger Schichtausbildung angetroffen. Beim Ausheben zerfällt das Material grobstückig. Die Schichtung ist als mäßig bis stark geneigt zu bezeichnen. Saiger zur Schichtung wurde eine mittelständige Klüftung festgestellt.

Mit dem Schurf 2.2 wurde unter 30 cm Oberboden bis 1,0 m Tiefe Hangschutt aus schluffigen, kiesigen, steinigen Sanden konstatiert. Darunter wurde bis zur 2,3 m Tiefe Hangschutt in der Kornzusammensetzung von Steinen in einer schwach schluffigen, sandigen, kiesigen Matrix angetroffen. Es folgt bis 3,4 m Tiefe verlehmtter Tonzersatz aus kiesigem, sandigem Schluff. Bis zur Schurfendteufe von 3,8 m wurde Tonsteinersatz aus schluffigem, sandigem, steinigem Kies erkundet.

Die Bohrung KB 2.5 schloss bis 0,5 m dunkelbraune, schwach schluffige Kiese und Sande auf. Darunter folgt bis 1,8 m Tiefe rötlich brauner, schwach schluffiger bis schluffiger, sandiger Kies. Nachfolgend wurde bis zur Tiefe von 5,0 m toniger, sandiger, kiesiger bis stark kiesiger Schluff als Tonsteinersatz festgestellt. Bis zur Tiefe von 5,5 m wurden schwach tonige, schwach sandige, schwach steinige Kiese beobachtet. Unterlagernd folgt der Verwitterungshorizont des Sandsteins. Ab 7 m bis zur Endtiefe von 16,2 ist der Sandstein lediglich angewittert und wenig geklüftet und weist eine mäßig hohe – hohe Festigkeit auf.

Im Schurf 2.6 am Kranstandort wurde unter 30 cm Oberboden bis 1,4 m Tiefe dunkelbrauner Hangschutt aus schwach schluffigen, schwach blockigen, sandigen, kiesigen Steinen aufgeschlossen.

Darunter steht bis 2,5 m Tiefe dunkelbrauner bis dunkelgrauer, verlehmtter Hangschutt aus schwach tonigem, schwach sandigem bis sandigem, kiesigem Schluff an. Darunter folgt bis zur Endtiefe von 3,9 m dunkelbrauner bis dunkelgrauer Hangschutt. Im Hangenden (bis 3,1 m) hat er eine Kornzusammensetzung von schwach blockigen, sandigen, schluffigen, kiesigen Steinen. Im Liegenden ist er als schwach schluffiger bis schluffiger, steiniger, stark sandiger Kies zu bezeichnen.

In der Sondierung mit der Schweren Rammsonde DPH 2.3 wurden die Schlagzahlen von $N_{10,DPH} \geq 6$ bereits ab der Tiefe von 0,6 m beobachtet. Mit den Sondierungen DPH 2.4 und 2.6 liegen die Schlagzahlen noch bis 3 m u. GOK bei $N_{10,DPH} < 6$. Ausgerammt wurden die Sondierungen in Tiefen von 2,7 m bis 5,3 m. In diesem Tiefenbereich ist der Übergang zum stark verwitterten bis verwitterten Festgestein zu erwarten.

3.3.3 WEA 03

Der Standort der WEA 03 liegt in einer landwirtschaftlich genutzten Fläche. Die Geländeoberfläche in der unmittelbaren Umgebung des Standortes weist ein Gefälle von ca. 10° in südlicher Richtung auf.

Der Schurf 3.1 schloss unter 20 cm Oberboden bis 0,9 m Tiefe dunkelbraunen Hangschutt auf. Darunter folgt bis 2,9 m Tiefe dunkelbrauner Lehm steifer bis halbfester Konsistenz. Bis zur Schurfendteufe von 3,6 m wurde darunter stark verwitterter Schluffstein mit blättriger bis plattiger Schichtausbildung und geringer Härte angetroffen. Die Schichtung ist als mäßig bis stark geneigt zu bezeichnen.

Mit dem Schurf 3.2 wurde unter 30 cm Oberboden bis 0,8 m Tiefe dunkelbrauner Lehm halbfester Konsistenz aufgeschlossen. Darunter folgt bis 2,5 m Tiefe dunkelgrauer Hangschutt aus schluffigem, sandigem, steinigem Kies. Bis zur Schurfendteufe von 4,6 m wurde verlehmtter Hangschutt konstatiert. Im Hangenden (bis 3,7 m Tiefe) ist er als schwach toniger, sandiger, kiesiger Schluff anzusprechen. Im Liegenden hat er eine Kornzusammensetzung von sandigem Schluff und Kies.

Die Bohrung KB 3.5 schloss unter 30 cm mächtigem Oberboden bis 0,6 m Tiefe dunkelbraune Steine (Sandstein) in schwach schluffiger, sandiger, kiesiger Matrix auf.

Darunter folgt bis 2,0 m Tiefe eine Wechsellagerung aus Verwitterungsprodukten des Sandsteins und Schluffsteins in der Kornzusammensetzung von tonigem, sandigem, kiesigem Schluff und tonigem, schluffigem, sandigem Kies. Die bindigen Partien weisen eine halbfeste Konsistenz auf. Bis 3,0 m u. GOK wurde darunter Tonsteinersatz aus schwach schluffigen, sandigen Kiesen angetroffen. Bis 3,5 m u. GOK folgt Sandsteinersatz in Form schwach schluffigen bis schluffigen, sandigen Kiesen. Unterlagernd folgt bis 9,9 m Tiefe verwitterter Sandstein. Schließlich wurde bis zur Endtiefe von 20 m verwitterter, kleinstückig zerfallender Tonstein erkundet. In den Tiefen von 11,5 m – 12,0 m ist er vollständig zu Lockergestein (Ton) verwittert.

Im Schurf 3.6 am Kranstandort wurde unter 30 cm Oberboden bis 2,2 m Tiefe dunkelbrauner, verlehmteter Hangschutt festgestellt. Darunter steht bis zur Endtiefe von 4,2 m Tiefe dunkelbrauner Tonstein an. Die Schichtung ist als blättrig und steil anzusprechen.

In der Sondierung mit der Schweren Rammsonde DPH 3.4 wurden die Schlagzahlen von $N_{10,DPH} \geq 6$ bereits ab der Tiefe von 1,3 m beobachtet. Mit den Sondierungen DPH 3.3 und 3.5 liegen die Schlagzahlen noch bis max. 4,2 m u. GOK (DPH 3.3) bei $N_{10,DPH} < 6$. Ausgerammt wurden die Sondierungen in Tiefen von 2,1 m bis 6,2 m. In diesem Tiefenbereich ist der Übergang zum stark verwitterten bis verwitterten Festgestein zu erwarten.

3.3.4 WEA 04

Der Standort der WEA 04 liegt in einer landwirtschaftlich genutzten Fläche. Die Geländeoberfläche in der unmittelbaren Umgebung des Standortes weist ein Gefälle von 2 - 4° in östlicher Richtung auf.

Mit dem Schurf 4.1 wurde unter 20 cm Oberboden bis 0,5 m Tiefe dunkelbrauner Hangschutt aus schwach schluffigen, sandigen, kiesigen Steinen aufgeschlossen. Bis zur Schurfendtiefe von 2,5 m wurde dunkelbrauner, stark verwitterter, mürber bis geringfügig harter Schluffstein und Sandstein festgestellt. Die Schichtung ist als plattig und steilstehend anzusprechen.

Der Schurf 4.2 an der Talseite des Fundamentes schloss unter 20 cm Oberboden bis 0,8 m Tiefe dunkelbraunen Lehm auf.

Bis zur Schurfendtiefe von 1,6 m wurde dunkelbrauner, stark verwitterter, mürber Schluffstein und Tonstein erkundet. Die Schichtung ist als blättrig bis plattig und mäßig geneigt anzusprechen.

Im Schurf 4.6 am Kranstandort wurde unter 30 cm Oberboden bis 1,0 m Tiefe dunkelbrauner verlehmtter Hangschutt aus sandigem, steinigem Schluff und Kies aufgeschlossen. Bis zur Schurfendtiefe von 2,5 m wurde dunkelbrauner, stark verwitterter Tonstein festgestellt. Die Schichtung ist als blättrig bis plattig und steil anzusprechen.

In den drei Sondierungen mit der Schwere Rammsonde betragen die Schlagzahlen bis max. ca. 0,9 m Tiefe ca. $N_{10,DPH} \approx 2 - 5$. Darunter steigen die Schlagzahlen an und kennzeichnen damit eine überwiegend mitteldichte und dichte Lagerung der anstehenden Lockergesteine. Ausgerammt wurden die Sondierungen in Tiefen von 2,2 m bis 4,8 m.

3.4 Hydrogeologische Verhältnisse

Grundwasser wurde nur bei den WEA 01 und WEA 03 angetroffen.

Der Ruhewasserspiegel des Grundwassers lag im Fall der WEA 01 bei 14,25 m u. GOK und im Fall der WEA 03 bei 5,73 m u. GOK.

Am Standort der WEA 01 wurde zusätzlich Schichtwasser in Tiefen von 3,4 m (Sch 1.2) bis 3,6 m (Sch 1.6) unter GOK angetroffen.

Am Standort der WEA 03 wurde Schichtwasser in der Tiefe von 2,8 m unter GOK im Schurf 3.6 angetroffen.

Ein Anstieg des Grundwassers bis über die Fundamentsohle ist auch in niederschlagsreichen Perioden nicht zu erwarten. Allerdings ist eine witterungsbedingte, oberflächennahe Schichtwasserführung vorhanden.

Aufgrund der geringen Durchlässigkeit des Festgesteins bzw. der feinkörnigen Schichten ist es möglich, dass sich auf der Baugrubensohle Sickerwasser oder temporäres Schichtwasser aufstaut und hierdurch Auftrieb auftreten kann. Das Ausführen eines Auftriebsfundamentes oder einer Sohldränage ist deshalb an allen Standorten erforderlich.

3.5 Bodengruppen, Frostempfindlichkeitsklassen

Die aufgeschlossenen Schichten wurden den Bodengruppen nach DIN 18196 zugeordnet. Die Einstufung in die Frostempfindlichkeitsklassen erfolgte nach ZTVE-StB 17 Tabelle 1. Die Zuordnung entspricht der Schichtenzusammenfassung in den Aufschlussprofilen.

Tabelle 3: Bodengruppen, Frostempfindlichkeitsklassen

Bodenart		Bodengruppe nach DIN 18196	Frostempfindlichkeitsklasse ZTVE-StB 17
Oberboden		OH	F 2
Decklehm, Hangschutt, In-Situ Zersatz (feinkörnig)		TL, TM, UL, UM, UA	F 3
Hangschutt, In-Situ Zersatz (gemischtkörnig)		GU, GU*, SU, SU*	F 1 – F 3
Hangschutt, In-Situ Zersatz (Steine)		X	F 1
Tonstein, Schluffstein stark verwittert	Zv	-	F 1 - F 2
Sandstein stark verwittert	Zv	-	F 1 - F 2
Sandstein verwittert	Z	-	F 1 – F 2

3.6 Homogenbereiche nach DIN 18300 (2016)

In den Tabellen 4 und 5 sind die im Bereich des Anlagenfundamentes aufgeschlossenen Schichten in Homogenbereiche nach DIN 18300/2016 eingeteilt.

Tabelle 4: Homogenbereiche nach DIN 18300 (2016) für Lockergestein

Homogen-Bereich Nr.	Eigenschaft, Kennwert	Bemerkung
B1	Ortsübliche Bezeichnung	Decklehm, verlehmteter Hangschutt, feinkörniger In-Situ Zersatz
	Korngrößenverteilung	Schluff, schwach tonig, schwach kiesig bis kiesig, sandig bis stark sandig Schluff, schwach tonig bis tonig, schwach sandig bis stark sandig, kiesig bis stark kiesig Schluff / Kies, sandig, steinig
	Massenanteil Steine, Blöcke	5 - 30 %
	Wichte	17 - 19 kN/m ³
	Wassergehalt	10 – 25 %
	Konsistenz	steif - halbfest
	Lagerungsdichte	-
	Organischer Anteil	< 5 %
Bodengruppe nach DIN 18196	TL, TM, UL, UM, UA	
B2	Ortsübliche Bezeichnung	Hangschutt, In-Situ Zersatz (gemischtkörnig)
	Korngrößenverteilung	Kies, schwach schluffig bis schluffig, steinig bis stark steinig, sandig bis stark sandig Kies / Sand, schwach schluffig, steinig Sand, kiesig, schluffig
	Massenanteil Steine, Blöcke	10 - 40 %
	Dichte (Wichte)	18 - 20 kN/m ³
	Wassergehalt	5 – 15 %
	Konsistenz	-
	Lagerungsdichte	locker - mitteldicht
	Organischer Anteil	< 5 %
Bodengruppe nach DIN 18196	GU, GU*, SU, SU*	
B3	Ortsübliche Bezeichnung	Hangschutt, In-Situ Zersatz (Steine)
	Korngrößenverteilung	Steine, schwach schluffig, schwach sandig, kiesig, schwach blockig bis stark blockig Steine, schwach schluffig bis schluffig, sandig, kiesig
	Massenanteil Steine, Blöcke	bis zu 90 %
	Wichte	18 - 21 kN/m ³
	Wassergehalt	5 – 15 %
	Konsistenz	-
	Lagerungsdichte	mitteldicht - dicht
	Organischer Anteil	< 5 %
Bodengruppe nach DIN 18196	X	

Tabelle 5: Homogenbereiche nach DIN 18300 (2016) für Festgestein

Homogenbereich Nr.	Eigenschaften/Kennwerte	Einstufungen
X 1	Geologische/ ortsübliche Bezeichnung	Sandstein des Rotliegenden
	Benennung Beschreibung nach DIN EN ISO 14689-1	Festgestein, sedimentär geschichtet, mittelkörnig - feinkörnig
	Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Ge- steinskörperform nach DIN EN ISO 14689-1	stark geneigte - steile Schichtflächen Schichtflächenabstand: fein laminiert bis dünn Kluftflächenabstand: engständig bis mittelständig Tafelförmige bis prismatische Gesteinskörper
	Druckfestigkeit nach DIN EN ISO 14689-1	gering bis mäßig hoch
	Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689-1	veränderlich
	Verwitterungsstufe nach DIN EN ISO 14689-1	stark verwittert
X 2	Geologische/ ortsübliche Bezeichnung	Sandstein des Rotliegenden
	Benennung Beschreibung nach DIN EN ISO 14689-1	Festgestein, sedimentär geschichtet, mittelkörnig - feinkörnig
	Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689-1	stark geneigte - steile Schichtflächen Schichtflächenabstand: dünn bis dick Kluftflächenabstand: engständig bis weitständig vielflächiger Gesteinskörper
	Druckfestigkeit nach DIN EN ISO 14689-1	mäßig hoch bis hoch
	Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689-1	nicht veränderlich
	Verwitterungsstufe nach DIN EN ISO 14689-1	schwach verwittert

Tabelle 5 (Fortsetzung): Homogenbereiche nach DIN 18300 (2016) für Festgestein

Homogenbereich Nr.	Eigenschaften/Kennwerte	Einstufungen
X 3	Geologische/ ortsübliche Bezeichnung	Tonstein, Schluffstein des Rotliegenden
	Benennung Beschreibung nach DIN EN ISO 14689-1	Festgestein, sedimentär geschichtet, feinkörnig
	Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689-1	Flache Schichtflächen Schichtflächenabstand: fein laminiert bis dünn Saigere bis geneigte Kluftflächen Kluftflächenabstand: sehr engständig bis weitständig Tafelförmige bis prismatische Gesteinskörper
	Druckfestigkeit nach DIN EN ISO 14689-1	sehr gering bis gering
	Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689-1	veränderlich
	Verwitterungsstufe nach DIN EN ISO 14689-1	stark verwittert

3.7 Bodenkenngrößen

Auf der Grundlage der Sondierergebnisse sowie von Erfahrungswerten wurden den definierten Schichten Bodenkenngrößen zugeordnet. Es handelt sich dabei um charakteristische Werte im Sinne der DIN 1054:2010-12, die für Bemessungszwecke mit entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten zu beaufschlagen sind.

Tabelle 6: Bodenkenngrößen (charakteristische Werte)

Bodenart		Wichte γ / γ' [kN/m ³]	Reibungs- winkel ϕ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Quer- dehnungs- zahl ν	Steifemodul [MN/m ²]	
						$E_{s, stat}$	$E_{s, dyn}$
Decklehm, verlehmter Hangschutt, In-Situ Zer- satz	steif	17/8	27,5	4	0,425	6	68
	halbfest	18/8	27,5	8	0,4	12	90
Hangschutt, In-Situ Zer- satz (ge- mischtkörnig)	locker	19/9	35	0	0,375	20	110
	mitteldicht	20/10	35	0	0,325	30	150
	dicht	21/11	35	0	0,325	40	180
Hangschutt, In-Situ Zer- satz (Steine)	locker	19/9	35	0	0,375	30	150
	mitteldicht	20/10	35	0	0,325	50	200
	dicht	21/11	35	0	0,325	80	240
Sandstein, stark verwit- tert	Zv	21/11,5	35,0	0 ¹⁾ / 20 ²⁾	0,325	100	1000
Sandstein, verwittert	Z, Zv	23 / 13	35,0	0 ¹⁾ / 50 ²⁾	0,30	200	2000
Tonstein, Schluffstein, stark verwit- tert	Zv	22/14	30	0 ¹⁾ / 10 ²⁾	0,35	60	240

¹⁾ bei Beanspruchung parallel zu den Trennflächen

²⁾ bei Beanspruchung senkrecht zu den Trennflächen

3.8 Erdbebenzone

Der Standort der Windenergieanlagen gehört zu keiner Erdbebenzone.

4 GRÜNDUNG

4.1 WEA 01, WEA 02 und WEA 03

Im Fall der WEA 02 und WEA 03 liegt die Gründungssohle am bergseitigen Fundamentrand im bzw. leicht oberhalb des stark verwitterten Festgesteins ausreichender Tragfähigkeit. Entlang des talseitigen Fundamentrandes sowie im Bereich der Rammsondierungen stehen bis in 5,0 – 7,5 m unter GOK setzungswillige bindige Böden an.

Im Fall der WEA 01 liegt die Gründungssohle am bergseitigen Fundamentrand im In-Situ Zersatz des Sandsteins ausreichender Tragfähigkeit. Die Ergebnisse der Schurfaufnahme sowie der Sondierungen mit der Schweren Rammsonde belegen jedoch, dass setzungswillige bindige Böden im Wechsel mit gemischtkörnigen Böden talseitig bis ca. 5 m u. GOK reichen können.

Eine Gründung ohne tragfähigkeitserhöhende Maßnahmen ist deshalb nicht möglich. Entlang der talseitigen Fundamentränder ergeben sich unwirtschaftliche Austauschmächtigkeiten (inklusive Geländeauftrag) von > 4,0 m.

Somit wird zur Reduzierung der Setzungen/Schiefstellung eine Baugrundverbesserung mittels Rüttelstopfverdichtung empfohlen. I. d. R. wird über den Schottersäulen ein 50 cm mächtiges Schotterpolster als lastverteilende Schicht eingebaut.

Nähere Hinweise zum Schotterpolster werden im Abschnitt 5.2 gegeben.

Da es sich bei diesem Verfahren um ein Spezialverfahren handelt, ist die Gründung von der ausführenden Firma auf der Grundlage der Bodenkenngößen der Tabelle 6 statisch zu bemessen. Dabei ist der Nachweis zu führen, dass der Mindestwert der Drehfedersteifigkeit sowie die zulässige Schiefstellung eingehalten werden. Die Gründungsparameter sind in der Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 7: Gründungsparameter der WEA 01, 02 und 03

Planmäßiges Gründungsniveau (Kote)	GOK am Mittelpunkt – 0,24 m
Gründungsart	Flachgründung nach Durchführung einer Bodenverbesserung mittels Rüttelstopfverdichtung
Erforderliche dyn. Drehfedersteifigkeit	$k_{\phi, \text{dyn}} = 200.000 \text{ MNm/rad}$
Erforderliche stat. Drehfedersteifigkeit	$k_{\phi, \text{stat}} = 40.000 \text{ MNm/rad}$
Zulässige Schiefstellung	$\leq 3 \text{ mm/m}$
Auftrieb auf Fundamentsohle	Kann auftreten, deswegen Sohldrainage ausführen oder Auftriebsfundament auswählen

4.2 WEA 04

Mit der Gründungskote von -0,24 m am Fundamentmittelpunkt liegt die Gründungssohle bergseitig teilweise im stark verwitterten Sandstein und Schluffstein und teilweise im Decklehm. Am talseitigen Rand liegt die Sohle etwa 0,8 m über GOK über Gelände, so dass hier ein entsprechender Geländeauftrag (analog zum Bodenaustausch, s. Abschnitt 5.2) erforderlich sein wird.

Das Fundament kann flach auf dem Festgestein bzw. dem Geländeauftrag gegründet werden. Die unter der Gründungssohle anstehenden Decklehme sind bis auf das Festgestein auszuheben und durch scherfeste Austauschmassen zu ersetzen. Unmittelbar unter der Fundamentsohle ist vollflächig mindestens 40 cm Schotter zur Vergleichmäßigung der Auflagerbedingungen einzubauen.

Mit dem Programm GGU-Footing erfolgten die Grundbruch- und Setzungsberechnung sowie die Ermittlung der Drehfedersteifigkeit für die Gründungssituation am Fundamentmittelpunkt für die Bemessungssituation BS-A und BS-P nach Eurocode 7. Die Last aus der Überschüttung wurde auf der sicheren Seite liegend nicht berücksichtigt. In der Berechnung wurde ein Innendurchmesser entsprechend dem Durchmesser des äußeren Weichschichtrings angesetzt. Hierbei wurde eine ausreichende Grundbruchsicherheit ermittelt. Die Anforderungen an die statische und dynamische Drehfedersteifigkeit sind ebenfalls erfüllt.

Die Gründungsparameter sind in der Tabelle 8 zusammengefasst.

Tabelle 8: Gründungsparameter WEA 04

Gründungsniveau (Kote) Fundamentplatte	GOK am Mittelpunkt -0,24 m
Gründungsart	Flachgründung
Gründungshorizont	Austauschboden auf Festgestein
Zusatzmaßnahme	vollflächig mind. 0,4 m mächtiger Bodenaustausch bis zum Fels
Maximale Kantenpressung $\sigma_{R,k}$, Lastfall BS-P: 286,6 kN/m²	wird schadlos aufgenommen
Maximale Kantenpressung $\sigma_{R,k}$, Lastfall BS-A: 360,3 kN/m²	wird schadlos aufgenommen
Grundbruchsicherheit Anforderung: $\mu \leq 1,0$	$\mu = 0,15$
dyn. Drehfedersteifigkeit Anforderung: $k_{\phi,dyn} = 200.000$ MNm/rad	$k_{\phi,dyn} = 576.435,1$ MNm/rad
stat. Drehfedersteifigkeit Anforderung $k_{\phi,stat} = 40.000$ MNm/rad	$k_{\phi,stat} = 123.677,2$ MNm/rad
Max. Setzungen/Setzungsdifferenz Anforderung: $\Delta s \leq 3$ mm/m	3,7 cm / 0,0 cm $\Delta s = 1,8$ mm/m
Auftrieb auf das Fundament	kann infolge von Sickerwasser auftreten, Sohldränage mit freiem Auslauf oder Auftriebsfundament ausführen

5 AUSFÜHRUNGSHINWEISE

5.1 Hinweise zur Baugrube

Die bindigen Schichten (Decklehm, feinkörniger Hangschutt bzw. In-Situ Zersatz) sind sehr wasserempfindlich und weichen bei Niederschlagseintrag oder durch Frost/Tau-Wechsel rasch und tiefgründig auf, wodurch die Tragfähigkeit und Verdichtbarkeit der Böden stark abgemindert wird. Freigelegte Sohlen sind deshalb möglichst rasch zu überbauen.

Aus diesem Grund ist die Durchführung der Erdarbeiten in einer witterungsstabilen, trockenen Periode zu empfehlen. Aushubarbeiten sind rückschreitend und in der letzten Lage möglichst auflockerungsfrei, mit flach gestelltem Baggerlöffel oder mit Baggerlöffel mit Schneide auszuführen.

Freigelegte Planien dürfen nicht mit Radfahrzeugen befahren werden und sind möglichst umgehend mit witterungsunempfindlichem Material zu überbauen. Aufgeweichte Massen unter den Austauschböden sind auszuräumen. Der Masseneinbau ist vor Kopf auszuführen.

Für freie Baugrubenböschungen gelten folgende zulässigen Böschungsneigungen:

Decklehm, feinkörniger Hangschutt und In-Situ Zersatz (weich)	$\beta \leq 45^\circ$
Decklehm, feinkörniger Hangschutt und In-Situ Zersatz (steif, halbfest)	$\beta \leq 60^\circ$
gemischtkörniger Hangschutt und In-Situ Zersatz, Steine	$\beta \leq 45^\circ$
Verwittertes Festgestein:	$\beta \leq 80^\circ$

Die Baugrubensohle der WEA 04 ist vom Unterzeichner vor dem Einbau des Bodenaustausches bzw. der Sauberkeitsschicht in Augenschein nehmen zu lassen und nach der Freigabe unverzüglich zu verschließen oder zu überbauen.

Böschungsoberflächen sind gegen Austrocknung und Durchfeuchtung in geeigneter Weise, z.B. durch Folienabdeckung, zu schützen.

5.2 Hinweise zum Bodenaustausch / Polster

Als Austauschboden / Geländeauftrag eignet sich Mineralgemisch der Körnung 0/32 bis 0/56 oder gebrochenes Hartgestein mit einem Größtkorn von 100 mm (Körnung 0/100) mit stetiger Körnungslinie und einem Gehalt an Feinkorn $\leq 15\%$.

Der Austauschboden ist in Schichtdicken von max. 30 cm Dicke einzubauen und lagenweise zu verdichten. Als Verdichtungsanforderung gilt: $D_{Pr} \geq 100\%$. Dieser Wert ist durch Verdichtungskontrollen nachzuweisen.

Bei einer Prüfung der Verdichtung mittels Plattendruckversuchen ist ein Verdichtungsverhältnis $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$ beim Einbau von Schotter bzw. $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$ beim Einbau von gebrochenem Hartgestein nachzuweisen.

Der Austauschboden muss so weit über die Fundamentaußenkanten reichen, dass in diesem eine Lastausbreitung unter 45° gewährleistet ist.

Die Sohle des Bodenaustausches ist in horizontalen Ebenen anzulegen, die ggf. durch Abtreppen der Sohle herzustellen sind.

5.3 Ableitung von Oberflächen- und Schichtwasser, Turmwasser

Der Baugrube zufließendes Oberflächen- oder Schichtwasser ist durch eine Wasserhaltung mit einer Dränage und einem Pumpensumpf (beides außerhalb des Lastabtragungsbereiches) zu fassen und abzuleiten.

Niederschlagswasser aus bergseitig des Fundamentes liegenden Flächen, z. B. Kranstellflächen, ist mittels Dränagen zu fassen und aus dem Fundamentbereich fernzuhalten, ebenso am Turm abfließendes Wasser.

5.4 Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen

Die Massen des Festgesteins, Steine sowie das gemischtkörnige Bodenmaterial sind in maximal erdfeuchtem Zustand für den Einbau im Arbeitsraum sowie zum Überschütten des Fundamentes geeignet. Zur Vergleichmäßigung und Reduzierung der Wasserempfindlichkeit ist eine Verbesserung mit Bindemitteln vorzusehen. Die für die Erdauflast des Fundamentes erforderliche Trockenwichte $\gamma \geq 18,0 \text{ kN/m}^3$ ist erreichbar. Voraussetzung ist der lagenweise Einbau (Schichtdicke $\leq 20 \text{ cm}$) und das fachgerechte Verdichten (Verdichtungsgrad $D_{pr} \geq 100 \%$) der Böden. Das Material muss zuvor ggf. auf eine geeignete Korngröße (Größtkorn 100 mm) gebrochen werden. Das zulässige Größtkorn für den Einbau unter der Kranstellfläche beträgt 400 mm .

Die beim Aushub anfallenden feinkörnigen Lockergesteine sind als Arbeitsraumverfüllung nur nach einer Verbesserung mit Bindemitteln geeignet.

Darüber hinaus wird i. d. R. mit den feinkörnigen Aushubmassen die für die Fundamentüberschüttung erforderliche Wichte $\gamma \geq 18 \text{ kN/m}^3$ als Feuchtwichte bei einem Verdichtungsgrad $D_{pr} \geq 100 \%$ erreicht. Zum Erreichen dieses Verdichtungsgrades ist erfahrungsgemäß jedoch ebenfalls eine Verbesserung mit Bindemittel erforderlich. Eine Trockenwichte $\gamma \geq 18 \text{ kN/m}^3$ ist i. d. R. auch bei einer Verbesserung mit Bindemittel nicht erreichbar. Falls diese gefordert wird, muss das Fundament zumindest in einer Teilmächtigkeit mit Liefermassen überschüttet werden.

Während der Zwischenlagerung sind die Aushubmassen vor Niederschlagseintrag zu schützen, z. B. durch Abdecken mit Folie oder durch lagenweisen Einbau mit Verdichten in einer Mietschicht. Durchfeuchtete Massen können durch die Zugabe von Bindemittel auf einen geeigneten Einbauwassergehalt verbessert werden.

Sofern eine Gründung von Kranstützen im Arbeitsraum des Fundamentes vorgesehen ist, wird empfohlen, den Arbeitsraum im Lastausbreitungsbereich der Stützen mit Fremdmassen (Schotter, Hartgesteinsbruch) zu verfüllen und diese auf einen Verdichtungsgrad $D_{pr} \geq 100 \%$ zu verdichten. Das Größtkorn ist auf einen Durchmesser $d = 100 \text{ mm}$ zu begrenzen.

5.5 Hinweise zum Herstellen der Schottersäulen

Zum Einbringen der Schottersäulen an den Standorten WEA 01, 02 und 03 ist ein Arbeitsplanum aus tragfähigen Massen erforderlich. Die Mächtigkeit des Aufbaus ist auf das zum Einsatz gelangende Gerät abzustimmen und von der ausführenden Firma anzugeben.

In der Regel wird zum Herstellen des Schotterpolsters oberhalb der Schottersäulen Schotter der Körnung 0/32 bis 0/45 verwendet und das Polster mit einer Mächtigkeit von 50 cm hergestellt.

Der Einbau des Schotterpolsters ist lagenweise und in Schichtdicken $\leq 30 \text{ cm}$ (Schüttdicke) vorzunehmen. Als Verdichtungsanforderung gilt: $D_{pr} \geq 100 \%$. Wird die Verdichtung mittels statischer Plattendruckversuche geprüft, ist ein Verhältnis der Verformungsmoduln $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$ nachzuweisen. Eine ausreichende Verdichtung des Schotterpolsters ist an mindestens 2 Stellen nachzuweisen.

Eine ausreichende Verdichtung der Schottersäulen und des Schotterpolsters ist durch Herstellungsprotokolle oder durch Verdichtungskontrollen nachzuweisen.

6 BETONAGGRESSIVITÄT DES BAUGRUNDES

An jedem Standort wurden mehrere Einzelproben aus den Schürfen entnommen und zu einer Mischprobe zusammengeführt. Jede Mischprobe wurde anschließend auf betonaggressive Inhaltstoffe nach DIN 4030 untersucht. Im Sinne dieser DIN ist der Baugrund als nicht betonangreifend einzustufen. Der Prüfbericht ist in der Anlage 5 beigelegt.

7 VERFÜLLEN VON LEITUNGSGRÄBEN

Falls unter den Fundamenten ein Leerrohrgraben hergestellt wird, ist dieser mit grobkörnigen oder gemischtkörnigen Böden (Feinkorngehalt $\leq 15\%$) nach DIN 18196 zu verfüllen. Dabei ist ein Verdichtungsgrad $D_{pr} \geq 100\%$ nachzuweisen. Alternativ kommt ein Verfüllen mit Beton in Frage.

8 HINWEISE ZU DEN KRANSTELLFLÄCHEN

Unter dem Oberboden liegen im Bereich der WEA 01, 03 und 04 im Planumbereich feinkornhaltige bis feinkornreiche Schichten (Decklehm, verlehmteter Hangschutt) vor. Diese Böden sind aufgrund des hohen Feinkorngehaltes als wenig verdichtbar und als nicht ausreichend tragfähig einzustufen.

Diese Deckschichten sind (in Abhängigkeit von der Konsistenz bei der Bauausführung) in einer Mächtigkeit von 30 – 40 cm mit Bindemittel (Kalk-/Zementgemisch) zu verbessern. Auf dem verbesserten Boden wird der auf dem Planum erforderliche Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht.

Die Art des Bindemittels sowie die erforderliche Bindemittelmenge sind auf der Basis einer Eignungsprüfung oder anhand von Erfahrungswerten der ausführenden Firma festzulegen.

Die am Standort der WEA 02 unter dem Oberboden lagernden feinkornarmen Schichten aus Steinen bzw. gemischtkörnigem Hangschutt sind hingegen als verdichtbar und ausreichend tragfähig einzustufen. Auf diesen Schichten wird nach Verdichten der auf dem Planum erforderliche Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ i.d.R. erreicht.

Zur Herstellung eines ebenen Planums ist in diesen Abschnitten Bodenaustausch als Ausgleichsschicht vorzusehen.

Um auf der Oberfläche der Kranstellfläche den erforderlichen Verformungsmodul $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$, auch bei ungünstigen Witterungsverhältnissen, sicher zu erreichen, wird eine Mächtigkeit der Tragschicht von 40 – 50 cm empfohlen.

Im Bereich von Geländeauftrag ist die Auftragssohle in den feinkornreichen Deckschichten mit Bindemitteln zu verbessern. Werden Massen aus den feinkornreichen Schichten als Auftragsmassen vorgesehen, sind sie über ihre gesamte Mächtigkeit mit Bindemittel zu verbessern.

Die Massen des Festgesteins sowie die feinkornarmen Hangschutt, in-Situ Zersatz und Steine können, maximal Erdfeuchte vorausgesetzt, ohne Verbesserung für den Geländeauftrag verwendet werden.

Auf- und Abtragsböschungen sind mit einer Neigung von max. 1 : 1,5 zu planen. Die obere Böschungskante sollte eine Entfernung von der Stellfläche des Krans aufweisen, die mindestens das 1,5-fache der lotrechten Böschungshöhe beträgt, damit die Grundbruchsicherheit des Krans gewährleistet ist. Zwischen Kranstellfläche und Baugrube ist zur Ableitung von Niederschlagswasser eine Dränage auszuführen.

Nach Vorliegen der Kransdaten und des Aufbaus der Kranstellfläche ist für alle Kranstellflächen ein Grundbruchnachweis zu führen.

WPW Geoconsult Südwest, Ramstein
kp/as



Dipl.-Ing. S. Arnsberg
(Geschäftsführerin)



M. Sc. K. Porebski
(Projektbearbeiter)

LEGENDE

ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

UNTERSUCHUNGSSTELLEN

■	SCH	Schurf
●	BK	Bohrung mit durchgehender Kerngewinnung
●	BS	Kleinbohrung
●	GWM	Grundwassermeßstelle
×	DPL-5	Leichte Rammsonde DIN 4094 Spitzenquerschnitt 5 cm ²
×	DPL-10	Leichte Rammsonde DIN 4094 Spitzenquerschnitt 10 cm ²
×	DPM-A	Mittelschwere Rammsonde DIN 4094
×	DPH	Schwere Rammsonde DIN 4094

BODENARTEN

Auffüllung		A	
Blöcke	mit Blöcken	Y y	
Geschiebemergel	mergelig	Mg me	
Kies	kiesig	G g	
Mudde	organisch	F o	
Sand	sandig	S s	
Schluff	schluffig	U u	
Steine	steinig	X x	
Ton	tonig	T t	
Torf	humos	H h	

KORNGRÖßENBEREICH

f	fein
m	mittel
g	grob

KONSISTENZ

brg		breiig
wch		weich
stf		steif
hfst		halbfest
fst		fest
loc		locker
mdch		mitteldicht
dch		dicht
fstg		fest gelagert

KLÜFTUNG

kp	kompakt	ka0	außerordentlich engständige Klüftung
klü'	schwach klüftig	ka1	sehr engständige Klüftung
klü	klüftig	ka2	engständig
klü	stark klüftig	ka3	mittelständige Klüftung
klü	sehr stark klüftig	ka4	weitständige Klüftung
		ka5	sehr weitständige Klüftung

HÄRTE

h	hart	ha1	sehr geringe Härte
mh	mittelhart	ha2	geringe Härte
gh	geringhart	ha3	mäßig hohe Härte
brü	brüchig	ha4	hohe Härte
mü	mürbe	ha5	sehr hohe Härte
ha0	außerordentlich geringe Härte	ha6	außerordentlich hohe Härte

SCHICHTUNG

b	bankig	diba	dickbankig
pl	plattig	dba	dünnbankig
dipl	dickplattig	sm6	sehr dicke Schichtung
dpl	dünnplattig	sm5	dicke Schichtung
bl	blättrig	sm4	mittlere Schichtung
ma	massig	sm3	dünne Schichtung

BODENGRUPPE nach DIN 18196: (UL)z.B. = leicht plastische Schluffe

RAMMSONDIERUNG NACH DIN 4094

	leicht	mittelschwer	schwer
Spitzendurchmesser	3.57 cm	3.56 cm	4.37 cm
Spitzenquerschnitt	5.00 cm ²	10.00 cm ²	15.00 cm ²
Gestängedurchmesser	2.20 cm	2.20 cm	3.20 cm
Rammbergewicht	10.00 kg	30.00 kg	50.00 kg
Fallhöhe	50.00 cm	20.00 cm	50.00 cm

PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER

	Grundwasser angetroffen
	Grundwasser nach Beendigung des Aufschlusses
	Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch
	Schichtwasser angetroffen
■	Sonderprobe
⊠	Bohrkern

k.GW. kein Grundwasser

FELSARTEN

Fels, allgemein	Z	
Fels, verwittert	Zv	
Granit	Gr	
Kalkstein	Kst	
Kongl., Brekzie	Gst	
Mergelstein	Mst	
Sandstein	Sst	
Schluffstein	Ust	
Tonstein	Tst	

NEBENANTEILE

'	schwach (< 15 %)
-	stark (> 30 %)

FEUCHTIGKEIT

f°	trocken
f	schwach feucht
f	feucht
f̄	stark feucht
f̄	naß

ZERFALL

gstü	grobstückig
st	stückig
klstü	kleinstückig
gr	grusig

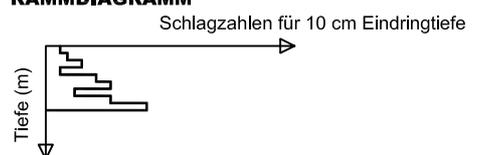
VERWITTERUNG

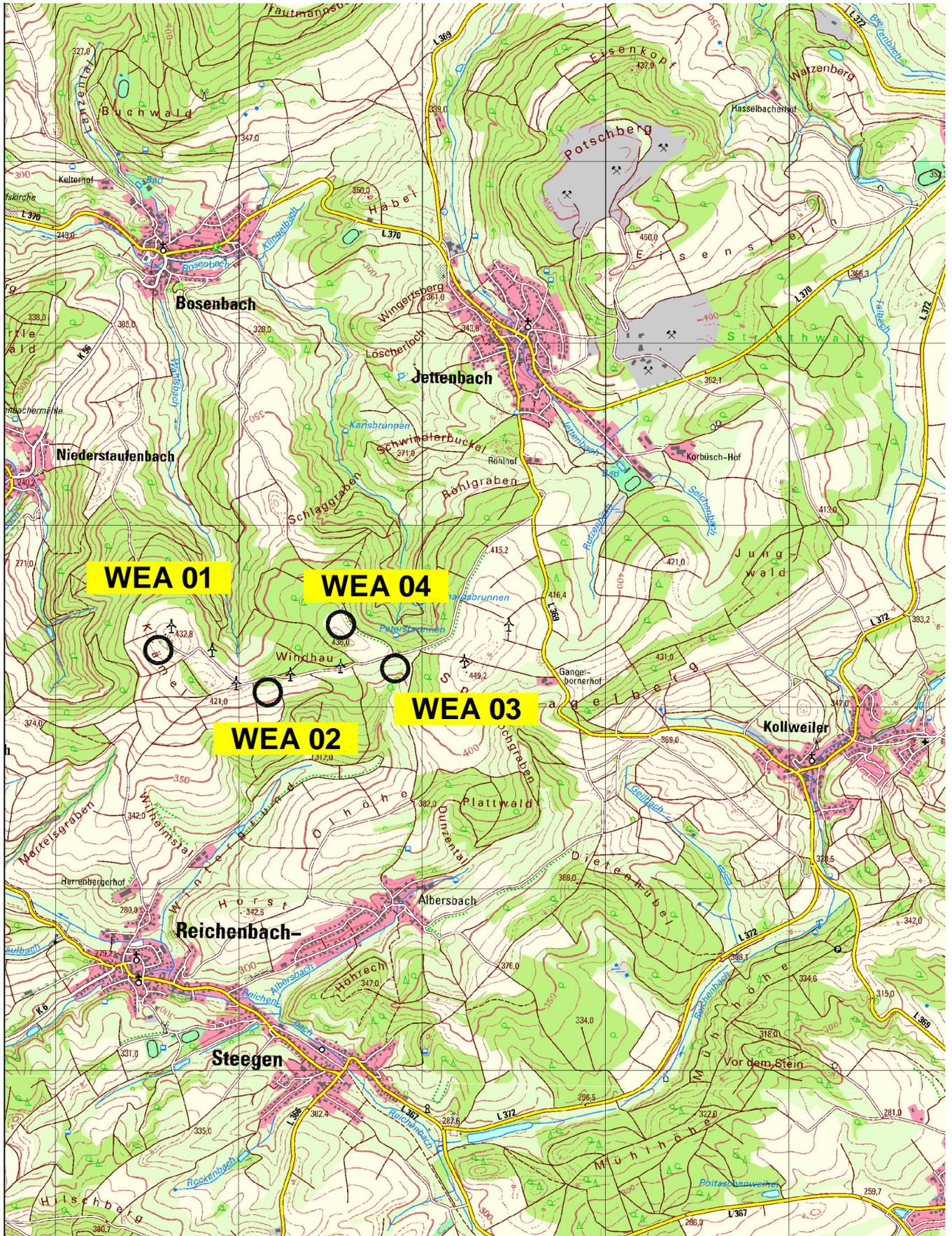
vo	frisch
v'	schwachverwittert
v	mäßig verwittert
v̄	stark verwittert
z	vollständig verwittert
zs	zersetzt

BOHRVERFAHREN

	Einfachkernrohr
	Doppelkernrohr DKH
	Doppelkernrohr DKD
	Verrohrung

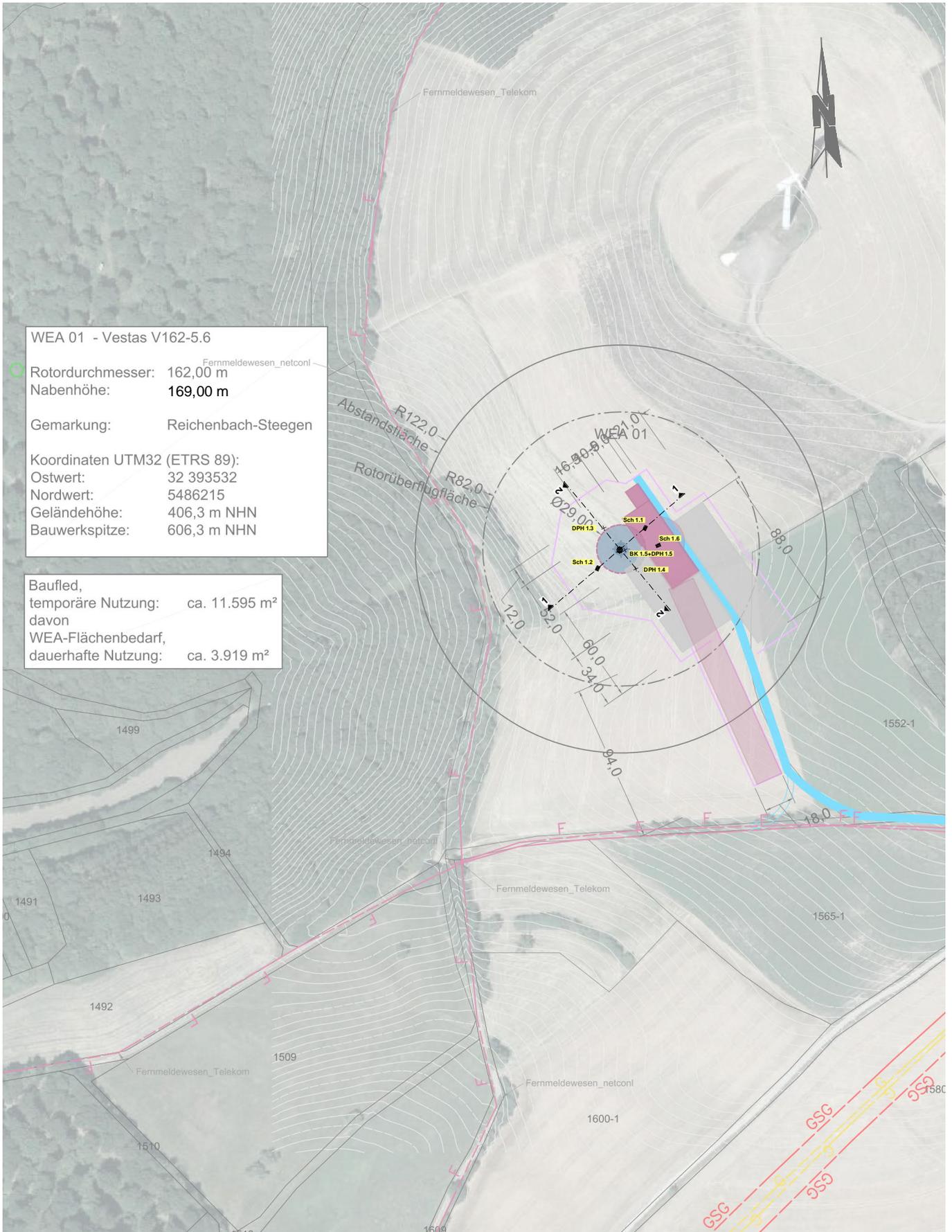
RAMMDIAGRAMM





92592-01z.dwg

WPW Geoconsult Südwest Baugrund Hydrogeologie Umwelt 66877 Ramstein 68219 Mannheim 65189 Wiesbaden 67061 Ludwigshafen	Bauvorhaben: Windpark Reichenbach - Steegen WEA 01 bis WEA 04 Planbezeichnung: Übersichtslageplan	Anlage: 1.1
		Maßstab: o. M.
		Projekt-Nr: 21.92592.1



WEA 01 - Vestas V162-5.6

Rotordurchmesser: 162,00 m
 Nabenhöhe: 169,00 m

Gemarkung: Reichenbach-Steegen

Koordinaten UTM32 (ETRS 89):
 Ostwert: 32 393532
 Nordwert: 5486215
 Geländehöhe: 406,3 m NHN
 Bauwerkspitze: 606,3 m NHN

Baufled,
 temporäre Nutzung: ca. 11.595 m²
 davon
 WEA-Flächenbedarf,
 dauerhafte Nutzung: ca. 3.919 m²

92592-01z.dwg

WPW Geoconsult Südwest
 Baugrund Hydrogeologie Umwelt

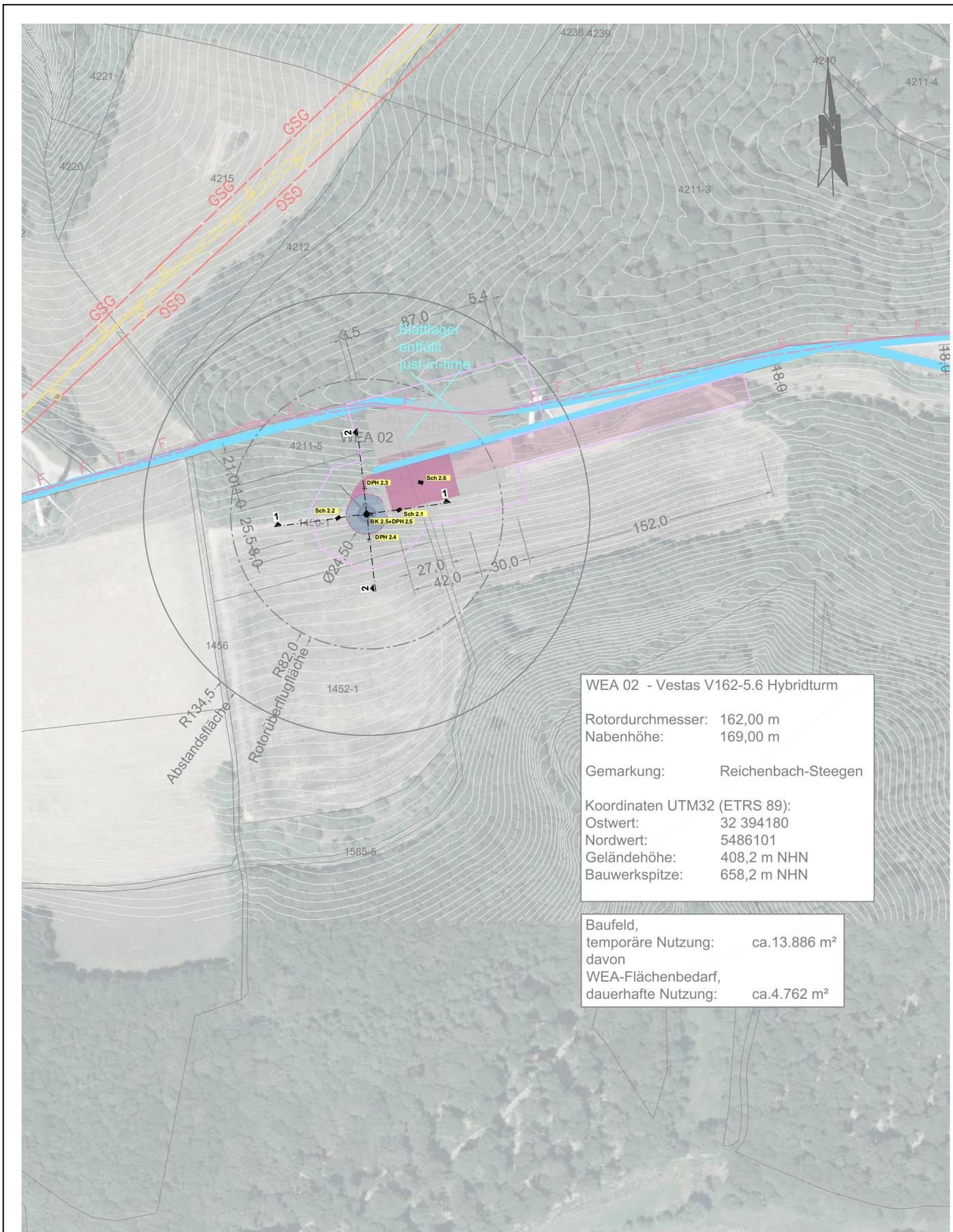
66877 Ramstein
 68219 Mannheim
 65189 Wiesbaden
 67061 Ludwigshafen

Bauvorhaben:
Windpark Reichenbach - Steegen
WEA 01
 Planbezeichnung:
Detailplan

Anlage: 1.2

Maßstab: o. M.

Projekt-Nr: 21.92592.1



WEA 02 - Vestas V162-5.6 Hybridturm	
Rotordurchmesser:	162,00 m
Nabenhöhe:	169,00 m
Gemarkung:	Reichenbach-Steegen
Koordinaten UTM32 (ETRS 89):	
Ostwert:	32 394180
Nordwert:	5486101
Geländehöhe:	408,2 m NHN
Bauwerkspitze:	658,2 m NHN

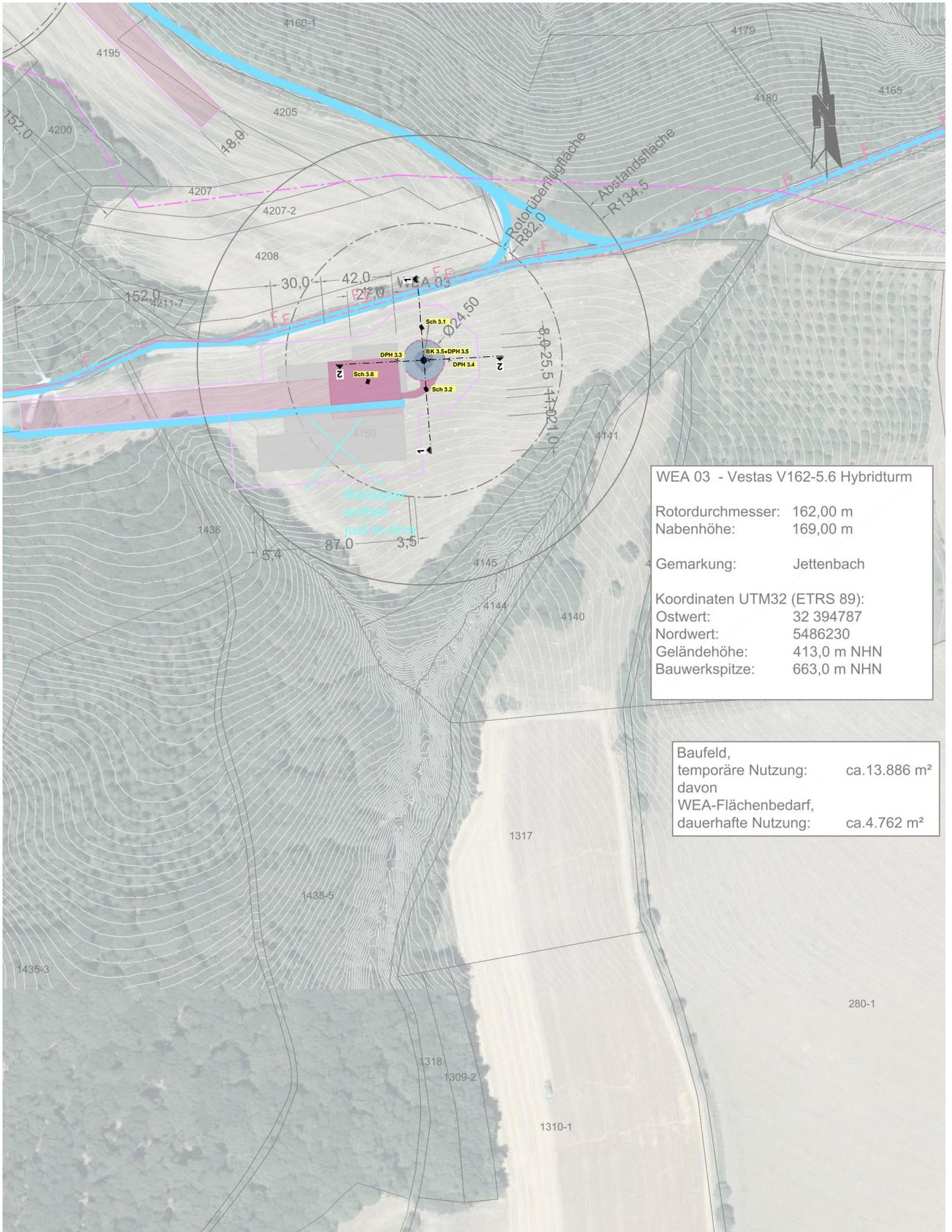
Baufeld,	
temporäre Nutzung:	ca.13.886 m ²
davon	
WEA-Flächenbedarf,	
dauerhafte Nutzung:	ca.4.762 m ²

92592-01z.dwg

WPW Geoconsult Südwest
 Baugrund Hydrogeologie Umwelt
 66877 Ramstein
 68219 Mannheim
 65189 Wiesbaden
 67061 Ludwigshafen

Bauvorhaben:
 Windpark Reichenbach - Steegen
WEA 02
Planbezeichnung:
 Detailplan

Anlage: 1.3
Maßstab: o. M.
Projekt-Nr: 21.92592.1



WEA 03 - Vestas V162-5.6 Hybridturm

Rotordurchmesser: 162,00 m
 Nabhöhe: 169,00 m

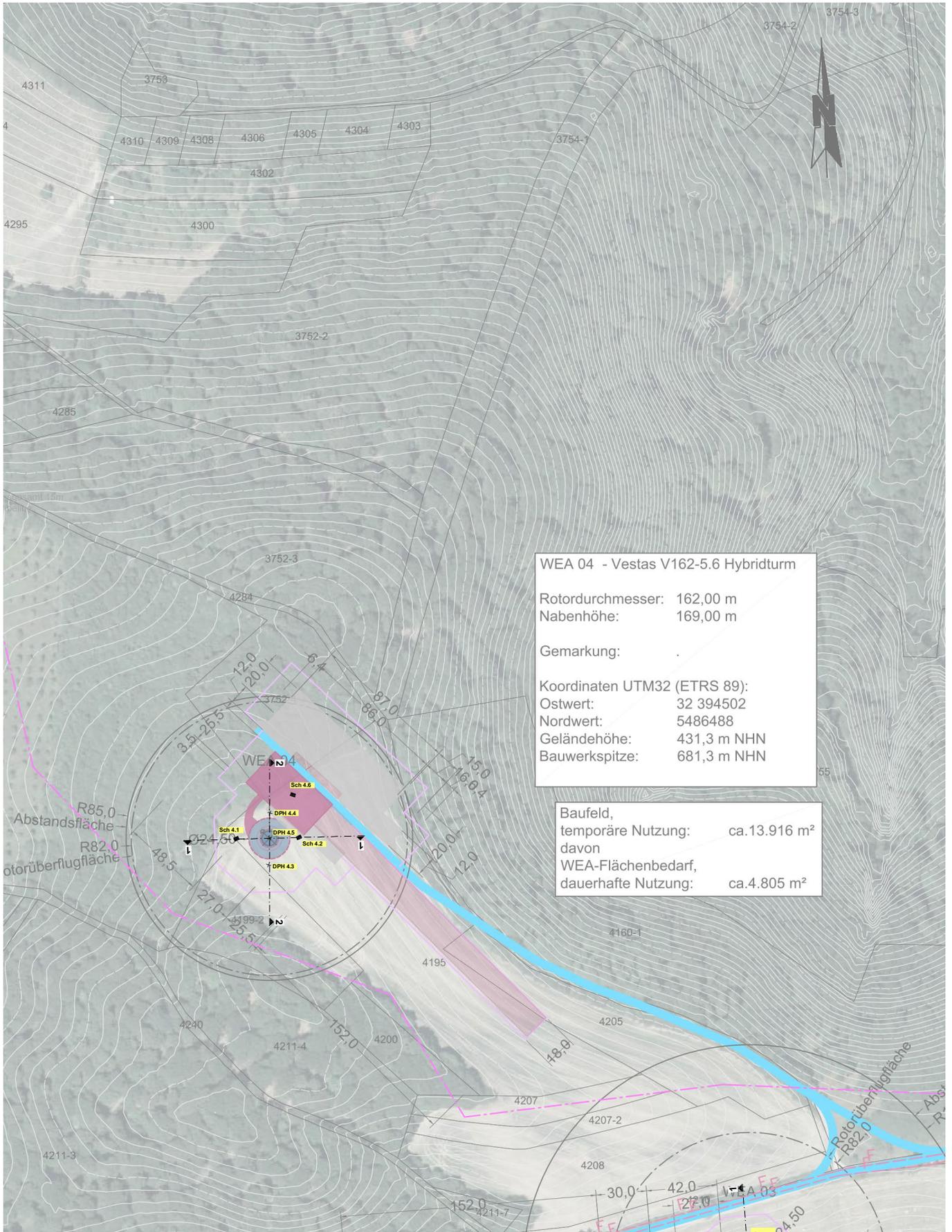
Gemarkung: Jettenbach

Koordinaten UTM32 (ETRS 89):
 Ostwert: 32 394787
 Nordwert: 5486230
 Geländehöhe: 413,0 m NHN
 Bauwerkspitze: 663,0 m NHN

Baufeld,
 temporäre Nutzung: ca.13.886 m²
 davon
 WEA-Flächenbedarf,
 dauerhafte Nutzung: ca.4.762 m²

92592-01z.dwg

WPW Geoconsult Südwest Baugrund Hydrogeologie Umwelt 66877 Ramstein 68219 Mannheim 65189 Wiesbaden 67061 Ludwigshafen	Bauvorhaben: Windpark Reichenbach - Steegen WEA 03 Planbezeichnung: Detailplan	Anlage: 1.4
		Maßstab: o. M.
		Projekt-Nr: 21.92592.1



WEA 04 - Vestas V162-5.6 Hybridturm

Rotordurchmesser: 162,00 m
 Nabenhöhe: 169,00 m

Gemarkung:

Koordinaten UTM32 (ETRS 89):
 Ostwert: 32 394502
 Nordwert: 5486488
 Geländehöhe: 431,3 m NHN
 Bauwerkspitze: 681,3 m NHN

Baufeld,
 temporäre Nutzung: ca.13.916 m²
 davon
 WEA-Flächenbedarf,
 dauerhafte Nutzung: ca.4.805 m²

92592-01z.dwg

WPW Geoconsult Südwest
 Baugrund Hydrogeologie Umwelt

66877 Ramstein
 68219 Mannheim
 65189 Wiesbaden
 67061 Ludwigshafen

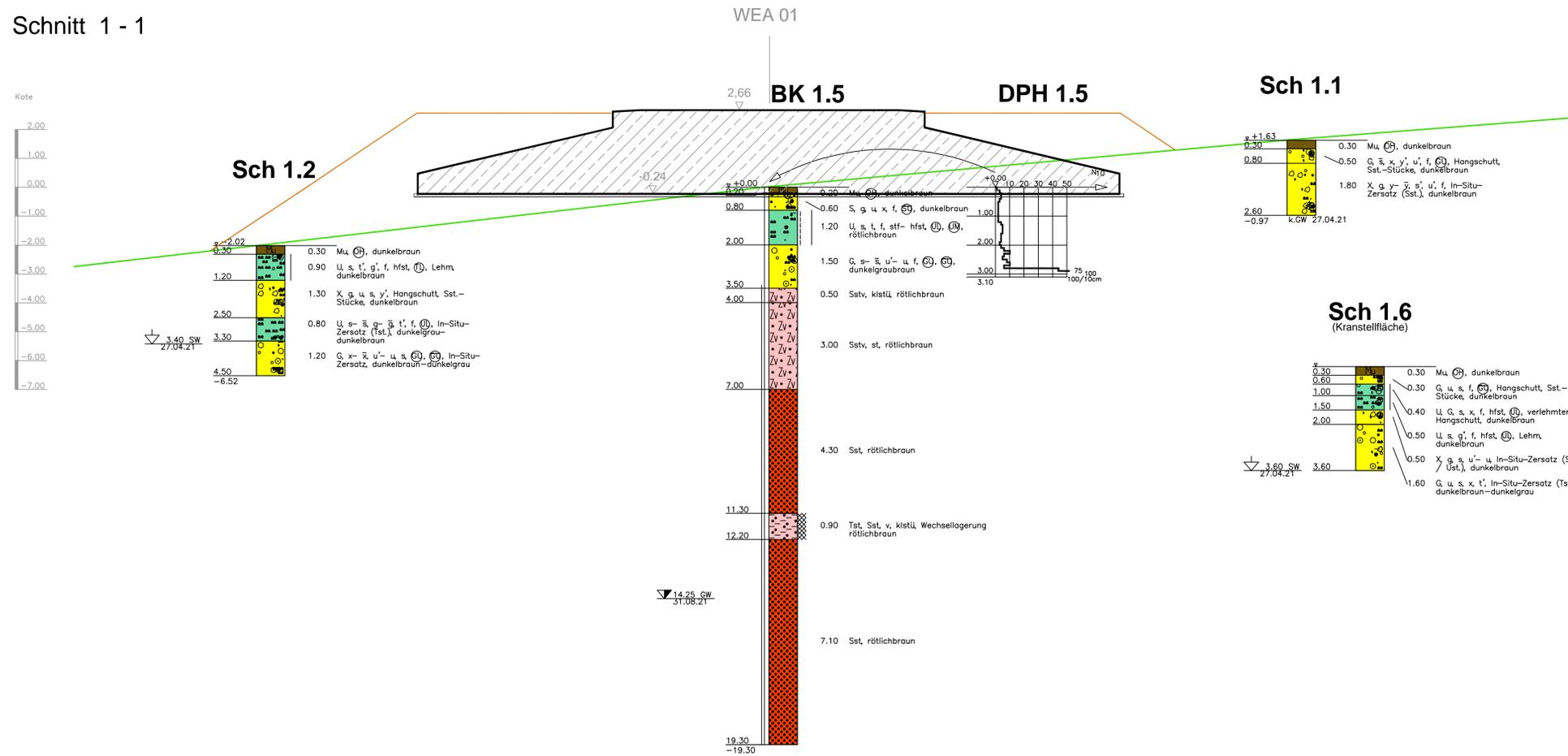
Bauvorhaben:
Windpark Reichenbach - Steegen
WEA 04
 Planbezeichnung:
Detailplan

Anlage: 1.5

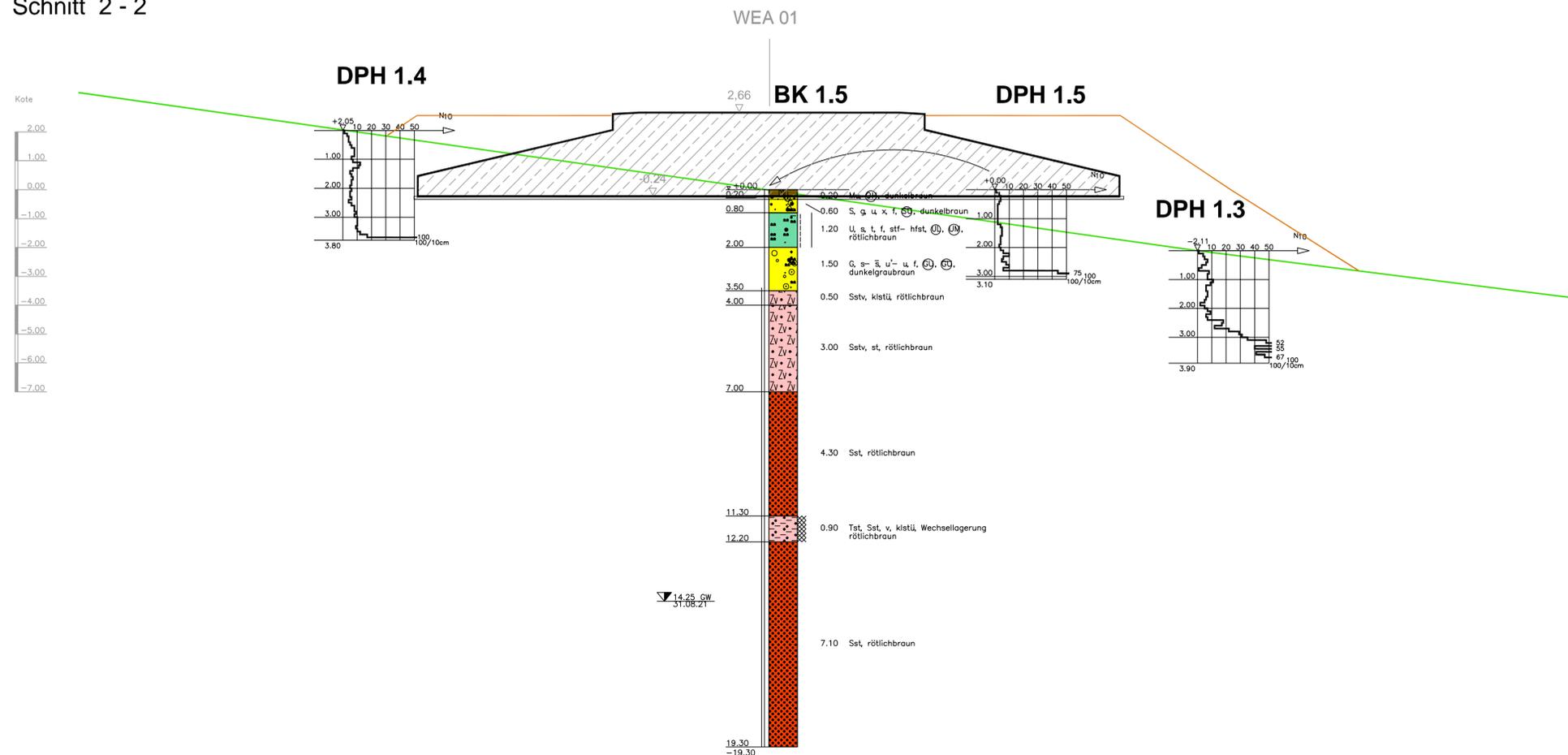
Maßstab: o. M.

Projekt-Nr: 21.92592.1

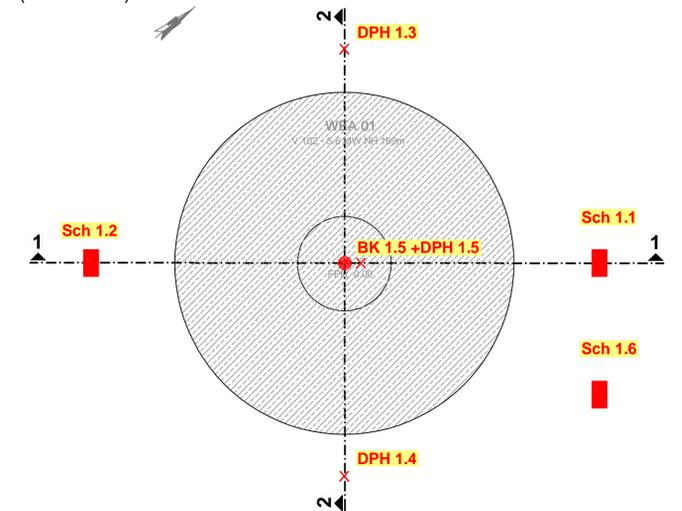
Schnitt 1 - 1



Schnitt 2 - 2

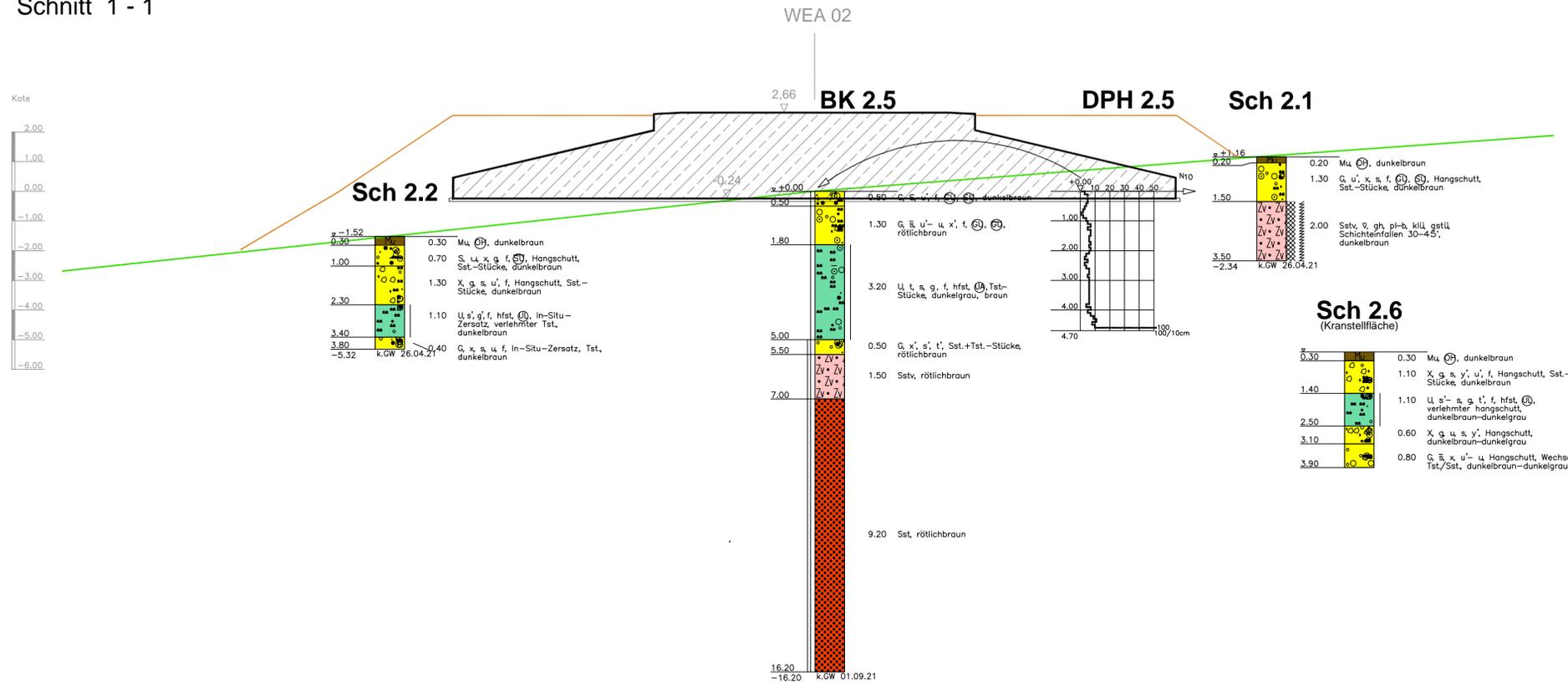


Lageskizze
(M. -1 : 250)

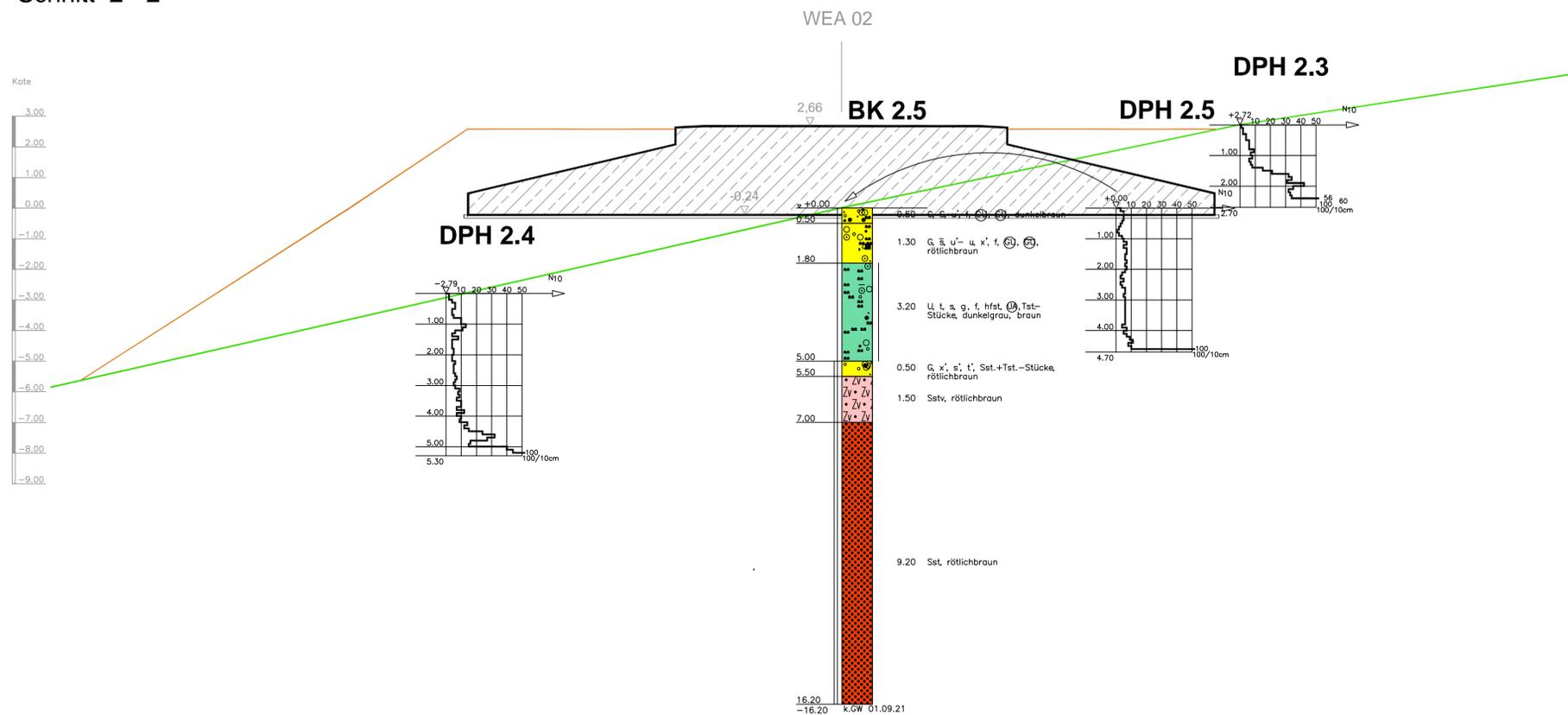


Index:	Änderungen:	Gesehen:	Datum:
Projekt: Windpark Reichenbach - Steegen WEA 01; Vestas V 162 5.6 MW Hybridturm, NH 169 m			
Planbezeichnung: Schnitt 1 - 1; 2 - 2			
Anlage Nr.: 2.1	Maßstab: 1 : 100; - 1 : 250	Bearbeiter: K. Porebski	Datum: 10.05.2021
		Gezeichnet: J. Hartz	Gesehen:
67061 Ludwigshafen 66877 Ramstein-Miesenbach 68219 Mannheim 65189 Wiesbaden		Datei: 92592-01z.dwg; Blatt: 570 x 820	Projekt-Nr.: 21.92592.1

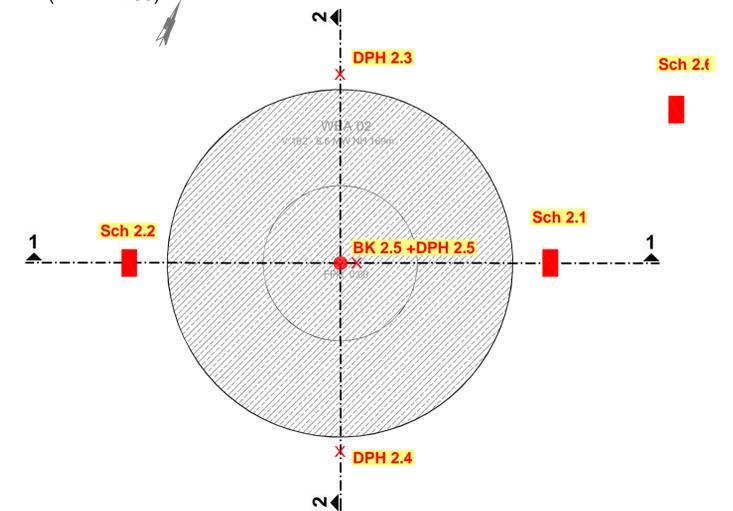
Schnitt 1 - 1



Schnitt 2 - 2

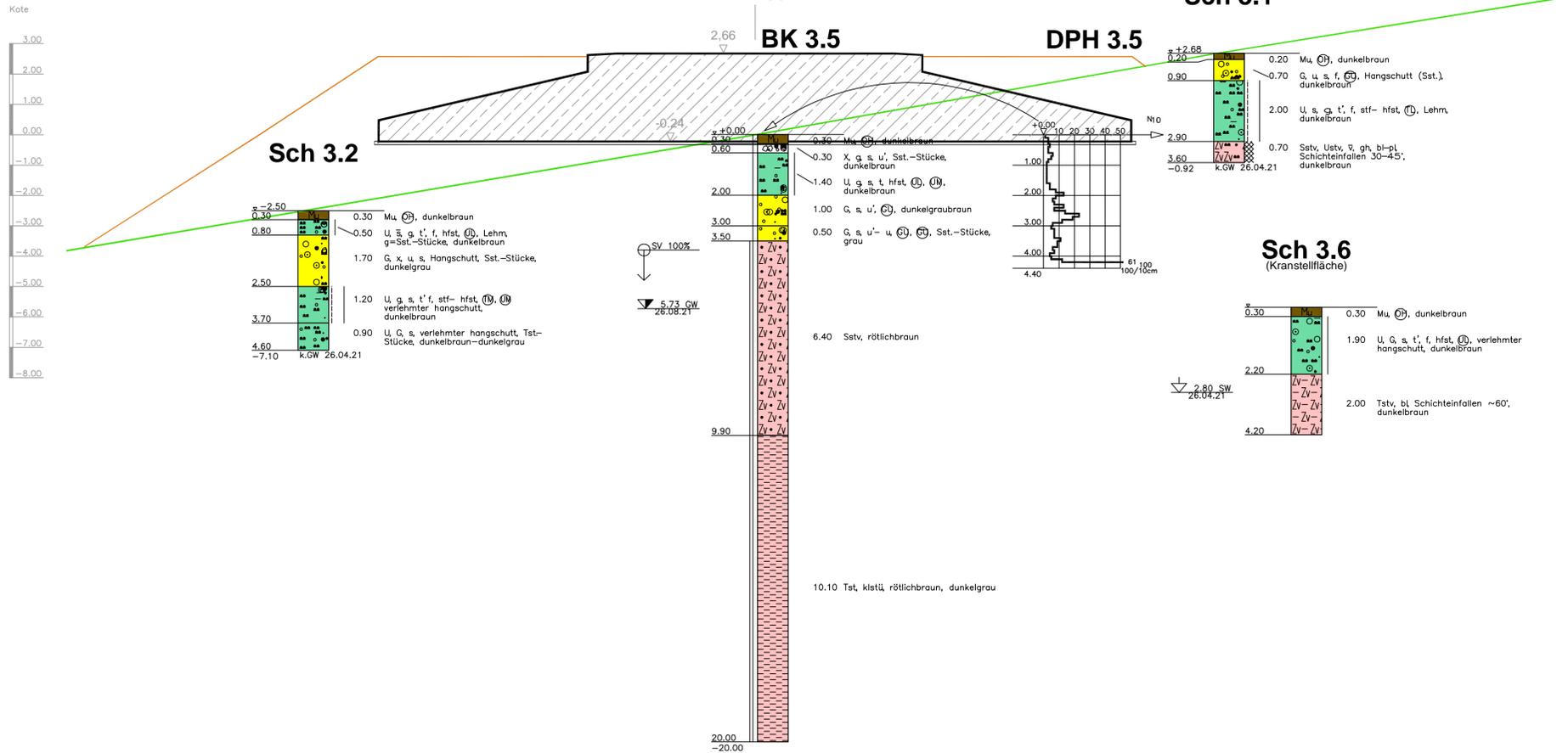


Lageskizze
(M. ~1 : 250)

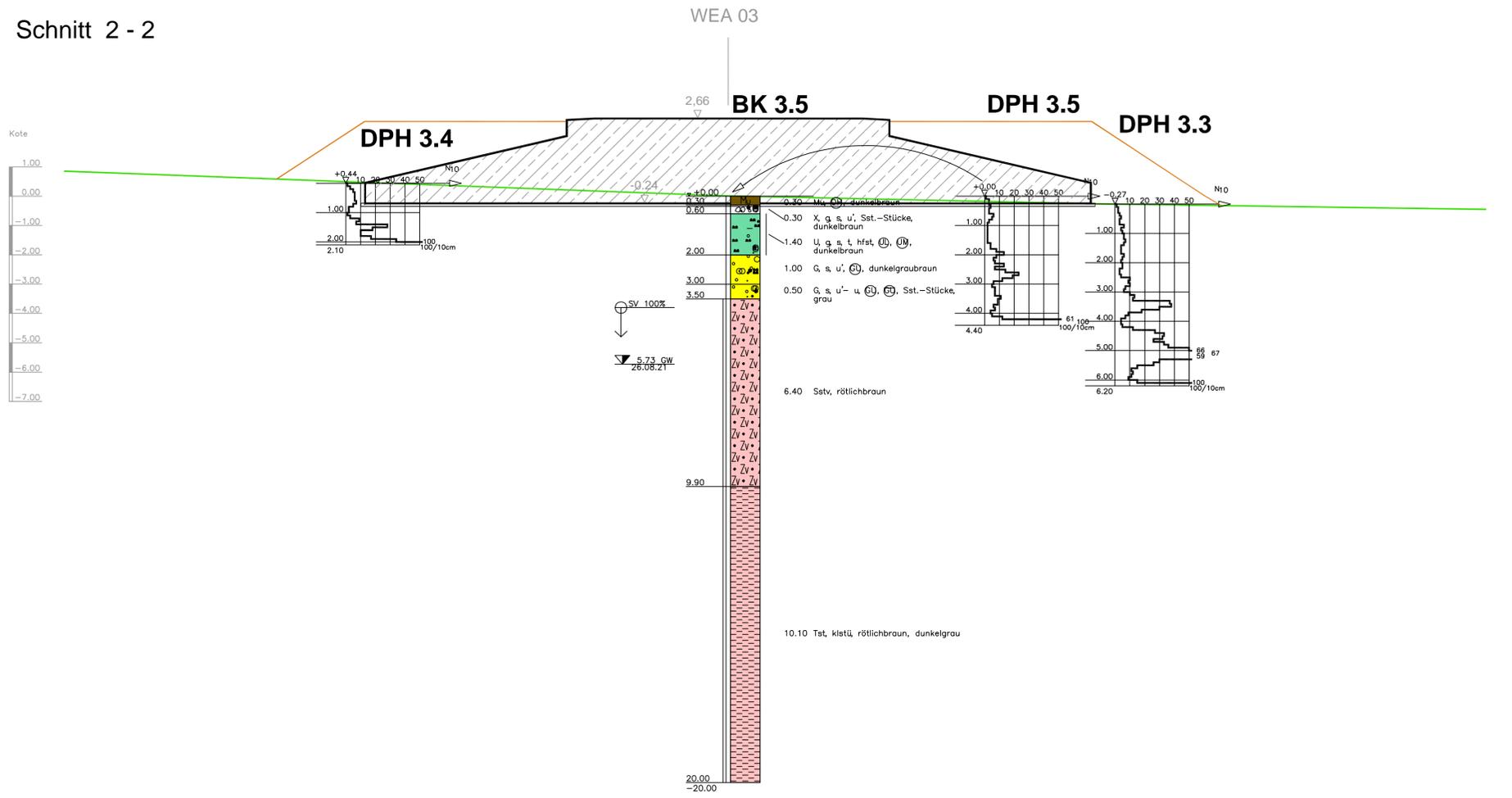


Index:	Änderungen:	Gesehen:	Datum:
Projekt:			
Windpark Reichenbach - Steegen WEA 02; Vestas V 162 5.6 MW Hybridturm, NH 169 m			
Planbezeichnung:			
Schnitt 1 - 1; 2 - 2			
Anlage Nr.: 2.2	Maßstab: 1 : 100; ~ 1 : 250		
		Bearbeiter: K. Porebski	Datum: 10.05.2021
Baugrund Hydrogeologie Umwelt 67061 Ludwigshafen 66877 Ramstein-Miesenbach 68219 Mannheim 65189 Wiesbaden		Gezeichnet: J. Hartz	Gesehen:
		Datei: 92592-01z.dwg; Blatt: 570 x 820	
		Projekt-Nr.: 21.92592.1	

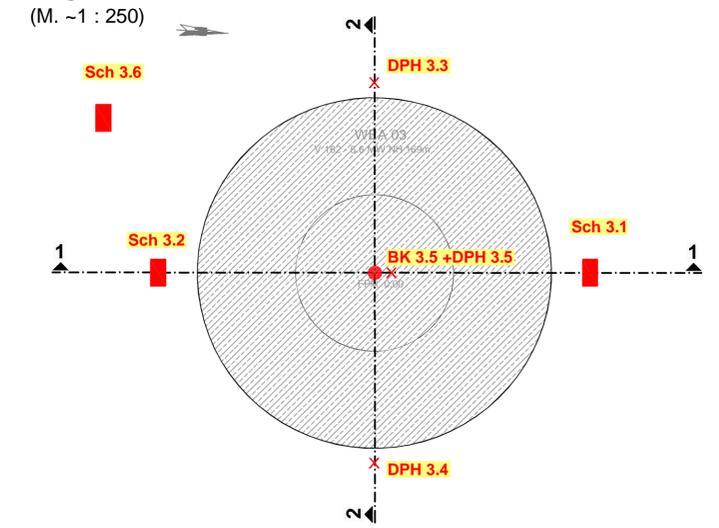
Schnitt 1 - 1



Schnitt 2 - 2

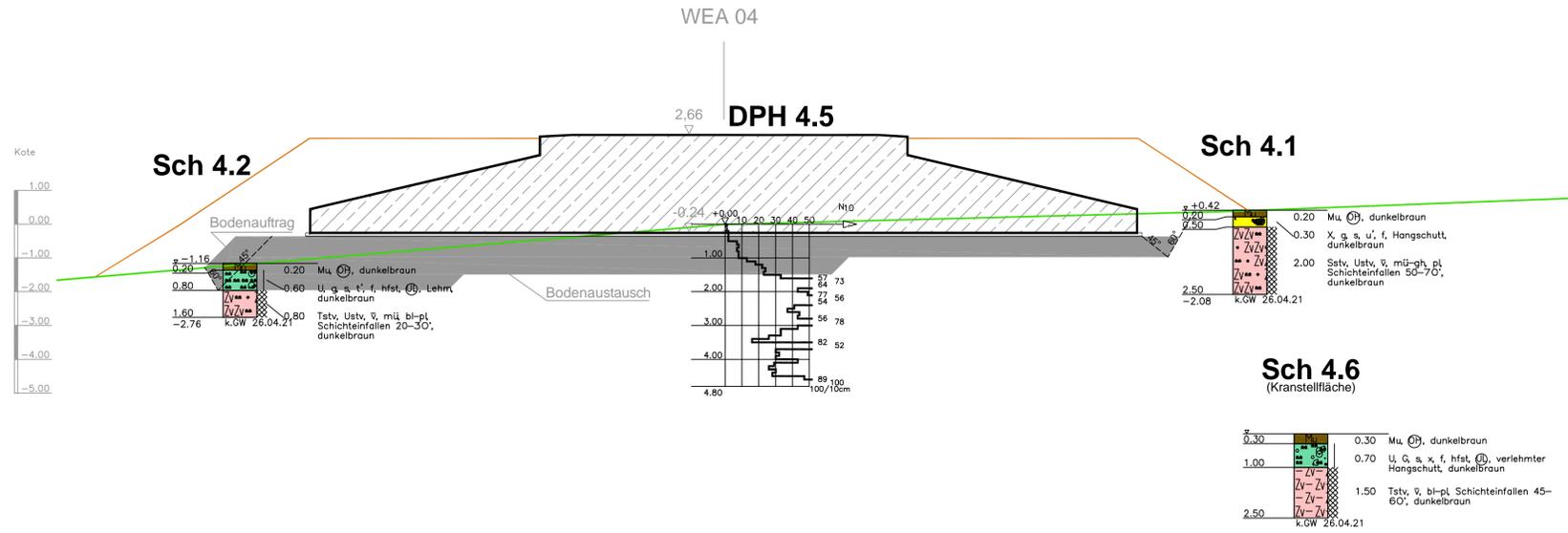


Lageskizze

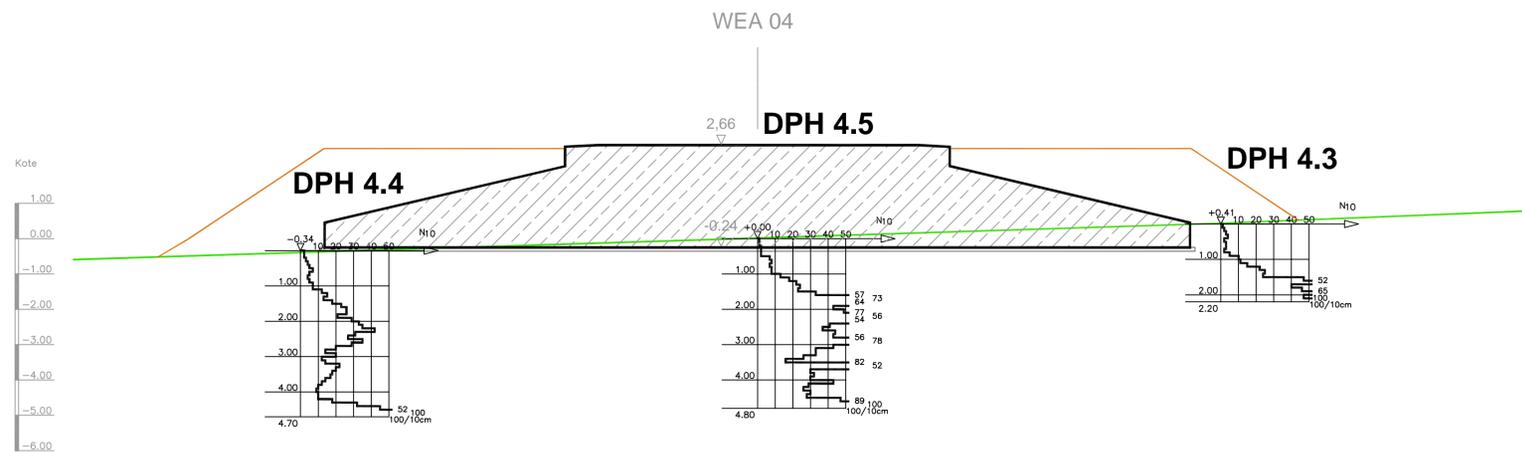


Index:	Änderungen:	Gesehen:	Datum:
Projekt: Windpark Reichenbach - Steegen WEA 03; Vestas V 162 5.6 MW Hybridturm, NH 169 m			
Planbezeichnung: Schnitt 1 - 1; 2 - 2			
Anlage Nr.: 2.3	Maßstab: 1 : 100; ~ 1 : 250	Bearbeiter: K. Porebski	Datum: 10.05.2021
 Baugrund Hydrogeologie Umwelt 67061 Ludwigshafen 68219 Mannheim 68877 Ramstein-Miesenbach 65189 Wiesbaden		Gezeichnet: J. Hartz	
		Datum: 10.05.2021	
		Datei: 92592-01z.dwg; Blatt: 570 x 820	
		Projekt-Nr.: 21.92592.1	

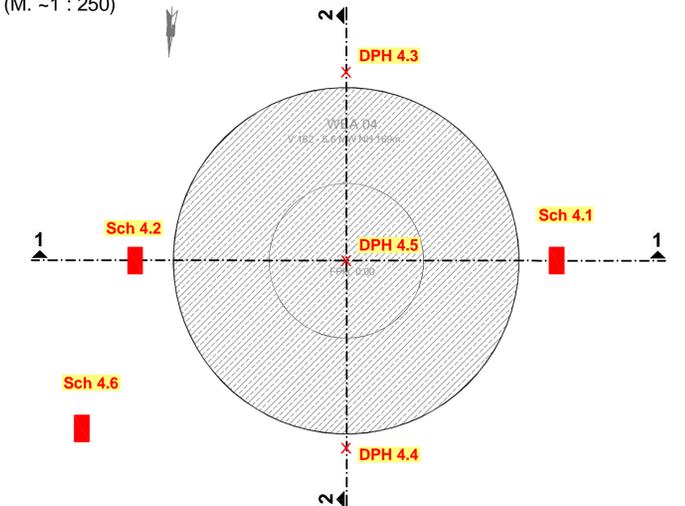
Schnitt 1 - 1



Schnitt 2 - 2



Lageskizze
(M. -1 : 250)



Index:	Änderungen:	Gesehen:	Datum:
Projekt: Windpark Reichenbach - Steegen WEA 04; Vestas V 162 5.6 MW Hybridturm, NH 169 m			
Planbezeichnung: Schnitt 1 - 1; 2 - 2			
Anlage Nr.: 2.4	Maßstab: 1 : 100; - 1 : 250	Bearbeiter: K. Porebski	Datum: 10.05.2021
 Baugrund Hydrogeologie Umwelt 67061 Ludwigshafen 66877 Ramstein-Miesenbach 68219 Mannheim 65189 Wiesbaden		Gezeichnet: J. Hartz	
		Gesehen:	
		Datei: 92592-01z.dwg; Blatt: 570 x 820	
		Projekt-Nr.: 21.92592.1	

Entnahmepunkte			Bodenbeschreibung			Bodenkennwerte													
Aufschluss	Tiefe [m]	Ent- nahme- art	Bodenart	Boden- gruppe DIN 18196	Konsis- tenz	Zustandsgrenzen			Korn- dichte [t/m³]	Trocken- dichte [t/m³]	Wasser- gehalt [%]	Kalk- gehalt [%]	Glüh- verlust [%]	Proctor			Scherfestigkeit		k - Wert [m/s]
						w _L [%]	w _p [%]	I _c						w _{Pr} [%]	ρ _{Pr} [t/m³]	Ü [%]	φ [°]	c [kN/m²]	
1.2	0,7	g	U, s, t', g'	TL	halbfest	28,1	26,8	1,17			14,8								
1.2	2,5	g	U	UL							12,4								
1.5	1,5	g	U, s, t								12,7								
2.2	0,8	g	S, u, x, g	SU*							10,3								
2.2	2,5	g	U, s', g'	UL							14,3								
2.5	2,0	g	U, g, s, t	UA	halbfest	53,9	32,3	1,33			25,1								
3.1	1,5	g	U, s, g, t'	TL	halbfest	34,8	20,9	1,38			15,6								
3.2	0,5	g	U, s*, g, t'								14,5								
3.2	2,9	g	U, g, s, t'	TM-UM	halbfest	44,8	27,0	1,38			20,2								



**WPW Geoconsult
Südwest**

Baugrund | Hydrogeologie | Umwelt

Korngrößenverteilung

nach DIN EN ISO 17892 - 4

Windpark

Reichenbach-Steegen

Probe:..... 1.2

Tiefe:..... 2,5 m

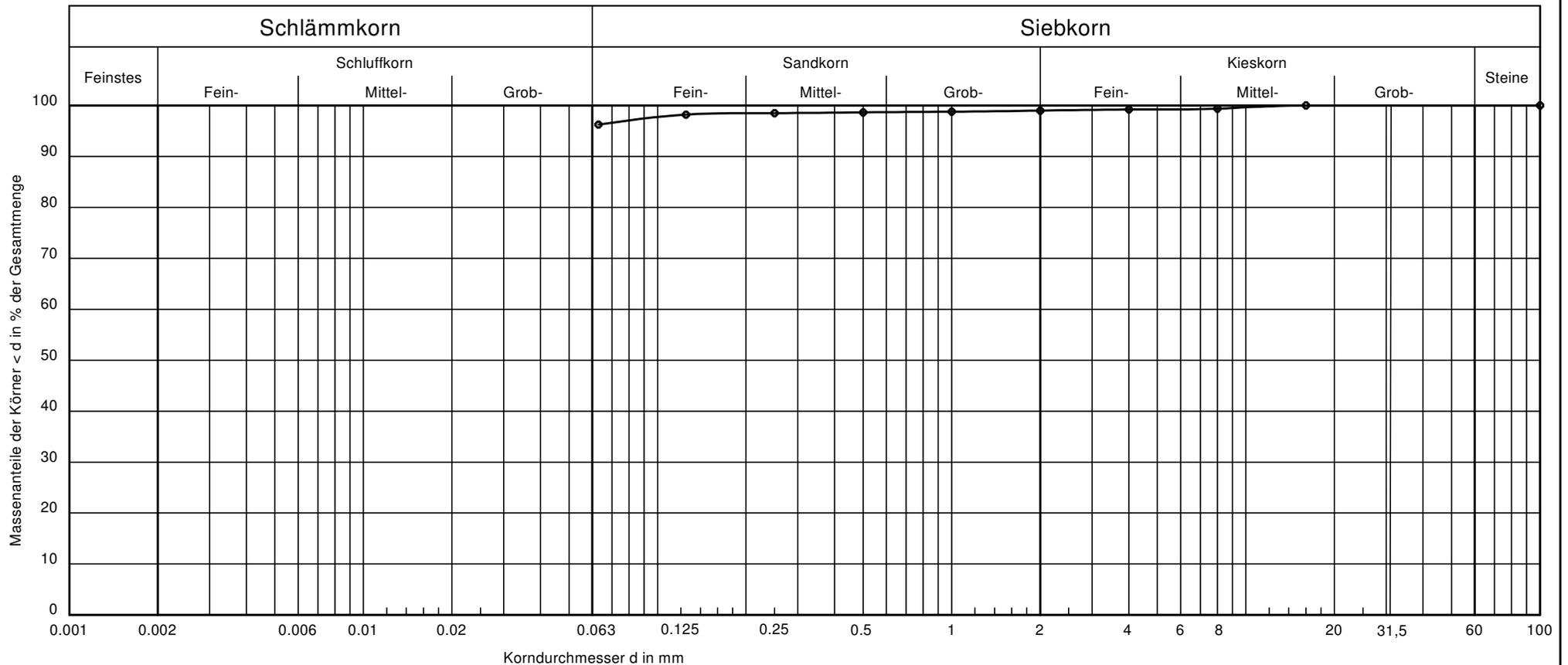
Probe entnommen am: 26.04.21

Probe entnommen von: kp

Bearbeiter: Getke

Datum: 10.09.2021

gepr.:



Bodenart nach DIN 4022:

U

Bodengruppe nach DIN 18196:

UL

U/Cc:

-/-

Probe trocken [g]:

384,8

Wassergehalt [%]:

12,4

Feinkorngehalt [%]:

96,3

Anteile T/ U/ S/ G

- /96.3/2.7/1.0

Bemerkungen:

Anlage:

21_92592_1

Anlage 3.2



**WPW Geoconsult
Südwest**

Baugrund | Hydrogeologie | Umwelt

Korngrößenverteilung

nach DIN EN ISO 17892 - 4

Windpark

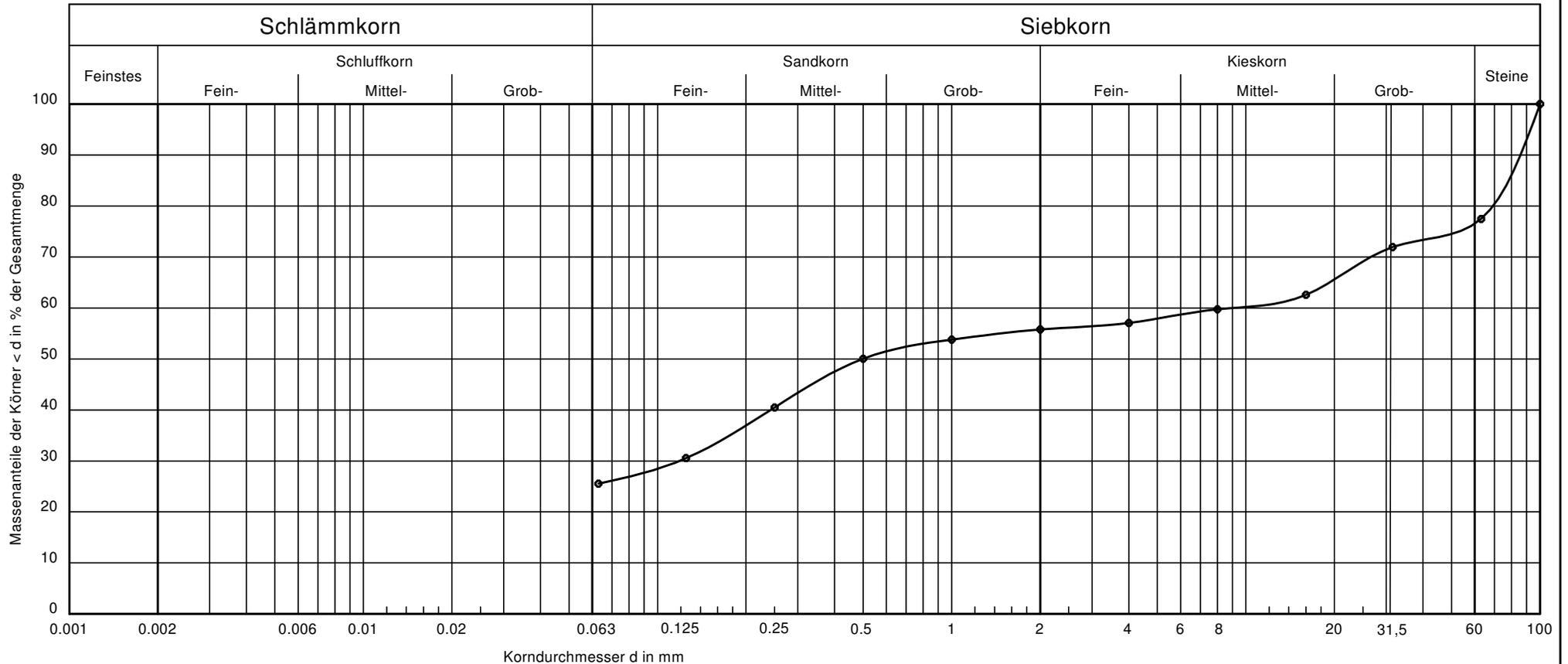
Reichenbach-Steegen

Probe:..... 2.2
 Tiefe:..... 0,8 m
 Probe entnommen am: 26.04.21
 Probe entnommen von: kp

Bearbeiter: Getke

Datum: 10.09.2021

gepr.:



Bodenart nach DIN 4022:

S, u, x, g

Bodengruppe nach DIN 18196:

SU*

U/Cc:

-/-

Probe trocken [g]:

665,7

Wassergehalt [%]:

10,3

Feinkorngehalt [%]:

25,5

Anteile T/ U/ S/ G

- /25.5/30.3/20.8

Bemerkungen:

Anlage:

21_92592_1

Anlage 3.3



**WPW Geoconsult
Südwest**

Baugrund | Hydrogeologie | Umwelt

Korngrößenverteilung

nach DIN EN ISO 17892 - 4

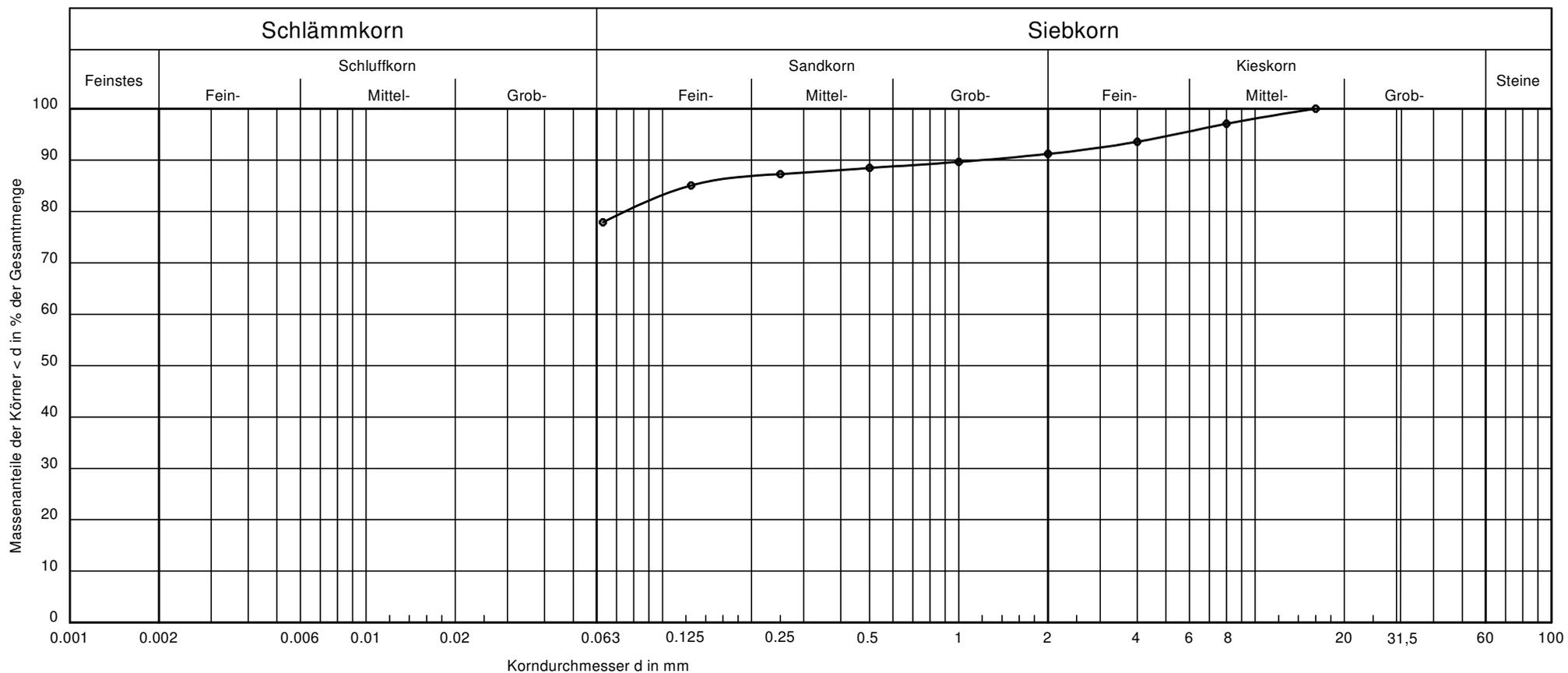
Windpark
Reichenbach-Steegen

Probe:..... 2.2
Tiefe:..... 2,5 m
Probe entnommen am: 26.04.21
Probe entnommen von: kp

Bearbeiter: Getke

Datum: 10.09.2021

gepr.:



Bodenart nach DIN 4022:	U, s', g'
Bodengruppe nach DIN 18196:	UL
U/Cc:	-/-
Probe trocken [g]:	278,2
Wassergehalt [%]:	14,3
Feinkorngehalt [%]:	77,9
Anteile T/ U/ S/ G	- /77.9/13.3/8.8

U, s', g'
UL
-/-
278,2
14,3
77,9
- /77.9/13.3/8.8

Bemerkungen:

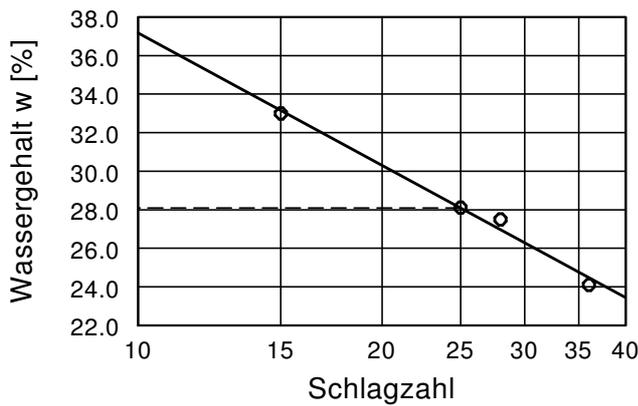
Anlage:

21_92592_1

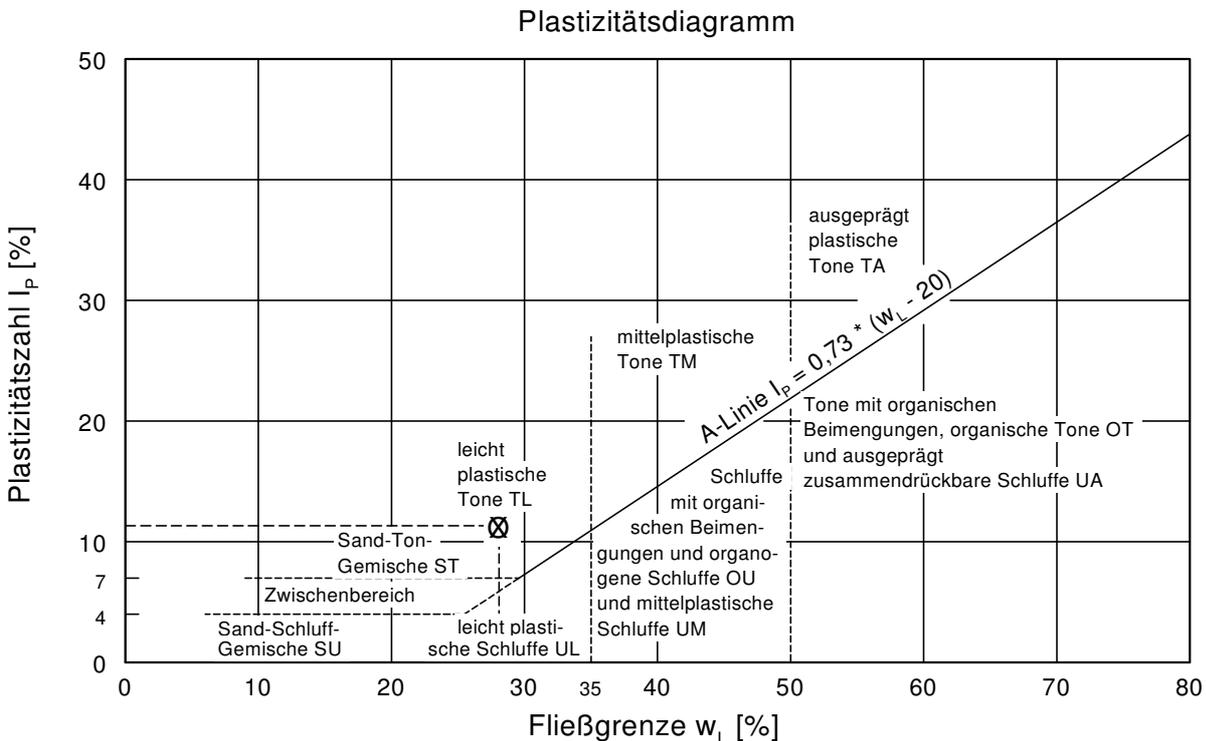
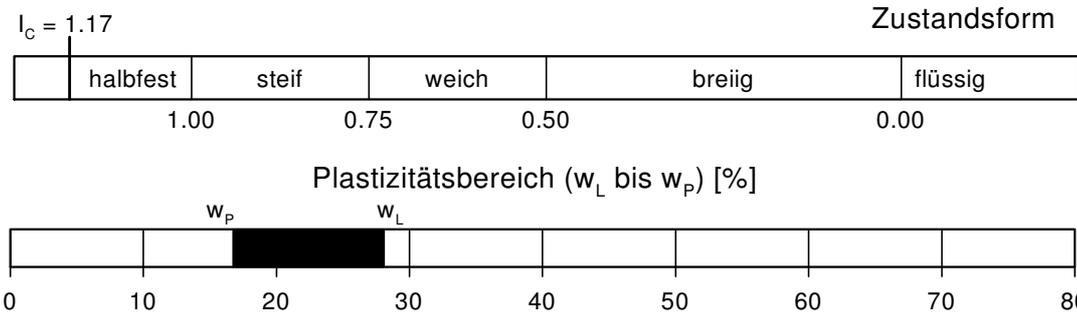
Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892 - 12
 Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze

Aufschluss:..... 1.2
 Tiefe:..... 0,7 m
 Probe entnommen am:..... 26.04.21
 Probe entnommen von:..... kp
 Bodenart nach DIN 4022 - 1:.. U, s, t', g'

Bearbeiter: Getke Datum: 10.09.2021 gepr.:



Wassergehalt w =	14.8 %
Fließgrenze w _L =	28.1 %
Ausrollgrenze w _p =	16.8 %
Plastizitätszahl I _p =	11.3 %
Konsistenzzahl I _c =	1.17





**WPW Geoconsult
Südwest**

Baugrund | Hydrogeologie | Umwelt

21.92592.1

Anlage:

Windpark

Reichenbach-Steegen

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892 - 12

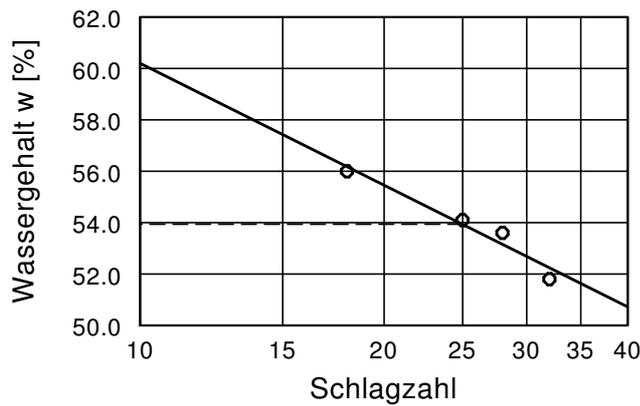
Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze

Aufschluss:..... 2.5
 Tiefe:..... 2,0 m
 Probe entnommen am:..... 02.09.21
 Probe entnommen von:..... kp
 Bodenart nach DIN 4022 - 1:.. U, g, s, t

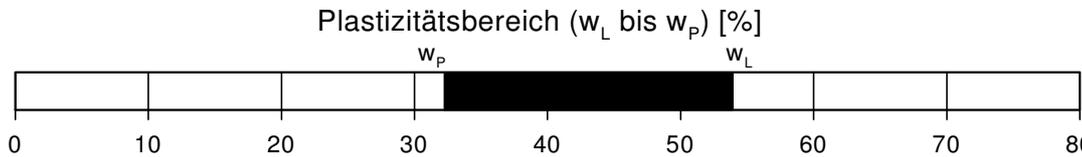
Bearbeiter: Getke

Datum: 09.09.2021

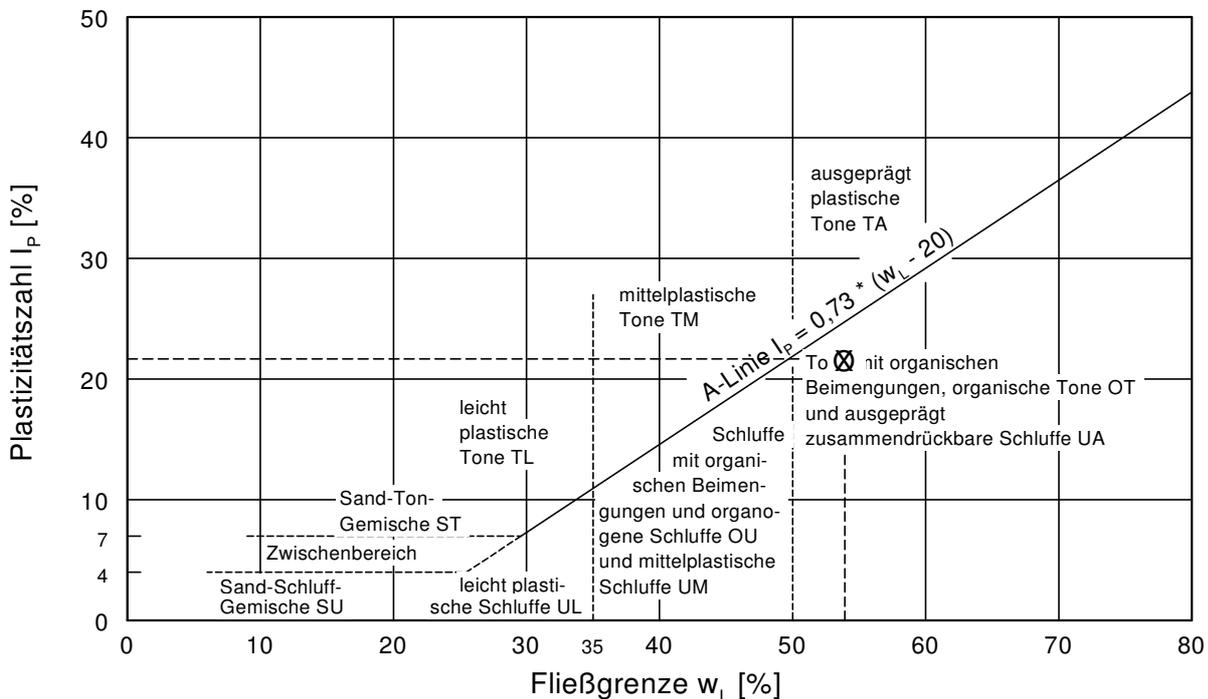
gepr.:



Wassergehalt w =	25.1 %
Fließgrenze w_L =	53.9 %
Ausrollgrenze w_p =	32.3 %
Plastizitätszahl I_p =	21.6 %
Konsistenzzahl I_c =	1.33



Plastizitätsdiagramm





**WPW Geoconsult
Südwest**

Baugrund | Hydrogeologie | Umwelt

21.92592.1

Anlage:

Windpark

Reichenbach-Steegen

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892 - 12

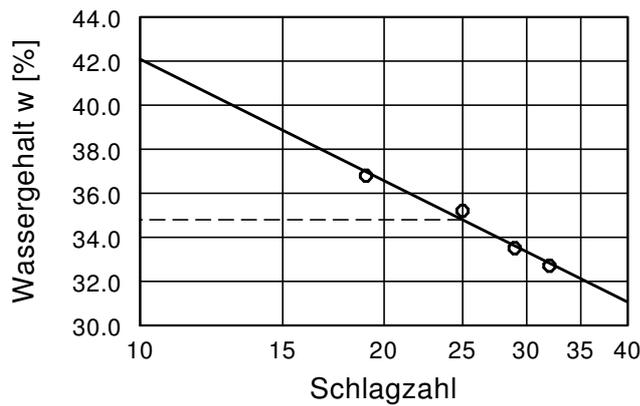
Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze

Aufschluss:..... 3.1
 Tiefe:..... 1,5 m
 Probe entnommen am:..... 26.04.21
 Probe entnommen von:..... kp
 Bodenart nach DIN 4022 - 1:.. U, s, g, t'

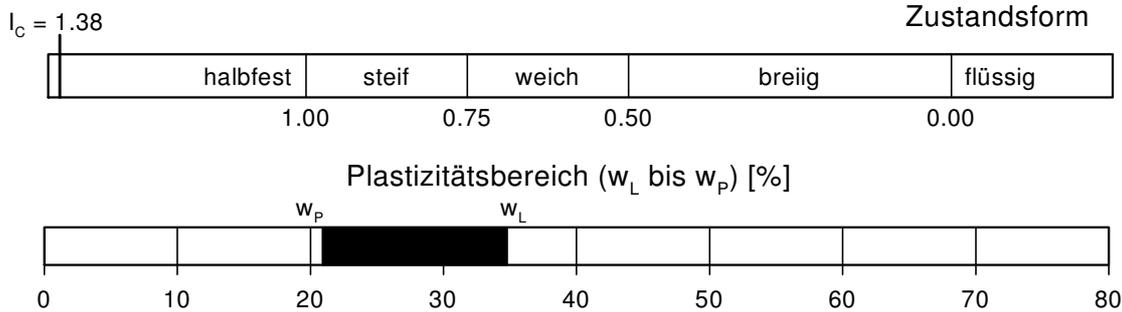
Bearbeiter: Getke

Datum: 09.09.2021

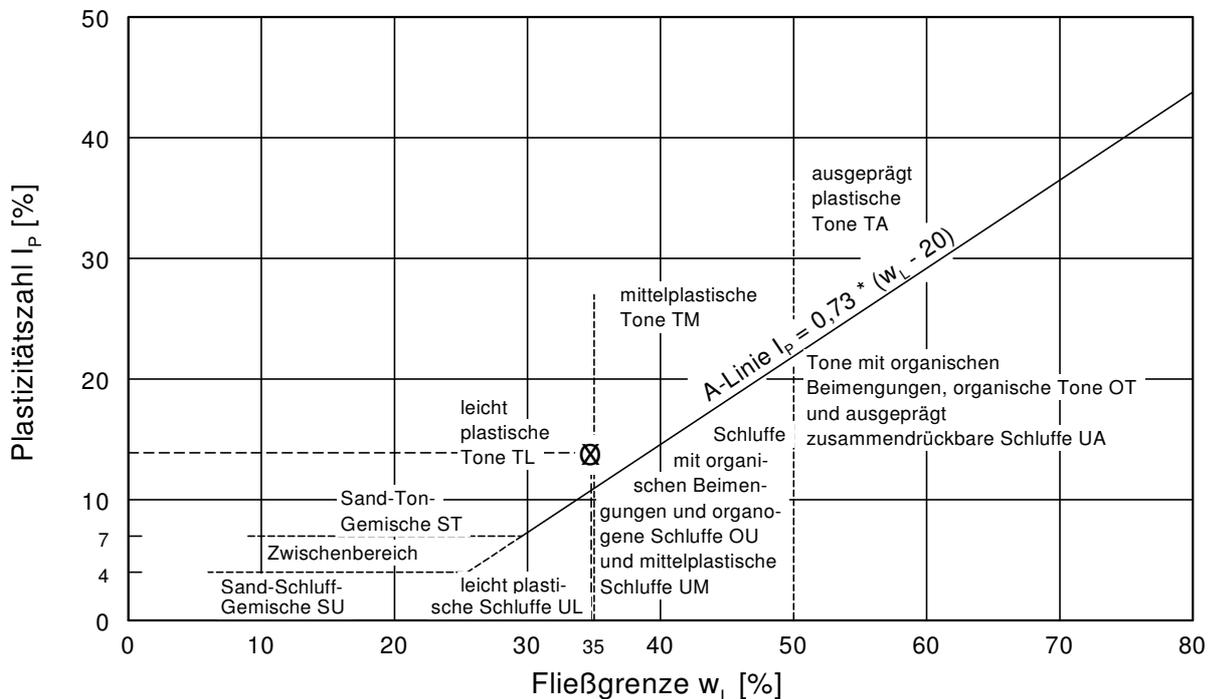
gepr.:



Wassergehalt w =	15.6 %
Fließgrenze w_L =	34.8 %
Ausrollgrenze w_p =	20.9 %
Plastizitätszahl I_p =	13.9 %
Konsistenzzahl I_c =	1.38



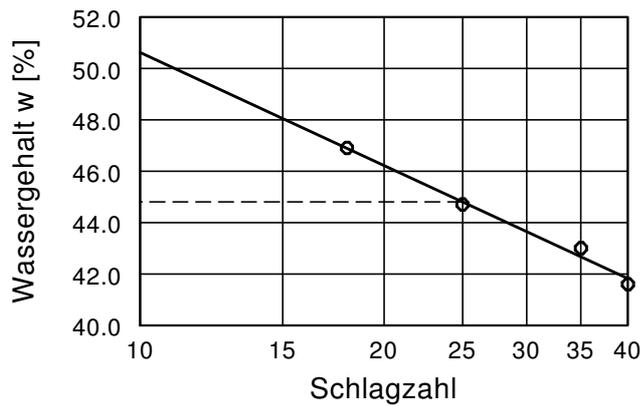
Plastizitätsdiagramm



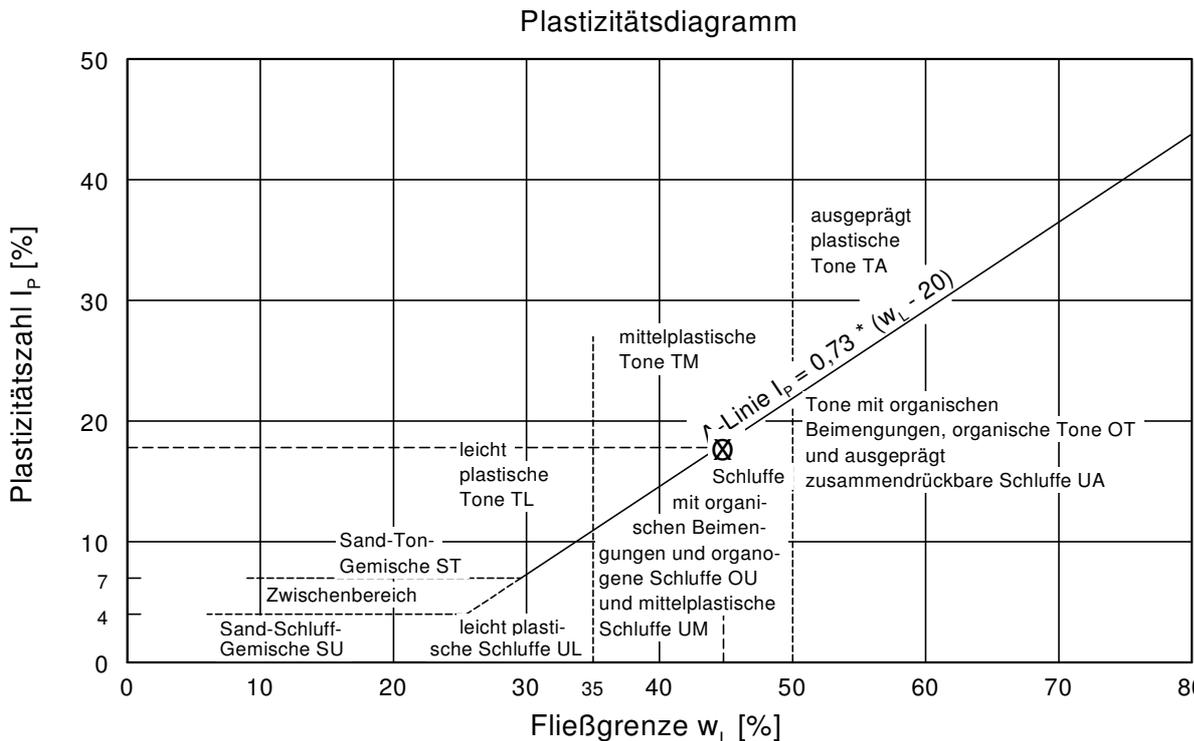
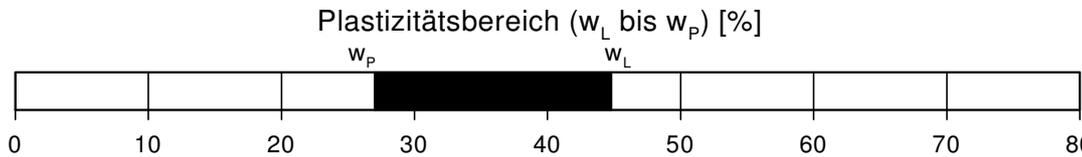
Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892 - 12
 Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze

Aufschluss:..... 3.2
 Tiefe:..... 2,9 m
 Probe entnommen am:..... 26.04.21
 Probe entnommen von:..... kp
 Bodenart nach DIN 4022 - 1:.. U, g, s, t'

Bearbeiter: Getke Datum: 09.09.2021 gepr.:



Wassergehalt w =	20.2 %
Fließgrenze w_L =	44.8 %
Ausrollgrenze w_p =	27.0 %
Plastizitätszahl I_p =	17.8 %
Konsistenzzahl I_c =	1.38

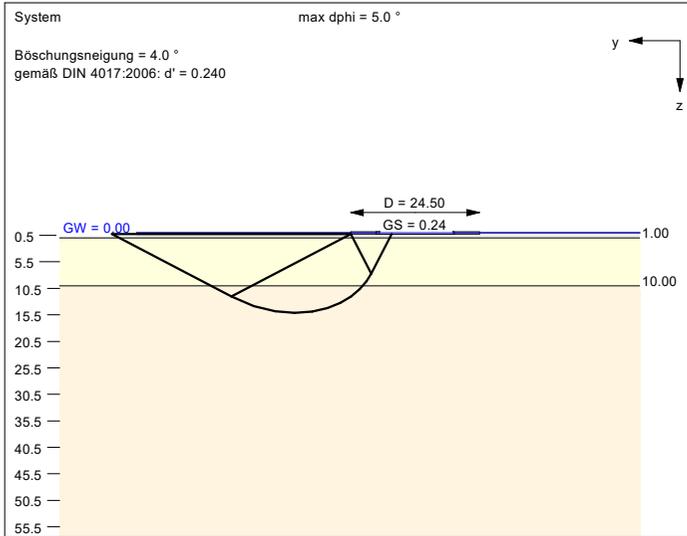


Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	11.0	40.0	0.0	202.5	0.33	Polster / Bodenaustausch
	21.0	11.5	35.0	20.0	162.0	0.33	Schluffstein, stark verwittert
	23.0	13.0	35.0	50.0	1485.7	0.30	Schluffstein, verwittert

92592 WP Reichenbach-Steegen, WEA 04, BS-A, dynamisch

Fundamentdurchmesser 24,5 m, Grundwasser = GOK

Überschüttung nicht berücksichtigt

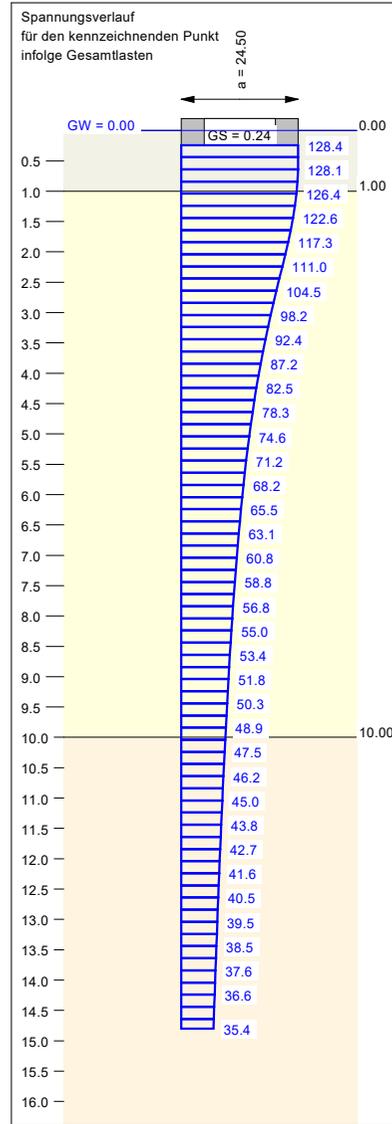


Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 38147.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 1650.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 0.00 / 262685.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 24.500 m
 Durchmesser (innen) d = 14.900 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 4.195 m)
 $a' = 18.742$ m
 $b' = 18.742$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -6.886$ m
 Resultierende im 2. Kern (= 8.036 m)
 $a' = 7.762$ m
 $b' = 14.662$ m

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht, aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\sigma_{Gf,k} / \sigma_{Gfd} = 3703.6 / 3086.31$ kN/m²
 $R_{n,k} = 421503.09$ kN
 $R_{n,d} = 351252.57$ kN
 $V_d = 1.10 \cdot 38147.00 + 1.10 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 41961.70$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.119
 cal $\varphi = 35.2^\circ$
 cal c = 33.94 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 11.76$ kN/m³

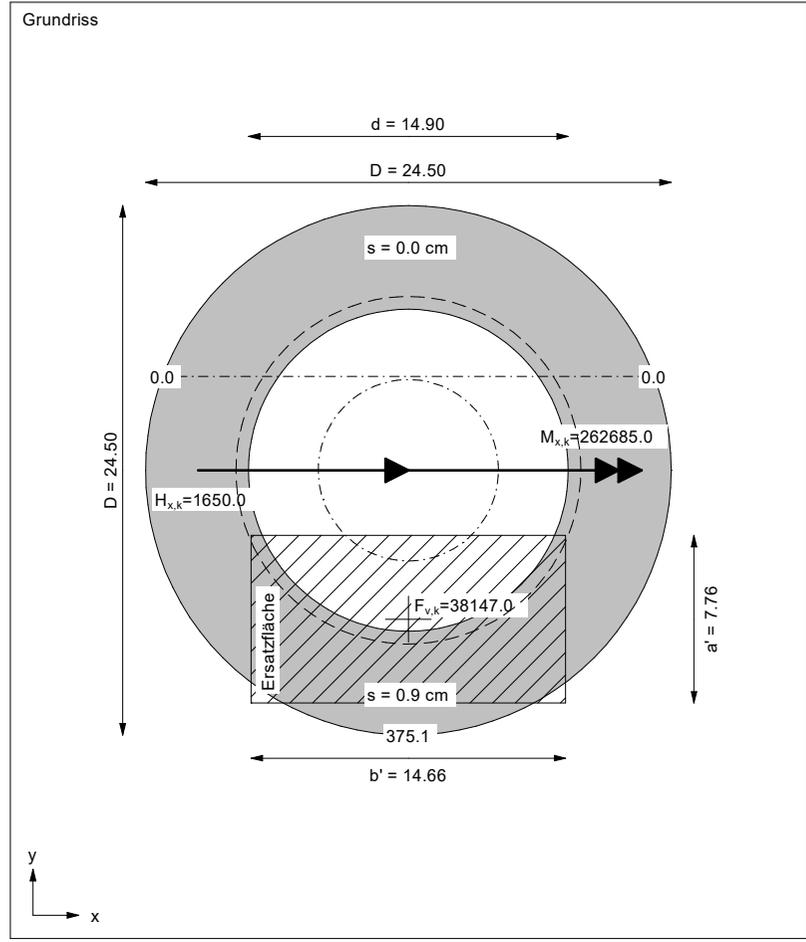
cal $\sigma_0 = 2.64$ kN/m²
 cal $\beta = 0.00^\circ$
 UK log. Spirale = 15.15 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 63.68 m
 Fläche log. Spirale = 501.32 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{d0} = 47.02$; $N_{d10} = 34.18$; $N_{b0} = 23.41$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.314$; $v_d = 1.305$; $v_b = 0.841$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.940$; $i_d = 0.942$; $i_b = 0.901$
 Geländeneigungsbeiwerte (y):
 $\lambda_c = 1.000$; $\lambda_d = 1.000$; $\lambda_b = 1.000$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 14.80$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.45 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = -0.01 cm
 unten = 0.92 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 2238.4
 Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\sigma,x} = 588003.2$ MN·m/rad
 Nachweis EQU:
 $M_{stb} = 38147.0 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 443935.7$
 $M_{dst} = 262685.0 \cdot 1.00 = 262685.0$
 $\mu_{EQU} = 262685.0 / 443935.7 = 0.592$



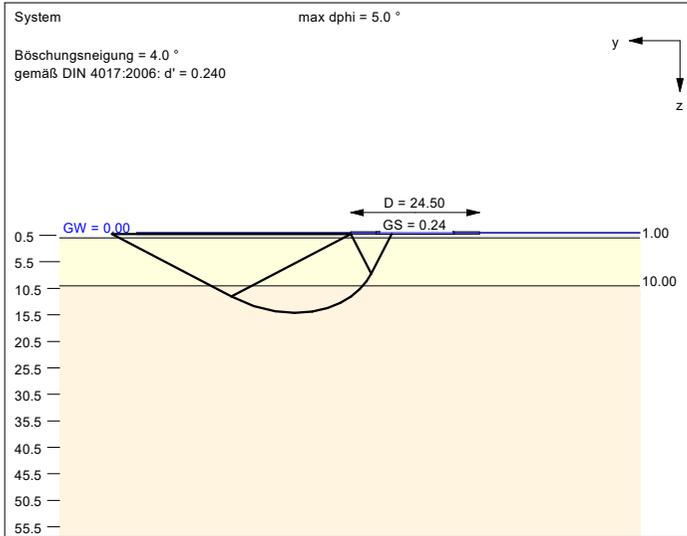
Berechnungsgrundlagen:
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\gamma_G = 1.10$
 $\gamma_Q = 1.10$
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,stb} = 0.95$

$\gamma_{O,dst} = 1.00$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 0.00 m
 Böschungsneigung = 4.0°
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite



Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	11.0	40.0	0.0	67.5	0.33	Polster / Bodenaustausch
	21.0	11.5	35.0	20.0	40.5	0.33	Schluffstein, stark verwittert
	23.0	13.0	35.0	50.0	148.6	0.30	Schluffstein, verwittert

92592 WP Reichenbach-Steegen, WEA 04, BS-A, statisch Fundamentdurchmesser 24,5 m, Grundwasser = GOK Überschüttung nicht berücksichtigt

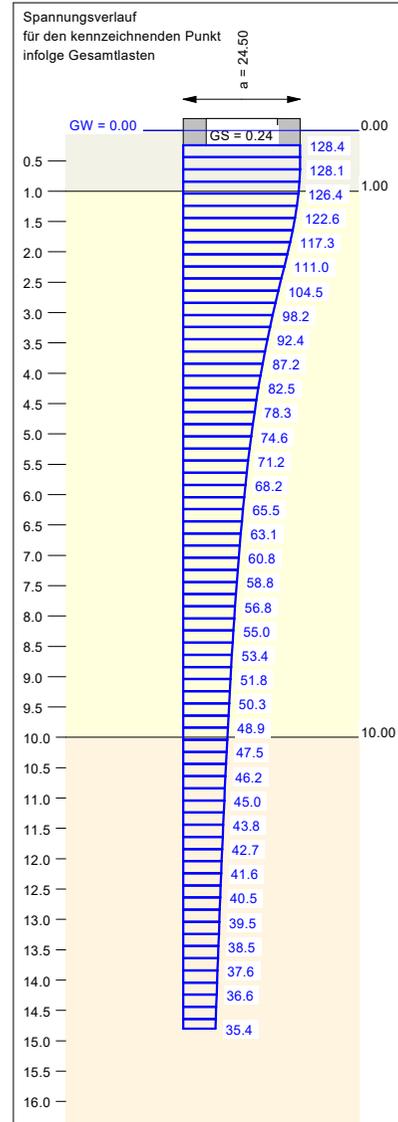


Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 38147.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 1650.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 0.00 / 262685.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 24.500 m
 Durchmesser (innen) d = 14.900 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 4.195 m)
 $a' = 18.742$ m
 $b' = 18.742$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -6.886$ m
 Resultierende im 2. Kern (= 8.036 m)
 $a' = 7.762$ m
 $b' = 14.662$ m

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\sigma_{Gk} / \sigma_{Gd} = 3703.6 / 3086.31$ kN/m²
 $R_{n,k} = 421503.09$ kN
 $R_{n,d} = 351252.57$ kN
 $V_d = 1.10 \cdot 38147.00 + 1.10 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 41961.70$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.119
 cal $\varphi = 35.2$ °
 cal c = 33.94 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 11.76$ kN/m³

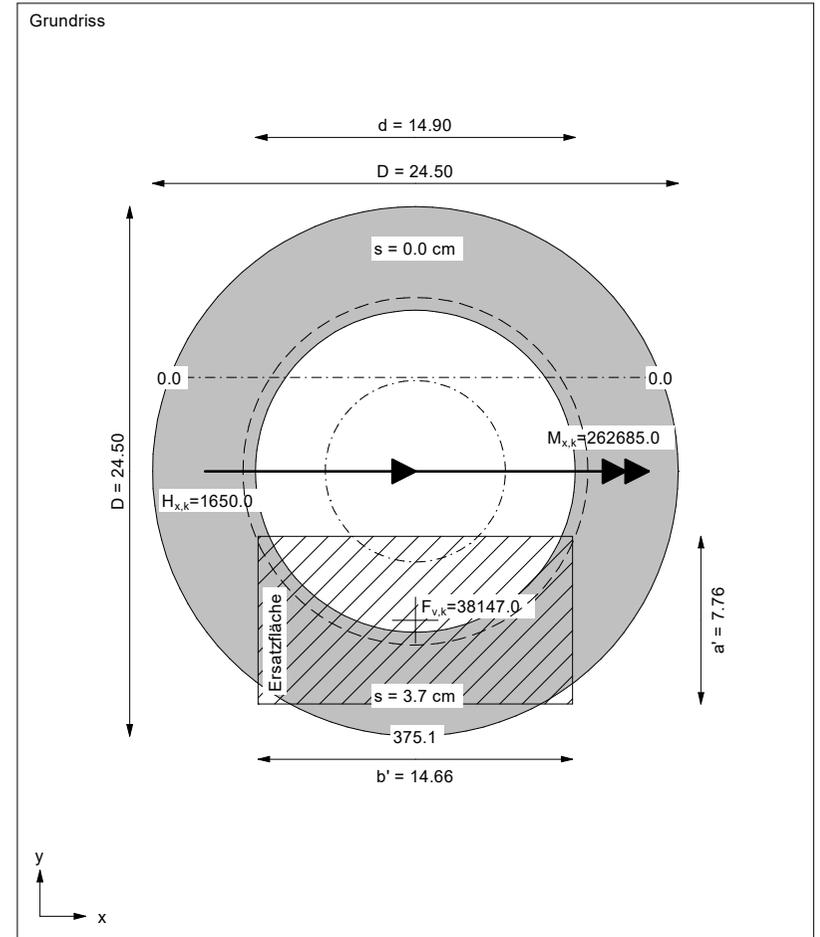
cal $\sigma_0 = 2.64$ kN/m²
 cal $\beta = 0.00$ °
 UK log. Spirale = 15.15 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 63.68 m
 Fläche log. Spirale = 501.32 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{d0} = 47.02$; $N_{d10} = 34.18$; $N_{b0} = 23.41$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.314$; $v_d = 1.305$; $v_b = 0.841$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.940$; $i_d = 0.942$; $i_b = 0.901$
 Geländeneigungsbeiwerte (y):
 $\lambda_c = 1.000$; $\lambda_d = 1.000$; $\lambda_b = 1.000$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 14.80$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.85 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = -0.03 cm
 unten = 3.72 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 551.8
 Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 144950.8$ MN·m/rad
 Nachweis EQU:
 $M_{stb} = 38147.0 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 443935.7$
 $M_{dst} = 262685.0 \cdot 1.00 = 262685.0$
 $\mu_{EQU} = 262685.0 / 443935.7 = 0.592$



Berechnungsgrundlagen:
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\gamma_G = 1.10$
 $\gamma_Q = 1.10$
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,stb} = 0.95$

$\gamma_{O,dst} = 1.00$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 0.00 m
 Böschungneigung = 4.0 °
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite

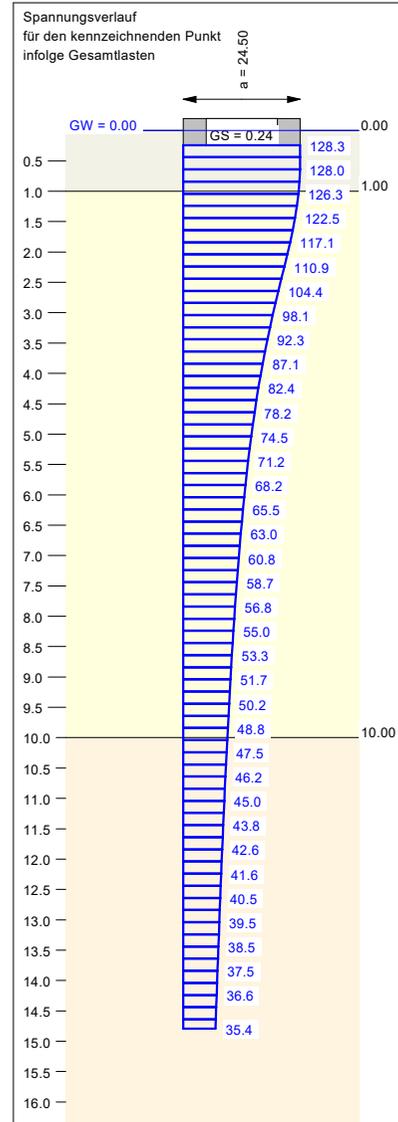
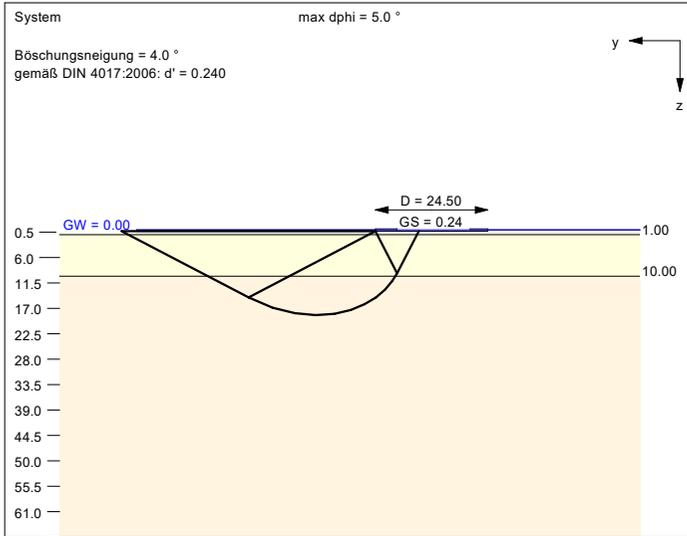


Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	11.0	40.0	0.0	202.5	0.33	Polster / Bodenaustausch
	21.0	11.5	35.0	20.0	162.0	0.33	Schluffstein, stark verwittert
	23.0	13.0	35.0	50.0	1485.7	0.30	Schluffstein, verwittert

92592 WP Reichenbach-Steegen, WEA 04, BS-P, dynamisch

Fundamentdurchmesser 24,5 m, Grundwasser = GOK

Überschüttung nicht berücksichtigt



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

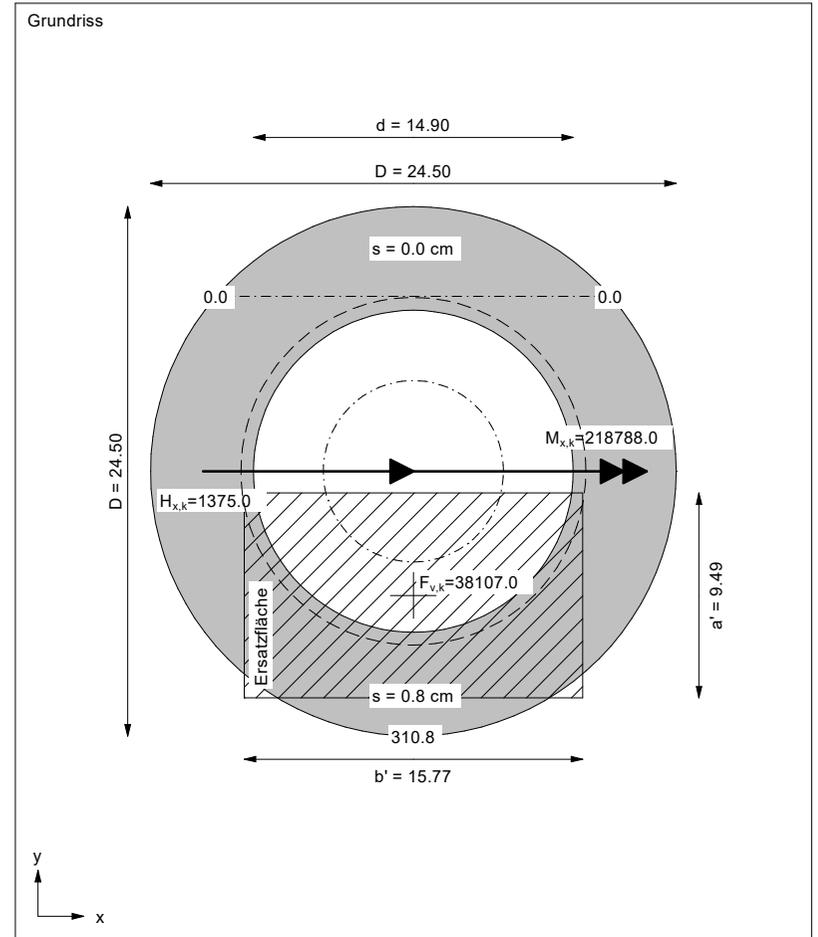
$\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 0.24 m
 Grundwasser = 0.00 m
 Böschungseignung = 4.0 °
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite

Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 38107.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 1375.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 0.00 / 218788.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 24.500 m
 Durchmesser (innen) d = 14.900 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 4.195 m)
 $a' = 18.742$ m
 $b' = 18.742$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.741$ m
 Resultierende im 2. Kern (= 8.036 m)
 $a' = 9.486$ m
 $b' = 15.771$ m

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht, aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{Gf,k} / \sigma_{Gf,d} = 4320.2 / 3085.84$ kN/m²
 $R_{n,k} = 646302.63$ kN
 $R_{n,d} = 461644.74$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 38107.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 51444.45$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.111
 cal $\varphi = 35.2^\circ$
 cal c = 36.92 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 11.93$ kN/m³

cal $\sigma_0 = 2.64$ kN/m²
 cal $\beta = 0.00^\circ$
 UK log. Spirale = 18.44 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 77.70 m
 Fläche log. Spirale = 746.50 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{d0} = 46.85$; $N_{d10} = 34.02$; $N_{b0} = 23.27$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.357$; $v_d = 1.346$; $v_b = 0.820$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.949$; $i_d = 0.951$; $i_b = 0.916$
 Geländeneigungsbeiwerte (y):
 $\lambda_c = 1.000$; $\lambda_d = 1.000$; $\lambda_b = 1.000$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 14.79$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.39 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.00 cm
 unten = 0.78 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 2634.7
 Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 576435.1$ MN·m/rad
 Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 38107.0 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 420129.7$
 $M_{dst} = 218788.0 \cdot 1.50 = 328182.0$
 $\mu_{EQU} = 328182.0 / 420129.7 = 0.781$





chemlab

Gesellschaft für Analytik
und Umweltberatung mbH

chemlab GmbH · Wiesenstraße 4 · 64625 Bensheim

WPW Geoconsult Südwest GmbH
Herr Porebski
Raiffeisenstraße 16
66877 Ramstein-Miesenbach

19.05.2021

21052754.4

chemlab
Gesellschaft für Analytik und
Umweltberatung mbH

Wiesenstraße 4
64625 Bensheim
Telefon (0 62 51) 84 11 - 0
Telefax (0 62 51) 84 11 - 40
info@chemlab-gmbh.de
www.chemlab-gmbh.de

Volksbank Darmstadt-Südhessen eG
IBAN: DE65 5089 0000 0052 6743 01
BIC: GENODEF1VBD

Bezirkssparkasse Bensheim
IBAN: DE48 5095 0068 0001 0968 33
BIC: HELADEF1BEN

Amtsgericht Darmstadt
HRB 24061
Geschäftsführer:
Harald Störk
Hermann-Josef Winkels



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14010-01-01
D-PL-14010-01-02
D-PL-14010-01-03

Durch die DAkkS nach
DIN EN ISO/IEC 17025
akkreditiertes Prüflaboratorium

Zulassung nach der
Trinkwasserverordnung

Messstelle nach § 29b BImSchG

Zulassung als staatlich
anerkanntes EKVO-Labor

USt.-Id.Nr.: DE 111 620 831

Untersuchung von Feststoff

Ihr Auftrag vom: 12.05.2021

Projekt: 21.92592.1 - Windpark Reichenbach-Steegen

PRÜFBERICHT NR.:

21052754.4

Untersuchungsgegenstand:

Feststoffproben

Untersuchungsparameter:

Betonaggressivität

Probeneingang/Probenahme:

Probeneingang: 12.05.2021

Die Probenahme wurde vom Auftraggeber vorgenommen.

Analysenverfahren:

Probenvorbereitung nach DIN 19747:2009-07

siehe Analysenbericht

Prüfungszeitraum:

12.05.2021 bis 19.05.2021

Gesamtseitenzahl des Berichts: 2


chemlab

 Gesellschaft für Analytik
 und Umweltberatung mbH

Auftraggeber: WPW Geoconsult Südwest GmbH
 Projekt: 21.92592.1 - Windpark Reichenbach-Steegen
 AG Bearbeiter: Herr Porebski
 Probeneingang: 12.05.2021

Analytiknummer:				21052754.1	21052754.2	21052754.3	21052754.4
Probenart:				Boden	Boden	Boden	Boden
Probenbezeichnung:				MP WEA 01	MP WEA 02	MP WEA 03	MP WEA 04
Parameter	Einheit	Verfahren	BG				
Feststoffuntersuchung							
Trockensubstanz	%	DIN ISO 11465	0,1	88,7	91,8	89,3	88,6
Chlorid aus Auszug	mg/kg	Hausmethode	75	<75	<75	<75	<75
Sulfat aus Auszug	mg/kg	Hausmethode	150	<150	<150	<150	<150
Sulfid	mg/kg TS	DIN 38 405 D26	1	<1	<1	<1	<1
Säuregrad n. Baumann-Gully	ml/kg TS	DIN 4030 Teil 2	2	78	44	6	174

Bemerkung: Die Analysenergebnisse beziehen sich auf die Trockenmasse.

Bensheim, den 19.05.2021

chemlab GmbH

 Dipl.-Ing. Störk
 - Laborleiter -

20.92592.1

Windpark Reichenbach-Steegen WEA 01 bis WEA 04

Anl. 6.1

BK 1.5 (WEA 01)

0,0 - 12,0 m



20.92592.1

Windpark Reichenbach-Steegen WEA 01 bis WEA 04

Anl. 6.2

BK 1.5 (WEA 01)

12,0 - 19,3 m



20.92592.1

Windpark Reichenbach-Steegen WEA 01 bis WEA 04

Anl. 6.1

BK 2.5 (WEA 02)

0,0 - 12,0 m



20.92592.1

Windpark Reichenbach-Steegen WEA 01 bis WEA 04

Anl. 6.2

BK 2.5 (WEA 02)

12,0 – 16,2 m



20.92592.1

Windpark Reichenbach-Steegen WEA 01 bis WEA 04

Anl. 6.1

BK 3.5 (WEA 03)

0,0 - 12,0 m



20.92592.1

Windpark Reichenbach-Steegen WEA 01 bis WEA 04

Anl. 6.2

BK 3.5 (WEA 03)

12,0 – 20,0 m

