

# BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen  
Geophysik & Geotechnik



BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG · Glockenplatz 1 · 34388 Trendelburg

UKA Umweltgerechte Kraftanlagen  
GmbH & Co. KG  
Dr. - Eberle - Platz 1

01662 Meißen

**Projektnummer: 221377-1**

Ansprechpartner: Johannes Sucke

Datum: 09.03.2023

Telefon: 0 56 71 – 77 97 0

Fax: 0 56 71 – 77 97 10

eMail: info@bbu-schubert.de

[www.bbu-schubert.de](http://www.bbu-schubert.de)

## INGENIEURGEOLOGISCHES GUTACHTEN

### Hövelhof - Windpark Hövelhof - Errichtung von 3 Windenergieanlagen

Hier: Orientierende geologische Voruntersuchung nach DIN 4020 mit ingenieurgeologischer Baugrundbeurteilung sowie gründungs- und erdbautechnischen Empfehlungen

**Bauvorhaben:** Errichtung von 3 Windenergieanlage (WEA 01 bis 03)  
SIEMENS Gamesa SG 6.6-170 mit 165 m Nabenhöhe  
Windpark Hövelhof  
33161 Hövelhof

**Bauherr:** UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG  
Dr. - Eberle - Platz 1  
01662 Meißen

**Auftraggeber:** wie vor

**Projektplanung:** wie vor

**Anlagenhersteller:** Siemens Gamesa Renewable Energy Deutschland GmbH  
Am Lunedeich  
27572 Bremerhaven

Nachfolgend wird das Ingenieurgeologische Gutachten mit den Seiten 2 bis 60 und den Anlagen 1.1 bis 6 vorgelegt.



## Inhaltsverzeichnis:

---

<b>1</b>	<b>Bauvorhaben</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Auftrag</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Grundlagen; Bearbeitungsunterlagen</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Lage, örtliche Situation und geologischer</b> .....	<b>6</b>
	<b>Untergrund</b> .....	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Baugrunderkundung</b> .....	<b>8</b>
5.1	Erkundungsprogramm .....	8
5.2	Erkundeter Bodenaufbau "Standorte" .....	10
5.3	Bodenwasserverhältnisse .....	13
5.4	Labortechnische Untersuchungen .....	14
5.5	Elektrische Drucksondierungen "Standorte" .....	15
5.6	Geophysikalische Messungen .....	20
5.7	Charakteristische Bodenkennwerte .....	21
5.8	Bautechnische Einteilung.....	21
5.9	Durchlässigkeit und Versickerungsfähigkeit.....	22
5.10	Erdbebensicherheit .....	23
5.11	Bauchemische Bodenanalyse.....	23
5.12	Orientierende Umweltuntersuchung.....	25
5.13	Messung des spezifischen Erdwiderstandes .....	25
<b>6</b>	<b>Ingenieurgeologische Beratung</b> .....	<b>26</b>
6.1	Planungsvorgaben .....	26
6.2	Geotechnische Rahmenbedingungen (Zusammenfassung) .....	29
6.3	Gründung der Anlagen.....	34
6.4	Auftriebssicherheit .....	38
6.5	Geotechnische Nachweise .....	39
6.6	Erdarbeiten .....	40
6.7	Wasserhaltung .....	41
6.8	Trag- und Lastverteilungsschicht .....	43
6.9	Arbeitsraumverfüllung .....	44
6.10	Erdüberschüttung.....	44
<b>7</b>	<b>Zuwegungen</b> .....	<b>45</b>
<b>8</b>	<b>Kranstell- und Montageflächen</b> .....	<b>52</b>
<b>9</b>	<b>Schlussbemerkungen</b> .....	<b>60</b>

## 1 Bauvorhaben

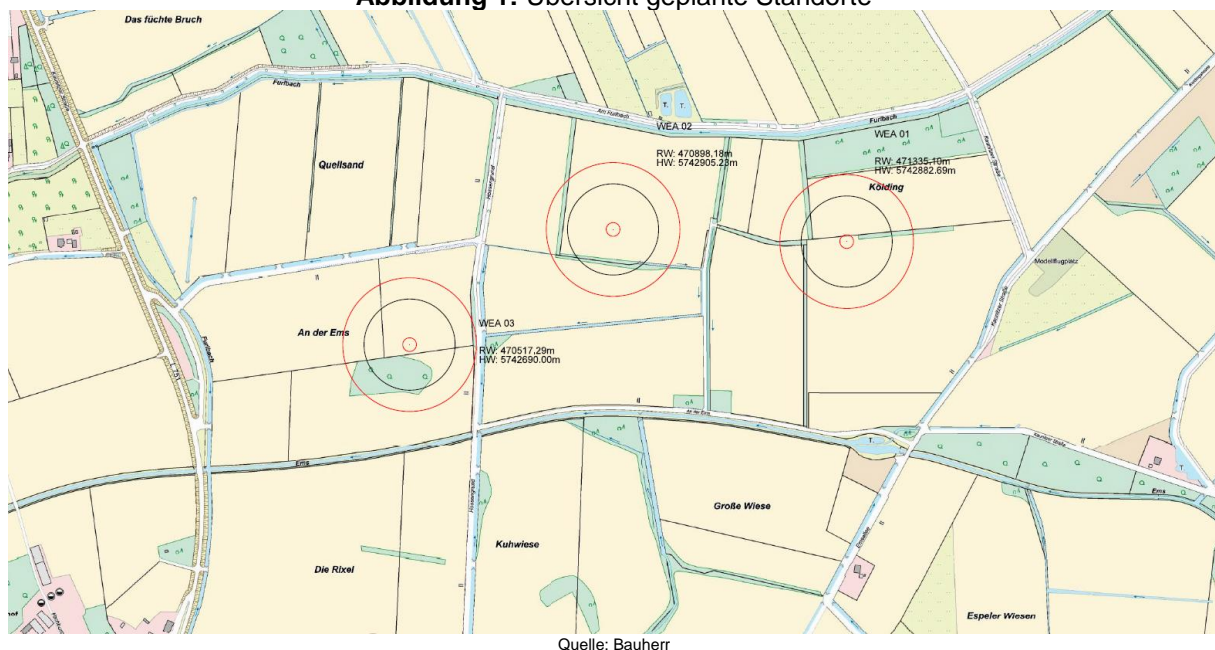
Die **UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG, Meißen**, beabsichtigt die Errichtung und den Betrieb von 3 Windenergieanlagen am Standort des Windparks Hövelhof (Kreis Paderborn - Nordrhein - Westfalen). Zur Aufstellung vorgesehen ist das Anlagensystem:

- **SIEMENS Gamesa SG 6.6-170 mit 165 m Nabenhöhe**

Die Anlagen tragen die Bezeichnung **WEA 01** bis **WEA 03**.

Nachstehende Abbildung zeigt in einer Übersicht die Verortung der geplanten Anlagenstandorte.

Abbildung 1: Übersicht geplante Standorte



## 2 Auftrag

Zur Prüfung der geotechnischen Rahmenbedingungen und für die Beurteilung einer technisch einwandfreien und sicheren Gründungsausführung wird die Erkundung der anstehenden Boden- und Bodenwasserverhältnisse erforderlich.

In diesem Zusammenhang hat der **Bauherr** die **BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG** beauftragt, die im Gründungseinwirkungsbereich der geplanten Standorte vorhandenen Untergrundverhältnisse festzustellen, auf deren Grundlage eine Empfehlung für die Gründung, einschließlich erdbau- und gründungstechnischer



Ausführungsvorschläge zu bearbeiten sowie die Zulässigkeitskriterien entsprechend den anlagenherstellerseitigen Vorgaben zu bestätigen.

Gemäß der vorstehenden Zielsetzung wird das Ergebnis der **orientierenden ingenieurgeologischen Voruntersuchung** mit nachfolgendem **Gutachten** dargestellt, ausgewertet und bekannt gegeben.

Das vorliegende Gutachten beschreibt die Baugrunderkundung, -untersuchung und -bewertung der geologischen Voruntersuchung nach DIN 4020 und entbehrt zur Realisierung von erd- und grundbautechnischen Arbeiten nicht die geologische Hauptuntersuchung nach DIN 4020.

Die schriftliche Ausarbeitung gilt nur nach Verifizierung und vorbehaltlich einer ausreichenden Fachbauleitung bzw. geotechnischen Baustellenbegleitung durch das Unterzeichnerbüro.

**Anmerkung:** Der örtlich begrenzte Untersuchungsumfang kann Änderungen der außerhalb des Untersuchungsbereiches anstehenden Baugrundverhältnisse, die Einfluss auf die geotechnischen Rahmenbedingungen sowie die erdbau- und gründungstechnischen Arbeiten haben können, naturgemäß nicht ausschließen.

## 3 Grundlagen; Bearbeitungsunterlagen

Als Grundlage zur Bearbeitung wurden die einschlägigen Normen, Regelwerke und sonstigen Bauvorschriften sowie das zugehörige Fachschrifttum herangezogen, unter anderem:

- **DIN 4020**  
*"Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke"*
- **DIN EN ISO 22 475**  
*"Geotechnische Erkundung und Untersuchung (ersetzt DIN 4021)"*
- **DIN EN ISO 14 688-1, 2**  
*"Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Böden (ersetzt DIN 4 022 und DIN 4 023)"*
- **DIN EN ISO 22 476-2**  
*"Geotechnische Erkundung und Untersuchung, Teil 1: Drucksondierungen (ersetzt DIN 4 094)"*
- **DIN 1997 - 1 (Eurocode EC - 7)**  
*"Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln"* und nationales Anwendungsdokument (NAD)
- **DIN 1997 - 2 (Eurocode EC - 7)**  
*"Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes"* und nationales Anwendungsdokument (NAD)
- **DIN 1054**

# **BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG**

Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen  
Geophysik & Geotechnik



*"Baugrund, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau"*

- **DIN 18299**  
*"VOB - Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art"*
- **DIN 18300**  
*"VOB - Verdingungsordnung für Bauleistungen: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen; Erdarbeiten"*
- **DIN 4124**  
*"Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau"*
- **DIN 4026**  
*"Rammpfähle; Herstellung und Bemessung"*
- **DIN EN 12699**  
*"Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Verdrängungspfähle"*
- **EA - Pfähle**  
*"Empfehlung des Arbeitskreises Pfähle"*
- **DIBt - Richtlinie für Windenergieanlagen**  
*"Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung"*
- **Grundbau - Taschenbuch (GBT)**  
*"fünfte Auflage, Teil 1, Ernst & Sohn"*
- **RStO**  
*"Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen"*
- **ZTV E - StB**  
*"Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau"*
- **Floss, Rudolf**  
*"ZTVE Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Kommentar mit Kompendium Erd- und Felsbau - 3. Auflage, Bonn, 2006"*
- **ZTV V - SoB - StB**  
*"Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau"*
- **TL SoB - StB**  
*"Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau"*

Zum Zeitpunkt der Berichtsverfassung stand dem Unterzeichnerbüro folgende projektspezifische Unterlagen für die Bearbeitung zur Verfügung:

- **Ü-Plan\_Hövelhof vereinfacht - Übersichtsplan und Details, WEA Planung - Siemens SG170 / 6.6 MW / NH 165 m - mit Zuwegung**, Maßstab 1 : 5000, vom 24.11.2022, UKA Meißen Projektentwicklung GmbH & Co KG (jetzt: UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG)



- **WP\_Hövelhof\_Layoutplanung - Übersichtsplan und Details, WEA Planung - Siemens SG170 / 6.6 MW / NH 165 m - mit Zuwegung**, Maßstab 1 : 5000, vom 25.11.2022, UKA Meißen Projektentwicklung GmbH & Co KG (jetzt: UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG)
- **Fundamentdatenblatt SGRE DE 6.6MW SG170 165m RT2.0**, vom 21.10.2021, Max Bögl Wind AG
- **SGRE ON Mindestanforderungen an Baugrundgutachten für WEA-Fundamente**, vom 02.12.2020, Siemens Gamesa Onshore

Im Rahmen der vorlaufenden geophysikalischen Bearbeitung wurde durch das Unterzeichnerbüro bearbeitet und bereits vorgelegt:

- **Geophysikalische Stellungnahme zur Standortuntersuchung und Feststellung möglicher Erdfälle und Hohlräume -st221377-1-** vom 24.01.2023

## 4 Lage, örtliche Situation und geologischer Untergrund

Der geplante Windpark befindet sich in der Gemeinde Hövelhof (Kreis Paderborn - Nordrhein-Westfalen) und ca. 5 km westnordwestlich der Kernstadt. Erreicht wird das Projektgebiet von Westen kommend über die "Kaunitzer Straße" sowie die befestigten Wirtschaftswege "Hossengrund" und "An der Ems".

Die Anlagenmittelpunkte werden mit folgenden Koordinaten ausgewiesen (UTM 32N):

Anlage	X-Koordinate	Y-Koordinate
WEA 01	471335.10	5742882.69
WEA 02	470898.18	5742905.23
WEA 03	470517.29	5742690.00

**Tabelle 1:** Standortkoordinaten

Die geplanten Anlagen kommen allesamt auf landwirtschaftlich genutzten Flächen zu liegen. Die Umgebung des Projektgebietes ist durch eine flache Topografie, vereinzelte Baumgruppen und kleinere Wälder sowie Entwässerungsgräben und Bäche geprägt (typische "Sennelandschaft"). Von ehemaligen Bebauungen wird im Untersuchungsgebiet nicht ausgegangen.

Nachfolgende Fotoaufnahme zeigt die Umgebungsverhältnisse im Nahbereich der Aufstellungsorte zum Zeitpunkt der Erkundungsdurchführung.

# BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen  
Geophysik & Geotechnik



## **Fotobeschreibung:**

**Foto 1:** Blick über Mittelpunkt und Untersuchungsansatzstellen an WEA 01 in nördliche Richtung

**Foto 2:** Blick über Mittelpunkt und Untersuchungsansatzstellen an WEA 01 in östliche Richtung

**Foto 3:** Blick über Mittelpunkt und Untersuchungsansatzstellen an WEA 02 in nördliche Richtung

**Foto 4:** Blick über Mittelpunkt und Untersuchungsansatzstellen an WEA 02 in südöstliche Richtung

**Foto 5:** Blick über Mittelpunkt und Untersuchungsansatzstellen an WEA 03 in östliche Richtung

**Foto 6:** Blick über Mittelpunkt und Untersuchungsansatzstellen an WEA 03 in nordwestliche Richtung

**Foto 1**



**Foto 2**



**Foto 3**



**Foto 4**



**Foto 5**



**Foto 6**





Die generellen geologischen Verhältnisse werden auf der Grundlage der vorliegenden geologischen Karte (GK25 - Blatt 4117 "Verl") im oberflächennahen Untergrund überwiegend von **pleistozänen Lockersedimenten** bestimmt. Dabei handelt es sich lithologisch um Fein- bis Mittelsande, die auch teilweise humos beeinflusst sein können. Moorbildungen sind ebenfalls verzeichnet.

Im Liegenden folgen **Fein- bis Mittelsande der Weichselkaltzeit**, die äolisch transportiert wurden und vereinzelt Toneinschaltungen enthalten können. Unterlagert werden die Böden von **Festgesteinen der Oberkreide**. Überwiegend treten Tonmergel- bis Mergeltonsteine auf. Nach Auswertung archivierter Tiefenbohrungen ist mit dem Festgestein ab einer Tiefe von ca. 20 m u. GOK zu rechnen.

Das Projektgebiet ist großflächig von Bächen und Entwässerungsgräben geprägt. Die nächstgelegenen Vorfluter sind der *Furlbach* im Norden sowie die *Ems* im Süden, die das Projektgebiet in westliche Richtung entwässern. Der Bodenaufbau ist **grundwasserführend** und stellt sich in Abhängigkeit des jahreszeitigen Klimaverlaufs ein.

## 5 Baugrunderkundung

### 5.1 Erkundungsprogramm

Zur Erzielung eines **orientierenden** Überblickes über die tatsächlichen Boden- und Bodenwasserverhältnisse im Lasteinwirkungsbereich der Standorte, der Kranstellflächen und der Zuwegungen als Grundlage für die **Vorbeurteilung** der Gründung wurde auftragsgemäß folgendes Erkundungsprogramm ausgeführt:

am 04. und 05.01.2023

#### **Geophysikalische Messungen**

(mit Kreuzprofil → je Standort)

nach WENNER,

#### **Messung spezifischer Erdwiderstand**

nach VDE 0185-305 und DIN VDE 0413,

am 31.01. und 01.02.2023

#### **13 Rammkernsondierungen Ø 36 - 50 mm**

(Kurzbezeichnung: **RKS 1** und **RKS 2** → je Standort

**RKS KSF** → je Standort

**RKS Z1** bis **RKS Z4** → Zuwegungen)



## **BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG**

Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen  
Geophysik & Geotechnik



nach DIN 4020, DIN EN ISO 22475 und DIN EN ISO 14688 sowie  
**6 elektrische Drucksondierungen (CPT)**  
(Kurzbezeichnung: **CPT 1** und **CPT 2** → je Standort)

nach DIN EN ISO 22476-T.1.

Die Lagepläne in den **Anlagen 1.1 bis 1.3** zeigen die Anordnung der Erkundungs- und Prüfstellen sowie die geophysikalischen Messrichtungen.

**Höheneinmessung:** Die höhenmäßige Einmessung der Erkundungs- / Prüfstellen ist auf *m ü. NHN* erfolgt.

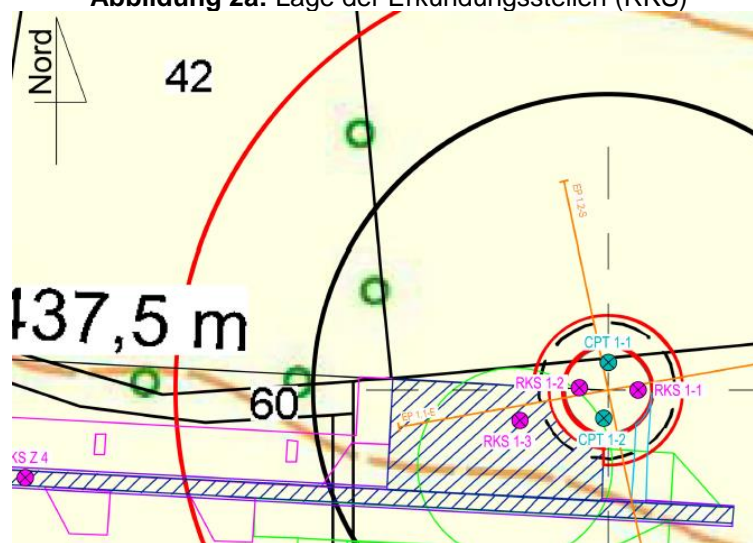
**Kampfmittelfreiheit:** Zum Schutz wurden die Flächen in Eigenleistung freigemessen.

## 5.2 Erkundeter Bodenaufbau "Standorte"

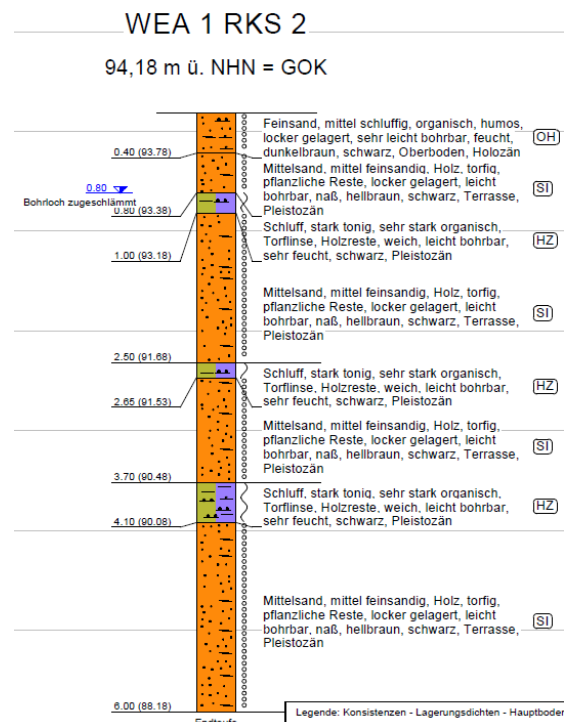
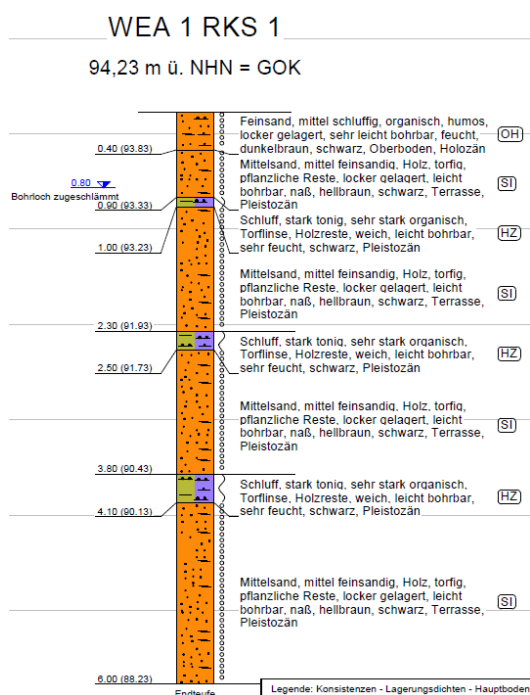
Das im Verlauf der Erkundungsarbeiten angetroffene Bodenprofil wurde ingenieurgeologisch detailliert aufgenommen. Nachfolgend werden die Profilaufnahmen wiedergegeben.

### Standort WEA 01

Abbildung 2a: Lage der Erkundungsstellen (RKS)

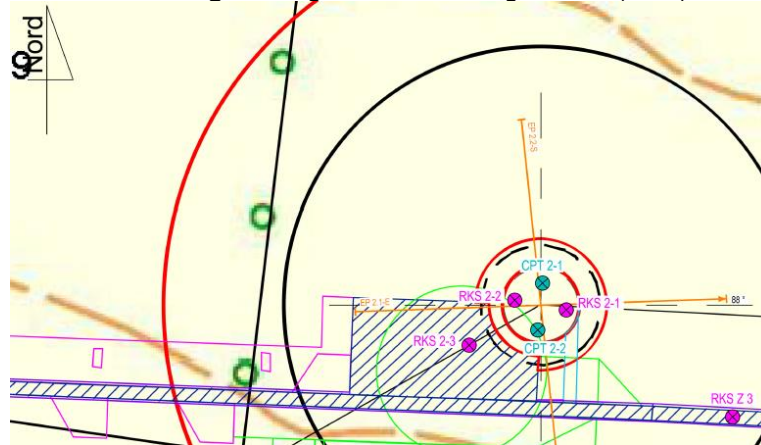


Abbildungen 2b und 2c: Profilbalkendarstellung der Erkundungsstellen



## Standort WEA 02

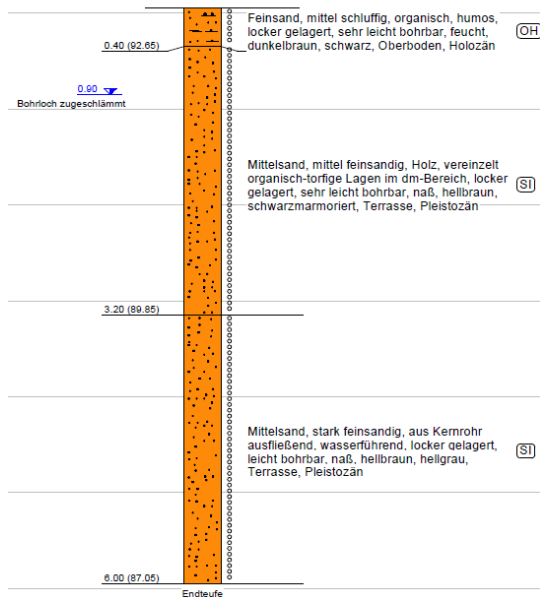
Abbildung 3a: Lage der Erkundungsstellen (RKS)



Abbildungen 3b und 3c: Profilbalkendarstellung der Erkundungsstellen

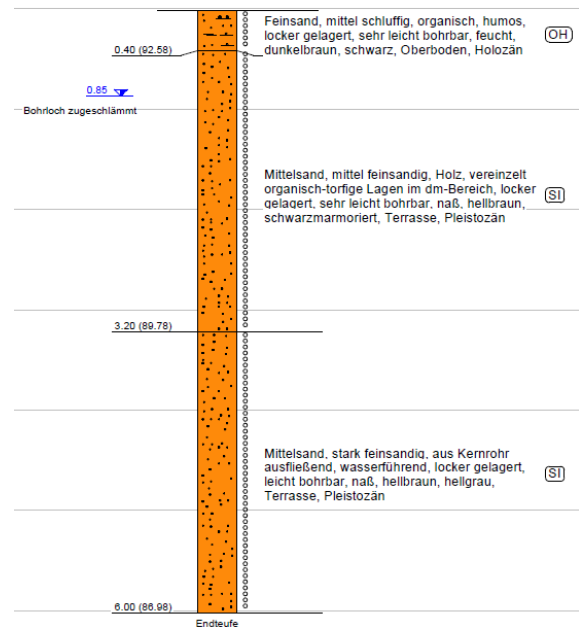
### WEA 2 RKS 1

93,05 m ü. NHN = GOK



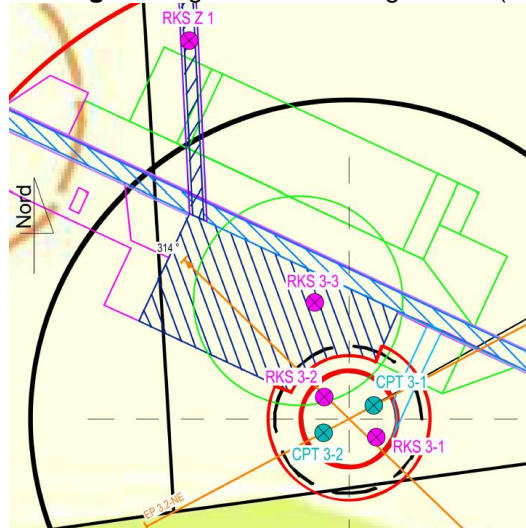
### WEA 2 RKS 2

92,98 m ü. NHN = GOK

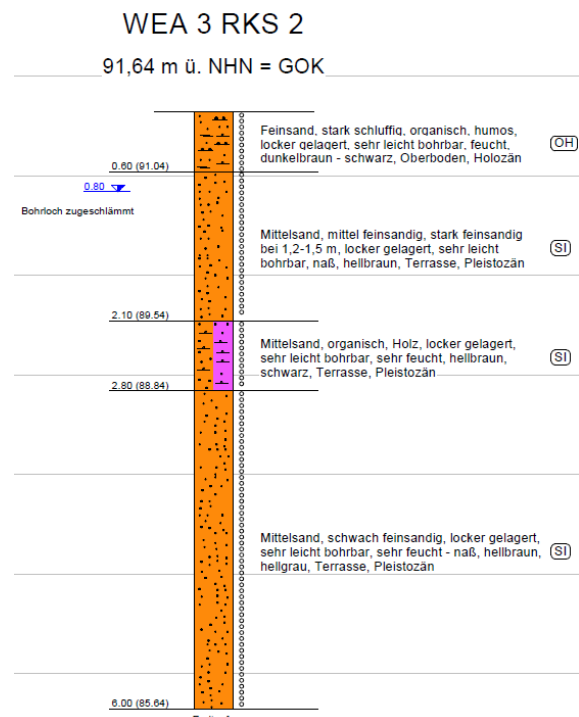
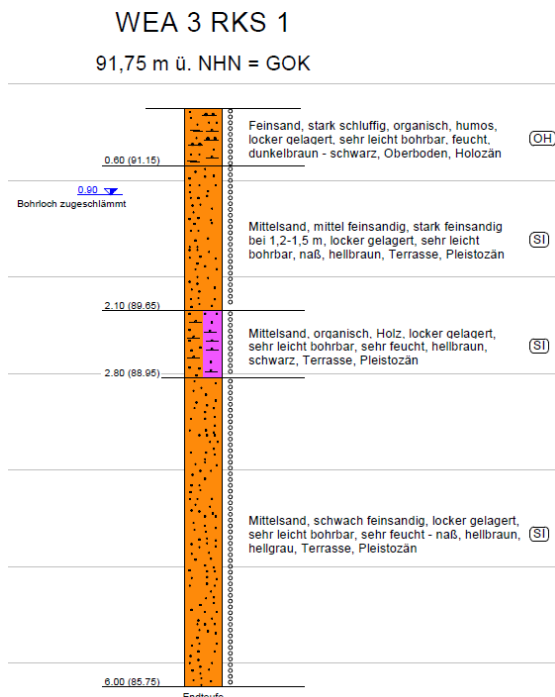


## Standort WEA 03

Abbildung 4a: Lage der Erkundungsstellen (RKS)



Abbildungen 4b und 4c: Profilbalkendarstellung der Erkundungsstellen





Die Befunde der örtlichen Untersuchungen entsprechen den Erwartungen, basierend auf dem vorliegenden geologischen Archivmaterial. Danach zeigten die direkten Baugrundaufschlüsse bis zur maximalen Erkundungstiefe von 6 m unter Geländeoberkante (GOK) Grobsedimente aus mittelkörnigen bis feinkörnigen Sanden. Am Standort WEA 01 sind zudem mehrere Zwischenzonen mit stark tonigen Schluffen angetroffen worden. Diese fehlen an den Standorten WEA 02 und 03. Auffällig dokumentieren sich die Schichtfolgen mit torfigen und pflanzlichen Bestandteilen sowie Holz.

Die **Anlagen 2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 2.7 und 2.8** zeigen nochmal in separaten Darstellungen die aufgenommenen Bodenprofile.

Die Prüfung der erkundeten Bodenschichten hinsichtlich Organoleptik ergab kein Verdachtsmoment.

**Hinweis:** Auf den Kranstellflächen wurden gesonderte Erkundungen durchgeführt. Deren Befunde werden im betreffenden Kapitel beschrieben.

## 5.3 Bodenwasserverhältnisse

Während der Erkundungsarbeiten wurde festgestellt:

- der Bodenaufbau ist erwartungsgemäß grundwasserführend

Im Einzelnen wurden folgende Pegel mittels Lichtlot eingemessen:

Standort	Bohrung	Wasserstand gemessen m u. GOK	Bohrloch zugeschlämmt m u. GOK	Messdatum
WEA 01	RKS 1	0,80	0,80	01.02.2023
	RKS 2	0,80	0,80	01.02.2023
WEA 02	RKS 1	0,90	0,90	01.02.2023
	RKS 2	0,85	0,85	01.02.2023
WEA 03	RKS 1	0,90	0,80	31.01.2023
	RKS 2	0,90	0,90	31.01.2023

**Tabelle 2:** Während der Erkundungsarbeiten getroffene Feststellungen

Die Bohrlöcher schlämmen infolge des Grundwassereinflusses und der stark fließempfindlichen Eigenschaften der Sande rasch zu. Vermutlich entspricht die Tiefe des Zuschlammens dem aktuellen Grundwasserspiegel.

Generell gilt es zu beachten, dass es sich um eine aktuelle Feststellung zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten handelt. Langzeitmessungen liegen für die einzelnen Standorte nicht vor.



Der Bodenwasserhaushalt ist niederschlagsabhängig und jahreszeitlich bedingten Veränderungen unterworfen. Im Verlauf niederschlagsreicher Jahreszeiten können geringere Flurabstände zum Gelände auftreten. Langfristige Aussagen zu den bodenhydrologischen Verhältnissen können nur nach Herstellung von verrohrten Messpegeln bzw. -brunnen erfolgen.

## 5.4 Labortechnische Untersuchungen

Neben den feldgeologischen Arbeiten sind im Labor an ausgewählten Bodenproben Siebanalysen nach DIN 18123 / DIN EN ISO 17982-4 durchgeführt und natürliche Wassergehalte nach DIN 18121 bestimmt worden. Die Ergebnisse werden wie folgt zusammengestellt:

### Siebanalysen

Nach Trennung der Siebanteile durch Trockensiebung wurden für die untersuchten Proben folgende Gehalte in M.-% ermittelt:

Standort	Entnahme aus Bohrung	Entnahme tiefe	Ton	Schluff	Sand	Kies / Steine	U / Cc
		m u. GOK	M.-%	M.-%	M.-%	M.-%	
WEA 01	RKS 1	2,5 - 3,0	--	--	98,2	1,8	2,2 / 0,9
WEA 02	RKS 2	2,0 - 2,5	--	--	99,1	0,9	2,3 / 1,0
WEA 03	RKS 2	0,5 - 1,5	--	--	99,9	0,1	2,3 / 1,0

Tabelle 3: Ergebnis Siebanalyse

Das Ergebnis wird als Summenkurve in den **Anlagen 3.1 bis 3.3** dargestellt.

Entsprechend den Massenkornanteilen werden die Laborproben nach bodenmechanischer Definition beschrieben:

- Zeile 1 → **Feinsand, Mittelsand** (Kornverteilung: gleichförmig - Kornstruktur: intermittierend)
- Zeile 2 → **Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig** (Kornverteilung: gleichförmig - Kornstruktur: intermittierend)
- Zeile 3 → **Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig** (Kornverteilung: gleichförmig - Kornstruktur: intermittierend)

## Natürliche Wassergehalte

Der natürliche Wassergehalt  $w$  für die untersuchten Proben beträgt:

Standort	Entnahme aus Bohrung	Tiefe	Bodengruppe nach DIN 18196	sensorische Einstufung der Konsistenz / Lagerung *	Wassergehalt $w_n$ %
		m u. GOK			
WEA 1	RKS KSF	1,0 - 1,5	SI	locker	34,10
WEA 2	RKS 1	1,5 - 2,0	SI	locker	56,52
WEA 2	RKS 2	0,5 - 1,0	SI	locker	29,57
WEA 3	RKS 1	1,5 - 2,0	SI	locker	23,75
WEA 3	RKS 1	4,0 - 4,5	SI	locker	21,05
WEA 3	RKS KSF	0,5 - 1,0	SI	locker	16,80

Tabelle 4: Ergebnis natürliche Wassergehaltsbestimmung

\* = während der Erkundungsarbeiten

Nach dem Befund der Wassergehaltsbestimmung beschreiben die untersuchten Proben in Abhängigkeit ihres bodenarttypischen Wasserbindevermögens eine normale (erdfeuchte) bis stark überhöhte Feuchtebeanspruchung. Bodenproben mit stark überhöhten Wassergehalten sind auf das Wasserbindevermögen der humos - organischen Bestandteile zurückzuführen.

## 5.5 Elektrische Drucksondierungen "Standorte"

Zur Findung eines geeignet tragfähigen Baugrundes und zur direkten Ermittlung der Untergrundeigenschaften wurden ergänzend elektrische Drucksondierungen (CPT) nach DIN EN ISO 22476.T.1 ausgeführt. Bei diesem Verfahren wird eine Sonde in den Untergrund mit gleichbleibender Geschwindigkeit eingedrückt, wobei Spitzenwiderstand, lokale Mantelreibung und gegebenenfalls Gesamtwiderstandskraft in Abhängigkeit von der Sondiertiefe gemessen werden können.

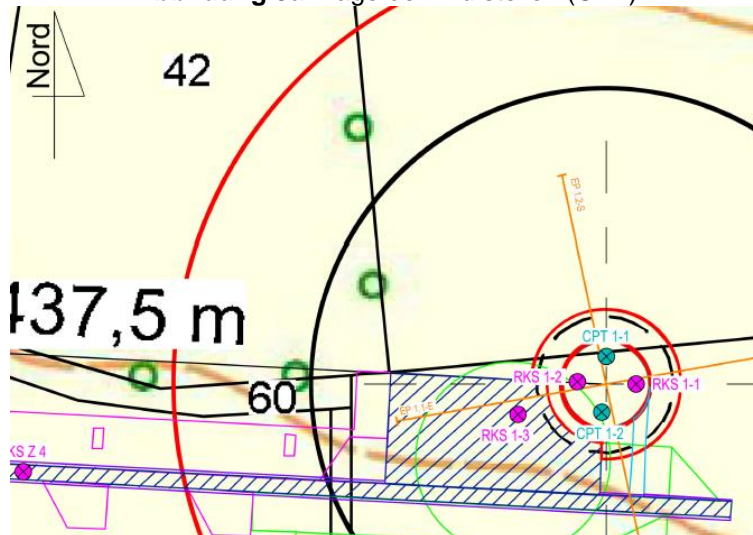
Der Spitzenwiderstand ist definiert durch die in der Sondenspitze übertragene Kraft, geteilt durch den Spitzenquerschnitt. Bei der lokalen Mantelreibung liegt die Beziehung der in der Reibungshülse übertragenen Kraft, geteilt durch die Mantelfläche der Reibungshülse zugrunde. Aus dem Reibungsverhältnis kann näherungsweise auf die Bodenart in der jeweiligen Tiefe geschlossen werden (DIN EN ISO 22476-T.1).

Im Rahmen einer Fremdleistung erfolgten die Sondierungen durch die Firma Geotechnik Heiligenstadt GmbH, Heilbad Heiligenstadt.

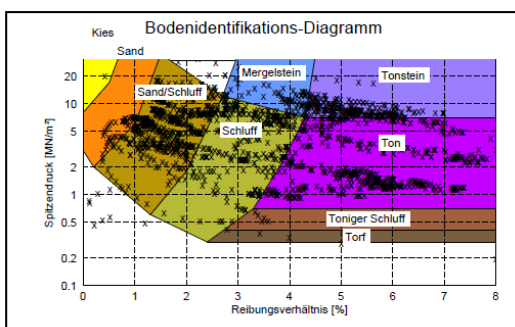
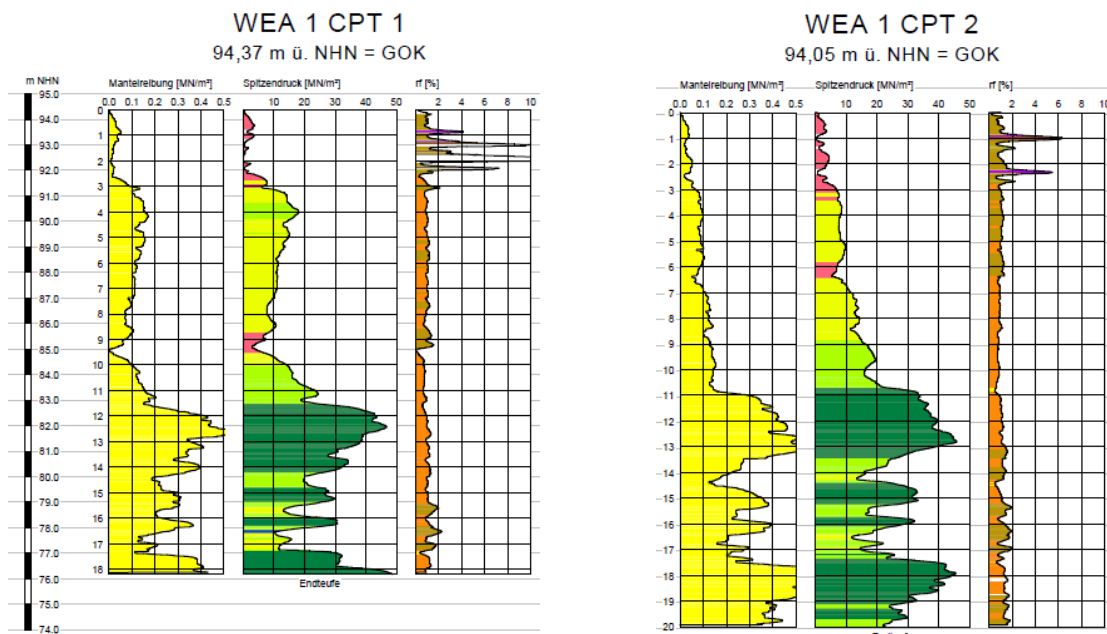
In den **Anlagen 4.1 bis 4.6** sind der Spitzenwiderstand, die lokale Mantelreibung und der Reibungsindex grafisch aufgetragen. Das Ergebnis wird in den nachstehend abgebildeten grafischen Widerstandslinien dargestellt.

## Standort WEA 01

Abbildung 5a: Lage der Prüfstellen (CPT)



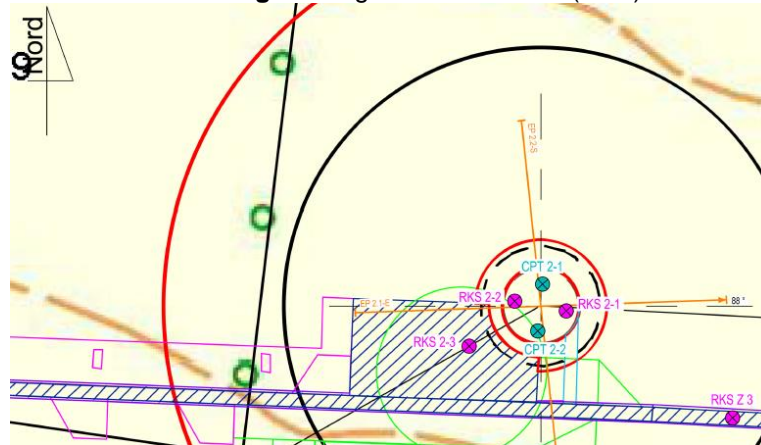
Abbildungen 5b und 5c: Widerstandslinien der elektrischen Drucksondierungen



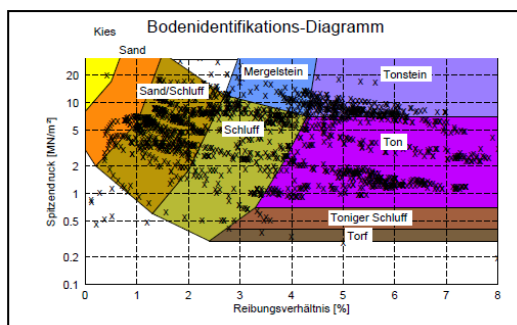
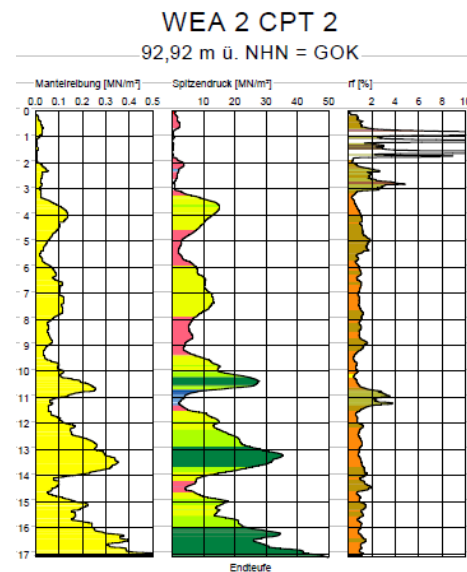
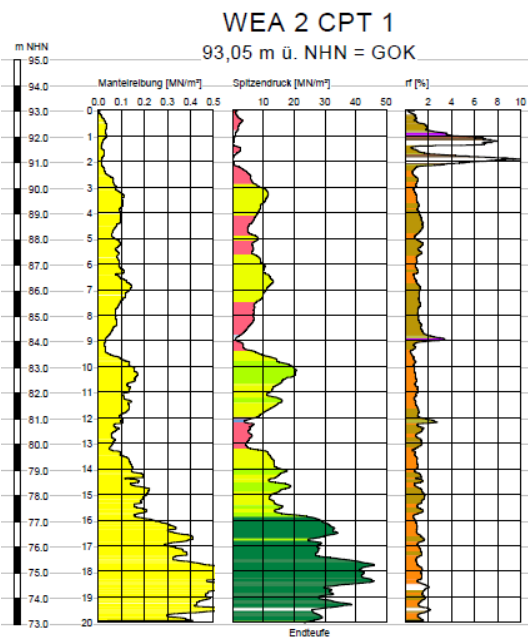


## Standort WEA 02

Abbildung 6a: Lage der Prüfstellen (CPT)

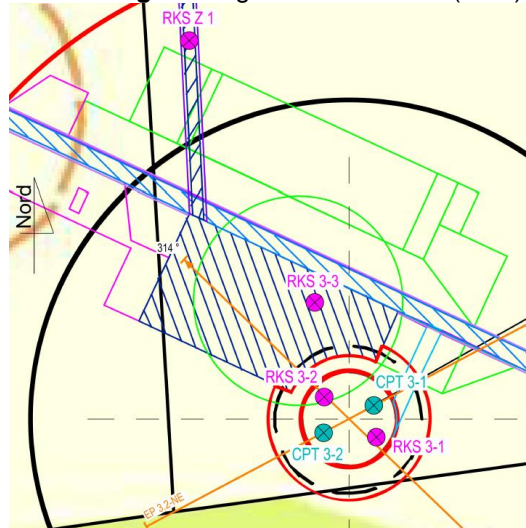


Abbildungen 6b und 6c: Widerstandslinien der elektrischen Drucksondierungen



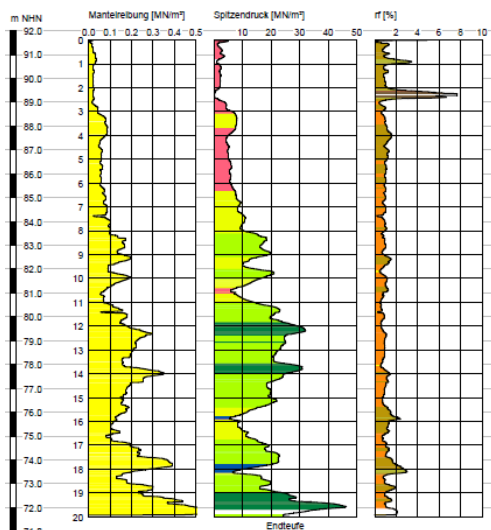
## Standort WEA 03

Abbildung 7a: Lage der Prüfstellen (CPT)

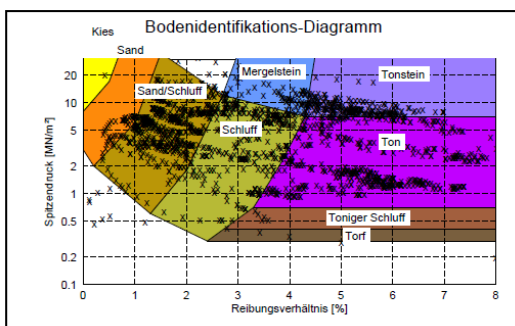
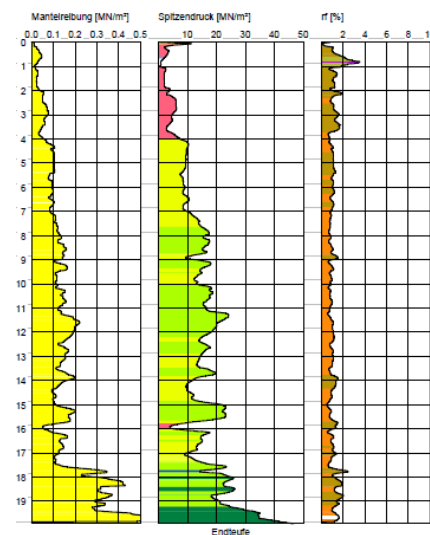


Abbildungen 7b und 7c: Widerstandslinien der elektrischen Drucksondierungen

WEA 3 CPT 1  
91,61 m ü. NHN = GOK



WEA 3 CPT 2  
91,85 m ü. NHN = GOK



## Interpretation des Prüfbefundes

Die Einteilung des Spitzendrucks erfolgt gemäß nachstehender Legende:

**Abbildung 8:** Legende Spitzendruck

Legende Spitzendruck	
	sehr locker
	locker
	mitteldicht
	dicht
	sehr dicht
	weich
	steif
	halbfest
	fest

### **Standort WEA 01**

Der Tiefenbereich bis etwa 3 m unter GOK ist in der Gesamtbetrachtung anhand der gemessenen Spitzenwiderstände als "sehr locker bis locker gelagert" zu beschreiben. Im Anschluss folgen bis zur Tiefe von etwa 9 bis 10 m Schichtzonen mit "mitteldichter" und lokal in "lockerer" Lagerung. Eine deutliche Zunahme mit "dichter" Lagerung wird nachfolgend bis zur Tiefe von 11 bis 11,5 m verzeichnet. Daran anschließend kann bis zur maximalen Prüftiefe von ca. 18 bzw. 20 m eine "dichte bis sehr dichte" Lagerung abgeleitet werden. Der Bodenidentifikationsindex belegt für die gesamte Prüfstrecke eine Sandschichtung, welche in dünnen Schichtabschnitten von Schluffen unterbrochen werden. Bis zur Tiefe von etwa 3 m unter GOK kennzeichnen Sande, Schluffe, Tone und Torfe den anstehenden Untergrund.

### **Standort WEA 02**

Der Tiefenbereich bis etwa 3 m unter GOK ist in der Gesamtbetrachtung anhand der gemessenen Spitzenwiderstände als "sehr locker bis locker gelagert" zu beschreiben. Im Anschluss folgen bis zur Tiefe von etwa 16 m Schichtzonen mit "mitteldichter" und in teils stärker mächtigen zwischenlagernden Abschnitten Böden in "lockerer" Lagerung. Ab etwa 9,5 m zeigte sich tendenziell eine Zunahme der Spitzenwiderstände und das Vorkommen "mitteldichter", "dichter" und "sehr dichter" Bereiche. Mit dem Erreichen der Tiefe von etwa 16 m schließt sich "sehr dichte" Lagerung an. Der Bodenidentifikationsindex belegt für die gesamte Prüfstrecke eine Sandschichtung, welche in dünnen bis stärker mächtigen Schichtabschnitten von Schluffen unterbrochen werden. Bis zur Tiefe von etwa 3 m unter GOK kennzeichnen Sande, Schluffe und Tone den anstehenden Untergrund.



## Standort WEA 03

Das Prüfergebnis belegt bis zur Tiefe von etwa 4 bis 6,5 m unter GOK vorwiegend "locker gelagerte" Verhältnisse. Darunter bilden sich bis zur Tiefe von etwa 17 bis 17,5 m Schichtzonen mit "mitteldichter" und "dichter" Lagerung ab. Ab dieser Untergrenze folgt "dichte" und ab 19 bis 19,5 m "sehr dichte" Lagerung. Der Bodenidentifikationsindex deutet für die gesamte Prüfstrecke auf eine Sandschichtung hin, welche in dünnen bis stärker mächtigen Schichtabschnitten von Schluffen unterbrochen werden. Bis zur Tiefe von etwa 4 bis 6,5 m unter GOK kennzeichnen vorwiegend Schluffe und Sande anstehenden Untergrund.

## 5.6 Geophysikalische Messungen

Zur Untersuchung möglicher Beeinträchtigungen des Baugrundes durch Erdfälle und Hohlräumbildungen wurden an den Standorten geophysikalische Widerstandssondierungen durchgeführt. Das Ergebnis liegt bereits mit der Geophysikalischen Stellungnahme -st221377-1- vom 24.01.2023 vor.

Zusammenfassend hatte sich gemäß dem Befund ergeben:

Durch die geoelektrischen Widerstandsmessungen konnte die geologische Situation an den Standorten weiter aufgeklärt werden. Danach ergab sich für alle drei geplanten Standorte bis zur erkundeten Tiefe ein relativ homogener und horizontal geschichteter Untergrund.

**Standort WEA 01:** Lokale Heterogenität im Tiefenbereich zwischen 6 und 10 m. Möglicherweise liegt hier eine Störung vor (siehe o.g. Stellungnahme). Ansonsten keine Auffälligkeiten.

**Standort WEA 02 und 03:** Keine Störungen / Klüfte oder weitere geologische Besonderheiten.

## 5.7 Charakteristische Bodenkennwerte

Bis zur maximalen Tiefe der Erkundungsstellen werden die angetroffenen Bodenschichten hinsichtlich ihrer wahrscheinlichen Kennwerte abgeleitet und sind **Mittelwerte**. Die Kennwerte der Tabelle gelten für den natürlichen, d.h. ungestörten Zustand.

Bodenschicht	Wichte $\gamma / \gamma'$ kN / m <sup>3</sup>	Reibungs- winkel $\phi'$ Grad	Steife- modul $E_s$ kN / m <sup>2</sup>	Kohäsion $c' / c_u$ kN / m <sup>2</sup>
Feinsand, organisch - humos (Oberboden)	15,0 / 5,0	20,0	kein Lastboden	0,0 / 5,0
Schluff, organisch (Pleistozän)	17,5 / 7,5	15,0	1.000	2,0 / 10,0
Mittelsand (Terrasse, Pleistozän)	20,0 / 10,0	32,5	30.000	0,0 / 0,0

Tabelle 5: Charakteristische Bodenkennwerte

## 5.8 Bautechnische Einteilung

Nach den örtlichen Feststellungen ist der angrenzende Untergrund bis zur maximalen Erkundungstiefe für bautechnische Zwecke wie folgt einzuordnen:

Bodenschicht	Boden- gruppe	Klassifikation	Boden- klasse	Homogen- bereich *)	Frost- empfindlichkeit
	DIN 18196	DIN 18196	DIN 18300	"Erdarbeiten"	ZTVE - StB
Feinsand, organisch - humos (Oberboden)	OH	organogene Böden	1	A	F 2
Schluff, organisch (Pleistozän)	HZ	organogene Böden	3	B	F 3
Mittelsand (Terrasse, Pleistozän)	SI	nichtbindige, grobkörnige Böden	3	C	F 1

Tabelle 6: Bautechnische Einteilung

\*) Vorschlag - ohne VOB - rechtswirksamen Charakter

### Erläuterungen zu den Einteilungen

#### ➤ Bodengruppen (DIN 18196)

- **GE:** enggestufte Kiese    **GW** weitgestufte Kies - Sand - Gemische    **GI:** intermittierend gestufte Kies - Sand - Gemische
- **SE:** enggestufte Sande    **SW** weitgestufte Sand - Kies - Gemische    **SI:** intermittierend gestufte Sand - Kies - Gemische
- **GU bzw. GU\*:** Kies - Schluff - Gemische    **GT bzw. GT\*:** Kies - Ton - Gemische
- **SU bzw. SU\*:** Sand - Schluff - Gemische    **ST bzw. ST\*:** Sand - Ton - Gemische
- **UL:** leicht plastische Schluffe    **UM:** mittelplastische Schluffe    **UA:** ausgeprägt plastische Schluffe
- **TL:** leicht plastische Tone    **TM:** mittelplastische Tone    **TA:** ausgeprägt plastische Tone
- **OU:** Schluffe mit organischen Beimengungen    **OT:** Tone mit organischen Beimengungen



- **OH:** grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art    **HN:** nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)
- **HZ:** zersetzte Torfe    **A:** Auffüllungen

➤ **Bodenklassen (DIN 18300 und VOB "Erdarbeiten"):**

- **Bodenklasse 1:** Oberboden (Mutterboden) - oberste Bodenschicht, die neben anorganischen Stoffen auch Humus und Bodenlebewesen enthält.
- **Bodenklasse 2:** Fließende Bodenarten - von flüssiger bis zähflüssiger Beschaffenheit, die das Wasser schwer abgeben.
- **Bodenklasse 3:** Leicht lösbare Bodenarten - nicht bindige bis schwach bindige Sande, Kiese, und Sand - Kies - Gemische mit bis zu 15 Gewichtsprozent Beimengungen an Schluff und Ton und mit höchstens 30 Gew.-% Steinen über 63 mm Korngröße und bis zu 0,01 m<sup>3</sup> Rauminhalt. Organische Bodenarten mit besserer als breiiger Konsistenz sowie Torfe.
- **Bodenklasse 4:** Mittelschwer lösbare Bodenarten - Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit einem Anteil von mehr als 15 Gew.-%, sowie bindige von leichter bis mittlerer Plastizität und höchstens 30 Gew.-% Steine von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m<sup>3</sup> Rauminhalt.
- **Bodenklasse 5:** Schwer lösbare Bodenarten - Bodenarten nach den Bodenklassen 3 und 4, jedoch mit mehr als 30 Gew.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m<sup>3</sup> Rauminhalt. Ebenso nicht bindige und bindige Bodenarten mit höchstens 30 Gew.-% Steinen von über 0,01 m<sup>3</sup> bis 0,1 m<sup>3</sup> Rauminhalt sowie ausgeprägt plastische Tone, die je nach Wassergehalt weich bis fest sind.
- **Bodenklasse 6:** Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig, weich oder verwittert sind, sowie vergleichbare verfestigte bindige und nicht bindige Bodenarten, wie sie z.B. durch Austrocknen, Gefrieren oder chemischen Bindungen hervorgerufen werden; nicht bindige und bindige Bodenarten mit mehr als 30 Gew.-% Steinen von über 0,01 m<sup>3</sup> bis 0,1 m<sup>3</sup> Rauminhalt.
- **Bodenklasse 7:** Schwer lösbarer Fels - Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt und hohe Gefügestärke haben und die nur wenig klüftig oder verwittert sind. Festgelagerter, unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschichten, Schlackenhalde der Hüttenwerke sowie dergleichen.

➤ **Homogenbereiche (DIN 18300 (2015) und VOB / C "Erdarbeiten"):**

- **Definition:** Gemäß ATV DIN 18304 (2012) sind Boden und Fels in Homogenbereiche (Schichteneinteilung) einzuteilen. Ein Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich aus einer oder mehreren Boden- und Felsschichten nach DIN 4020 und DIN EN 1997, T. 2, dessen bautechnische Eigenschaften eine definierte Streuung aufweisen und sich von den Eigenschaften der abgegrenzten Bereiche abheben.
- Die DIN 18300 (2012) wurde zurückgezogen - **die Einteilung in Bodenklassen (bisher 1 - 7) entfällt.**

➤ **Frostempfindlichkeit (ZTVE - StB):**

- **Frostempfindlichkeitsklasse F1:** nicht frostempfindlich
- **Frostempfindlichkeitsklasse F2:** gering bis mittel frostempfindlich
- **Frostempfindlichkeitsklasse F3:** sehr frostempfindlich

**Hinweis:** Die Abschätzung der Werte für die Homogenbereiche erfolgt auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen und der Erfahrung aus Projekten mit ähnlichen / vergleichbaren Böden sowie auf Grundlage von Literatur- und Tafelwerten. Die Angabe der nach DIN 18300 vorgesehenen Kennwerte für die Homogenbereiche ist mit entsprechender Genauigkeit und Aussagekraft nur auf der Grundlage eines entsprechenden Umfangs an Feld- und Laboruntersuchungen möglich.

## 5.9 Durchlässigkeit und Versickerungsfähigkeit

Für die Entscheidung über die Sicherheit gegen Auftrieb (Lagesicherheit gegen Aufschwimmen) ist die Beurteilung der Durchlässigkeit und Versickerungsfähigkeit des Untergrundes maßgebend.

Zur Beurteilung der hydraulischen Leitfähigkeit (= Wasserdurchlässigkeit) des Untergrundes ist es notwendig, den  $k_f$  - Wert (so genannter "Durchlässigkeitsbeiwert") zu bestimmen.

Für die Bodenschichten bis in maximale Tiefe des Erkundungsaufschlusses werden die Durchlässigkeiten nach Erfahrung wie folgt angegeben:

Bodenschicht	$k_f$ - Wert m / s	Durchlässigkeit nach DIN 18130
Feinsand, organisch - humos (Oberboden)	$10^{-4} - 10^{-5}$	stark durchlässig bis durchlässig
Schluff, organisch (Pleistozän)	unter $10^{-6}$ - unter $10^{-8}$	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig
Mittelsand (Terrasse, Pleistozän)	$10^{-3}$ - bis $10^{-4}$	stark durchlässig

**Tabelle 7:** Abschätzung Durchlässigkeit

Nach der Einteilung ist der Untergrund durch starke bis sehr schwache Durchlässigkeit gekennzeichnet. Geländenahe und zwischengeschaltete bindige und organisch - humose Trennschichten bewirken je nach vertikaler und horizontaler Ausprägung ein Rückhaltepotential gegenüber versickernden Niederschlagswässern.

## 5.10 Erdbebensicherheit

Nach DIN EN 1998-1 / NA: 2011-01 und der aktuellen zugehörigen "Karte der Erdbebenzonen in der Bundesrepublik Deutschland" gehört die Umgebung zu **keiner Erdbebenzone**.

## 5.11 Bauchemische Bodenanalyse

Während der Erkundungen konnte aufgrund der instabilen Bohrlöcher (Zuschlammern!) keine Grundwasserprobe genommen werden. Daher wurde für die Untersuchung auf betonaggressive Stoffe die Bodenaggressivität nach DIN 4030 bestimmt. Analysiert wurden drei Mischproben aus dem Kernrohrgewinn der Bohrungen.

Standort WEA 01 → Mischprobe **MP 1**

Standort WEA 02 → Mischprobe **MP 2**

Standort WEA 03 → Mischprobe **MP 3**

Die Probenentnahme und Analytik erfolgte auf der Grundlage:

- Norm Entwurf **DIN 4030-1**, Ausgabe: 2006-09  
Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase - Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte
- Norm-Entwurf **DIN 4030-2**, Ausgabe: 2006-09  
Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase  
Teil 2: Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben

Die folgende Tabelle gibt die Grenzwerte zur Einordnung des Angriffsgrads nach DIN 4030 an (Tabelle entnommen aus Baustoffchemie,.. Springer Verlag, Tab. 4.38):

**Tabelle 4.38:** Angreifende Bestandteile in Wässern zur Einordnung des chemischen Angriffs (DIN 4030 und EN 206)

Angreifende Bestandteile	Prüfverfahren	Angriffsgrad (Expositionsklasse)		
		Schwach (XA1)	Mäßig (XA2)	Stark (XA3)
<b>Grundwasser</b>				
pH-Wert	ISO 4316 DIN 4030-2	≤ 6,5 und ≥ 5,5	< 5,5 und ≥ 4,5	< 4,5 und ≥ 4,0
Kalklösendes CO <sub>2</sub> in $\frac{\text{mg}}{\text{l}}$	DIN 4030-2	≥ 15 und ≤ 40	> 40 und ≤ 100	> 100 bis Sättigung
Ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> in $\frac{\text{mg}}{\text{l}}$	ISO 7150-1 ISO 7150-2 oder DIN 4030-2	≥ 15 und ≤ 30	> 30 und ≤ 60	> 60 und ≤ 100
Magnesium Mg <sup>2+</sup> in $\frac{\text{mg}}{\text{l}}$	ISO 7980 oder DIN 4030-2	≥ 300 und ≤ 1 000	≥ 1 000 und ≤ 3 000	> 3 000 bis Sättigung
Sulfat SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> in $\frac{\text{mg}}{\text{l}}$	DIN EN-196-2 DIN 4030-2	≥ 200 und ≤ 600	> 600 und ≤ 3 000	> 3 000 und ≤ 6 000
<b>Boden</b>				
Säuregrad des Bodens in $\frac{\text{ml}}{\text{kg}}$	DIN 4030-2	> 200 Baumann-Gully	In der Praxis nicht anzutreffen	
Sulfat in $\frac{\text{mg}}{\text{kg}}$ insgesamt	DIN EN 196-2	≥ 2 000 und ≤ 3 000	> 3 000 und ≤ 12 000	> 12 000 und ≤ 24 000

**Tabelle 8a:** Grenzwerttabelle nach DIN 4030

Für die Beurteilung des Betonangriffs ist der höchste Angriffsgrad maßgebend. Liegen wenigstens zwei Werte im oberen Viertel eines Bereichs, so erhöht sich der Angriffsgrad um eine Stufe. Der komplette Analysebefund ist in **Anlage 5** angefügt.

Der Analysebefund hat folgendes Ergebnis bestimmt:

Mischprobe	SO <sub>4</sub> mg / kg	Säuregrad nach Baumann – Gully ml / kg
MP 1	<100	30
MP 2	1560	140
MP 3	<100	15

**Tabelle 8b:** Ausgewählte Vorgaben der DIN 4030 für betonangreifende Stoffe

Unter Berücksichtigung der Beurteilungskriterien der DIN 4030 werden die untersuchten Proben als "**nicht angreifend**" beurteilt. Die ermittelten Werte sind ergänzend vom Betonlieferanten hinsichtlich der erforderlichen Betonrezeptur zu beurteilen.





## 5.12 Orientierende Umweltuntersuchung

Gemäß Beauftragung sollte eine Wasserprobe orientierend untersucht werden. Aufgrund der instabilen Bohrlöcher wurde eine Probe aus einem im Umfeld der geplanten Windenergieanlagen verlaufenden Entwässerungsgraben entnommen. Die analysierten Parameter ergaben folgende Befunde.

Parameter	Ergebnisse mg / l
Leitfähigkeit bei 25 °C	314 [ $\mu$ S / cm]
pH-Wert	7,07 [ohne Einheit]
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	0,42
Chlorid (Cl)	21
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	8,1
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	25
Aluminium (Al)	<0,050
Eisen (Fe)	1,5
Eisen II	0,24
Mangan (Mn)	0,082
Sauerstoff (O <sub>2</sub> ) gel.	11,7

Tabelle 9: Analyseergebnis

Die **Anlage 6** zeigt den kompletten Analysebefund.

## 5.13 Messung des spezifischen Erdwiderstandes

Die Messergebnisse sind in der Stellungnahme -st221377-1- vom 24.01.2023 enthalten.

## 6 Ingenieurgeologische Beratung

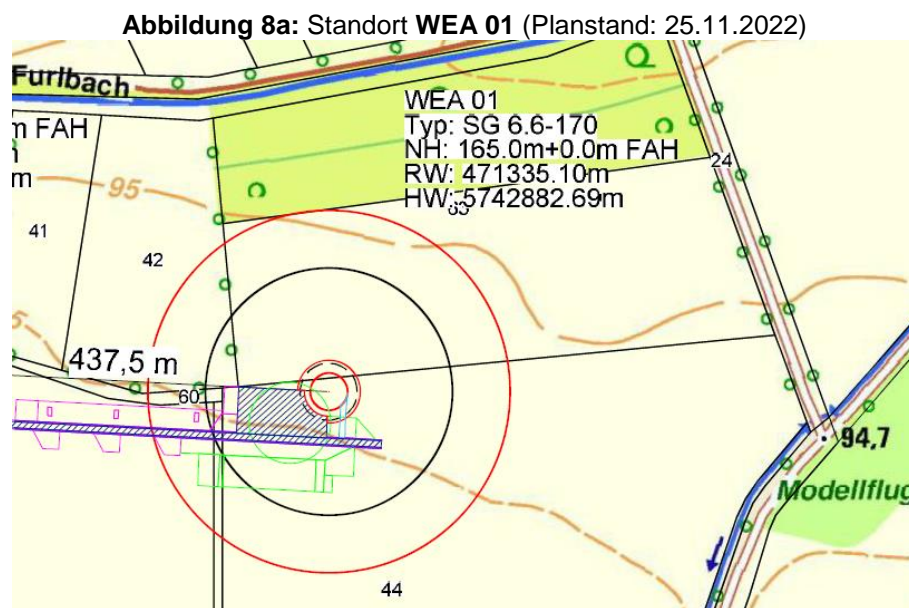
### 6.1 Planungsvorgaben

Das Planungsvorhaben sieht die Errichtung von 3 Windenergieanlagen innerhalb des Windenergiestandortes "Hövelhof" vor. Zur Aufstellung vorgesehen ist das Anlagensystem:

- **SIEMENS Gamesa SG 6.6-170 mit 165 Nabhöhe**

Nachstehende Abbildungen zeigen die planungsgemäße Anordnung der Standort -  
Bauflächen.

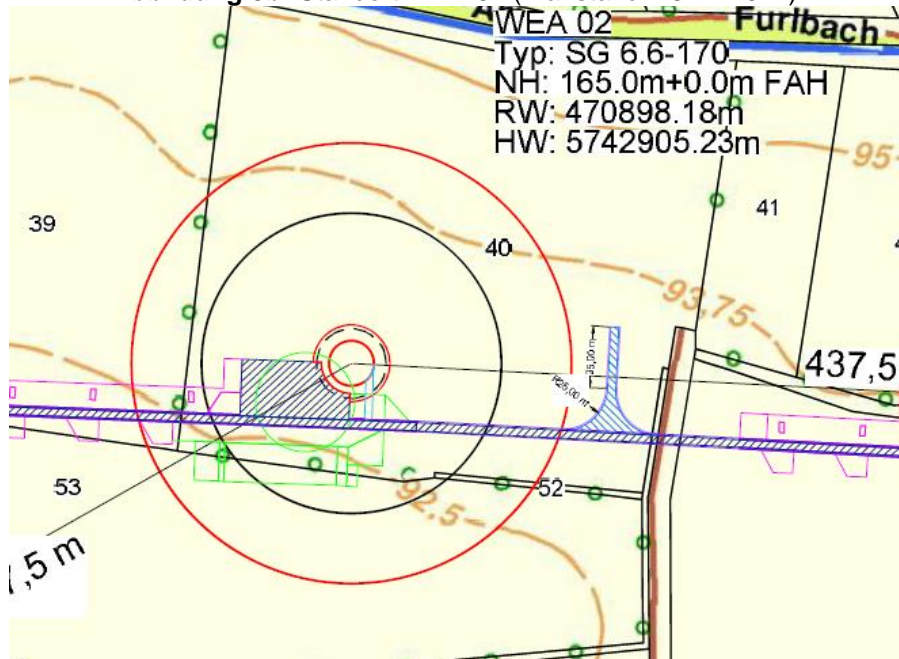
#### Standort WEA 01



Quelle: Bauherr

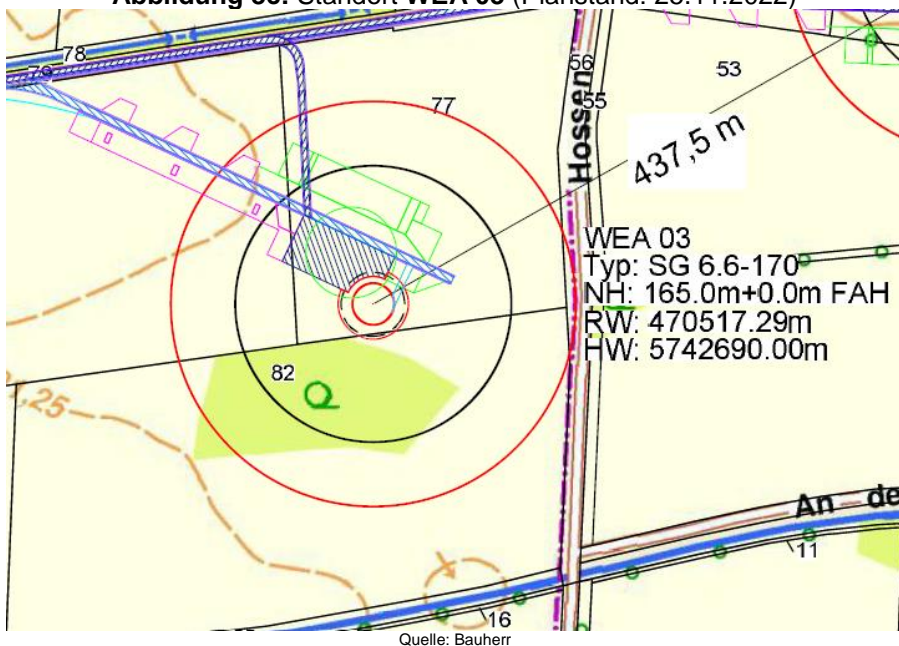
## Standort WEA 02

Abbildung 8b: Standort WEA 02 (Planstand: 25.11.2022)



## Standort WEA 03

Abbildung 8c: Standort WEA 03 (Planstand: 25.11.2022)

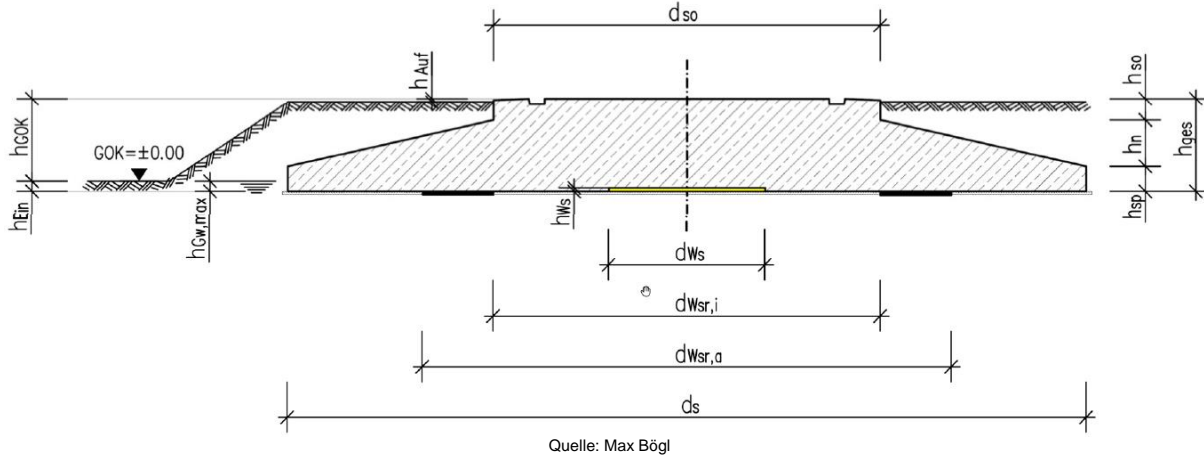


Auf der Grundlage der vom Bauherrn zur Verfügung gestellten Unterlagen:

- **Fundamentdatenblatt SGRE DE 6.6MW SG170 165m RT2.0**, vom 21.10.2021, Max Bögl Wind AG

erhält das standardisierte Fundament nachstehenden Querschnitt:

**Abbildung 9:** Querschnitt Fundament gemäß Fundamentdatenblatt



Quelle: Max Bögl

Es handelt sich um ein **Fundament** mit  $\varnothing = 25,50$  m. Unter dem inneren Bereich des Fundamentes wird eine Weichschicht im Durchmesser 4,40 m angeordnet, so dass das Fundament statisch als Kreisring wirkt.

Die **Einbindetiefe** beträgt  $h_{Ein} = 0,60$  m unter **GOK**. Hinzu kommt eine Sauberkeitsbetonschicht von  $d = 0,15$  m, so dass die **effektive Fundamenteinbindung bei -0,75 m unter Gelände** liegen wird (Anlagenmittelpunkt).

Bemessen ist das Fundament für den Lastfall: **maximal zulässiger Grundwasserstand in Oberkante Gelände ( $\pm 0,00$  m)**.

Im Hinblick auf die +/- ebene topografische Oberflächensituation an den unmittelbaren Standortbereichen der Anlagen wird im Zuge der Umsetzung des Bauvorhabens mit keinen nennenswerten Geländeänderungen gerechnet.



## 6.2 Geotechnische Rahmenbedingungen (Zusammenfassung)

Die geplanten Anlagen kommen westnordwestlich der Gemeinde Hövelhof auf landwirtschaftlich genutzten Flächen mit einer im Nahfeld vorhandener +/- ebener Topografie zur Aufstellung.

Die geotechnischen Rahmenbedingungen wurden an den Standorten mit je 2 kleinkalibrigen Rammkernsondierungen (RKS) und je 2 elektrischen Drucksondierungen (CPT) punktuell sowie orientierend geprüft. Auf Grund der Möglichkeit von geologischen Störungen bzw. Anomalien sind zusätzlich geophysikalische Messungen vorgenommen worden.

In den vorhergehenden Abschnitten wurden die Ergebnisse der bodenkundlichen Feststellungen beschrieben. Im Folgenden werden die geotechnischen Rahmenbedingungen zusammenfassend wiedergegeben.

### Standort WEA 01

#### Niveau

**Fundamentunterkante:** -0,75 m unter GOK (Anlagenmittelpunkt)

#### Untergrund in

**Fundamentunterkante:** **RKS:** Mittelsand, Holz, torfig, Pflanzenreste - locker / Übergang Schluff, stark tonig, sehr stark organisch, Torflinse, Holzreste - weich

**CPT:** sehr locker bis locker gelagert

#### tragfähiger

**Untergrund:** **CPT:** dicht bis sehr dicht gelagert ab ca. 9 bis 10 m unter GOK

#### Grundwasser:

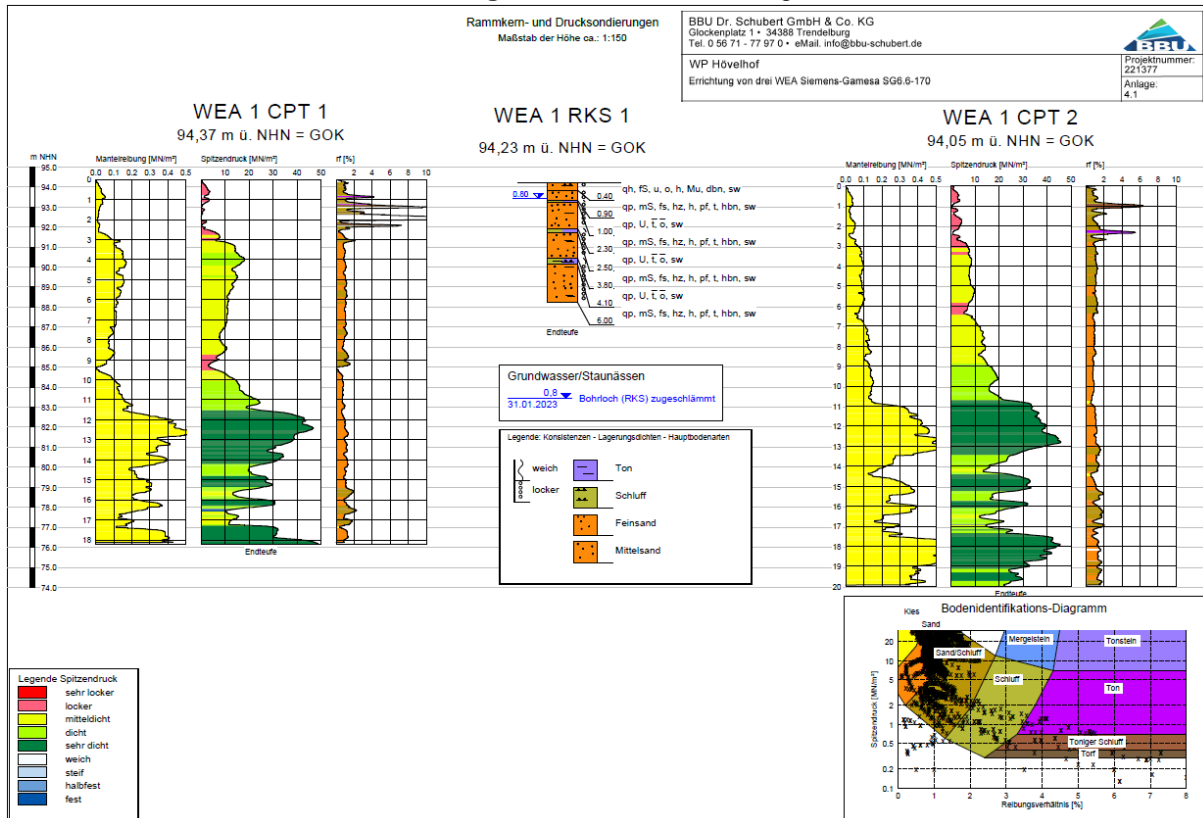
**RKS:** 0,80 m unter GOK am Erkundungstag - Schichtzonen sehr feucht bis nass

#### Geophysikalische

**Messungen:** Lokale Heterogenität im Tiefenbereich zwischen 6 und 10 m. Möglicherweise liegt hier eine Störung vor.  
- sonst keine Auffälligkeiten.

Nachfolgende Abbildung zeigt in einem übersichtlichen geologischen Querschnitt die erkundeten Untergrundverhältnisse.

**Abbildung 10a: Querschnitt Untergrund**



## Standort WEA 02

### Niveau

**Fundamentunterkante:** -0,75 m unter GOK (Anlagenmittelpunkt)

### Untergrund in

**Fundamentunterkante:** **RKS:** Mittelsand, Holz, vereinzelt organisch, torfige Lagen im dm - Bereich - locker

**CPT:** sehr locker bis locker gelagert

### tragfähiger

**Untergrund:** **CPT:** dicht bis sehr dicht gelagert ab ca. 16 m unter GOK

### Grundwasser:

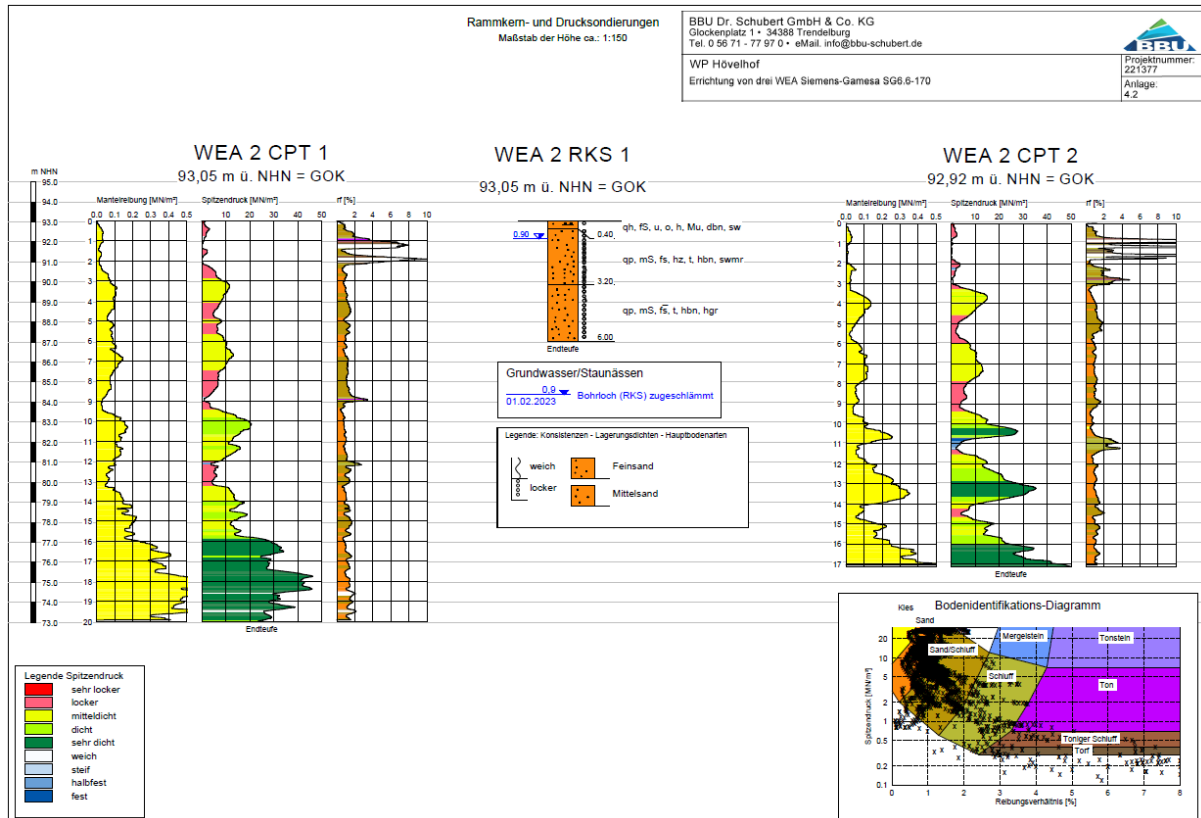
**RKS:** 0,85 / 0,90 m unter GOK am Erkundungstag - Schichtzonen nass

### Geophysikalische

**Messungen:** keine Auffälligkeiten

Nachfolgende Abbildung zeigt in einem übersichtlichen geologischen Querschnitt die erkundeten Untergrundverhältnisse.

**Abbildung 10b: Querschnitt Untergrund**



## Standort WEA 03

### Niveau

**Fundamentunterkante:** -0,75 m unter GOK (Anlagenmittelpunkt)

### Untergrund in

**Fundamentunterkante:** **RKS:** Mittelsand - locker

**CPT:** sehr locker bis locker gelagert

### tragfähiger

**Untergrund:** **CPT:** dicht bis sehr dicht gelagert ab ca. 17 bis 17,5 m unter GOK

### Grundwasser:

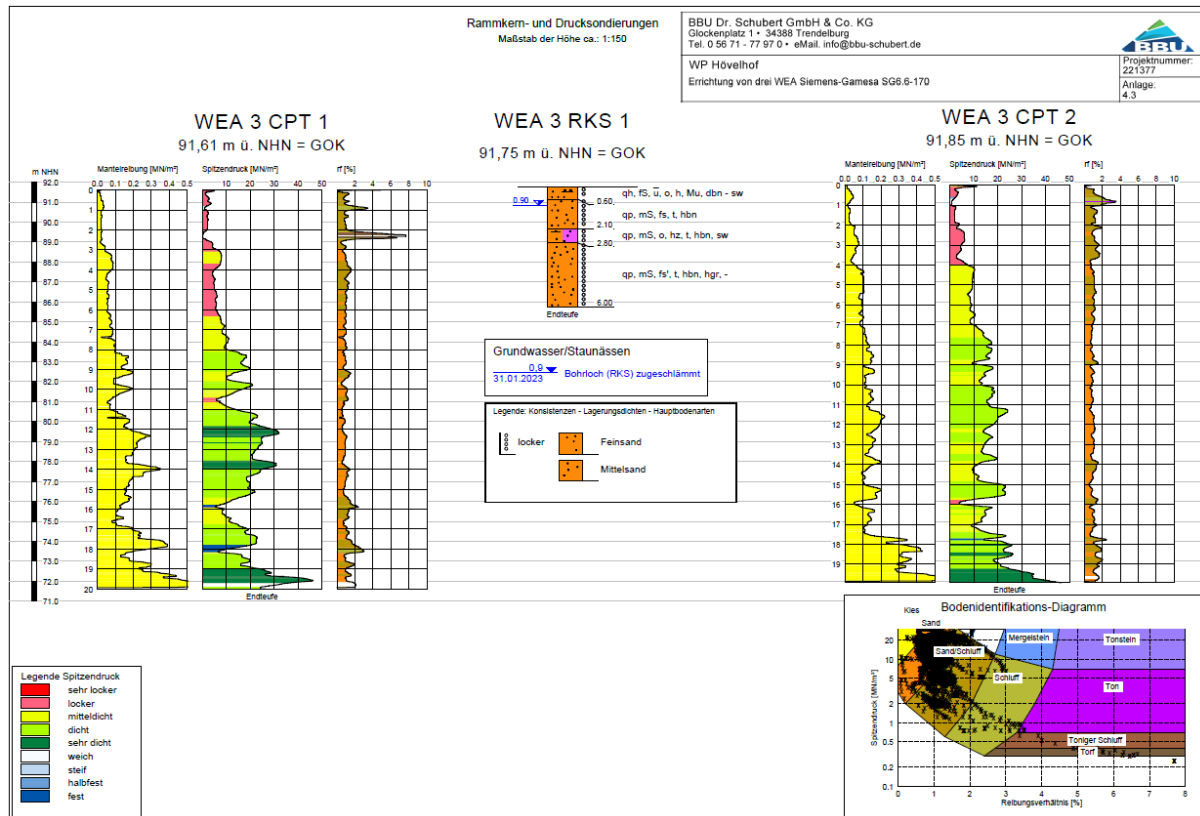
**RKS:** 0,80 / 0,90 m unter GOK am Erkundungstag - Schichtzonen sehr feucht bis nass

## Geophysikalische Messungen:

keine Auffälligkeiten

Nachfolgende Abbildung zeigt in einem übersichtlichen geologischen Querschnitt die erkundeten Untergrundverhältnisse.

Abbildung 10c: Querschnitt Untergrund



Die aus den elektrischen Drucksondierungen abgeleiteten Lagerungsdichten weisen den Untergrund entlang der maßgeblichen Lasteinwirkungstiefe wegen der in den Sanden zwischengelagerten bindigen (plastischen) Schluffe und der durch teils torfig - organische sowie mit Holz und Pflanzenresten durchsetzten Schichtzonen als unterschiedlich strukturiert aus.

Locker gelagerte und bindige (plastisch) sowie durch hoch zersetzungswirksame Beimengungen beeinflusste Böden gelten prinzipiell als verformungsempfindlich. Sie aktivieren deutlich geringere Scherwiderstände bei Lastaufbringung als die tiefer anstehenden, bindemittelfreien und höher konsolidierten Sande. Eine konzentrierte Lastaufbringung lässt unzulässige Setzungen befürchten. Auf Grund der tiefenmäßig wechselnden Bedingungen müssen bei differenziellen Verformungseigenschaften im ungünstigsten Fall Schiefstellungen der Anlagen befürchtet werden.





Ein derartiges Milieu kann bei zyklischen Beanspruchungen aus dem Anlagenbetrieb zudem zu einem Aufschaukeln führen (Begünstigung einer "Sattellage"). Eine Lastbeanspruchung derartiger Böden ist daher auszuschließen.

Die bodenhydrologischen Verhältnisse schließen bei möglichen Schwankungen des Grundwasserspiegels mit Anstieg bis in bzw. nahe des Geländeniveaus einen direkten Einfluss oberhalb der effektiven Fundamenteinbindung nicht aus. Vorsorglich sollte der Bemessungsgrundwasserspiegel in Höhe des Geländeniveaus angesetzt werden. Hierdurch besteht die Möglichkeit einer Auftriebswirkung.

Generell ist in diesem Zusammenhang zu beachten, dass langanhaltende Niederschläge und Starkregenereignisse sowie Schneeschmelzen zu einer Intensivierung der Verhältnisse mit der Möglichkeit einer unmittelbaren Beeinflussung der Böden innerhalb der Fundamentregion führen können.

Nach dem aktuellen Messwertbefund ist ab Tiefen zwischen 0,55 und 1,35 m unter GOK mit Grundwassereinfluss zu rechnen. Zudem ist bedeutsam, dass die Zustandsform eines Bodens stark vom Wassergehalt abhängt. Bei optimalem Gehalt legt sich das Wasser wie ein Film um die Einzelkörner und wirkt wie ein Schmiermittel, das die Reibungskräfte vermindert.

Bei einem zu geringen Wassergehalt sind die Reibungskräfte zwischen den Einzelkörnern sehr hoch und es ist eine große Energieleistung notwendig, um eine höhere Dichte zu erreichen. Ist der Wassergehalt zu hoch, füllt sich der im Boden vorhandene Porenraum mit Wasser und erschwert die Verdichtung.



## 6.3 Gründung der Anlagen

Maßgebend ist der Tiefenbereich, bis in den die Einwirkung der Anlagenlasten unter Beachtung der für das festgelegte Anlagensystem erforderlichen Bodenpressung (aufnehmbarer Sohldruck) reicht.

Für das gewählte Anlagensystem SG 6.6-170 mit 165 m NH liegt die Wertezuordnung bei:

$\sigma_{\max,BS-P} = 252 \text{ kN / m}^2$       Ständige Bemessungssituation

$\sigma_{\max,BS-A} = 331 \text{ kN / m}^2$       Außergewöhnliche Bemessungssituation

Die Absetzung der Turmlasten erfordert zur Ausschließung unzulässiger Setzungsverformungen aufgrund statischer und zyklischer Lastbeanspruchungen mindestens dichte Lagerungsverhältnisse des Untergrundes. Diese müssen gleichmäßig über die gesamte Einwirkungstiefe der Turmlasten gewährleistet werden.

Vordergründiges Ziel zur standsicheren Lastabtragung der Türme ist somit die Sicherstellung gleichmäßiger und ausreichend tragfähiger Gründungsbedingungen.

An den Aufstellungsorten der Anlagen ist der maßgebliche Untergrund infolge der angetroffenen Verhältnisse als **nicht anforderungsgerecht** zu bewerten.

Tiefen, ab denen mit ausreichend belastungsfähigem Untergrund gerechnet werden kann, stehen an den Standorten erst in größeren Tiefenlagen zur Verfügung.

Nach den Ergebnissen der elektrischen Drucksondierungen kann ab folgenden Tiefen mit ausreichend belastungsfähigen Untergrundbedingungen gerechnet werden:

**Standort WEA 01**                      →      ab ca. 9 bis 10 m unter GOK

**Standort WEA 02**                      →      ab ca. 16 m unter GOK

**Standort WEA 03**                      →      ab ca. 17 bis 17,5 m unter GOK

Mögliche Bodenaustauschmaßnahmen werden aufgrund der erforderlichen Überbrückungshöhen als nicht geeignet angesehen.

Verdichtungsleistungen z.B. mittels tiefreichender Polygonbandage sind ebenfalls nicht zielführend, da sie die zersetzungswirksamen Bodenregionen nicht verdichten können und die Böden infolge des hochstehenden Grundwassers und der damit verbundenen inkompressiblen Eigenschaften ohnehin nicht verdichtbar sind.

Eine mögliche Gründungsvariante zur Gewährleistung einer verformungsarmen Einleitung der Bauwerkslasten in den Baugrund wäre auf Grund der vorliegenden geotechnischen Rahmenbedingungen eine **pfahlartige Gründungskonstruktion**, bei der die gering steifen Schichtzonen durchfahren und die Lasten in einen "dichten" Boden abgetragen werden. Erst mit der Lasteinleitung in diesen Baugrund wird ausreichend tragfähiger Baugrund zur Verfügung gestellt, so dass die Lasten auch für den zu berücksichtigenden (möglichen) Lastwechsel und der hiermit einhergehenden erhöhten Eck- und Kantenpressung unbedenklich aufgenommen werden können.

Als Pfahlsystem kommt zur Erreichung der erforderlichen Tragfähigkeiten und Setzungseigenschaften im Rahmen dieses Projektes das Verfahren:

➤ **Fertigteilrammpfahl (System CENTRUM - Pfahl)**

in Betracht.

Die nachstehende Abbildung zeigt in einem Symbolbild den Blick auf einen mit Centrum - Pfählen ertüchtigten Untergrund im Bereich eines Windenergieanlagenstandortes.

**Abbildung 11:** Symbolbild Gründung Centrumpfähle



Quelle: Internetauftritt Fa. Aarsleff Grundbau GmbH, Hamburg

Die Planung der Tiefgründung muss grundsätzlich in Anpassung an die örtlichen Verhältnisse durchgeführt werden.

Nach DIN 4026 - "*Rammpfähle - Herstellung, Bemessung und zulässige Belastung*", Abschnitt 8.1.1.1 (Beiblatt) und den Empfehlungen des Arbeitskreises "Pfähle" (EA - Pfähle, Ernst & Sohn), Abschnitt 5.4.4.2 (3), ist ausreichende Tragfähigkeit gegeben, wenn in der Gründungsschicht ein Spitzendruck von mindestens  $q_c = 10 \text{ MN} / \text{m}^2$  gemessen wird.



Außerdem sollten auf Grund der Zugbelastung die Pfähle mindestens 5,0 m in den tragfähigen Baugrund ( $q_c > 7,5 \text{ MN / m}^2$ ) einbinden.

Die Mindesttiefe, ab der tragfähiger Baugrund gemäß den vorstehenden Kriterien zur Verfügung steht, ist o.s. angegeben.

Der CENTRUM - Pfahl ist ein Stahlbetonfertigteilepfahl mit quadratischem Querschnitt nach DIN 4026 bzw. DIN EN 12699. Die Pfähle sind standardmäßig bewehrt oder vorgespannt.

Die "äußere" Tragfähigkeit (bzw. nach DIN 1054 und EC 7 der "Widerstand") eines Pfahles, wird durch die Lastübertragung infolge Mantelreibung am Pfahlschaft und Druck über die Pfahlspitze auf den Baugrund bestimmt. Die zulässige, axiale Belastung eines CENTRUM -Pfahles kann durch folgende Verfahren ermittelt werden:

- Empirische oder analytische Berechnungsmethoden
- statische oder dynamische Pfahlprobelastungen an Bauwerkspfählen
- Berechnung aus Erfahrungswerten nach DIN 1054 oder der "EA - Pfähle"
- Vergleich mit Ergebnissen von Probelastungen in ähnlichen Baugrundverhältnissen

Bei Verwendung des Ergebnisses sind jedoch auch andere, die zulässige Tragfähigkeit eines Pfahles beeinflussende Kriterien zu beachten. Insbesondere müssen horizontale Beanspruchungen aus dem Baugrund (z.B. Fließdruck) oder dem aufgehenden Bauwerk (z.B. aus Wind) berücksichtigt werden, gegebenenfalls sind die Auswirkungen z.B. von sehr weichen Böden (Knicknachweis) oder schädlichen Chemikalien im Baugrund zu beachten.

Die Spanne der zulässigen Pfahltragfähigkeit liegt beispielsweise bei einem Pfahl 45 x 45 cm bei ca. 2000 bis 2400 kN.

Bei größeren Absetztiefen können in Anpassung an die örtlichen Verhältnisse Kupplungen verwendet werden, welche auch nachträgliche Verlängerungen des Pfahls erlauben.

Eine Entsorgung von Böden entfällt.

Generell gilt, dass Pfähle so zu bemessen sind, dass sie die ihnen zugewiesenen axialen Lasten (Zug und Druck, Wechsellasten) und lateralen Lasten sicher in den Baugrund abtragen. Ihre Steifigkeit muss dabei so gewählt sein, dass die Pfahlkopferschiebungen (horizontal und vertikal) innerhalb der durch die Gebrauchstauglichkeit vorgegeben Grenzwerte liegen.



Zu den Einwirkungen zählen neben den Gründungslasten auch grundbauspezifische Einwirkungen wie Seitendruck und negative Mantelreibung, aber auch dynamische Einwirkungen. Die Vorgaben der **DIN 1997 - 1 (Eurocode EC - 7)** und nationaler Anhang **DIN 1054, Abschnitt 8**, sind unbedingt zu beachten.

Es sind Herstellungsprotokolle gemäß den einschlägigen Normen und Richtlinien zu führen (kleiner und großer Rammbericht). Vor der Herstellung der Bauwerkspfähle sind statische und dynamische Probelastungen mit vollständiger Modellierung (z.B. CAP Wap - Verfahren) auf der Grundlage der o.g. Norm und den Empfehlungen des Arbeitskreises **Pfähle EA - Pfähle** durchzuführen.

***Probelastungen sind grundsätzlich vor Ausführung der Bauwerkspfähle vorzunehmen!***

Der Zugnachweis von Pfählen erfolgt sowohl für den Einzelpfahl als auch mit dem Erdkegelgewicht der Pfahlgruppe.

Erfahrungsgemäß ist Druck  $R_{b1,k}$  mit 2,2 - facher Sicherheit und Zug  $R_k$  mit 1,6 - facher Sicherheit nachzuweisen. Generell sind die jedoch zwingend die Vorgaben des Anlagenherstellers zu beachten!

Es werden hohe Anforderungen an die Einbaugenauigkeit gestellt. Zur Erfüllung der Qualitätskriterien sollte die Lage jeden einzelnen Pfahls nach der Einmessung fortlaufend und während der Rammung sowie nach dem Einbau geprüft werden.

Bei der Anordnung der Pfähle ist darauf zu achten, dass in der Pfahlfußebene ein ausreichender Abstand der Pfähle untereinander eingehalten wird. Dieser muss mindestens bei  $e \geq 1,5$  m liegen oder aber dem dreifachen Pfahldurchmesser entsprechen.

Da an den Standorten mit locker gelagerten und organisch - torfigen Böden zu rechnen ist, kann eine Lastabtragung über die *seitliche Bettung* für diese Tiefenabschnitte nicht gewährleistet werden.

Die Fahr- und Standfläche (Arbeitsebene = Rammebene) muss zur ungehinderten Bewegungsfreiheit mit einer Oberflächenbefestigung aus nicht bindigen Erdbaustoffen stabilisiert werden. Zu diesem Zweck wird eine Mindestdicke von  $d = 0,60$  m vorgeschlagen. Zur Verwendung kommen gleichmäßig kornabgestufte Brechkorngemische (z.B. 0 - 32 oder 0 - 45 mm) die lagenweise aufgebaut und lagenweise verdichtet werden. Ab äußerem Fundamentrand ist der Lastabstrahlungswinkel von  $45^\circ$  einzuhalten.

Vorab ist der Oberboden entsprechend der ausgebildeten Schichtstärke vollflächig abzutragen und anschließend das Planum zu verdichten. Aufgeweichte Böden im Planum sind in Erdbauweise zu ersetzen.



Weiterhin ist bedeutsam, dass ab der Unterkante Kopfbalken (= Unterkante Fundament) und zwischen den Pfählen auf Grund der gering steifen Untergrundverhältnisse zur Ermöglichung eines einmaligen Betoniervorganges der Einbau einer mineralischen Trag- und Lastverteilungsschicht anzuraten ist. Der Einbau erfolgt nach der Herstellung der Pfähle und dem Freilegen der Pfahlköpfe. Ggf. kann zu diesem Zweck das Material der vorlaufend hergestellten Rammebene verwendet werden.

Auch hier erfolgt der Einbau lagenweise und die Verdichtung je Lage ( $d = 0,30 \text{ m}$ ). Im Hinblick auf die Anforderungen ist eine Prüfung der Tragfähigkeit erforderlich. Vorgeschlagen wird folgender Nachweis:

$$\begin{array}{ll} E_{v2} \geq 100 \text{ MN} / \text{m}^2 & \text{Tragfähigkeit} \\ E_{v2} / E_{v1} \leq 2,3 & \text{Verdichtungsverhältnis} \end{array}$$

Der Nachweis erfolgt mittels Lastplattendruckversuchen nach DIN 18134.

Der Erfolg der Tragfähigkeitsverbesserung ist durch Fremdprüfung nachzuweisen.

Einbau, Verdichtung und Kontrolle erfolgt grundsätzlich mit dem Baugrundsachverständigen in enger Abstimmung.

Die Bemessung, der Entwurf und die Ausführung von Fertigteilpfählen erfolgt ausschließlich durch lizenzierte Bauunternehmen.

**Im Falle, dass dieses Verfahren zur Ausführung kommt, wird das detaillierte Konzept mit Dimensionierung des Gründungssystems von der beauftragten Fachbaufirma durchgeführt und sollte dem Unterzeichner zur Prüfung vorgelegt werden. Zur Sicherstellung der bestimmungsgemäßen Ausführung ist eine permanente baubegleitende Ausführungsüberwachung durch den Baugrundsachverständigen oder einem Vertreter dringend anzuraten.**

## 6.4 Auftriebssicherheit

Das vorgelegte Fundamentdatenblatt berücksichtigt die Höhe des maximal zulässigen Grundwasserstandes in Geländeoberkante.

## 6.5 Geotechnische Nachweise

Die Aufstellung und der Betrieb der Anlagen erfordern die Einhaltung bestimmter Anforderungskriterien. Diese werden durch die typenspezifischen Unterlagen vorgegeben. Vorgelegte wurde bislang:

- **Fundamentdatenblatt SGRE DE 6.6MW SG170 165m RT2.0**, vom 21.10.2021, Max Bögl Wind AG
- **SGRE ON Mindestanforderungen an Baugrundgutachten für WEA-Fundamente**, vom 02.12.2020, Siemens Gamesa Onshore

Ein gesondertes Fundamentdatenblatt für die Gründung mit Pfählen (Tiefgründung) lag während der Bearbeitung noch nicht vor.

Nach den bisher bekannten Anforderungen des Anlagenherstellers ist einzuhalten:

- Einheitliche Sockelfestigkeit und einheitliche Schachtfestigkeit jeder Schicht. Die verwendete Methode und die in die Gleichungen eingesetzten Werte sind deutlich anzugeben. Die verwendeten Sicherheitsfaktoren müssen den örtlichen Vorschriften entsprechen und dürfen nicht unter diesen sein:
  - $\gamma_{\text{Schacht}} \geq 2,25$  und  $\gamma_{\text{Sockel}} \geq 2,25$  für die Bodendruckfestigkeit
  - $\gamma_{\text{Schacht}} \geq 2,4$  für die Zugbodenfestigkeit
- Horizontale Tragfähigkeit. Die verwendete Methode und die in die Gleichungen eingesetzten Werte sind deutlich anzugeben. Der verwendete Sicherheitsfaktor muss den örtlichen Vorschriften entsprechen und darf nicht unter 2,25 liegen.
- Horizontale Steifigkeit für jede Schicht

Die Bemessung und Nachweisführung mittels Tiefgründung über Centrum - Pfähle geschieht anhand der inSitu - Probelastungen. Für eine Tiefgründung über Fertigteilrammpfähle sind grundsätzlich die Angaben des Anlagenherstellers / Pfahlherstellers einzuhalten.

Nach der Prüfung durch den Baugrundsachverständigen erfolgt eine abschließende Bewertung und Freigabe.



## 6.6 Erdarbeiten

Die Tiefe der Abgrabungen umfasst an dem Standort die effektive Fundamenteinbindung von -0,75 m unterhalb der Geländeoberkante am Anlagenmittelpunkt (UK Betonsauberkeitsschicht). Abweichungen mit geringen Mehr- oder Mindertiefen im dm - Bereich können anhand der Geländeoberfläche in den Randbereichen zum Tragen kommen.

Um einen einmaligen Betonvorgang des Fundamentes oberhalb der setzungsempfindlichen Böden im Auflagerbereich und bis zur kraftschlüssigen Übertragung der Fundamentlasten in die Pfähle zu ermöglichen, wird der Unterbau einer mineralischen Trag- und Lastverteilungsschicht benötigt. Diese ist bei den erforderlichen Abgrabungstiefen hinzuzurechnen. Die Einbaufertigdicke wird konstruktiv vorerst mit  $d = 0,90$  m angesetzt. Ggf. wäre eine Reduzierung der Einbaufertigdicke auf  $d = 0,60$  m dadurch zu erreichen, wenn zwischen dem Aushuberdplanum und der mineralischen Schicht ein Geogitter mit Vlies verlegt wird (TENAX GT HM3). Die flächige Auslegung ist in Anpassung an die hochstehenden Pfahlköpfe vorzunehmen.

Entlang den Abgrabungen werden Sande und Schluffe mit teils humos - organischen Beimengungen angetroffen. Bautechnisch handelt es sich dabei um Böden der Bodengruppe SI und HZ.

Für die erdbautechnischen Arbeiten ist zu beachten, dass die Möglichkeit der freien Bodenabschachtung nur unter Einhaltung einer dem Boden angepassten Abflachungsneigung erfolgen kann. Bei den Abgrabungen zur Anlegung der Baugrube empfiehlt sich eine Böschungsneigung unter  $\beta = 45^\circ$  einzuhalten.

Der geländenahe Untergrund ist sehr feucht bis nass vorgefunden worden. Grundwasser zeigte sich am Erkundungstag in Tiefen zwischen 0,80 und 0,90 m unter GOK, wobei jahreszeitig bedingt und niederschlagsabhängig mit Veränderlichkeiten und geringeren Flurabständen zum Gelände zu rechnen ist. Hierbei gilt zu beachten, dass insbesondere die Sande bei erhöhter Feuchtebeanspruchung zum Ausfließen neigen. Die natürliche Abgrabungsneigung bei grundwasserbeeinflussten und bindemittelarmen Sanden liegt bei  $\beta < 30^\circ$ .

Die Abgrabungen zur Profilierung der jeweiligen Baugrube erfolgt innerhalb der Böden problemlos, d.h. mit ungehindertem Aushubfortschritt. Verwendet werden kann ein Baggergerät mittlerer Ausführung und glatter Schneidekante.

Generell sollte entlang der oberen Baugrubenränder ein Schutzstreifen von  $\geq 1,5$  m lastfrei gehalten werden.

**Die jeweilige Baugrubensohle ist nach der Erreichung des Sollprofils vom Baugrundsachverständigen abzunehmen und freizugeben.**





## 6.7 Wasserhaltung

Der Untergrund ist grundwasserführend vorgefunden worden. Es handelt sich um zusammenhängendes Grundwasser. Das Grundwasser ist hinsichtlich des Aufkommens in Abhängigkeit der jahreszeitigen Klimaverläufe veränderlich. Ein Anstieg bis zum Gelände kann im ungünstigsten Fall nicht ausgeschlossen werden. Als Bemessungswasserstand sollte vorsorglich die Oberkante Gelände angesetzt werden. Neben dem freien Grundwasser zeigten sich sämtliche Schichtzonen als "sehr feucht bis nass" beansprucht.

Über stärker bindigen und somit relativ undurchlässigen Böden können sich zudem Stauwasserhorizonte ausbilden, die eine rasche Versickerung behindern.

Die Aushub- und Verdichtungsarbeiten und ggf. die Arbeiten zur Herstellung der Pfähle müssen im trockenen, d.h. im Schutz einer Wasserhaltung durchgeführt werden. Die Wasserhaltung ist auf die Aushubtiefe abzustimmen. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass der Umfang der Wasserhaltungsmaßnahmen an die örtlichen Verhältnisse anzupassen ist. In niederschlagsdefizitären Sommermonaten ist das Bodenwasseraufkommen naturgemäß geringer als in den niederschlagsreicheren Frühjahrsmonaten.

Aus den Erfahrungen in vergleichbaren Bodenarten empfiehlt sich zur zutreffenden Einschätzung der bauzeitigen bzw. aktuellen Grundwasserverhältnisse Baggerschürfgruben anzulegen (Bestimmung der Tiefenlage und Zulauftrate).

Sollte das Messwertergebnis während der Baugrunderkundung den bei Baubeginn vorherrschenden Bedingungen entsprechen (0,80 - 0,90 m u. GOK), wird vor Durchführung der Baugrubenaushubarbeiten eine vorausseilende Grundwasserabsenkung durchzuführen sein. Empfohlen wird der Einbau einer **Vakuumtwasserung** über Spüllanzen.

Damit sich der Unterdruck voll ausbilden kann, darf keine Falschlufft in den Boden gelangen. Deswegen muss gegebenenfalls eine Tonabdichtung erfolgen. Wegen der kleinen Reichweite dürfen die Abstände der Spüllanzen nicht größer als 1,0 bis 1,5 m sein. Die Lanzen werden zu einem Strang zusammengeschlossen, wobei üblicherweise bis ca. 50 m Stranglänge bzw. grob abschätzend eine Vakuumpumpe benötigt wird.

Die Absenktiefe sollte mindestens bis 0,50 m unter der Baugrubensohle reichen. Im Allgemeinen lassen sich mit einer Staffel Absenkungen von 4 - 6 m erzielen. Für die Einbringung der Pfähle im grundwasserbeeinflussten Untergrund ist mit dem Pfahlhersteller zu klären, ob tiefere Absenkungen erforderlich werden, um einen ungehinderten Einbau sicherzustellen.



Anfallende Restwässer innerhalb des Planums sind in Anpassung an die örtlichen Gegebenheiten über Pumpensumpf außerhalb des Gebäudegrundrisses und Verlegung von kiessandummantelten Dränagen in schaufelbreiten Gräben aufzufangen und vorflutseitig abzuleiten (Kiessand 0 / 8 mm Sieblinie A 8 oder 0 / 32 mm Sieblinie B 32 nach DIN 1045 - filterwirksam - verockerungsresistent oder alternativ Kies 8 / 16 mm nach DIN 4226, Teil 1 und Filtervlies).

Der Baugrubenaushub erfolgt zweckmäßigerweise beginnend von einer Voraushubsohle oberhalb des Grundwassers aus und anschließend beginnend vom Pumpensumpf rückwärtsschreitend. Gleichlaufend mit der "Überkopf" - Arbeitsweise werden die Dränageleitungen entgegen der Gefällerrichtung verlegt.

**Alternative:** Sollte eine freie Bodenabschachtung z.B. wegen der hohen Fließempfindlichkeit der Sande nicht angestrebt werden, müsste ggf. eine Baugrubenumschließung mit Hilfe einer geschlossenen Stahlspundwand ausgeführt werden.

Das Einbringen der Spunddielen sollte durch Einrütteln mittels hochfrequentiger Vibration erfolgen.

Eine wirtschaftliche Wandhöhe für die Baugrubenumschließung kann erreicht werden, wenn ein Teil der Baugrube mit abgeöschten Wandungen ausgeführt wird, sofern die Grundwasserverhältnisse bzw. anderer baulicher Zwänge dies zulassen.

Bei Herstellung einer (nahezu) wasserdichten Baugrubenumschließung erfolgen die Wasserhaltungsmaßnahmen innerhalb des baugrubenseitigen Spundwandverbau. Mögliche Undichtigkeiten entlang der Spunddielenelemente sollten mit Dichtungsschlämme gegen Wasserdurchtritt versiegelt werden. Es genügt voraussichtlich eine sogenannte "Offene Wasserhaltung" in Form von Pumpensämpfen sowie Wasseraufnahme und -ableitung mittel leistungsfähigen Schmutzwasserpumpen.

Zur Stabilisierung der Baugrubensohle sollte in jedem Fall eine mindestens  $d = 0,30$  m betragende mineralische Schutzschicht aufgebaut werden.

Nach dem Abschluss der grundbautechnischen Arbeiten ist der Verbau sukzessive zu ziehen sowie den Arbeitsraum mit Boden kraftschlüssig lagenweise aufzufüllen und lagenweise zu verdichten, so dass ein Ausbruch von Bodenpartien hinter der Verbauwand vermieden wird. Auf eine sorgfältige Verdichtung in der gesamten Arbeitsraumbreite wird hingewiesen.



## 6.8 Trag- und Lastverteilungsschicht

Für die empfohlene mineralische Unterbauschicht unterhalb der Fundamente und zwischen den Pfählen sollten ausschließlich Brechkorngemische der Körnung 0 - 32, 0 - 45 oder 0 - 56 mm gemäß den Kornkurven nach TL SoB-StB / ZTV SoB-StB4 verwendet werden.

Eine Optimierung der Schichtdicke kann durch die vollflächige Auflegung eines formstabilen, knotensteifen und multiaxialen Geogitters mit aufkaschiertem Vlies erreicht werden (TENAX GT HM3). Das Einlegen von Geogittern verfolgt vorrangig den Zweck, Steifigkeitsunterschiede zwischen den Säulen und dem lastaufnehmenden geringer steifen Baugrund weitgehend zu kompensieren bzw. die Schichtdicke der Trag- und Lastverteilungsschicht zu begrenzen. Die Verlegung erfolgt nach Herstellerangaben.

Sollte diese Vorgehensweise wegen der im Planum hochstehenden und freigelegten Pfahlköpfe nicht umzusetzen sein, müsste die Lastverteilungsschicht von  $d = 0,60$  m auf  $d = 0,90$  m erhöht werden.

Der Einbau der mineralischen Schicht wird in Lagen zu  $d = 0,30$  m ab äußerem Fundamentplattenrand im Lastausbreitungswinkel von  $45^\circ$  nach unten durchgeführt, wobei jede Lage intensiv und "kreuzweise" zu verdichten ist. Auf die sorgfältige Verdichtung am äußeren Fundamentrand wird ausdrücklich hingewiesen. Zur Gewährleistung der ausreichenden Verdichtung am Fundamentrand ist eine Verbreiterung der Schicht auf mindestens  $b = 0,50$  m zu empfehlen.

Der Erfolg der Tragfähigkeitsverbesserung ist zweckmäßigerweise durch Fremdprüfung nachzuweisen. Als Verdichtungsziel sollte nachgewiesen werden:

$$D_{pr} \geq 100\% \quad \text{Proctor}$$

oder ersatzweise

$$E_{v2} \geq 100 \text{ MN} / \text{m}^2 \quad \text{Verformungsmodul}$$

$$E_{v2} / E_{v1} \leq 2,3 \quad \text{Verdichtungsverhältnis}$$

In Oberkante ist mindestens ein Lastplattendruck - Versuch nach DIN 18134 zur Bestätigung der Verdichtung und der E - Module auszuführen.

Der Erfolg der Tragfähigkeitsverbesserung ist durch Fremdprüfung nachzuweisen.

Einbau, Verdichtung und Kontrolle erfolgt grundsätzlich mit dem Baugrundsachverständigen in enger Abstimmung.

Danach kann das jeweilige Fundament in einem Durchgang betoniert werden.



## 6.9 Arbeitsraumverfüllung

Vom Grundsatz her ist der Arbeitsraum durch den Einbau von verdichtungsfähigen Erdbaustoffen zu verfüllen. Die Baustoffe sind lagenweise einzubauen und zu verdichten (Proctordichte  $D_{pr} \geq 100 \%$ ).

Zwischen dem Fundament und der Kranstellfläche unterliegt er einer besonderen Beanspruchung, da hier eine Lastbeanspruchung aus Richtung der Kranstellfläche stattfindet. Als Verdichtungskriterium ist entsprechend der vorgenannten Proctordichte ein Verdichtungsverhältnis von  $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,3$  nachzuweisen (ermittelt durch Lastplattendruckversuche nach DIN 18134).

In den relevanten Bereichen werden nur qualifizierte Erdbaustoffe gemäß ZTV SoB - StB / TL SoB - StB zur Verwendung zugelassen.

Die erreichte Verdichtung ist hinsichtlich der Zulässigkeit mit dem Baugrundgutachter abzustimmen.

Die Verwendung der beim Aushub gewonnenen Böden zum Zweck der Arbeitsraumverfüllung ist nicht zu empfehlen, da diese auf Grund der humos - organischen Beimengungen nicht geeignet sind. Sande ohne derartige Anteile, wie sie am Standort der WEA 03 vorgefunden sind, können verwendet werden. Ggf. ist auch für diese Bereiche eine Proctordichte von  $D_{pr} = 100 \%$  zu fordern. Da die Böden für eine bestimmungsgemäße Verdichtung zu feucht sind, ist eine Wassergehaltsreduzierung unumgänglich. Zur Abklärung möglicher Stabilisierungs- / Verfestigungsmaßnahmen sind Laboruntersuchungen erforderlich (Bestimmung des natürlichen Wassergehaltes, Proctorversuche).

Die Anforderungen des Anlagenherstellers sind zu beachten.

## 6.10 Erdüberschüttung

Oberhalb des Fundamentsporns der Anlagen erfolgt standardmäßig eine Überschüttung. Diese ist Bestandteil des statischen Systems und muss zwingend eingehalten werden. Dazu gehört gemäß den Vorgaben, dass die Mindestwichte von  $18 \text{ kN} / \text{m}^3$  zu gewährleisten ist (Boden im erdfuchten Zustand).

Vorzugsweise sollten bindige Böden verwendet werden, die zur raschen Abführung von Oberflächenwässern geglättet und mit Gefälle vom Anlagenmittelpunkt weg profiliert werden. Die Aufschüttung ist gegen Erosion zu schützen.

Der Einbau der Schüttsböden erfolgt lagenweise zu höchstens  $d = 0,25$  m pro Lage und Verdichtung jeder Einzeleinbaulage mittels statischem Verdichtungsgerät (Walzen - mindestens 4 kontrollierte Übergänge je Einbaulage).

Oberböden (Feinsand, organisch - humos) oder Böden mit humos - organischen Beimengungen sind zu separieren, da sie eine geringere Wichte aufweisen und nicht ausreichend verdichtungsfähig sind.

Eine Prüfung und Bestätigung der anlagerherstellerseitigen Mindestwichte ist erforderlich.

Die Vorgaben des Anlagenherstellers hinsichtlich der Vorgehensweise für die Erdüberschüttung sind zu beachten.

## 7 Zuwegungen

Die verkehrstechnische Erschließung des Windparkgeländes erfolgt aus westlicher Richtung über die "Kaunitzer Straße" und weiter über die befestigten Wirtschaftswege "Hossengrund" und "An der Ems".

Abbildung 12: Layoutplanung - Übersichtsplan Zuwegungen



Quelle: Bauherr

Zur Erreichung der unmittelbaren Anlagenstandorte müssen neue Zuwegungen hergestellt werden. Diese queren landwirtschaftlich genutzte Flächen.

Für die Zuwegungen ist zu beachten, dass sie während der Bauphase durch häufig wiederkehrenden Schwerlastverkehr beansprucht werden. Bei entsprechenden Belastungen können erhebliche Einsenkungen und Rinnenbildungen auftreten.



Insbesondere im Verlauf niederschlagsreicher Zeiten stellen sich entlang der Fahrflächen u.U. tiefgründige Aufweichungen ein, die dann nicht mehr befahrbar bzw. ungehindert nutzbar sind. Es wird der Aufbau einer durchgehenden, dauerhaft nutzbaren und frostsicheren Oberflächenbefestigung benötigt. Die Tragfähigkeit und Befahrbarkeit muss auch im Falle von starken Regenfällen gegeben sein.

Um die Anforderungen zu erfüllen, müssen in den betroffenen Abschnitten entsprechende bautechnische Maßnahmen eingeleitet werden. Die Ausbaubreite der Fahrwege, einschließlich der Bankette richtet sich nach den Vorgaben des Anlagenherstellers.

Anlagenherstellerseitige Anforderungen sind bislang noch nicht bekannt.

Erfahrungsgemäß sind bei vergleichbaren Bauvorhaben folgende Anforderungen zu erfüllen:

#### Tragfähigkeit:

Untergrund	$E_{v2} \geq 45 \text{ MN / m}^2$
Oberbau, Tragschicht	$E_{v2} \geq 100 \text{ MN / m}^2$ / $D_{pr} \geq 100 \%$
Verhältniswert $E_{v2} / E_{v1}$	$\leq 2,3$

#### Material:

Tragschicht	gebrochenes Naturgestein 0 - 32 oder 0 - 45 mm, Feinanteil $\leq 5\%$ (zertifiziert)
-------------	---

Der Nachweis des Verdichtungsgrades ( $D_{pr}$ ) erfolgt nach DIN 18127.

Das Verformungsmodul ( $E_{v2}$ ) wird mit statischem Plattendruckversuch nach DIN 18134 ebenfalls schichtweise nachgewiesen.

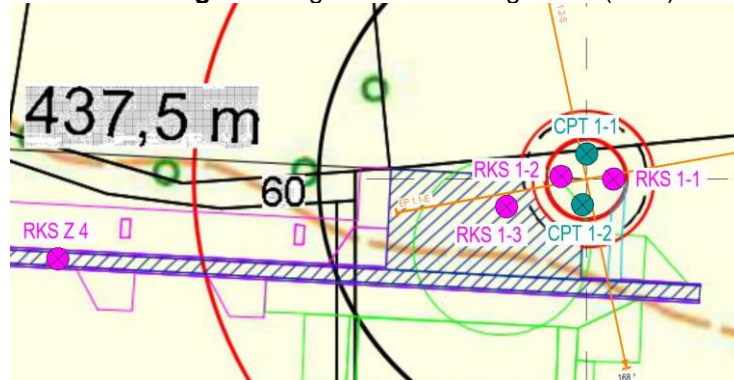
Die Deckschicht sollte möglichst gleichmäßig mit einer Überhöhung von mindestens 10 cm zum anliegenden Gelände eingebaut werden.

Zum Zweck der orientierenden geotechnischen Untersuchung der im Einwirkungsbereich der Zuwegungen anstehenden Bodenverhältnisse wurden auftragsgemäß kleinkalibrige Rammkernsondierungen ausgeführt. Die Lageanordnung ist in den **Anlagen 1.1 bis 1.3** abgebildet.

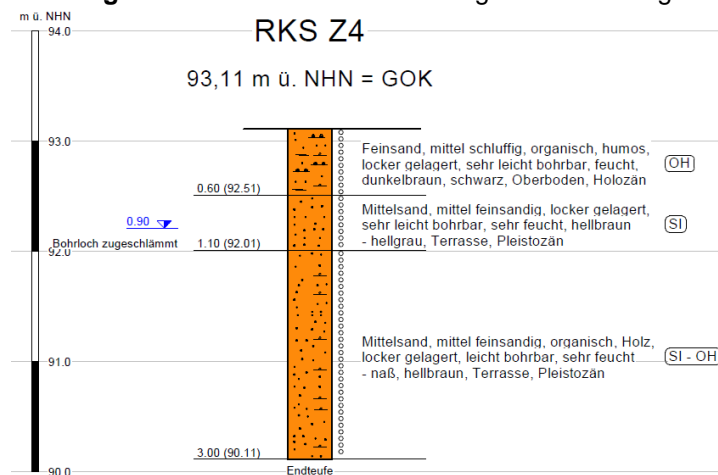
Das im Verlauf der Erkundungsarbeiten angetroffene Bodenprofil wurde ingenieurgeologisch detailliert aufgenommen. Nachfolgend werden die Profilaufnahmen wiedergegeben.

Standort WEA 01

Abbildung 13a: Lage der Erkundungsstelle (RKS)



Abbildungen 13b: Profilbalkendarstellung der Erkundungsstelle

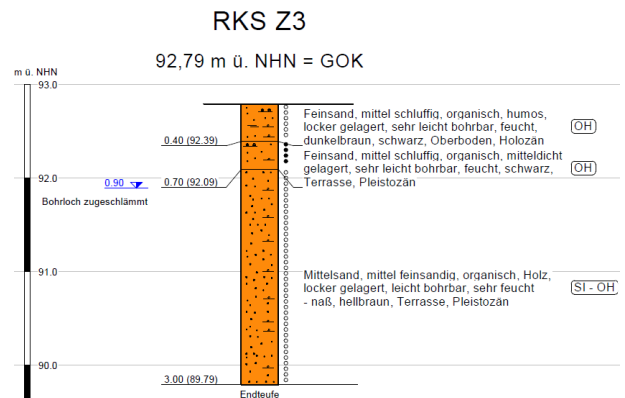
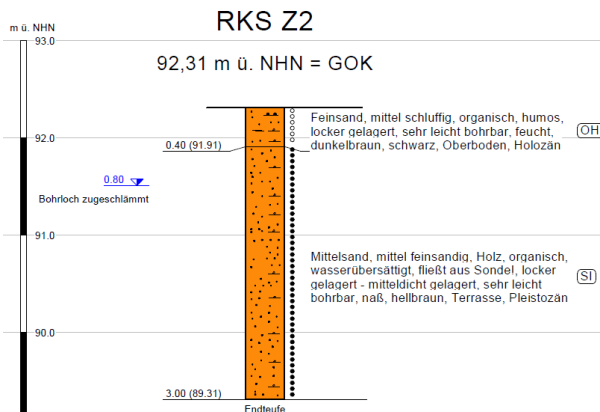


## Standort WEA 02

Abbildung 14a: Lage der Erkundungsstellen (RKS)



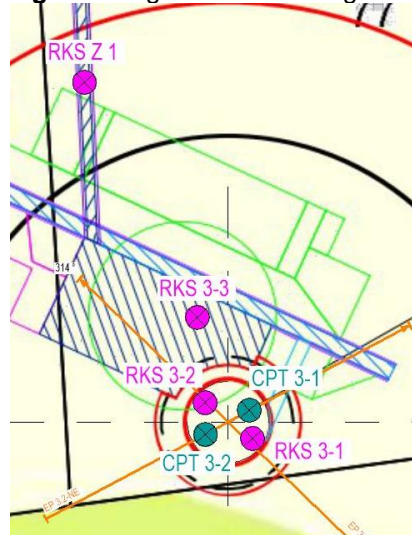
Abbildungen 14b und 14c: Profilbalkendarstellung der Erkundungsstellen



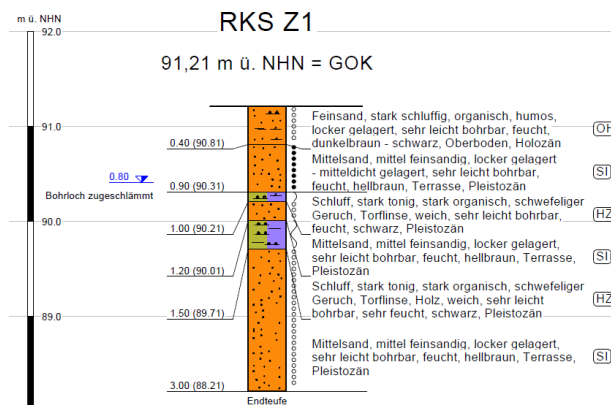


Standort WEA 03

Abbildung 15a: Lage der Erkundungsstelle (RKS)



Abbildungen 15b: Profilbalkendarstellung der Erkundungsstelle



Die **Anlagen 2.10 bis 2.13** enthalten nochmal in separaten Darstellungen die Profilbalkendarstellungen der Rammkernsondierungen.

Zusammenfassend kann herausgestellt werden, dass die Baugrundaufschlüsse in den erkundeten Streckenabschnitten denen der Standorte entsprechen. Danach folgen unterhalb des geländeanliegenden Oberbodens aus humos - organischen und schluffig durchsetztem Feinsand (Bodengruppe OH) Schichtfolgen des Pleistozäns aus Sanden, teils mit organischen Bestandteilen und Holz in lockerer bis mitteldichter Lagerung (Bodengruppe SI, SI - OH und OH). Vereinzelt treten Wechselzonen aus Sanden und stark tonigen Schluffen in weicher Konsistenz auf (Bohrung Z1 - Standort WEA 01 - nordwestliche Zuwegung).



Die Schluffe sind aufgrund der angereicherten humos - organischen Gehalte in die Bodengruppe HZ einzuteilen.

Grundwasser wurde in allen Bohrung angetroffen und ergaben am Erkundungstag Pegel zwischen 0,80 und 0,90 m unter GOK. Zudem zeigten die Schichtglieder ein Feuchtespektrum zwischen "feucht und nass".

## Folgerungen

Der Oberboden ist hoch verformungsempfindlich und daher ungenügend tragfähig. Er muss entsprechend seiner ausgebildeten Schichtdicken vollständig ausgeräumt werden.

Bei dem unterhalb des Oberbodens anstehenden Untergrund handelt es sich nach den punktuellen Prüfstellen um nichtbindige, grobkörnige Böden und um Böden mit organischen Beimengungen. In Anlehnung an die ZTVE - StB ist die Frostempfindlichkeitsklasse **F 1** → **nicht frostempfindlich** und **F 3** → **sehr frostempfindlich** zuzuordnen.

Für die Gründung der Verkehrsflächen ist ein Mindestverformungsmodul für das Planum von  $E_{v2} = 45 \text{ MN} / \text{m}^2$  vorauszusetzen. Dies entspricht im Übrigen auch den Richtlinien der ZTVE - StB, Abschn. 4.5. Das Leistungsmerkmal wird durch den Lastplattendruckversuch nach DIN 18134 ermittelt. Hiervon ausgehend wird auf dem Planum im Bauzustand ein ausreichend tragfähiger Untergrund abgeleitet.

Im Hinblick auf die erwarteten Eigenschaften und der aktuell festgestellten Lagerungsdichten / Konsistenzen und der organisch - humosen Beimengungen dürften abschätzend Verformungsmoduln von  $E_{v2} = 5$  bis  $15 \text{ MN} / \text{m}^2$  erreicht werden. Es handelt sich somit um einen nicht ausreichend tragfähigen Untergrund, welcher einer auf die Verkehrsbelastung angepasste Ertüchtigung bedarf.

Eine Verfestigung des Untergrundes durch Einarbeiten von Zement (bei nichtbindigen Böden) oder Kalk / Zement (bei bindigen und organisch - humosen Böden) ist nicht zu empfehlen und zumindest für die Böden mit zersetzungswirksamen Inhalten auch nicht geeignet. Verdichtungsleistungen können ebenfalls nicht die gewünschte Tragfähigkeit in Aussicht stellen. Stattdessen sollte ein tiefenmäßig begrenzter Bodenaustausch und Ersatz durch gleichmäßig kornabgestufte sowie einbau- und verdichtungsfähige mineralische Brechkorngemische vorgenommen werden. Die erforderliche Austauschdicke und deren Optimierung ist zweckmäßigerweise in einem integrierten Prüffeld zu ermitteln und festzulegen.

Eine Optimierung der Einbaufertigdicke kann erreicht werden, wenn zwischen dem Planum und dem Bodenaustausch ein Geogitter mit aufkaschiertem Vlies vollflächig aufgelegt wird (TENAX GT HM 3 oder TENSAR InterAx NX850).



Zunächst wird das Erdplanum mit einer Breite von  $b = 4 \text{ m}$  (bzw. nach Angaben des Anlagenherstellers) angelegt und zur raschen Abführung von Niederschlagswässern mit einem einseitigen Gefälle (ggf. Dachgefälle) von wenigstens 2 - 3 % zum Wegrand hin glättend profiliert sowie intensiv statisch verdichtet (Glattmantelwalze 4 bis 6 überlappende Übergänge). Der Verdichtung sollten mindestens 3 Tage niederschlagsfreies Wetter vorausgegangen sein.

Zur Vermeidung von Vernässungen am seitlichen Rand sollte erwogen werden, eine Entwässerungseinrichtung in Form eines Grabenprofils und Ausbildung eines vorflutseitigen Gefälles herzurichten. Hierdurch soll vermieden werden, dass das anfallende Niederschlagswasser zu einer Aufweichung des Planums führen kann. Dies gilt auch für den Endzustand.

Sofern die Bodenaustauschschicht frostsicheren Eigenschaften entspricht, kann sie bei der Festlegung des frostsicheren Gesamtaufbaus hinzugerechnet werden.

Voraussetzung für das Erreichen der Proctordichte von  $D_{pr} \geq 100 \%$  und einem Verdichtungsverhältnis von  $E_{v2} / E_{v2} \leq 2,3$  in Oberkante Tragschicht ist eine entsprechende Dimensionierung aus geeigneten mineralischen Gesteinen.

Zu diesem Zweck sollte der durchlaufende Einbau einer frostsicheren Oberbaukonstruktion (Tragschicht = Frostschuttschicht) aus gleichmäßig kornabgestuftem und raumbeständigen, frostsicheren, frostbeständigen sowie einbau- und verdichtungsfähigem Brechkornmisch vorgesehen werden (z.B. Korngröße 0 - 32 oder 0 - 45 mm).

Sofern eine umweltrelevante Unbedenklichkeit und sonstige Eignung für den vorgesehenen Zweck vorliegt, kann auch Recycling - Material verwendet werden (besondere Freigabe erforderlich!).

In Anlehnung an die erwarteten Belastungsklasse  $B_{k3,2}$  gem. RStO - "*Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen*", sollte der erforderliche frostsichere Gesamtaufbau insgesamt  $d = 0,60 \text{ m}$  entsprechen. Für den Fall eines frostsicheren Bodenaustausches dürfte die Aufbaustärke der Tragschicht mit  $d = 0,30 \text{ m}$  genügen.

Es wird angeraten, die baubegleitenden Kontrollprüfungen entlang der jeweiligen Trasse durch das Büro des Baugrundsachverständigen oder einem anderen öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen durchführen zu lassen.

Alle weiteren Anforderungen sind mit dem Anlagenhersteller zu klären.

## 8 Kranstell- und Montageflächen

Kranstell- und Montageflächen unterliegen einer besonderen Beanspruchung. Insbesondere die Kranstellflächen werden im Hinblick auf die eingesetzten Hebefahrzeuge durch hohe Sohl drücke beansprucht.

Der Untergrund muss gewährleisten, dass infolge der Beanspruchungen keine unzulässigen Schiefstellungen auftreten können. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Lastbeanspruchung in die angrenzende Arbeitsraumverfüllung des Fundamentes hineinreicht. Zudem gelten die Anforderungen analog zu den Zuwegungen sinngemäß. Dies betrifft vor allem die Dauerhaftigkeit der Eigenschaften und Beschaffenheit sowie die Frostsicherheit.

Konkrete Anforderungen des Anlagenherstellers liegen nicht vor.

Erfahrungsgemäß sind bei vergleichbaren Bauvorhaben folgende Anforderungen zu erfüllen:

### Tragfähigkeit:

Untergrund	$E_{v2} \geq 45 \text{ MN / m}^2$
Oberbau, Tragschicht	$E_{v2} \geq 100 \text{ MN / m}^2$ / $D_{pr} \geq 100 \%$
Verhältniswert $E_{v2} / E_{v1}$	$\leq 2,3$

### Material:

Tragschicht	gebrochenes Naturgestein 0 - 32 oder 0 - 45 mm, Feinanteil $\leq 5\%$ (zertifiziert)
-------------	---

Der Nachweis des Verdichtungsgrades ( $D_{pr}$ ) erfolgt nach DIN 18127. Das Verformungsmodul ( $E_{v2}$ ) wird mit statischem Plattendruckversuch nach DIN 18134 ebenfalls schichtweise nachgewiesen.

Die Kranstellfläche sollte vom Höhenniveau über Geländeoberkante liegen, damit der Ablauf von Oberflächenwasser gewährleistet wird.

Zur Niederschlagsabführung wird der Einbau einer Dränage erforderlich. Zu diesem Zweck sind Gräben zu profilieren, in denen Dränageleitungen DN 100 mm im Gefälle von mindestens  $I = 1\%$  verlegt werden. Die Dränagen sind allseitig  $d = 0,15 \text{ m}$  mit filterwirksamen Kiessand zu ummanteln und vorflutseitig rückstaufrei abzuleiten.

Eine konkrete Höhenplanung der Kranstell- und sonstigen Arbeitsflächen lag während der Bearbeitung noch nicht vor.

Zwecks erster Einschätzung der geotechnischen Rahmenbedingungen am Bauort der Kranstellflächen wurde eine gesonderte punktuelle Erkundung beauftragt. Im Folgenden wird das Ergebnis dargestellt und beschrieben.

Nachstehende Abbildungen zeigen die Lage der Kranstellflächen (s. auch **Anlagen 1.1 bis 1.3**). Jeweils nachgeordnet werden je Standort die zum Zweck der orientierenden Erkundung niedergebrachten Erkundungs- und Prüfstellen abgebildet.

## Standort WEA 01

Abbildung 16a: Lage der Erkundungsstelle (RKS)

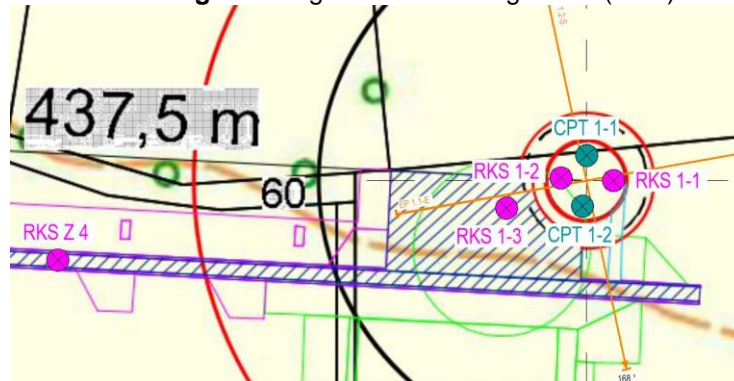
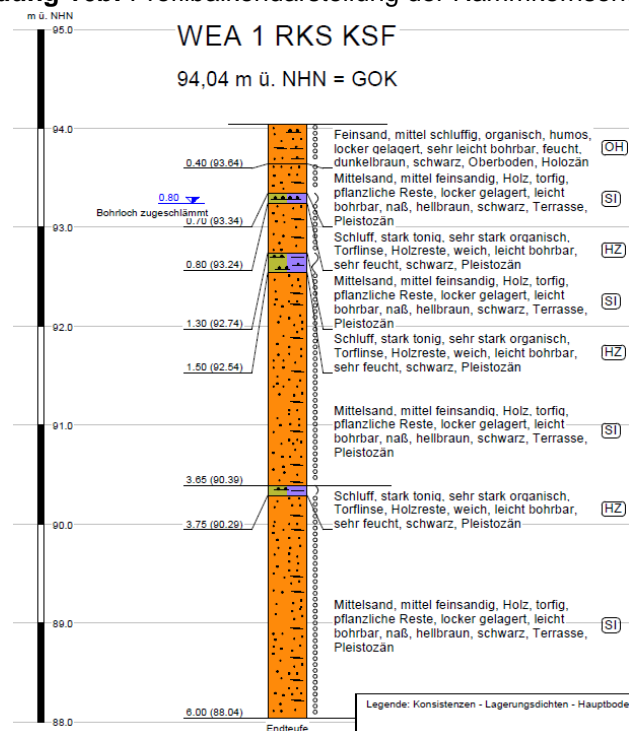


Abbildung 16b: Profilbalkendarstellung der Rammkernsondierung



## Standort WEA 02

Abbildung 17a: Lage der Erkundungsstelle (RKS)

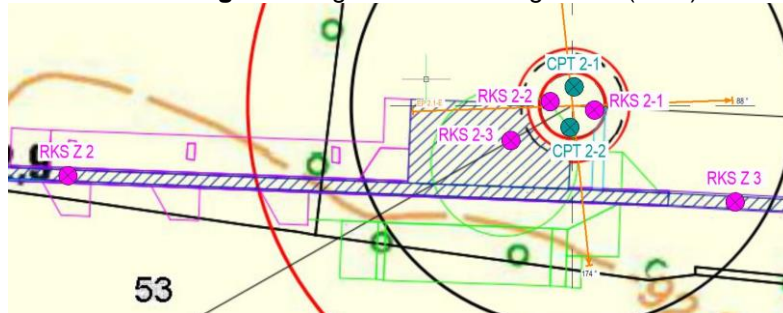
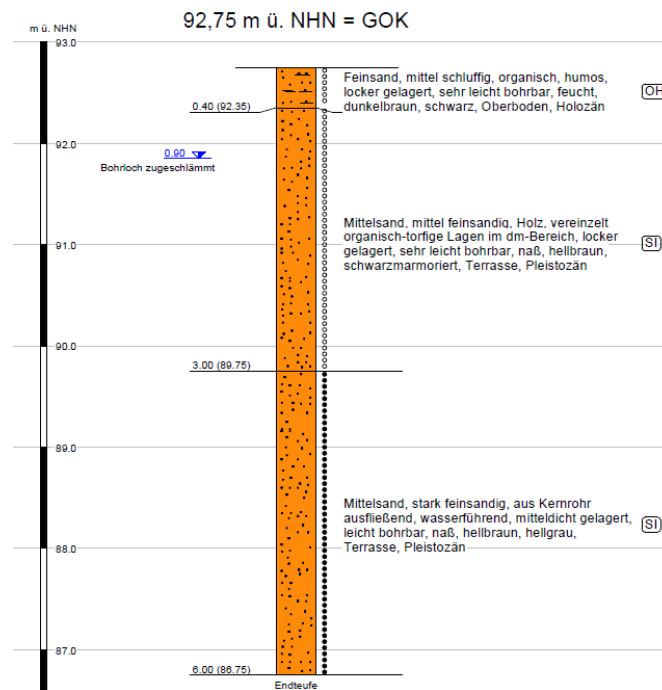


Abbildung 16b: Profilbalkendarstellung der Rammkernsondierung  
WEA 2 RKS KSF



Standort WEA 03

Abbildung 18a: Lage der Erkundungsstelle (RKS)

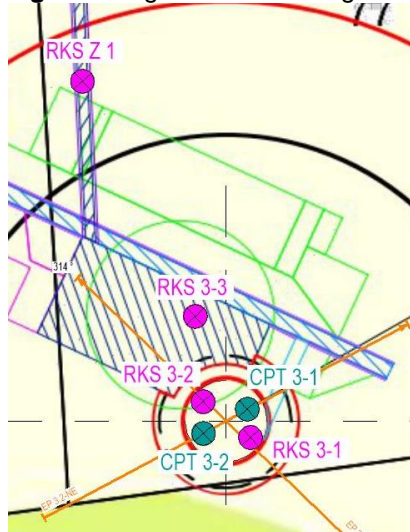
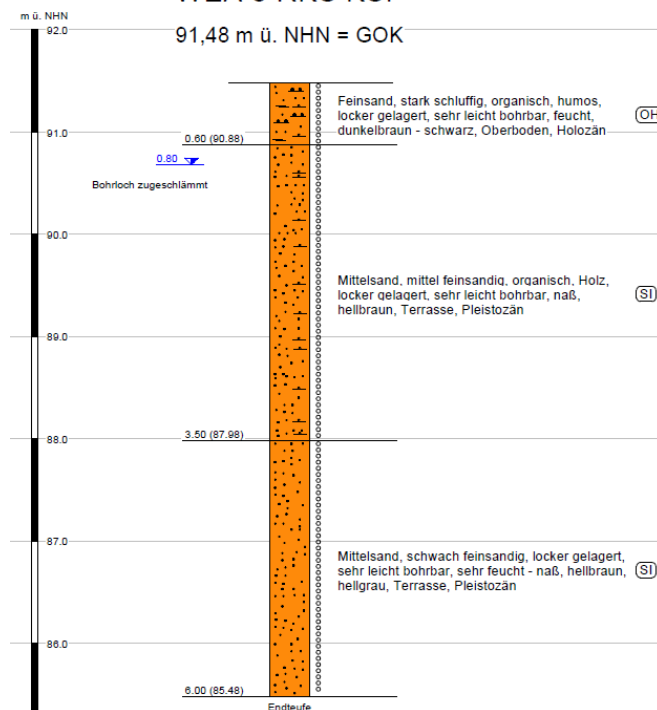


Abbildung 18b: Profilbalkendarstellung der Rammkernsondierung  
WEA 3 RKS KSF





Die **Anlagen 2.3, 2.6 und 2.9** zeigen nochmal in separaten Darstellungen die Bohrprofile.

Gemäß dem Untersuchungsbefund hat sich ergeben, dass die anstehenden Bodenverhältnisse an den Standorten durch vergleichbare Bedingungen vorliegen. Unter geländeabdeckendem Oberboden aus organisch - humos durchsetzten Feindsanden folgen Mittelsande und am Standort WEA 01 zusätzlich zwischenlagernde Schichtfolgen von stark tonigen Schluffen. Innerhalb der Bodenhorizonte sind organisch - torfige Bestandteile, teils im dm - Bereich sowie Holz und Pflanzenreste enthalten. Während die grobkörnigen Böden locker gelagert angetroffen wurden, zeigten die bindigen, feinkörnigen Zwischenlagen weiche Konsistenz. Eine Begrenzung der stark verformungsempfindlichen Böden ist erst in größeren Tiefen erwartbar.

Auch hier, ähnlich wie an den benachbarten Standorten selbst, konnte allorts Grundwasser eingemessen werden. Nach aktuellem Befund lagen die Pegel am Erkundungstag in Tiefen zwischen 0,80 und 0,90 m unter Geländeniveau. Zudem ist der anstehende Boden durch Nässebeeinflussung bis nahe des Geländes beansprucht.

Bei dem unterhalb des Oberbodens anstehenden Untergrundes handelt es sich nach den Befunden bautechnisch nach DIN 18196 um nichtbindige, grobkörnige und um bindige, feinkörnige sowie organogene Böden der **Bodengruppe SI und HZ**. Nach ZTVE - StB ist für die Untergrundböden die Frostempfindlichkeitsklasse **F 1** → **nicht frostempfindlich** und **F 3** → **sehr frostempfindlich** zuzuordnen.

Auch hier gilt, dass der Oberboden vollflächig entsprechend der ausgebildeten Schichtdicke auszuräumen ist.

Für die Gründung der Verkehrsflächen ist ein Mindestverformungsmodul für das Planum von  $E_{v2} = 45 \text{ MN} / \text{m}^2$  vorauszusetzen. Dies entspricht im Übrigen auch den Richtlinien der ZTVE - StB, Abschn. 4.5. Das Leistungsmerkmal wird durch den Lastplattendruckversuch nach DIN 18134 ermittelt. Hiervon ausgehend wird auf dem Planum im Bauzustand ein ausreichend tragfähiger Untergrund abgeleitet.

Im Hinblick auf die Einwirkung der Verkehrslasten mit entsprechender Tiefenwirkung werden stark setzungsempfindliche Böden durch die Lastabtragung beansprucht. Diese Böden gelten für konzentrierte Lasteinwirkungen als **nicht ausreichend verformungsstabil**.

Im Hinblick auf die Eigenschaften der anstehenden Böden dürften abschätzend lediglich Verformungsmoduln von höchstens  $E_{v2} = 5 \text{ bis } 15 \text{ MN} / \text{m}^2$  erreicht werden.

Die Befürchtung unzulässiger Untergrundverformungen lässt als gebotene Empfehlung nur den Schluss zu, den anstehenden Untergrund hinsichtlich der Tragfähigkeitsbedingungen allorts zu verbessern.





Empfohlen wird ein auf die Lasteinwirkungen angepasster Bodenaustausch und Ersatz durch geeignete mineralische Brechkorngemische. Zur Verwendung kommen ausschließlich Güteerdbaustoffe mit gleichmäßiger Kornabstufung (zertifiziertes Splitt - Schotter - Gemisch Körnung 0 - 32 oder 0 - 45 mm, Feinanteil unter 5%), welches lagenweise eingebaut ( $d = 0,30$  m) und lagenweise verdichtet wird.

Vorab wird grob abschätzend mit einer kalkulatorischen Schichtstärke von  $d = 1,5$  m gerechnet. Eine exakte bzw. wirtschaftlich optimierte Schichtstärke ist allerdings im Vorfeld nicht anzugeben und sollte in einem integrierten Prüffeld unter Beteiligung des Baugrundsachverständigen bestimmt werden. Hierfür ist zudem die Angabe der tatsächlich zum Einsatz kommenden Krantechnik und der Lastbeanspruchung erforderlich.

Als Maßnahme zur Verbesserung der Tragfähigkeitseigenschaften und Optimierung des Schichtaufbaus ist der Einbau eines verformungsstabilen und knotensteifen Geogitters mit aufkaschiertem Vlies zwischen dem Planum und dem Bodenaustausch zu nennen (Typ: TENAX GT HM3 oder TENSAR InterAx NX850). Eine 2. Lage, hier jedoch ohne Vlies, empfiehlt sich in halber Aufbauhöhe.

Die Erdarbeiten in der Fläche der Abgrabungen können auf Grund des hohen Grundwasserspiegels nur durch entsprechende (vorlaufende) Wasserhaltungsmaßnahmen ermöglicht werden. Diese müssen gewährleisten, dass der Grundwasserspiegel im Verlauf der profilierungs- und erdbautechnischen Arbeiten mit ausreichendem Abstand unterhalb der jeweiligen Bearbeitungsfläche gehalten wird. Im Hinblick auf die erwarteten Durchlässigkeitseigenschaften des anstehenden Bodens bietet sich eine horizontale Dränentwässerung über eine sogenannte Tiefendränage an.

Die Tiefendränage ist ein Verfahren mit dem das Grundwasser durch eingefräste Dränrohre abgeführt wird und ist insbesondere für große Flächen geeignet. Es sind je nach Untergrund und Bedarf Ausführungstiefen bis 6 und 8 m möglich.

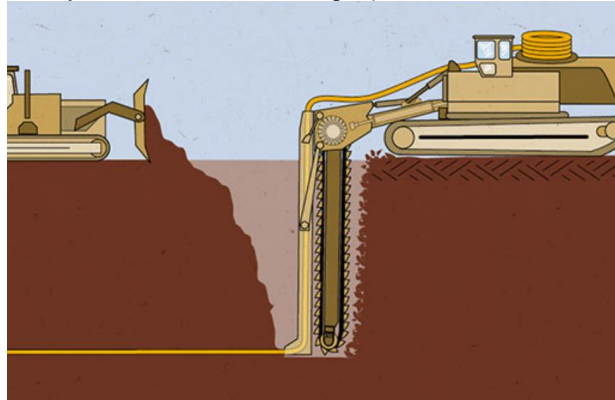
Die Dränagen können unterirdisch an Sammelrohre angeschlossen und vorflutseitig abgeführt werden.

Es wird ein dauerhaft wirksamer Ausbau erforderlich, um auch im Endzustand eine Entspannung des Grundwassers und Ausschluss von hydrostatischen Lastbeanspruchungen auf die Flächen zu vermeiden.

Notfallvorrichtung bei Versagen von einzelnen Konstruktionseinrichtungen der Tiefendränage in Form von separaten Entspannungsbrunnen sollten eingeplant werden.

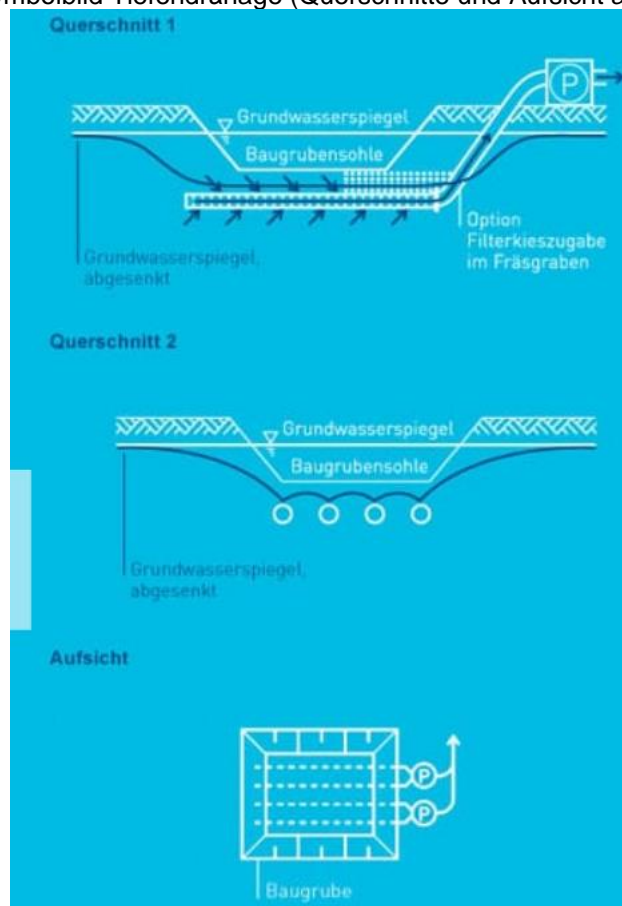
Die nachstehenden Abbildungen zeigen Symbolbilder der Tiefendrainierung.

**Abbildung 19a:** Symbolbild Tiefendrainage (Querschnitt als Prinzipdarstellung)



Quelle: Internetauftritt Fa. Möhle GmbH, Edewecht

**Abbildung 19b:** Symbolbild Tiefendrainage (Querschnitte und Aufsicht als Prinzipdarstellung)



Quelle: Internetauftritt Fa. Clausen GmbH, Qickborn

Als Arbeitsebene für die Einbauarbeiten muss ein ausreichender Abstand vom jeweiligen Grundwasserspiegel vorhanden sein, um eine Vernässung und damit Aufweichung bzw. Verbreiung der Ebene zu vermeiden.

## **BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG**

Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen  
Geophysik & Geotechnik



Bezüglich der gesamten Tragkonstruktion ist zu beachten, dass wegen der bislang noch unbekanntem Lastgröße des tatsächlich zum Einsatz kommenden Kranes das System auf die Belastungssituation abzustimmen ist.

Für die Flächenbereiche wird aufgrund umfangreicher Erfahrungen zur Prüfung und Optimierung der bestimmungsgemäßen Aufbauten das Anlegen von Testfeldern zwingend erforderlich.

Das Erdplanum, die eingebauten mineralischen Schichten (Planum / OK Bodenaustausch und OK Tragschicht) ist durch Lastplattendruckversuche abzunehmen.

Die dauerhafte Standsicherheit der abgenommenen Flächen ist für die Bau- und Betriebszeit sicherzustellen.

Im Übrigen gelten die Vorgaben des Anlagenherstellers.



## 9 Schlussbemerkungen

Sollten während der Arbeiten Abweichungen von den punktuell gewonnenen Erkundungsfeststellungen angetroffen werden, bitten wir rechtzeitig um Benachrichtigung. Dies gilt auch für Planungsänderungen gegenüber den zur Verfügung gestellten Bearbeitungsgrundlagen und Planunterlagen.

Das Gutachten gilt nur vollständig und nach Prüfung bzw. Abnahme der Gründungsempfehlungen sowie den Hinweisen zur Bauausführung durch den Baugrundsachverständigen. Wir bitten um Verständnis, dass nur nach örtlicher Prüfung während der bautechnischen Arbeiten Gewähr für die Richtigkeit des Gutachtens sowie der umgesetzten Baugrundbeurteilungen übernommen werden kann.

Für weitere ingenieurgeologische Beratungen stehen wir Ihnen selbstverständlich gerne zur Verfügung.

Aufgestellt: Trendelburg, den 09.03.2023

**BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG**  
vertreten durch Dr. Schubert, Verwaltungsgesellschaft mbH  
Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen  
Geophysik & Geotechnik  
Trendelburg  
05671 77970 • Fax 05671-779710  
eMail: info@bbu-schubert.de  
www.bbu-schubert.de

Dr. Malte Schindler

**BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG**

vertreten durch Dr. Schubert, Verwaltungsgesellschaft mbH

Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen  
Geophysik & Geotechnik

Trendelburg

M.Sc. Geowiss. Johannes Sucke

Projektbearbeitung - BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG  
www.bbu-schubert.de

---

<b>Anlage 1.1 bis 1.3</b>	-	Lagepläne mit Einkartierung der Erkundungs- / Prüfstellen und geophysikalischen Messrichtungen sowie Übersichtsplan
<b>Anlage 2.1 bis 2.13</b>	-	Profilbalkendarstellung der Rammkernsondierungen
<b>Anlage 3.1 bis 3.3</b>	-	Summenkurven der Kornverteilung
<b>Anlage 4.1 bis 4.6</b>	-	Widerstandslinien der elektrischen Drucksondierungen
<b>Anlage 5</b>	-	Analysebefund bauchemische Bodenbeprobung
<b>Anlage 6</b>	-	Analysebefund der orientierenden Umweltbeprobung

---

Schutzvermerk ISO 16016:

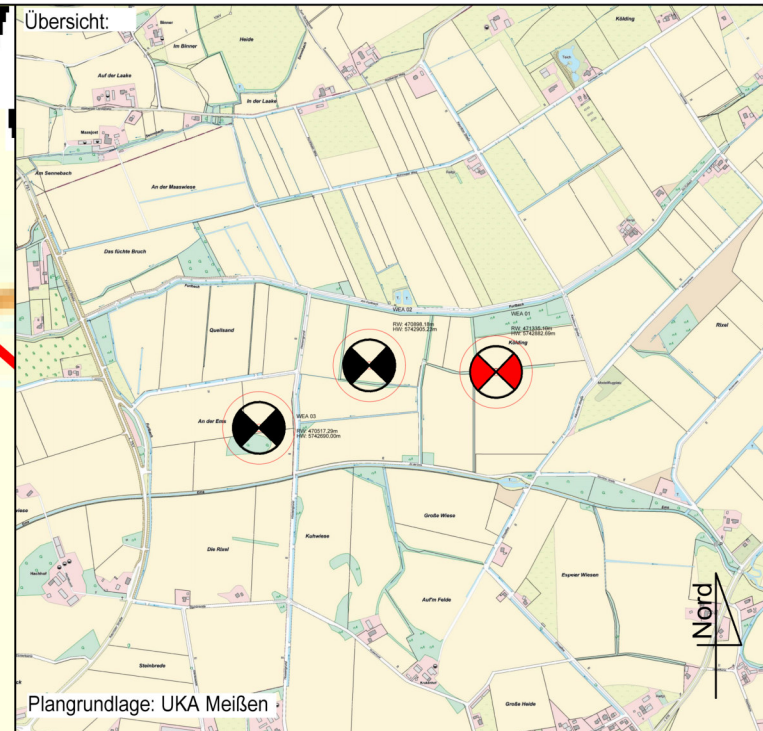
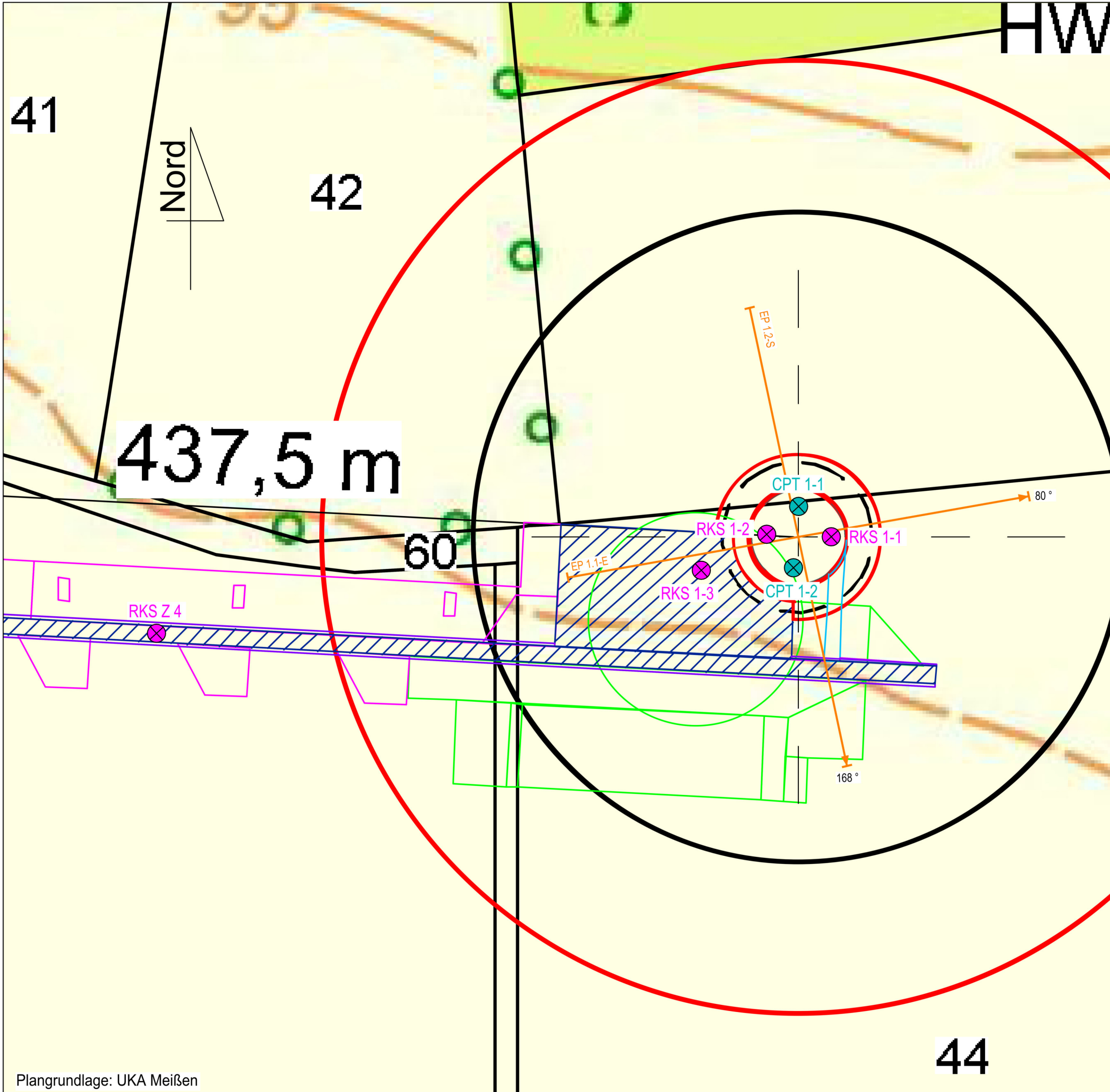
Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet.



# **Anlage 1.1 bis 1.3**

**Lagepläne mit Einkartierung der Erkundungs- /  
Prüfstellen und geophysikalischen  
Messrichtungen sowie Übersichtsplan**

**221377-1 WP Hövelhof  
Errichtung von 3 WEA SIEMENS Gamesa SG 6.6-170 mit  
165 m Nh.**

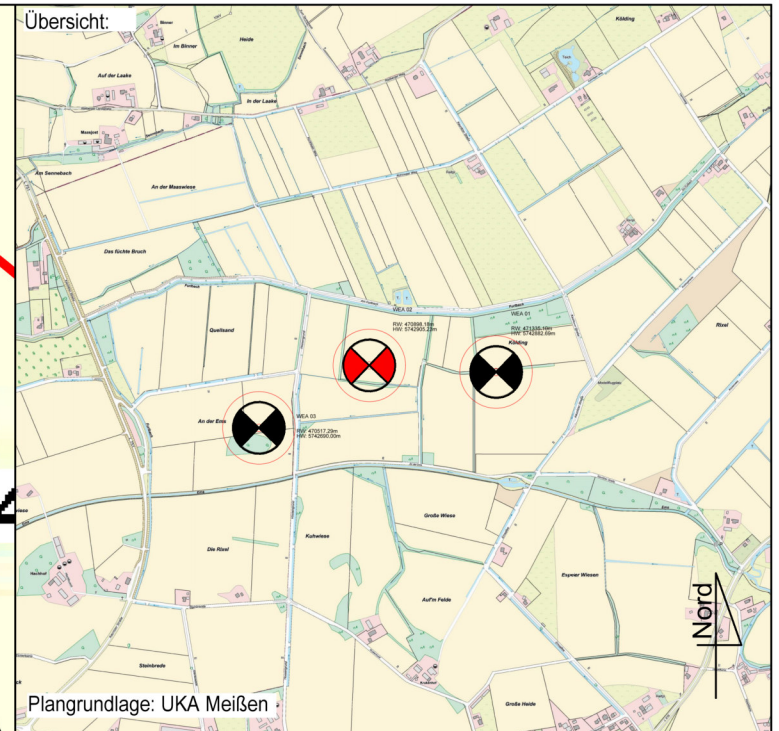
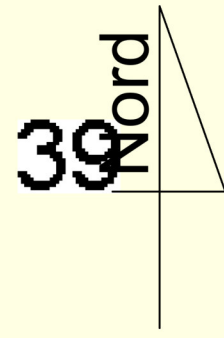


**Legende:**

- Geoelektrisches Messprofil
- RKS... Ansatzstelle der Rammkernsondierung
- CPT... Ansatzstelle der Drucksondierung

**BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG**  
 Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen  
 Geophysik & Geotechnik  
 Glockenplatz 1 - 34388 Trendelburg  
 Tel. 05671 / 77970 - Fax. 05671 / 779710  
 eMail: info@bbu-schubert.de - Homepage: www.bbu-schubert.de

<b>Auftraggeber:</b> <b>UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH &amp; Co. KG</b> Dr.-Eberle-Platz 1 01662 Meißen	Projekt Nr.: 221377	Anlage: 1.1
	Maßstab: (A3-Format) 1:1000	Datum: 02.02.2023
	Gezeichnet: DW	Geprüft: JS
<b>Baumaßnahme:</b> Windpark Hövelhof Errichtung von 3 WEA Siemens-Garmesa Typ SG6.6-170 mit 165 m Nabhöhe	<b>Planinhalt:</b> <b>Lageplan</b> der Erkundungspunkte WEA1 + Zuwegung	



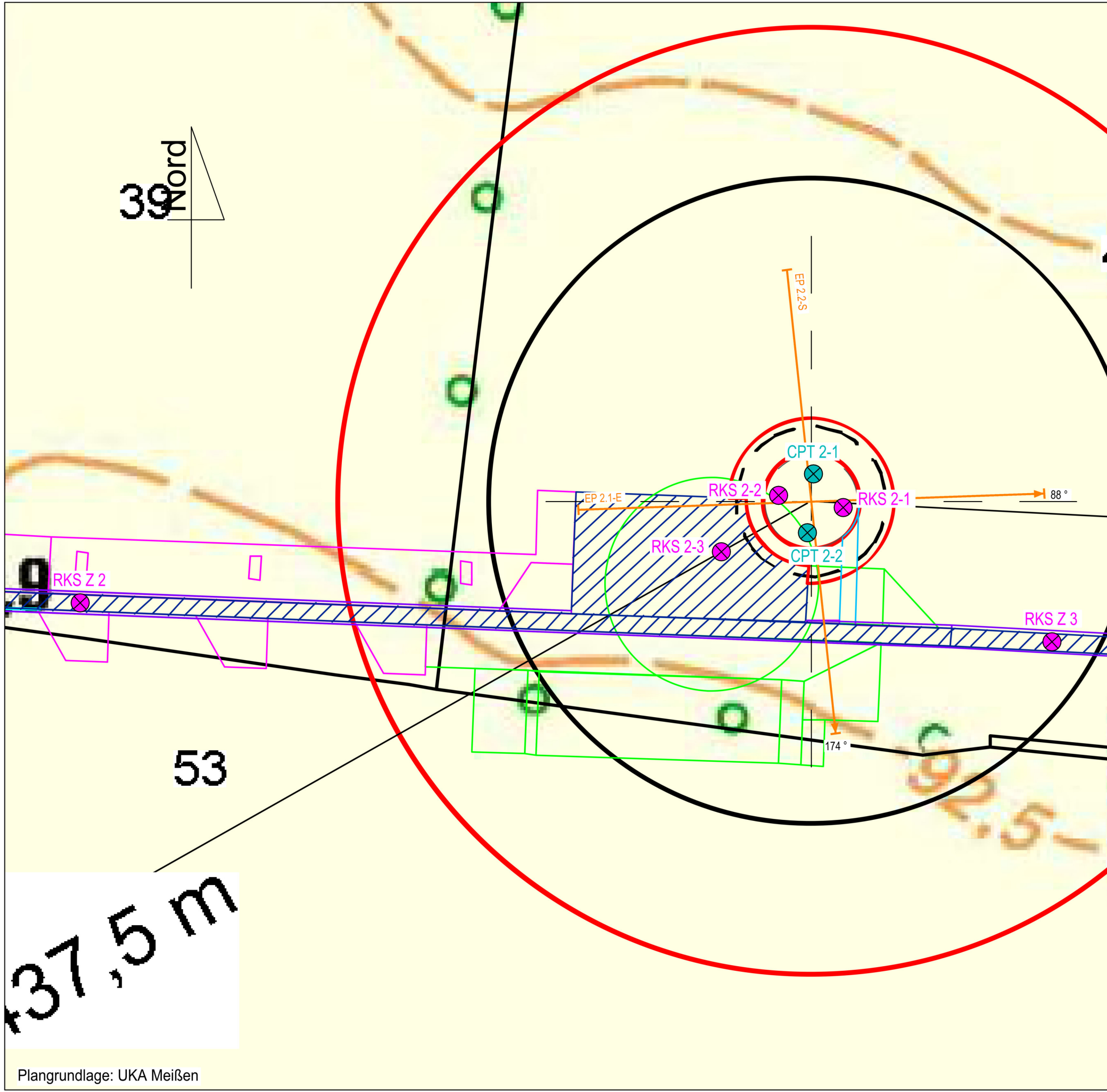
**Legende:**

-  Geoelektrisches Messprofil
-  RKS...  
Ansatzstelle der Rammkernsondierung
-  CPT...  
Ansatzstelle der Drucksondierung

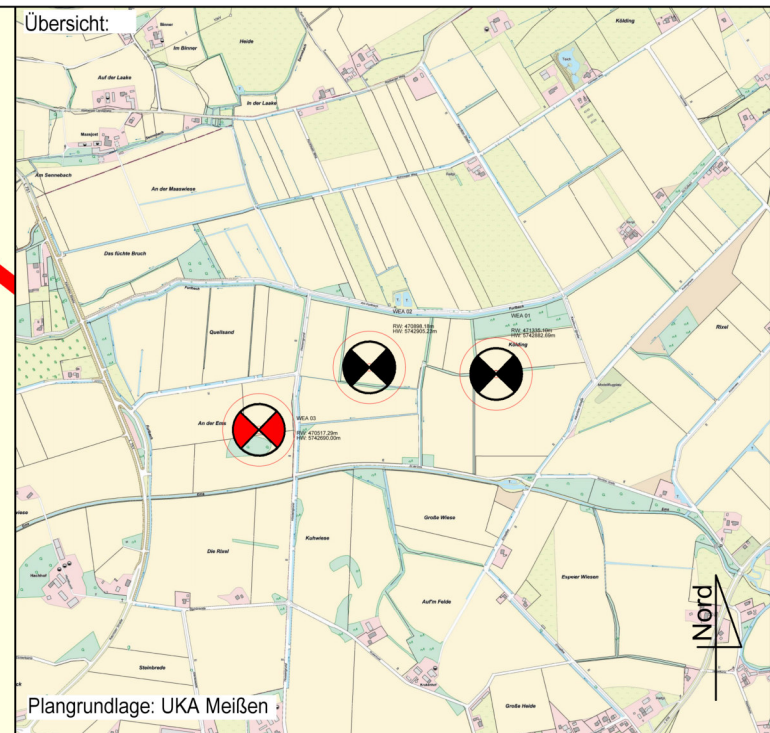
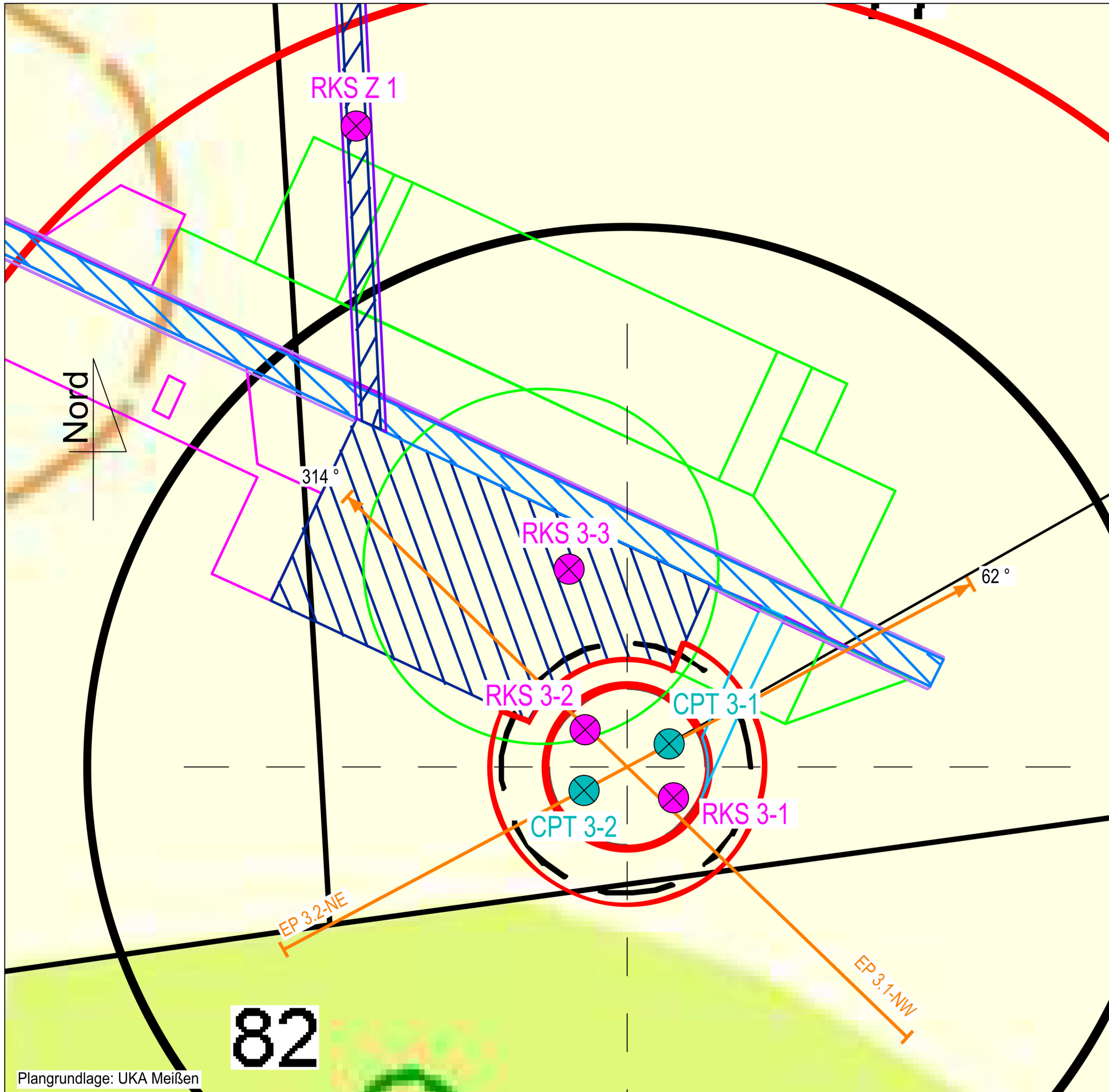
**BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG**  
 Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen  
 Geophysik & Geotechnik  
 Glockenplatz 1 - 34388 Trendelburg  
 Tel. 05671 / 77970 - Fax. 05671 / 779710  
 eMail: info@bbu-schubert.de - Homepage: www.bbu-schubert.de



<b>Auftraggeber:</b> <b>UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH &amp; Co. KG</b> Dr.-Eberle-Platz 1 01662 Meißen	Projekt Nr.: 221377	Anlage: 1.2
	Maßstab: (A3-Format) 1:1000	Datum: 02.02.2023
	Gezeichnet: DW	Geprüft: JS
<b>Baumaßnahme:</b> Windpark Hövelhof Errichtung von 3 WEA Siemens-Garmesa Typ SG6.6-170 mit 165m Nabhöhe	<b>Planinhalt:</b> <b>Lageplan</b> der Erkundungspunkte WEA2 + Zuwegung	



Plangrundlage: UKA Meißen



**Legende:**

- Geoelektrisches Messprofil
- RKS... Ansatzstelle der Rammkernsondierung
- CPT... Ansatzstelle der Drucksondierung

**BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG**  
 Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen  
 Geophysik & Geotechnik  
 Glockenplatz 1 - 34388 Trendelburg  
 Tel. 05671 / 77970 - Fax. 05671 / 779710  
 eMail: info@bbu-schubert.de - Homepage: www.bbu-schubert.de

Auftraggeber: <b>UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH &amp; Co. KG</b> Dr.-Eberle-Platz 1 01662 Meißen	Projekt Nr.: 221377	Anlage: 1.3
Baumaßnahme: Windpark Hövelhof Errichtung von 3 WEA Siemens-Garmesa Typ SG6.6-170 mit 165 m Nabenhöhe	Maßstab: (A3-Format) 1:600	Datum: 24.01.2023
	Gezeichnet: DW	Geprüft: MD
	Planinhalt: <b>Lageplan</b> der Erkundungspunkte WEA3 + Zuwegung	





# **Anlage 2.1 bis 2.13**

## **Profilbalkendarstellung der Rammkernsondierungen**

**221377-1 WP Hövelhof  
Errichtung von 3 WEA SIEMENS Gamesa SG 6.6-170 mit  
165 m Nh.**

Profil einer Rammkernsondierung  
 Maßstab der Höhe ca.: 1:50

# WEA 1 RKS 1

94,23 m ü. NHN = GOK

m ü. NHN

95.0

94.0

93.0

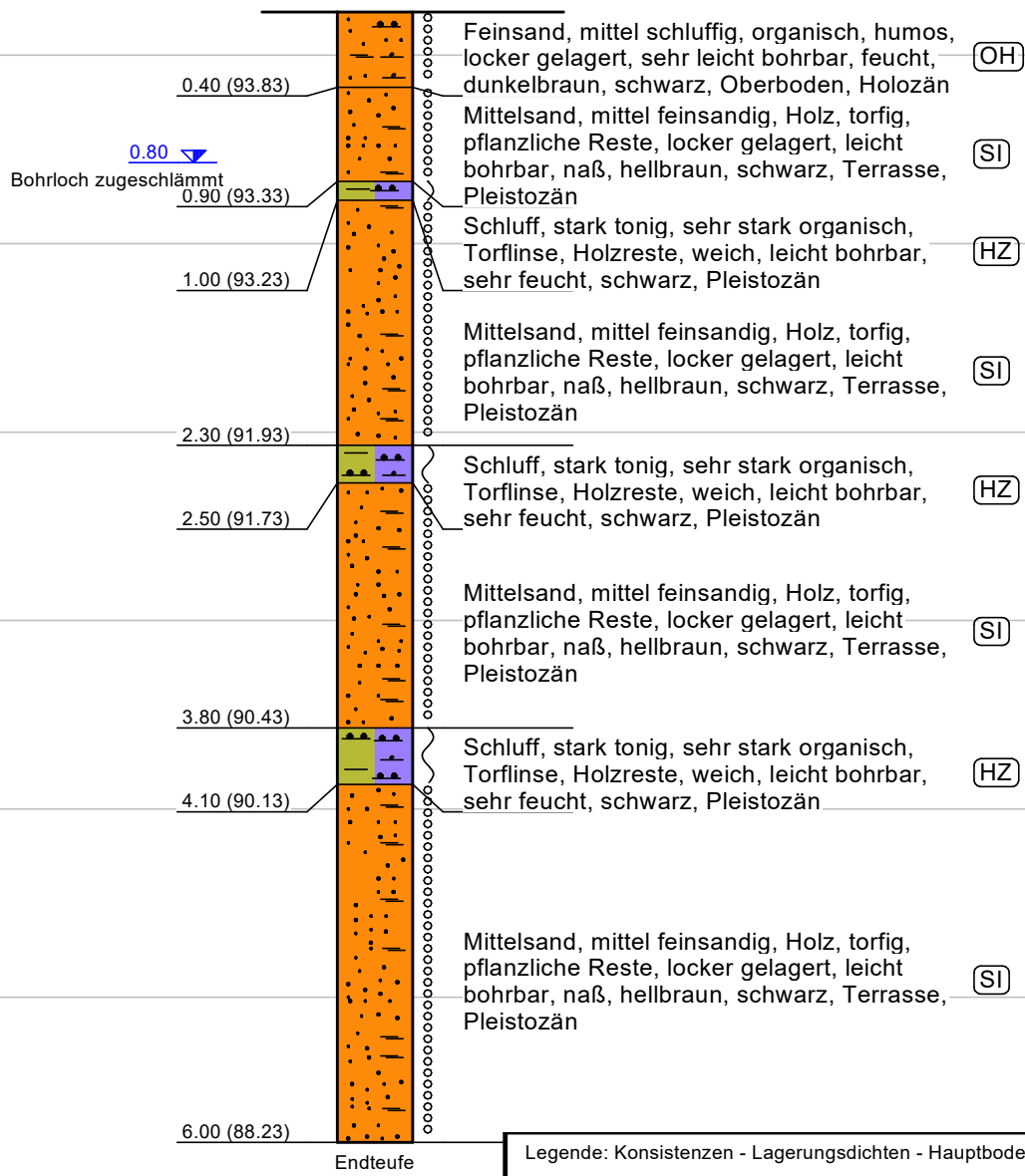
92.0

91.0

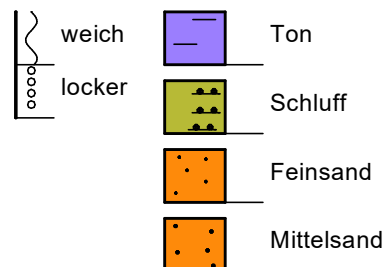
90.0

89.0

88.0



Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten



Hinweis:

0,8  
 01.02.2023 Bohrloch zugeschlämmt

Untergrund ab 0,8 m u. GOK wasserführend!

Profil einer Rammkernsondierung  
 Maßstab der Höhe ca.: 1:50

# WEA 1 RKS 2

94,18 m ü. NHN = GOK

m ü. NHN

95.0

94.0

93.0

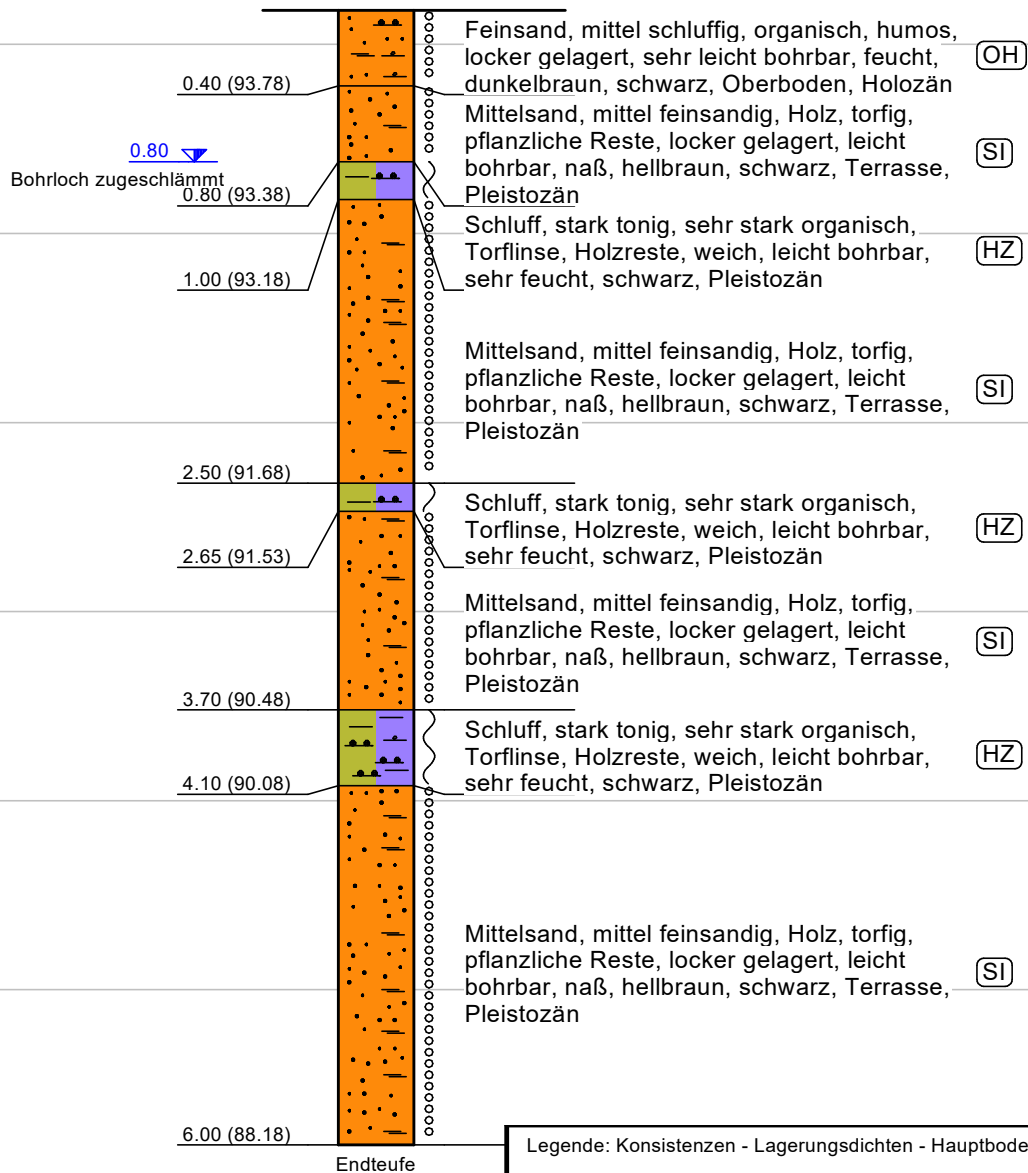
92.0

91.0

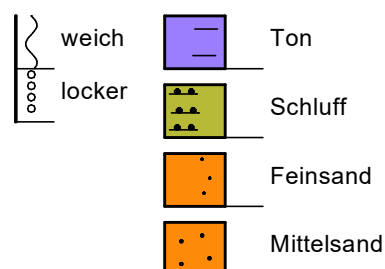
90.0

89.0

88.0



Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten



Hinweis:

0,8  
 01.02.2023 Bohrloch zugeschlämmt

Untergrund ab 0,8 m u. GOK wasserführend!

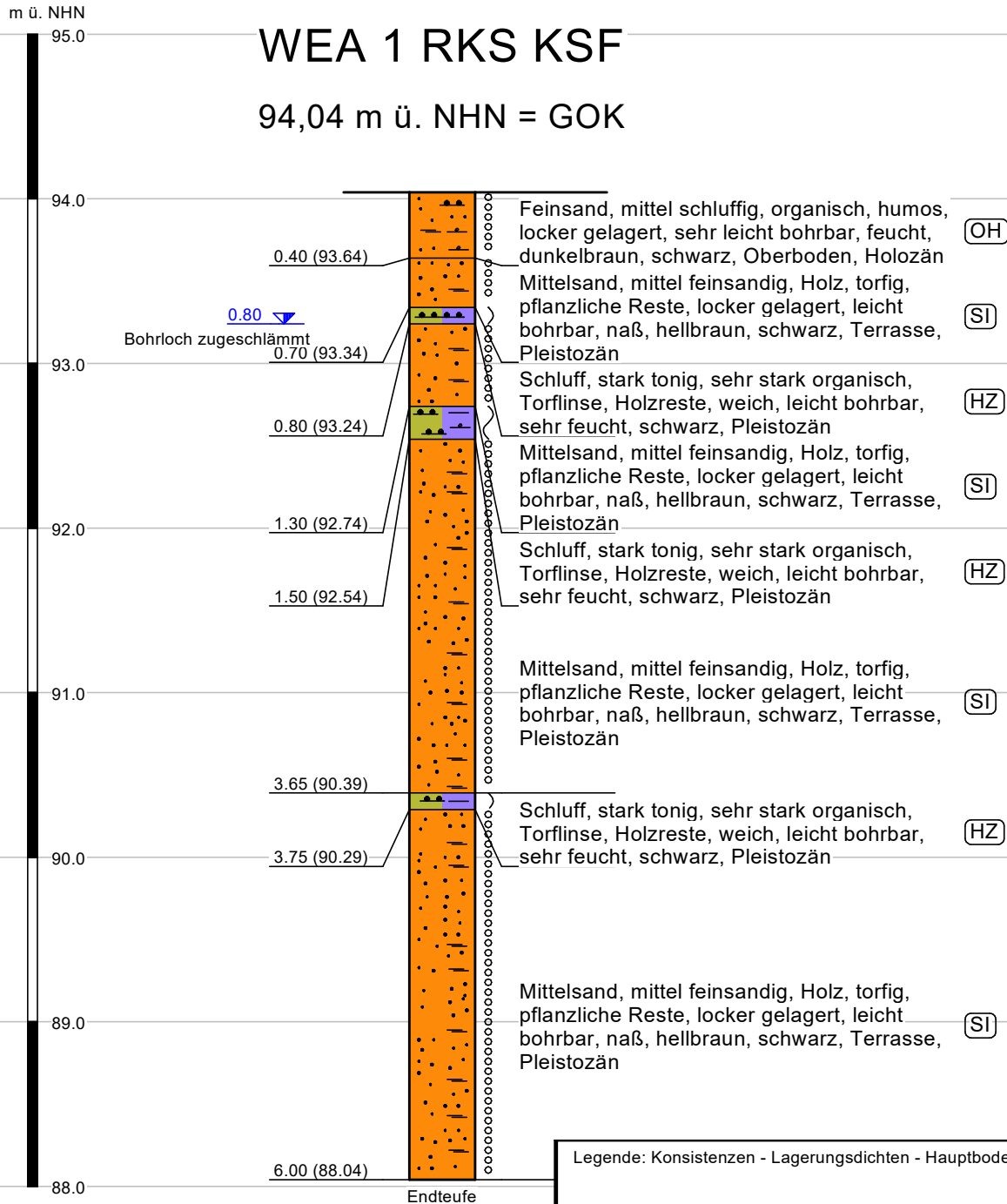
WP Hövelhof  
 Errichtung von drei WEA Siemens-Gamesa SG6.6-170

Projektnummer:  
 221377  
 Anlage:  
 2.3

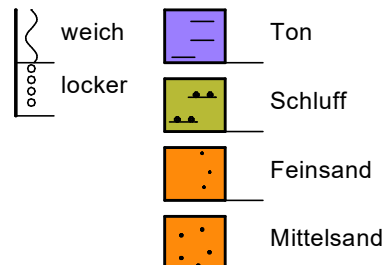
Profil einer Rammkernsondierung  
 Maßstab der Höhe ca.: 1:50

# WEA 1 RKS KSF

94,04 m ü. NHN = GOK



Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten



Hinweis:

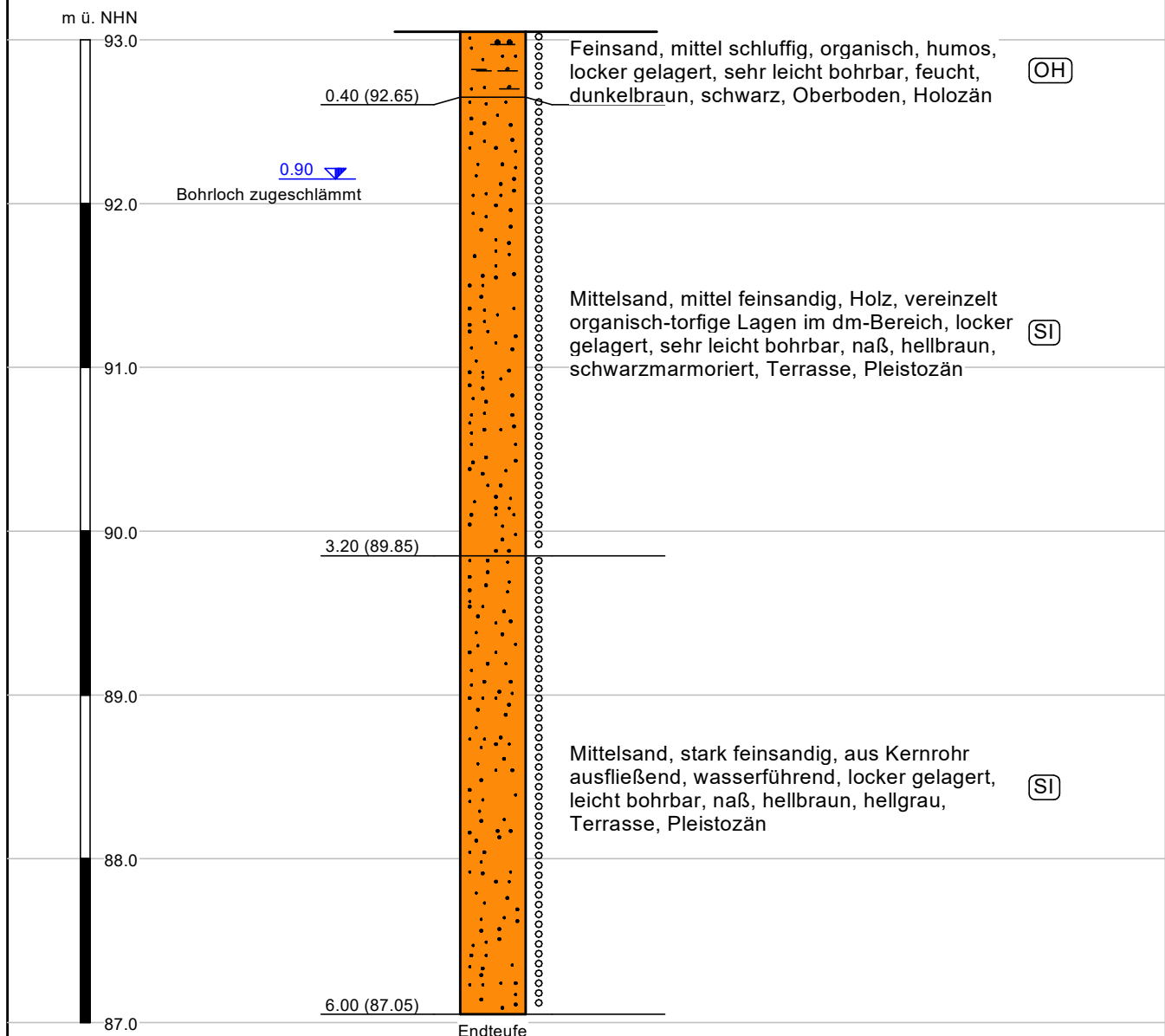
0,8  
 01.02.2023 Bohrloch zugeschlämmt

Untergrund ab 0,8 m u. GOK wasserführend!

Profil einer Rammkernsondierung  
 Maßstab der Höhe ca.: 1:50




# WEA 2 RKS 1

93,05 m ü. NHN = GOK



Hinweis:  
 0,9 m Bohrloch zugeschlämmt  
 01.02.2023  
 Untergrund ab 0,9 m u. GOK wasserführend!

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten

	locker		Feinsand
			Mittelsand

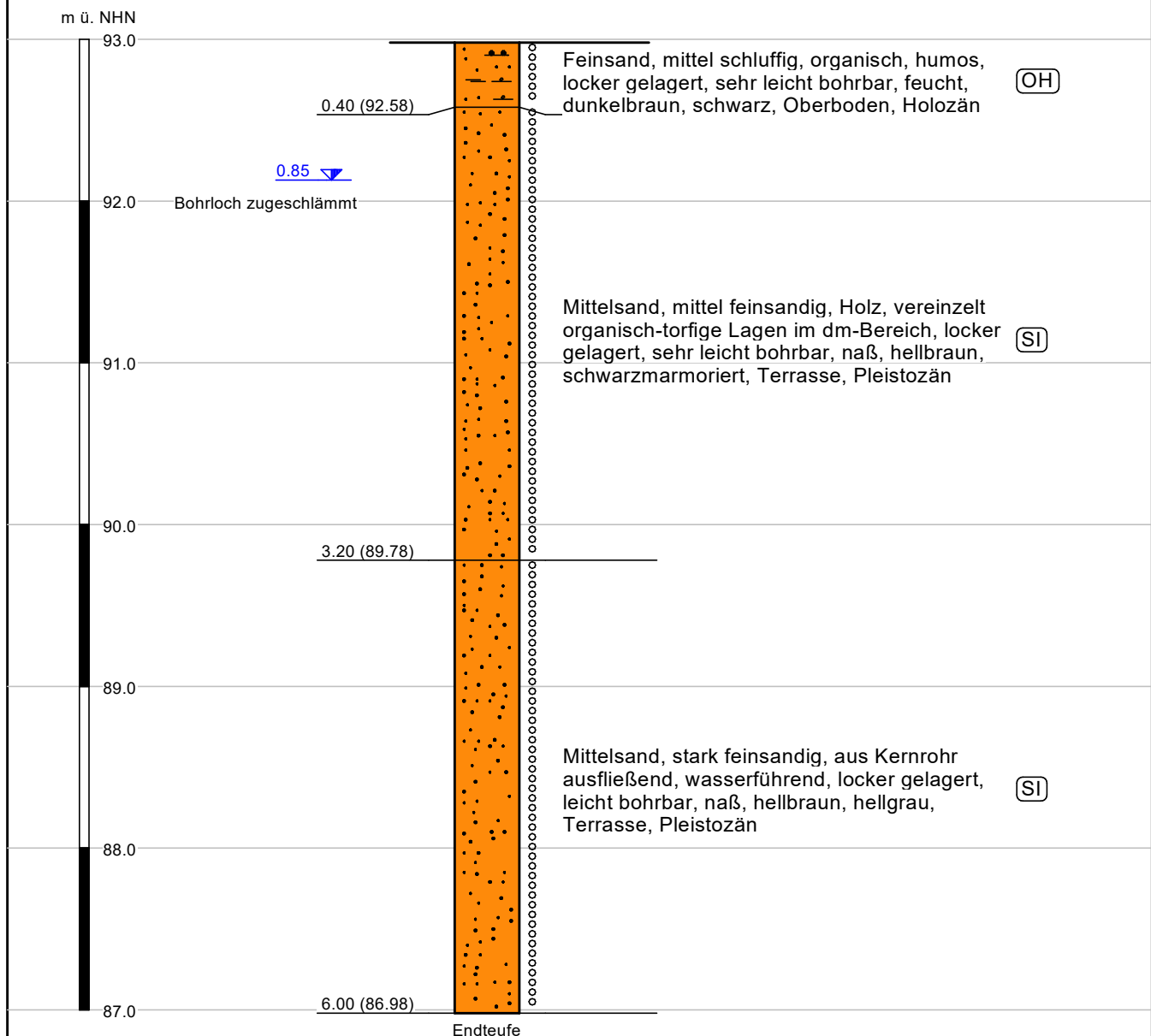
WP Hövelhof  
 Errichtung von drei WEA Siemens-Gamesa SG6.6-170

Projektnummer:  
 221377  
 Anlage:  
 2.5

Profil einer Rammkernsondierung  
 Maßstab der Höhe ca.: 1:50




# WEA 2 RKS 2

92,98 m ü. NHN = GOK



Hinweis:  
 0.85 m Bohrloch zugeschlämmt  
 01.02.2023  
 Untergrund ab 0,85 m u. GOK wasserführend!

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten

	locker		Feinsand
			Mittelsand

WP Hövelhof  
 Errichtung von drei WEA Siemens-Gamesa SG6.6-170

Projektnummer:  
 221377  
 Anlage:  
 2.6

Profil einer Rammkernsondierung  
 Maßstab der Höhe ca.: 1:50

# WEA 2 RKS KSF

92,75 m ü. NHN = GOK

m ü. NHN

93.0

92.0

91.0

90.0

89.0

88.0

87.0

86.0

0.40 (92.35)

3.00 (89.75)

6.00 (86.75)

Endteufe

0.90  
 Bohrloch zugeschlämmt

Feinsand, mittel schluffig, organisch, humos,  
 locker gelagert, sehr leicht bohrbar, feucht,  
 dunkelbraun, schwarz, Oberboden, Holozän

(OH)

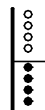
Mittelsand, mittel feinsandig, Holz, vereinzelt  
 organisch-torfige Lagen im dm-Bereich, locker  
 gelagert, sehr leicht bohrbar, naß, hellbraun,  
 schwarzmarmoriert, Terrasse, Pleistozän

(SI)

Mittelsand, stark feinsandig, aus Kernrohr  
 ausfließend, wasserführend, mitteldicht gelagert,  
 leicht bohrbar, naß, hellbraun, hellgrau,  
 Terrasse, Pleistozän

(SI)

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten



locker



mitteldicht



Feinsand



Mittelsand

Hinweis:

0.90  
 01.02.2023 Bohrloch zugeschlämmt

Untergrund ab 0,90 m u. GOK wasserführend!

WP Hövelhof  
 Errichtung von drei WEA Siemens-Gamesa SG6.6-170

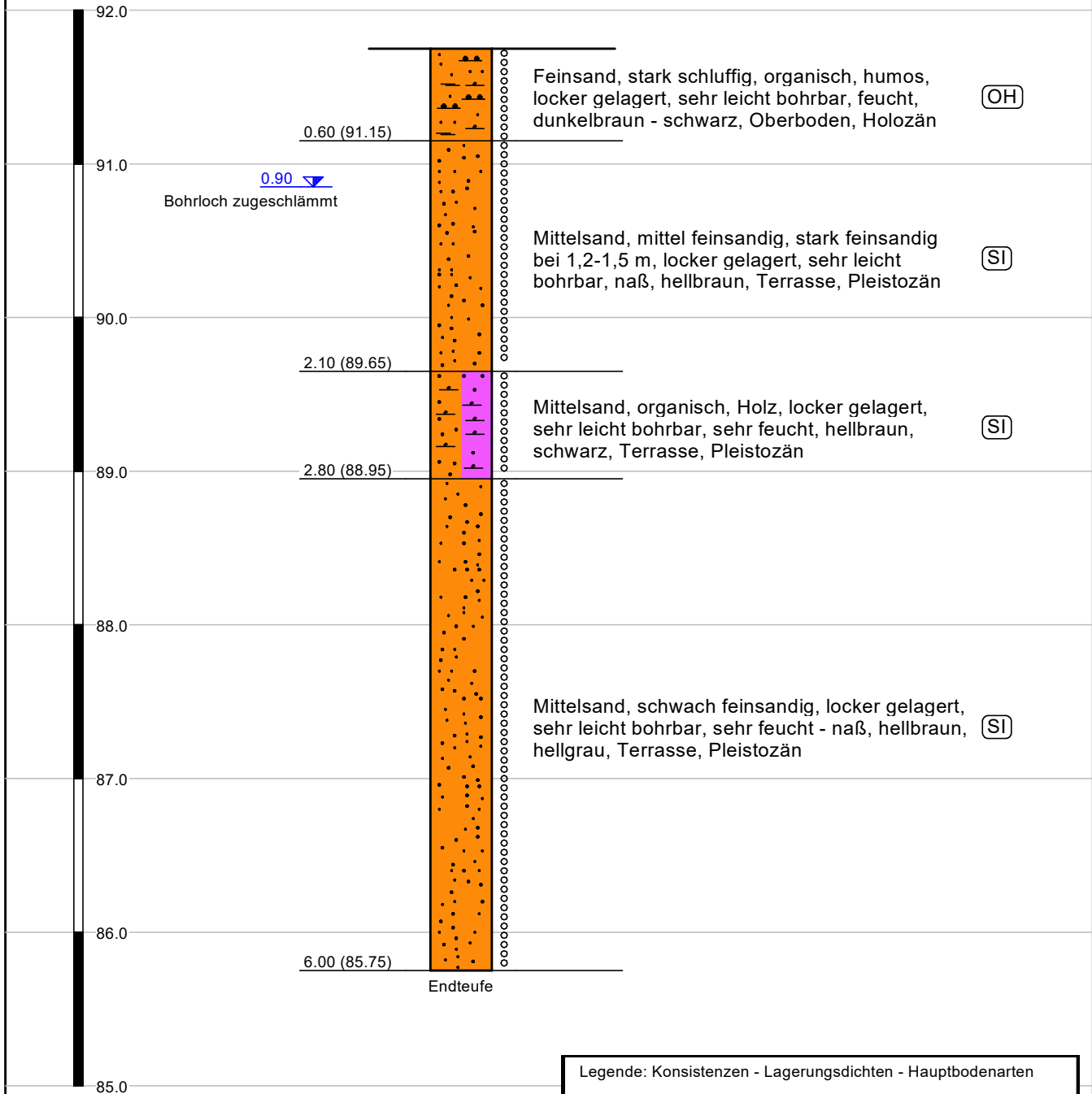
Projektnummer:  
 221377  
 Anlage:  
 2.7

Profil einer Rammkernsondierung  
 Maßstab der Höhe ca.: 1:50

# WEA 3 RKS 1




91,75 m ü. NHN = GOK

m ü. NHN



Hinweis:  
 0.90 m Bohrloch zugeschlämmt  
 31.01.2023  
 Untergrund ab 0,90 m u. GOK wasserführend!

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten

 locker	 Feinsand
	 Mittelsand



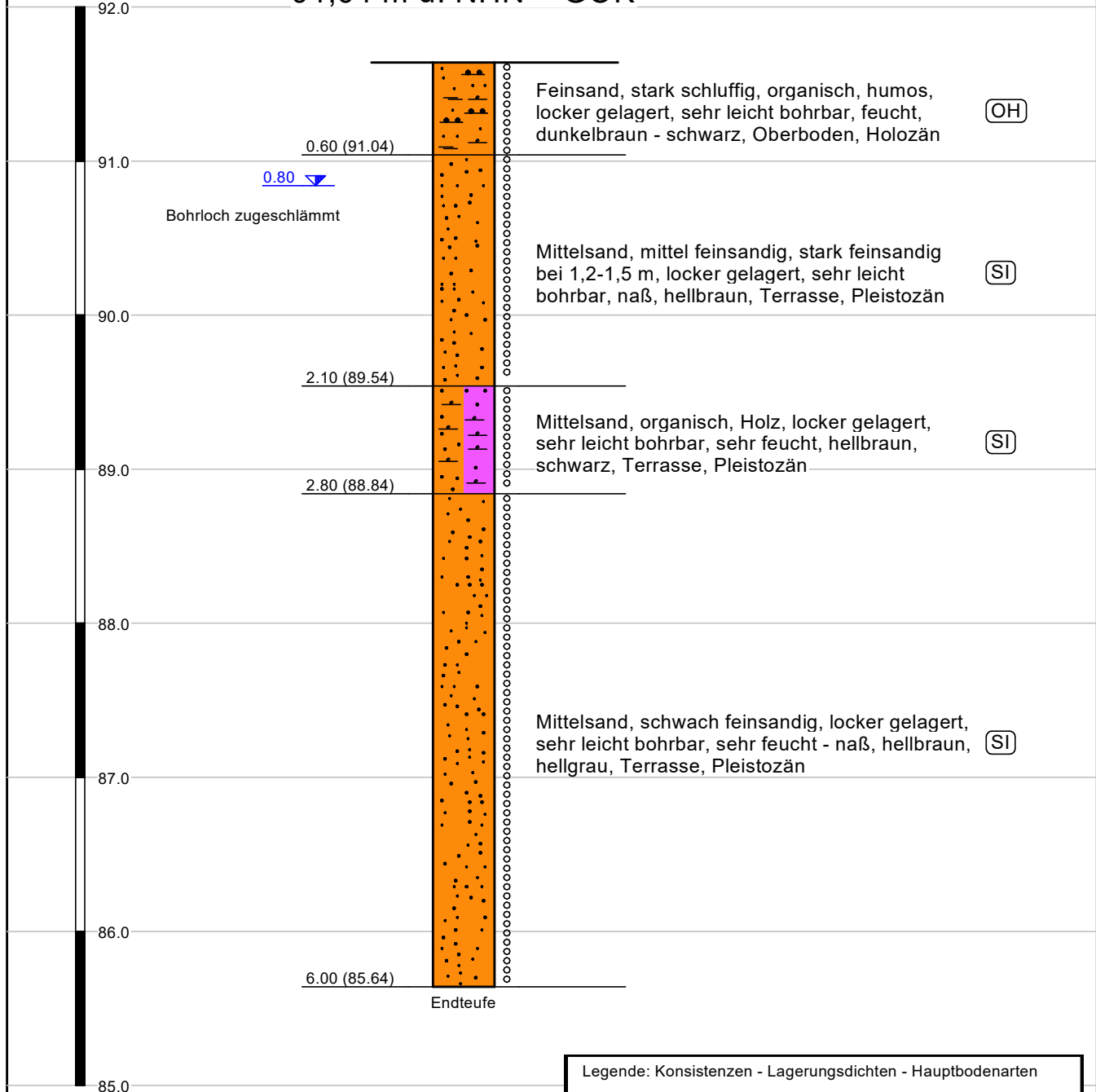
WP Hövelhof  
 Errichtung von drei WEA Siemens-Gamesa SG6.6-170

Projektnummer:  
 221377  
 Anlage:  
 2.8

Profil einer Rammkernsondierung  
 Maßstab der Höhe ca.: 1:50




# WEA 3 RKS 2

m ü. NHN 91,64 m ü. NHN = GOK



Hinweis:  
 0.80 31.01.2023 Bohrloch zugeschlämmt  
 Untergrund ab 0,90 m u. GOK wasserführend!

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten

 locker	 Feinsand
	 Mittelsand

WP Hövelhof  
 Errichtung von drei WEA Siemens-Gamesa SG6.6-170

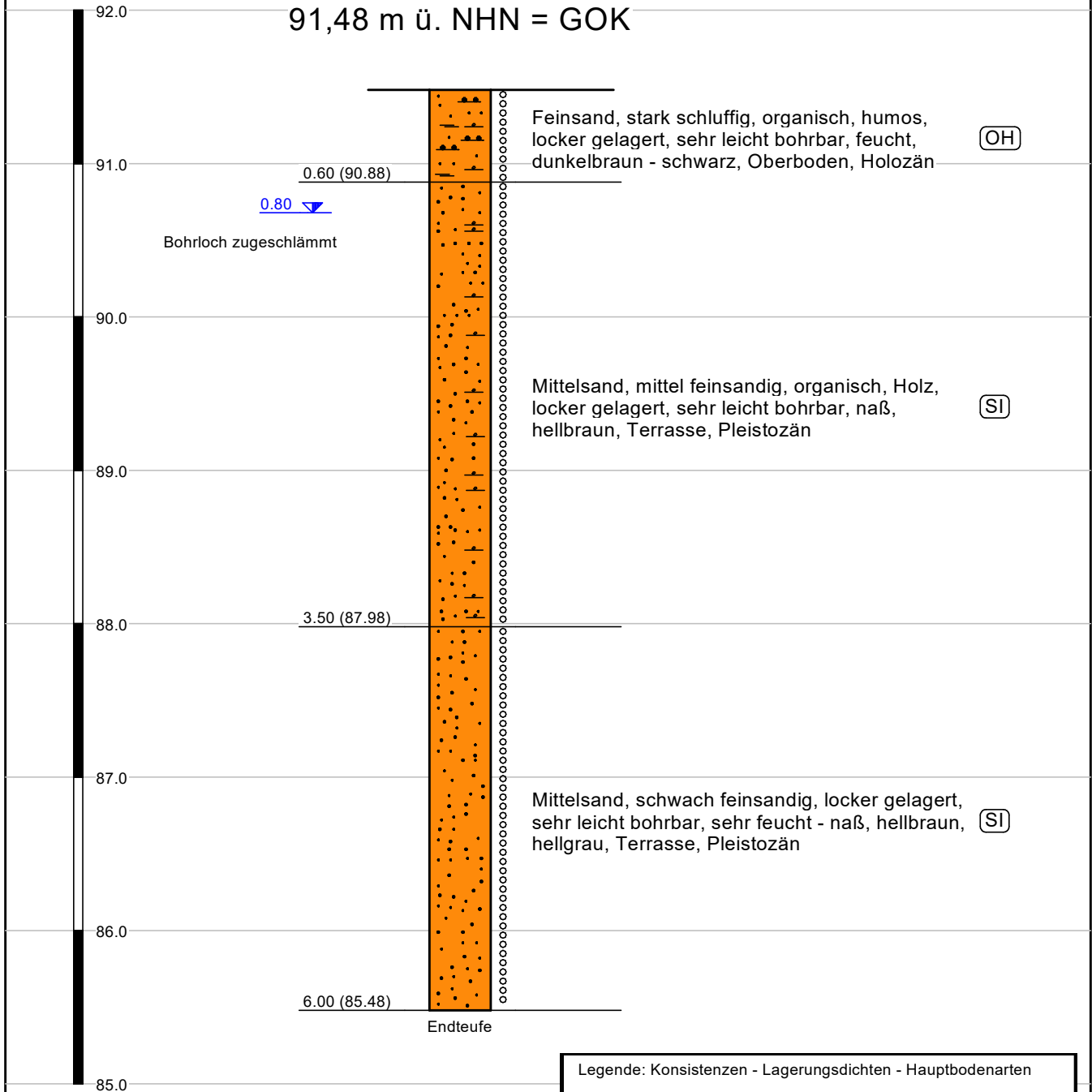
Projektnummer:  
 221377  
 Anlage:  
 2.9

Profil einer Rammkernsondierung  
 Maßstab der Höhe ca.: 1:50

# WEA 3 RKS KSF




m ü. NHN

91,48 m ü. NHN = GOK



0.80  
 Bohrloch zugeschlämmt

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten

 locker	 Feinsand
	 Mittelsand

Hinweis:  
 0.80  
 31.01.2023 Bohrloch zugeschlämmt  
 Untergrund ab 0,90 m u. GOK wasserführend!

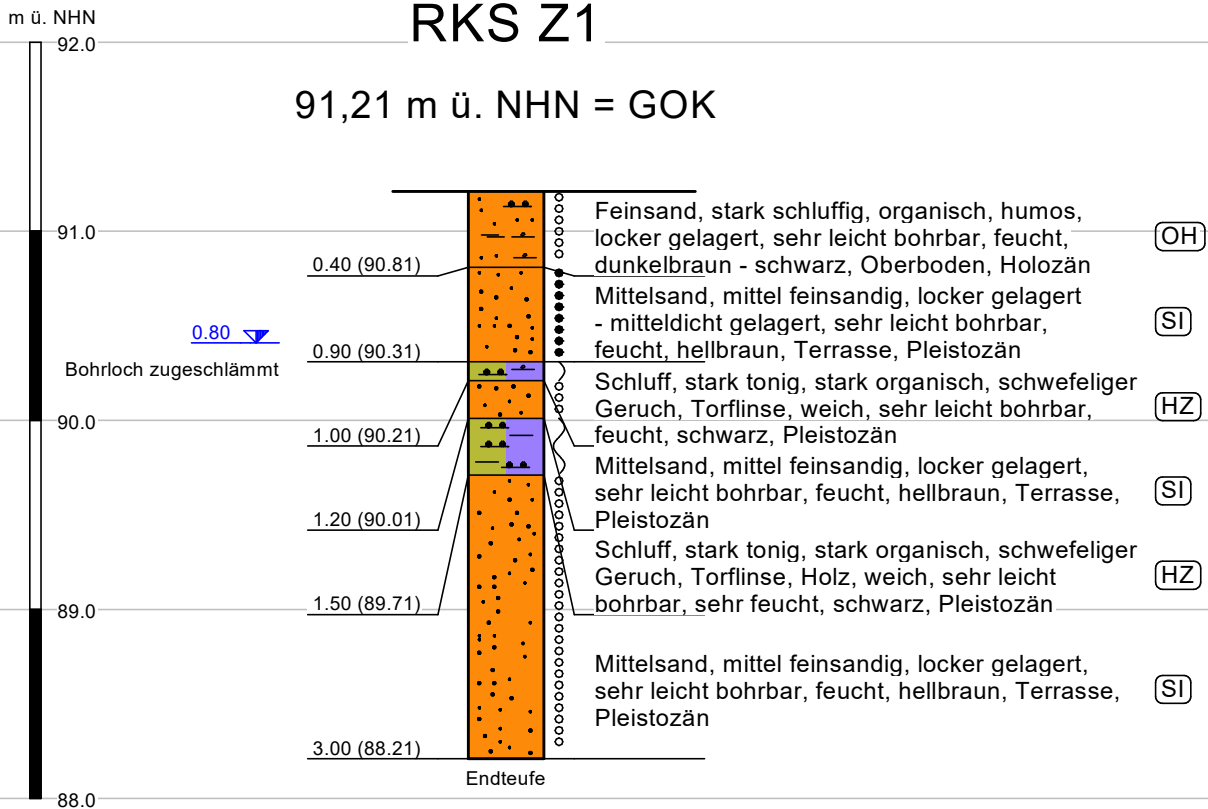
WP Hövelhof  
 Errichtung von drei WEA Siemens-Gamesa SG6.6-170

Projektnummer:  
 221377  
 Anlage:  
 2.10








Profil einer Rammkernsondierung  
 Maßstab der Höhe ca.: 1:50

# RKS Z1

91,21 m ü. NHN = GOK



Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten

 weich	 Ton
 locker	 Schluff
 mitteldicht	 Feinsand
	 Mittelsand

Hinweis:  
 0,80 m Bohrloch zugeschlämmt  
 31.01.2023  
 Untergrund ab 0,8 m u. GOK wasserführend!

WP Hövelhof  
 Errichtung von drei WEA Siemens-Gamesa SG6.6-170

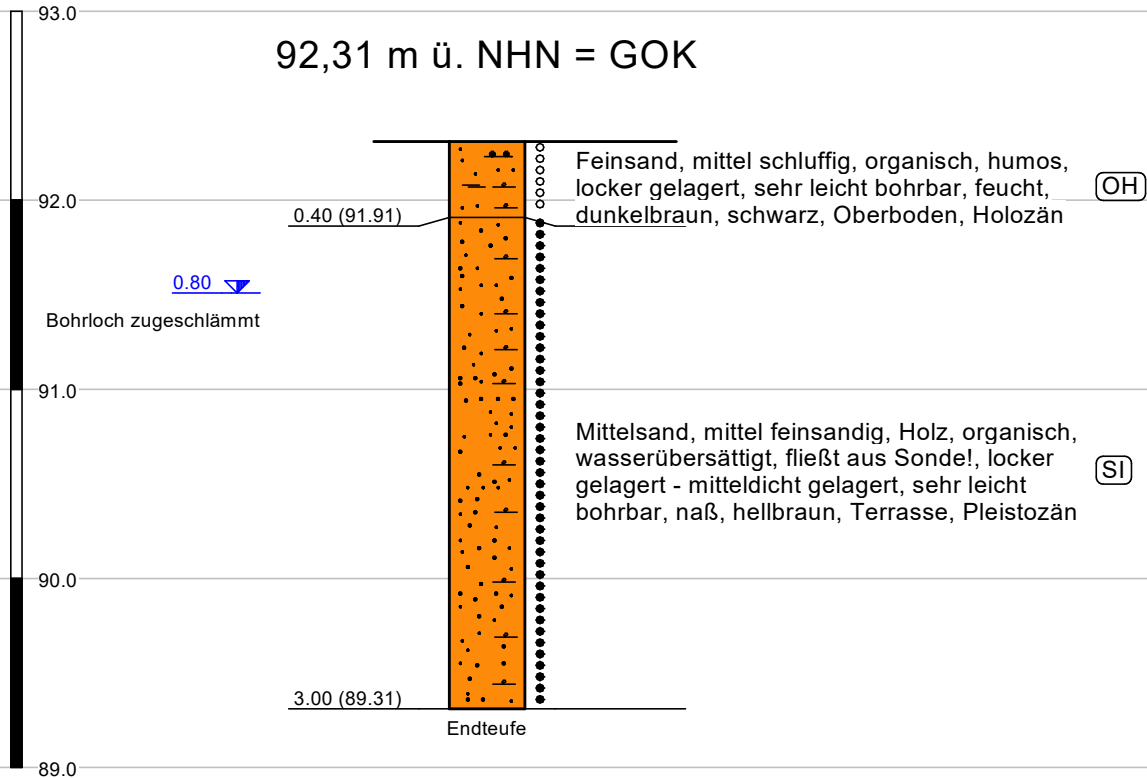
Projektnummer:  
 221377  
 Anlage:  
 2.11

Profil einer Rammkernsondierung  
 Maßstab der Höhe ca.: 1:50

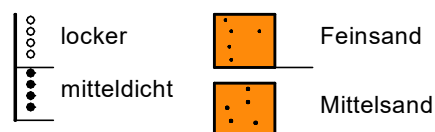
## RKS Z2

m ü. NHN

92,31 m ü. NHN = GOK



Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten



Hinweis:

0,80 m Bohrloch zugeschlämmt  
 01.02.2023

Untergrund ab 0,8 m u. GOK wasserführend!

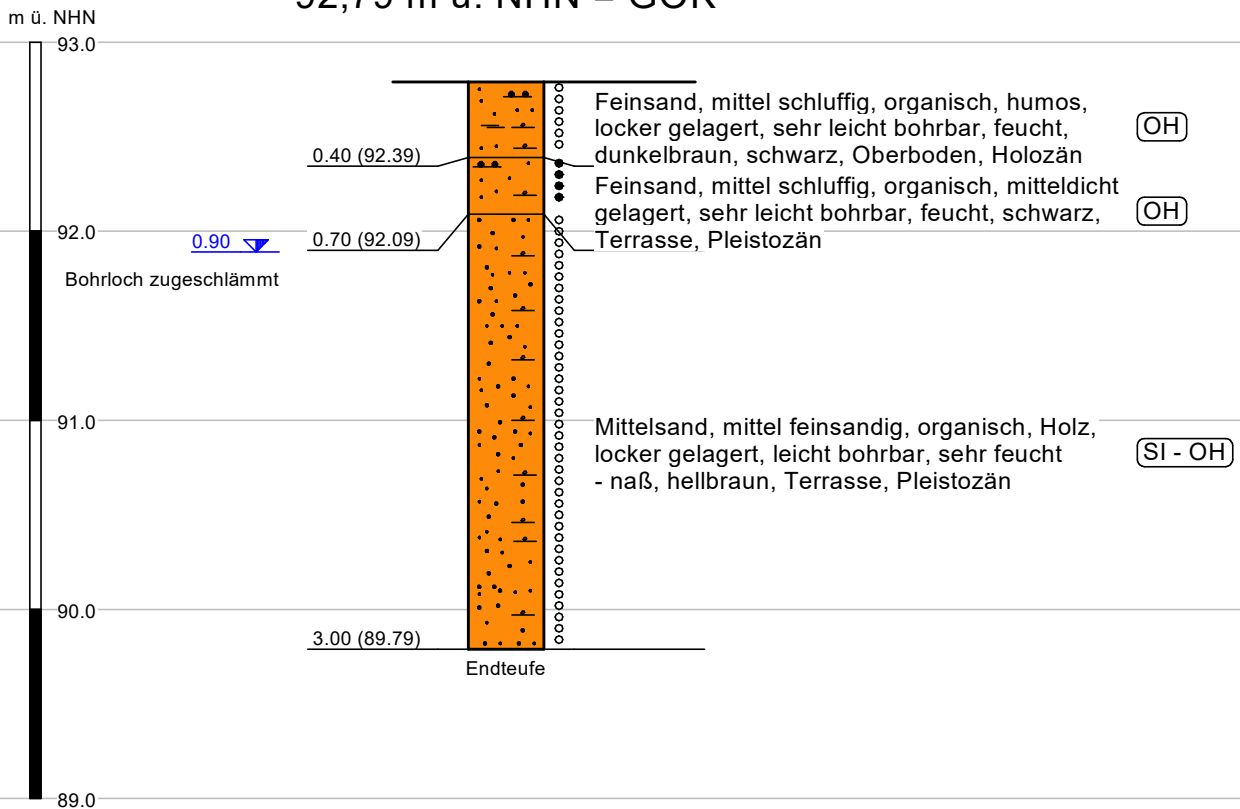
WP Hövelhof  
 Errichtung von drei WEA Siemens-Gamesa SG6.6-170

Projektnummer:  
 221377  
 Anlage:  
 2.12





Profil einer Rammkernsondierung  
 Maßstab der Höhe ca.: 1:50

# RKS Z3

92,79 m ü. NHN = GOK



Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten

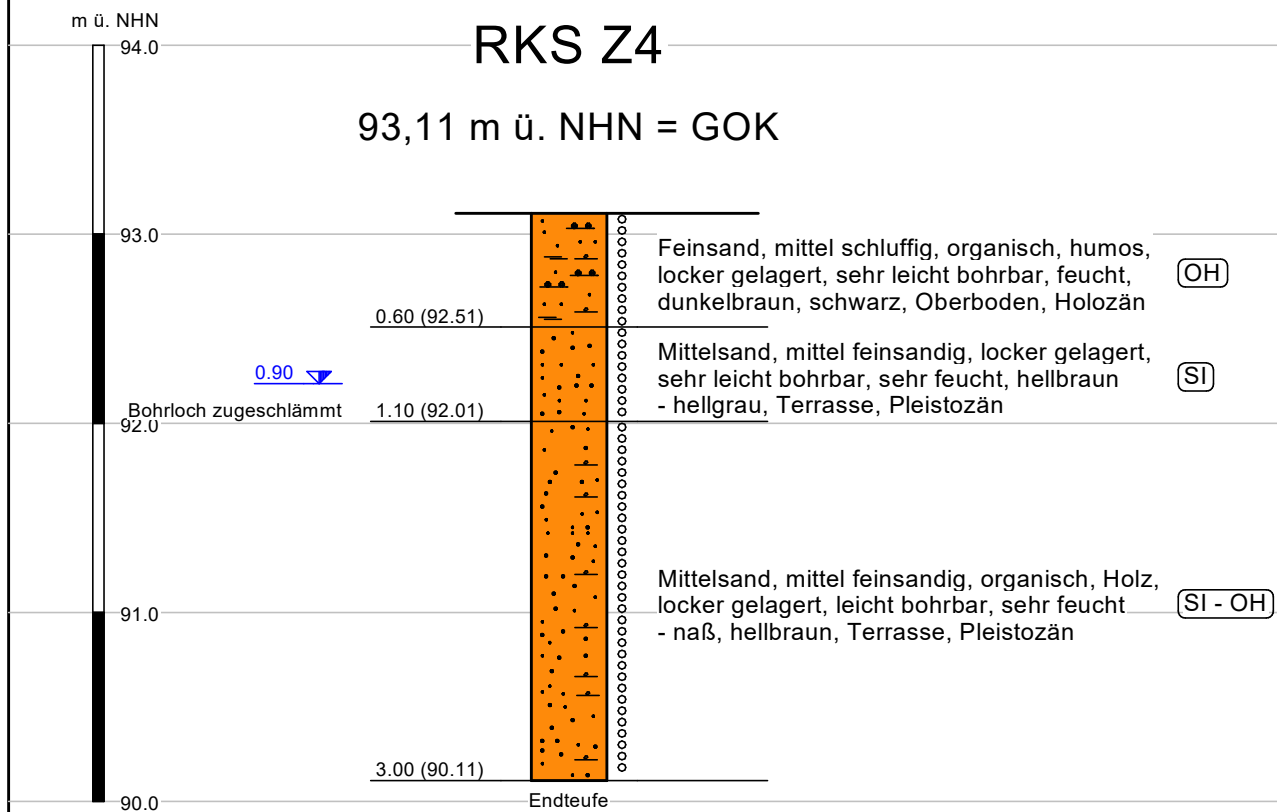
	locker		Feinsand
	mitteldicht		Mittelsand

Hinweis:  
 0,9  
 01.02.2023 Bohrloch zugeschlämmt  
 Untergrund ab 0,9 m u. GOK wasserführend!




WP Hövelhof  
 Errichtung von drei WEA Siemens-Gamesa SG6.6-170

Projektnummer:  
 221377  
 Anlage:  
 2.13

Profil einer Rammkernsondierung  
 Maßstab der Höhe ca.: 1:50



Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten

	locker		Feinsand
			Mittelsand

Hinweis:  
 0,9  
 01.02.2023 Bohrloch zugeschlämmt  
 Untergrund ab 0,9 m u. GOK wasserführend!



# **Anlage 3.1 bis 3.3**

## **Summenkurven der Kornverteilungen**

**221377-1 WP Hövelhof  
Errichtung von 3 WEA SIEMENS Gamesa SG 6.6-170 mit  
165 m Nh.**

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Glockenplatz 1 • 34388 Trendelburg  
Tel. 0 56 71 - 7 97 0 • eMail. info@bbu-schubert.de

Bearbeiter: lw

Datum: 03.02.2023

# Körnungslinie

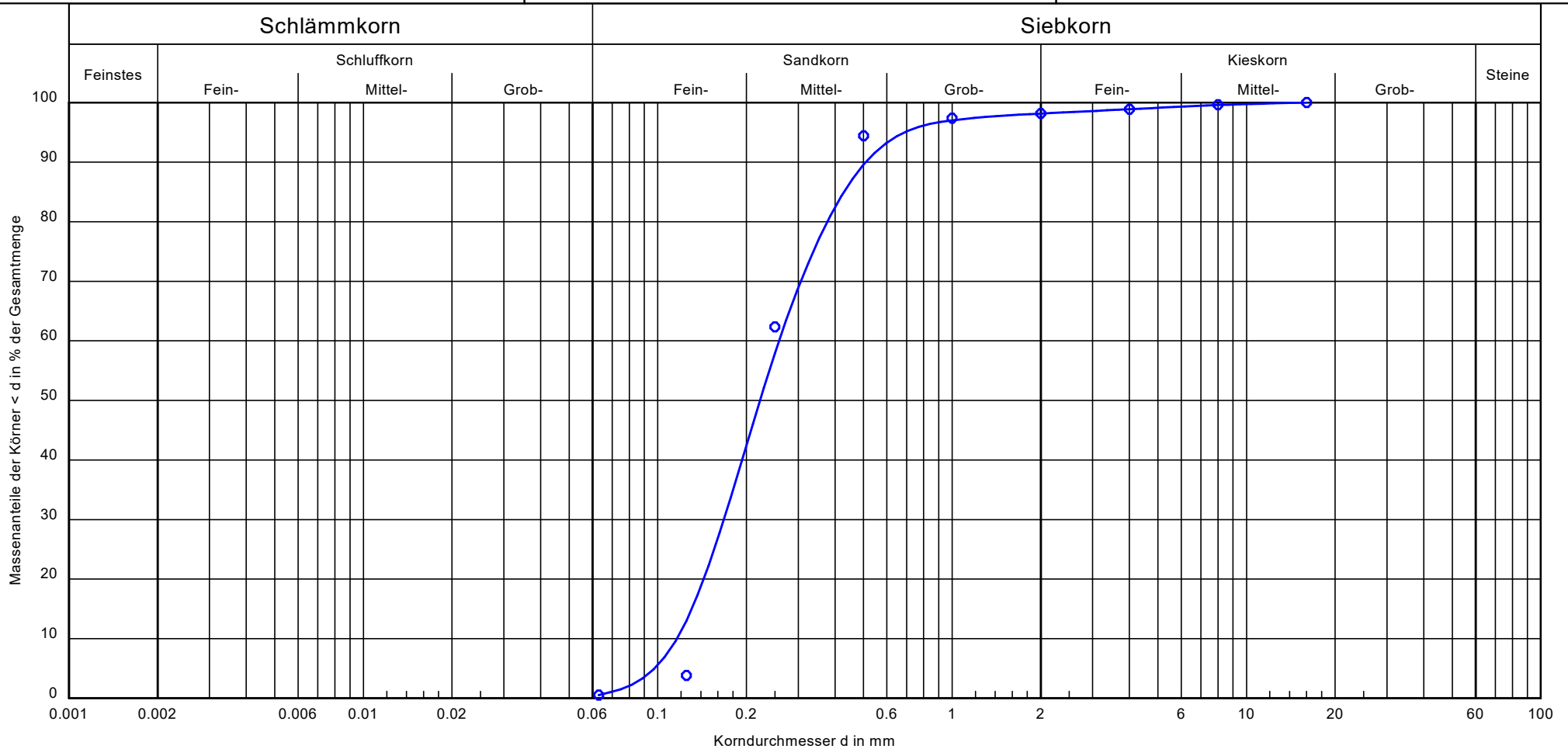
WP Hövelhof  
WEA 1 RKS 1  
2,5 - 3,0 m

Projektnummer: 221377

Probe entnommen am: 01.02.2023

Art der Entnahme: gestört

Siebungsart: Trockensiebung



Bezeichnung:	WP Hövelhof
Bodenart:	fS, mS
Entnahmestelle:	WEA 1 RKS 1
Tiefe:	2,5 - 3,0 m
U/Cc	2.2/0.9
k [m/s] (Hazen):	-
T/U/S/G [%]:	- / - /98.2/1.8

Bemerkungen:

Bericht:  
221377-1  
Anlage:  
3.1



BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Glockenplatz 1 • 34388 Trendelburg  
Tel. 0 56 71 - 7 97 0 • eMail. info@bbu-schubert.de

Bearbeiter: lw

Datum: 03.02.2023

# Körnungslinie

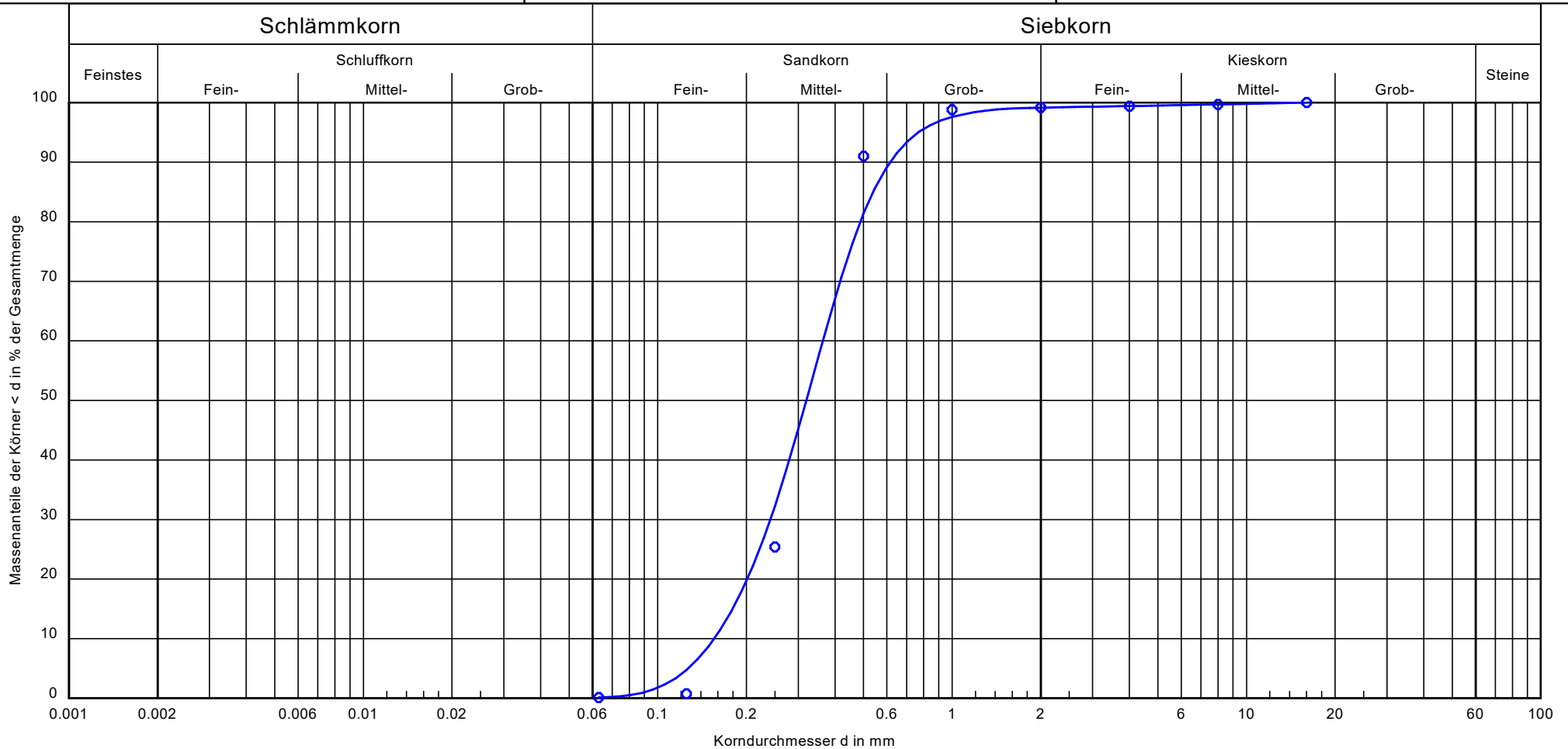
WP Hövelhof  
WEA 2 RKS 2  
2,0 - 2,5 m

Projektnummer: 221377

Probe entnommen am: 01.02.2023

Art der Entnahme: gestört

Siebungsart: Trockensiebung



Bezeichnung:	WP Hövelhof
Bodenart:	mS, fs, gs'
Entnahmestelle:	WEA 2 RKS 2
Tiefe:	2,0 - 2,5 m
U/Cc	2.3/1.0
k [m/s] (Hazen):	-
T/U/S/G [%]:	- / - /99.1/0.9

Bemerkungen:

Bericht:  
221377-1  
Anlage:  
3.2

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Glockenplatz 1 • 34388 Trendelburg  
Tel. 0 56 71 - 7 97 0 • eMail. info@bbu-schubert.de

Bearbeiter: lw

Datum: 03.02.2023

# Körnungslinie

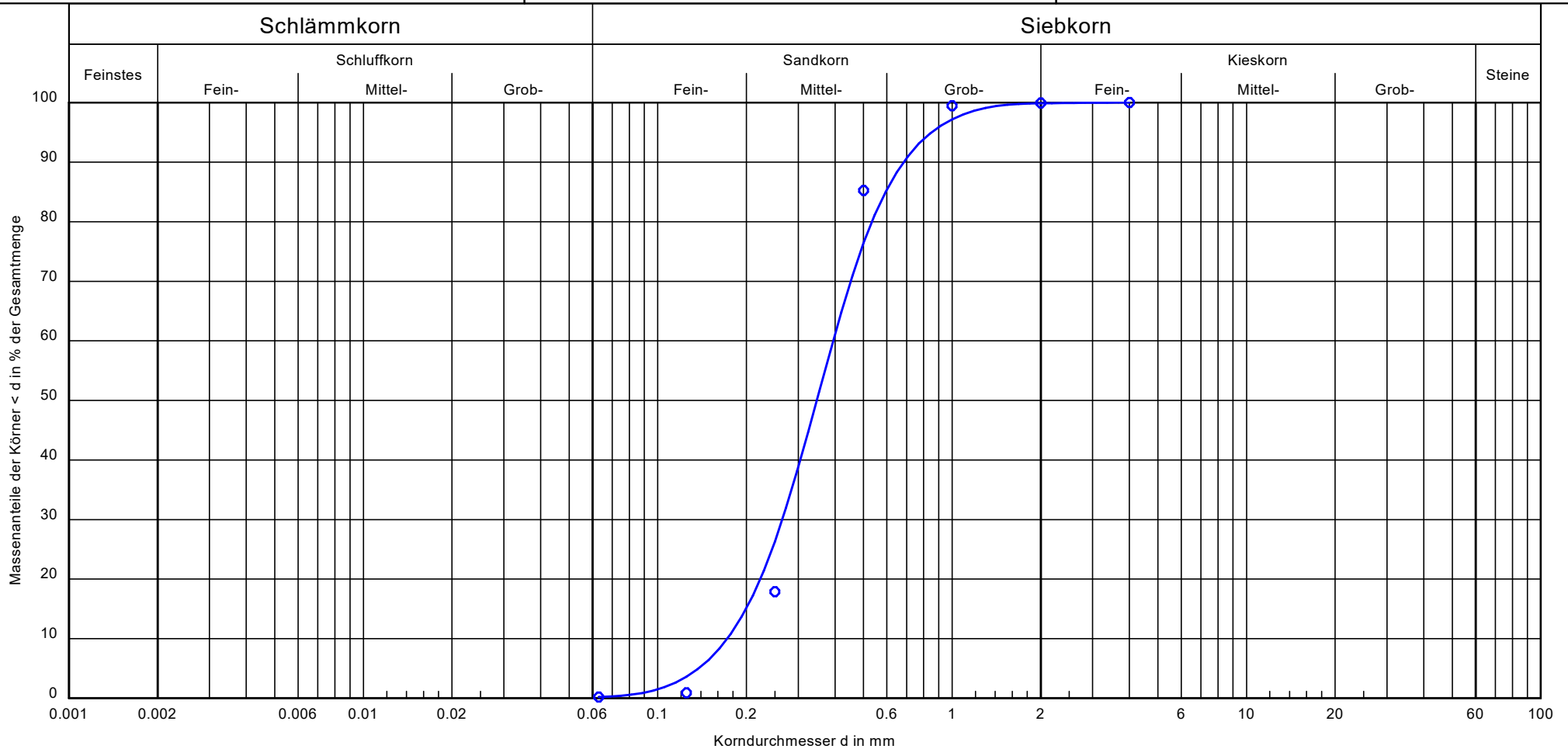
WP Hövelhof  
WEA 3 RKS 2  
0,5 - 1,5 m

Projektnummer: 221377

Probe entnommen am: 01.02.2023

Art der Entnahme: gestört

Siebungsart: Trockensiebung



Bezeichnung:	WP Hövelhof
Bodenart:	mS, fs, gs'
Entnahmestelle:	WEA 3 RKS 2
Tiefe:	0,5 - 1,5 m
U/Cc	2.3/1.0
k [m/s] (Hazen):	-
T/U/S/G [%]:	- / - /99.9/0.1

Bemerkungen:

Bericht:  
221377-1  
Anlage:  
3.3



# **Anlage 4.1 bis 4.3**

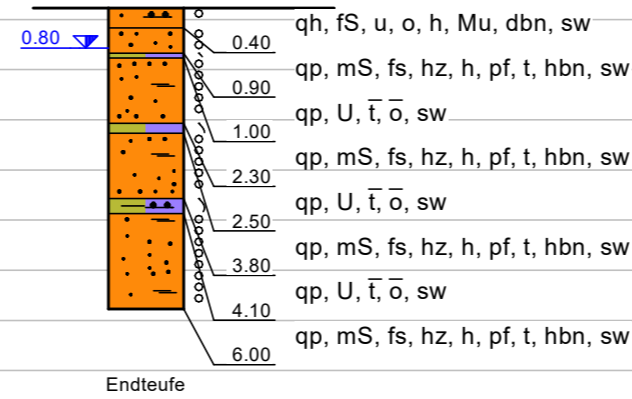
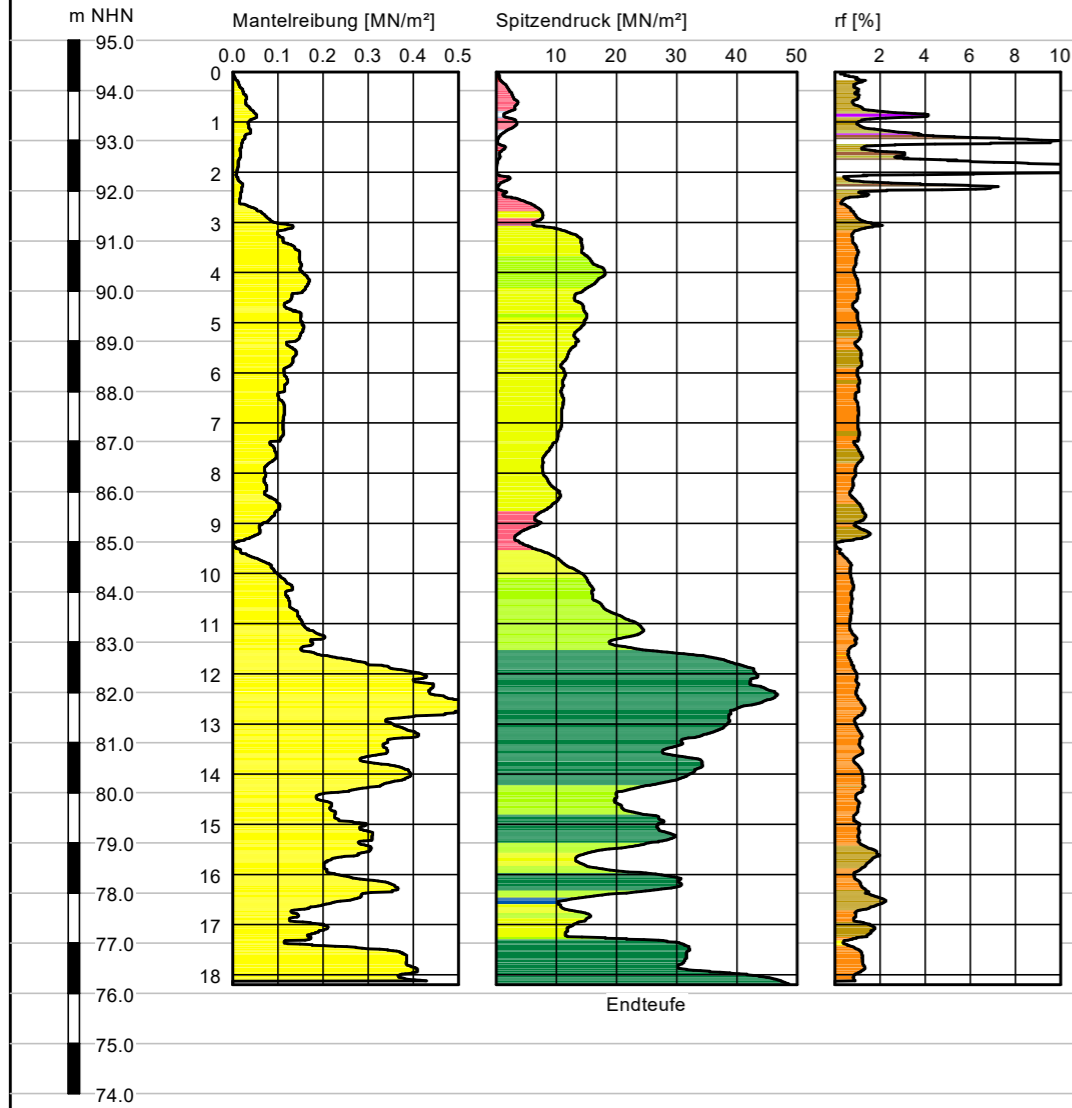
## **Widerstandslinien der elektrischen Drucksondierungen**

**221377-1 WP Hövelhof  
Errichtung von 3 WEA SIEMENS Gamesa SG 6.6-170 mit  
165 m Nh.**

### WEA 1 CPT 1 94,37 m ü. NHN = GOK

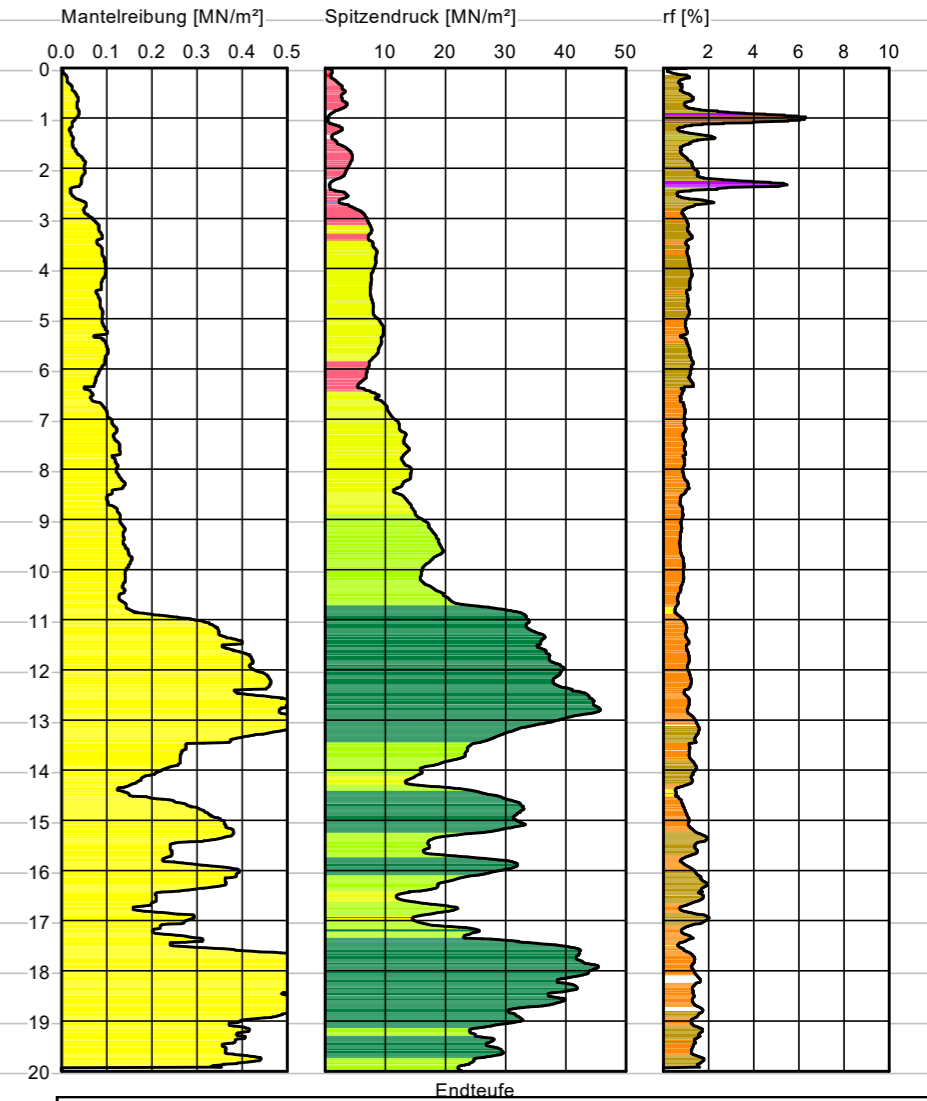
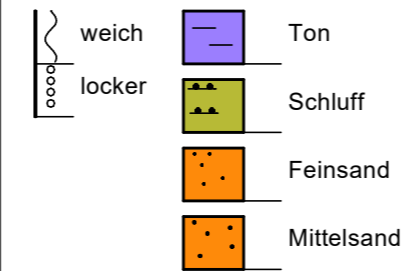
### WEA 1 RKS 1 94,23 m ü. NHN = GOK

### WEA 1 CPT 2 94,05 m ü. NHN = GOK

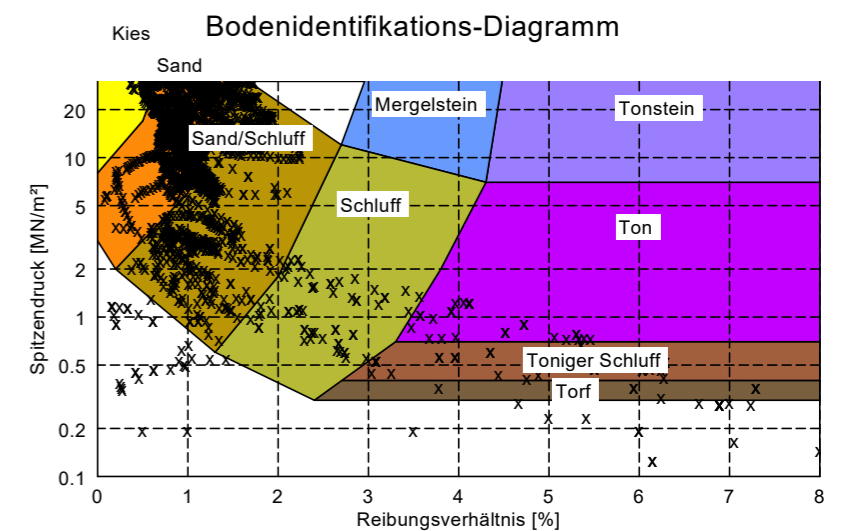


Grundwasser/Staunässen  
0,8  
31.01.2023 Bohrloch (RKS) zugeschlamm

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten



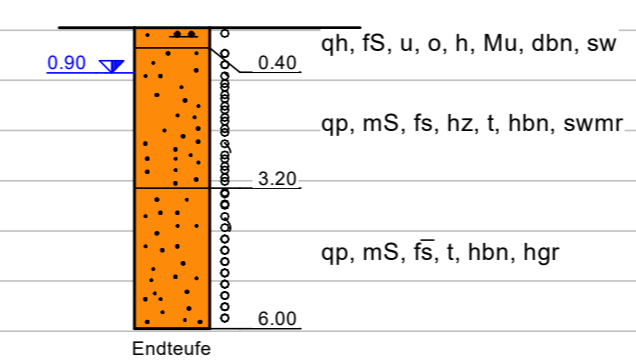
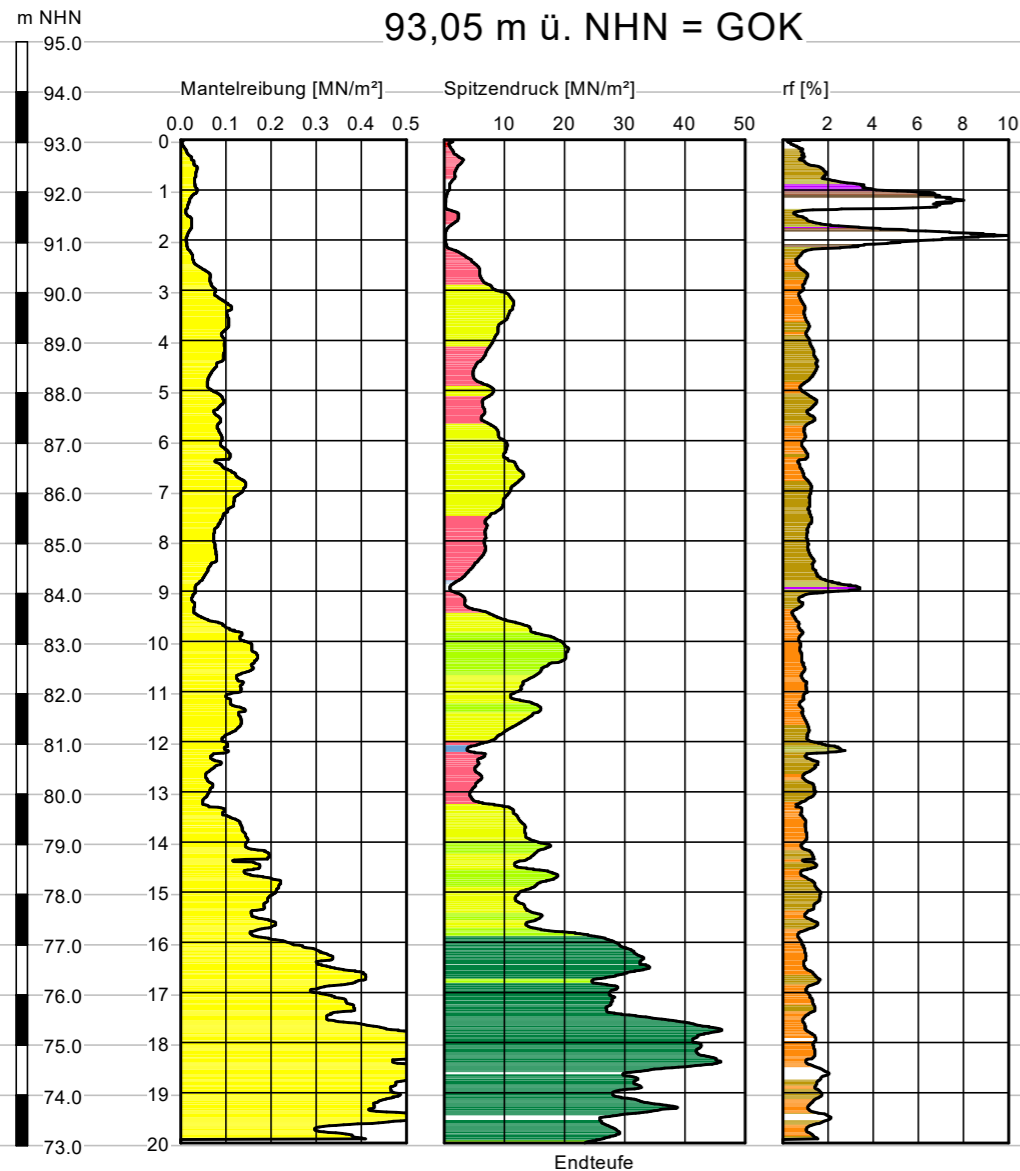
Legende Spitzendruck



### WEA 2 CPT 1 93,05 m ü. NHN = GOK

### WEA 2 RKS 1 93,05 m ü. NHN = GOK

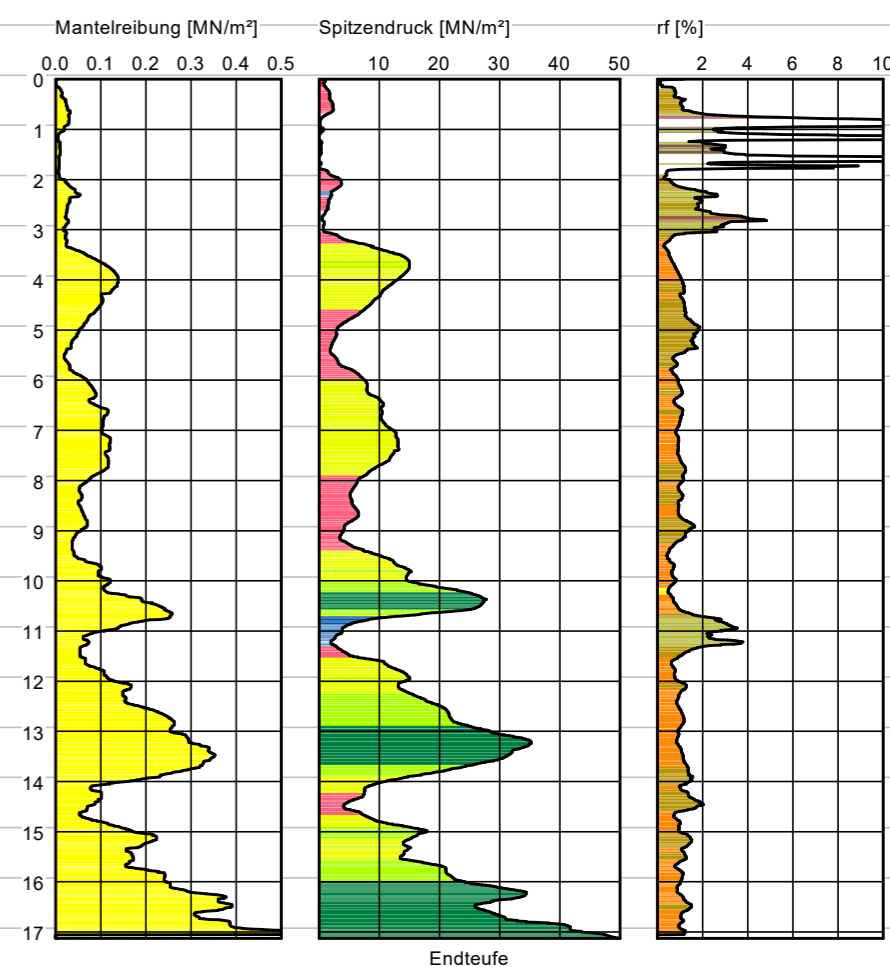
### WEA 2 CPT 2 92,92 m ü. NHN = GOK



Grundwasser/Staunässen  
 0,9  
 01.02.2023 Bohrloch (RKS) zugeschlämmt

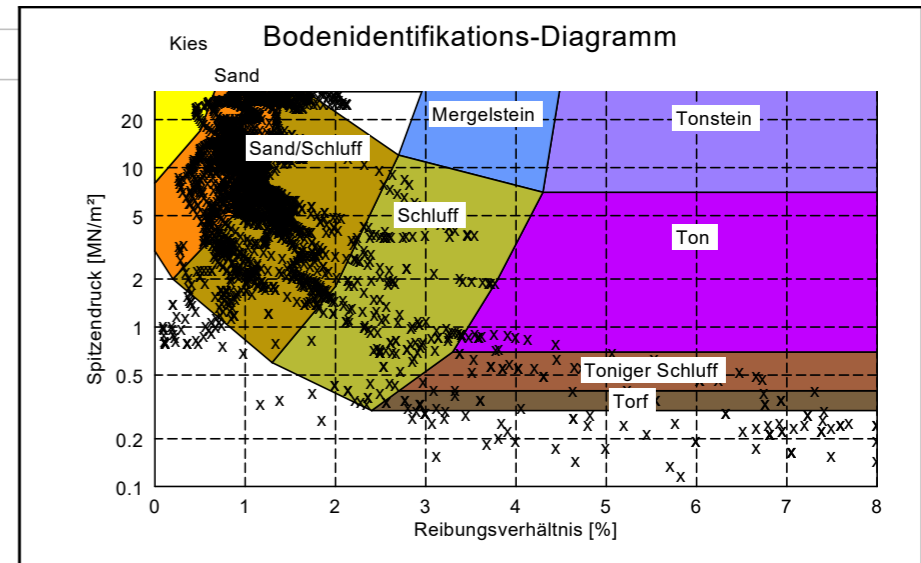
Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten

	weich		Feinsand
	locker		Mittelsand



Legende Spitzendruck

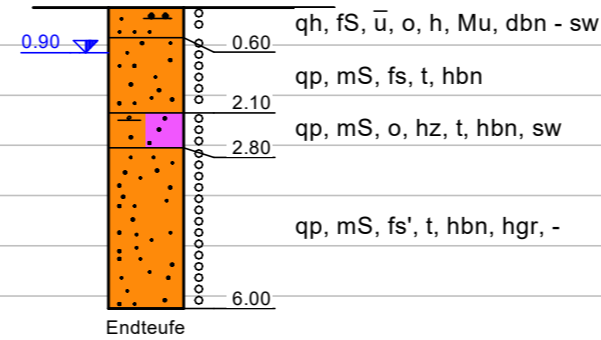
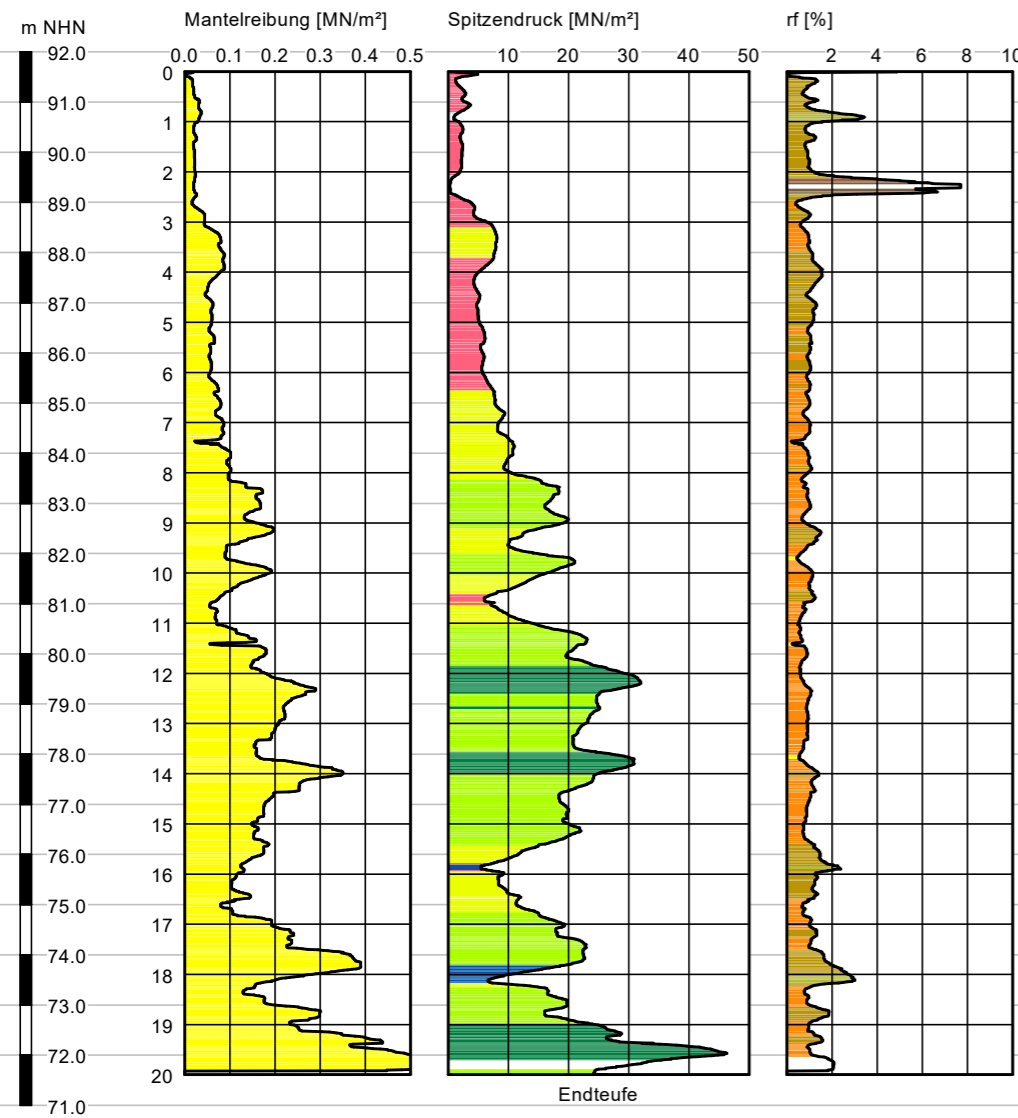
	sehr locker
	locker
	mitteldicht
	dicht
	sehr dicht
	weich
	steif
	halbfest
	fest



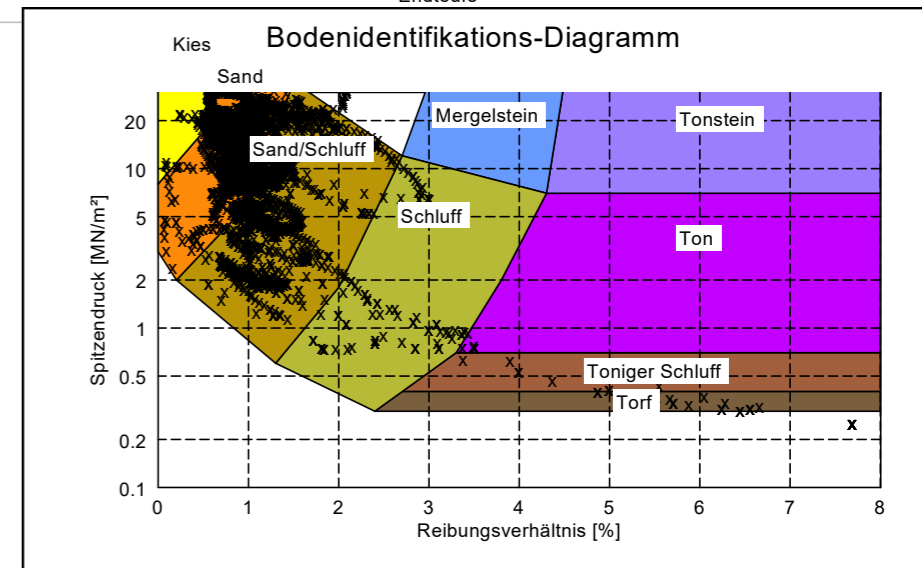
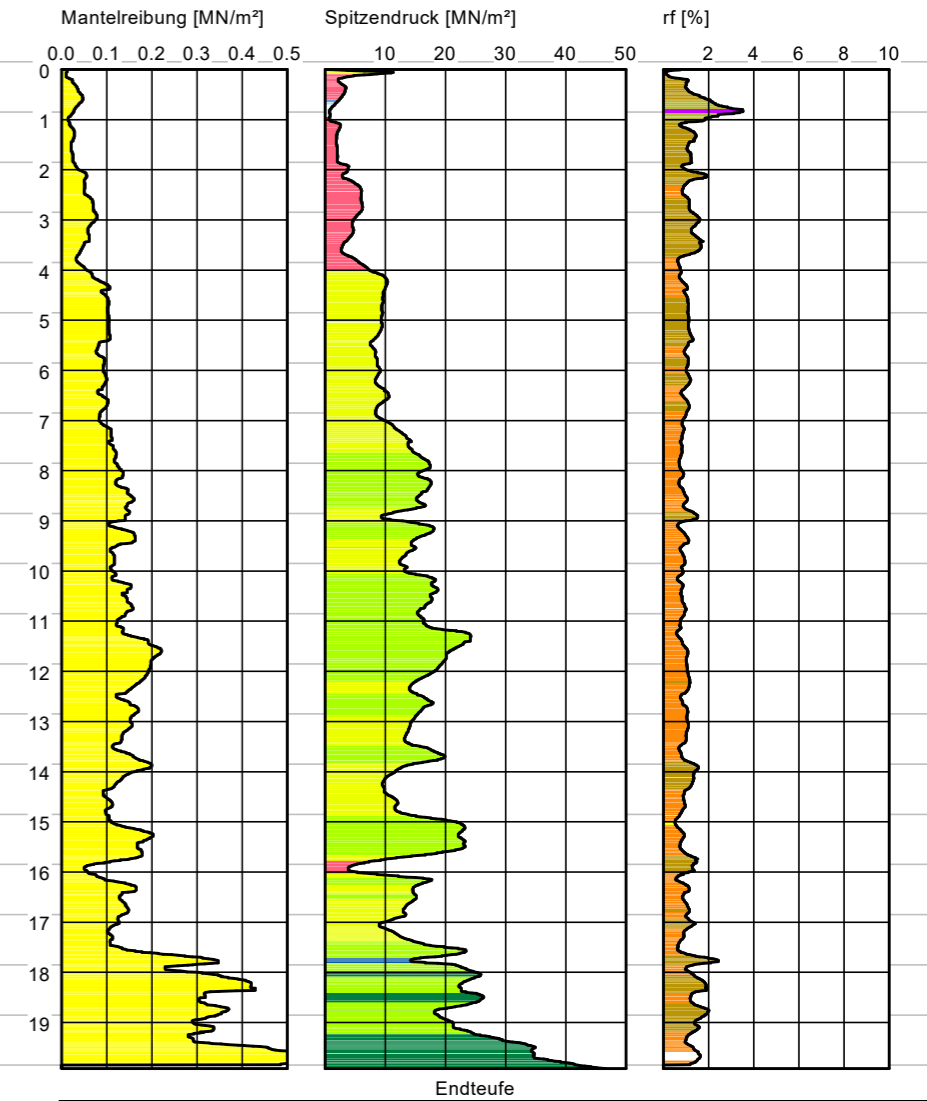
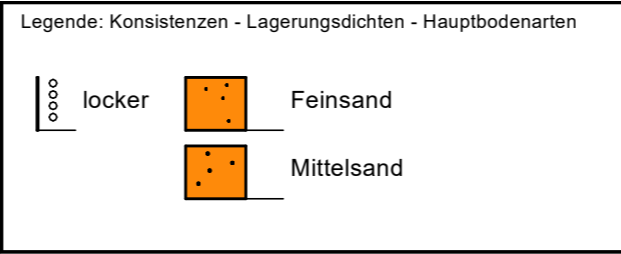
### WEA 3 CPT 1 91,61 m ü. NHN = GOK

### WEA 3 RKS 1 91,75 m ü. NHN = GOK

### WEA 3 CPT 2 91,85 m ü. NHN = GOK



Grundwasser/Staunässen  
0,9 m  
31.01.2023 Bohrloch (RKS) zugeschlämmt





# Anlage 5

## Analysebefund bauchemische Bodenbeprobung

**221377-1 WP Hövelhof  
Errichtung von 3 WEA SIEMENS Gamesa SG 6.6-170 mit  
165 m Nh.**

**AGROLAB Labor GmbH**, Dr-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG  
 Glockenplatz 1  
 Eberschütz  
 34388 Trendelburg

Datum 13.02.2023  
 Kundennr. 27055138

## PRÜFBERICHT

Auftrag **3376919 221377 WP Hövelhof, RKS WEA 1-3, J. Sucke**  
 Analysenr. **691279 Mineralisch/Anorganisches Material**  
 Probeneingang **06.02.2023**  
 Probenahme **J. Sucke**  
 Probenehmer **Auftraggeber**  
 Kunden-Probenbezeichnung **MP 1**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

### Feststoff

Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Methode
Analyse in der Gesamtfraktion			DIN 19747 : 2009-07
Trockensubstanz	% ° <b>76,4</b>	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03, Verfahren A
Sulfat <sup>u) *)</sup>	mg/kg <b>&lt;100</b>	100	DIN 4030 (mod.)(PL)
Säuregrad n. Baumann-Gully <sup>*)</sup>	ml/kg <b>30</b>	1	DIN 4030-2 : 2008-06

*Erläuterung: Das Zeichen "°" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar. Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.*

*Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.*

*u) externe Dienstleistung eines AGROLAB GROUP Labors*

### Untersuchung durch

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jößnitz Str. 113, 08525 Plauen

#### Methoden

DIN 4030 (mod.)

*Beginn der Prüfungen: 06.02.2023*

*Ende der Prüfungen: 10.02.2023*

*Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.*

**AGROLAB Labor GmbH, Manfred Kanzler, Tel. 08765/93996-700**  
**serviceteam4.bruckberg@agrolab.de**

### Kundenbetreuung

**Dieser elektronisch übermittelte Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der EN ISO/IEC 17025:2017 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.**



**AGROLAB Labor GmbH**, Dr-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG  
Glockenplatz 1  
Eberschütz  
34388 Trendelburg

Datum 13.02.2023  
Kundennr. 27055138

## PRÜFBERICHT

Auftrag **3376919 221377 WP Hövelhof, RKS WEA 1-3, J. Sucke**  
Analysennr. **691280 Mineralisch/Anorganisches Material**  
Probeneingang **06.02.2023**  
Probenahme **J. Sucke**  
Probenehmer **Auftraggeber**  
Kunden-Probenbezeichnung **MP 2**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

### Feststoff

Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Methode
Analyse in der Gesamtfraction			DIN 19747 : 2009-07
Trockensubstanz	% ° <b>58,8</b>	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03, Verfahren A
Sulfat <sup>u) *)</sup>	mg/kg <b>1560</b>	100	DIN 4030 (mod.)(PL)
Säuregrad n. Baumann-Gully <sup>*)</sup>	ml/kg <b>140</b>	1	DIN 4030-2 : 2008-06

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

u) externe Dienstleistung eines AGROLAB GROUP Labors

### Untersuchung durch

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jößnitz Str. 113, 08525 Plauen

#### Methoden

DIN 4030 (mod.)

Beginn der Prüfungen: 06.02.2023

Ende der Prüfungen: 13.02.2023

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.

**AGROLAB Labor GmbH, Manfred Kanzler, Tel. 08765/93996-700**

**serviceteam4.bruckberg@agrolab.de**

### Kundenbetreuung

**Dieser elektronisch übermittelte Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der EN ISO/IEC 17025:2017 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.**

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "\*" gekennzeichnet.

**AGROLAB Labor GmbH**, Dr-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG  
Glockenplatz 1  
Eberschütz  
34388 Trendelburg

Datum 13.02.2023  
Kundennr. 27055138

## PRÜFBERICHT

Auftrag **3376919 221377 WP Hövelhof, RKS WEA 1-3, J. Sucke**  
Analysenr. **691281 Mineralisch/Anorganisches Material**  
Probeneingang **06.02.2023**  
Probenahme **J. Sucke**  
Probenehmer **Auftraggeber**  
Kunden-Probenbezeichnung **MP 3**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

### Feststoff

Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Methode
Analyse in der Gesamtfraktion			DIN 19747 : 2009-07
Trockensubstanz %	° <b>84,1</b>	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03, Verfahren A
Sulfat <sup>u) *)</sup> mg/kg	<b>&lt;100</b>	100	DIN 4030 (mod.)(PL)
Säuregrad n. Baumann-Gully <sup>*)</sup> ml/kg	<b>15</b>	1	DIN 4030-2 : 2008-06

*Erläuterung: Das Zeichen "°" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar. Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.*

*Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.*

*u) externe Dienstleistung eines AGROLAB GROUP Labors*

### Untersuchung durch

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jößnitz Str. 113, 08525 Plauen

#### Methoden

DIN 4030 (mod.)

Beginn der Prüfungen: 06.02.2023

Ende der Prüfungen: 10.02.2023

*Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.*

**AGROLAB Labor GmbH, Manfred Kanzler, Tel. 08765/93996-700**  
**serviceteam4.bruckberg@agrolab.de**

### Kundenbetreuung

**Dieser elektronisch übermittelte Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der EN ISO/IEC 17025:2017 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.**



# Anlage 6

## Analysebefund der orientierenden Umweltbeprobung

**221377-1 WP Hövelhof  
Errichtung von 3 WEA SIEMENS Gamesa SG 6.6-170 mit  
165 m Nh.**

## Dr. Blasy - Dr. Busse

Niederlassung der AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg  
Moosstraße 6 a, 82279 Eching am Ammersee, Germany  
Tel.: +49 (08143) 7901, Fax: +49 (08143) 7214  
eMail: eching@agrolab.de www.agrolab.de

**Dr. Blasy-Dr. Busse** Moosstr. 6A, 82279 Eching

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG  
Herr Marcus Kimm  
Glockenplatz 1  
34388 Trendelburg

Datum 20.02.2023  
Kundennr. 40035692

## PRÜFBERICHT

Auftrag **1829338** Grundwasseruntersuchung  
 Analysenr. **471794** Grundwasser  
 Probeneingang **16.02.2023**  
 Probenahme **12.02.2023 09:00**  
 Probenehmer **Auftraggeber (J. Sude)**  
 Kunden-Probenbezeichnung **GW WP Hirelhof**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Grenzwert Methode

### Vor-Ort-Untersuchungen

Färbung (vor Ort)	*)		<b>farblos</b>			Kundeninformation
Trübung (vor Ort)	*)		<b>leicht</b>			Kundeninformation
Entnahmetiefe (vor Ort)	*)	m	<b>0,80</b>			Kundeninformation
Gerät (vor Ort)	*)		<b>Handschöpfgerät</b>			Kundeninformation
Ruhewasserspiegel (POK) (vor Ort)	*)	m	<b>0,80</b>			Kundeninformation
Wetter am Entnahmetag (vor Ort)	*)		<b>bedeckt 6°C</b>			Kundeninformation
Wassertemperatur (vor Ort)	*)	°C	<b>7,0</b>	0,1		Kundeninformation

### Physikalisch-chemische Parameter

Leitfähigkeit bei 25 °C (Labor)	µS/cm		<b>314</b>	10		DIN EN 27888 : 1993-11
pH-Wert (Labor)			<b>7,07</b>	0		DIN EN ISO 10523 : 2012-04

### Kationen

Ammonium (NH <sub>4</sub> )	mg/l		<b>0,42</b>	0,01		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
-----------------------------	------	--	-------------	------	--	---------------------------

### Anionen

Chlorid (Cl)	mg/l		<b>21</b>	1		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l		<b>8,1</b>	1		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/l		<b>25</b>	1		DIN ISO 15923-1 : 2014-07

### Anorganische Bestandteile

Aluminium (Al)	mg/l		<b>&lt;0,050</b>	0,05		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Eisen (Fe)	mg/l		<b>1,5</b>	0,01		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Eisen II	mg/l		<b>0,24</b>	0,02		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Mangan (Mn)	mg/l		<b>0,082</b>	0,01		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02

### Gasförmige Komponenten

Sauerstoff (O <sub>2</sub> ) gel.	mg/l		<b>11,7</b>	0,1		DIN EN 25813 : 1993-01
-----------------------------------	------	--	-------------	-----	--	------------------------

*Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.  
 Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.*

Das Probenahmedatum ist eine Kundeninformation.

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "\*" gekennzeichnet.

## Dr. Blasy - Dr. Busse

Niederlassung der AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg  
Moosstraße 6 a, 82279 Eching am Ammersee, Germany  
Tel.: +49 (08143) 7901, Fax: +49 (08143) 7214  
eMail: eching@agrolab.de www.agrolab.de



Datum 20.02.2023  
Kundennr. 40035692

### PRÜFBERICHT

Auftrag **1829338** Grundwasseruntersuchung  
Analysenr. **471794** Grundwasser

Beginn der Prüfungen: 16.02.2023

Ende der Prüfungen: 20.02.2023

*Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.*

Vollert

**Dr. Blasy-Dr. Busse Frau Vollert, Tel. 08143/79-102**  
**FAX: 08143 / 7214, E-Mail: serviceteam2.eching@agrolab.de**  
**Kundenbetreuung**

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "\*" gekennzeichnet.

Ust./VAT-ID-Nr:  
DE 128 944 188

Geschäftsführer  
Dr. Carlo C. Peich  
Dr. Paul Wimmer

Eine Zweigniederlassung  
der AGROLAB Labor GmbH  
84079 Bruckberg,  
AG Landshut, HRB 7131



Seite 2 von 2

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14289-01-00