

# GEO CONSULT

Beratende Ingenieure und Geologen

**Baugrunduntersuchung, Baugrundbeurteilung  
und Angaben zur Gründung für den  
Neubau von sieben Windenergieanlagen  
des Typs Vestas V117 3,3MW – NH116,5  
im Windpark Beuren/Urschmitt**

Projekt-Nr. 20092200	Schreiben-Nr.: Gr/B1481120	Bearb.: Dipl.-Ing. Michael Grimmer		
Datum: 25.11.2020	Seiten: 15	Tabellen: 6	Abbildungen: 1	Anlagen: 6
Auftraggeber: Enercity Windpark Beuren GmbH, Nessestraße 24, 26789 Leer				

Enercity Windpark Beuren GmbH  
Nessestraße 24  
26789 Leer

Overath, 25.11.2020  
Gr/B1481120  
Proj.-Nr. 20092200

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Anlass .....	3
2. Unterlagen / Pläne.....	3
3. Bauvorhaben.....	4
4. Baugrund .....	5
4.1 Geologische Situation und Baugrunduntersuchungen .....	5
4.2 Baugrundbeschreibung .....	6
4.3 Baugrundklassifikation und bodenmechanische Kennwerte .....	7
5. Grundwasser.....	9
6. Gründung.....	10
6.1 Beurteilung der Baugrundtragfähigkeit .....	10
6.2 Berechnungen und Gründungsempfehlung für die Windenergieanlagen.....	11
7. Besondere Maßnahmen .....	12
7.1 Erdbau .....	12
7.2 Ausführung der Wege und Kranstellflächen .....	13
8. Schlussbemerkungen.....	15

## Anlagenverzeichnis

1. Übersichtslagepläne (M 1:5.000)
2. Lagepläne (M 1:500)
3. Kernbohrungen, Bohrprofile, Schlagzahldiagramme (M 1:25/75), Nivellement
4. Fotodokumentation Kernbohrungen
5. Nachweis der Grundbruchsicherheit
6. Berechnung der Drehfedersteifigkeit

## 1. Anlass

Die Enercity Windpark Beuren GmbH plant in der Verbandsgemeinde Ulmen zwischen den Ortschaften Beuren und Kennfus sowie südöstlich der Ortschaft Urschmitt die Errichtung von sieben Windenergieanlagen (WEA).

Vorgesehen sind WEA des Typs Vestas V117 3,3MW mit einer Nabenhöhe von 116,5 m und einem Rotordurchmesser von 117 m. Zur Errichtung der Windenergieanlagen ist das Anlegen von Zuwegungen, Kranstell- und Lagerflächen erforderlich.

Unser Büro ist beauftragt, die Baugrundverhältnisse im Bereich der Bauflächen zu erkunden, zu beurteilen und einen geotechnischen Bericht mit Angaben zur Baugrundtragfähigkeit sowie zu ggf. erforderlichen, besonderen Gründungsmaßnahmen im Bereich der WEA-Standorte sowie der geplanten Zuwegungen, Kranstell- und Lagerflächen auszuarbeiten.

Neben den Ergebnissen der Felderkundungen vom 28.10.2020 und 29.10.2020 (Geo Consult) sowie vom 20.10.2020 bis 09.11.2020 (Fa. Krahl, Kernbohrungen) wurden geologische Karten sowie Archivunterlagen berücksichtigt.

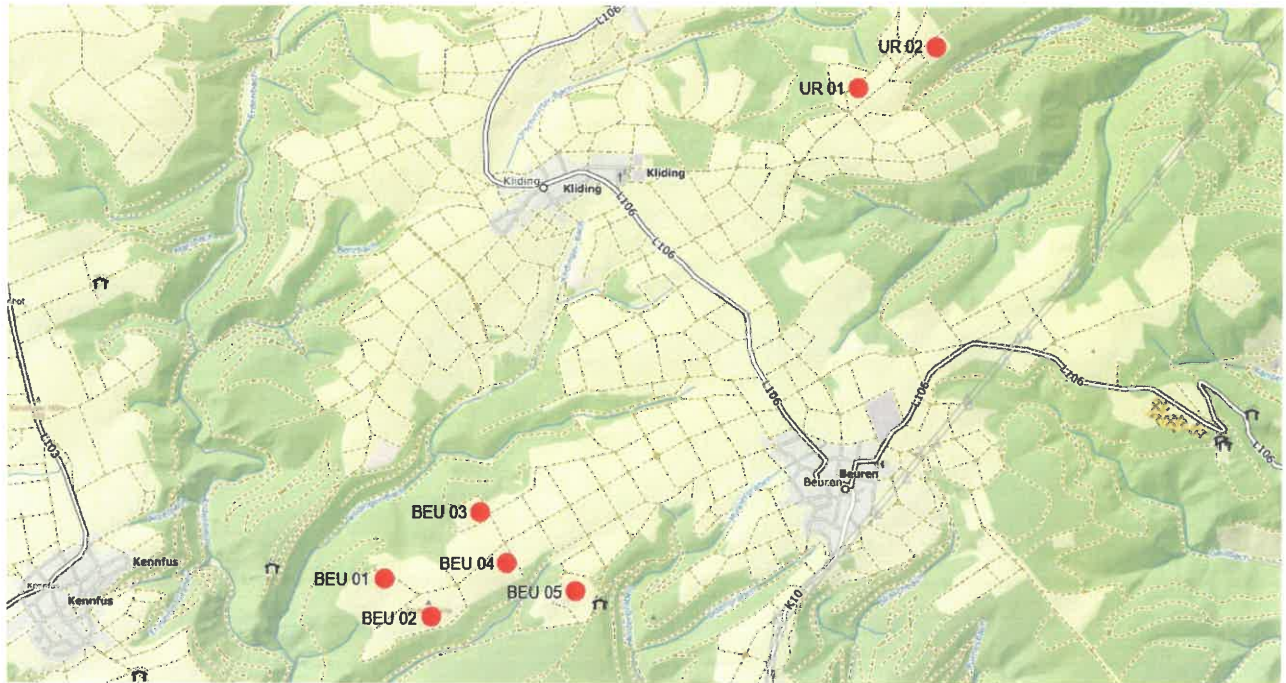
## 2. Unterlagen / Pläne

Für die Bearbeitung standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [1] Vertragsanhang Beuren, Lageplan 1:7.500 (11.06.2019)
- [2] Vertragsanhang Kliding/Urschmitt, Lageplan 1:7.500 (18.12.2019)
- [3] Absteckpläne M. 1:1.500 (Stand 28.01.2020, 08.07.2020)
- [4] 0019-5727.V04-Anforderungen-an-Baugrundgutachten-fuer-Gruendungen-von-Vestas-Windenergieanlagen-(0019-5727)
- [5] 0040-4327.V10-Mindestanforderung-an-Zuwegung-und-Kranstellflaechen-V100,-V110,-V112,-V117,-V126,-V136,-V150,-V162-(0040-4327)
- [6] 0058-0973.V00-Fundamentstatik-FGoA-V117-3.3MW-116.5m-DIBtS-(0058-0973)
- [7] 0058-0974.V00-Fundamentstatik-V117-3.3MW-116.5m-DIBtS-(0058-0974)
- [8] 0058-0977.V00-Fundamentzeichnung-FGoA-V117-3.3MW-116.5m-DIBtS-(0058-0977)
- [9] 0058-0978.V00-Fundamentzeichnung-FGmA-V117-3.3MW-116.5m-(0058-0978)

### 3. Bauvorhaben

Die zu begutachtenden Bauflächen befinden ca. 1,4 km bis 2,4 km südwestlich des Ortes Beuren (WEA BEU) bzw. ca. 1,2 km bis 1,5 km südöstlich der Ortslage Urschmitt (WEA UR). Naturräumlich liegt der Windpark in der Moseleifel. Eine Übersicht über die Lage der Bauflächen gibt der nachfolgende Kartenauszug.



Die Richtung des Gefälles des natürlichen Geländes variiert hier je Standort. Die Geländeneigung liegt im Bereich der WEA-Standorte zwischen 0 % und 8 % (WEA BEU) bzw. zwischen 9 % und 13 % (WEA UR).

Nachfolgend sind für die Standorte der WEA die UTM-Koordinaten im Referenzsystem ETRS89, die NHN-Höhen der Geländeoberkante (GOK) im Mittelpunkt aus [3] sowie die minimalen und maximalen NHN-Werte im übrigen Bereich der geplanten Fundamente dargestellt:

Bezeichnung WEA.	UTM -Koordinaten [m]		Höhe [mNHN]		
	Rechtswert	Hochwert	Mittelpunkt	Minimum	Maximum
WEA BEU 01	32360148,77	5550397,29	388,96	388,7	389,3
WEA BEU 02	32360412,26	5550196,59	394,64	393,5	395,5
WEA BEU 03	32360669,39	5550756,75	393,94	393,7	394,1
WEA BEU 04	32360819,59	5550480,72	401,24	400,5	402,3
WEA BEU 05	32361168,72	5550330,65	402,77	402,0	403,4
WEA UR 01	32362668,49	5553014,80	398,77	397,6	400,0
WEA UR 02	32363091,67	5553237,59	396,98	396,2	397,9

Die Angaben zur Fundamentausbildung der WEA aus [6] und [8] sind nachfolgend dargestellt:

V117 3.3 MW 116.5m	Fundamentabmessungen [m]	Abkürzung
Durchmesser der Fundamentplatte (= 2 x Radius)	20,40 m	R
Sockeldurchmesser	5,67 m	D <sub>P</sub>
Fundamenthöhe Außenrand	0,85 m	H1
Fundamenthöhe Übergang Sockel	2,40 m	H2
Einbindetiefe in Baugrund	2,798 m / 3,06 m im Zentrum	H3 / L3
Gesamthöhe des Fundaments	3,39 m	H4
maximaler Grundwasserspiegel	-2,798 (Unterkante Fundament)	L4

## 4. Baugrund

### 4.1 Geologische Situation und Baugrunduntersuchungen

Die geologische Karte (Blatt CC 6302 Trier) weist für den Bereich der Bauflächen devonische Festgesteine der Unterems-Stufe in Form von Tonschiefer, Siltstein und Sandstein (teilweise quarzitisch) sowie Plattenquarzit aus.

Das Bauvorhaben liegt in den Gemarkungen Beuren, Urschmitt und Kliding und ist somit nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 einem Gebiet der Erdbebenzone 0 und der Untergrundklasse R zuzuordnen. Das Bauvorhaben ist gemäß DIN 1054:2012-10 in die Geotechnische Kategorie GK 3 einzustufen.

Zur genaueren Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden im Bereich der geplanten Bauflächen 21 Rammkernsondierungen (RKS) sowie 7 Kernbohrungen (KB) gemäß EN ISO 22475-1 mit Bohrtiefen zwischen 1,2 m und 3,1 m unter GOK (RKS) bzw. 12,0 m (KB) durchgeführt. Ergänzend wurden 14 schwere Rammsondierungen (DPH) gemäß EN ISO 22476 bis in Tiefen zwischen 1,0 m und 8,0 m unter GOK abgeteuft.

Die entnommenen Bodenproben wurden qualitativ im Hinblick auf ihren Kornaufbau untersucht und nach Bodenklasse (DIN 18300:2012-09), Bodengruppe (DIN 18196) und Homogenbereich (VOB/C) klassifiziert. Die Ergebnisse der Felderkundungen sind in der Anlage 3 als Bohrprofile gemäß DIN 4023 und als Schlagzahldiagramme gemäß EN ISO 22476-2 dargestellt (Fotodokumentation Kernbohrungen s. Anl. 4). Die Ortslage der Sondierungen zeigen die Lagepläne in Anlage 2.

## **4.2 Baugrundbeschreibung**

Nach Auswertung der Untersuchungsergebnisse stehen im Bauflächenbereich die nachfolgend beschriebenen Baugrundsichten an.

### **Oberboden (Homogenbereich A)**

Direkt an der Oberfläche findet sich in allen RKS und KB eine 20 cm bis 40 cm mächtige Oberbodenschicht aus feinsandigem Schluff mit organischen Beimengungen und variierenden Anteilen an Gesteinsgrus. Der Oberboden besitzt eine steife Konsistenz und ist der Bodengruppe OU bzw. der Bodenklasse 1 zugehörig.

### **Verwitterungslehm/-ton (Homogenbereich B.1)**

Unter dem Oberboden bzw. schließt sich überwiegend bis in Tiefen zwischen 0,5 und 1,1 m und lokal bis zur erreichten Endteufe von 2,4 m unter GOK (B5-RKS 3) Verwitterungslehm in Form von feinsandigem Schluff mit variierenden Anteilen an Gesteinsgrus und untergeordnet Verwitterungston in Form von Ton mit Gesteinsgrus an. Der Verwitterungslehm/-ton besitzt eine steife bis halbfeste Konsistenz und ist den Bodengruppen UL, TL bzw. der Bodenklasse 4 zuzuordnen.

### **Festgestein, verwittert bis massiv (Homogenbereich B.2 + B.3)**

In allen Sondierungen außer B%-RKS 3 wurden bis zu den erreichten Endteufe zwischen 1,2 m und 3,1 m unter GOK bzw. in den Kernbohrungen bis Tiefen zwischen 2,1 m und 5,5 m unter GOK wurde stark verwitterter bis gering verwitterter Ton- und Sandstein sowie Quarzit erbohrt, die bodenmechanisch als Gesteinsgrus mit variierenden sandigen und schluffigen Anteilen eingestuft werden können. Das stark verwitterte bis gering verwitterte Festgestein ist mitteldicht bis dicht gelagert und daher als Lockergestein einzustufen. Es ist den Bodenklassen GW, GU bzw. den Bodenklassen 3 bis 5 zugehörig.

In den Kernbohrungen wurde bis zur erreichten Endteufe von 12,0 m unter GOK massiver Ton- und Sandstein bzw. Quarzit erbohrt. Das Festgestein besitzt eine dünnplattige bis dünnbankige Schichtung bzw. ist sehr stark klüftig bis klüftig. Die Einfallrichtung und das Fallen konnte an den Bohrkernen nicht eingemessen werden. Das massive Festgestein ist den Bodenklassen 6 und 7 zuzuordnen.

Alle Sondierungen mussten in der erreichten Endteufe abgebrochen werden, da aufgrund zu hoher Bohrwiderstände kein weiterer Bohrfortschritt zu erzielen war. Unterhalb der Endteufe stehen nach örtlicher Erfahrung weiterhin Festgestein in variierenden Verwitterungsgraden an

### 4.3 Baugrundklassifikation und bodenmechanische Kennwerte

Die Klassifizierung der angetroffenen Baugrundsichten mit Angabe der zu erwartenden, jeweiligen Schichtunterkanten kann wie folgt tabellarisch wiedergegeben werden:

Homogenbereiche	A	B	
		B.1	B.2
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Verwitterungslehm	Festgestein, verwittert
Schichtunterkante unter GOK [m]	0,2 – 0,4	0,5 – 1,1, > 2,4	> 1,2 – 5,5
Bodengruppe nach DIN 18196	OU	UL, TL	GW, GU
Bodenklasse nach DIN 18300 alt <sup>1)</sup>	1	4	3, 5
Frostempfindlichkeit (ZTVE)	F 3	F 3	F 1 – F 2

1) rein informativ; gemäß alter DIN 18300:2012-09, ersetzt durch DIN 18300:2015-08

Neben den erbohrten Lockergesteinen (Homogenbereiche A, B.1) und dem verwitterten Festgestein (Homogenbereich B.2), das aufgrund der bodenmechanischen Eigenschaften ebenfalls als Lockergestein eingestuft werden kann, konnte in den Kernbohrungen massives Festgestein festgestellt werden (Homogenbereich B.3, Bodenklasse 6 bis 7). Dieser wird auf Seite 7 gesondert beschrieben.

Die Eigenschaften der gewachsenen Baugrundsichten werden gemäß DIN 18300 und DIN 18301 für die geotechnischen Kategorien GK 1, GK 2 und GK 3 durch die nachfolgenden Kennwerte beschrieben:

Homogenbereiche	A	B	
		B.1	B.2
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Verwitterungslehm	Festgestein, verwittert
Anteil Steine, D > 63 mm <sup>1)</sup> [%]	0 – 3	0 – 3	0 – 25
Anteil Blöcke, D > 200 mm <sup>1)</sup> [%]	n.e.	0 – 1	0 – 20
Anteil Blöcke, D > 630 mm <sup>1)</sup> [%]	n.e.	n.e.	0 – 10
Korngrößenverteilung <sup>1)</sup>	n.d.	n.d.	n.d.
Dichte, feucht [g/cm <sup>3</sup> ]	1,7 – 1,8	1,95 – 2,05	1,9 – 2,1
Wassergehalt [%]	10 – 80	10 – 60	0 – 20
Konsistenz	steif	steif – halbfest	-
Konsistenzzahl I <sub>c</sub> [-]	0,75 – 1,0	0,75 – > 1,0	-
Plastizität	mittel plastisch	leicht plastisch	-
Plastizitätszahl I <sub>p</sub> [%]	15 – 35	5 – 20	0 – 5
Lagerungsdichte I <sub>D</sub> [%]	-	-	35 – 85 (mitteldicht – dicht)
organischer Anteil [%]	< 20	n.e.	n.e.
Abrasivität	nicht abrasiv	schwach abrasiv	abrasiv

Homogenbereiche	A	B	
		B.1	B.2
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Verwitterungslehm	Festgestein, verwittert
Wichte $\gamma / \gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	17 – 18 / 8 – 9	19,5 – 20,5 / 10,5 – 11,5	19 – 21 / 11 – 13
Reibungswinkel $\phi'$ [°]	17,5	25 – 27,5	30 – 37,5
Kohäsion $c' / c'_u$ <sup>2)</sup> [kN/m <sup>2</sup> ]	0 – 2 / $\geq 5$	2 – 10 / $\geq 15$	0 – 2 / 0
Steifemodul $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	1 – 3	10 – 15	30 – 100

1) abgeschätzt; gemäß DIN ISO 14688-2 erfordern die Klassifizierungen von sehr grobkörnigen Böden sehr große Probenmengen. Es ist nicht möglich, repräsentative Proben aus Bohrungen zu gewinnen, um diese Klassifizierung anzuwenden.

2) dräniert  $c'$ , undräniert  $c'_u$

n.e. nicht zu erwarten

n.d. nicht durchgeführt

Die vorgenannten Angaben sind aus dem Vergleich mit ähnlichen Bodenarten und örtlichen Erfahrungswerten unter Berücksichtigung der angetroffenen Lagerungsdichte bzw. Konsistenz abgeschätzt. Falls erforderlich, sind die vorgenannten Angaben im Verlauf des Bauvorhabens durch Feld- und Laborversuche zu verifizieren.

Das massive Festgestein (Homogenbereich B.3) ist gemäß DIN EN ISO 14689-1 wie folgt zu klassifizieren:

Homogenbereich	B.3
Ortsübliche Bezeichnung	Devon (Unterems-Stufe)
Benennung von Fels	Sandstein, Tonstein, Quarzit
Verwitterung und Veränderungen	verfärbt bis frisch
Veränderlichkeit	veränderlich bis nicht veränderlich
Dichte <sup>1)</sup> [g/cm <sup>3</sup> ]	2,1 – 2,7
einaxiale Druckfestigkeit <sup>1)</sup> [MN/m <sup>2</sup> ]	5 – 250
Schichtflächenabstand	sehr dünn – mittel
Kluft- und Schieferungsflächenabstand	sehr engständig – mittelständig
Gesteinskörper	sehr klein – mittel
Einfallsrichtung [°]	– <sup>2)</sup>
Einfallwinkel [°]	– <sup>2)</sup>
Abrasivität	schwach abrasiv – stark abrasiv
Steifemodul $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	100 – 300

1) abgeschätzt

2) nicht messbar

Die Form des Gesteinskörpers sowie die genaue Einfallsrichtung bzw. der Einfallwinkel des Gesteins sind in den durchgeführten Sondierungen nicht bestimmbar.



Für Arbeiten gemäß DIN 18311, DIN 18312, DIN 18313, DIN 18319 und DIN 18324 sind weitere Parameterangaben erforderlich. Die Durchführung der dafür notwendigen Versuche ist mit unserem Büro abzustimmen.

Nachfolgend sind für die Berechnungen weitere erforderliche Parameter dargestellt:

Homogenbereiche		B	
		B.2	B.3
Ortsübliche Bezeichnung	Bodenaustausch	Festgestein, verwittert (Bodengruppe GW)	Festgestein, massiv
Querdehnzahl $\nu$ [-]	0,25 – 0,30	0,25 – 0,28	0,15 – 0,25
Schubmodul $G_d$ [MN/m <sup>2</sup> ]	40 – 150	100 – 200	100 – 1000
dyn. Steifemodul $E_{sd}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	150 – 250	200 – 350	300 – 800

Die übrigen Böden liegen oberhalb der geplanten Gründungssohlen bzw. werden durch tragfähiges Material ausgetauscht (Angaben zum Bodenaustausch s. Kap. 6.1 + 7.1) und sind daher für die weiteren Berechnungen nicht relevant.

## 5. Grundwasser

Zum Zeitpunkt der Felderkundungen am 20.10.2020 bis 09.11.2020 konnte in keiner der durchgeführten Sondierungen und Kernbohrungen durch Bohrlochmessungen mit dem Lichtlot bis in die maximale Tiefe von 12 m unter GOK ein freier Wasserspiegel festgestellt werden.

Zur genaueren Festlegung der Bemessungswasserstände haben wir bei der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord (SGD Nord) Grundwasserstände angefragt. Da im Bereich der WEA keine Brunnen und Grundwassermessstellen vorhanden sind, liegen der SGD Nord entsprechend auch keine Daten vor.

Nach Auswertung der hydrogeologischen Situation bewegt sich der oberste, durchgängige Grundwasserhorizont innerhalb von Kluft- und Schichtflächen des Festgesteins in größerer Tiefe unter GOK.

Somit liegt das Grundwasser unterhalb der Unterkanten der Fundamente und bleibt daher für das geplante Bauvorhaben ohne negative Einflüsse.

Für bautechnische Zwecke ist zu berücksichtigen, dass sich nach länger andauernden Niederschlagsperioden bzw. Starkregenereignissen auch oberhalb des Grundwasserstands bereichsweise Staunässe- bzw. Schichtwasserbereiche oder ein Wasseranstau in den Arbeitsräumen ausbilden können.

Aus unserer Sicht sollte aufgrund der o. g. Randbedingungen bei allen WEA zur Sicherung der Fundamentsubstanz und nicht zur Gewährleistung der Auftriebssicherheit das Sickerwasser über einen Sickergraben mit leichtem Gefälle und einer Sickerpackung auf dem Gelände talseitig frei auslaufen. Die detaillierte Planung ist mit unserem Büro abzustimmen.

## 6. Gründung

### 6.1 Beurteilung der Baugrundtragfähigkeit

Nach Auswertung der Untersuchungsergebnisse ist der anstehende Oberboden für eine Bebauung nicht geeignet und daher im Bereich der geplanten Baukörper, Wege und Kranstellflächen vollflächig abzuschleifen.

Für die Wege und Kranstellflächen sind der Verwitterungslehm und das stark verwitterte Festgestein (Bodengruppen UL, GU) als ausreichend tragfähig einzustufen. Für den Abtrag von Bauwerkslasten der WEA sind der Verwitterungslehm und das stark verwitterte Festgestein aus unserer Erfahrung nicht geeignet.

Das erbohrte verwitterte bis massive Festgestein (Bodengruppen GW, Tst, Sst, Q) ist als gering bis nicht pressbar und gut bis sehr gut tragfähig einzustufen. Zur Vermeidung von Setzungsdifferenzen und Schiefstellungen sowie zwecks Einhaltung der nachfolgenden erdstatisch bzw. baugrunddynamisch relevanten Werte aus der Typenstatik [6] sind die Lasten in das verwitterte bis massive Festgestein (Bodengruppen GW, Tst, Sst, Q) einzuleiten.

Sollte unterhalb der geplanten Gründungssohlen Verwitterungslehm oder stark verwittertes Festgestein (Bodengruppen UL, GU) anstehen, so sind diese bis zum verwittertem bzw. massivem Festgestein auszuheben und durch tragfähiges Material zu ersetzen. Aufgrund der zum jetzigen Zeitpunkt bekannten geotechnischen Randbedingungen gehen wir bereichsweise von einem maximalen Bodenaustausch von 2,0 m (Bereich WEA BEU 04) bzw. 0,5 m (WEA BEU 05) aus. Die Tiefe des Bodenaustauschs ist nach dem Erreichen der geplanten Gründungssohle mit unserem Büro vor Ort ggf. mittels Baggerschürfen festzulegen.

Aufgrund der regionalgeologischen Situation ist damit zu rechnen, dass die Setzungsempfindlichkeit i.d.R. mit zunehmender Tiefe weiter abnimmt. Umgekehrt dazu erhöht sich die Tragfähigkeit mit der Tiefe. Negative Einflüsse aus dem tieferen Untergrund auf die beabsichtigte Bebauung sind daher nicht zu erwarten.

## 6.2 Berechnungen und Gründungsempfehlung für die Windenergieanlagen

Auf Grundlage der Untersuchungen gehen wir für die nachfolgenden Berechnungen davon aus, dass in den Gründungssohlen der Fundamente der WEA verwittertes bis massives Festgestein bzw. teilweise rolliger Bodenaustausch (s. auch Kap. 7.1) in mindestens mitteldichter Lagerung ansteht.

Gemäß der Typenstatik [6] sind für die hier geplanten Windenergieanlagen die nachfolgenden erdstatisch bzw. baugruddynamisch relevanten Anforderungen für die Herstellung der Fundamente mit einem Durchmesser  $\varnothing = 20,4$  m einzuhalten:

1. Dynamische Drehfedersteifigkeit  $k_{\varphi, \text{dyn}} \geq 38.0 \text{ GNm/rad}$
2. Statische Drehfedersteifigkeit  $k_{\varphi, \text{stat}} \geq 13.8 \text{ GNm/rad}$
3. Elastische Bodenpressung  $\sigma_{\text{work, elast}} \leq 265 \text{ kN/m}^2$
4. Plastische Bodenpressung  $\sigma_{\text{work, plast}} \leq 232 \text{ kN/m}^2$

Für die Berechnung der vorgenannten Werte wurden auf der sicheren Seite liegend die statischen und dynamischen Steifemoduln ( $E_s$ ,  $E_{sd}$ ) und die Querdehnzahl  $\nu$  für den Bodenaustausch bzw. das verwitterte bis massive Festgestein angenommen (Homogenbereiche B.2, B.3). Der Baugrund im Bereich der WEA BEU 04 ist am „wenigsten“ tragfähig. Daher wurden die nachfolgenden Berechnungen auf der sicheren Seite liegend für den „schlechtesten“ Baugrund (Bereich WEA BEU 04) durchgeführt.

Auf Grundlage der vorgenannten Randbedingungen für die Parameter und den Untergrund wurden die nachfolgenden Werte berechnet (s. Anl. 5 + 6):

- |                                 |                                |        |                       |
|---------------------------------|--------------------------------|--------|-----------------------|
| Dynamische Drehfedersteifigkeit | $k_{\varphi, \text{dyn}}$      | $\geq$ | 173 MNm/rad           |
| Statische Drehfedersteifigkeit  | $k_{\varphi, \text{stat}}$     | $\geq$ | 58 MNm/rad            |
| Elastische Sohlpressung         | $\sigma_{\text{allow, elast}}$ | $\geq$ | 280 kN/m <sup>2</sup> |
| Plastische Sohlpressung         | $\sigma_{\text{allow, plast}}$ | $\geq$ | 250 kN/m <sup>2</sup> |

**Nach Auswertung der Felduntersuchungen und der darauf basierenden Berechnungen werden alle geforderten Werte eingehalten. Somit ist die vorgesehene Gründung der WEA im Sinne der DIN 1054 und der DIN 4017 ausreichend grundbruchsicher.**

## 7. Besondere Maßnahmen

### 7.1 Erdbau

Bei Ausführung der Erdarbeiten fallen nach den Sondierergebnissen Oberboden, Verwitterungslehm sowie verwittertes bis massives Festgestein als Bodenaushub an (Bodenklassifikation s. Kap. 3.3). Der Aushub kann mit konventionellem Gerät vorgenommen werden, z.B. mittels Tieflöffelbagger. Die Art der Schaufel (glatte Schneide oder mit Reißzähnen) ist den Untergrundverhältnissen entsprechend zu wählen. Da die Gründungssohlen der WEA teilweise im massiven Festgestein liegen, ist der Einsatz von Vorsatzgeräten, wie z.B. Aufreißhammer oder Meißel, nicht vollständig auszuschließen.

Das Erdplanum der Sauberkeitsschicht muss durch unser oder ein anderes geotechnisches Büro abgenommen und freigegeben werden.

Die vorgenannte Baugrundtragfähigkeit gilt im verwitterten bis massiven Festgestein in mindestens mitteldichter Lagerung (Bodengruppen GW, Tst, Sst, Q), wie im Zuge der Felderkundungen überwiegend in den geplanten Gründungssohlen festgestellt. Sollte Verwitterungslehm bzw. stark verwittertes Festgestein (Bodengruppen UL, GU) bzw. durch Wasser- / Frostzutritt aufgelockertes Bodenmaterial anstehen, sind diese auszukoffern und durch tragfähiges Material zu ersetzen.

Als tragfähiges Material für den Bodenaustausch sollte Schotter/Brech Korn bzw. zertifiziertes RCL-Material (Bodengruppe GW) in geeigneter Körnung (z. B. 0/45 mm) verwendet werden. Der Bodenaustausch ist unter Berücksichtigung eines Lastausbreitungswinkels von maximal  $\beta = 45^\circ$  zur Horizontalen auszubilden, der seitliche Überstand unterhalb der Bodenplatte muss mindestens 1,0 m betragen. Einbau und Verdichtung sind lagenweise in Mächtigkeiten von ca. 30 cm vorzunehmen. Es ist ein Verdichtungsgrad von mindestens  $D_{Pr} = 98\%$  der einfachen Proctordichte zu erzielen. Die fachgerechte Verdichtung des Bodenaustauschs sollte durch Lastplattendruckversuche bestätigt werden, hierbei sind Verformungswerte von  $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$  und Verhältniswerte  $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,5$  oder  $E_{v1} \geq 0,6 \times E_{v2}$  zu erzielen. Bei Verwendung von RCL-Material ist in der Regel ein Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis bei der unteren Wasserbehörde des Kreises Cochem-Zell zu stellen.

Erdarbeiten sollten nicht unmittelbar vor oder während niederschlagsreicher bzw. kalter Jahreszeiten vorgenommen werden. Sowohl im Bau- als auch im Endzustand ist die Ableitung von zufließendem Oberflächenwasser zu gewährleisten. Es ist ein geringer Wasserandrang aus Niederschlägen bzw. ggf. Schichtenwasser zu erwarten. Das ggf. während der Bauarbeiten anfallende Tagwasser sollte über die Schulter entwässert werden. Ggf. sind hierfür randliche Gerinne bzw. Pumpensümpfe notwendig.

Die Erdarbeiten sind nach den technischen Richtlinien der DIN 4124 „Baugruben und Gräben, Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau“ zu planen und auszuführen. Die im Baugrubenbereich anstehenden Böden sind als rollig/gemischtkörnig (verwittertes bis massives Festgestein) bzw. bindig (Verwitterungslehm) einzustufen. Im Bauzustand können daher die zu erstellenden Böschungen bei Tiefen bis 5,0 m unter GOK ohne erdstatischen Nachweis der Standsicherheit und ohne Grundwassereinfluss mit einem Winkel von  $45^\circ$  (rollig/gemischtkörnig) bzw.  $60^\circ$  (bindig) ausgeführt werden.

Nach unserer Auffassung sind allerdings im massiven Festgestein, welches teilweise im Bereich der Baugrube ansteht, auch Winkel von 80° möglich, wenn die Schichtung des Festgesteins nahezu horizontal ist bzw. eine Neigung nach unten aufweist. An der Böschungsoberkante ist ein mindestens 60 cm breiter Schutzstreifen anzuordnen, der von Aushubmaterial und Hindernissen etc. freizuhalten ist. Die Böschungsoberflächen sind vor Wasser- und Frostzutritt zu schützen, ggf. durch Abdecken mit Planen / Frostschutzmatten sowie ggf. Anordnung hangseitiger Gerinne.

Geländeoberflächen sind im Endzustand mit bauwerksabgewandtem Gefälle zu profilieren.

### Entsorgungstechnische Überprüfung des Aushubs

Wir weisen darauf hin, dass für die Entsorgung des anfallenden Aushubs i.d.R. eine Überprüfung nach LAGA<sup>1)</sup> bzw. DepV<sup>2)</sup> erforderlich ist. Eine voreilende Untersuchung an den Rückstellproben der Sondierungen wird angeraten, damit die Zuordnung des Erdaushubs zu den Deponie-/Verwertungsklassen bereits bei der Ausschreibung berücksichtigt werden kann. Die Proben werden ab dem Zeitpunkt der Bohrung für 6 Monate rückgestellt.

### 7.2 Ausführung der Wege und Kranstellflächen

Nach der Einstufung bzw. Klassifizierung der Vestas Wind Systems A/S aus [5] ist der anstehende Untergrund überwiegend in die Kategorie 2.1 (schwierige Verhältnisse, Verwitterungslehm in steifer Konsistenz) und untergeordnet in die Kategorie 1.1 (einfache Verhältnisse, verwittertes Festgestein mit mindestens mitteldichter Lagerung) einzuordnen.

An die Tragfähigkeit der Zuwegungs- und Kranstellflächen werden gemäß [5] besondere Anforderungen gestellt. Diese sind nachfolgend dargestellt und bereichsweise von uns ergänzt:

- Bei einer maximalen Achslast von 12 t ist eine Mindestverdichtung der einfachen Proctordichte  $D_{Pr} = 98 \%$  zu erreichen. Die erzielte Verdichtung ist mittels Lastplattendruckversuchen zu überprüfen. Es sind Verformungsmoduln  $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$  und Verhältnswerte  $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,5$  oder  $E_{v2} / E_{v1} \geq 0,6 \times E_{v2}$  auf der Oberkante der Fahrflächen zu erzielen.
- Bei einer maximalen Achslast von 21 t ist eine Mindestverdichtung der einfachen Proctordichte  $D_{Pr} = 100 \%$  zu erreichen. Die erzielte Verdichtung ist mittels Lastplattendruckversuchen zu überprüfen. Es sind Verformungsmoduln  $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$  und Verhältnswerte  $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,5$  oder  $E_{v2} / E_{v1} \geq 0,6 \times E_{v2}$  auf der Oberkante der Fahrflächen zu erzielen.
- Aus den vorgenannten Anforderungen resultiert bei einem Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  auf dem Erdplanum eine Tragschichtdicke von ca. 60 cm.

Aufgrund der in den Sondierungen vorgefundenen, heterogenen Untergrundverhältnisse ist aus unserer Sicht folgendermaßen vorzugehen.

<sup>1)</sup> LAGA: Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/ Abfällen – TR Boden, 2004; Tab. II. 1.2 – 2-5

<sup>2)</sup> DepV: Deponieverordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 30. Juni 2020 (BGBl. I S. 3005) geändert worden ist

Sollte in Teilbereichen die vorgenannte Tragschicht auf die bereits vorhandenen, geschotterten Waldwege aufgetragen werden, so wird in diesen Bereichen das geforderte Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 45$  MN für das Erdplanum voraussichtlich erreicht. Dort ist in Anlehnung an die Vorgaben der Fa. Vestas aus unserer Sicht eine Tragschichtdicke von 60 cm ausreichend.

In den übrigen Bereichen steht nach Abschieben des Oberbodens in der geplanten Gründungssohle der Tragschicht Verwitterungslehm in mindestens steifer Konsistenz bzw. verwittertes Festgestein in mindestens mitteldichter Lagerung an.

Im verwitterten Festgestein wird das geforderte Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 45$  MN für das Erdplanum ebenfalls erreicht. Dort ist in Anlehnung an die Vorgaben der Fa. Vestas aus unserer Sicht eine Tragschichtdicke von 60 cm ausreichend.

Sollte Verwitterungslehm im Erdplanum anstehen, so ist auf diesem Untergrund das geforderte Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 45$  MN nicht zu erreichen. In diesen Bereichen ist das Erdplanum durch eine zusätzliche Tragschicht zu verbessern, sodass in Anlehnung an die Angaben der Fa. Vestas aus unserer Sicht eine Tragschichtdicke von 100 cm notwendig ist.

Alternativ zur Erhöhung der Tragschichtmächtigkeit kann der Verwitterungslehm oberflächlich durch eine Bodenverfestigung mit hydraulischen Bindemitteln (Kalk bzw. Zement) verbessert werden.

Vom ausführenden Unternehmer sind dabei folgende Randbedingungen zu erfüllen:

- Das Bindemittel ist mittels Fräsen homogen mit dem anstehenden Hanglehm zu vermengen
- Kalkzugabemenge  $> 3$  % der Trockenmasse des Bodens (abhängig von Wassergehalt + Witterung)
- Ausschluss ungeeigneter Böden (z.B. organische Böden)
- Mindestdicke der kalkbehandelten Schicht im verdichteten Zustand von 50 cm sowie sachgemäße Ausführung der Arbeiten
- Wassergehalt beim Einbau nahe dem Optimum des Boden-Kalk-Gemisches (Nachweis z.B. durch Proctorversuche)
- Beachtung der Witterungsbedingungen bei der Ausführung (Bodenbehandlungen mit Kalk möglichst im Frühjahr oder Sommer, da in den ersten zwei bis drei Monaten nach der Verdichtung noch nicht verfestigtes Material bei Frosteintritt frostempfindlicher reagiert als der unbehandelte Ausgangsboden)
- Bodenbehandlung mit Kalk möglichst bei niederschlagsfreiem Wetter, da der optimale Wassergehalt, sonst nicht eingehalten werden kann. (intensive Durchnässung eben verdichteter Bodenschichten schädlich)

Nach Abschieben des Oberbodens ist die Verdichtung des Erdplanums der Tragschicht mittels statischer Lastplattendruckversuche zu überprüfen.

Nach Auswertung der Ergebnisse der durchgeführten Lastplattendruckversuche und der Begutachtung des Erdplanums der Tragschicht durch unser oder ein anderes geotechnisches Büro sollten abschnittsweise die Mächtigkeiten der Tragschicht und weitere Maßnahmen definiert werden.

Nach Einbringung und fachgerechter Verdichtung der Tragschicht sowie ggf. zusätzlicher Maßnahmen zur Bodenverbesserung ist die erreichte Verdichtung gemäß den Vorgaben aus [5] wiederum mittels statischer Lastplattendruckversuche zu überprüfen (mindestens 2 Stück je km-Transportweg mit 21 t Achslast). Ferner sollten die statischen Lastplattendruckversuche durch dynamische Lastplattendruckversuche ergänzt werden. Die genaue Anzahl der Versuche ist vor Ort festzulegen.

Durch die Montagekräne werden auf den Kranstandflächen hohen Lasten in die Tragschicht und den darunter liegenden Untergrund eingeleitet. Gemäß [5] ist für eine Flächenlast von 260 kN/m<sup>2</sup> ein Nachweis der Grundbruchsicherheit gefordert. Auf den Kranstandflächen kommen überwiegend folgende Krane o. ä. zum Einsatz:

- Raupenkran Liebherr LR 11000  
Lastabtrag über Raupen mit Abmessungen von 2,0 m x 11,0 m
- Gittermastkran LG 1750  
Lastabtrag über Bratzen, die auf Baggermatratzen mit Abmessungen von 2,4 m x 6,0 m abgesetzt werden.

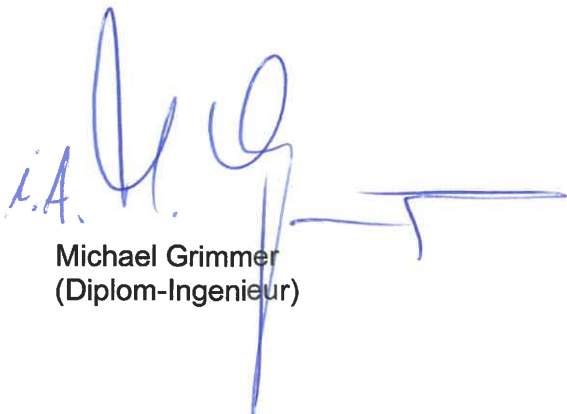
Mit den vorgenannten Randbedingungen wurde die Grundbruchsicherheit berechnet. Gemäß den in der Anlage 5 dargestellten Berechnungen sind die Kranstandflächen mit entsprechendem Tragschichtaufbau für eine Flächenlast von 260 kN/m<sup>2</sup> ausreichend grundbruchsicher.

## 8. Schlussbemerkungen

Dieses Baugrundgutachten wurde auf der Grundlage der zum Erstellungszeitpunkt bekannten Planunterlagen ausgearbeitet. Wir bitten um Benachrichtigung, sofern im Zuge der fortschreitenden Bauplanung Abweichungen von den Annahmen dieses Gutachtens festgestellt werden.

Unser oder ein anderes geotechnisches Büro ist bei der Bauausführung, zur Überprüfung der Baugrundverhältnisse und zur Abnahme der Gründungsebene rechtzeitig vor dem Einbau der Fundamente hinzuzuziehen.

**GEO CONSULT**  
Beratende Ingenieure und Geologen

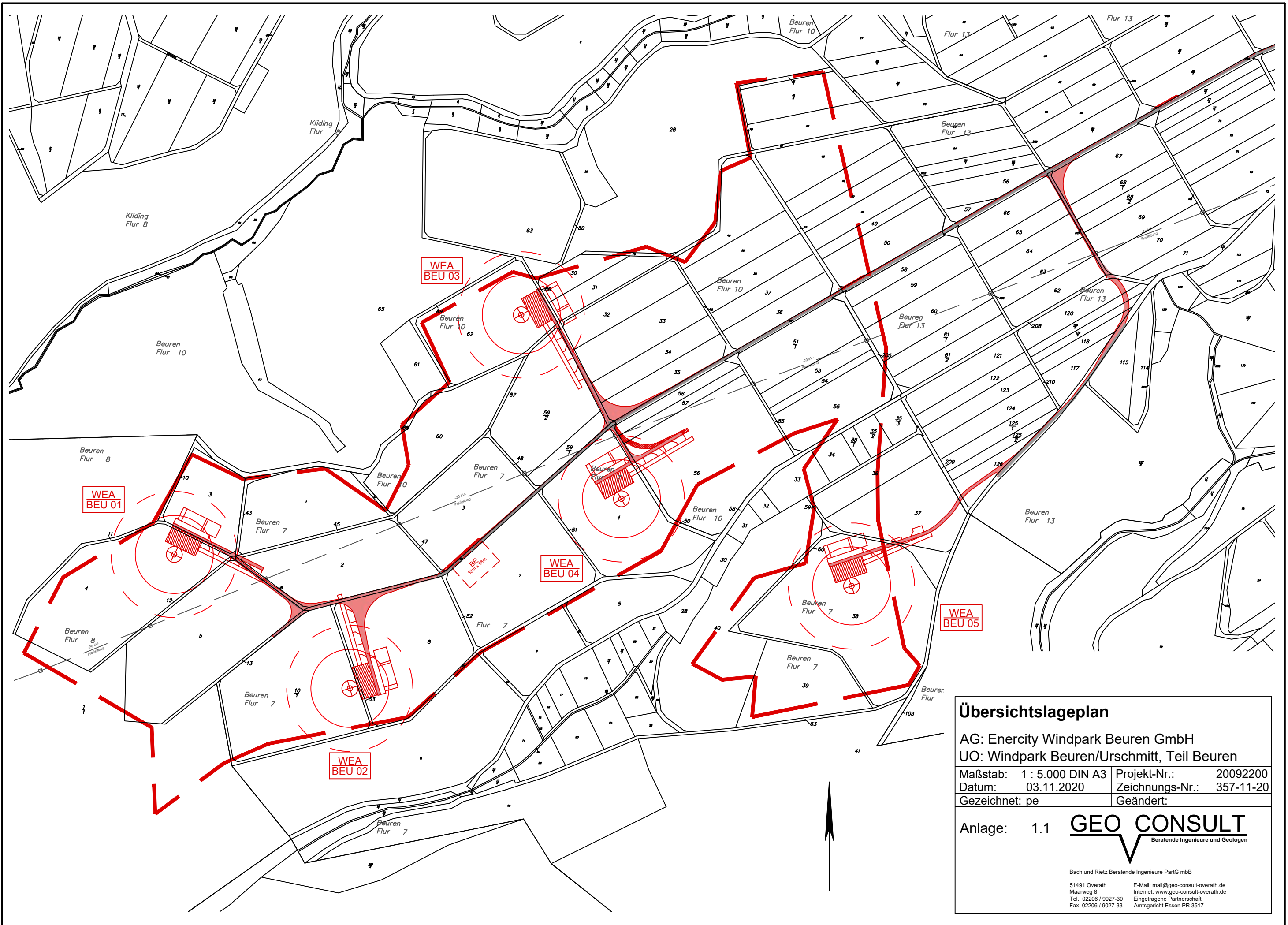


Michael Grimmer  
(Diplom-Ingenieur)

## **Anlage 1**

### **Übersichtslagepläne (M 1:5.000)**





**Übersichtslageplan**

AG: Enercity Windpark Beuren GmbH  
 UO: Windpark Beuren/Urschmitt, Teil Beuren

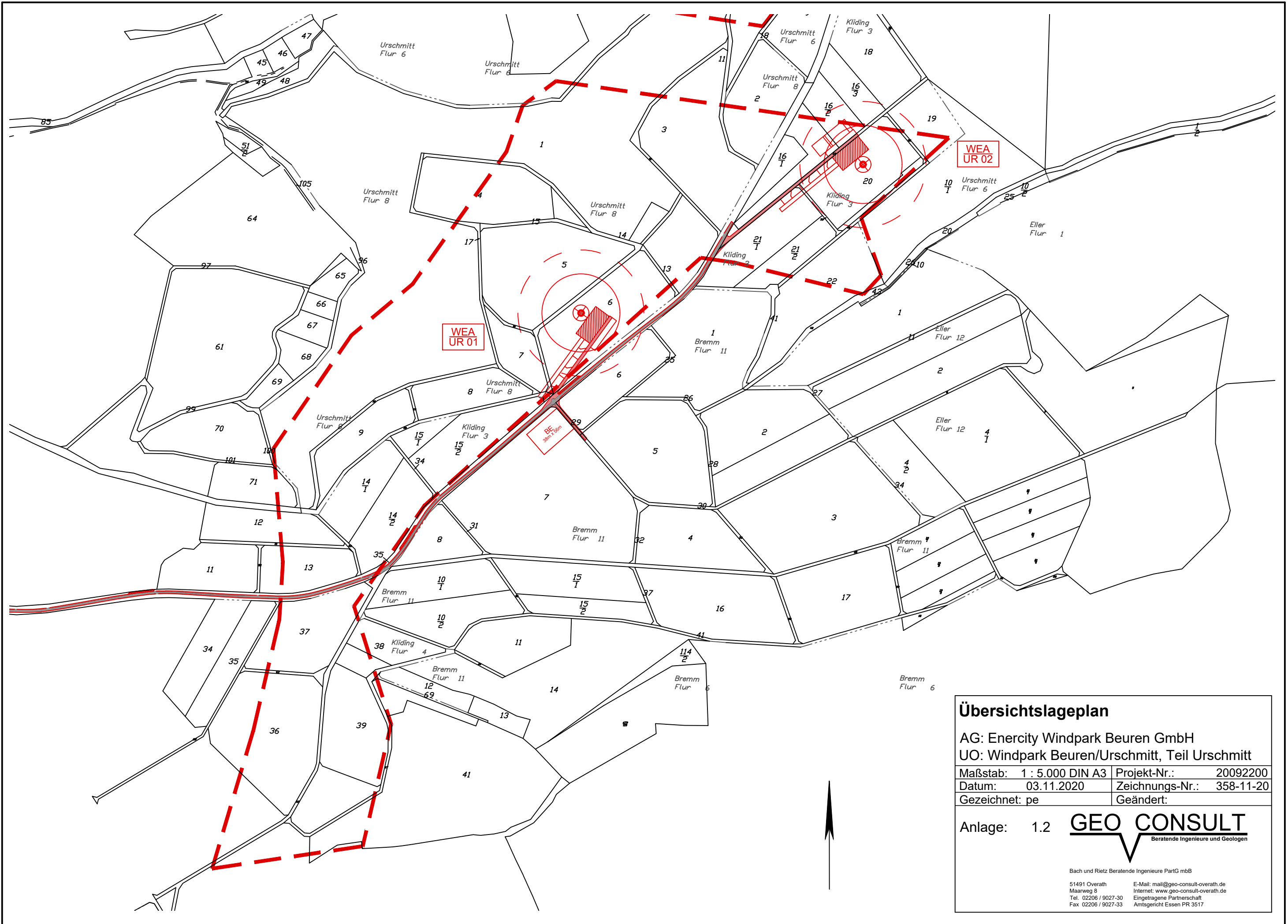
Maßstab: 1 : 5.000 DIN A3	Projekt-Nr.: 20092200
Datum: 03.11.2020	Zeichnungs-Nr.: 357-11-20
Gezeichnet: pe	Geändert:

Anlage: 1.1

**GEO CONSULT**  
 Beratende Ingenieure und Geologen

Bach und Rietz Beratende Ingenieure PartG mbB  
 51491 Overath  
 Maarweg 8  
 Tel. 02206 / 9027-30  
 Fax 02206 / 9027-33

E-Mail: mail@geo-consult-overath.de  
 Internet: www.geo-consult-overath.de  
 Eingetragene Partnerschaft  
 Amtsgericht Essen PR 3517



**Übersichtslageplan**

AG: Enercity Windpark Beuren GmbH  
 UO: Windpark Beuren/Urschmitt, Teil Urschmitt

Maßstab: 1 : 5.000 DIN A3	Projekt-Nr.: 20092200
Datum: 03.11.2020	Zeichnungs-Nr.: 358-11-20
Gezeichnet: pe	Geändert:

Anlage: 1.2

**GEO CONSULT**  
 Beratende Ingenieure und Geologen

Bach und Rietz Beratende Ingenieure PartG mbB

51491 Overath  
 Maarweg 8  
 Tel. 02206 / 9027-30  
 Fax 02206 / 9027-33

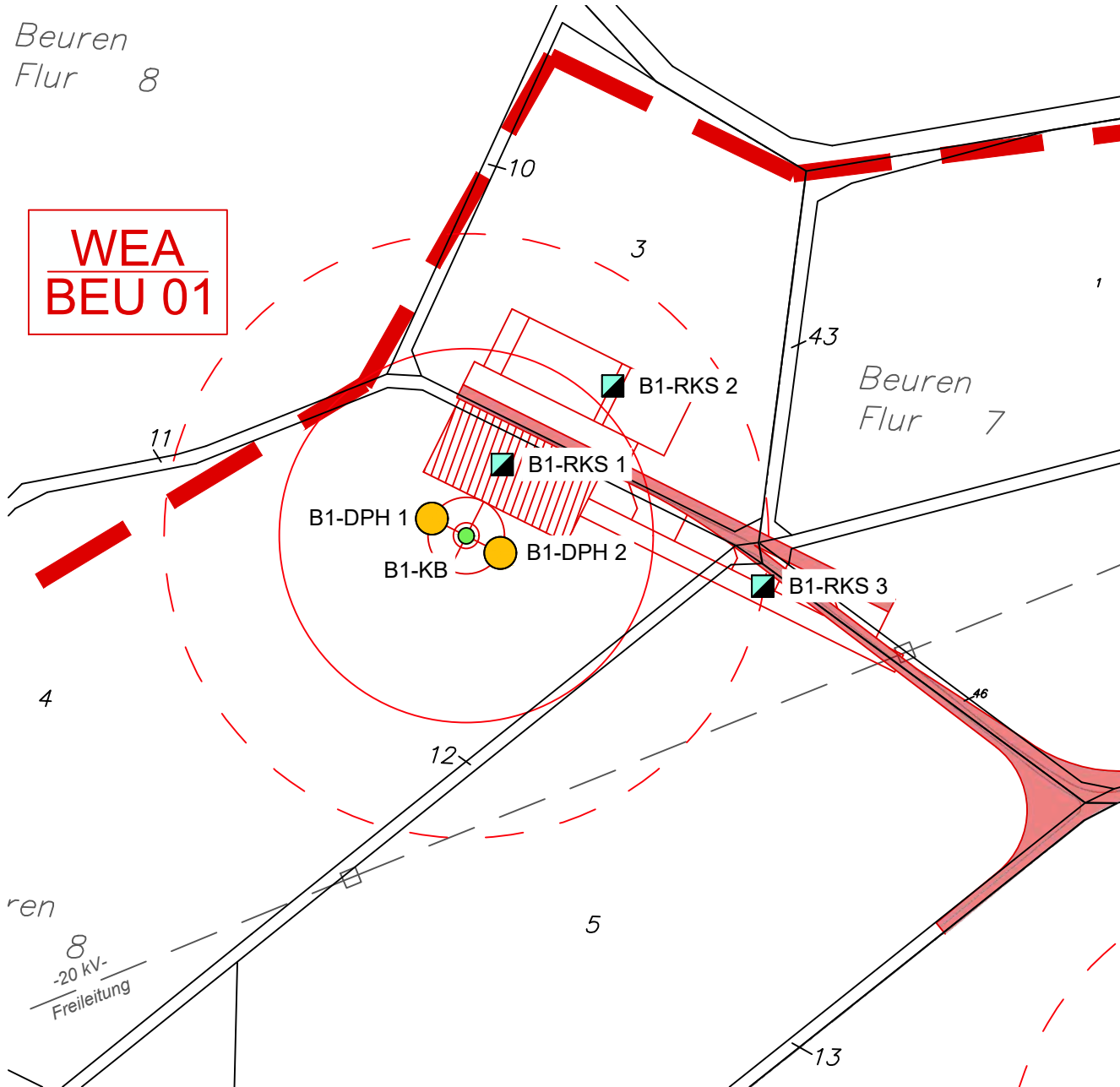
E-Mail: mail@geo-consult-overath.de  
 Internet: www.geo-consult-overath.de  
 Eingetragene Partnerschaft  
 Amtsgericht Essen PR 3517




## **Anlage 2**

**Lagepläne (M 1:500)**

Beuren  
Flur 8

**WEA  
BEU 01**



-  KB Kernbohrung
-  RKS Rammkernsondierung
-  DPH schwere Rammsondierung

**Lage der Untersuchungspunkte  
WEA BEU 01**

AG: Enecity Windpark Beuren GmbH  
UO: Windpark Beuren/Urschmitt

Maßstab: 1 : 500 DIN A3	Projekt-Nr.: 20092200
Datum: 03.11.2020	Zeichnungs-Nr.: 359-11-20
Gezeichnet: pe	Geändert:

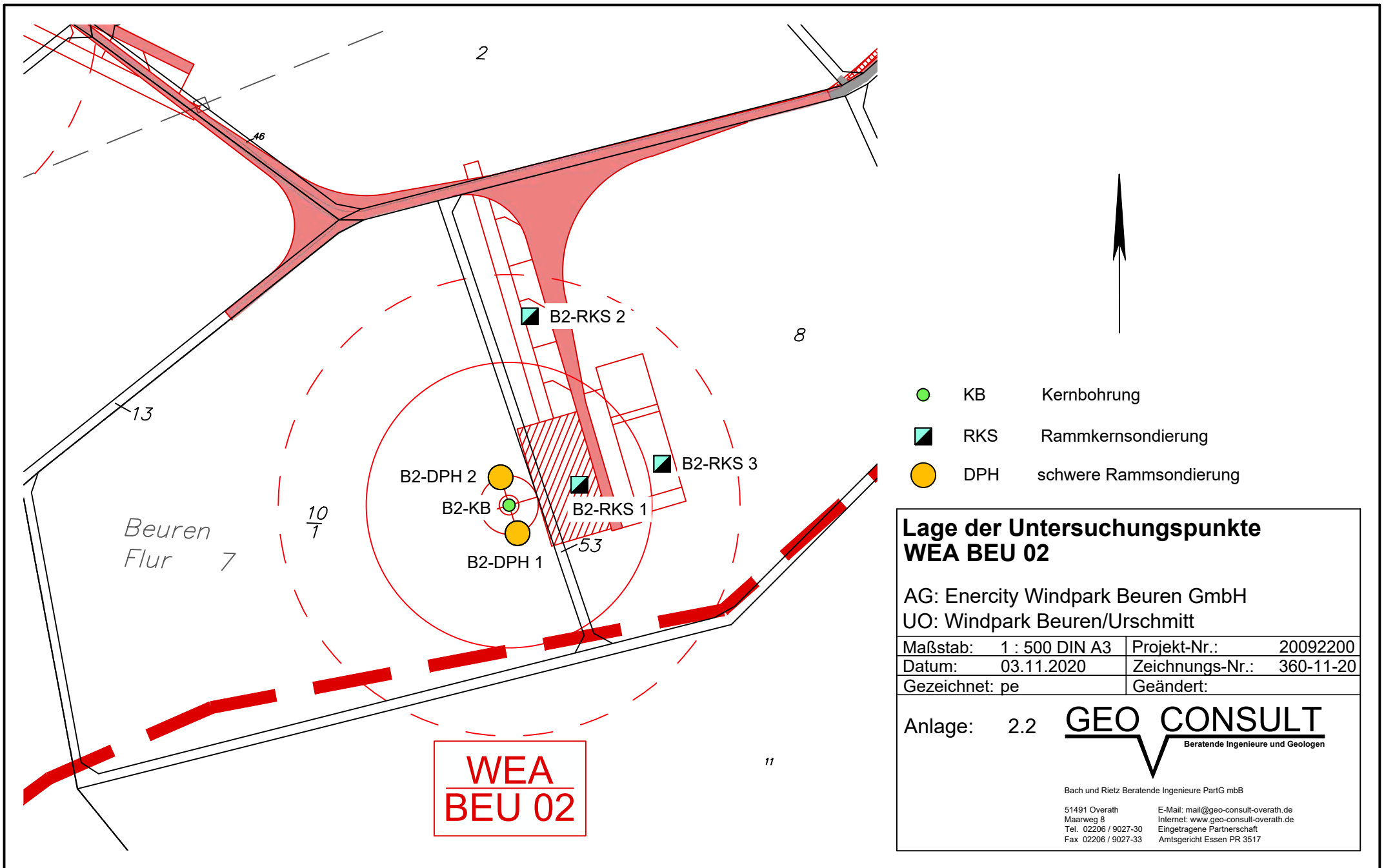
Anlage: 2.1

**GEO CONSULT**  
Beratende Ingenieure und Geologen

Bach und Rietz Beratende Ingenieure PartG mbB

51491 Overath  
Maarweg 8  
Tel. 02206 / 9027-30  
Fax 02206 / 9027-33

E-Mail: mail@geo-consult-overath.de  
Internet: www.geo-consult-overath.de  
Eingetragene Partnerschaft  
Amtsgericht Essen PR 3517



- KB Kernbohrung
- ▣ RKS Rammkernsondierung
- DPH schwere Rammsondierung

**Lage der Untersuchungspunkte  
WEA BEU 02**

AG: Enercity Windpark Beuren GmbH  
 UO: Windpark Beuren/Urschmitt

Maßstab: 1 : 500 DIN A3	Projekt-Nr.: 20092200
Datum: 03.11.2020	Zeichnungs-Nr.: 360-11-20
Gezeichnet: pe	Geändert:

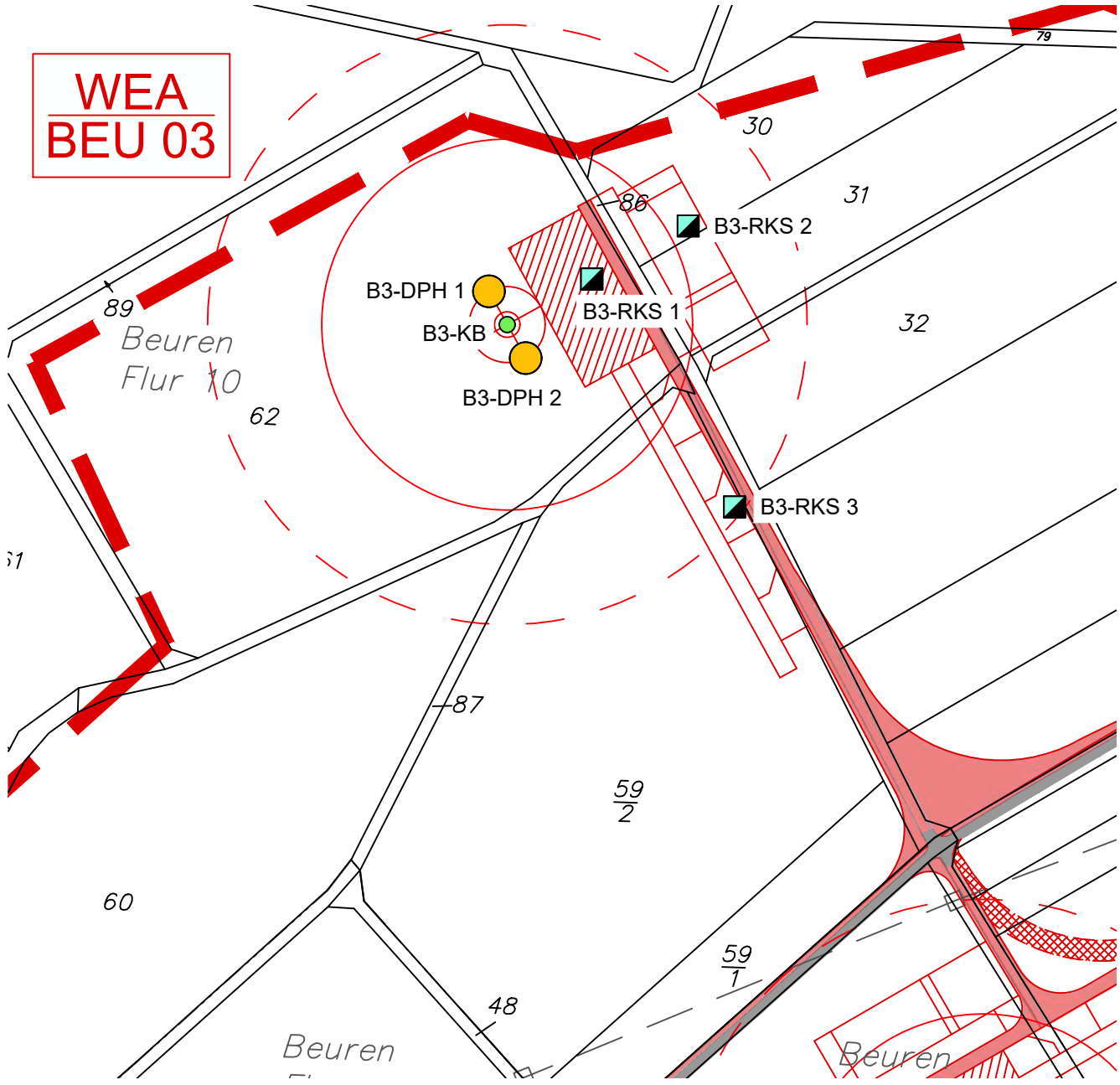
Anlage: 2.2

**GEO CONSULT**  
Beratende Ingenieure und Geologen

Bach und Rietz Beratende Ingenieure PartG mbB  
 51491 Overath  
 Maarweg 8  
 Tel. 02206 / 9027-30  
 Fax 02206 / 9027-33

E-Mail: mail@geo-consult-overath.de  
 Internet: www.geo-consult-overath.de  
 Eingetragene Partnerschaft  
 Amtsgericht Essen PR 3517

**WEA  
BEU 03**



- KB Kernbohrung
- RKS Rammkernsondierung
- DPH schwere Rammsondierung

**Lage der Untersuchungspunkte  
WEA BEU 03**

AG: Enercity Windpark Beuren GmbH  
 UO: Windpark Beuren/Urschmitt

Maßstab: 1 : 500 DIN A3	Projekt-Nr.: 20092200
Datum: 03.11.2020	Zeichnungs-Nr.: 361-11-20
Gezeichnet: pe	Geändert:

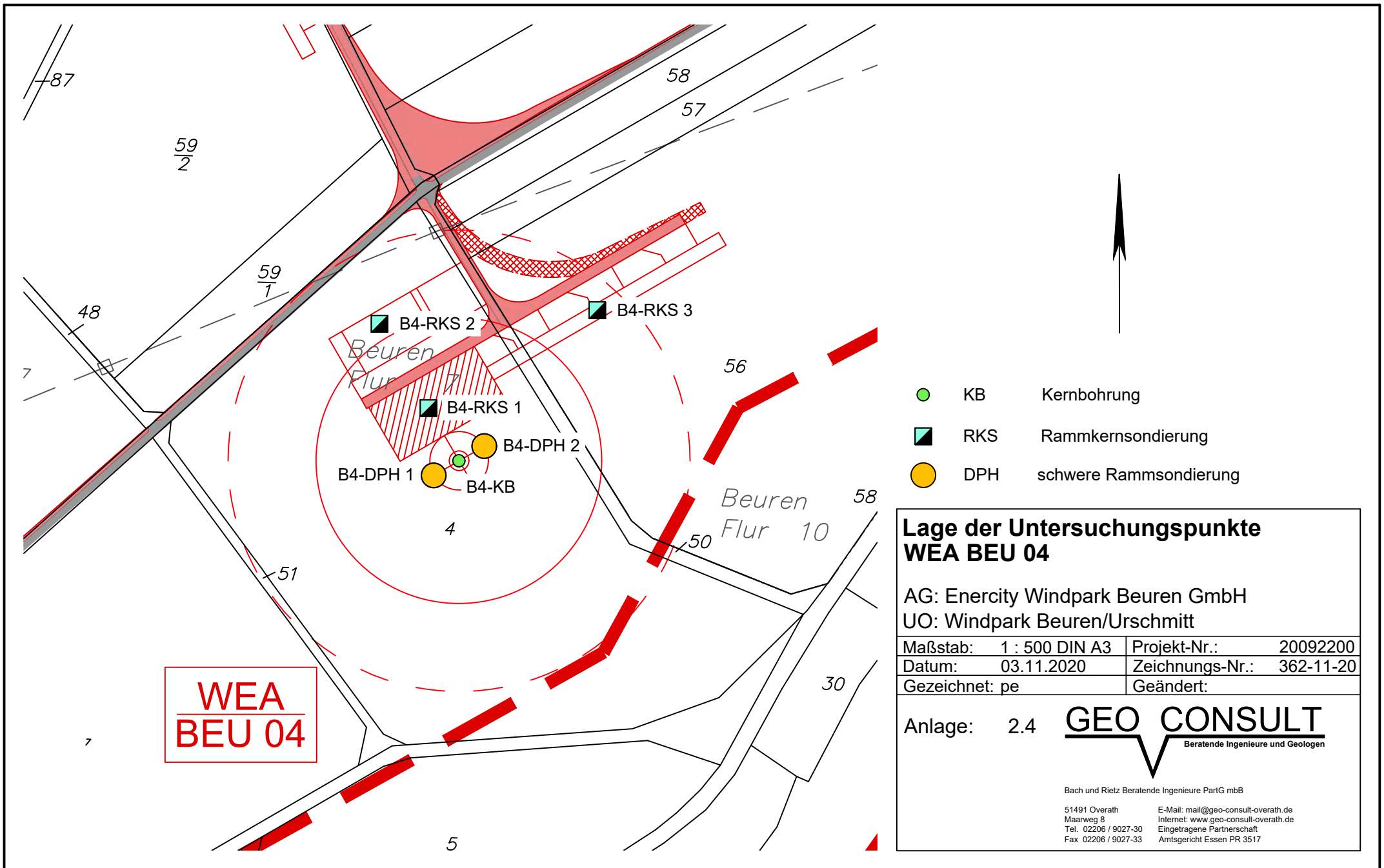
Anlage: 2.3

**GEO CONSULT**  
 Beratende Ingenieure und Geologen

Bach und Rietz Beratende Ingenieure PartG mbB

51491 Overath  
 Maarweg 8  
 Tel. 02206 / 9027-30  
 Fax 02206 / 9027-33

E-Mail: mail@geo-consult-overath.de  
 Internet: www.geo-consult-overath.de  
 Eingetragene Partnerschaft  
 Amtsgericht Essen PR 3517



- KB Kernbohrung
- RKS Rammkernsondierung
- DPH schwere Rammsondierung

**Lage der Untersuchungspunkte  
WEA BEU 04**

AG: Enercity Windpark Beuren GmbH  
 UO: Windpark Beuren/Urschmitt

Maßstab: 1 : 500 DIN A3	Projekt-Nr.: 20092200
Datum: 03.11.2020	Zeichnungs-Nr.: 362-11-20
Gezeichnet: pe	Geändert:

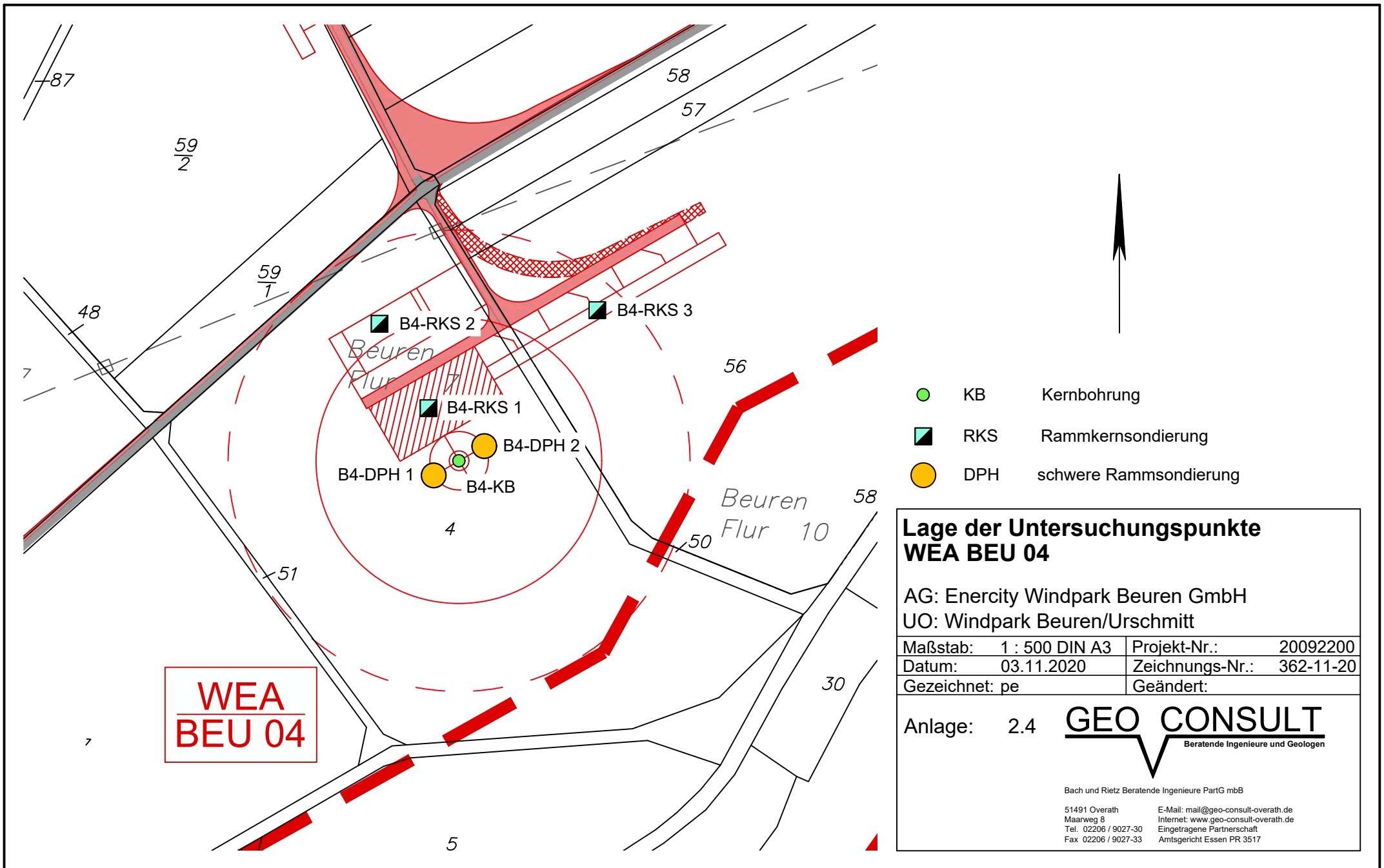
Anlage: 2.4

**GEO CONSULT**  
 Beratende Ingenieure und Geologen

Bach und Rietz Beratende Ingenieure PartG mbB

51491 Overath  
 Maarweg 8  
 Tel. 02206 / 9027-30  
 Fax 02206 / 9027-33

E-Mail: mail@geo-consult-overath.de  
 Internet: www.geo-consult-overath.de  
 Eingetragene Partnerschaft  
 Amtsgericht Essen PR 3517



**Lage der Untersuchungspunkte  
WEA BEU 04**

AG: Enecity Windpark Beuren GmbH  
 UO: Windpark Beuren/Urschmitt

Maßstab: 1 : 500 DIN A3	Projekt-Nr.: 20092200
Datum: 03.11.2020	Zeichnungs-Nr.: 362-11-20
Gezeichnet: pe	Geändert:

Anlage: 2.4

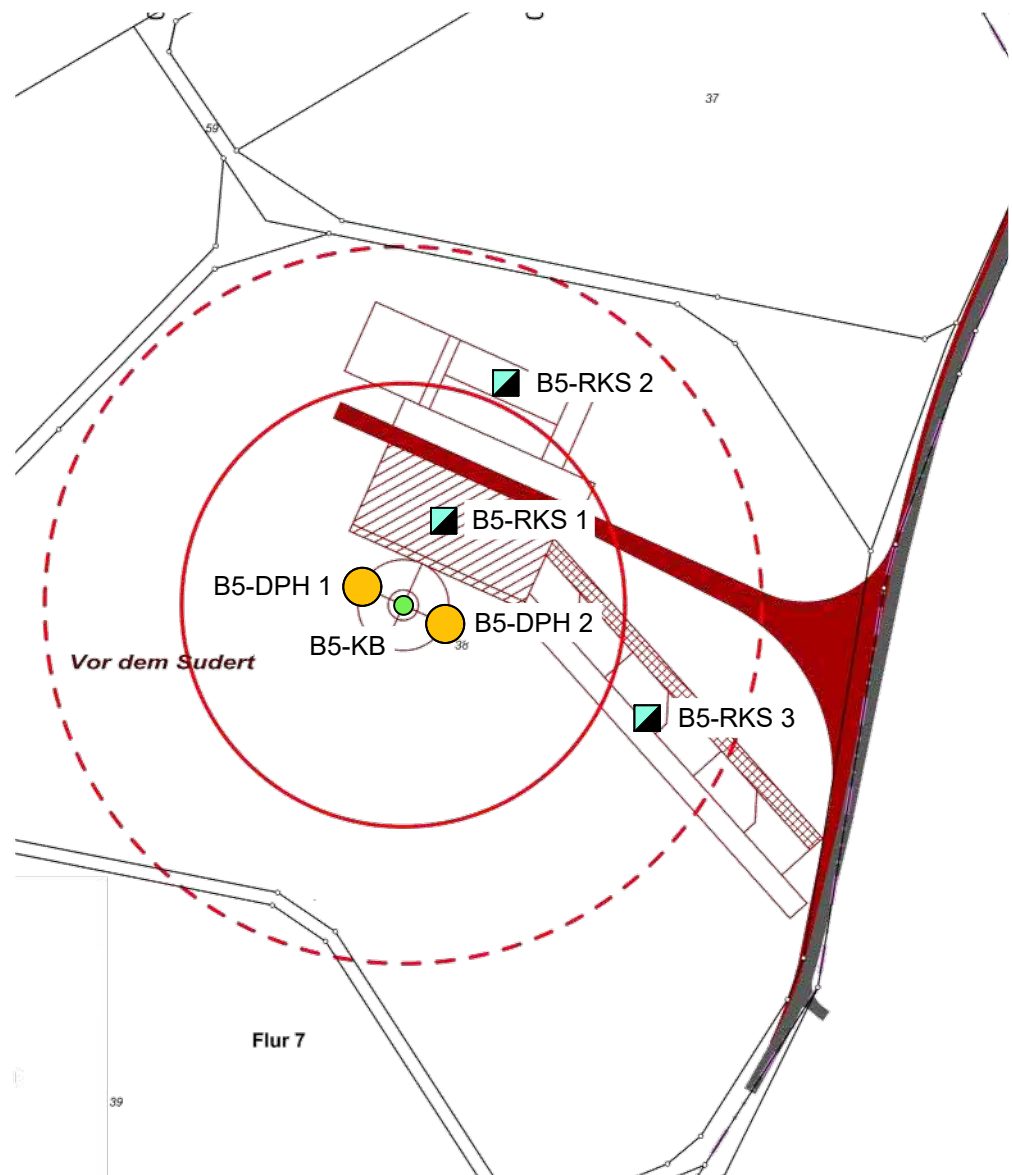
**GEO CONSULT**  
 Beratende Ingenieure und Geologen

Bach und Rietz Beratende Ingenieure PartG mbB

51491 Overath  
 Maarweg 8  
 Tel. 02206 / 9027-30  
 Fax 02206 / 9027-33

E-Mail: mail@geo-consult-overath.de  
 Internet: www.geo-consult-overath.de  
 Eingetragene Partnerschaft  
 Amtsgericht Essen PR 3517





- KB Kernbohrung
- RKS Rammkernsondierung
- DPH schwere Rammsondierung

**Lage der Untersuchungspunkte  
WEA BEU 05**

AG: Enercity Windpark Beuren GmbH  
 UO: Windpark Beuren/Urschmitt

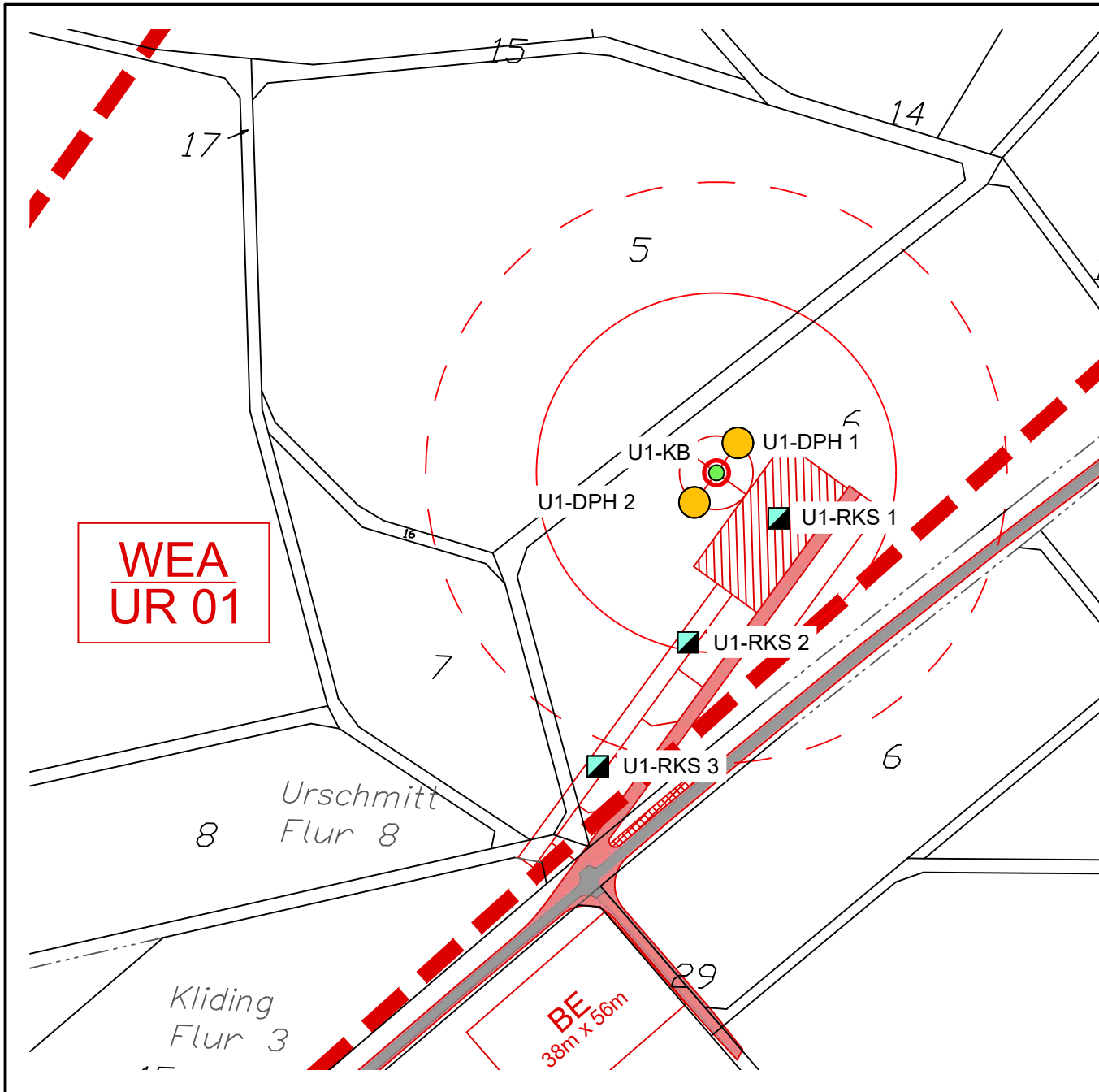
Maßstab: 1 : 500 DIN A3	Projekt-Nr.: 20092200
Datum: 03.11.2020	Zeichnungs-Nr.: 363-11-20
Gezeichnet: pe	Geändert:

Anlage: 2.5

**GEO CONSULT**  
Beratende Ingenieure und Geologen

Bach und Rietz Beratende Ingenieure PartG mbB  
 51491 Overath  
 Maarweg 8  
 Tel. 02206 / 9027-30  
 Fax 02206 / 9027-33

E-Mail: mail@geo-consult-overath.de  
 Internet: www.geo-consult-overath.de  
 Eingetragene Partnerschaft  
 Amtsgericht Essen PR 3517



**WEA  
UR 01**

- KB Kernbohrung
- RKS Rammkernsondierung
- DPH schwere Rammsondierung

**Lage der Untersuchungspunkte  
WEA UR 01**

AG: Enercity Windpark Beuren GmbH  
 UO: Windpark Beuren/Urschmitt

Maßstab: 1 : 500 DIN A3	Projekt-Nr.: 20092200
Datum: 03.11.2020	Zeichnungs-Nr.: 364-11-20
Gezeichnet: pe	Geändert:

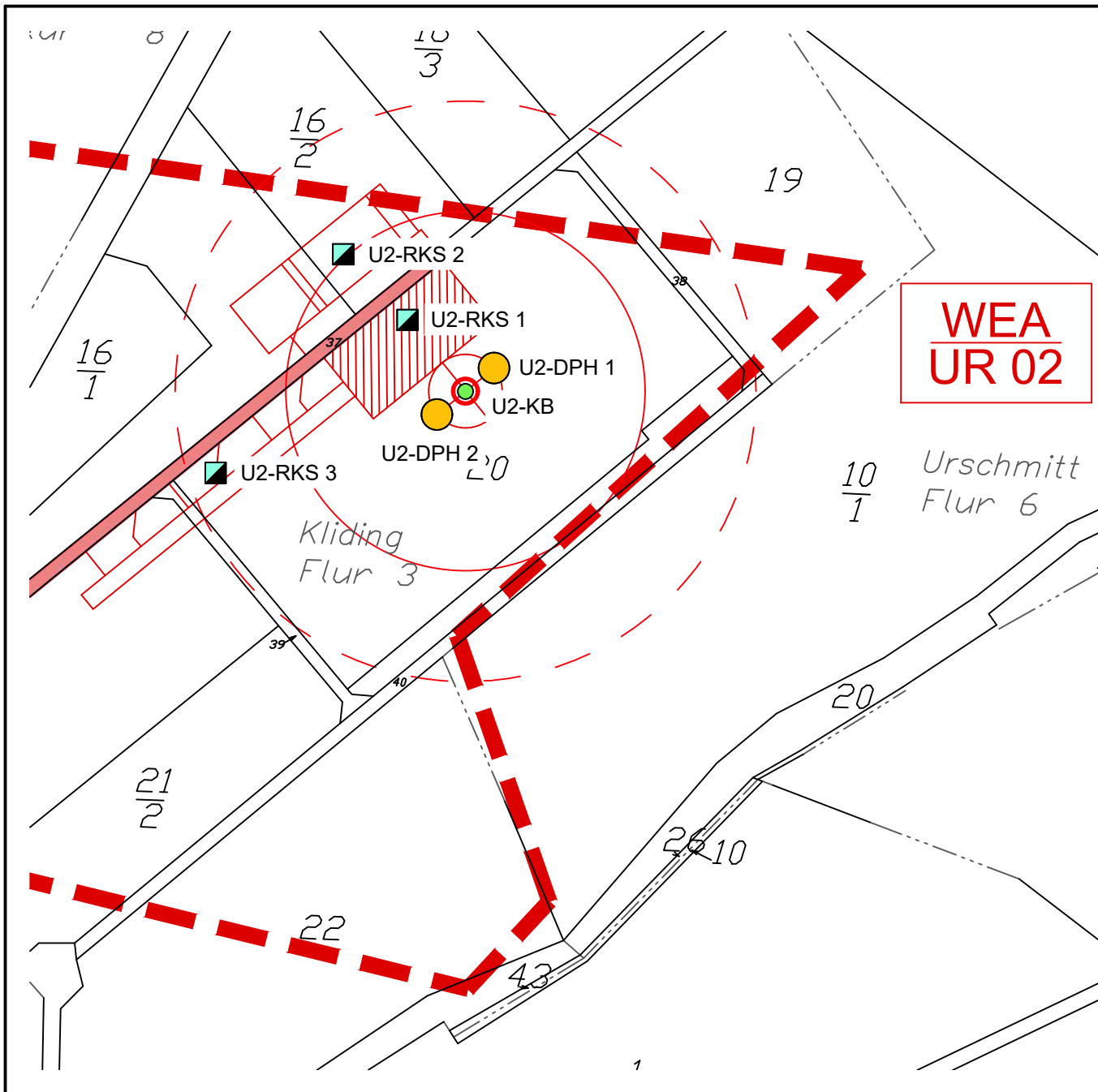
Anlage: 2.6

**GEO CONSULT**  
 Beratende Ingenieure und Geologen

Bach und Rietz Beratende Ingenieure PartG mbB

51491 Overath  
 Maarweg 8  
 Tel. 02206 / 9027-30  
 Fax 02206 / 9027-33

E-Mail: mail@geo-consult-overath.de  
 Internet: www.geo-consult-overath.de  
 Eingetragene Partnerschaft  
 Amtsgericht Essen PR 3517



- KB Kernbohrung
- RKS Rammkernsondierung
- DPH schwere Rammsondierung

**Lage der Untersuchungspunkte  
WEA UR 02**

AG: Enercity Windpark Beuren GmbH  
 UO: Windpark Beuren/Urschmitt

Maßstab: 1 : 500 DIN A3	Projekt-Nr.: 20092200
Datum: 03.11.2020	Zeichnungs-Nr.: 365-11-20
Gezeichnet: pe	Geändert:

Anlage: 2.7

**GEO CONSULT**  
Beratende Ingenieure und Geologen

Bach und Rietz Beratende Ingenieure PartG mbB  
 51491 Overath  
 Maarweg 8  
 Tel. 02206 / 9027-30  
 Fax 02206 / 9027-33

E-Mail: mail@geo-consult-overath.de  
 Internet: www.geo-consult-overath.de  
 Eingetragene Partnerschaft  
 Amtsgericht Essen PR 3517

## **Anlage 3**

**Kernbohrungen, Bohrprofile und  
Schlagzahldiagramme (M 1:25/75)**

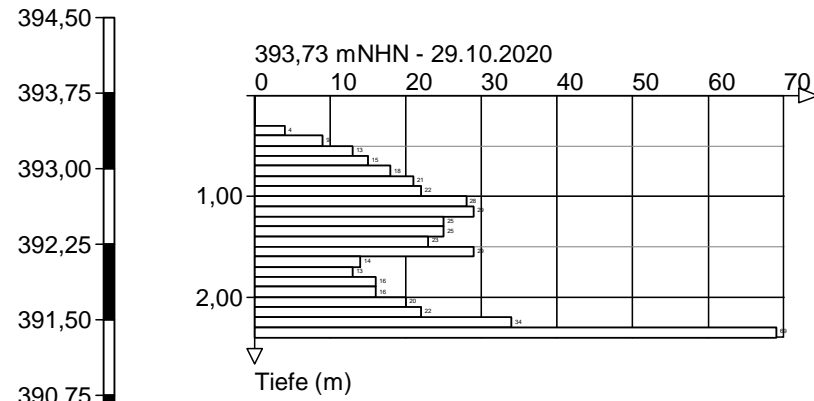
**Nivellement**





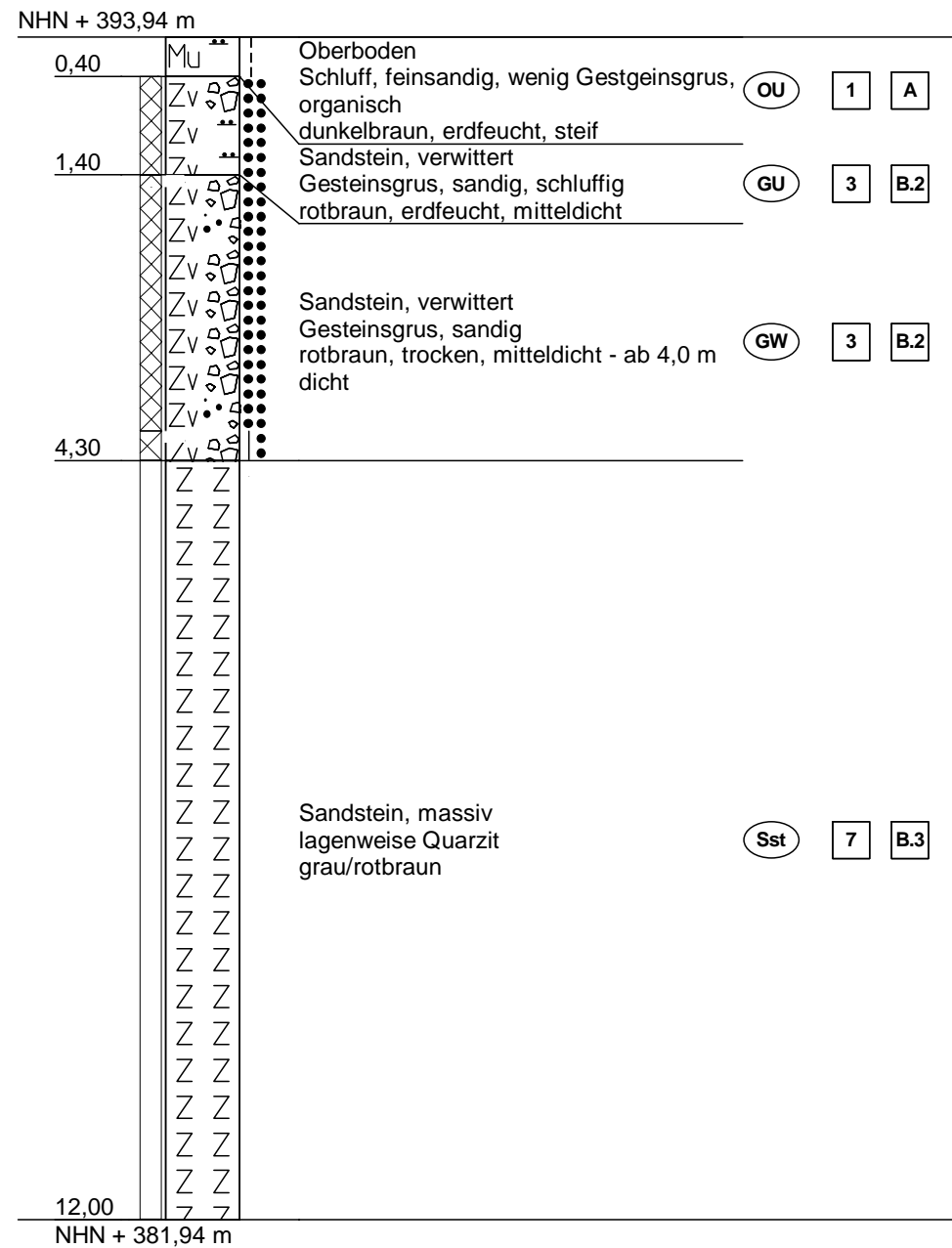
**Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023**

**B3-DPH 1**



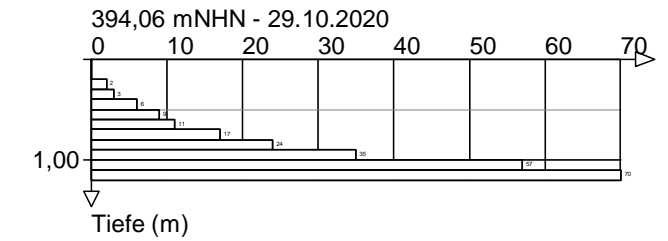
Höhenmaßstab 1:75

**B3-KB**



Höhenmaßstab 1:75

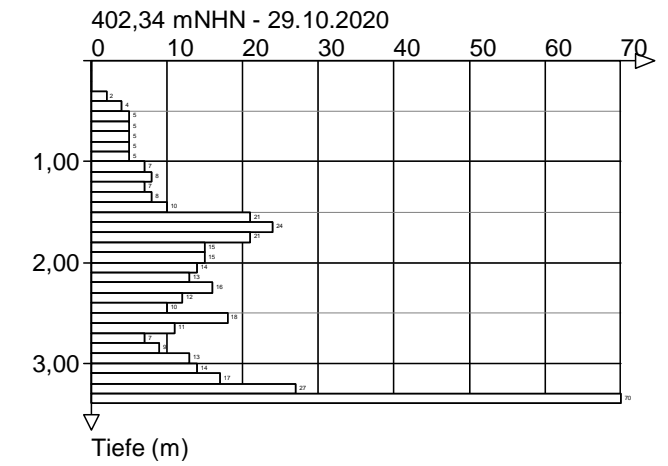
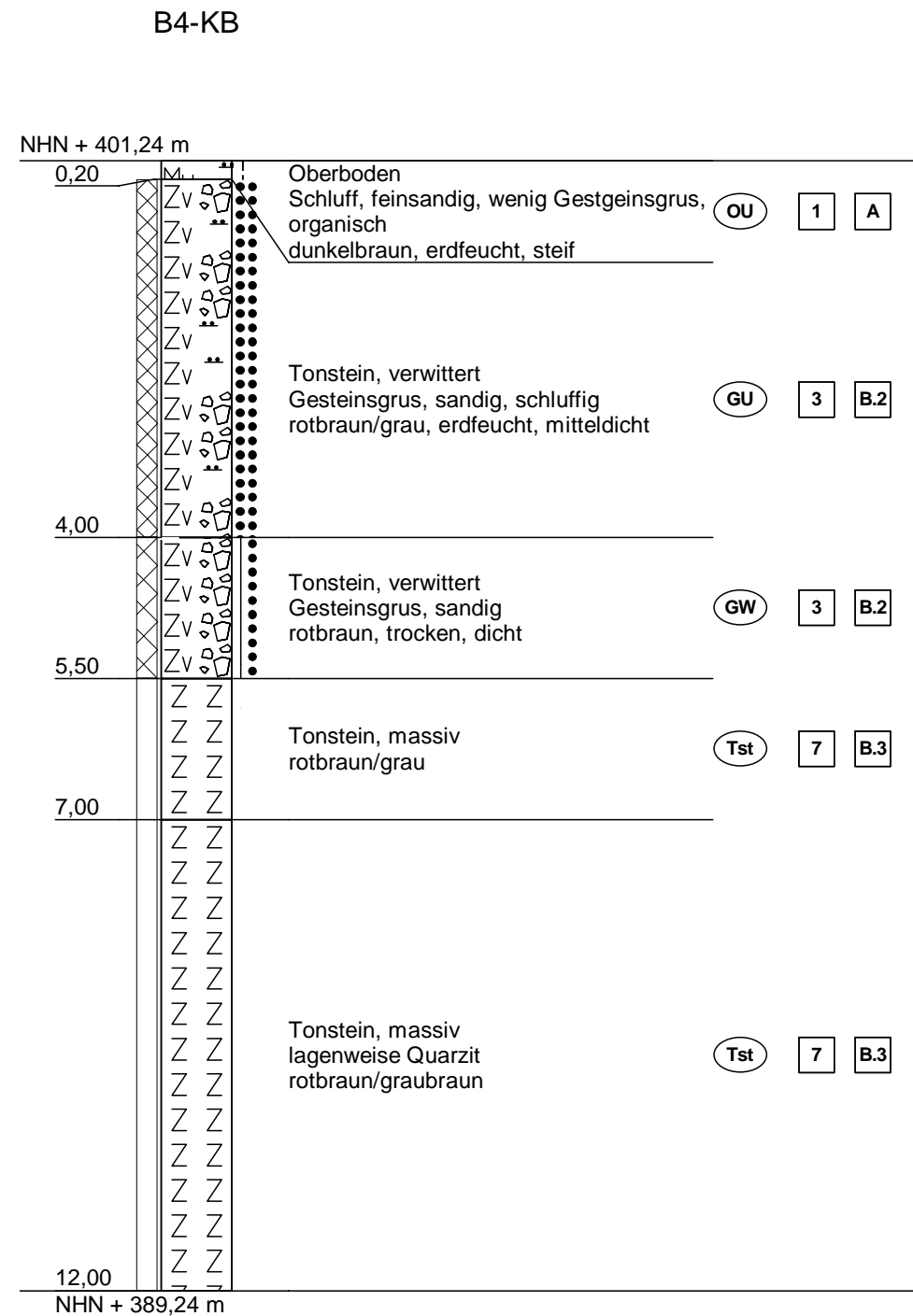
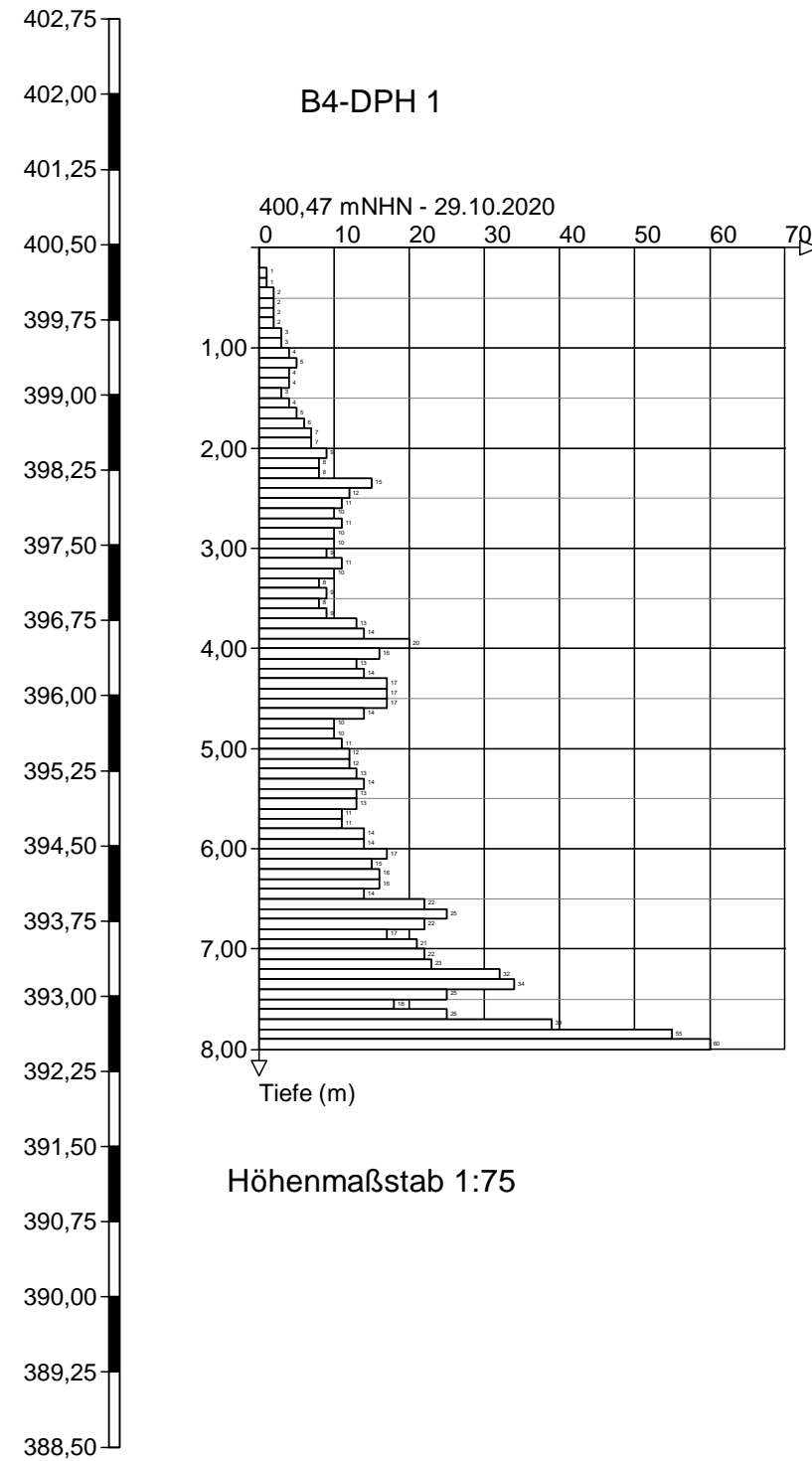
**B3-DPH 2**



Höhenmaßstab 1:75

**Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023**

**B4-DPH 2**



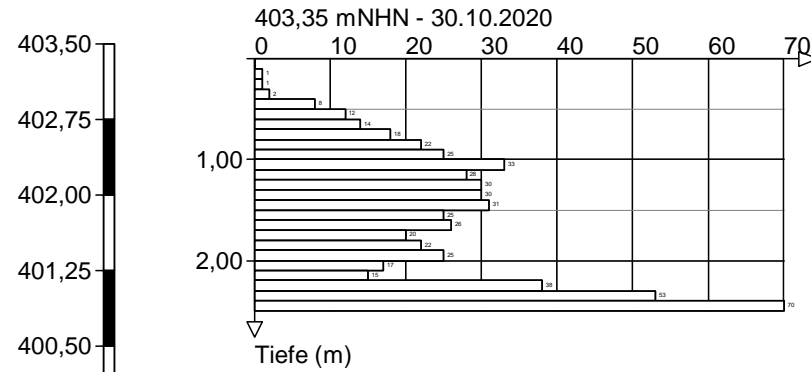
Höhenmaßstab 1:75

Höhenmaßstab 1:75



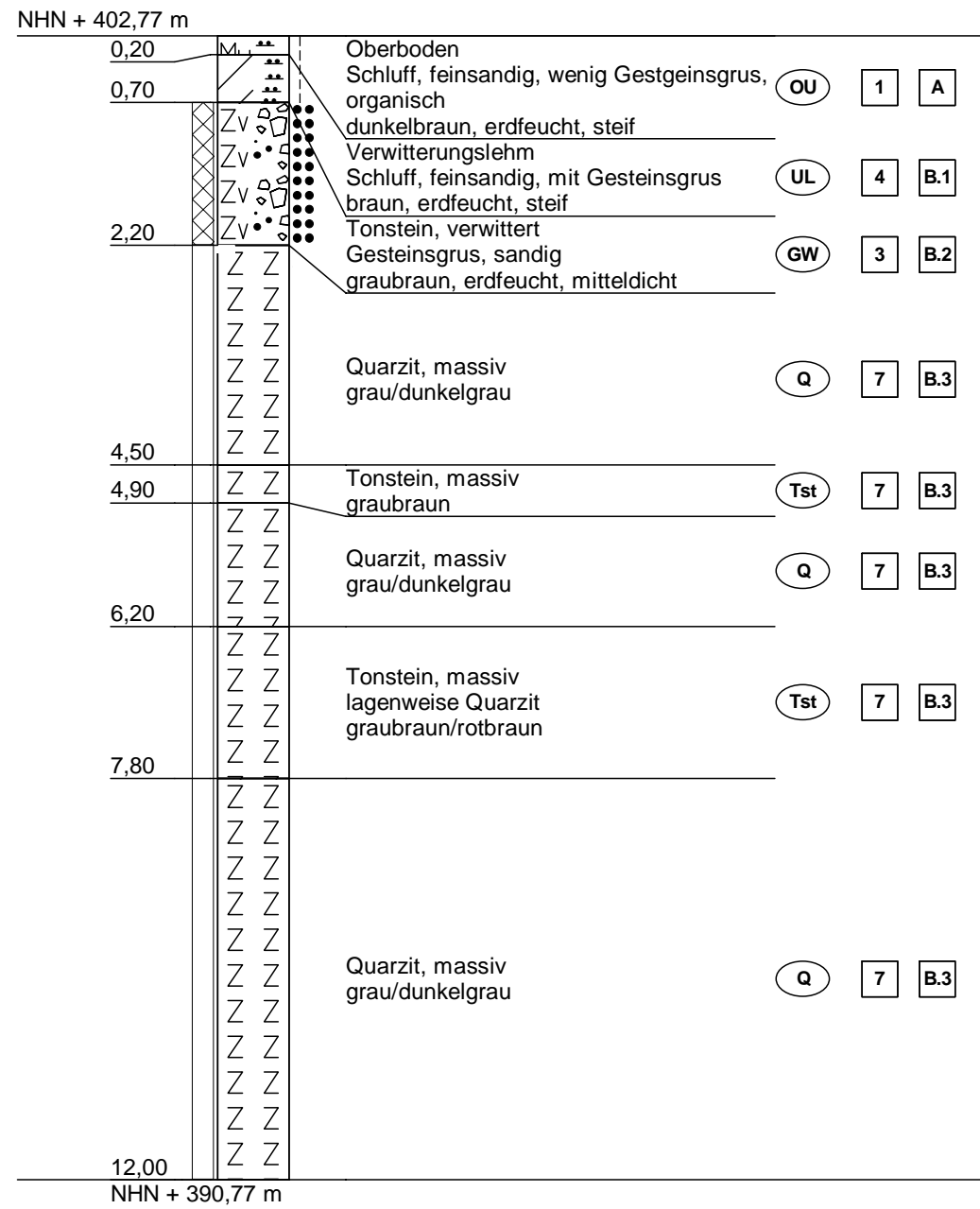
**Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023**

**B5-DPH 1**



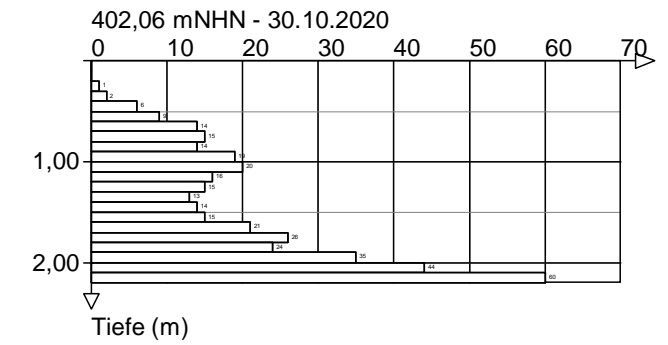
Höhenmaßstab 1:75

**B5-KB**



Höhenmaßstab 1:75

**B5-DPH 2**

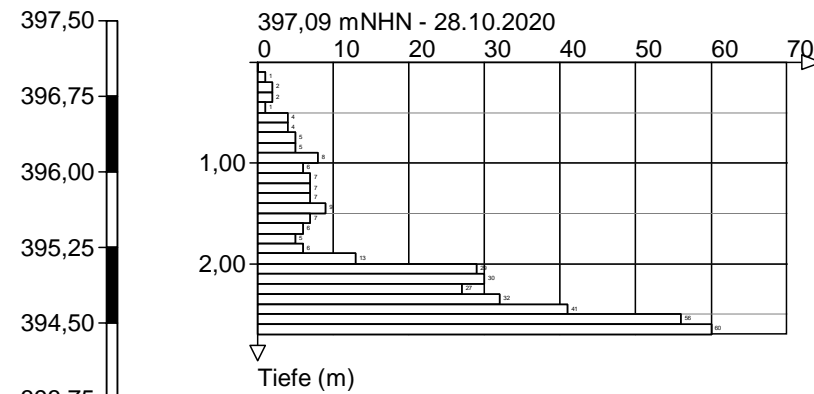


Höhenmaßstab 1:75



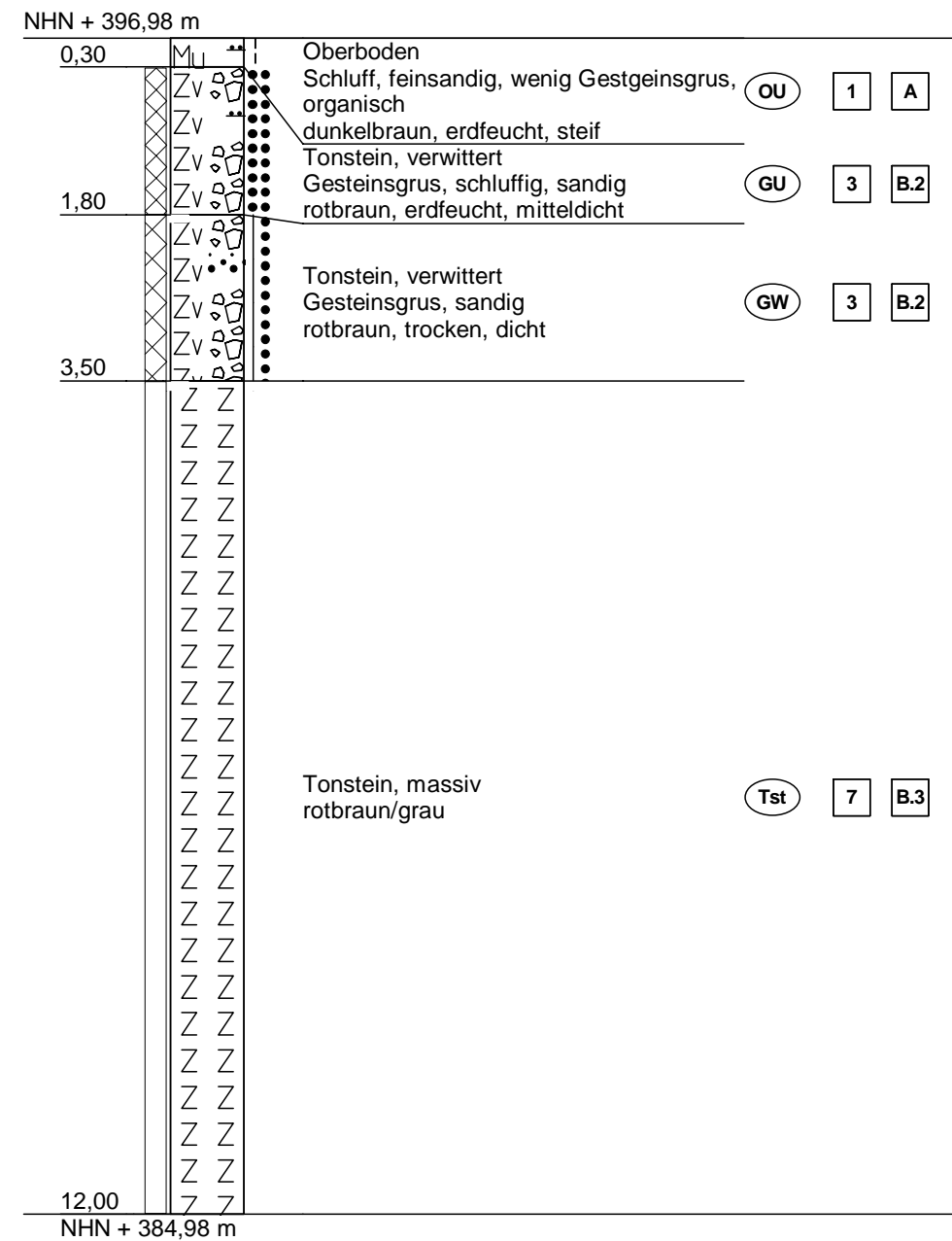
**Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023**

U2-DPH 1



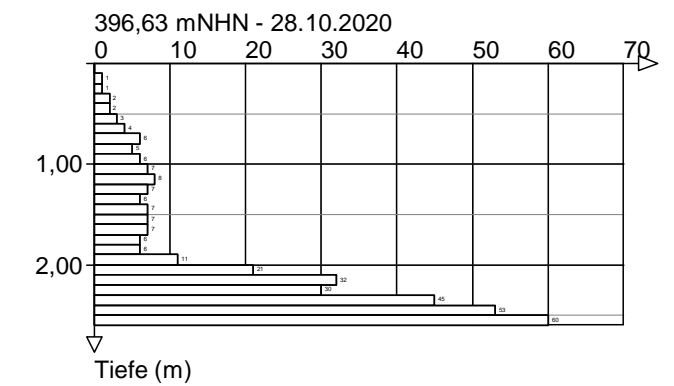
Höhenmaßstab 1:75

U2-KB



Höhenmaßstab 1:75

U2-DPH 2



Höhenmaßstab 1:75

**GEO CONSULT**

Beratende Ingenieure und Geologen  
Maarweg 8, 51491 Overath  
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Windpark Beuren/Urschmitt

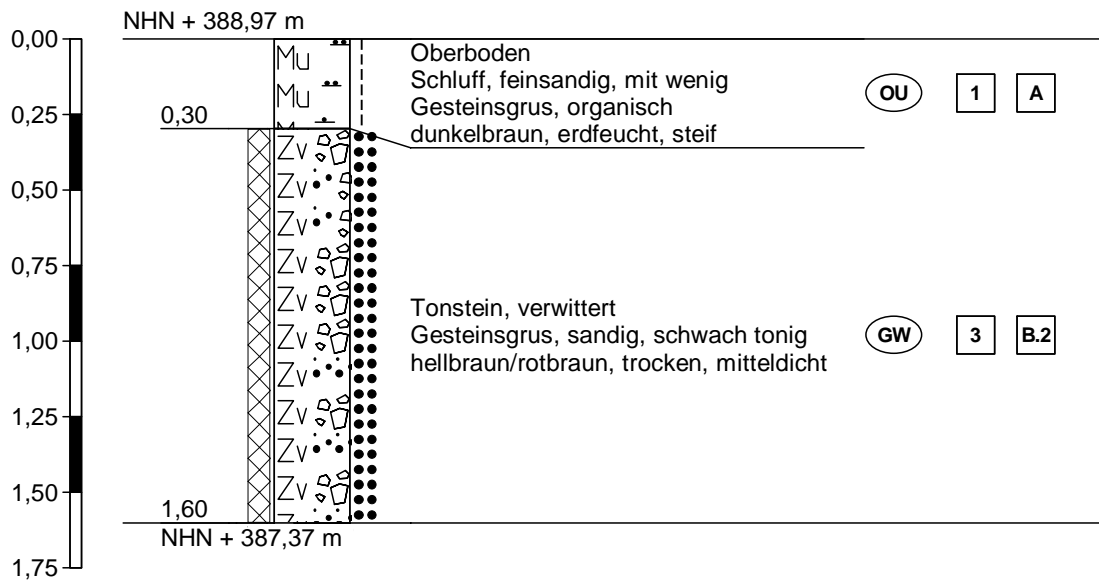
Anlage 3

Datum: 28.10.2020

Auftraggeber: Energycity Windpark Beuren  
GmbH

Bearb.: Hg

Projekt-Nr.: 20092200

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023****B1-RKS 1**

kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25





**GEO CONSULT**

Beratende Ingenieure und Geologen  
Maarweg 8, 51491 Overath  
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Windpark Beuren/Urschmitt

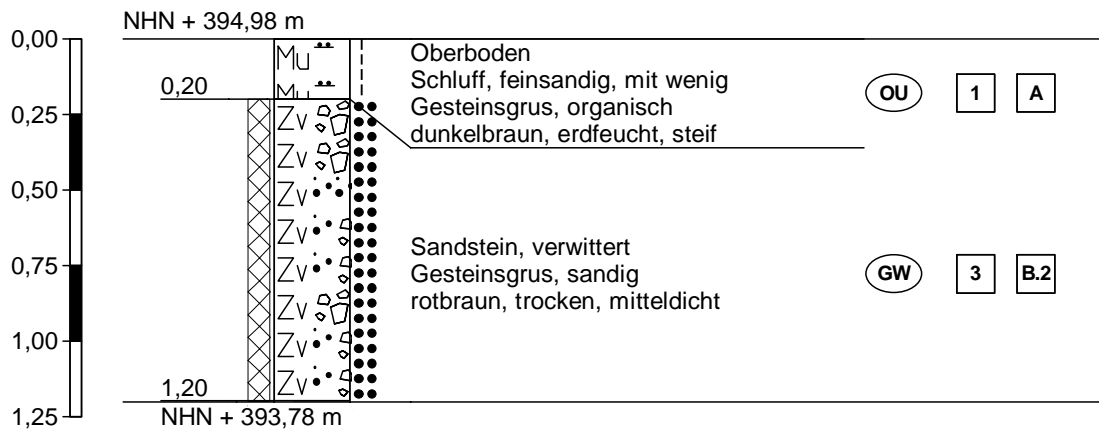
Anlage 3

Datum: 28.10.2020

Auftraggeber: Energycity Windpark Beuren  
GmbH

Bearb.: Hg

Projekt-Nr.: 20092200

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023****B2-RKS 1**

kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

**GEO CONSULT**

Beratende Ingenieure und Geologen  
Maarweg 8, 51491 Overath  
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Windpark Beuren/Urschmitt

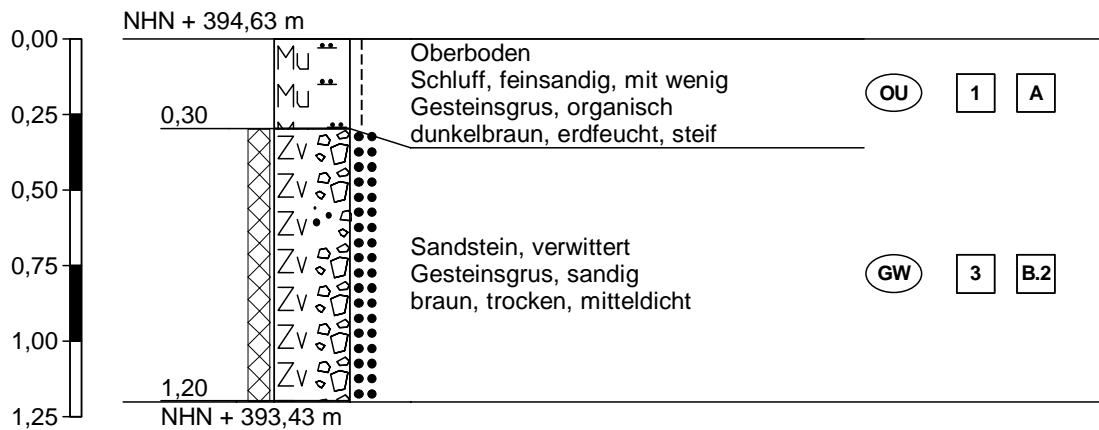
Anlage 3

Datum: 28.10.2020

Auftraggeber: Energycity Windpark Beuren  
GmbH

Bearb.: Hg

Projekt-Nr.: 20092200

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023****B2-RKS 2**

kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25



**GEO CONSULT**

Beratende Ingenieure und Geologen  
Maarweg 8, 51491 Overath  
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Windpark Beuren/Urschmitt

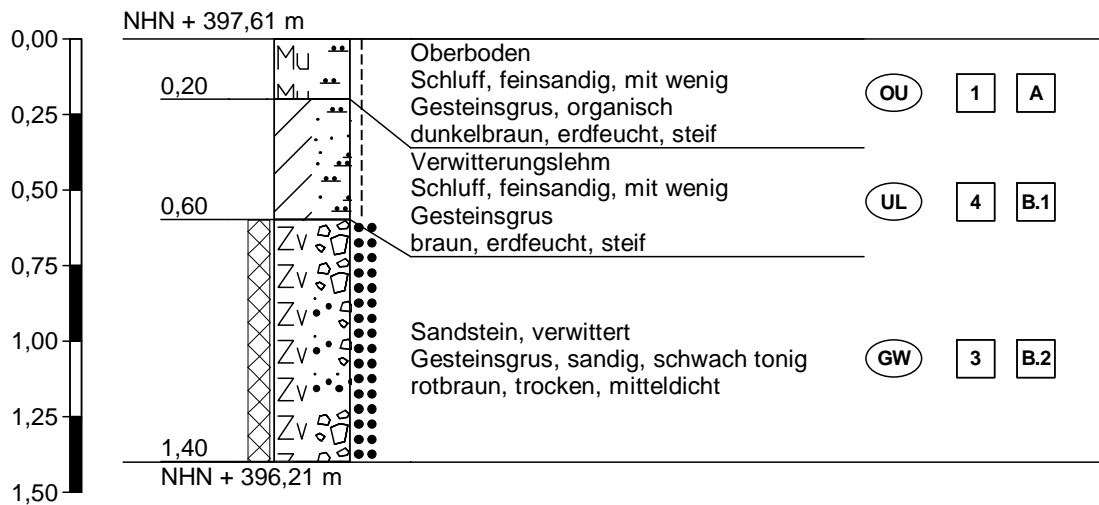
Anlage 3

Datum: 28.10.2020

Auftraggeber: Energycity Windpark Beuren  
GmbH

Bearb.: Hg

Projekt-Nr.: 20092200

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023****B2-RKS 3**

kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

**GEO CONSULT**

Beratende Ingenieure und Geologen  
Maarweg 8, 51491 Overath  
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Windpark Beuren/Urschmitt

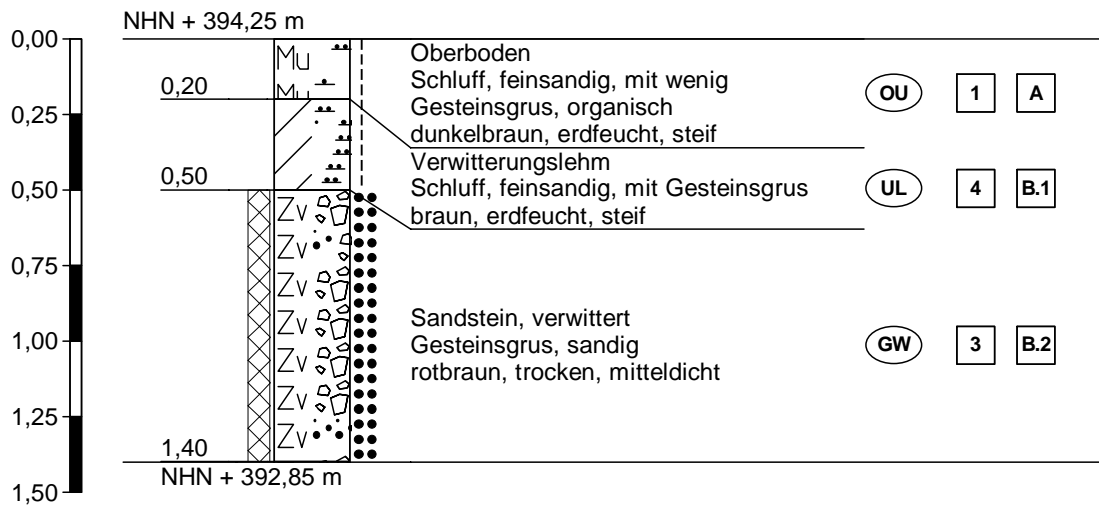
Anlage 3

Datum: 29.10.2020

Auftraggeber: Energycity Windpark Beuren  
GmbH

Bearb.: Hg

Projekt-Nr.: 20092200

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023****B3-RKS 1**

Höhenmaßstab 1:25

**GEO CONSULT**

Beratende Ingenieure und Geologen  
Maarweg 8, 51491 Overath  
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Windpark Beuren/Urschmitt

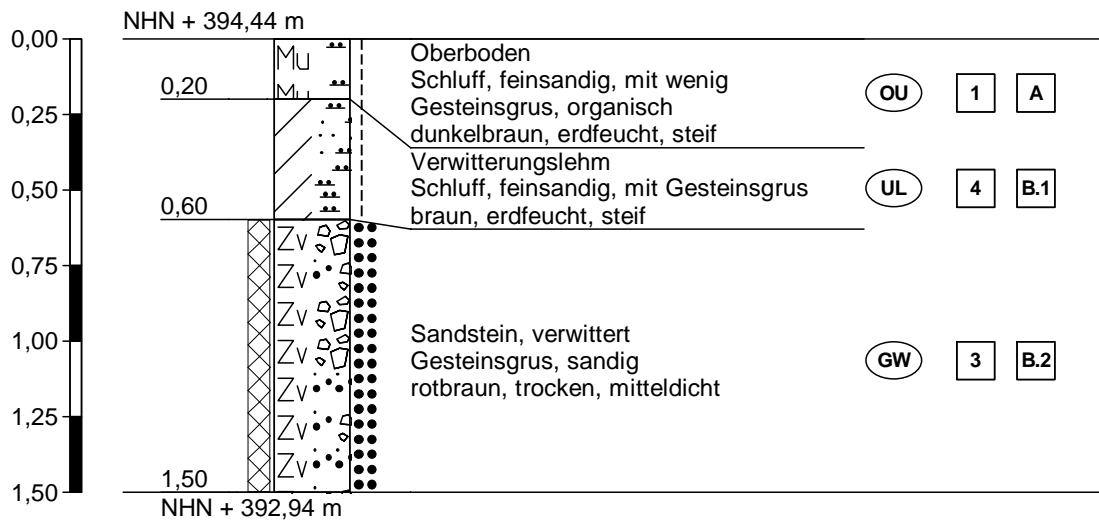
Anlage 3

Datum: 29.10.2020

Auftraggeber: Energycity Windpark Beuren  
GmbH

Bearb.: Hg

Projekt-Nr.: 20092200

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023****B3-RKS 2**

kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

**GEO CONSULT**

Beratende Ingenieure und Geologen  
 Maarweg 8, 51491 Overath  
 Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Windpark Beuren/Urschmitt

Anlage 3

Datum: 29.10.2020

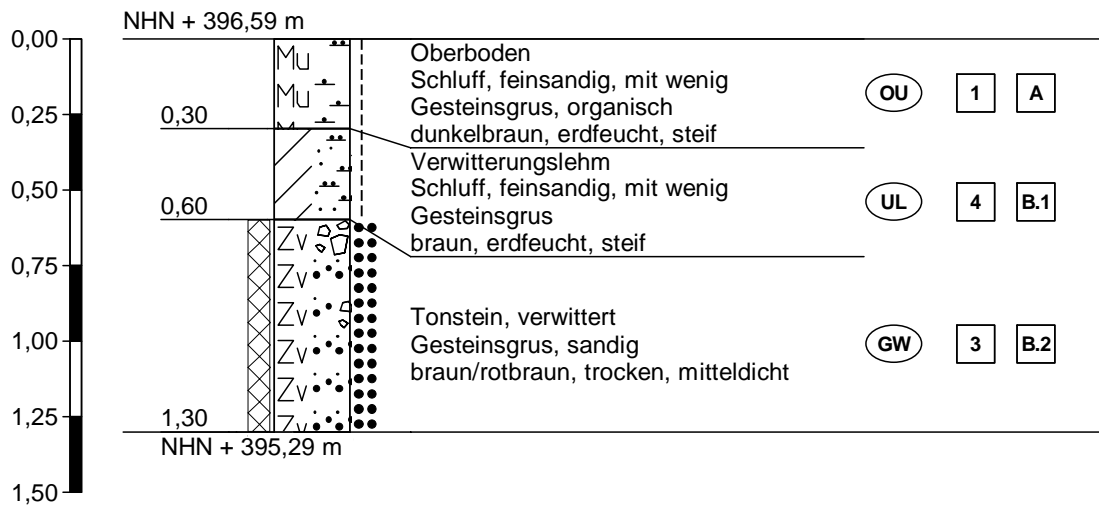
Auftraggeber: Energycity Windpark Beuren  
 GmbH

Bearb.: Hg

Projekt-Nr.: 20092200

### Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

#### B3-RKS 3



kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

**GEO CONSULT**

Beratende Ingenieure und Geologen  
Maarweg 8, 51491 Overath  
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Windpark Beuren/Urschmitt

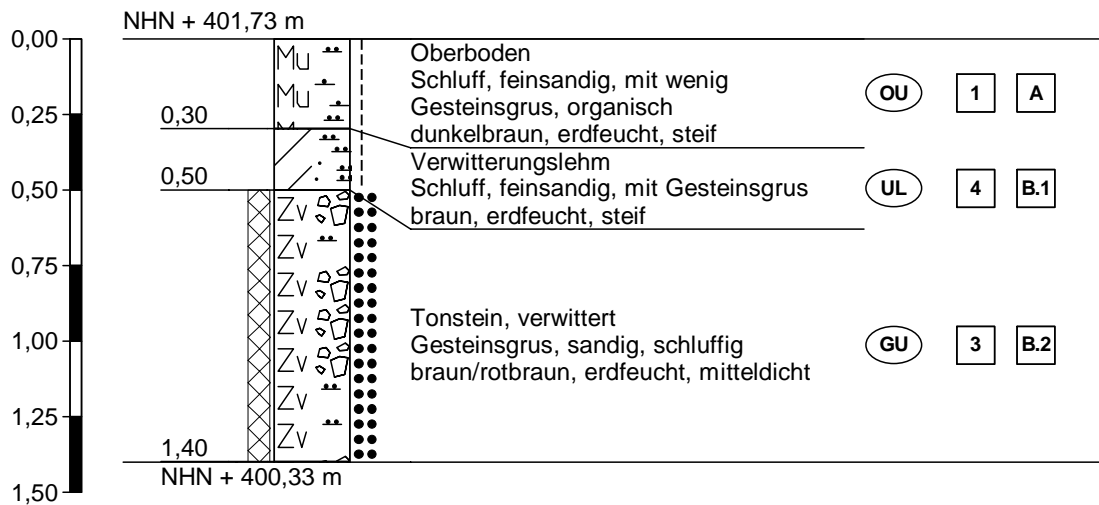
Anlage 3

Datum: 29.10.2020

Auftraggeber: Energycity Windpark Beuren  
GmbH

Bearb.: Hg

Projekt-Nr.: 20092200

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023****B4-RKS 1**

Höhenmaßstab 1:25











**GEO CONSULT**

Beratende Ingenieure und Geologen  
Maarweg 8, 51491 Overath  
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Windpark Beuren/Urschmitt

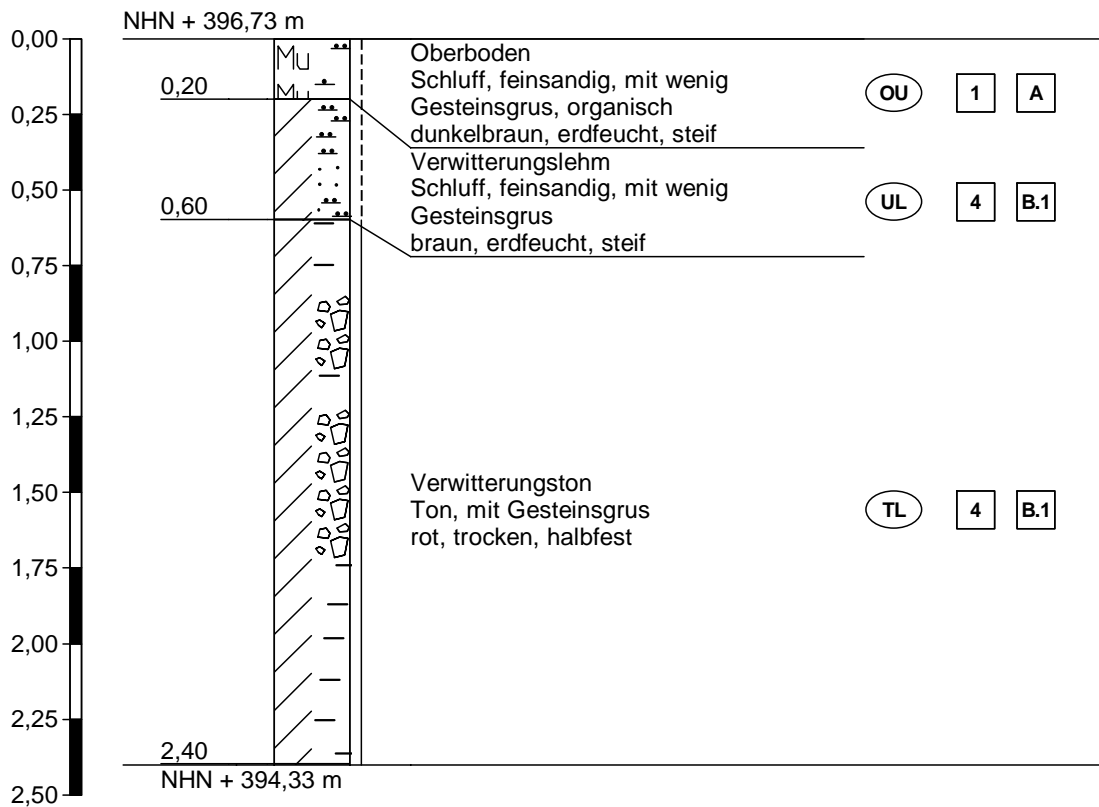
Anlage 3

Datum: 30.10.2020

Auftraggeber: Energycity Windpark Beuren  
GmbH

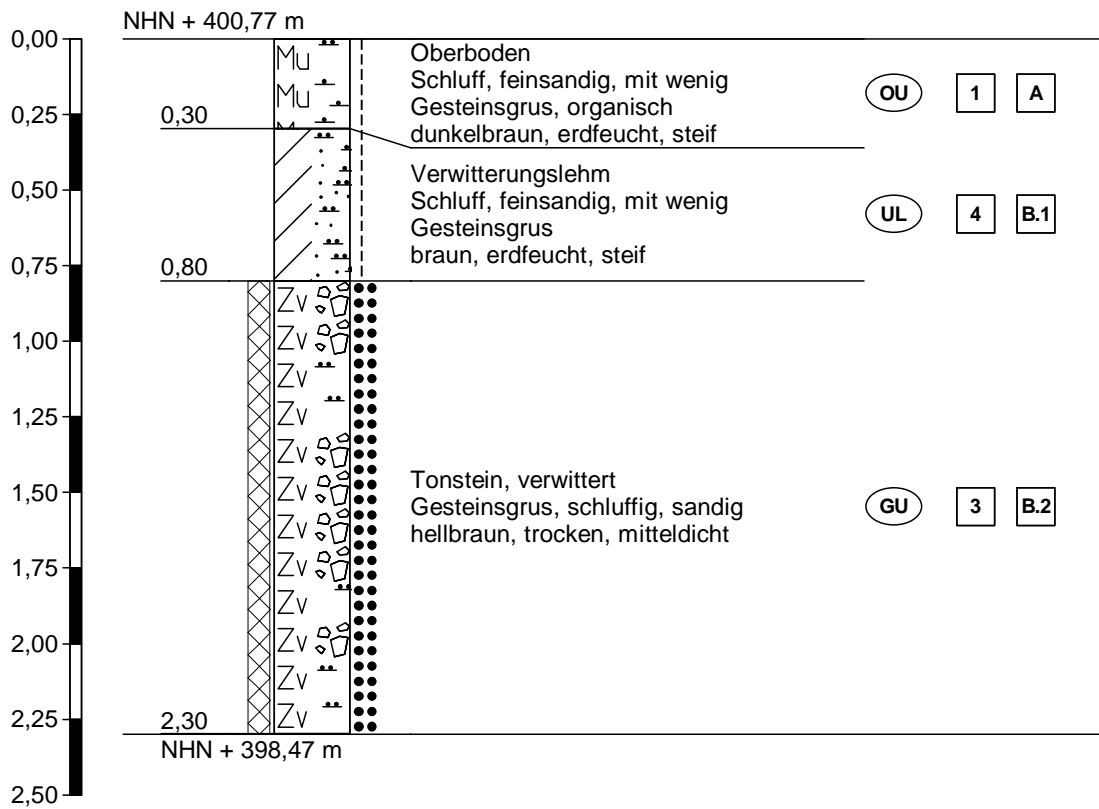
Bearb.: Hg

Projekt-Nr.: 20092200

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023****B5-RKS 3**

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023**

**U1-RKS 1**



Höhenmaßstab 1:25

**GEO CONSULT**

Beratende Ingenieure und Geologen  
Maarweg 8, 51491 Overath  
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Windpark Beuren/Urschmitt

Anlage 3

Datum: 30.10.2020

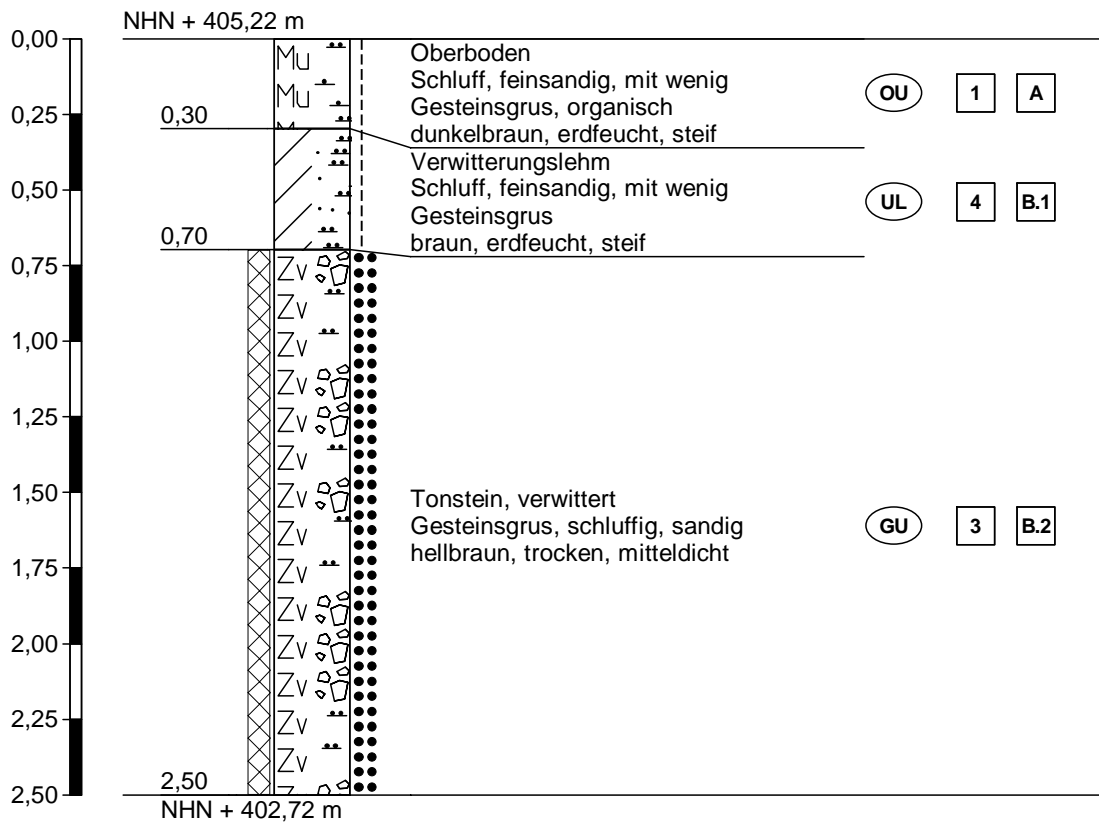
Auftraggeber: Energycity Windpark Beuren  
GmbH

Bearb.: Hg

Projekt-Nr.: 20092200

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023**

## U1-RKS 2



Höhenmaßstab 1:25

**GEO CONSULT**

Beratende Ingenieure und Geologen  
Maarweg 8, 51491 Overath  
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Windpark Beuren/Urschmitt

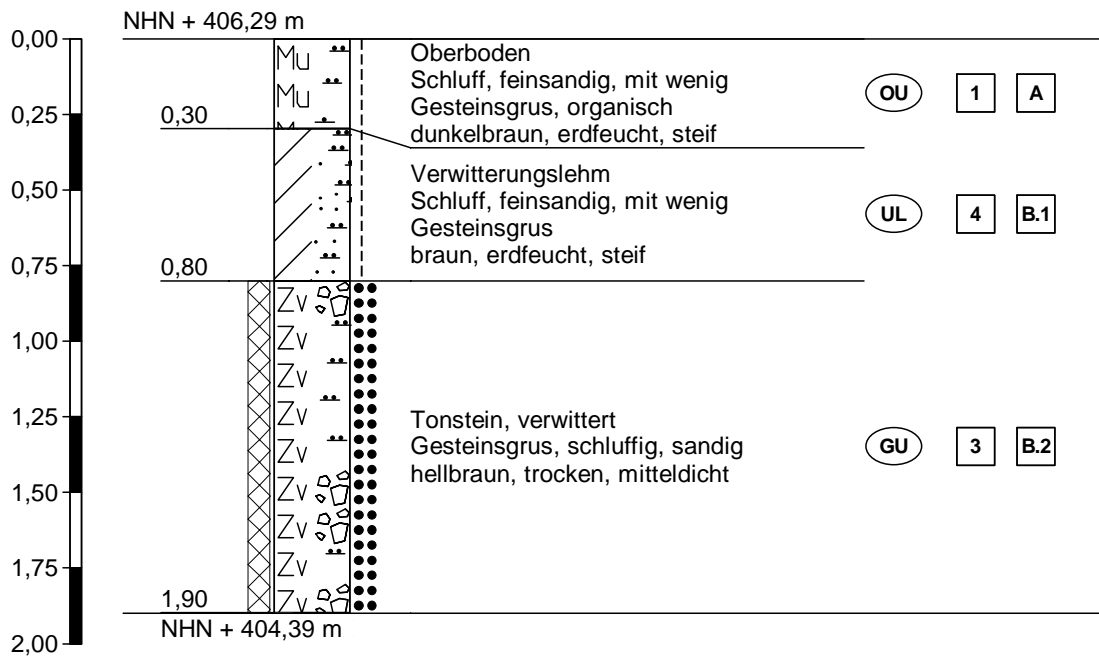
Anlage 3

Datum: 30.10.2020

Auftraggeber: Energycity Windpark Beuren  
GmbH

Bearb.: Hg

Projekt-Nr.: 20092200

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023****U1-RKS 3**

kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

**GEO CONSULT**

Beratende Ingenieure und Geologen  
Maarweg 8, 51491 Overath  
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Windpark Beuren/Urschmitt

Anlage 3

Datum: 02.11.2020

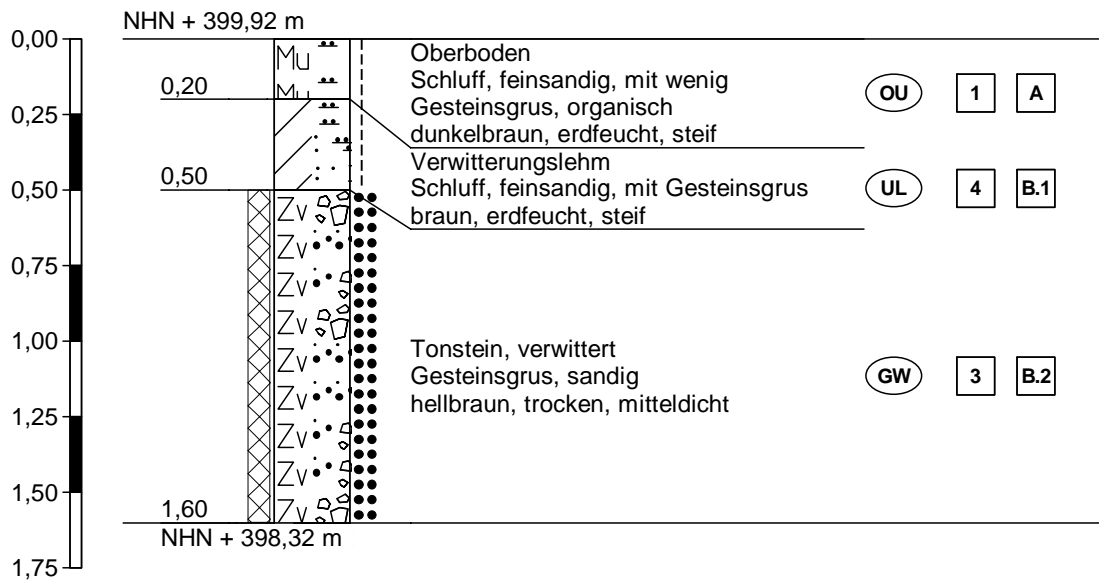
Auftraggeber: Energycity Windpark Beuren  
GmbH

Bearb.: Hg

Projekt-Nr.: 20092200

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023**

## U2-RKS 1



Höhenmaßstab 1:25

**GEO CONSULT**

Beratende Ingenieure und Geologen  
Maarweg 8, 51491 Overath  
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Windpark Beuren/Urschmitt

Anlage 3

Datum: 02.11.2020

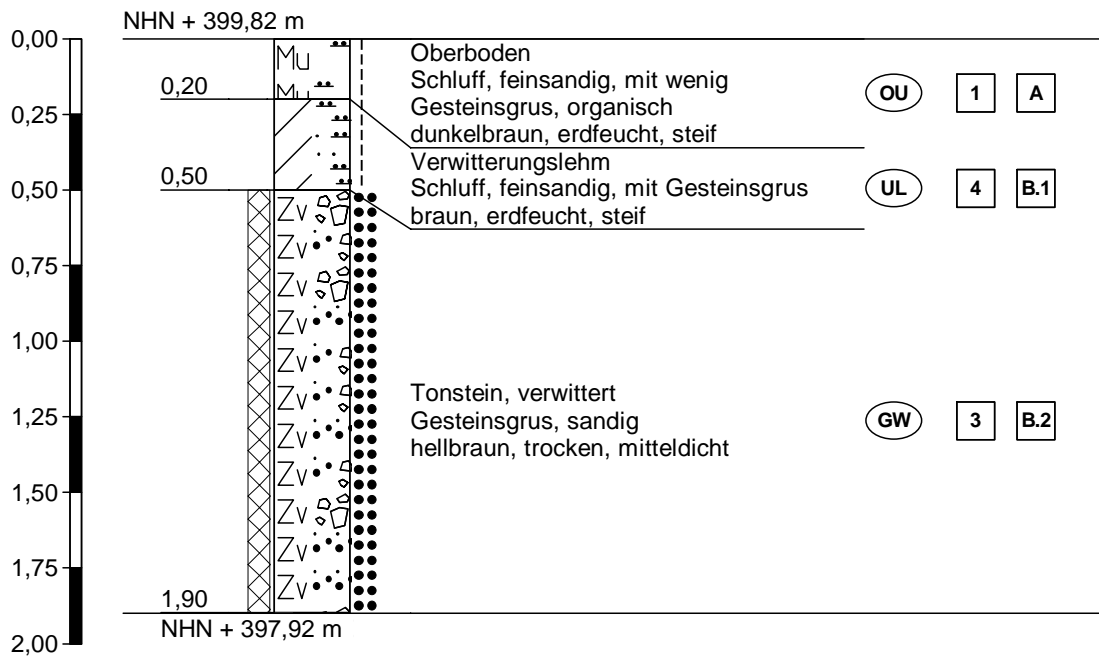
Auftraggeber: Energycity Windpark Beuren  
GmbH

Bearb.: Hg

Projekt-Nr.: 20092200

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023**

## U2-RKS 2



kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

**GEO CONSULT**

Beratende Ingenieure und Geologen  
Maarweg 8, 51491 Overath  
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Windpark Beuren/Urschmitt

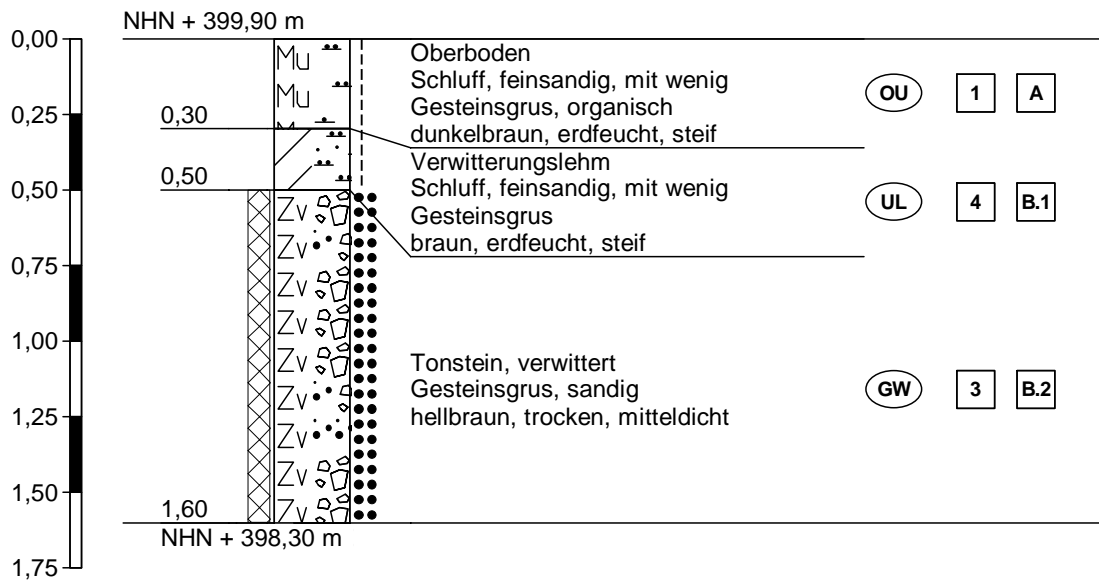
Anlage 3

Datum: 02.11.2020

Auftraggeber: Energycity Windpark Beuren  
GmbH

Bearb.: Hg

Projekt-Nr.: 20092200

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023****U2-RKS 3**

Höhenmaßstab 1:25



**GEO CONSULT**

Beratende Ingenieure und Geologen  
 Maarweg 8, 51491 Overath  
 Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Windpark Beuren/Urschmitt

Anlage 2

Datum:











Auftraggeber: Energycity Windpark Beuren  
 GmbH

Bearb.: Hg/Gr

Projekt-Nr.: 20092200

### Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023








#### Boden- und Felsarten

 Mutterboden, Mu	 Auffüllung, A
 Verwitterungslehm, L	 Fels, verwittert, Zv
 Fels, Z	 Steine, X, steinig, x
 Kies, G, kiesig, g	 Sand, S, sandig, s
 Schluff, U, schluffig, u	 Ton, T, tonig, t

#### Bodengruppe nach DIN 18196

 enggestufte Kiese	 weitgestufte Kiese
 Intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische	 enggestufte Sande
 weitgestufte Sand-Kies-Gemische	 Intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische
 Kies-Schluff-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm	 Kies-Schluff-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm
 Kies-Ton-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm	 Kies-Ton-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm
 Sand-Schluff-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm	 Sand-Schluff-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm
 Sand-Ton-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm	 Sand-Ton-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm
 leicht plastische Schluffe	 mittelplastische Schluffe
 ausgeprägt zusammendrückbarer Schluff	 leicht plastische Tone
 mittelplastische Tone	 ausgeprägt plastische Tone
 Schluffe mit organischen Beimengungen	 Tone mit organischen Beimengungen
 grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art	 grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen, kieseligen Bildungen
 nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)	 zersetzte Torfe
 Schlämme (Faulschlamm, Mudde, Gytija, Dy, Sapropel)	Auffüllung aus natürlichen Böden
 Auffüllung aus Fremdstoffen	

#### Bodenklasse nach DIN 18300

 Oberboden (Mutterboden)	 Fließende Bodenarten
 Leicht lösbbare Bodenarten	 Mittelschwer lösbbare Bodenarten
 Schwer lösbbare Bodenarten	 Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten
 Schwer lösbarer Fels	

**GEO CONSULT**

Beratende Ingenieure und Geologen  
 Maarweg 8, 51491 Overath  
 Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Windpark Beuren/Urschmitt

Anlage 2

Datum:

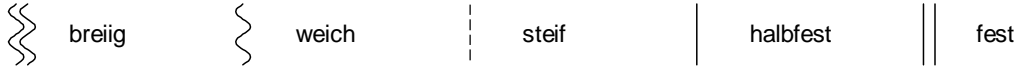
Auftraggeber: Energycity Windpark Beuren GmbH

Bearb.: Hg/Gr

Projekt-Nr.: 20092200

### Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023

#### Konsistenz



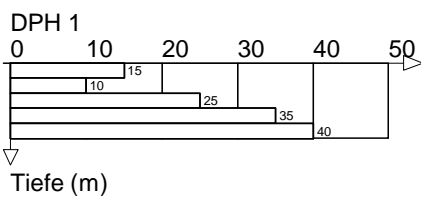
#### Lagerungsdichte



#### Verwitterungsstufen nach DIN EN ISO 14689-1



#### Rammdiagramm



<b>Nivellement</b>				
<b>Untersuchungsort:</b>		<b>Windpark Beuren</b>		
<b>Projektnummer:</b>		<b>20092200</b>		
<b>Datum:</b>		<b>30.10.2020</b>		
<b>Höhe FP in mNHN:</b>		<b>388,96 (WEA BEU 01)</b>		
<b>Bezeichnung des Meßpunktes</b>	<b>Rückblende [m]</b>	<b>Vorblende [m]</b>	<b>Hauptnivellement [mNHN]</b>	<b>Bemerkungen</b>
FP	1,60			Mittelpunkt WEA BEU 01
H 1		1,83	388,73	Höhenpunkt
H 2		1,58	388,98	Höhenpunkt
DPH 1		1,84	388,72	schwere Rammsondierung
DPH 2		1,30	389,26	schwere Rammsondierung
RKS 1		1,59	388,97	Rammkernsondierung
RKS 2		2,40	388,16	Rammkernsondierung
RKS 3		0,69	389,87	Rammkernsondierung
<b>Höhe FP in mNHN:</b>		<b>394,64 (WEA BEU 02)</b>		
<b>Bezeichnung des Meßpunktes</b>	<b>Rückblende [m]</b>	<b>Vorblende [m]</b>	<b>Hauptnivellement [mNHN]</b>	<b>Bemerkungen</b>
FP	1,24			Mittelpunkt WEA BEU 02
H 1		1,46	394,42	Höhenpunkt
H 2		0,91	394,97	Höhenpunkt
DPH 1		2,29	393,59	schwere Rammsondierung
DPH 2		0,40	395,48	schwere Rammsondierung
RKS 1		0,90	394,98	Rammkernsondierung
RKS 2		1,25	394,63	Rammkernsondierung
WP I		1,24	394,64	Wechselpunkt
WP I	2,63		397,27	Wechselpunkt
WP II		0,08	397,19	Wechselpunkt
WP II	1,87		399,06	Wechselpunkt
RKS 3		1,45	397,61	Rammkernsondierung

<b>Nivellement</b>				
<b>Untersuchungsort:</b>		<b>Windpark Beuren</b>		
<b>Projektnummer:</b>		<b>20092200</b>		
<b>Datum:</b>		<b>29.10.2020</b>		
<b>Höhe FP in mNHN:</b>		<b>393,94 (WEA BEU 03)</b>		
<b>Bezeichnung des Meßpunktes</b>	<b>Rückblende [m]</b>	<b>Vorblende [m]</b>	<b>Hauptnivellement [mNHN]</b>	<b>Bemerkungen</b>
FP	2,17			Mittelpunkt WEA BEU 03
H 1		2,44	393,67	Höhenpunkt
H 2		2,09	394,02	Höhenpunkt
DPH 1		2,38	393,73	schwere Rammsondierung
DPH 2		2,05	394,06	schwere Rammsondierung
RKS 1		1,86	394,25	Rammkernsondierung
RKS 2		1,67	394,44	Rammkernsondierung
WP I		0,89	395,22	Wechselpunkt
WP I	3,71		398,93	Wechselpunkt
RKS 3		2,34	396,59	Rammkernsondierung
<b>Höhe FP in mNHN:</b>		<b>401,24 (WEA BEU 04)</b>		
<b>Bezeichnung des Meßpunktes</b>	<b>Rückblende [m]</b>	<b>Vorblende [m]</b>	<b>Hauptnivellement [mNHN]</b>	<b>Bemerkungen</b>
FP	4,48			Mittelpunkt WEA BEU 04
DPH 1		5,25	400,47	schwere Rammsondierung
RKS 3		0,35	405,37	Rammkernsondierung
WP I		4,48	401,24	Wechselpunkt
WP I	2,74		403,98	Wechselpunkt
H 1		3,06	400,92	Höhenpunkt
H 2		2,41	401,57	Höhenpunkt
DPH 2		1,64	402,34	schwere Rammsondierung
RKS 1		2,25	401,73	Rammkernsondierung
RKS 2		2,25	401,73	Rammkernsondierung

<b>Nivellement</b>				
<b>Untersuchungsort:</b>		<b>Windpark Beuren</b>		
<b>Projektnummer:</b>		<b>20092200</b>		
<b>Datum:</b>		<b>29.10.2020</b>		
<b>Höhe FP in mNHN:</b>		<b>402,77 (WEA BEU 05)</b>		
<b>Bezeichnung des Meßpunktes</b>	<b>Rückblende [m]</b>	<b>Vorblende [m]</b>	<b>Hauptnivellement [mNHN]</b>	<b>Bemerkungen</b>
FP	2,43			Mittelpunkt WEA BEU 05
DPH 1		1,85	403,35	schwere Rammsondierung
WP I		2,43	402,77	Wechselpunkt
WP I	1,66		404,43	Wechselpunkt
H 1		1,75	402,68	Höhenpunkt
H 2		1,36	403,07	Höhenpunkt
DPH 2		2,37	402,06	schwere Rammsondierung
RKS 1		1,06	403,37	Rammkernsondierung
WP II		1,06	403,37	Wechselpunkt
WP II	2,45		405,82	Wechselpunkt
RKS 2		0,46	405,36	Rammkernsondierung
WP III		2,50	403,32	Wechselpunkt
WP III	0,25		403,57	Wechselpunkt
WP IV		2,38	401,19	Wechselpunkt
WP IV	0,04		401,23	Wechselpunkt
RKS 3		4,50	396,73	Rammkernsondierung

<b>Nivellement</b>				
<b>Untersuchungsort:</b>		<b>Windpark Beuren</b>		
<b>Projektnummer:</b>		<b>20092200</b>		
<b>Datum:</b>		<b>02.11.2020</b>		
<b>Höhe FP in mNHN:</b>		<b>398,77 (WEA UR 01)</b>		
<b>Bezeichnung des Meßpunktes</b>	<b>Rückblende [m]</b>	<b>Vorblende [m]</b>	<b>Hauptnivellement [mNHN]</b>	<b>Bemerkungen</b>
FP	3,11			Mittelpunkt WEA UR 01
H 1		4,25	397,63	Höhenpunkt
H 2		1,86	400,02	Höhenpunkt
DPH 1		3,81	398,07	schwere Rammsondierung
DPH 2		2,20	399,68	schwere Rammsondierung
RKS 1		1,11	400,77	Rammkernsondierung
WP I		1,11	400,77	Wechselpunkt
WP I	5,84		406,61	Wechselpunkt
RKS 2		1,39	405,22	Rammkernsondierung
RKS 3		0,32	406,29	Rammkernsondierung
<b>Höhe FP in mNHN:</b>		<b>396,98 (WEA UR 02)</b>		
<b>Bezeichnung des Meßpunktes</b>	<b>Rückblende [m]</b>	<b>Vorblende [m]</b>	<b>Hauptnivellement [mNHN]</b>	<b>Bemerkungen</b>
FP	2,59			Mittelpunkt WEA UR 02
H 1		3,35	396,22	Höhenpunkt
H 2		1,72	397,85	Höhenpunkt
DPH 1		2,48	397,09	schwere Rammsondierung
DPH 2		2,94	396,63	schwere Rammsondierung
WP I		0,35	399,22	Wechselpunkt
WP I	2,73		401,95	Wechselpunkt
RKS 1		2,03	399,92	Rammkernsondierung
RKS 2		2,13	399,82	Rammkernsondierung
WP II		1,90	400,05	Wechselpunkt
WP II	1,66		401,71	Wechselpunkt
RKS 3		1,81	399,90	Rammkernsondierung

## **Anlage 4**

### **Fotodokumentation Kernbohrungen**



Bild 1: Kernbohrung B1-KB





Bild 2: Kernbohrung B2-KB



Bild 3: Kernbohrung B3-KB



Bild 4: Kernbohrung B4-KB



Bild 5: Kernbohrung B5-KB



Bild 6: Kernbohrung U1-KB

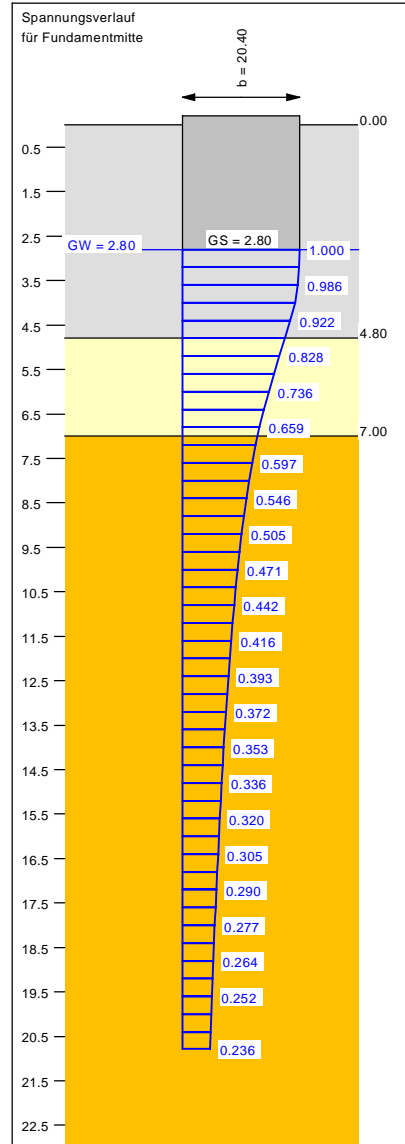
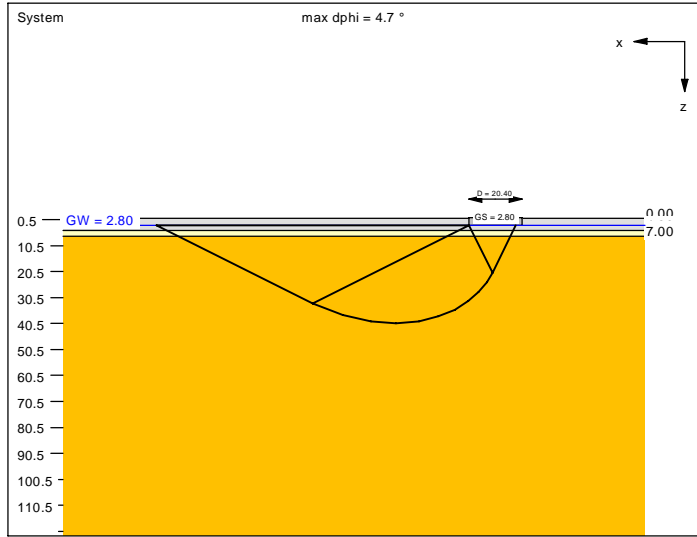


Bild 7: Kernbohrung U2-KB

## **Anlage 5**

### **Nachweis der Grundbruchsicherheit**

Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	$\kappa$ [-]	Bezeichnung
	19.0	11.0	32.5	0.0	50.0	1.000	Bodenaustausch
	20.0	12.0	35.0	0.0	80.0	1.000	Festgestein, verwittert
	22.0	14.0	37.5	0.0	100.0	1.000	Sandstein, massiv



**Berechnungsgrundlagen:**  
 20092200 - Anl. 5.1 - Bodenpressung plastisch  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.00$   
 $\gamma_Q = 1.00$   
 Gründungssohle = 2.80 m  
 Grundwasser = 2.80 m  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0\%$   
 Datei: 20092200\_Bodenpressung plastisch.gdg

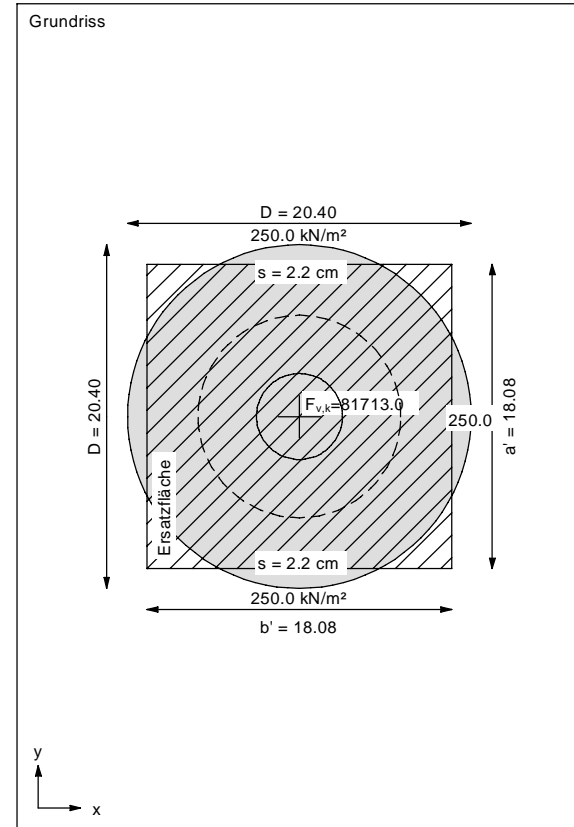
— 1. Kernweite  
 - - - 2. Kernweite

**Ergebnisse Einzelfundament:**  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 81713.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Durchmesser  $D = 20.400$  m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern (= 2.550 m)  
 $a' = 18.079$  m  
 $b' = 18.079$  m  
 Unter Gesamlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern (= 2.550 m)  
 $a' = 18.079$  m  
 $b' = 18.079$  m

$\mu$  (parallel zu x) = 0.037  
 cal  $\varphi = 37.2^\circ$   
 cal c = 0.00 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 13.58$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_{\bar{u}} = 53.20$  kN/m<sup>2</sup>  
 UK log. Spirale = 40.48 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 164.80 m  
 Fläche log. Spirale = 3300.64 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):  
 $N_{c0} = 56.71$ ;  $N_{d0} = 44.04$ ;  $N_{b0} = 32.67$   
 Formbeiwerte (x):  
 $v_c = 1.619$ ;  $v_d = 1.605$ ;  $v_b = 0.700$

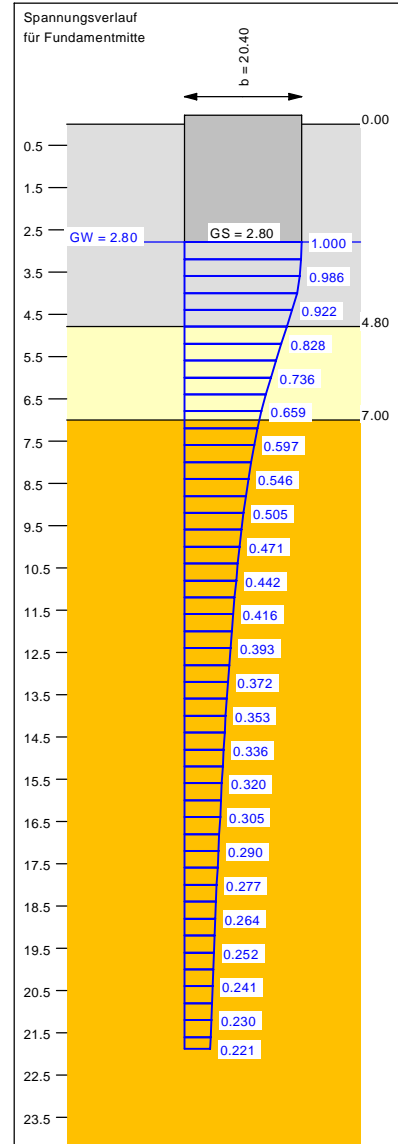
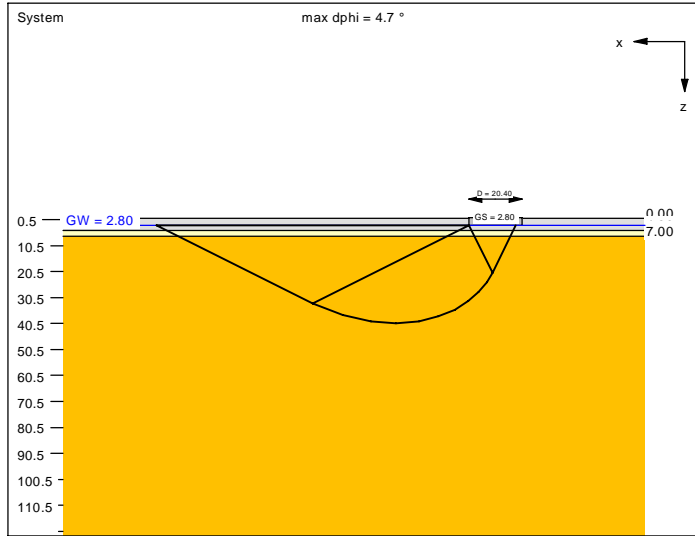
Setzung infolge Gesamlasten:  
 Grenztiefe  $t_d = 20.77$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 2.25 cm  
 Setzungen der KPs:  
 oben = 2.25 cm  
 unten = 2.25 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 0.0

**Grundbruch:**  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 9373.0 / 6694.98$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 3063567.23$  kN  
 $R_{n,d} = 2188262.31$  kN  
 $V_d = 1.00 \cdot 81713.00 + 1.00 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 81713.00$  kN





Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	$\kappa$ [-]	Bezeichnung
	19.0	11.0	32.5	0.0	150.0	1.000	Bodenaustausch
	20.0	12.0	35.0	0.0	200.0	1.000	Festgestein, verwittert
	22.0	14.0	37.5	0.0	300.0	1.000	Sandstein, massiv

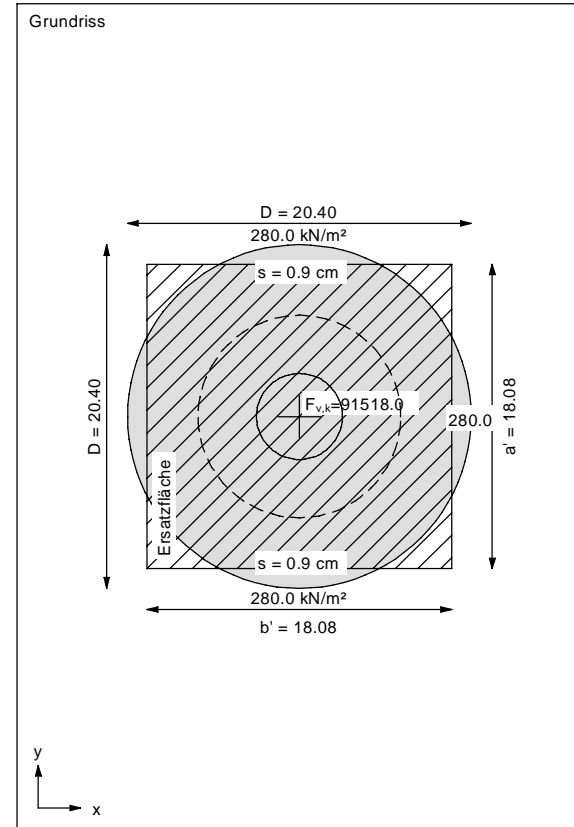


Berechnungsgrundlagen:  
 20092200 - Anl. 5.2 - Bodenpressung elastisch  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.00$   
 $\gamma_Q = 1.00$   
 Gründungssohle = 2.80 m  
 Grundwasser = 2.80 m  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0\%$   
 Datei: 20092200\_Bodenpressung elastisch.gdg  
 ——— 1. Kernweite  
 - - - - 2. Kernweite

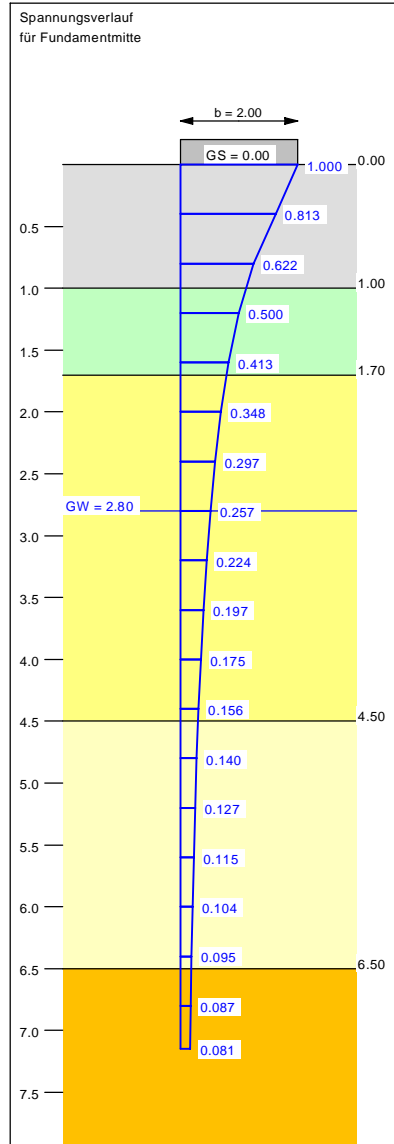
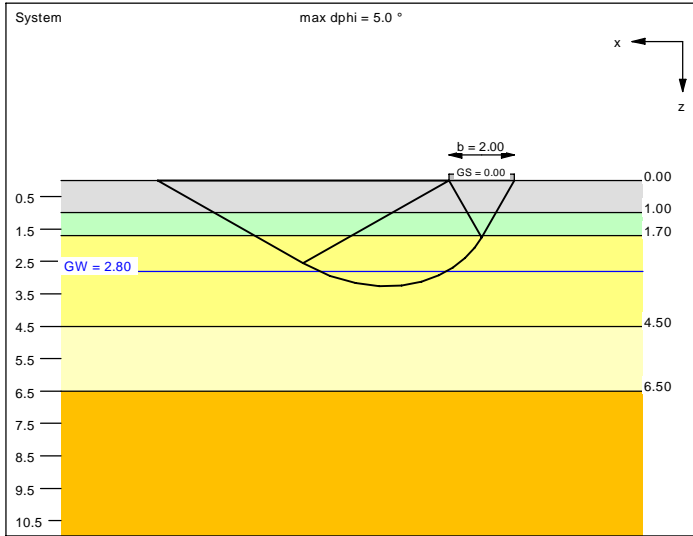
**Ergebnisse Einzelfundament:**  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 91518.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Durchmesser  $D = 20.400$  m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern (= 2.550 m)  
 $a' = 18.079$  m  
 $b' = 18.079$  m  
 Unter Gesamlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern (= 2.550 m)  
 $a' = 18.079$  m  
 $b' = 18.079$  m  
 Grundbruch:  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 9373.0 / 6694.98$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 3063567.23$  kN  
 $R_{n,d} = 2188262.31$  kN  
 $V_d = 1.00 \cdot 91518.00 + 1.00 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 91518.00$  kN

$\mu$  (parallel zu x) = 0.042  
 cal  $\varphi = 37.2^\circ$   
 cal c = 0.00 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 13.58$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_{\bar{u}} = 53.20$  kN/m<sup>2</sup>  
 UK log. Spirale = 40.48 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 164.80 m  
 Fläche log. Spirale = 3300.64 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):  
 $N_{c0} = 56.71$ ;  $N_{d0} = 44.04$ ;  $N_{b0} = 32.67$   
 Formbeiwerte (x):  
 $v_c = 1.619$ ;  $v_d = 1.605$ ;  $v_b = 0.700$

Setzung infolge Gesamlasten:  
 Grenztiefe  $t_d = 21.87$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.89 cm  
 Setzungen der KPs:  
 oben = 0.89 cm  
 unten = 0.89 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 0.0



Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\kappa$ [-]	Bezeichnung
	19.0	11.0	32.5	0.0	50.0	1.000	Bodenaustausch
	19.5	10.5	27.5	3.5	10.0	0.660	Verwitterungslehm
	19.0	11.0	31.0	1.0	30.0	1.000	Festgestein, stark verwittert
	20.0	12.0	35.0	0.0	80.0	1.000	Festgestein, verwittert
	22.0	14.0	37.5	0.0	100.0	1.000	Sandstein, massiv



**Ergebnisse Einzelfundament:**

Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 2496.00 / 624.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Länge  $a = 6.000$  m  
 Breite  $b = 2.000$  m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern  
 Länge  $a' = 6.000$  m  
 Breite  $b' = 2.000$  m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern  
 Länge  $a' = 6.000$  m  
 Breite  $b' = 2.000$  m

**Grundbruch:**  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.30$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 429.0 / 330.03$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 5148.54$  kN  
 $R_{n,d} = 3960.42$  kN  
 $V_d = 1.20 \cdot 2496.00 + 1.30 \cdot 624.00$  kN

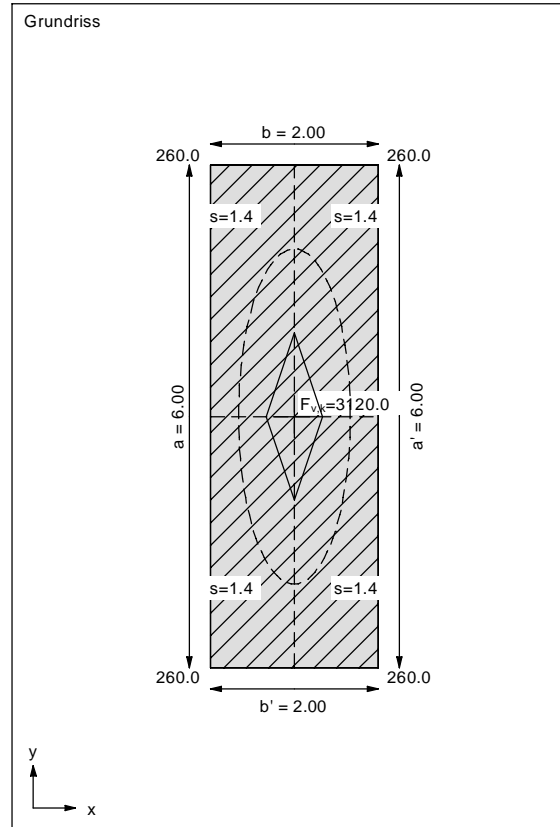
$V_d = 3806.40$  kN  
 $\mu$  (parallel zu x) = 0.961  
 cal  $\varphi = 30.8^\circ$   
 cal c = 1.18 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 18.70$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_u = 0.00$  kN/m<sup>2</sup>  
 UK log. Spirale = 3.26 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 13.34 m  
 Fläche log. Spirale = 22.72 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):  
 $N_{c0} = 32.14$ ;  $N_{d0} = 20.16$ ;  $N_{b0} = 11.42$   
 Formbeiwerte (x):  
 $v_c = 1.180$ ;  $v_d = 1.171$ ;  $v_b = 0.900$   
 $\mu$  [V(st), M und H(gesamt)] = 0.756

**Setzung infolge Gesamtlasten:**  
 Grenztiefe  $t_g = 7.15$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.35 cm  
 Setzungen der KPs:  
 links oben = 1.35 cm  
 rechts oben = 1.35 cm  
 links unten = 1.35 cm  
 rechts unten = 1.35 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 0.0  
 Verdrehung(y) (KP) = 0.0

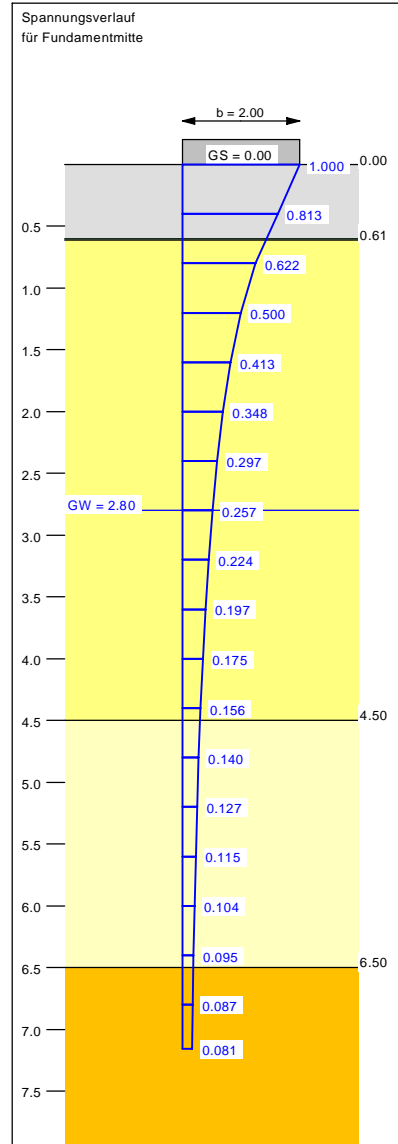
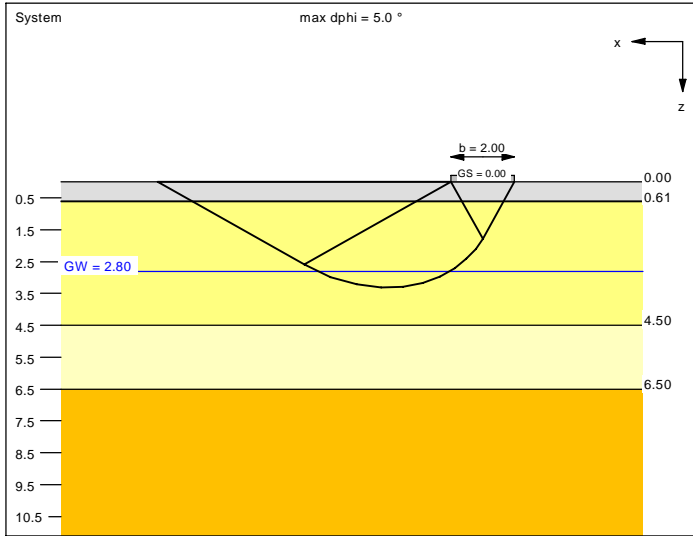
**Berechnungsgrundlagen:**  
 20092200 - Anl. 5.3 - LR11000 - schlechter Untergrund  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Grenztiefe mit  $p = 20.0$  %  
 Datei: 20092200\_LR11000.gd  
 ——— 1. Kernweite  
 - - - - 2. Kernweite

$\gamma_{R,v} = 1.30$   
 $\gamma_G = 1.20$   
 $\gamma_Q = 1.30$   
 Grenzzustand EQU:  
 $\gamma_{G,dst} = 1.05$   
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$   
 $\gamma_{Q,dst} = 1.25$   
 Gründungssohle = 0.00 m  
 Grundwasser = 2.80 m



Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\kappa$ [-]	Bezeichnung
	19.0	11.0	32.5	0.0	50.0	1.000	Bodenaustausch
	19.5	10.5	27.5	3.5	10.0	0.660	Verwitterungslehm
	19.0	11.0	31.0	1.0	30.0	1.000	Festgestein, stark verwittert
	20.0	12.0	35.0	0.0	80.0	1.000	Festgestein, verwittert
	22.0	14.0	37.5	0.0	100.0	1.000	Sandstein, massiv



**Ergebnisse Einzelfundament:**

Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 2496.00 / 624.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Länge  $a = 6.000$  m  
 Breite  $b = 2.000$  m

**Unter ständigen Lasten:**  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern  
 Länge  $a' = 6.000$  m  
 Breite  $b' = 2.000$  m

**Unter Gesamtlasten:**  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern  
 Länge  $a' = 6.000$  m  
 Breite  $b' = 2.000$  m

**Grundbruch:**  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.30$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 440.5 / 338.85$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 5286.04$  kN  
 $R_{n,d} = 4066.18$  kN  
 $V_d = 1.20 \cdot 2496.00 + 1.30 \cdot 624.00$  kN

$V_d = 3806.40$  kN  
 $\mu$  (parallel zu x) = 0.936  
 cal  $\varphi = 31.2^\circ$   
 cal c = 0.87 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 18.52$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_u = 0.00$  kN/m<sup>2</sup>  
 UK log. Spirale = 3.31 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 13.58 m  
 Fläche log. Spirale = 23.48 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):  
 $N_{c0} = 33.23$ ;  $N_{d0} = 21.13$ ;  $N_{b0} = 12.19$   
 Formbeiwerte (x):  
 $v_c = 1.181$ ;  $v_d = 1.173$ ;  $v_b = 0.900$   
 $\mu$  [V(st), M und H(gesamt)] = 0.737

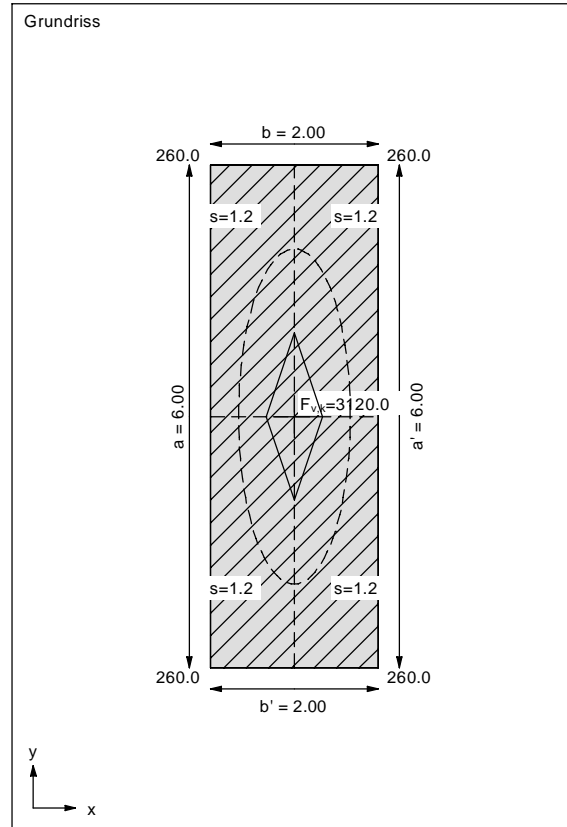
**Setzung infolge Gesamtlasten:**  
 Grenztiefe  $t_g = 7.16$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.20 cm  
 Setzungen der KPs:  
 links oben = 1.20 cm  
 rechts oben = 1.20 cm  
 links unten = 1.20 cm  
 rechts unten = 1.20 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 0.0  
 Verdrehung(y) (KP) = 0.0

**Berechnungsgrundlagen:**  
 20092200 - Anl. 5.4 - LR11000 - guter Untergrund  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)

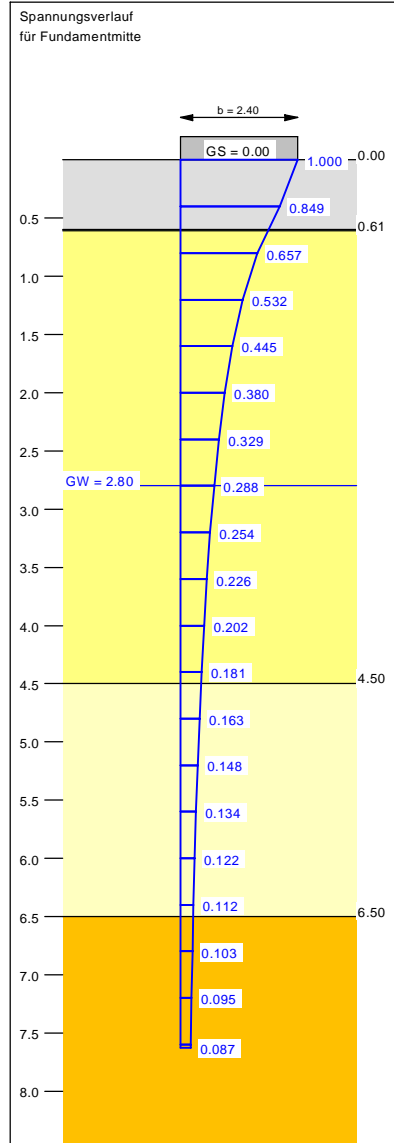
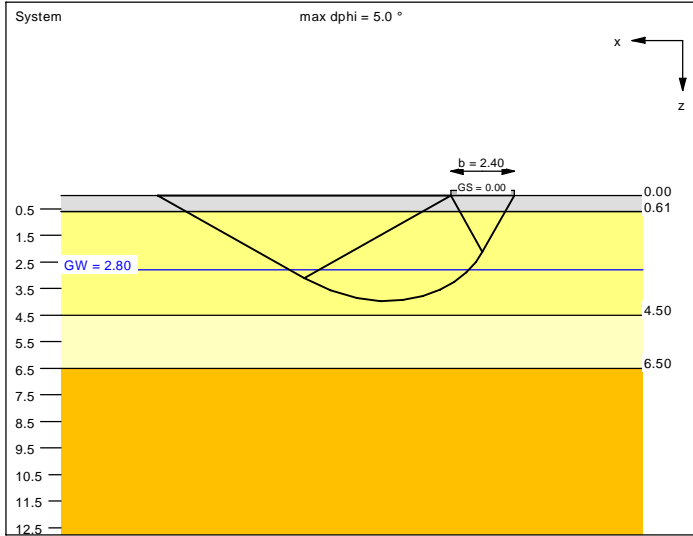
Grenztiefe mit  $p = 20.0$  %  
 Datei: 20092200\_LR11000\_2.gdg

— 1. Kernweite  
 - - - - 2. Kernweite

$\gamma_{R,v} = 1.30$   
 $\gamma_G = 1.20$   
 $\gamma_Q = 1.30$   
 Grenzzustand EQU:  
 $\gamma_{G,dst} = 1.05$   
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$   
 $\gamma_{Q,dst} = 1.25$   
 Gründungssohle = 0.00 m  
 Grundwasser = 2.80 m



Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\kappa$ [-]	Bezeichnung
	19.0	11.0	32.5	0.0	50.0	1.000	Bodenaustausch
	19.5	10.5	27.5	3.5	10.0	0.660	Verwitterungslehm
	19.0	11.0	31.0	1.0	30.0	1.000	Festgestein, stark verwittert
	20.0	12.0	35.0	0.0	80.0	1.000	Festgestein, verwittert
	22.0	14.0	37.5	0.0	100.0	1.000	Sandstein, massiv



**Berechnungsgrundlagen:**  
 20092200 - Anl. 5.5 - LG1750 - guter Untergrund  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)

**Grenztiefe mit p = 20.0 %**  
 Datei: 20092200\_LG1750\_2.gdg  
 - - - - 1. Kernweite  
 - - - - 2. Kernweite

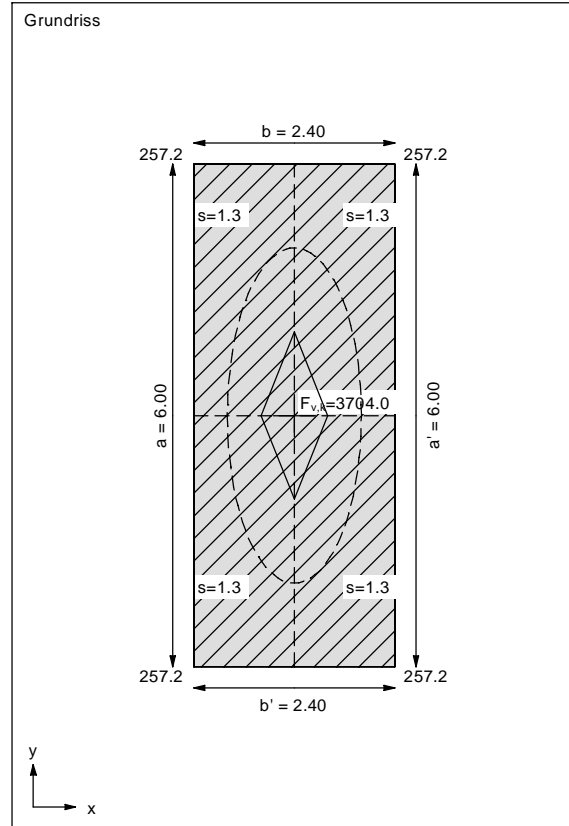
**Grenz Zustand EQU:**  
 $\gamma_{R,v} = 1.30$   
 $\gamma_G = 1.20$   
 $\gamma_Q = 1.30$   
 $\gamma_{G,dst} = 1.05$   
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$   
 $\gamma_{Q,dst} = 1.25$   
 Gründungssohle = 0.00 m  
 Grundwasser = 2.80 m

**Ergebnisse Einzelfundament:**  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 2955.00 / 749.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Länge a = 6.000 m  
 Breite b = 2.400 m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern  
 Länge  $a' = 6.000$  m  
 Breite  $b' = 2.400$  m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern  
 Länge  $a' = 6.000$  m  
 Breite  $b' = 2.400$  m

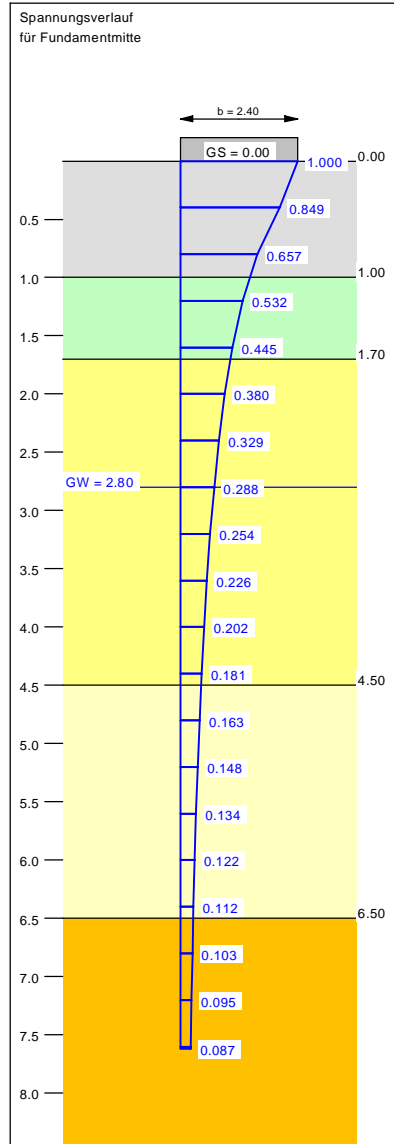
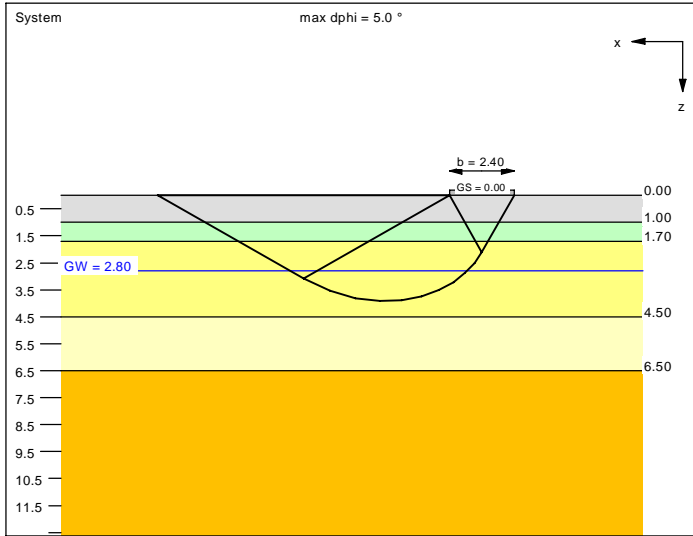
**Grundbruch:**  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.30$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 490.3 / 377.14$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 7059.99$  kN  
 $R_{n,d} = 5430.76$  kN  
 $V_d = 1.20 \cdot 2955.00 + 1.30 \cdot 749.00$  kN

$V_d = 4519.70$  kN  
 $\mu$  (parallel zu x) = 0.832  
 cal  $\varphi = 31.2^\circ$   
 $\varphi$  wegen  $5^\circ$  Bedingung abgemindert  
 cal c = 0.89 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 17.75$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_{\bar{a}} = 0.00$  kN/m<sup>2</sup>  
 UK log. Spirale = 3.96 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 16.27 m  
 Fläche log. Spirale = 33.71 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):  
 $N_{c0} = 33.13$ ;  $N_{d0} = 21.04$ ;  $N_{b0} = 12.13$   
 Formbeiwerte (x):  
 $v_c = 1.217$ ;  $v_d = 1.207$ ;  $v_b = 0.880$   
 $\mu$  [V(st), M und H(gesamt)] = 0.653

Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 7.63$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.29 cm  
 Setzungen der KPs:  
 links oben = 1.29 cm  
 rechts oben = 1.29 cm  
 links unten = 1.29 cm  
 rechts unten = 1.29 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 0.0  
 Verdrehung(y) (KP) = 0.0



Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\kappa$ [-]	Bezeichnung
	19.0	11.0	32.5	0.0	50.0	1.000	Bodenaustausch
	19.5	10.5	27.5	3.5	10.0	0.660	Verwitterungslehm
	19.0	11.0	31.0	1.0	30.0	1.000	Festgestein, stark verwittert
	20.0	12.0	35.0	0.0	80.0	1.000	Festgestein, verwittert
	22.0	14.0	37.5	0.0	100.0	1.000	Sandstein, massiv



**Ergebnisse Einzelfundament:**

Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 2955.00 / 749.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Länge  $a = 6.000$  m  
 Breite  $b = 2.400$  m

Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern  
 Länge  $a' = 6.000$  m  
 Breite  $b' = 2.400$  m

Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern  
 Länge  $a' = 6.000$  m  
 Breite  $b' = 2.400$  m

Grundbruch:  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.30$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 479.2 / 368.58$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 6899.80$  kN  
 $R_{n,d} = 5307.54$  kN  
 $V_d = 1.20 \cdot 2955.00 + 1.30 \cdot 749.00$  kN

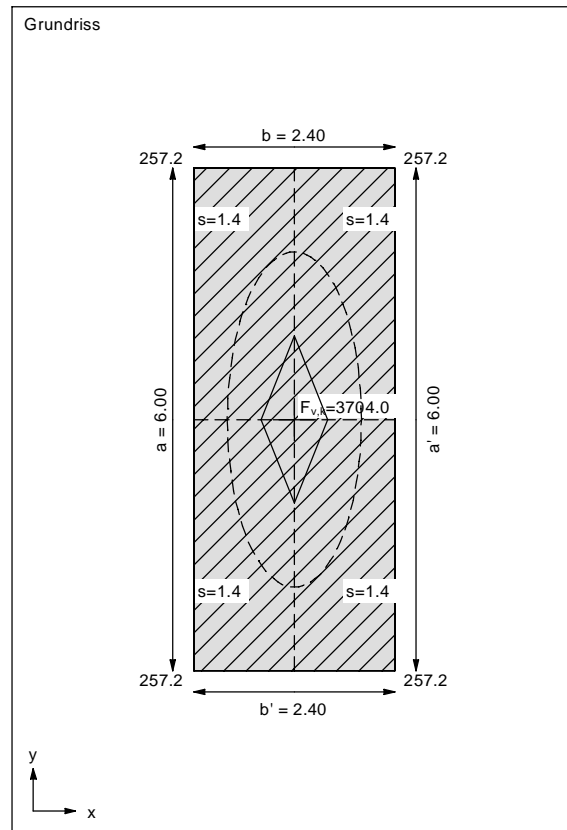
$V_d = 4519.70$  kN  
 $\mu$  (parallel zu x) = 0.852  
 cal  $\varphi = 30.8^\circ$   
 cal c = 1.15 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 17.90$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_u = 0.00$  kN/m<sup>2</sup>  
 UK log. Spirale = 3.92 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 16.04 m  
 Fläche log. Spirale = 32.82 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):  
 $N_{c0} = 32.23$ ;  $N_{d0} = 20.24$ ;  $N_{b0} = 11.48$   
 Formbeiwerte (x):  
 $v_c = 1.216$ ;  $v_d = 1.205$ ;  $v_b = 0.880$   
 $\mu$  [V(st), M und H(gesamt)] = 0.668

Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 7.62$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.45 cm  
 Setzungen der KPs:  
 links oben = 1.45 cm  
 rechts oben = 1.45 cm  
 links unten = 1.45 cm  
 rechts unten = 1.45 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 0.0  
 Verdrehung(y) (KP) = 0.0

**Berechnungsgrundlagen:**  
 20092200 - Anl. 5.6 - LG1750 - schlechter Untergrund  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Grenztiefe mit  $p = 20.0$  %  
 Datei: 20092200\_LG1750.gdg  
 --- 1. Kernweite  
 - - - - 2. Kernweite

$\gamma_{R,v} = 1.30$   
 $\gamma_G = 1.20$   
 $\gamma_Q = 1.30$   
 Grenzzustand EQU:  
 $\gamma_{G,dst} = 1.05$   
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$   
 $\gamma_{Q,dst} = 1.25$   
 Gründungssohle = 0.00 m  
 Grundwasser = 2.80 m



## **Anlage 6**

### **Berechnung der Drehfedersteifigkeit**

## Anlage 6

### Berechnung der statischen / dynamischen Drehfedersteifigkeit für die WEA

Radius	$r =$	<input type="text" value="10,20"/>	m
Steifemodul, statisch	$E_s =$	<input type="text" value="50,0"/>	MN/m <sup>2</sup>
Steifemodul, dynamisch	$E_{sd} =$	<input type="text" value="150,0"/>	MN/m <sup>2</sup>

#### Statischer Schubmodul

$$G = E_s \times (1-2\nu) / [2 \times (1-\nu)] \quad G = \text{  MN/m<sup>2</sup> }$$

#### Dynamischer Schubmodul

$$G_d = E_{sd} \times (1-2\nu) / [2 \times (1-\nu)] \quad G_d = \text{  MN/m<sup>2</sup> }$$

Querdehnzahl	$\nu =$	<input type="text" value="0,30"/>
--------------	---------	-----------------------------------

#### Statische Drehfedersteifigkeit

$$k_{\varphi, \text{stat}} = 8 \times G \times r^3 / [3 \times (1-\nu)] \quad k_{\varphi, \text{stat}} = \text{  GNm/rad }$$

#### Dynamische Drehfedersteifigkeit

$$k_{\varphi, \text{dyn}} = 8 \times G_d \times r^3 / [3 \times (1-\nu)] \quad k_{\varphi, \text{dyn}} = \text{  GNm/rad }$$